# การแปลงกระแสงานยอร์ลที่มีเงื่อนไขเวลาไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป

น.ส.สุพัตรา บุญญะวัตร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมซอฟต์แวร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2562
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# Transforming YAWL Workflows with Time Constraints to Generalized Stochastic Petri Nets

Miss Supattra Boonyawat

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Software Engineering
Department of Computer Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2019
Copyright of Chulalongkorn University

| | |
|---|---|
| หัวข้อวิทยานิพนธ์ | การแปลงกระแสงานยอร์ลที่มีเงื่อนไขเวลาไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป |
| โดย | น.ส.สุพัตรา บุญญะวัตร |
| สาขาวิชา | วิศวกรรมซอฟต์แวร์ |
| อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก | รองศาสตราจารย์ ดร.วิวัฒน์ วัฒนาวุฒิ |

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

........................................................ คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

........................................................ ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย ประสิทธิ์จูตระกูล)

........................................................ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิวัฒน์ วัฒนาวุฒิ)

........................................................ กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.พรศิริ หมื่นไชยศรี)

........................................................ กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ดร.เดชานุชิต กตัญญูทวีทิพย์)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สุพัตรา บุญญะวัตร : การแปลงกระแสงานยอร์ลที่มีเงื่อนไขเวลาไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป. ( Transforming YAWL Workflows with Time Constraints to Generalized Stochastic Petri Nets ) อ.ที่ปรึกษาหลัก : รศ. ดร.วิวัฒน์ วัฒนาวุฒิ

ในปัจจุบันโลกทางธุรกิจมีการแข่งขันกันอยู่ตลอดเวลา ผู้ประกอบการทางธุรกิจจึงจำเป็นต้องมีการวางแผนและการบริหารจัดการเวลา ทรัพยากร รวมไปถึงค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ให้เป็นไปตามแผนที่วางไว้ ในปัจจุบันมีเครื่องมือที่ช่วยในการจำลองกระบวนการทางธุรกิจ เช่น แผนภาพบีพีเอ็มเอ็น บีเพล และกระแสงานยอว์ล เป็นต้น แต่เครื่องมือดังกล่าวยังไม่สามารถระบุเวลาเฉลี่ยของแต่ละงานในการพัฒนาระบบได้

งานวิทยานิพนธ์นี้ได้เสนอการแปลงกระแสงานยอว์ลไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตแบบทั่วไป ซึ่งในงานวิทยานิพนธ์นี้เลือกใช้กระแสงานยอว์ลมาใช้ในการสร้างแบบจำลองกระบวนการทางธุรกิจเพราะกระแสงานยอว์ลมีเครื่องมือ YAWL Editor ที่มีฟีเจอร์ในการตรวจสอบคุณสมบัติของแบบจำลองที่สร้างขึ้น เช่น ตรวจสอบสภาวะติดตายของระบบ เป็นต้น ถึงแม้ว่ากระแสงานยอว์ลจะมีฟีเจอร์ที่ดีดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น แต่กระแสงานยอว์ลไม่สามารถวิเคราะห์ข้อจำกัดด้านเวลาได้ ดังนั้นในงานวิทยานิพนธ์นี้จึงได้เสนอการแปลงกระแสงานยอว์ลที่มีเงื่อนไขของเวลาไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป โดยผู้วิจัยจะเพิ่มค่าเฉลี่ยของเวลาเข้าไปในสัญลักษณ์ของกระแสงานยอว์ลมาตรฐานหลังจากที่แปลงเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปแล้ว โดยใช้การวิเคราะห์ความน่าจะเป็นของเวลาในรูปแบบความน่าจะเป็นที่มีการแจกแจงแบบเอ็กโพเนนเชียลในการสาธิตการใช้งานโมเดล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

| | | |
|---|---|---|
| สาขาวิชา | วิศวกรรมซอฟต์แวร์ | ลายมือชื่อนิสิต ............................................... |
| ปีการศึกษา | 2562 | ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก ............................. |

# # 6071034721 : MAJOR SOFTWARE ENGINEERING
KEYWORD: Generalized Stochastic Petri Nets YAWL Workflows Formal model

Supattra Boonyawat : Transforming YAWL Workflows with Time Constraints to Generalized Stochastic Petri Nets . Advisor: Assoc. Prof. WIWAT VATANAWOOD, Ph.D.

Nowadays, the business world is constantly competing. Business operators therefore need to plan and manage time, resources and other expenses in accordance with the plan. Currently, there are tools to help stimulate business processes, such as BPMN, BPEL and YAWL workflow, but these tools are not yet able to specify the average time of each task for system development.

This thesis proposes a scheme to convert the current workflow into a generalized stochastic Petri net (GSPN). In our scheme, YAWL workflow is used for business process modeling because there still are YAWL editor tools that have features to inspect the properties of the target model, such as checking the system's deadlock status, etc. Even though workflow is good as described earlier, the YAWL workflow was still unable to analyze the time constraints. Therefore, this thesis aims to convert YAWL workflow with time constraint into GSPN. The average time of each task is added to the symbols of the standard YAWL task after being converted to GSPN. The probability analysis of time in the exponential distribution model is demonstrated.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

| | | |
|---|---|---|
| Field of Study: | Software Engineering | Student's Signature ............................... |
| Academic Year: | 2019 | Advisor's Signature .............................. |

# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประสบความสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากได้รับคำแนะนำ และวิธีการต่างๆ จากรองศาสตราจารย์ ดร. วิวัฒน์ วัฒนาวุฒิ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ มาโดยตลอดตั้งแต่วันที่อาจารย์รับเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์จนกระทั่งมาถึงวันที่จัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จ ขอบคุณที่อาจารย์เสียสละเวลาอันมีค่าค่อยให้คำปรึกษาและช่วยแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น ขอบคุณที่อาจารย์ให้กำลังใจในระหว่างที่ทำวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยจะจดจำทุกคำแนะนำ ทุกคำสอนที่ได้รับจากอาจารย์ไว้เสมอ อีกทั้งถ้ามีโอกาสผู้วิจัยจะนำความรู้ คำแนะนำต่าง ๆ ที่ได้รับถ่ายทอดให้กับบุคคลอื่น ๆ ที่มีความสนใจ

ขอขอบพระคุณท่าน รองศาสตราจารย์ ดร. สมชาย ประสิทธิ์จูตระกูล ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. พรศิริ หมื่นไชยศรี และ ดร. เดชานุชิต กตัญญูทวีทิพย์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่า เพื่อให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะต่าง ๆ ที่ล้วนแต่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์

สุดท้ายขอบคุณคุณพ่อ-แม่ และครอบครัว ที่ค่อยให้กำลังใจ คำชี้แนะที่ดีเสมอมา ขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ ที่ค่อยช่วยเหลือและให้คำปรึกษาเรื่องต่าง ๆ จนทำให้ผู้วิจัยผ่านพ้นอุปสรรคต่าง ๆ มาได้ด้วยดี

สุพัตรา บุญญะวัตร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

# สารบัญ

หน้า


.................................................................................................................................................... ค

บทคัดย่อภาษาไทย.............................................................................................................................. ค

.....................................................................................................................................................ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..........................................................................................................................ง

กิตติกรรมประกาศ................................................................................................................................ จ

สารบัญ................................................................................................................................................ ฉ

บทที่ 1 บทนำ ..................................................................................................................................... 8

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา ....................................................................................................... 8

1.2 วัตถุประสงค์ ................................................................................................................................. 9

1.3 ขอบเขตการดำเนินงาน................................................................................................................... 9

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน.................................................................................................................. 10

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ............................................................................................................. 11

1.6 บทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ ..................................................................................................... 11

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .................................................................................................. 12

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ........................................................................................................................ 12

2.1.1 กระแสงานยอว์ล (YAWL Workflows) ..................................................................................... 12

2.1.2 เพทริเน็ตส์.............................................................................................................................. 15

2.1.3 สโตแคสติกเพทริเน็ตส์ ............................................................................................................. 18

2.1.4 สโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป ...................................................................................................... 19

2.1.5 ตัวแบบมาร์คอฟ (Markov Model)............................................................................................. 27

2.1.6 ภาษาเอกซ์เอ็มแอล.................................................................................................................... 32



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.1.7 เครื่องมือไปป์ (PIPE) ..... 33

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 33

บทที่ 3 การแปลงกระแสงานยอว์ลที่มีเงื่อนไขของเวลาไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป..... 39

3.1 แนวคิดและการวิเคราะห์ในการแปลงส่วนประกอบของกระแสงานยอว์ลไปเป็นสโตแคสติก-เพทริเน็ตส์ทั่วไป ..... 40

3.1.1 นิยามของกระแสงานยอว์ล ..... 40

3.1.2 นิยามของสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป..... 41

3.2 กฎการแปลงแต่ละองค์ประกอบของกระแสงานยอว์ลไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป ..... 41

3.3 การแปลงกระแสงานยอว์ลในรูปแบบของแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล..... 47

3.3.1 การสกัดแต่ละองค์ประกอบของกระแสงานยอว์ล ..... 47

3.4 การแปลงกระแสงานยอว์ลในรูปแบบของแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอลให้เป็นสโต แคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป..... 57

3.4.1 การสกัดแต่ละองค์ประกอบของสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป ..... 57

บทที่ 4 การวิเคราะห์และการออกแบบเครื่องมือการแปลงกระแสงานยอว์ลที่มีเงื่อนไขเวลาไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป ..... 62

4.1 การออกแบบเครื่องมือสนับสนุน ..... 62

4.1.1 แผนภาพยูสเคส ..... 62

4.1.2 แผนภาพกิจกรรม ..... 67

4.1.3 แผนภาพแพ็คเกจ ..... 68

4.1.4 แผนภาพคลาส ..... 69

4.2 การพัฒนาเครื่องมือสนับสนุน ..... 79

4.2.1 ฮาร์ดแวร์ (Hardware) ..... 79

4.2.2 ซอฟต์แวร์ (Software) ..... 79

4.3 โครงสร้างส่วนต่อประสานกับผู้ใช้งานของเครื่องมือสนับสนุน..... 80

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5 การทดสอบเครื่องมือการแปลงกระแสงานยอว์ลไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป โดยอัตโนมัติ ..... 84
5.1 สภาพแวดล้อมที่ใช้ในการทดสอบ ..... 84
5.1.1 ฮาร์ดแวร์ (Hardware) ..... 84
5.1.2 ซอฟต์แวร์ (Software) ..... 84
5.2 แนวทางในการทดสอบเครื่องมือ ..... 84
5.3 การทดสอบและการประเมินผลเครื่องมือ ..... 85
5.3.1 การทดสอบเครื่องมือการแปลงโดยใช้กรณีศึกษา ..... 85
5.3.2 สรุปผลการทดสอบเครื่องมือ ..... 115
บทที่ 6 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย ..... 117
6.1 สรุปผลงานวิจัย ..... 117
6.2 ข้อจำกัดของเครื่องมือการแปลง ..... 117
6.3 ข้อเสนอแนะ ..... 118
บรรณานุกรม ..... 119
ประวัติผู้เขียน ..... 122

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

# สารบัญตาราง

**หน้า**

ตารางที่ 2. 1 สัญลักษณ์ของกระแสงานยอว์ล ........ 13

ตารางที่ 2. 2 แสดงส่วนประกอบของเพทริเน็ตส์ ........ 15

ตารางที่ 2. 3 ส่วนประกอบของสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป ........ 21

ตารางที่ 2. 4 ขั้นตอนการฟายริงทรานสิชันแบบสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป ........ 22

ตารางที่ 2. 5 ตัวอย่างริชอะบิลิตีเซตของสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป ........ 27

ตารางที่ 2. 6 ตัวอย่างการศึกษาลูกค้าโค้กและเป็ปซี่ ........ 29

ตารางที่ 2. 7 สัญลักษณ์ของการสร้างห่วงโซ่มาร์คอฟ ........ 30

ตารางที่ 3. 1 กฎการแปลงจากกระแสงานยอว์ลไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป ........ 45

ตารางที่ 3. 2 ความสัมพันธ์ระหว่างสัญลักษณ์กระแสงานยอว์ลมาตรฐานและแท็กเอกซ์เอ็มแอล .... 47

ตารางที่ 3. 3 แสดงตัวอย่างไฟล์ยอว์ลที่อยู่ในรูปแบบของแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล ........ 53

ตารางที่ 3. 4 ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปและแท็กเอกซ์เอ็ม-แอล ........ 57

ตารางที่ 3. 5 แสดงตัวอย่างสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปที่อยู่ในรูปแบบของแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล ........ 59

ตารางที่ 4. 1 แสดงรายละเอียดของยูสเคสทั้งหมด ........ 63

ตารางที่ 4. 2 รายละเอียดของยูสเคสการนำเข้าไฟล์ยอว์ลในรูปแบบแฟ้มเอกสารเอกเอ็มแอล ........ 64

ตารางที่ 4. 3 รายละเอียดของยูสเคสการแปลงกระแสงานยอว์ลที่มีเงื่อนไขของเวลาไปเป็น ........ 64

ตารางที่ 4. 4 รายละเอียดของยูสเคสการตรวจสอบจากกฎการแปลง ........ 65

ตารางที่ 4. 5 รายละเอียดของยูสเคสการส่งออกไฟล์ที่ได้จากการแปลงกระแสงานยอว์ลที่มี ........ 66

ตารางที่ 5. 1 ริชอะบิลิตีเซตของกระบวนการสมัครบัตรเครดิต ........ 89

ตารางที่ 5. 2 ค่าความน่าจะเป็นโดยใช้ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของแต่ละเส้นทางของกระบวนการสมัครบัตรเครดิตภายในระยะเวลา 50 นาที ........ 95

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 5. 3 ค่าความน่าจะเป็นโดยใช้ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของแต่ละเส้นทางของกระบวนการสมัครบัตรเครดิตภายในระยะเวลา 90 นาที ........ 96

ตารางที่ 5. 4 ค่าความน่าจะเป็นโดยใช้ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของแต่ละเส้นทางของกระบวนการสมัครบัตรเครดิตภายในระยะเวลา 120 นาที ........ 97

ตารางที่ 5. 5 ริชอะบิลิตีเซตของกระบวนการสั่งซื้อสินค้า ........ 102

ตารางที่ 5. 6 ค่าความน่าจะเป็นโดยใช้ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของแต่ละเส้นทางของกระบวนการสั่งซื้อสินค้าภายในระยะเวลา 10 นาที ........ 104

ตารางที่ 5. 7 ค่าความน่าจะเป็นโดยใช้ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของแต่ละเส้นทางของกระบวนการสั่งซื้อสินค้าภายในระยะเวลา 13 นาที ........ 105

ตารางที่ 5. 8 ค่าความน่าจะเป็นโดยใช้ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของแต่ละเส้นทางของกระบวนการสั่งซื้อสินค้าภายในระยะเวลา 16 นาที ........ 105

ตารางที่ 5. 9 ริชอะบิลิตีเซตของกระบวนการให้บริการซ่อมรถยนต์ ........ 110

ตารางที่ 5. 10 ค่าความน่าจะเป็นโดยใช้ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของแต่ละเส้นทางของกระบวนการให้บริการซ่อมรถยนต์ภายในระยะเวลา 60 นาที ........ 113

ตารางที่ 5. 11 ค่าความน่าจะเป็นโดยใช้ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของแต่ละเส้นทางของกระบวนการให้บริการซ่อมรถยนต์ภายในระยะเวลา 90 นาที ........ 114

ตารางที่ 5. 12 ค่าความน่าจะเป็นโดยใช้ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของแต่ละเส้นทางของกระบวนการให้บริการซ่อมรถยนต์ภายในระยะเวลา 120 นาที ........ 114

ตารางที่ 5. 13 สรุปผลการทดสอบกระบวนการสมัครบัตรเครดิต ........ 115

ตารางที่ 5. 14 สรุปผลการทดสอบกระบวนการสั่งซื้อสินค้า ........ 116

ตารางที่ 5. 15 สรุปผลการทดสอบกระบวนการให้บริการซ่อมรถยนต์ ........ 116

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

# สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2. 1 ตัวอย่างแบบจำลองกระแสงานยอวล์ ........ 12
รูปที่ 2. 2 ส่วนประกอบของเพทริเน็ตส์ ........ 17
รูปที่ 2. 3 ก่อนการฟายริงทรานสิชัน ........ 17
รูปที่ 2. 4 หลังการฟายริงทรานสิชัน ........ 18
รูปที่ 2. 5 ตัวอย่างระบบผู้ผลิต - ผู้บริโภคที่นำเสนอแบบจำลองด้วยสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป ... 20
รูปที่ 2. 6 แบบจำลองสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป ........ 26
รูปที่ 2. 7 ริชอะบิลิตีกราฟของแบบจำลองสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป ........ 27
รูปที่ 2. 8 ตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงในรูปแบบของเมทริกซ์ ........ 29
รูปที่ 2. 9 ตัวอย่างห่วงโซ่มาร์คอฟ ........ 30
รูปที่ 2. 10 ตัวอย่างแบบจำลองระบบโดยใช้สโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป ........ 31
รูปที่ 2. 11 ตัวอย่างห่วงโซ่มาร์คอฟที่เกิดการขัดกัน ........ 31
รูปที่ 2. 12 ตัวอย่างเอกซ์เอ็มแอลของกระแสงานยอว์ล ........ 32
รูปที่ 2. 13 ตัวอย่างหน้าจอเครื่องมือไปป์ ........ 33
รูปที่ 3. 1 แผนภาพรวมของไฟล์ยอว์ลในรูปแบบแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล ........ 52
รูปที่ 3. 2 กระบวนการตรวจสอบการทำประกันชีวิต ........ 53
รูปที่ 3. 3 แผนภาพรวมของไฟล์สโตแคสติกเพทริเน็ตทั่วไปในรูปแบบแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล.... 58
รูปที่ 3. 4 กระบวนการตรวจสอบการทำประกันชีวิตที่อยู่ในรูปแบบสโตแคสติก ........ 58
รูปที่ 3. 5 ตัวอย่างสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปของกระบวนการตรวจสอบการทำประกันชีวิตที่อยู่ในรูปแบบแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล ........ 59
รูปที่ 4. 1 แสดงยูสเคสไดอะแกรม ........ 63
รูปที่ 4. 2 ภาพรวมแนวคิดการทำงานของเครื่องมือการแปลงจาก YAWL ไปเป็น GSPN ........ 67
รูปที่ 4. 3 แสดงแผนภาพกิจกรรมการแปลงจากกระแสงานยอว์ลที่มีเงื่อนไขของเวลาไปเป็น ........ 67
รูปที่ 4. 4 แผนภาพแพ็คเกจของเครื่องมือแปลง YAWL2GSPN ........ 68

รูปที่ 4. 5 แสดงรายละเอียดของคลาส IndexController ........ 70
รูปที่ 4. 6 แสดงรายละเอียดของคลาส AppConfig ........ 70
รูปที่ 4. 7 แสดงภาพรวมคลาสแต่ละองค์ประกอบของกระแสงานยอว์ล ........ 71
รูปที่ 4. 8 กลุ่มคลาสที่ใช้เก็บข้อมูลของกระแสงานยอว์ลสำหรับ Mapping rule ........ 72
รูปที่ 4. 9 กลุ่มคลาสที่ใช้เก็บข้อมูลของเส้นเชื่อมและเงื่อนไขต่าง ๆ ของกระแสงานยอว์ล ........ 73
รูปที่ 4. 10 กลุ่มคลาสที่ใช้เก็บข้อมูลสัญลักษณ์ของกระแสงานยอว์ล ........ 73
รูปที่ 4. 11 แสดงภาพรวมคลาสแต่ละองค์ประกอบของสโตแคสนติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป ........ 74
รูปที่ 4. 12 กลุ่มคลาสที่ใช้เก็บตำแหน่งของ เพลส ทรานสิชัน ........ 75
รูปที่ 4. 13 กลุ่มคลาสที่ใช้เก็บคุณลักษณะของ เพลส ทรานสิชัน และอาร์ก ........ 75
รูปที่ 4. 14 คลาสเพลส ........ 76
รูปที่ 4. 15 คลาสทรานสิชัน ........ 76
รูปที่ 4. 16 คลาสอาร์ก ........ 77
รูปที่ 4. 17 คลาสโทเคน ........ 77
รูปที่ 4. 18 คลาสเน็ต และคลาสพีเอ็นเอ็มแอล ........ 78
รูปที่ 4. 19 การแปลงกระแสงานยอว์ลเป็น String ........ 78
รูปที่ 4. 20 การแปลงไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป ........ 79
รูปที่ 4. 21 การเรียกใช้เมธอด flush เพื่อดาวน์โหลดไฟล์สโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป ........ 79
รูปที่ 4. 22 แสดงหน้าหลักของเครื่องมือ YAWL2GSPN ........ 80
รูปที่ 4. 23 แสดงการเลือกไฟล์ยอว์ลที่จะนำเข้าสู่เครื่องมือแปลง YAWL2GSPN ........ 81
รูปที่ 4. 24 แสดงผลของการนำเข้าไฟล์ยอว์ล ........ 81
รูปที่ 4. 25 แสดงสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปที่อยู่ในรูปแบบแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล ........ 82
รูปที่ 4. 26 แสดงกรณีผู้ใช้งานไม่เลือกไฟล์ยอว์ลก่อนแปลงไปเป็น GSPN ........ 82
รูปที่ 4. 27 แสดงกรณีที่ผู้ใช้งานยกเลิกการเลือกไฟล์ยอว์ล ........ 82
รูปที่ 4. 28 แสดงกรณีที่ผู้ใช้งานเลือกไฟล์อื่นที่ไม่ใช่ไฟล์ยอว์ล ........ 83

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 4. 29 แสดงการแจ้งเตือนผู้ใช้งานกรณีที่เลือกไฟล์อื่นที่ไม่ใช่ไฟล์ยอว์ล .................................. 83

รูปที่ 5. 1 สร้างกระบวนการสมัครบัตรเครดิตบนโปรแกรม YAWL Editor 4.2............................. 85

รูปที่ 5. 2 กระบวนการสมัครบัตรเครดิตของกระแสงานยอว์ลในรูปแบบแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล 86

รูปที่ 5. 3 การเลือกไฟล์ยอว์ลเข้าสู่เครื่องมือแปลง YAWL2GSPN ของกระบวนการสมัครบัตรเครดิต ........................................................................................................................................ 86

รูปที่ 5. 4 การนำไฟล์ยอว์ลเข้าสู่เครื่องมือแปลง YAWL2GSPN ของกระบวนการสมัครบัตรเครดิต 87

รูปที่ 5. 5 ไฟล์สโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปของกระบวนการสมัครบัตรเครดิต................................ 87

รูปที่ 5. 6 แสดงกระบวนการสมัครบัตรเครดิตบนเครื่องมือไปป์ (กรณีที่พิจารณา Immediate transition)......................................................................................................................... 88

รูปที่ 5. 7 แสดงค่าเฉลี่ยของเวลาที่ผู้ใช้งานระบุหลังจากแปลงเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปในรูปแบบแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอลของกระบวนการสมัครบัตรเครดิต ............................................. 88

รูปที่ 5. 8 ริชอะบิลิตีกราฟของกระบวนการสมัครบัตรเครดิตจากเครื่องไปป์.................................. 90

รูปที่ 5. 9 ริชอะบิลิตีกราฟของกระบวนการสมัครบัตรเครดิต (กรณีไม่พิจารณา Vanishing state) 92

รูปที่ 5. 10 ริชอะบิลิตีกราฟพิจารณาเฉพาะ Tangible marking................................................... 93

รูปที่ 5. 11 ตัวอย่างห่วงโซ่มาร์คอฟของกระบวนการสมัครบัตรเครดิตโดยใช้ระยะเวลา 50 นาที.... 93

รูปที่ 5. 12 ตัวอย่างการคำนวณความน่าจะเป็นโดยฟังก์ชันการแจกแจงสะสม โดยใช้ไมโครซอฟต์เอกซ์เซลของกระบวนการสมัครบัตรเครดิตภายในระยะเวลา 50 นาที ........................................... 94

รูปที่ 5. 13 ตัวอย่างการคำนวณความน่าจะเป็นโดยใช้ฟังก์ชันการแจกแจงสะสม (กรณีเกิดการขัดกัน) ........................................................................................................................................ 94

รูปที่ 5. 14 สร้างกระบวนการสั่งซื้อสินค้าบนโปรแกรม YAWL Editor 4.2.................................... 98

รูปที่ 5. 15 กระบวนการสั่งซื้อสินค้าของกระแสงานยอว์ลในรูปแบบแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล...... 98

รูปที่ 5. 16 การเลือกไฟล์ยอว์ลเข้าสู่เครื่องมือแปลง YAWL2GSPN ของกระบวนการสั่งซื้อสินค้า... 99

รูปที่ 5. 17 การนำไฟล์ยอว์ลเข้าสู่เครื่องมือแปลง YAWL2GSPN ของกระบวนการสั่งซื้อสินค้า....... 99

รูปที่ 5. 18 ไฟล์สโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปของกระบวนการสั่งซื้อสินค้า.................................... 100

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 5. 19 แสดงกระบวนการสั่งซื้อสินค้าบนเครื่องมือไปป์ (กรณีที่พิจารณา Immediate transition)........100
รูปที่ 5. 20 แสดงค่าเฉลี่ยของเวลาที่ผู้ใช้งานระบุหลังจากแปลงเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปในรูปแบบแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอลของกระบวนการสั่งซื้อสินค้า........101
รูปที่ 5. 21 ริชอะบิลิตีกราฟของกระบวนการสั่งซื้อสินค้าจากเครื่องไปป์........102
รูปที่ 5. 22 ริชอะบิลิตีกราฟของกระบวนการสั่งซื้อสินค้า (กรณีไม่พิจารณา Vanishing state)........103
รูปที่ 5. 23 ริชอะบิลิตีกราฟของกระบวนการสั่งซื้อสินค้า........103
รูปที่ 5. 24 ตัวอย่างห่วงโซ่มาร์คอฟของกระบวนการสั่งซื้อสินค้าโดยใช้ระยะเวลา 10 นาที........103
รูปที่ 5. 25 ตัวอย่างการคำนวณความน่าจะเป็นโดยฟังก์ชันการแจกแจงสะสม โดยใช้ไมโครซอฟต์เอกซ์เซลของกระบวนการสั่งซื้อสินค้าภายในระยะเวลา 10 นาที........104
รูปที่ 5. 26 สร้างกระบวนการให้บริการซ่อมรถยนต์บนโปรแกรม YAWL Editor 4.2........106
รูปที่ 5. 27 กระบวนการให้บริการซ่อมรถยนต์ของกระแสงานยอว์ล ในรูปแบบแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล........106
รูปที่ 5. 28 การเลือกไฟล์ยอว์ลเข้าสู่เครื่องมือแปลง YAWL2GSPN ของกระบวนการให้บริการซ่อมรถยนต์........107
รูปที่ 5. 29 การนำไฟล์ยอว์ลเข้าสู่เครื่องมือแปลง YAWL2GSPN ของกระบวนการให้บริการซ่อมรถยนต์........107
รูปที่ 5. 30 ไฟล์สโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปของกระบวนการให้บริการซ่อมรถยนต์........108
รูปที่ 5. 31 แสดงกระบวนการให้บริการซ่อมรถยนต์บนเครื่องมือไปป์ (กรณีที่พิจารณา Immediate transition)........108
รูปที่ 5. 32 แสดงค่าเฉลี่ยของเวลาหลังจากที่แปลงเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปในรูปแบบ........109
รูปที่ 5. 33 ริชอะบิลิตีกราฟของกระบวนการให้บริการซ่อมรถยนต์จากเครื่องไปป์........110
รูปที่ 5. 34 ริชอะบิลิตีกราฟของกระบวนการให้บริการซ่อมรถยนต์ (กรณีไม่พิจารณา Vanishing state)........111
รูปที่ 5. 35 ริชอะบิลิตีกราฟของกระบวนการให้บริการซ่อมรถยนต์........112

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 5. 36 ตัวอย่างห่วงโซ่มาร์คอฟของกระบวนการให้บริการซ่อมรถยนต์โดยใช้ระยะเวลา 60 นาที ........ 112

รูปที่ 5. 37 ตัวอย่างการคำนวณความน่าจะเป็นโดยฟังก์ชันการแจกแจงสะสม โดยใช้ไมโครซอฟต์เอกซ์เซลของกระบวนการให้บริการซ่อมรถยนต์ภายในระยะเวลา 60 นาที ........ 113

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

# บทที่ 1

# บทนำ

## 1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

กระแสงาน (Workflows) จะถูกนำมาใช้ในการอธิบายกระบวนการทางธุรกิจหรือกระบวนการในการทำงานของธุรกรรมหนึ่งๆ (Business Process) เช่น กระบวนการฝากเงิน – ถอนเงิน กระบวนการในการซื้อตั๋วต่าง ๆ เป็นต้น โดยแต่ละกระแสงานจะมีภาษากระแสงาน (Workflows Languages) ที่ใช้สร้างแบบจำลองกระบวนการทำงานเพื่ออธิบายกระบวนการทางธุรกิจ ปัจจุบันมีภาษาของกระแสงานที่ได้รับความนิยมเป็นจำนวนมาก เช่น บีพีเอ็มเอ็น บีเพล และยอว์ล ภาษาเหล่านี้ถูกออกแบบให้มีสัญลักษณ์เพื่อนำมาวาดเป็นแผนภาพได้ ทำให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าใจได้ง่าย (High Level Design) สำหรับในงานวิจัยนี้จะเลือกกระแสงานยอว์ล (YAWL Workflows) เนื่องจากกระแสงานยอว์ลมีสัญลักษณ์ที่ผู้ใช้งานทั่วไปสามารถเข้าใจได้ง่าย สามารถนำเสนอแบบจำลองกระบวนการทางธุรกิจแบบเคลื่อนที่ได้ (Business Process Automation) สามารถรองรับการจำลองกระบวนการทำงานทางธุรกิจที่ซับซ้อนได้ อีกทั้งในโปรแกรม YAWL Editor เป็นโปรแกรมโอเพนซอร์สที่ใช้สำหรับจำลองกระแสงานยอว์ลจะบังคับให้ผู้ใช้งานเลือกคุณสมบัติที่จะใช้ในการตรวจสอบก่อนนำแบบจำลองไปใช้งานได้ เช่น การตรวจสอบเงื่อนไข OR – JOIN ว่ามีการใช้เกินความจำเป็นหรือไม่ ตรวจสอบการใช้เงื่อนไข OR – JOIN ว่ามีการทำงานที่เป็นวงกลม (Cycle) หรือการทำงานที่ทำให้เกิดสภาวะติดตาย (Deadlock) หรือไม่ เป็นต้น ถึงแม้ว่ากระแสงานยอว์ลจะสามารถใช้อธิบายกระบวนการทางธุรกิจได้เป็นอย่างดี พร้อมทั้งมีฟีเจอร์ที่ช่วยตรวจสอบคุณสมบัติก่อนนำไปใช้งาน ซึ่งถือได้ว่าเป็นกระแสงานหนึ่งที่สามารถสร้างความมั่นใจและความเชื่อถือจากผู้ใช้งานได้ในระดับหนึ่งว่าแบบจำลองที่ออกแบบมานั้นมีความถูกต้อง (Correctness) แต่ยังไม่เพียงพอที่ใช้ในการตอบคำถามของผู้จัดการโครงการ (Project Manager) ในกรณีที่มีเวลาเข้ามาเกี่ยวข้อง เนื่องจากกระแสงานยอว์ลไม่สามารถบอกเวลาได้ เช่น ถ้าผู้จัดการโครงการต้องการทราบว่าความน่าจะเป็นในการพัฒนาระบบให้เป็นไปตามกระแสงานที่ได้ออกแบบไว้ มีความน่าจะเป็นที่งานจะเสร็จภายในระยะเวลาที่กำหนดคิดเป็นกี่เปอร์เซ็นต์

ดังนั้นในงานวิทยานิพนธ์นี้จะทำการนำเสนอการขยายกระแสงานยอว์ลให้สามารถระบุเงื่อนไขด้านเวลาได้ (Extend YAWL workflows with time constraints) โดยผู้วิจัยจะทำการเพิ่มค่าเฉลี่ยของเวลา $\lambda$ (Lambda) เข้าไปในสัญลักษณ์กระแสงานยอว์ลมาตรฐาน หลังจากที่แปลงเป็นสโตแค-สติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปแล้ว และทำการสร้างโมเดลที่สามารถวิเคราะห์ความน่าจะเป็นของเวลา

(Stochastic Analysis) หรือการวิเคราะห์เชิงการสุ่ม หรือเรียกอีกหนึ่งว่าเป็น ปรากฏการณ์แบบสุ่ม (Random Phenomena) โดยใช้สโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป ซึ่งประกอบด้วย 2 ทรานสิชันที่สำคัญ ได้แก่ ทรานสิชันที่ถูกกำหนดเวลา (Timed Transitions) จะเกิดการฟายริงทรานสิชันเมื่อถึงเวลาที่กำหนด และทรานสิชันที่ไม่กำหนดเวลา (Immediate Transitions) สามารถทำการฟายริงทรานสิชันได้ทันที ในกรณีที่มีมากกว่า 1 ทรานสิชันจะเลือกฟายริงทรานสิชันที่มีลำดับความสำคัญ (Priority) สูงสุดก่อนเสมอ สำหรับการหาความน่าจะเป็นของเวลาจะใช้ห่วงโซ่มาร์คอฟ และเลือกใช้ความน่าจะเป็นที่มีการแจกแจงแบบเอ็กโพเนนเชียล โดยใช้ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมเพื่อใช้ในการหาความน่าจะเป็นของเวลาที่ใช้ทั้งหมดของกระแสงาน

### 1.2 วัตถุประสงค์

1) เพื่อปรับปรุงกระแสงานยอว์ลมาตรฐานให้สามารถรองรับข้อจำกัดด้านเวลาได้เฉพาะในส่วนของ Input Condition, Condition, Atomic Task, AND-Split, XOR-Split, OR-Split, AND-Join, XOR-Join, OR-Join

2) เพื่อสร้างกฎการแปลงจากกระแสงานยอว์ลเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป

3) เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องมือการแปลงจากกระแสงานยอว์ลที่มีเงื่อนไขของเวลาไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปแบบอัตโนมัติ

### 1.3 ขอบเขตการดำเนินงาน

1) นำกระแสงานยอว์ลมาตรฐานมาปรับปรุง โดยผู้ใช้งานจะทำการเพิ่มข้อจำกัดด้านเวลาเข้าไปในสโตแคสติกเพทริเน็ตส์แบบทั่วไปตามกฎการแปลงที่ได้ออกแบบไว้ ทั้งนี้ผู้ใช้งานจะสามารถระบุข้อจำกัดด้านเวลาได้หลังจากที่เครื่องมือทำการแปลงเสร็จเรียบร้อยแล้ว

2) ออกแบบกฎการแปลง โดยสัญลักษณ์ของกระแสงานยอว์ลที่นำมาแปลงเป็นสโตแคสติกเพท-ริเน็ตส์ทั่วไป มีดังนี้

- Input Condition
- Output Condition
- Condition
- Atomic Task
- AND - Split
- XOR - Split
- OR - Split

- AND - Join
- XOR - Join
- OR - Join

3) พัฒนาเครื่องมือที่มีขีดความสามารถดังนี้

   ก. สามารถนำเข้าแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอลของกระแสงานยอว์ลมาตรฐานเข้ามาได้

   ข. สามารถแปลงจากกระแสงานยอว์ลไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปได้ โดยใช้กฎ-การแปลงที่ได้ออกแบบไว้ในข้อ 2

   ค. ผู้ใช้งานจะสามารถระบุค่าเฉลี่ยของเวลาได้ก็ต่อเมื่อเครื่องมือทำการแปลงไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปแล้ว

   ง. ผลลัพธ์ที่ได้จากการแปลงสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปจะอยู่ในรูปของแฟ้มเอกสาร-เอกซ์เอ็มแอล

   จ. การทวนสอบความถูกต้องจะใช้กรณีศึกษาจำนวน 3 กรณี ในการทดสอบเครื่องมือ โดยเครื่องมือที่จะนำมาทดสอบความถูกต้องของเครื่องมือที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น เช่น เครื่องมือไปป์ เป็นต้น

4) ริชอะบิลิตีเซตในงานวิจัยนี้จะพิจารณาเฉพาะ Tangible Markings เท่านั้น

**1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน**

1) ศึกษาองค์ความรู้และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
   - กระแสงานยอว์ล
   - สโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป
   - ตัวแบบมาร์คอฟ
2) ศึกษาเครื่องมือและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
3) กำหนดแนวคิดและขอบเขตงานวิจัย
4) ออกแบบกระแสงานยอว์ล
5) ออกแบบและสร้างกฎการแปลงจากกระแสงานยอว์ลไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป
6) พัฒนาเครื่องมือสำหรับการแปลงจากกระแสงานยอว์ลไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปแบบอัตโนมัติ
7) ตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองที่ได้จากเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นโดยใช้เครื่องมือ เช่น เครื่องมือไปป์ เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

8) ปรับปรุงแก้ไขเครื่องมือ

9) สรุปและประเมินผลการวิจัย

10) จัดทำบทความวิจัย และจัดทำรายงานวิทยานิพนธ์

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ได้กฎการแปลงจากกระแสงานยอว์ลไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป
2) ได้เครื่องมือสำหรับการแปลงจากกระแสงานยอว์ลไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปแบบอัตโนมัติ
3) ได้เครื่องมือที่ช่วยตอบคำถามของผู้จัดโครงการที่ว่า “มีความน่าจะเป็นที่จะพัฒนาระบบตั้งแต่กระบวนการเริ่มต้นจนกระทั่งกระบวนการสุดท้าย มีความน่าจะเป็นกี่เปอร์เซ็นต์ที่จะพัฒนาระบบให้เสร็จภายในเวลาที่กำหนด” เพื่อช่วยให้ผู้จัดการโครงการสามารถตัดสินใจและวางแผนในการจัดการทรัพยากรได้อย่างแม่นยำมากขึ้น

## 1.6 บทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์

บทความวิชาการเรื่อง “Transforming YAWL Workflows with Time Constraints to Generalized Stochastic Petri Net” ในงานประชุมวิชาการ The 3 rd International Conference on Software and e-Business (ICSEB 2019) จัดขึ้นที่ Waseda University (Nishi-Waseda campus) เมื่อวันที่ 9 - 11 ธันวาคม 2019 ณ กรุงโตเกียว ประเทศญี่ปุ่น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

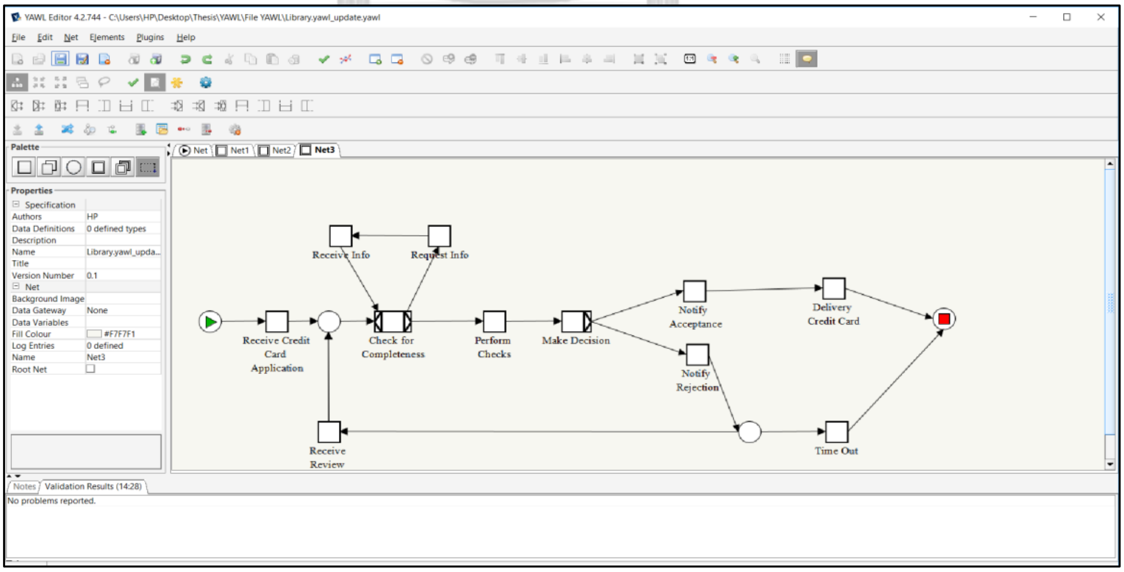
# บทที่ 2
# ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับวิธีการทวนสอบที่นำมาใช้ในงานวิจัย ได้แก่ กระแสงานยอว์ล, เพทริเน็ตส์, สโตแคสติกเพทริเน็ตส์, สโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป, ริชอะบิลิตี, ภาษาเอกซ์เอ็มแอล, เครื่องมือไปป์ ซึ่งแต่ละทฤษฎีที่เกี่ยวข้องมีรายละเอียดดังนี้

### 2.1.1 กระแสงานยอว์ล (YAWL Workflows)

ภาษายอว์ล [1] ได้ถูกพัฒนามาจากความร่วมมือกันของนักวิจัยทั้ง 2 มหาวิทยาลัย คือ Eindhoven University of Technology และ Queensland University of Technology ภาษายอว์ลเป็นอีกหนึ่งภาษาที่สามารถอธิบายการทำงานของธุรกิจที่มีความซับซ้อนได้เป็นอย่างดี ทั้งนี้ภาษายอว์ลสามารถวิเคราะห์การจัดการกระแสงาน (Workflow management system) และสามารถตรวจสอบความขัดแย้งของกระแสงานควบคุมสายงานก่อนนำไปใช้งานได้เป็นอย่างดี ภาษายอว์ลมีพื้นฐานมาจากภาษาเพทริเน็ตส์ที่มีโครงสร้างอยู่ในรูปแบบของสถานะพื้นฐานของกระแสงาน แต่ภาษายอว์ลได้มีการพัฒนาให้สามารถรองรับการอธิบายกระแสงานที่มีความซับซ้อนมากขึ้น เช่น กระแสงานที่มีโครงสร้าง XOR, AND, OR-Splits, Multiple instance และ Cancellation เป็นต้น ภาษายอว์ลมีเครื่องมือ YAWL- Editor ใช้สำหรับการสร้างแบบจำลองกระแสงานยอวล์ ดังที่แสดงใน รูป 2.1

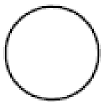
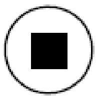
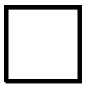
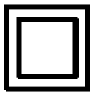
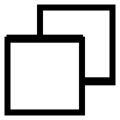
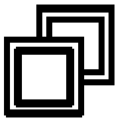



รูปที่ 2. 1 ตัวอย่างแบบจำลองกระแสงานยอวล์

**สัญลักษณ์ของกระแสงานยอว์ล [2] [4] [10]**

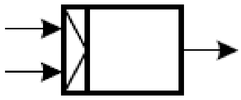
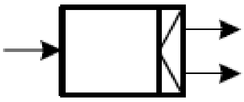
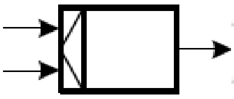
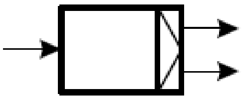
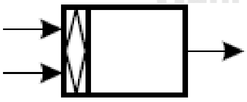
สัญลักษณ์ต่าง ๆ ที่มีการใช้ในกระแสงานยอว์ลมีทั้งหมด ดังนี้

ตารางที่ 2. 1 สัญลักษณ์ของกระแสงานยอว์ล

| สัญลักษณ์ | ชื่อ | คำอธิบาย |
|---|---|---|
|  | Condition | ใช้แทน สถานะของกระแสงาน |
| | Input Condition | ใช้แทน จุดเริ่มต้นของกระแสงาน |
|  | Output Condition | ใช้แทน จุดสิ้นสุดของกระแสงาน |
|  | Atomic Task | ใช้แทน คนหรือระบบภายนอกที่ดำเนินงาน 1 งาน |
|  | Composite | ใช้แทน กระแสงานย่อย |
|  | Multiple instances of an atomic task | ใช้แทน การเกิดการทำงานของหลายอ็อบเจกต์ที่เกิดขึ้นพร้อมๆ กัน |
|  | Multiple instances of a composite | ใช้แทน กระแสงานย่อยที่มีหลายอ็อบเจกต์ทำงานพร้อม ๆ กัน |

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 2.1 สัญลักษณ์ของกระแสงานยอว์ล (ต่อ)

| สัญลักษณ์ | ชื่อ | คำอธิบาย |
|---|---|---|
|  | AND-Join | ใช้แทน กระแสงานเริ่มทำงาน เมื่อมีทุกกระแสงานเข้ามาในกิจกรรม |
|  | AND-Split | ใช้แทน การเริ่มต้นของงาน เมื่อทุกกระแสงานขาออกเกิดขึ้นพร้อมกัน |
|  | XOR-Join | ใช้แทน เมื่อมีการร่วมกระแส-งานกันก่อนการเกิดกระแสงาน 1 กระแสงานเข้าสู่กิจกรรม |
|  | XOR-Split | ใช้แทน การเลือกทำเส้นทางกระแสงานที่เกิดกระแสงานออกเพียง 1 กระแสงานเท่านั้น |
|  | OR-Join | ใช้แทน การทำงานที่เกิดขึ้นเมื่อมีกระแสงานทั้งหมดเกิดขึ้นหรือมีกระแสงานอย่างใดอย่างหนึ่งเกิดขึ้น |
| | OR-Split | ใช้แทน การเกิดกระแสงานออกไม่จำเป็นต้องเกิดขึ้นทั้งหมด |

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

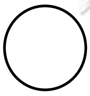
### 2.1.2 เพทริเน็ตส์

เพทริเน็ตส์ [8-9] ถูกคิดค้นเป็นครั้งแรกโดย Carl Adam Petri เมื่อปี ค.ศ. 1939 ซึ่งเพทริเน็ตส์เป็นแบบจำลองที่ใช้สำหรับการอธิบายสถานะการทำงาน โดยการเปลี่ยนสถานะของระบบจะแสดงให้เห็นถึงพฤติกรรมในการทำงานของระบบ และสถานะของระบบสามารถนำมาวิเคราะห์การเข้าถึงระบบ (Reachability Graph) ได้ ทั้งนี้เพทริเน็ตส์ที่นำมาใช้ในปัจจุบันมีหลายรูปแบบ เช่น เหตุการณ์แบบลำดับ (Sequential Events) เหตุการณ์แบบพร้อมกัน (Concurrent Events) เหตุการณ์แบบทางเลือก (Choice Events) เหตุการณ์แบบประสานกัน (Synchronized Events) เป็นต้น

**1) ส่วนประกอบบของเพทริเน็ตส์**

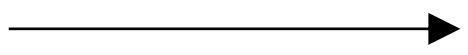
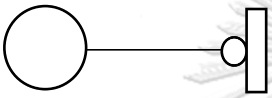
ส่วนประกอบของเพทริเน็ตส์ [8] ประกอบด้วย 5 ส่วน ได้แก่ เพลส ทรานสิชัน โทเคน อาร์ก และอาร์กยับยั้ง รายละเอียดดังที่แสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2. 2 แสดงส่วนประกอบของเพทริเน็ตส์

| สัญลักษณ์ | คำอธิบาย |
|---|---|
|  | เพลส (Place)<br>- มีลักษณะเป็นวงกลม<br>- ใช้แสดง สถานะของระบบ |
| | ทรานสิชัน (Transition)<br>- มีลักษณะเป็นกล่องหรือแท่ง<br>- ใช้อธิบายเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในระบบ<br>- ทรานสิชันจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะของระบบ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนั้นเกิดจากการฟายริง (Firing) ของ ทรานสิชันในเพทริเน็ตส์ |
| | โทเคน (Token)<br>- มีลักษณะเป็นจุดวงกลมสีดำ (Black Dot) อยู่ในเพลส<br>- ใช้แทนเงื่อนไขของทรานสิชัน โดยการเคลื่อนย้ายของโทเคนจะมีผลต่อการเปลี่ยนสถานะของระบบ |

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 2.2 แสดงส่วนประกอบของเพทริเน็ตส์ (ต่อ)

| สัญลักษณ์ | คำอธิบาย |
|---|---|
|  | อาร์ก (Arc)<br>- มีลักษณะเป็นเส้นตรงมีหัวลูกศร<br>- ใช้เชื่อมต่อระหว่างเพลสกับทรานสิชัน เรียกว่า อินพุตอาร์ก (Input Arc) หรือ ทรานสิชันกับเพลส เรียกว่า เอาต์พุต อาร์ก (Output Arc) |
|  | อาร์กยับยั้ง (Inhibitor Arc)<br>- มีลักษณะเป็นเส้นตรงมีหัวเป็นวงกลมสีขาวโปร่งเล็กๆ<br>- ใช้เชื่อมต่อระหว่างเพลสกับทรานสิชัน<br>- ในกรณีที่มีโทเคนในเพลสและต้องการ Disable ทรานสิชันไม่ให้ฟายริง |

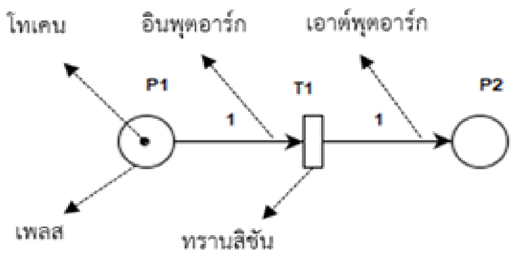
**2) โครงสร้างของเพทริเน็ตส์**

โครงสร้างของเพทริเน็ตส์ ประกอบด้วย PN = ( P, T, I, O, $M_0$ ) โดยกำหนดให้ m = {1, 2,...}

- P = {$P_1$, $P_2$, $P_3$,..., $P_m$} เป็นเซตจำกัดของเพลส
- T = {$T_1$, $T_2$, $T_3$,..., $T_m$} เป็นเซตจำกัดของทรานสิชัน โดยที่ $P \cap T = \varnothing$
- $I \subset P \times T$ เป็นเซตของอินพุตฟังก์ชัน ซึ่งแสดงโดยอาร์กจากเพลสไปสู่ทรานสิชัน
- $O \subset T \times P$ เป็นเซตของเอาต์พุตฟังก์ชัน ซึ่งแสดงโดยอาร์กจากทรานสิชันไปสู่-เพลส
- $M_0$ เป็นมาร์กกิงเริ่มต้น (Initial Marking) เป็นการกำหนดจำนวนโทเคนเริ่มต้นให้กับเพลสต่าง ๆ แสดงด้วย M(P) โดยที่ P คือ เวลาเริ่มต้น

จากโครงสร้างของเพทริเน็ตส์ดังกล่าวสามารถแสดงได้ตามรูปที่ 2.2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY




รูปที่ 2. 2 ส่วนประกอบของเพทริเน็ตส์

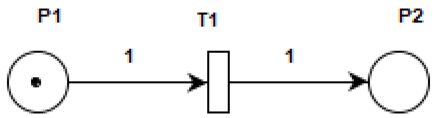
**3) การทำงานของเพทริเน็ตส์**

การทำงานของเพทริเน็ตส์ สามารถพิจารณาการเปลี่ยนแปลงโทเคนภายในเพลสของระบบ โดยจะมีกฎการทำงาน 2 กฎ ดังนี้

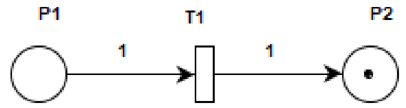
1) กฎการอีนาเบิล (Enable Rule) เป็นการเปิดการใช้งานทรานสิชันเพื่อทำการฟายริง [15] และทรานสิชันจะสามารถเปิดใช้งานได้ก็ต่อเมื่อมีโทเคนภายในเพลสมากกว่าหรือเท่ากับน้ำหนักของอาร์กจากเพลสไปยังทรานสิชัน
2) กฎการฟายริง (Firing Rule) เมื่อทรานสิชันถูกอีนาเบิลหรือเปิดการใช้งานทรานสิชันทำการฟายริง ซึ่งการฟายริงจะทำการลบโทเคนที่อยู่ในเพลสก่อนหน้าออก และเพิ่มโทเคนให้กับทุกเพลสที่อยู่ถัดไป โดยจำนวนโทเคนที่ถูกลบและเพิ่มนั้นจะมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับน้ำหนักของเส้นหรืออาร์ก หลังจากทรานสิชันถูกฟายริงแล้วจะทำให้ตำแหน่งของมาร์กกิงในเพทริเน็ตส์เกิดการเปลี่ยนแปลง ทั้งนี้เพทริเน็ตส์จะเกิดการเปิดการใช้งานและการฟายริงทรานสิชันไปเรื่อยๆ จนกระทั่งจบการทำงาน

   กรณีที่ไม่สามารถเกิดการฟายริงได้มีหลายสาเหตุ ดังนี้

   1. เกิดจากกรณีที่โทเคนหยุดนิ่งโดยที่ยังมีเส้นทางไปต่อได้ เรียกว่า เกิดการติดตาย (Deadlock)
   2. เกิดจากน้ำหนักของเส้นหรืออาร์กมากกว่าจำนวนโทเคนที่อยู่ในเพลสก็จะไม่สามารถเกิดการฟายริงได้
   3. การที่โทเคนไม่สามารถฟายริงต่อไปได้เนื่องจากเป็นเพลสหรือทรานสิชันสุดท้าย




รูปที่ 2. 3 ก่อนการฟายริงทรานสิชัน




รูปที่ *2. 4* หลังการฟายริงทรานสิชัน

จากรูปที่ 2.3 แสดงตัวอย่างทรานสิชัน $T_1$ ก่อนการฟายริงทรานสิชัน $T_1$ ถูกเปิดใช้งาน เนื่องจากอินพุตเพลส $P_1$ มีจำนวนโทเคน เท่ากับ 1 ซึ่งเท่ากับจำนวนน้ำหนักของอาร์ก จากเพลส $P_1$ ไปยังทรานสิชัน $T_1$ เมื่อทรานสิชันถูกเปิดใช้งานทรานสิชัน $T_1$ จะถูกฟายริง ทำให้จำนวนโทเคนจากเพลส $P_1$ จำนวน 1 โทเคน จะถูกลบออกไปจากเพลส $P_1$ และโทเคนจะถูกเพิ่มไปในเพลส $P_2$ เท่ากับจำนวนน้ำหนักของอาร์กที่ต่อจากทรานสิชันไปยังเพลส ดังรูปที่ 2.4

### 2.1.3 สโตแคสติกเพทริเน็ตส์

สโตแคสติกเพทริเน็ตส์ [7] เป็นแบบจำลองที่มีส่วนขยายออกมาจากเพทริเน็ตส์ ซึ่งสโตแค-สติกเพทริเน็ตส์สามารถจำลองสถานะของระบบเพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนสถานะในระบบได้เช่นเดียวกับเพทริเน็ตส์ แต่สำหรับ สโตแคสติกเพทริเน็ตส์จะมีเงื่อนไขของค่าหน่วงการฟายริง (Firing delay) ของทรานสิชันเข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งการฟายริงของทรานสิชันจะขึ้นอยู่กับเงื่อนไขของค่าหน่วงการฟายริง

**1) โครงสร้างของสโตแคสติกเพทริเน็ตส์**

โครงสร้างของสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ ประกอบด้วย SPN = (P, T, I, O, $M_O$, $\wedge$)

โดยกำหนดให้ m = {1,2,...}

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

- P = {$P_1$, $P_2$, $P_3$,..., $P_m$} เป็นเซตจำกัดของเพลส
- T = {$T_1$, $T_2$, $T_3$,..., $T_m$} เป็นเซตจำกัดของทรานสิชัน โดยที่ $P \cap T = \varnothing$
- $I \subset P \times T$ เป็นเซตของอินพุตฟังก์ชัน ซึ่งแสดงโดยอาร์กจากเพลสไปสู่ทราน-สิชัน
- $O \subset T \times P$ เป็นเซตของเอาต์พุตฟังก์ชัน ซึ่งแสดงโดยอาร์กจากทรานสิชันไปเพลส
- $M_0$ เป็นมาร์กกิงเริ่มต้น (Initial Marking) ซึ่งเป็นการกำหนดจำนวนโทเคนเริ่มต้นให้กับเพลสต่าง ๆ แสดงด้วย M(P) โดยที่ P คือ เวลาเริ่มต้น
- $\wedge$ = ($\lambda_1$, $\lambda_2$,..., $\lambda_m$) เป็นลำดับของอัตราการฟายริง (Array of firing rate) ที่มีความสัมพันธ์กับทรานสิชัน

**2) ส่วนประกอบของสโตแคสติกเพทริเน็ตส์** มี 4 ส่วนดังนี้

2.1 เพลส ใช้แทน สถานะของระบบ

2.2 ทรานสิชัน ใช้แทน เหตุการณ์ที่เกิดขึ้น และใช้ในการกำหนดเงื่อนไขของโทเคนโฟว์ล เช่น เวลา น้ำหนักของโทเคน เป็นต้น

2.3 อาร์ก เป็นเส้นตรงที่ใช้เชื่อมระหว่างเพลสกับทรานสิชัน และทรานสิชันกับเพลส

2.4 โทเคน เป็นจุดสีดำทึบ โดยโทเคนจะมีความสัมพันธ์กับเพลส และโทเคนจะถูกฟายริงเมื่อเงื่อนไขของอาร์กถูกต้อง

**2.1.4 สโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป**

สโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป [7] (Generalized Stochastic Petri nets (GSPNs)) ถูกคิดค้นโดย M. Ajmone-Marson, G. Balbo, G.Conte สโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปเป็นส่วนขยายของสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ ซึ่งสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปมีทรานสิชัน 2 รูปแบบที่แตกต่างกันดังนี้ ทรานสิชันที่ไม่ต้องกำหนดเวลา (Immediate Transitions) คือ จะเกิดการฟายริงทรานสิชัน ณ เวลาที่ 0 และทรานสิชันที่ถูกกำหนดเวลา (Timed Transitions) คือ จะเกิดการฟายริงทรานสิชันเมื่อถึงเวลาที่กำหนด ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) ทรานสิชันที่ไม่กำหนดเวลาหรือทรานสิชันที่เกิดการฟายริงได้ทันที (Immediate Transitions) คือ การเกิดฟายริงทรานสิชัน ณ เวลาที่ 0 เป็นทรานสิชันที่สามารถฟายริงได้โดยไม่ต้องกำหนดอัตราการฟายริง แต่จะตรวจสอบจำนวนโทเคนที่มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับน้ำหนักของอาร์กที่ต่อจากเพลส จากนั้นเคลื่อนย้ายจำนวนโทเคนจากเพลสไปยังทรานสิชัน โดยจำนวนโทเคนที่ถูกเคลื่อนย้ายจะเท่ากับจำนวนน้ำหนักของอาร์กที่ต่อจากทรานสิชันไปยังอีกเพลสหนึ่งโดยไม่ต้องรอเวลา และเป็นทรานสิชันที่มีการจัดลำดับความสำคัญในการทำงานสูงกว่าทรานสิชันที่ถูกกำหนดเวลา ดังรูปที่แสดงในตารางที่ 2.4
2) ทรานสิชันที่ถูกกำหนดเวลา (Timed Transitions) คือ การเกิดการฟายริงทรานสิชันเมื่อถึงเวลาที่กำหนดหรือทรานสิชันที่มีการกำหนดเวลาในการฟายริง ดังรูปที่แสดงในตารางที่ 2.4

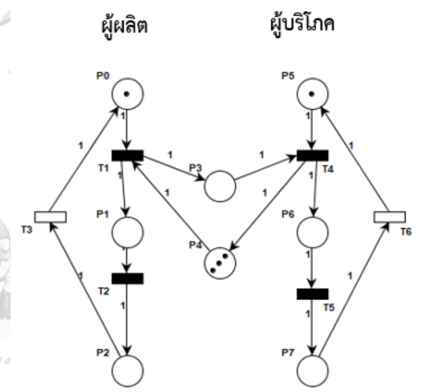
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

**1) โครงสร้างของสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป**

โครงสร้างของสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป ประกอบด้วย GSPN = (PN, $T_1$, $T_2$, W )

โดยที่

- PN = (P, T, $I^-$, $I^+$, $M_0$) คือ พื้นฐานของเพลส – ทรานสิชันเน็ต (Place – Transition net)
- $T_1 \subseteq T$ คือ เซตของทรานสิชันที่ถูกกำหนดเวลา โดยที่ $T_1 \neq \varnothing$
- $T_2 \subset T$ คือ เซตของทรานสิชันที่ไม่กำหนดเวลา โดยที่ $T_1 \cap T_2 = \varnothing$ , $T = T_1 \cup T_2$
- W = ($W_1$,...,$W_{|T|}$) คือ น้ำหนักของอาร์ก โดยที่ $W_i \in R^+$ ($R^+$ คือ จำนวนเต็มบวก)




CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 2. 5 ตัวอย่างระบบผู้ผลิต - ผู้บริโภคที่นำเสนอแบบจำลองด้วยสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป

จากนิยามของสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น เมื่อนำมาใช้กับระบบผู้ผลิต - ผู้บริโภคตามรูปที่ 2.5 ได้ดังนี้

GSPN = (PN, $T_1$, $T_2$, W) โดยที่

PN คือ พื้นฐานของเพลส – ทรานสิชันเน็ต

$T_1 = \{t_3, t_6\}$, $T_2 = \{t_1, t_2, t_4, t_5\}$

W = ($w_1$, $w_2$, $w_3$, $w_4$, $w_5$, $w_6$), $w_i \in R^+$

**2) ส่วนประกอบของสโคแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป**

สโตแคสติกเพริเน็ตส์ทั่วไปมีการเพิ่มทรานสิชันที่ไม่กำหนดเวลาเข้ามาในสโตแคสติก - เพทริเน็ตส์ดังนี้

ตารางที่ 2. 3 ส่วนประกอบของสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป

| สัญลักษณ์ | คำอธิบาย |
|---|---|
| | - ลักษณะจะเป็นแท่งเดียวสีดำทึบ (Solid Bars) [7]<br>- ไม่มีการกำหนดเวลาการฟายริงที่ทรานสิชัน<br>- มีการจัดลำดับความสำคัญ (Priority) ในการฟายริงทรานสิชันโดยให้ลำดับความสำคัญทรานสิชันที่ไม่กำหนดเวลาก่อนเสมอ<br>- ค่าความน่าจะเป็นของการฟายริงทรานสิชันมีค่าเท่ากับ 1<br>- ทรานสิชันที่ไม่กำหนดเวลากับทรานสิชันที่ถูกกำหนดเวลา จะไม่มีการเปิดการใช้งานทรานสิชันพร้อม ๆ กัน |

**3) การฟายริงทรานสิชันแบบสโตแคสติกเพทริเน็ตทั่วไป**

ในการฟายริงทรานสิชันแบบสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป จะมีการฟายริงทรานสิชัน 2 แบบ คือ ทรานสิชันที่ถูกกำหนดเวลา และทรานสิชันที่ไม่กำหนดเวลา ดังนี้

3.1) คุณสมบัติที่สำคัญของการกำหนดการฟายริงทรานสิชันที่ถูกกำหนดเวลามีดังนี้

1. ในกรณีที่จำนวนโทเคนในเพลสน้อยกว่าน้ำหนักของอาร์กจะไม่สามารถเกิดการฟาย-ริงทรานสิชันได้

2. โทเคนจะถูกลบจากเพลสหนึ่งและไปเพิ่มยังอีกเพลสหนึ่งก็ต่อเมื่อถึงเวลาที่กำหนดไว้ในทรานสิชันนั้นๆ

3.2) คุณสมบัติที่สำคัญของการกำหนดการฟายริงทรานสิชันที่ไม่กำหนดเวลามีดังนี้

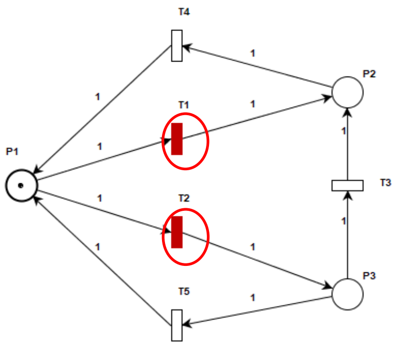
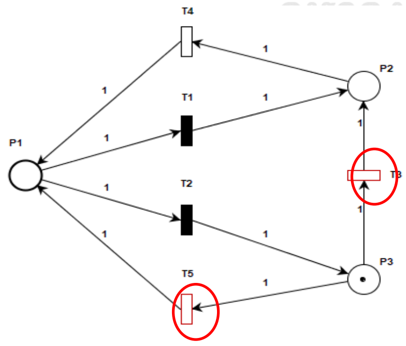
1. ถ้าทรานสิชันที่ไม่กำหนดเวลาในแบบจำลองมีมากกว่า 1 ทรานสิชัน และมีการกำหนดลำดับความสำคัญ (Priority) เท่ากันจะทำให้เกิดการสุ่มการฟายริงทรานสิชันเฉพาะทรานสิ-ชันที่ไม่กำหนดเวลาเท่านั้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

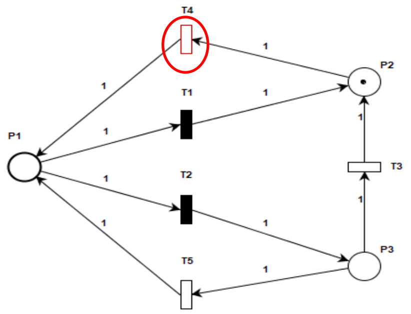
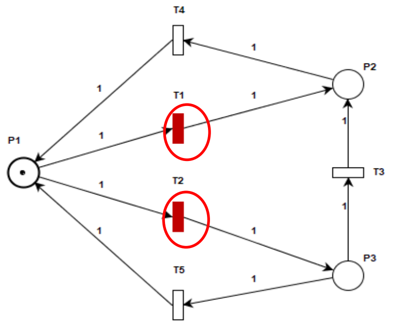
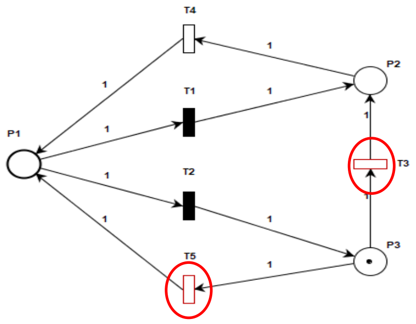
2. ถ้าทรานสิชันที่ไม่กำหนดเวลาในแบบจำลองมีมากกว่า 1 ทรานสิชัน และมีการกำหนดลำดับความสำคัญ (Priority) ที่มากกว่าหรือน้อยกว่า ในการฟายริงจะเลือกฟายริงทรานสิชันที่มีการกำหนดลำดับความสำคัญที่สูงกว่าหรือมากกว่าก่อนเสมอ

3. ในกรณีแบบจำลองมีทรานสิชันที่ไม่กำหนดเวลาและทรานสิชันที่ถูกกำหนดเวลาอยู่ 2 แบบ ในการฟายริงจะเลือกฟายริงทรานสิชันที่ไม่กำหนดเวลาก่อนเสมอ

ตารางที่ 2. 4 ขั้นตอนการฟายริงทรานสิชันแบบสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป

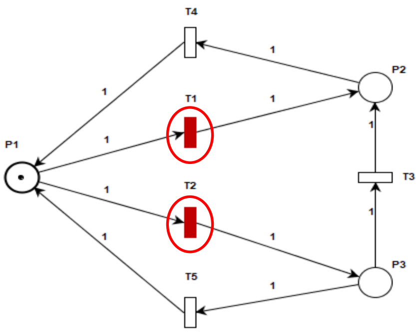
| **ขั้นตอนการฟายริงทรานสิชันแบบสโตแคสติก-เพทริเน็ตส์ทั่วไป** | **คำอธิบาย** |
|---|---|
| **<u>ขั้นตอนที่ 1</u>** เริ่มต้นการฟายริง   | ในขั้นตอนที่ 1 เป็นการแสดงเริ่มต้นการฟายริง โดยกำหนดให้โทเคนจะอยู่ที่เพลส $P_1$ และมีการเปิดการใช้งานทรานสิชัน (Enable Transition) $T_1$ และ $T_2$ (จากรูปที่แสดงในขั้นตอนที่ 1 มีการกำหนดลำดับความสำคัญของทรานสิชันที่ไม่กำหนดเวลาเท่ากัน) |
| **<u>ขั้นตอนที่ 2</u>** การฟายริงทรานสิชันที่ไม่กำหนดเวลาที่ทรานสิชัน $T_2$   | มีการสุ่มการฟายริงทรานสินชันที่ไม่กำหนดเวลาระหว่างทรานสิชัน $T_1$ และ $T_2$ ซึ่งจะเห็นว่ามีการสุ่มเลือกฟายริง $T_2$ ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของโทเคน โดยโทเคนจะถูกลบออกจากเพลส $P_1$ และเพิ่มโทเคนไปยังเพลส $P_3$ จากนั้นทรานสิชันที่ถูกกำหนดเวลาทำการเปิดใช้งานระหว่างทรานสิชัน $T_3$ และ $T_5$ เพื่อทำการฟายริงต่อไป |

ตารางที่ 2.4 ขั้นตอนการฟายริงทรานสิชันแบบสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป (ต่อ)

| **ขั้นตอนการฟายริงทรานสิชันแบบสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป** | **คำอธิบาย** |
|---|---|
| **<u>ขั้นตอนที่ 3</u>** การฟายริงทรานสิชันที่ถูกกำหนดเวลาที่ ทรานสิชัน $T_3$<br><br> | เมื่อมีการฟายริงทรานสิชันที่ถูกกำหนดเวลา $T_3$ แล้ว จะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของโทเคน โดยโทเคนจะถูกลบออกจากเพลส $P_3$ และเพิ่มโทเคนไปยังเพลส $P_2$ และทำการเปิดการใช้งานทรานสิชัน $T_4$ |
| **<u>ขั้นตอนที่ 4</u>** การฟายริงทรานสิชันที่ถูกกำหนดเวลาที่ ทรานสิชัน $T_4$<br><br> | จากนั้นโทเคน จะถูกลบออกจากเพลส $P_2$ และเพิ่มโทเคนกลับไปยังเพลส $P_1$ และทำการเปิดการใช้งานทรานสิชัน $T_1$ และ $T_2$ |
| **<u>ขั้นตอนที่ 5</u>** การฟายริงทรานสิชันที่ไม่ถูกกำหนดเวลาที่ ทรานสิชัน $T_2$<br><br> | หลังจากเสร็จขั้นตอนที่ 4 โทเคนที่อยู่เพลส $P_1$ จะถูกลบออก และเพิ่มโทเคนไปยังเพลส $P_3$ จากนั้นทำการเปิดการใช้งานทรานสิชัน $T_3$ และ $T_5$ |

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 2.4 ขั้นตอนการฟายริงทรานสิชันแบบสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป (ต่อ)

| **ขั้นตอนการฟายริงทรานสิชันแบบสโตแคสติก-เพทริเน็ตส์ทั่วไป** | **คำอธิบาย** |
|---|---|
| **<u>ขั้นตอนที่ 6</u>** การฟายริงทรานสิชันที่ถูกกำหนดเวลาที่ทรานสิชัน $T_5$   | เมื่อเสร็จจากขั้นตอนที่ 5 โทเคนที่อยู่เพลส $P_3$ จะเกิดการเคลื่อนที่อีกครั้งโดยจะถูกลบออกและเพิ่ม โทเคนไปยังเพลส $P_1$ ซึ่งในการฟายริงจะทำตามขั้นตอนที่ได้กล่าวมาข้างต้นแบบนี้ไปเรื่อย ๆ |

ค่าหน่วงของการฟายริงมีความสัมพันธ์กับทรานสิชัน ซึ่งในการออกแบบจำลองของกระแสงานจะต้องระบุประเภทของทรานสิชันก่อนการฟายริง ซึ่งค่าหน่วงฟายริงจะเป็นตัวแปรแบบสุ่ม (Random Variable) โดยตัวแปรสุ่มมี 2 ประเภทได้แก่

1. ตัวแปรสุ่มแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete random variable) ถ้า H มีค่าเป็นจำนวนที่นับได้ เช่น การโยนเหรียญบาท 3 เหรียญ โดย H แทนจำนวนหัวที่ได้ เพราะฉะนั้น H เป็นตัวแปรสุ่มที่มีค่าเป็น 0, 1, 2, 3 ดังนั้น H เป็นตัวแปรสุ่มไม่ต่อเนื่อง
2. ตัวแปรสุ่มแบบต่อเนื่อง (Continuous random variable) ถ้า S มีค่าต่อเนื่องกันได้หลายค่านับไม่ถ้วน เช่น ค่าของน้ำหนักของนักเรียนประถมศึกษา จะอยู่ในช่วง 30-50 กิโลกรัม เขียนได้ว่า 30 < S < 50 กิโลกรัม ดังนั้น S เป็นตัวแปรสุ่มต่อเนื่อง

ซึ่งในการคำนวณความน่าจะเป็นสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ฟังก์ชัน ดังนี้

1) ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น (Probability Density Function, PDF) ตามสมการที่ 1 ดังนี้

$$F(x) = \lambda e^{-\lambda x}, x \geq 0 \qquad (1)$$

โดยที่

- F(x) คือ ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงจากสถานะหนึ่งไปยังอีกสถานะหนึ่ง ณ เวลาหนึ่งๆ
- $\lambda$ หรือ $\frac{1}{mean}$ คือ อัตราการใช้เวลาในการจัดการงานแต่ละกิจกรรม
- mean คือ ค่าเฉลี่ยของเวลาในแต่ละกิจกรรม
- X คือ เวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ความน่าจะเป็น ณ หน่วยเวลานั้น ๆ
- e คือ เป็นค่าคงที่ทางคณิตศาสตร์ โดย e มีค่าประมาณ 2.71828

2) ฟังก์ชันการแจกแจงสะสม (Cumulative Distribution Function, CDF) ตามสมการที่ 2 ดังนี้

$$F(x) = 1 - e^{-\lambda x}, x \geq 0 \quad (2)$$

โดยที่

- F(x) คือ ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงจากสถานะหนึ่งไปยังอีกสถานะหนึ่ง ภายในระยะเวลาหนึ่งๆ
- $\lambda$ หรือ $\frac{1}{mean}$ คือ อัตราการใช้เวลาในการจัดการงานแต่ละกิจกรรม
- mean คือ ค่าเฉลี่ยของเวลาในแต่ละกิจกรรม
- X คือ เวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ความน่าจะเป็น ณ หน่วยเวลานั้น ๆ
- e คือ เป็นค่าคงที่ทางคณิตศาสตร์ โดย e มีค่าประมาณ 2.71828

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

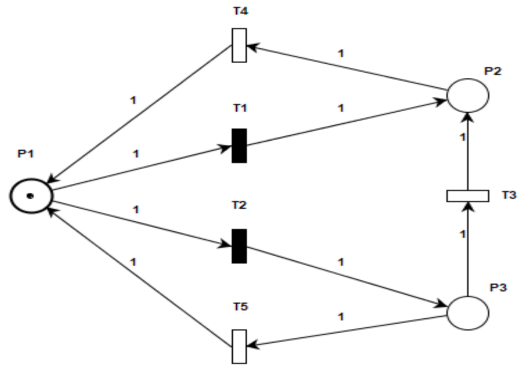
ซึ่งในงานวิจัยนี้จะเลือกใช้ตัวแปรสุ่มแบบต่อเนื่องเพราะเป็นตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับเวลาที่มีการแจก-แจงแบบเอ็กโพเนนเชียล และเลือกใช้ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมใช้ในการหาความน่าจะเป็นของเวลาที่ใช้ เพื่อใช้ตอบคำถามของผู้จัดการโครงการว่า ถ้าต้องการทราบว่า ในการพัฒนาระบบตามกระแส-งานยอว์ลที่ได้ออกแบบไว้ตั้งแต่เริ่มต้นไปจนสิ้นสุดมีความน่าจะเป็นกี่เปอร์เซ็นต์ ที่งานจะเสร็จตามเวลาที่กำหนด

**4) ริชอะบิลิตี (Reachability)**

ริชอะบิลิตี มี 2 แบบคือ ริชอะบิลิตีเซต (Reachability Set) และริชอะบิลิตีกราฟ (Reachability Graph) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

**4.1 ริชอะบิลิตีเซต หรือ RS (M)** เป็นเซตของมาร์กิงริชเอเบิล (Markings Reachable) คือ เซตของมาร์กกิงทั้งหมดที่เกิดขึ้น โดยมาร์กกิงเริ่มต้นจะเขียนแทนด้วย $M_0$ และมาร์กกิงถัดไปจะเขียนแทนด้วย $M_1$, $M_2$, $M_3$,... ฯลฯ ริชอะบิลิตีเซตจะไม่รู้ข้อมูลเกี่ยวกับลำดับของการฟายริงของทรานสิชันของแต่ละมาร์กกิง ทั้งนี้ข้อมูลดังกล่าวจะถูกระบุไว้ในริชอะบิลิตีกราฟ ริชอะบิลิตีเซตจะแบ่งมาร์กกิงออกเป็น 2 ประเภท [16] คือ

1. แทงจิเบิลมาร์กกิง (Tangible Markings) จะเกิดขึ้นเมื่อทรานสิชันที่ถูกกำหนดเวลา (Timed Transitions) ถูกเปิดใช้งาน โดยจะมีค่าความน่าจะเป็นเท่ากับ 1 เสมอ
2. แวนิชชิงมาร์กกิง (Vanishing Markings) จะเกิดขึ้นเมื่อทรานสิชันที่ไม่กำหนดเวลา (Immediate Transitions) ถูกเปิดใช้งาน โดยกำหนดให้เวลาที่ใช้เท่ากับ 0 เสมอ คือ สามารถเกิดการฟายริงทรานสิชันได้ทันทีโดยไม่ต้องรอเวลา




รูปที่ 2. 6 แบบจำลองสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป

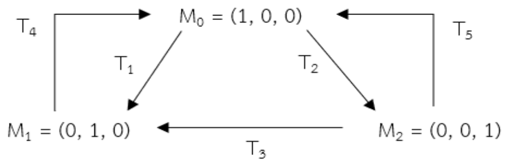
จากรูปที่ 2.6 เริ่มจากทรานสิชันที่ไม่กำหนดเวลา $T_1$ และ $T_2$ ของ $M_0$ = (1, 0, 0) ทำการเปิดการใช้งานทรานสิชันหรือแวนิชชิงมาร์กกิง $T_1$ และ $T_2$ เนื่องจากมีการกำหนดลำดับความสำคัญไว้เท่ากัน ทำให้มีการสุ่มเลือกฟายริงทรานสิชันระหว่างทรานสิชัน $T_1$ และ $T_2$ แต่ถ้าในกรณีที่มีการกำหนดลำดับความสำคัญที่ต่างกัน การฟายริงจะเกิดขึ้นที่ทรานสิชันที่มีลำดับความสำคัญสูงหรือมากกว่าเสมอ ในกรณีที่สุ่มเลือกฟายริงทรานสิชัน $T_2$ จะทำให้เกิดการเปลี่ยนมาร์กกิงจาก $M_0$ ไป $M_2$ = (0, 0, 1) ทำให้ทรานสิชันที่ถูกกำหนดเวลา $T_3$ และ $T_5$ เปิดใช้งานหรือแทงจิเบิลมาร์กกิง กรณีที่เลือกการ

ฟายริงทรานสิชันที่ถูกกำหนดเวลา $T_3$ จะเกิดการเปลี่ยนมาร์กกิงจาก $M_2$ = (0, 0, 1) ไปยัง $M_1$ = (0, 1, 0) และทำการฟายริงทรานสิชันที่ถูกกำหนดเวลา $T_4$ ซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนมาร์กกิง จาก $M_1$ = (0, 1, 0) ไปยัง $M_0$ = (1, 0, 0) จากนั้นกรณีที่มีการฟายริงทรานสิชันที่ไม่กำหนดเวลา $T_1$ จะทำให้เกิดการเปลี่ยนมาร์กกิงจาก $M_0$ = (1, 0, 0) ไปยัง $M_1$ = (0, 1, 0) และเกิดการฟายริงทรานสิชันเช่นนี้ต่อไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งการทำงานของระบบครบทุกขั้นตอน

ตารางที่ 2. 5 ตัวอย่างริชอะบิลิตีเซตของสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป

| **มาร์กกิงปัจจุบัน** | **เซตมาร์กกิงปัจจุบัน** | | |
|---|---|---|---|
| | $P_1$ | $P_2$ | $P_3$ |
| $M_0$ | 1 | 0 | 0 |
| $M_1$ | 0 | 1 | 0 |
| $M_0$ | 1 | 0 | 0 |
| $M_2$ | 0 | 0 | 1 |
| $M_2$ | 0 | 0 | 1 |

**4.2 ริชอะบิลิตีกราฟ** ใช้แสดงความสัมพันธ์ลำดับของการฟายริงทรานสิชันและมาร์กกิง สามารถใช้ริชอะบิลิตีกราฟในการแสดงความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นจากการฟายริงทรานสิชันของมาร์กกิงชุดใด ๆ สามารถนำมาเขียนเป็นเส้นความสัมพันธ์ของแต่ละเซต ดังที่แสดงในรูปที่ 2.7




รูปที่ 2. 7 ริชอะบิลิตีกราฟของแบบจำลองสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป

### 2.1.5 ตัวแบบมาร์คอฟ (Markov Model)

อังเดร เอ. มาร์คอฟ (Andrei Markov) [13] เป็นนักคณิตศาสตร์ชาวรัสเซีย ที่มีผลงานทางด้านความน่าจะเป็น (Probability) และสถิติ (Statistics) โดยเฉพาะอย่างยิ่งห่วงโซ่มาร์คอฟ (Markov Chains) ที่ทำให้เขามีชื่อเสียงและเป็นที่รู้จักของคนทั่วไป โดยตัวแบบมาร์คอฟเป็นตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่มีการนำแนวความคิดในเรื่องความน่าจะเป็นมาใช้ในการพยากรณ์ โดยจะพยากรณ์โอกาสหรือความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต โดยใช้ข้อมูลของเหตุการณ์ในปัจจุบันเป็นหลักพื้นฐานในการวิเคราะห์เหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นและมีระยะเวลาต่อเนื่องกัน เช่น การพยากรณ์

หรือประมาณส่วนแบ่งตลาดของสินค้ายี่ห้อ A ในเดือนหน้า และประมาณโอกาสที่ลูกค้าที่เคยซื้อยี่ห้อ A จะเปลี่ยนไปซื้อยี่ห้อ B แทน หรือประมาณว่าโอกาสที่เครื่องจักรจะใช้งานได้ในสัปดาห์หน้าจะยังคงใช้ได้ดีในสัปดาห์หน้าหรือไม่

**1) ลักษณะของตัวแบบมาร์คอฟ**

1.1) สถานะ (State) คือ สภาพที่เป็นอยู่ ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง ซึ่งสถานะนั้น ๆ อาจเปลี่ยนแปลงหรือไม่เปลี่ยนแปลงก็ได้ แต่ถ้าในระยะเวลายาวๆ สถานะนั้นจะคงที่

1.2) เหตุการณ์ (Event) คือ สิ่งที่อาจจะเกิดขึ้นหรือมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น

1.3) ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสถานะ (Transition Probability) คือ ค่าความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนไปเป็นสถานะใหม่ ตามเวลาที่เปลี่ยนไป เช่น ปัจจุบัน n=0 เวลาถัดไปคือ n= 1, 2, 3 เป็นต้น

**กำหนดให้** การเปลี่ยนแปลงสถานะ แทนด้วย $P_{ij}$ โดยที่

Pij คือ ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสถานะจากสถานะ i ($S_i$) ไปยังสถานะ j ($S_j$)

โดยที่ I = 1, 2, 3,..., m

J = 1, 2, 3,..., n

ซึ่งค่าความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสถานะ จะมีค่าที่อยู่ระหว่าง 0 ถึง 1

**ตัวอย่าง** ลักษณะสมมติฐานของตัวแบบมาร์คอฟ กรณีการซื้อเครื่องดื่ม

- สถานะ เช่น การศึกษาลูกค้าโค้กและเป็ปซี่ ลูกค้าต้องเลือกยี่ห้อใดยี่ห้อหนึ่งจะเลือก 2 ยี่ห้อไม่ได้
- เหตุการณ์ เช่น การศึกษาลูกค้าโค้กและเป็ปซี่ จะต้องไม่มีการเปลี่ยนแปลงจำนวนไปเป็นโค้กกับ สไปร์ท เป็นต้น
- ความน่าจะเป็นในการเกิดสถานะ  ความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์ในอนาคต

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 2. 6 ตัวอย่างการศึกษาลูกค้าโค้กและเป๊ปซี่

| จาก / เป็น | **ซื้อโค้ก** | **ซื้อเป๊ปซี่** |
|---|---|---|
| **ซื้อโค้ก** | 0.8 | 0.2 |
| **ซื้อเป๊ปซี่** | 0.05 | 0.95 |

จากตารางที่แสดงไว้ข้างต้นจะสรุปได้ว่า

1. ความน่าจะเป็นที่ลูกค้าเดิมของโค้กที่จะยังคงซื้อโค้กต่อไปในอนาคต มีค่าความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.8 และมีโอกาสที่จะเปลี่ยนใจไปซื้อเป๊ปซี่ มีค่าความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.2
2. ความน่าจะเป็นที่ลูกค้าเดิมของเป๊ปซี่ที่จะยังคงซื้อเป๊ปซี่ต่อไปในอนาคต มีค่าความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.95 และมีโอกาสที่จะเปลี่ยนใจไปซื้อโค้ก มีค่าความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.05

**2) รูปแบบการวิเคราะห์ตัวแบบมาร์คอฟ**

ตัวแบบมาร์คอฟมี 2 รูปแบบดังนี้

2.1) การเปลี่ยนแปลงในรูปแบบของเมทริกซ์ (Transition Matrix) คือ เมทริกซ์ที่ใช้แสดงความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงจากสถานะหนึ่งไปยังอีกสถานะหนึ่ง โดยจะเขียนให้อยู่ในรูปแบบของเมทริกซ์จัตุรัสที่มีจำนวนสถานะเท่ากันกับแถวและคอลัมน์ เช่น $P_{13}$ คือ ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงจากสถานะที่ 1 ($S_1$) ไปเป็นสถานะที่ 3 ($S_3$) ดังที่แสดงในคอลัมน์ที่ 3 ในรูปที่ 2.8

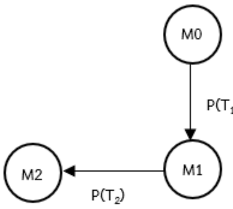
$$
\begin{array}{c} \\ S_1 \\ S_2 \\ \vdots \\ S_m \end{array}
\begin{array}{c}
\begin{array}{ccccc} S_1 & S_2 & S_3 & \cdots\cdots & S_n \end{array} \\
\begin{pmatrix}
P_{11} & P_{12} & P_{13} & \cdots\cdots & P_{1n} \\
P_{21} & P_{22} & P_{23} & \cdots\cdots & P_{2n} \\
\vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\
P_{m1} & P_{m2} & P_{m3} & \cdots\cdots & P_{mn}
\end{pmatrix}
\end{array}
$$

รูปที่ 2. 8 ตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงในรูปแบบของเมทริกซ์

2.2) ห่วงโซ่มาร์คอฟ (Markov Chains) คือ การแสดงความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงจากสถานะหนึ่งไปยังอีกสถานะหนึ่ง

ตารางที่ 2. 7 สัญลักษณ์ของการสร้างห่วงโซ่มาร์คอฟ

| สัญลักษณ์ | คำอธิบาย |
|---|---|
| ○ | ใช้แทน สถานะต่าง ๆ ของ $S_i$ (i= 1, 2, 3,...m) โดยที่จำนวนของวงกลมขึ้นอยู่กับสถานะที่ใช้ในระบบ |
| ⟶ | ใช้แทน ความสัมพันธ์ของสถานะในระบบ |




รูปที่ 2. 9 ตัวอย่างห่วงโซ่มาร์คอฟ

ห่วงโซ่มาร์คอฟที่มีความสัมพันธ์มากกว่า 1 เส้น (ใช้เส้นแทนความสัมพันธ์) ออกจากสถานะเดียวกัน เรียกว่า การขัดกัน (Conflict) [16] เช่น สถานะ $M_0$, $M_2$ (ดังรูปที่ 2.11) ซึ่งทำให้เกิดเหตุการณ์ขัดกัน เช่น มีการเปิดใช้งานทรานสิชัน $T_1$ และทรานสิชัน $T_2$ (ดังรูปที่ 2.10) เพื่อจะทำการฟายริงทรานสิชันทั้งคู่ ดังนั้นจะได้สมการในการคำนวณดังนี้

กำหนดให้ $$(T_1) = \frac{\mu_1}{(\mu_1 + \mu_2)} \quad (3)$$

$$(T_2) = \frac{\mu_2}{(\mu_1 + \mu_2)} \quad (4)$$

$T_1$ และ $T_2$ ใช้แทนทรานสิชันที่ถูกกำหนดเวลา

$$(t_1) = \frac{\alpha}{(\alpha + \beta)} \quad (5)$$

t1 ใช้แทนทรานสิชันที่ไม่กำหนดเวลา

$P(T_1)$ คือ ความน่าจะเป็นของทรานสิชันที่ถูกกำหนดเวลา $T_1$ และคำนวณโดยใช้สมการที่ 3

$P(T_2)$ คือ ความน่าจะเป็นของทรานสิชันที่ถูกกำหนดเวลา $T_2$ และคำนวณโดยใช้สมการที่ 4

$P(t_1)$ คือ ความน่าจะเป็นของทรานสิชันที่ไม่กำหนดเวลา $t_1$, $t_2$ และคำนวณโดยใช้สมการที่ 5

$\mu_1$ คือ ความน่าจะเป็นของทรานสิชันที่ถูกกำหนดเวลา $T_1$ และคำนวณโดยใช้สมการที่ 2

$\mu_2$ คือ ความน่าจะเป็นของทรานสิชันที่ถูกกำหนดเวลา $T_2$ และคำนวณโดยใช้สมการที่ 2

$\alpha$ คือ ความน่าจะเป็นของทรานสิชันที่ไม่กำหนดเวลา $t_1$ และคำนวณโดยใช้สมการที่ 2

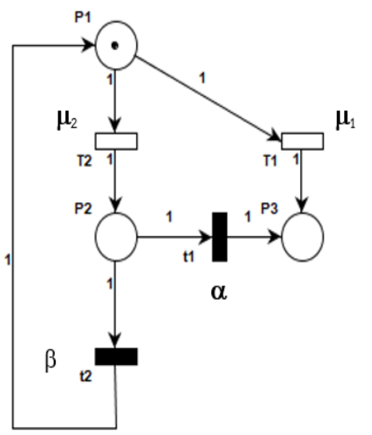
$\beta$ คือ ความน่าจะเป็นของทรานสิชันที่ไม่กำหนดเวลา $t_2$ และคำนวณโดยใช้สมการที่ 2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

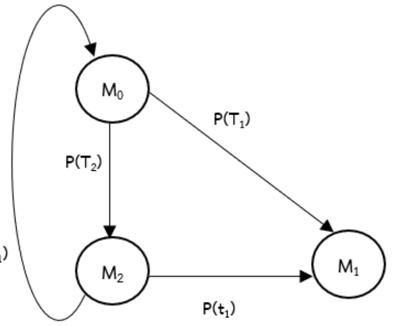
คำนวณผลรวมของความน่าจะเป็น จากมาร์กิง $M_0$ ไปยัง $M_2$

$$= \frac{\mu_1}{(\mu_1 + \mu_2)} + \frac{\mu_2}{(\mu_1 + \mu_2)} \times \frac{\alpha}{(\alpha + \beta)}$$

จากรูปที่ 2.10 จะทำการแปลงเป็นห่วงโซ่มาร์คอฟ ดังรูปที่ 2.11 เพราะสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ไม่สามารถคำนวนหาความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสถานะจากสถานะหนึ่งไปยังอีกสถานะหนึ่งได้ ซึ่งในการคำนวณหาความน่าจะเป็นจะต้องคำนวณทั้ง 2 ทรานสิชัน คือ ทรานสิชันที่ถูกกำหนดเวลา และทรานสิชันที่ไม่กำหนดเวลา สำหรับในงานวิจัยนี้การคำนวณหาความน่าจะเป็นจะพิจารณาเฉพาะทรานสิชันที่ถูกกำหนดเวลา กรณีเกิดการขัดกันจะเลือกใช้สมการที่ 3 และสมการที่ 4 เท่านั้น




รูปที่ 2. 10 ตัวอย่างแบบจำลองระบบโดยใช้สโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป




รูปที่ 2. 11 ตัวอย่างห่วงโซ่มาร์คอฟที่เกิดการขัดกัน

### 2.1.6 ภาษาเอกซ์เอ็มแอล

ภาษาเอกซ์เอ็มแอล [11] ย่อมาจาก Extensible Markup Language โดยเป็นภาษาที่ใช้เน้น (มาร์กอัป) ส่วนที่เป็นข้อมูลจะกำหนดชื่อแท็ก (Element) และชื่อแอตทิบิวต์ ตามความต้องการของผู้สร้างแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล โดยเอกสารจะต้องมีความเป็น Well-formed ส่วน DTD และ Schema จะมีหรือไม่มีก็ได้ แฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอลเป็นเท็กซ์ไฟล์ชนิดหนึ่งที่มีแท็กเปิดและแท็กปิดครอบข้อมูลไว้ตรงกลาง ทำให้แฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอลถูกใช้ในการติดต่อกับระบบที่ต่างกัน สำหรับการนำเอกสารเอกซ์เอ็มแอลไปใช้งานโดยจะสนใจเฉพาะข้อมูลที่ถูกเน้นด้วยแท็กเท่านั้น ในงานวิจัยนี้จะนำแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอลมาใช้ในการสกัดสัญลักษณ์ของกระแสงานยอว์ลและองค์ประกอบของสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป เพื่อนำไปใช้ Mapping กับกฎการแปลงต่อไป

**โครงสร้างของภาษาเอกซ์เอ็มแอล**

1) การประกาศของภาษาเอกซ์เอ็มแอล

   การประกาศ (Declaration) มีลักษณะเหมือนแท็กแต่มีเครื่องหมาย ? อยู่ด้วย โดยในเอกสารเอกซ์-เอ็มแอลจะต้องมี node นี้ทุกฉบับ <?xml version="1.0" ?>

2) การระบุส่วนย่อย (Element)

   ประกอบไปด้วย แท็กเปิดข้อมูล และแท็กปิด เช่น

   <student> Example_sudent </student>

   - <student> เรียกว่า แท็กเปิดข้อมูล
   - </student> เรียกว่า แท็กปิดข้อมูล

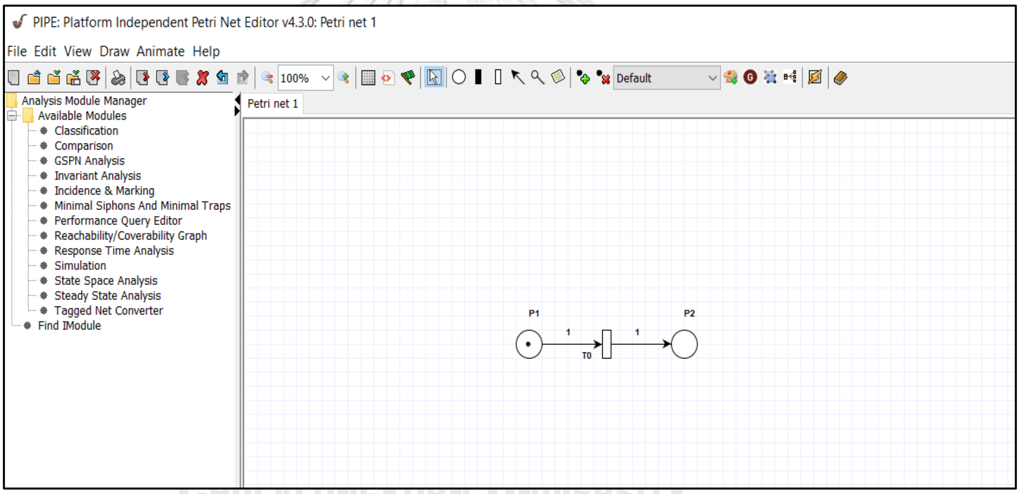
```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<specificationSet xmlns="http://www.yawlfoundation.org/yawlschema" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
version="4.0" xsi:schemaLocation="http://www.yawlfoundation.org/yawlschema http://www.yawlfoundation.org/yawlschema/YAWL_Schema4.0.xsd">
  <specification uri="New_Specification">
    <documentation>No description provided</documentation>
    <metaData>
      <creator>HP</creator>
      <description>No description provided</description>
      <coverage>4.2.744</coverage>
      <version>0.1</version>
      <persistent>false</persistent>
      <identifier>UID_6ee40727-9777-4977-9013-3516fce68c25</identifier>
    </metaData>
    <xs:schema xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema" />
    <decomposition id="Net" isRootNet="true" xsi:type="NetFactsType">
      <processControlElements>
        <inputCondition id="InputCondition">
          <flowsInto>
            <nextElementRef id="T" />
          </flowsInto>
        </inputCondition>
```

รูปที่ 2. 12 ตัวอย่างเอกซ์เอ็มแอลของกระแสงานยอว์ล

### 2.1.7 เครื่องมือไปป์ (PIPE)

เครื่องมือไปป์ [12] เป็นโปรแกรมจำลองโอเพนซอร์ส ซึ่งเป็นแพลตฟอร์มอิสระสำหรับการสร้างและวิเคราะห์เพทริเน็ตส์ ซึ่งรวมถึงสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปด้วย โดยเครื่องมือไปป์มีส่วนต่อประสานงานกับผู้ใช้งานที่ทำให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้ง่าย มีส่วนที่ใช้ในการวาดแผนภาพเพทริ-เน็ตส์และสามารถกำหนดค่าต่าง ๆ ได้ เช่น สามารถเลือกกำหนดรูปแบบของทรานสิชันแบบ Timed และ Immediate ได้ เป็นต้น และมีส่วนของการนำเสนอภาพเคลื่อนไหว ช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถมองเห็นจังหวะของการเคลื่อนไหวของโทเคนที่มีในแต่ละเพลสได้

ทางผู้วิจัยจะนำเครื่องมือไปป์มาใช้สำหรับทวนสอบความถูกต้องของแบบจำลองกระบวนการทำงานที่ได้ทำการแปลงจากกระแสงานยอว์ลมาเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปแล้ว และจะใช้เครื่องมือไปป์ในการสร้าง Reachability/ Coverability Graph เพื่อทวนสอบว่าทุกเส้นทางของกระบวนการทำงานสามารถเข้าถึงได้ทุกเส้นทางหรือไม่




รูปที่ 2. 13 ตัวอย่างหน้าจอเครื่องมือไปป์

## 2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1) งานวิจัยชื่อ **“Transforming YAWL Workflows into Petri Nets” โดย** วรรณวิศา ภาคบัว และวิวัฒน์ วัฒนาวุฒิ ปี ค.ศ. 2019 [2]

เป็นงานวิจัยที่ทำเกี่ยวกับการแปลงแฟ้มเอกซ์เอ็มแอลของกระแสงานยอว์ลไปเป็นแฟ้มเอกซ์เอ็มแอลของเพทริเน็ตส์ ซึ่งจะทำการแปลงสัญลักษณ์ของกระแสงานยอว์ลไปเป็นสัญลักษณ์ของเพทริเน็ตส์ทีละสัญลักษณ์ โดยงานวิจัยนี้มีขั้นตอนการดำเนินงานหลักๆ อยู่ 4 กิจกรรมดังนี้

1. สร้างกระแสยอว์ลให้อยู่ในรูปแบบไฟล์เอกซ์เอ็มแอล
2. ทำการสกัดแต่ละองค์ประกอบของกระแสงานยอว์ล
3. สร้างกฎการแปลงและทำการแปลงกระแสงานยอว์ลไปเป็นเพทริเน็ตส์
4. ทำการทวนสอบความถูกต้องของผลลัพท์ที่ได้จากข้อ 3 ด้วยเครื่องมือเพทริ-เน็ตส์

- <u>สิ่งที่นำมาใช้ในงานวิจัย</u>คือ นำหลักการของกฎการแปลงสัญลักษณ์ของแต่ละกระแสงานยอว์ล มาเป็นต้นแบบในการแปลงจากกระแสงานยอว์ลไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป
- <u>ความแตกต่างจากงานของผู้วิจัยคือ</u> งานวิจัยของคุณวรรณวิศาจะการแปลงแฟ้มเอกซ์เอ็ม-แอลของกระแสงานยอว์ลไปเป็นแฟ้มเอกซ์เอ็มแอลของเพทริเน็ตส์ ซึ่งจะใช้ในการจำลองกระบวนการทำงานของระบบเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงสถานะของระบบเท่านั้น โดยที่ไม่มีเงื่อนไขของเวลาเข้ามาเกี่ยวข้อง ส่วนงานของผู้วิจัยคือจะทำการแปลงจากกระแสงานยอว์ลไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป ซึ่งจะมีเงื่อนไขของเวลาเข้ามาเกี่ยวข้อง ได้แก่ Timed Transition, Immediate Transition และมีการใช้ทฤษฎีมาร์คอฟมาใช้ในการหาค่าความน่าจะเป็นจากโจทย์ที่ว่า ถ้าผู้จัดการโครงการต้องการทราบว่า ความน่าจะเป็นในการพัฒนาระบบตั้งแต่กระบวนการเริ่มต้นจนกระทั่งพัฒนาระบบเสร็จ มีความน่าเป็นที่งานจะเสร็จภายในระยะเวลาที่กำหนดคิดเป็นกี่เปอร์เซ็นต์

2.2) งานวิจัยชื่อ **"Formalism of Stochastic Queueing Network using Stochastic Petri Nets"** โดย เกศิณี สุมนาตย์ และวิวัฒน์ วัฒนาวุฒิ ปี ค.ศ. 2018 [3]

เป็นงานวิจัยที่ทำเกี่ยวกับการแปลงสโตแคสติกเพริเน็ตส์ไปเป็นไปห่วงโซ่มาร์คอฟ โดยงานวิจัยนี้มีขั้นตอนการดำเนินงานหลักๆ อยู่ 5 กิจกรรมดังนี้

1. นำเข้าไฟล์สโตแคสติกเพทริเน็ตส์ในรูปแบบของเอกสารเอกซ์เอ็มแอล
2. ระบุพารามิเตอร์เพื่อใช้สำหรับคำนวณความน่าจะเป็น
3. สร้างริชอะบิลิตีเซต
4. สร้างริชอะบิลิตีกราฟ
5. สร้างห่วงโซ่มาร์คอฟและคำนวณหาความน่าจะเป็น

โดยงานวิจัยนี้จะใช้สโตแคสติกเพทริเน็ตส์มาใช้ในการจำลองการเข้าแถวคอย ของผู้มาใช้บริการ ผู้ให้บริการ และลักษณะของการเข้าแถวคอย เพื่อใช้ในการวิเคราะห์พฤติกรรมในการเข้าแถวคอย แต่แบบจำลองดังกล่าวไม่สามารถคำนวณหาความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงจากหน่วยให้บริการหนึ่งไปยังอีกหน่วยให้บริการหนึ่งได้ ซึ่งข้อจำกัด

ดังกล่าวทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์การเข้าแถวคอยได้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งในงานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอวิธีการแปลงสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ไปเป็นห่วงโซ่มาร์คอฟ เพื่อใช้ห่วงโซ่มาร์คอฟในการคำนวณหาความน่าจะเป็นของโอกาสที่ผู้ใช้บริการมาเข้าแถวคอยที่หน่วยให้บริการและสามารถบอกความน่าจะเป็นได้ว่า ในการใช้บริการที่หน่วยให้บริการจะสามารถแล้วเสร็จภายในระยะเวลาที่กำหนดได้หรือไม่ โดยการคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นดังกล่าวคำนวณมาจากสูตรความน่าจะเป็นที่มีการแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียล โดยใช้ฟังก์ชันการแจกแจงแบบสะสม เพื่อให้สามารถคาดการณ์ได้ว่า หน่วยให้บริการสามารถให้บริการได้เพียงพอต่อจำนวนผู้ใช้บริการได้หรือไม่

- <u>สิ่งที่นำมาใช้ในงานวิจัยคือ</u> การนำหลักการคำนวณเพื่อหาความน่าจะเป็นที่มีการแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียล โดยใช้ฟังก์ชันการแจกแจงแบบสะสม โดยนำมาใช้ในการหาความน่าจะเป็นว่า ถ้ามีการดำเนินงานจากกระบวนการเริ่มต้นไปยังกระบวนการสุดท้ายมีความน่าจะเป็นกี่เปอร์เซ็นต์ที่จะดำเนินกระบวนการทั้งหมดให้แล้วเสร็จภายในระยะเวลาที่กำหนด
- <u>ความแตกต่างจากงานของผู้วิจัยคือ</u> งานวิจัยของคุณเกศิณีจะทำการแปลงจากสโตแคสติก-เพทริเน็ตส์ไปเป็นห่วงโซ่มาร์คอฟ เพื่อนำมาใช้วิเคราะห์แบบจำลองการเข้าแถวคอย ส่วนงานของผู้วิจัยจะทำการแปลงจากกระแสงานยอว์ลไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ เพื่อนำมาใช้วิเคราะห์หาความน่าจะเป็นของระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินงานทั้งกระบวนการ

2.3) งานวิจัยชื่อ **“Transforming Yawl Workflow to BPEL Skeleton”** โดย สิทธิพงศ์ พรอุดมทรัพย์ และวิวัฒน์ วัฒนาวุฒิ ปี ค.ศ. 2011 [4]

เป็นงานวิจัยที่ทำเกี่ยวกับการแปลงกระแสงานยอว์ลไปเป็นโครงร่างบีเพล โดยสามารถรองรับรูปแบบในภาษายอว์ลได้ถึง 19 รูปแบบ ทั้งนี้เครื่องมือดังกล่าวสามารถปรับกระแสงาน-ยอว์ลที่มีโครงสร้างที่ไม่ดี ให้เป็นกระแสงานยอว์ลที่มีโครงสร้างที่ดีได้ หลังจากนั้นจึงจะทำการแปลงเป็นโครง-ร่างบีเพล เพื่อนำไปใช้ในการจำลองระบบที่เกี่ยวข้องกับเว็บเซอร์วิส เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าใจกระบวนการทำงานของเว็บเซอร์วิสได้ง่ายมากขึ้น โดยงานวิจัยนี้มีขั้นตอนหลักๆ อยู่ 4 ดังนี้

1. สร้างและนำเข้าไฟล์ยอว์ล (.yawl File) เข้าไปในเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นมา
2. เครื่องมือที่พัฒนาขึ้นมาจะทำการเปลี่ยนกระแสงานยอว์ลไปเป็นกราฟสายงานควบคุม (Control Flow Graph) โดยเครื่องมือจะใช้อัลกอริทึมแฮมมอคกราฟเพื่อทำการเปลี่ยนโครงสร้างของกระแสงานที่ไม่ถูกต้องให้เป็นกระแสงานที่ถูกต้อง โดยอัลกอริทึมดังกล่าวจะใช้สำหรับการปรับโครงสร้างของโปรแกรม เช่น โปรแกรมเชิงบล็อก โดยชุดคำสั่งของโปรแกรมจะต้องมีทางเข้าและทางออกอย่างละ 1 ทาง เช่น

ชุดคำสั่ง while, if-else, jump และ goto ระหว่างบล็อคของโปรแกรมอาจทำให้เกิดโครงสร้างแบบไร้โครงสร้างหรือโปรแกรมที่มีโครงสร้างการทำงานที่ไม่แน่นอน ดังนั้นอัลกอริทึมแฮมมอคกราฟจะช่วยในการปรับชุดคำสั่งเงื่อนไขทั้งหมดของโปรแกรม

3. เครื่องมือจะทำการลดโครงสร้างของกระแสงานยอว์ลเพื่อเปลี่ยนเป็นโครงร่างบีเพล โดยใช้อัลกอริทึม Fold Function จนกว่าจะได้โครงสร้างที่ต้องการ
4. ทำการนำไฟล์ออก (Export) ให้อยู่ในรูปแบบของโครงร่างบีเพล (.bpel File)

- สิ่งที่จะนำมาใช้ในงานวิจัยคือ จะนำหลักการปรับกระแสงานยอว์ลที่มีโครงสร้างที่ไม่ดี ให้เป็นกระแส-งานยอว์ลที่มีโครงสร้างที่ดีก่อนทำไปแปลงเป็นสโตแคสติกเพริเน็ตส์ทั่วไป
- ความแตกต่างจากงานของผู้วิจัยคือ งานวิจัยของคุณสิทธิพงศ์จะทำการแปลงกระแสงานยอว์ลไปเป็นโครงร่างบีเพล โดยมีการใช้อัลกอริทึมแฮมมอคกราฟในการปรับโครงสร้างและใช้อัลกอริทึม Fold Function ในการลดโครงสร้างของกระแสงานยอว์ลก่อนการแปลงไปเป็นโครงร่างบีเพล และงานวิจัยนี้ยังไม่มีการนำโครงร่างบีเพลที่แปลงได้ไปทำการทวนสอบกับเครื่องมืออื่นๆ ส่วนของผู้วิจัยคือ เมื่อทำการแปลงจากกระแสงานยอว์ลไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปแล้วจะนำไปทวนสอบโดยใช้เครื่องมือ เช่น เครื่องมือไปป์ เครื่องมือ Oris เป็นต้น

2.4) งานวิจัยชื่อ **“Transformation of BPMN to YAWL”** โดย JianHong YE, ShiXin SUN, Lijie Wen, และ Wen SONG. ปี ค.ศ. 2008 [5]

เป็นงานวิจัยที่ทำเกี่ยวกับการแปลงจากแผนภาพบีพีเอ็มเอ็นเป็นกระแสงานยอว์ล โดยงานวิจัยนี้ได้มีการกำหนดกระบวนการหลักของแผนภาพบีพีเอ็มเอ็น (Core BPMN Process) แผนภาพบีพีเอ็มเอ็นที่อยู่ในรูปแบบที่ดี (Well Formed Core BPMN) จากนั้นได้มีการพัฒนาเครื่องมือสำหรับการแปลงแผนภาพชื่อว่า BPMN2YAWL โดยเครื่องมือนี้จะรองรับการนำเข้าแฟ้มเอกสารที่อยู่ในรูปแบบเอกซ์- เอ็มแอล และส่งออกข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบไฟล์ยอว์ล (.yawl File) จากนั้นทำการทวนสอบความถูกต้องของการแปลงจากแผนภาพบีพีเอ็มเอ็นเป็นกระแส-งานยอว์ลด้วยเครื่องมือ YAWL Editor 3 คุณลักษณะที่ใช้ในการทวนสอบ เช่น งานต้องไม่อยู่ในสภาวะติดตาย (Deadlock Free), งานต้องไม่ตายหรืองานต้องไม่หยุดนิ่งอยู่กับที่ (No Dead Task), มีหลายๆงานที่ทำงานพร้อม ๆ กัน (No OR - Join)

- สิ่งที่จะนำมาใช้ในงานวิจัยคือ จะนำคุณลักษณะที่ได้ระบุไว้ในงานวิจัยมาเป็นแนวทางในการทวนสอบกระแสงานยอว์ล
- ความแตกต่างจากงานของผู้วิจัยคือ งานวิจัยของคุณ JianHong YE, ShiXin SUN, Lijie Wen, และ Wen SONG จะมีการใช้เครื่องมือ YAWL Editor 3 ในการทวนสอบ ส่วนงาน

ของผู้วิจัยจะใช้โปรแกรม PIPE ในการทวนสอบ และจะใช้เครื่องมือ YAWL Editor 4.2 ในการออกแบบและสร้างแบบจำลองกระบวนการทำงานของระบบ

3.5) งานวิจัยชื่อ **"Formal Semantics of BPMN Process Models Using YAWL"** โดย JianHong YE, ShiXin SUN, Wen SONG, และ LiJie WEN ปี ค.ศ. 2008 [6]

เป็นงานวิจัยที่ทำเกี่ยวกับการแปลงจากแผนภาพบีพีเอ็มเอ็นไปเป็นกระแสงานยอว์ล เนื่องจากผู้วิจัยพบปัญหาว่าแผนภาพบีพีเอ็มเอ็นยังขาดความหมายที่เป็นทางการ ทำให้เมื่อนำแผนภาพบีพีเอ็มเอ็นไปใช้งานอาจทำให้เกิดข้อจำกัดในการใช้งาน ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการนำเสนอวิธีในการแปลงจากแผนภาพบีพีเอ็มเอ็นไปเป็นกระแสงานยอว์ล โดยทำการจับคู่คุณสมบัติของแผนภาพบีพีอ็มเอ็น (BPMN Activity) กับกระแสข้อความ (Message Flow) ของแต่ละส่วนประกอบของยอว์ล นอกจากนี้ได้มีการปรับปรุงกฎของการ Join หรือ Split ที่มีคุณสมบัติที่สัมพันธ์กับงาน ผู้วิจัยต้องการให้โมเดลบีพีเอ็มเอ็นจะต้องมีอย่างน้อย 1 เหตุการณ์ที่มีการเริ่มต้นและมีอย่างน้อยอีก 1 ที่จะต้องมีเหตุการณ์สิ้นสุด โดยที่ไม่มีข้อความเข้าและออก และงานวิจัยนี้ใช้เครื่องมือ BPMN2YAWL ในการแปลงจากแผนภาพบีพีเอ็มเอ็นไปเป็นกระแส-งานยอว์ล จากนั้นส่งข้อมูลออกเป็นแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอลเพื่อนำไปทวนสอบความถูกต้องกับเครื่องมือ YAWL Editor

- สิ่งที่นำมาใช้ในงานวิจัยคือ จะนำเครื่องมือ YAWL Editor มาใช้ในการออกแบบและสร้างแบบจำลองกระบวนการทำงานและส่งออกข้อมูลเป็นไฟล์ยอว์ล (.yawl File) เพื่อนำไปใช้ในการสกัดส่วนประกอบต่างๆของกระแสงานยอว์ล และนำเข้าสู่เครื่องมือที่จะพัฒนาต่อไป
- ความแตกต่างจากงานของผู้วิจัยคือ งานวิจัยของคุณ JianHong YE, ShiXin SUN, Wen SONG, และ LiJie WEN จะใช้เครื่องมือ YAWL Editor มาใช้ในการทวนสอบ ส่วนงานของผู้วิจัยจะใช้เครื่องมือในการทวนสอบ เช่น เครื่องมือไปป์ เครื่องมือ Oris เป็นต้น

3.6) งานวิจัยชื่อ **"Design and Implementation of Workflow Engine for Process Planning Based on GSPN"** โดย Yingying Su, Jianrong Wang, Liang Tang, Junming Hou และ Wanshan Wang ปี ค.ศ. 2008 [14]

เป็นงานวิจัยที่ทำเกี่ยวกับการออกแบบและพัฒนาเครื่องมือสำหรับการจัดการกระแสงานในกระบวนการวางแผนโดยใช้สโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป (GSPN) เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์กิจกรรมของกระบวนการวางแผนโดยทีมวิจัยนำเสนอการสร้างโมเดลที่ใช้วิเคราะห์การวางแผนงานด้วยสโตแคสติก-เพทริเน็ตส์ทั่วไปโดยนำมาใช้กรณีศึกษาที่เกิดขึ้นจริง และเครื่องมือที่จะพัฒนาขึ้นจะใช้ JBOSS JBPM บน Elcipse โดยมีขั้นตอนในการวิจัยดังนี้

1. วิเคราะห์กระแสงานของกระบวนการวางแผน โดยจะทำการลดกระบวนการที่จะทำให้เกิดการรอให้กระบวนการหนึ่งเสร็จก่อนกระบวนงานอื่นจึงจะสามารถทำงานต่อไปได้ โดยขั้นตอนนี้จะให้ผู้เชี่ยวชาญมาช่วยวิเคราะห์เพื่อจัดทำให้เป็นรูปแบบมาตรฐาน

2. ทำการกำหนดความหมายของแต่ละเพลส ทรานสิชัน จากนั้นสร้างแบบจำลองกระแสงานของกระบวนการวางแผนด้วย GSPN

3. พัฒนาเครื่องมือ โดยใช้ JBOSS JBPM ซึ่งเป็น Open-Source ที่ใช้เป็นปลั๊กอินในเครื่องมือ Eclips

- <u>สิ่งที่จะนำมาใช้ในงานวิจัยคือ</u> จะนำหลักการในการกำหนดความหมายให้กับเพลสและทรานสิชันในแบบจำลองสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วมาไปใช้ในงานวิจัย
- <u>ความแตกต่างจากงานของผู้วิจัยคือ</u> งานของทีมวิจัยนี้ยังไม่มีการเสนอวิธีการในการทวนสอบ ส่วนงานของผู้วิจัยจะใช้เครื่องมือในการทวนสอบ เช่น เครื่องมือไปป์ เป็นต้น ในการทวนสอบกระแสงานยอว์ลที่ถูกแปลงมาเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปแล้ว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

# บทที่ 3
# การแปลงกระแสงานยอว์ลที่มีเงื่อนไขของเวลาไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป

แนวคิดสำหรับการแปลงกระแสงานยอว์ลที่มีเงื่อนไขของเวลาไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปมีขั้นตอนหลัก ๆ ดังนี้

1. แนวคิดและการวิเคราะห์ในการแปลงส่วนประกอบของกระแสงานยอว์ลไปเป็นสโตแค-สติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป

   เป็นส่วนที่อธิบายการนิยามแต่ละองค์ประกอบของกระแสงานยอว์ล และสโตแค-สติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป
2. กฎการแปลงแต่ละองค์ประกอบของกระแสงานยอว์ลไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป

   เป็นส่วนที่อธิบายกฎการแปลงกระแสงานยอว์ลไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป
3. แนวคิดการแปลงกระแสงานยอว์ลในรูปแบบของแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล

   เป็นส่วนที่อธิบายการสกัดแต่ละองค์ประกอบของกระแสงานยอว์ลให้อยู่ในรูปแบบของแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล
4. แนวคิดการแปลงกระแสงานยอว์ลในรูปแบบของแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอลให้เป็นสโต-แคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป

เป็นส่วนที่อธิบายการสกัดแต่ละองค์ประกอบของกระแสงานยอว์ล และสโตแคสติกเพทริเน็ตส์-ทั่วไปให้ในรูปแบบของแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอลหลังจากที่ทำตามขั้นตอนที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นเสร็จแล้ว ผู้วิจัยจะทำการวิเคราะห์พฤติกรรมการทำงานของกระแสงานยอว์ล และทำสร้างแบบจำลองกระแสงานยอว์ลโดยใช้โปรแกรม YAWL Editor 4.2 จะได้ไฟล์ที่อยู่ในรูปแบบของแฟ้มเอกสารเอ็กซ์-เอ็มแอล โดยผู้วิจัยจะนำไฟล์ยอว์ลนี้ไปเป็นไฟล์นำเข้าในเครื่องมือที่พัฒนาขึ้น สำหรับองค์ประกอบต่าง ๆ ของกระแสงานยอว์ลจะถูกนำไปแปลงเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปดังตารางที่ 3.1 ทุกองค์ประกอบที่ถูกแปลงจะสอดคล้องกับพฤติกรรมและความสัมพันธ์ตามนิยามของกระแสงานยอว์ลและสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปดังรายละเอียดข้อ 3.1

## 3.1 แนวคิดและการวิเคราะห์ในการแปลงส่วนประกอบของกระแสงานยอว์ลไปเป็นสโตแคสติก-เพทริเน็ตส์ทั่วไป

### 3.1.1 นิยามของกระแสงานยอว์ล

กระแสงานยอว์ลมีส่วนปะกอบ 8 ส่วน ได้แก่ $YWL = (C, T, F, C_i, C_o, T_{type}, A_T, A_C)$ โดยที่

- $C$ คือ เซตของเงื่อนไข
- $T$ คือ เซตของงาน
- $C_i \subseteq C$ คือ เป็นเซตของเงื่อนไขในการนำเข้า (Input Conditions)
- $C_o \subseteq C$ คือ เป็นเซตของเงื่อนไขในการนำออก (Output Conditions)
- $F \subseteq (C \setminus C_o \times T) \cup (T\times C \setminus C_i) \cup (T\times T)$ คือ ความสัมพันธ์ของกระแสงาน
- โครงสร้างกราฟของ YWL แสดงให้เห็นว่า $(C \cup T, F)$ ดังนั้นทุก ๆ โหนดที่มีเส้นทางตรงจาก $i$ ไปยัง $o$ ได้โดยที่ $i \in C_\text{i}$ และ $o \in C_o$
- $T_{type}$: $T \rightarrow$ {AND-Split, OR-Split, XOR-Split, AND-Join, OR-Join, XOR-Join, atomic task} คือ ฟังก์ชันที่ใช้เฉพาะพฤติกรรมของงานที่เป็นแบบ split และ join โดยแต่ละงานจะอยู่ใน YWL
- $A_T$: $T \rightarrow \text{R}^+$ คือ ฟังก์ชันที่ใช้ระบุค่าเฉลี่ยของเวลาที่ถูกนำมาใช้ในงาน (tasks) ที่เกี่ยวกับสัญลักษณ์ของ YAWL ประกอบด้วย AND-Join task, AND-Split task, XOR-Join task, XOR-Split task, OR-Join task, OR-Split task, atomic task ค่าเฉลี่ยของเวลาที่ระบุในสัญลักษณ์ของกระแสงานยอว์ล ที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นจะระบุด้วยจำนวนเต็มบวกเสมอ
- $A_C$: $C \longrightarrow \text{R}^+$ คือ ฟังก์ชันที่ใช้ระบุค่าเฉลี่ยของเวลาที่ถูกนำมาใช้ในเงื่อนไข (conditions) โดยที่ $c \in C \setminus C_0$ และค่าเฉลี่ยของเวลาจะต้องระบุด้วยจำนวนเต็มบวกเสมอ งานวิจัยนี้ผู้วิจัยกำหนดให้เซตของ output condition $C_0$ เป็นเซตที่ไม่มีเวลา (no time delay)

### 3.1.2 นิยามของสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป

สโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป มีส่วนประกอบ 8 ส่วน ได้แก่ $GSPNT = (P, TR, F, M_0, T_d, T_m, \wedge, W)$

โดยที่

- $P$ คือ เซตของเพลส
- $TR$ คือ เซตของทรานสิชัน
- $F$ คือ เซตความสัมพันธ์ของโฟว์ล เรียกว่า อาร์ก โดยที่ $F \subset (PxTR) \cup (TRxP)$
- $M_0$ คือ มาร์กกิงเริ่มต้น
- $T_d \subseteq TR$ คือ เซตของทรานสิชันที่ถูกกำหนดเวลา โดยที่ $T_d \neq \varnothing$
- $T_m \subset TR$ คือ เซตของทรานสิชันที่ไม่กำหนดเวลา โดยที่ $T_d \cap T_m = \varnothing$ , $T = T_d \cup T_m$
- $\wedge$ คือ อาเรย์ของอัตราของการฟายริงที่มีความสำพันธ์กับทรานสิชันที่ถูกกำหนดเวลา $T_d$
- $W = (W_1,\ldots,W_{|T|})$ คือ อาเรย์ของน้ำหนักการฟายริงที่มีความสำพันธ์กับทรานสิ-ชันที่ไม่กำหนดเวลา $T_m$

## 3.2 กฎการแปลงแต่ละองค์ประกอบของกระแสงานยอว์ลไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป

ในงานวิจัยนี้จะนำเสนอกฎการแปลงกระแสงานยอว์ลไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป โดยใช้องค์ประกอบพื้นฐานของกระแสงานยอว์ลตามตารางที่ 3.1 ได้แก่ Condition, Input Condition, Output Condition, Atomic Task, Multiple Instances of an Atomic Task, AND-Join, AND-Split, XOR-Join, XOR-Split, OR-Join และ OR-Split ซึ่งรายละเอียดของกฎการแปลงแต่ละองค์ประกอบพื้นฐานของกระแสงานยอว์ลไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปมีดังนี้

3.2.1 กฎการแปลง Input Condition

กำหนดให้ Input condition เมื่อ $i \in C_i$ ซึ่งมีอาร์กขาออกเพียงขาเดียว และงานวิจัยนี้จะกำหนดให้มี 1 เพลส $P_1$ เชื่อมต่อกับ 1 ทรานสิชันที่ถูกกำหนดเวลา $T_1$ เมื่อ $T_1 \in T_d$ และทรานสิชัน $T_1$ จะต้องระบุอัตราของการฟายริง (firing rate) เมื่อ $\lambda_1 \in \wedge$ คำนวณจาก $1/A_c(i)$ โดยที่ $A_c(i)$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คือ ค่าเฉลี่ยของเวลาของ Input condition i จะต้องถูกระบุไว้ในกระแสงานยอว์ลเสมอ ทั้งนี้ภายในเพลส $P_1$ จะบรรจุโทเคนอย่างน้อย 1 โทเคน

3.2.2 กฎการแปลง Output Condition

กำหนดให้ Output condition เมื่อ O $\in C_o$ เป็นโหนดสิ้นสุดของกระแสงานยอว์ล และงานวิจัยนี้จะกำหนดให้มี 1 เพลส $P_1$ ถูกเชื่อมต่อกับองค์ประกอบพื้นฐานของกระแสงานยอว์ลก่อนหน้า

3.2.3 กฎการแปลง Condition

กำหนดให้ Condition $c \in C \backslash C_i \cup C_o$ โดยที่อาร์กขาเข้ามีอย่างน้อย 1 เส้นและอาร์กขาออกมีอย่างน้อย 2 เส้น งานวิจัยนี้จะกำหนดให้มี 1 เพลส $P_1$ ถูกเชื่อมต่อกับทรานสิชันที่ถูกกำหนดเวลา $T_1$ เมื่อ $T_1 \in T_d$ และ ทรานสิชัน $T_1$ จะต้องระบุอัตราของการฟายริง (firing rate) เมื่อ $\lambda_1 \in \wedge$ คำนวณจาก $1/A_c(c)$ โดยที่ $A_c(c)$ คือ ค่าเฉลี่ยของเวลาของ Condition c จะต้องถูกระบุไว้ในกระแสงานยอว์ลเสมอ อีกทั้งผู้วิจัยกำหนดให้เพลส $P_2$ เชื่อมต่อกับทรานสิชันที่ไม่กำหนดเวลาทั้ง $T_2$ และ $T_3$ เมื่อ $T_2$ และ $T_3 \in T_m$

3.2.4 กฎการแปลง Atomic Task

กำหนดให้ Atomic task เมื่อ $t \in T$ และ $T_{type}(t)$ = "atomic task" โดยที่อาร์กขาเข้ามีเพียง 1 เส้นและอาร์ขาออกมีเพียง 1 เส้น งานวิจัยนี้กำหนดให้มี 1 เพลส $P_1$ เชื่อมต่อกับ 1 ทรานสิชันที่ถูกกำหนดเวลา $T_1$ เมื่อ $T_1 \in T_d$ และทรานสิชัน $T_1$ จะต้องระบุอัตราของการฟายริง (firing rate) เมื่อ $\lambda_1 \in \wedge$ คำนวณจาก $1/A_T(t)$ โดยที่ $A_T(t)$ คือ ค่าเฉลี่ยของเวลาของ Atomic task t จะต้องถูกระบุไว้ในกระแสงานยอว์ลเสมอ

3.2.5 กฎการแปลง AND-Join Task

กำหนดให้ Atomic task เมื่อ $t \in T$ และ $T_{type}(t)$ = "AND-Join task" โดยที่มีอาร์กขาเข้า 2 เส้นหรือมากกว่า 2 เส้น และมีอาร์กขาออกเพียงเส้นเดียวเท่านั้น งานวิจัยนี้กำหนดให้มี 2 เพลสคือ $P_1$ และ $P_2$ หรือมากกว่าเชื่อมต่อกับ 1 ทรานสิชันที่ไม่กำหนดเวลา $T_1$ เมื่อ $T_1 \in T_m$ จากนั้นทรานสิชัน $T_1$ จะเชื่อมต่อกับเพลส $P_3$ และเพลส $P_3$ เชื่อมต่อกับ 1 ทรานสิชันที่ถูกกำหนดเวลา $T_2$ เมื่อ $T_2 \in T_d$ ซึ่งทรานสิชัน $T_2$ จะต้องระบุอัตราของการฟายริง (firing rate) เมื่อ $\lambda_2 \in \wedge$ คำนวณจาก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

*$1/A_T(t)$* โดยที่ *$A_T(t)$* คือ ค่าเฉลี่ยของเวลาของ Atomic task t จะต้องถูกระบุไว้ในกระแสงานยอว์ลเสมอ

3.2.6 กฎการแปลง AND-Split Task

กำหนดให้ task มี decorator เมื่อ $t \in T$ และ $T_{type}(t)$ = "AND-Split task" โดยที่มีอาร์กขาเข้า 1 เส้นและมีอาร์กขาออก 2 เส้นหรือมากกว่า 2 เส้น งานวิจัยนี้กำหนดให้มี 1 เพลส P1 เชื่อมต่อกับ 1 ทรานสิชันที่ถูกกำหนดเวลา เมื่อ$T_1 \in T_d$ และทรานสิชัน $T_1$ จะต้องระบุอัตราของการฟายริง (firing rate) เมื่อ $\lambda_1 \in \Lambda$ คำนวณจาก $1/A_T(t)$ โดยที่ $A_T(t)$ คือ ค่าเฉลี่ยของเวลา task ที่มี decorator t จะต้องถูกระบุไว้ในกระแสงานยอว์ลเสมอ อีกทั้งทรานสิชัน $T_1$ จะถูกเชื่อมต่อกับเพลส $P_2$ และเพลส $P_2$ เชื่อมต่อกับ 1 ทรานสิชันที่ไม่กำหนดเวลา $T_2$ เมื่อ $T_2 \in T_m$ และทรานสิชัน $T_2$ จะต้องถูกนำไปเชื่อมต่อกับอีก 2 ส่วนประกอบของ GSPNหรือมากกว่า

3.2.7 กฎการแปลง XOR-Join Task

กำหนดให้ task มี decorator เมื่อ $t \in T$ และ $T_{type}(t)$ = "XOR-Join task" โดยที่มีอาร์กขาเข้า 2 เส้นหรือมากกว่า 2 เส้น และมีอาร์กขาออกเพียงเส้นเดียว งานวิจัยนี้กำหนดให้มี 2 เพลส คือ $P_1$ และ $P_2$ หรือมากกว่า 2 เพลส เชื่อมต่อกับทรานสิชันที่ไม่กำหนดเวลา 2 ทรานสิชันหรือมากกว่า 2 ทรานสิชัน เมื่อ $T_1$ และ $T_2 \in T_m$ ซึ่งมีการเชื่อมต่อกับอาร์กยับยั้ง 2 เส้นหรือมากกว่า 2 เส้น แสดงรายละเอียดในตารางที่ 3.1 จากนั้นเพลส $P_3$ จะถูกใช้เป็นเอาต์พุตเพลสเพียงเพลสเดียว ส่วนทรานสิชัน $T_3$ จะเชื่อมกับเพลส $P_3$ และทรานสิชัน $T_3$ จะต้องระบุอัตราของการฟายริง (firing rate) เมื่อ $\lambda_3 \in \Lambda$ คำนวณจาก $1/A_T(t)$ โดยที่ $A_T(t)$ คือ ค่าเฉลี่ยของเวลาของ task ที่มี decorator t จะต้องถูกระบุไว้ในกระแสงานยอว์ลเสมอ

3.2.8 กฎการแปลง XOR-Split Task

กำหนดให้ task มี decorator เมื่อ $t \in T$ และ $T_{type}(t)$ = "XOR-Split task" โดยที่มีอาร์กขาเข้า 1 เส้น และมีอาร์กขาออก 2 เส้นหรือมากกว่า 2 เส้น งานวิจัยนี้กำหนดให้ 1 เพลส P1 เชื่อมต่อกับ 1 ทรานสิชันที่ถูกกำหนดเวลา เมื่อ $T_1 \in T_d$ และทรานสิชัน $T_1$ จะต้องระบุอัตราของการฟายริง (firing rate) เมื่อ $\lambda_1 \in \Lambda$ คำนวณจาก $1/A_T(t)$ โดยที่ $A_T(t)$ คือ ค่าเฉลี่ยของเวลาของ task ที่มี decorator t จะต้องถูกระบุไว้ในกระแสงานยอว์ลเสมอ อีกทั้งทรานสิชัน $T_1$ จะ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เชื่อมต่อกับเพลส $P_2$ และเพลส $P_2$ จะเชื่อมต่อกับทรานสิชันที่ไม่กำหนดเวลาทั้ง $T_2$ และ $T_3$ โดยที่ $T_2$ และ $T_3$ $\in T_m$

3.2.9 กฎการแปลง OR-Join Task

กำหนดให้ task มี decorator เมื่อ $t \in T$ และ $T_{type}(t)$ = “XOR-Join task” โดยที่มีอาร์กขาเข้า 2 เส้นหรือมากกว่า 2 เส้นและมีอาร์กขาออกเพียงเส้นเดียว งานวิจัยนี้จะกำหนดให้มี 2 เพลส คือ $P_1$ และ $P_2$ หรือมากกว่าเชื่อมต่อกับ 2 ทรานสิชันที่ไม่กำหนดเวลาหรือมากกว่า คือ $T_1$, $T_2$ และ $T_3$ เมื่อ $T_1$, $T_2$ และ $T_3 \in Tm$ และมีอาร์กยับยั้ง 2 เส้นหรือมากกว่าเชื่อมต่อกับ $T_1$, $T_2$ และ $T_3$ แสดงรายละเอียดในตารางที่ 3.1 ทั้งนี้กำหนดให้เพลส P3 เป็นเอาต์พุตเพลสและเชื่อมต่อด้วย 1 ทรานสิชันที่ไม่กำหนดเวลา $T_4$ จากนั้นเพลส $P_4$ จะเชื่อมต่อกับอีก 1 ทรานสิชันที่ถูกกำหนดเวลา $T_5$ ซึ่งทรานสิชัน $T_5$ จะต้องระบุอัตราของการฟายริง (firing rate) เมื่อ $\lambda_5 \in \Lambda$ คำนวณจาก $1/A_T(t)$ โดยที่ $A_T(t)$ คือ ค่าเฉลี่ยของเวลาของ task ที่มี decorator t จะต้องถูกระบุไว้ในกระแสงานยอว์ลเสมอ

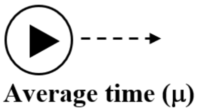
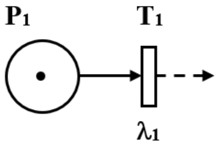
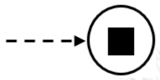
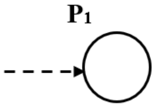
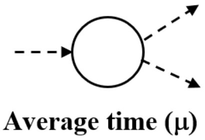
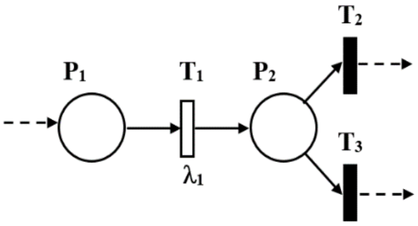
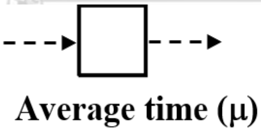
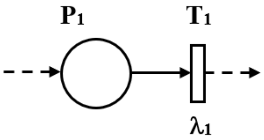
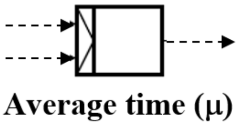
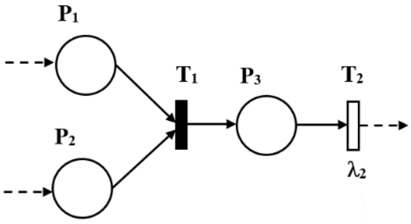
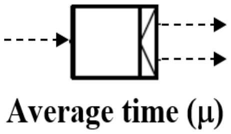
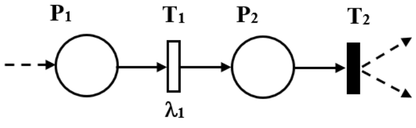
3.2.10 กฎการแปลง OR- Split Task

กำหนดให้ task มี decorator เมื่อ $t \in T$ และ $T_{type}(t)$ = “OR-Split task” โดยที่มีอาร์กขาเข้าเพียงเส้นเดียว และมีอาร์กขาออก 2 เส้นหรือมากกว่า 2 เส้น ผู้วิจัยกำหนดให้มี 1 เพลส P1 เชื่อมต่อกับ 1 ทรานสิชันที่ถูกกำหนดเวลา $T_1$ เมื่อ $T_1 \in T_d$ และทรานสิชัน $T_1$ จะต้องระบุอัตราของการฟายริง (firing rate) เมื่อ $\lambda_1 \in \Lambda$ คำนวณจาก $1/A_T(t)$ โดยที่ $A_T(t)$ คือ ค่าเฉลี่ยของเวลาของ task ที่มี decorator t จะต้องถูกระบุไว้ในกระแสงานยอว์ลเสมอ จากนั้นทรานสิชัน $T_1$ จะเชื่อมต่อกับเพลส $P_2$ และเพลส $P_2$ เชื่อมต่อกับ 2 ทรานสิชันที่ไม่กำหนดเวลาหรือมากกว่า คือ $T_2$ , $T_3$ และ $T_4$ เมื่อ $T_2$ , $T_3$ และ $T_4 \in T_m$ ทั้งนี้มีเอาต์พุตเพลส 2 เพลสคือ $P_3$ และ $P_4$ แสดงรายละเอียดในตารางที่ 3.1 และเพลส $P_3$ และ $P_4$ จะเชื่อมต่อกับอีก 2 ทรานสิชันที่ไม่กำหนดเวลาหรือมากกว่า คือ $T_5$ และ $T_6$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

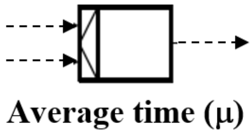
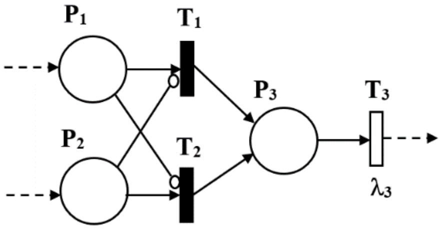
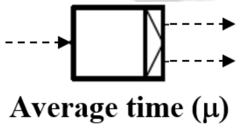
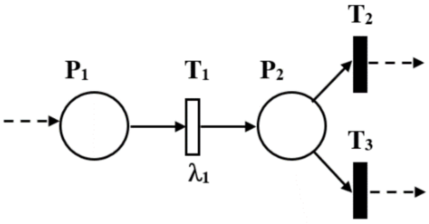
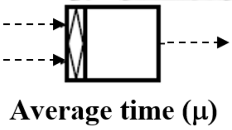
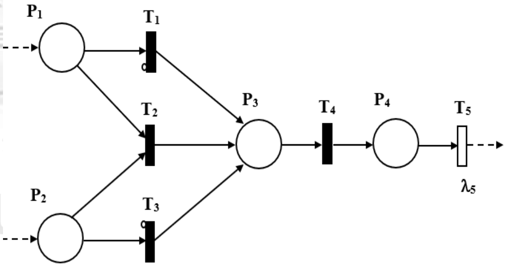
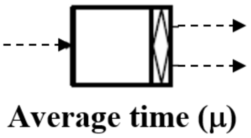
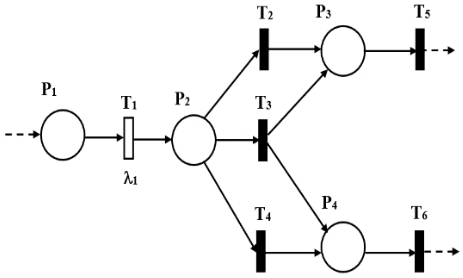
**การกำหนดกฎในการแปลงจากกระแสงานยอว์ลไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป [2]**

ตารางที่ 3. 1 กฎการแปลงจากกระแสงานยอว์ลไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป

| ชื่อ | แผนภาพยอว์ล | สโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป |
|---|---|---|
| Input Condition |   |   |
| Output Condition |  |   |
| Condition |   |   |
| Atomic Task |   |   |
| AND-Join Task |   |   |
| AND-Split Task |   |   |

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 3.1 กฎการแปลงจากกระแสงานยอว์ลไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป (ต่อ)

<table>
<tr><th>ชื่อ</th><th>แผนภาพยอว์ล</th><th>สโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป</th></tr>
<tr><td>XOR-Join Task</td><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>XOR-Split Task</td><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>OR-Join Task</td><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>OR-Split Task</td><td>
</td><td>
</td></tr>
</table>

### 3.3 การแปลงกระแสงานยอว์ลในรูปแบบของแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล

การสกัดแต่ละองค์ประกอบของกระแสงานยอว์ล ในรูปแบบของแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล จะต้องอยู่ในรูปแบบของโครงสร้างที่เป็นมาตรฐานของแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล (W3C) เพื่อให้ไฟล์ที่นำเข้าไปในเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นอยู่ในรูปบบที่ถูกต้องตามโครงสร้างของแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล (Well Formed)

#### 3.3.1 การสกัดแต่ละองค์ประกอบของกระแสงานยอว์ล

ตารางที่ 3. 2 ความสัมพันธ์ระหว่างสัญลักษณ์กระแสงานยอว์ลมาตรฐานและแท็กเอกซ์เอ็มแอล

| สัญลักษณ์ | แท็กเอกซ์เอ็มแอล | คุณลักษณะ | คำอธิบาย |
|---|---|---|---|
| - | <specificationSet>... </specificationSet> | - | ราก (Root) ของเอกซ์เอ็มแอลกระแสงานยอว์ลมาตรฐาน |
| - | <specification>... </specification> | - | Child ของสัญลักษณ์ของกระแสงานยอว์ล ประกอบด้วยสัญลักษณ์ InputCondition, Task, Condition, OutputCondition |
| Input Condition | <inputCondition id = “”>.. </inputCondition> | id | กำหนดไอดีของจุดเริ่มต้นของงาน |
| | <flowsInto>.. </flowsInto> | type | กำหนดเส้นเชื่อมกับงานที่อยู่ถัดไป |
| | <nextElementRef id = “”>... </nextElementRef> | id | กำหนดงานที่อยู่ถัดไป |
| Output Condition | <outputCondition id = “”>.. </outputCondition> | id | กำหนดจุดสิ้นสุดของงาน |
| Condition | <condition id = “”> ...</condition> | id | กำหนดไอดีสถานะของงาน |
| | <name>...</name> | name | กำหนดชื่อของสถานะของงาน |
| | <flowsInto>...</flowsInto> | type | กำหนดเส้นเชื่อมระหว่างสถานะกับงาน |
| | <nextElementRef id = “”>... </nextElementRef> | id | กำหนดไอดีของงานที่เชื่อมกับสถานะ |

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างสัญลักษณ์กระแสงานยอว์ลมาตรฐานและแท็กเอกซ์เอ็มแอล (ต่อ)

| สัญลักษณ์ | แท็กเอกซ์เอ็มแอล | คุณลักษณะ | คำอธิบาย |
|---|---|---|---|
| Atomic Task | <task id = “ ”>...</task> | id | กำหนดไอดีของงาน |
| | <name>..</name> | name | กำหนดชื่อของงาน |
| | <flowsInto>..<br></flowsInto> | type | กำหนดเส้นเชื่อมกับงานที่อยู่ถัดไป |
| | <nextElementRef id = “ ”>...<br></nextElementRef> | id | กำหนดงานที่อยู่ถัดไป |
| | <join>...</join> | type | กำหนดเงื่อนไขของงาน ได้แก่ AND-Join, XOR-Join, OR-Join |
| | <sprit>...</sprit> | type | กำหนดเงื่อนไขของงาน ได้แก่ AND-Split, XOR- Split, OR- Split |
| | <configuration>...<br></configuration> | type | กำหนดแหล่งที่มา (Source) ของงานว่าเชื่อมต่ออยู่กับงานใดบ้าง |
| | <flowSource>...<br></flowSource> | id | กำหนดชื่องานต้นทางที่เชื่อมต่อ |
| | <flowDestination id = “ ”>...<br></flowDestination> | id | กำหนดชื่องานปลายทางที่เชื่อมต่อ |
| AND-Join Task | <join code="and" /><br><split code="and" /><br><configuration><br><join><br><flowSource id=" " /><br></join><br><split><br><flowDestination id=" " /><br></split><br></configuration> | code,<br>id | - code คือ task ที่มี decorator AND-Join<br>- id ของ flowSource คือ ไอดีของ task ที่เชื่อมต่อก่อนหน้า<br>- id ของ flowDestination คือ ไอดีของ task ที่จะไปเชื่อมต่อด้วย |

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างสัญลักษณ์กระแสงานยอว์ลมาตรฐานและแท็กเอกซ์เอ็มแอล (ต่อ)

| สัญลักษณ์ | แท็กเอกซ์เอ็มแอล | คุณลักษณะ | คำอธิบาย |
|---|---|---|---|
| AND-Split Task | <join code="xor" /><br><split code="and" /><br><configuration><br><join><br><flowSource id=" " /><br></join><br><split><br><flowDestination id=" " /><br></split><br></configuration> | code,<br>id | - code คือ task ที่มี decorator AND-Split<br>- id ของ flowSource คือ ไอดีของ task ที่เชื่อมต่อก่อนหน้า<br>- id ของ flowDestination คือ ไอดีของ task ที่จะไปเชื่อมต่อด้วย |
| XOR-Join Task | <join code="xor" /><br><split code="and" /><br><configuration><br><join><br><flowSource id=" " /><br></join><br><split><br><flowDestination id=" " /><br></split><br></configuration> | code,<br>id | - code คือ task ที่มี decorator AND-Split<br>- id ของ flowSource คือ ไอดีของ task ที่เชื่อมต่อก่อนหน้า<br>- id ของ flowDestination คือ ไอดีของ task ที่จะไปเชื่อมต่อด้วย |
| XOR-Split Task | <join code="xor" /><br><split code="xor" /><br><configuration><br><join><br><flowSource id=" " /><br></join><br><split><br><flowDestination id=" " /><br></split><br></configuration> | code,<br>id | - code คือ task ที่มี decorator AND-Split<br>- id ของ flowSource คือ ไอดีของ task ที่เชื่อมต่อก่อนหน้า<br>- id ของ flowDestination คือ ไอดีของ task ที่จะไปเชื่อมต่อด้วย |

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างสัญลักษณ์กระแสงานยอว์ลมาตรฐานและแท็กเอกซ์เอ็มแอล (ต่อ)

| สัญ-<br>ลักษณ์ | แท็กเอกซ์เอ็มแอล | คุณ-<br>ลักษณะ | คำอธิบาย |
|---|---|---|---|
| OR-<br>Join<br>Task | <join code="or" /><br><split code="and" /><br><configuration><br><join><br><flowSource id=" " /><br></join><br><split><br><flowDestination id=" " /><br></split><br></configuration> | code,<br>id | - code คือ task ที่มี decorator AND-Split<br>- id ของ flowSource คือ ไอดีของ task ที่เชื่อมต่อก่อนหน้า<br>- id ของ flowDestination คือ ไอดีของ task ที่จะไปเชื่อมต่อด้วย |
| OR-<br>Split<br>Task | <join code="and" /><br><split code="or" /><br><configuration><br><join><br><flowSource id=" " /><br></join><br><split><br><flowDestination id=" " /><br></split><br></configuration> | code,<br>id | - code คือ task ที่มี decorator AND-Split<br>- id ของ flowSource คือ ไอดีของ task ที่เชื่อมต่อก่อนหน้า<br>- id ของ flowDestination คือ ไอดีของ task ที่จะไปเชื่อมต่อด้วย |
| - | <layout>..</layout> | - | กำหนดตำแหน่งของกระแสงานยอว์ล |
| - | <container id=""><br><vertex><br><attributes><br><bounds x="" y="" w="" h="" /><br></attributes><br></vertex><br><label><br><attributes><br><bounds x="" y="" w="" h="" /> | Id, x, y, w,<br>h | ส่วนประกอบตำแหน่งของสัญลักษณ์กระแสงานยอว์ล ได้แก่ Task และ Condition ประกอบด้วย 5 แอททริบิวต์ ได้แก่ id คือ ไอดีของสัญลักษณ์ Task และ Condition<br>x คือ ตำแหน่งซ้ายของสัญลักษณ์ Task และ Condition<br>y คือ ตำแหน่งขวาของสัญลักษณ์ Task และ Condition<br>w คือ ตำแหน่งความกว้างของสัญลักษณ์ |

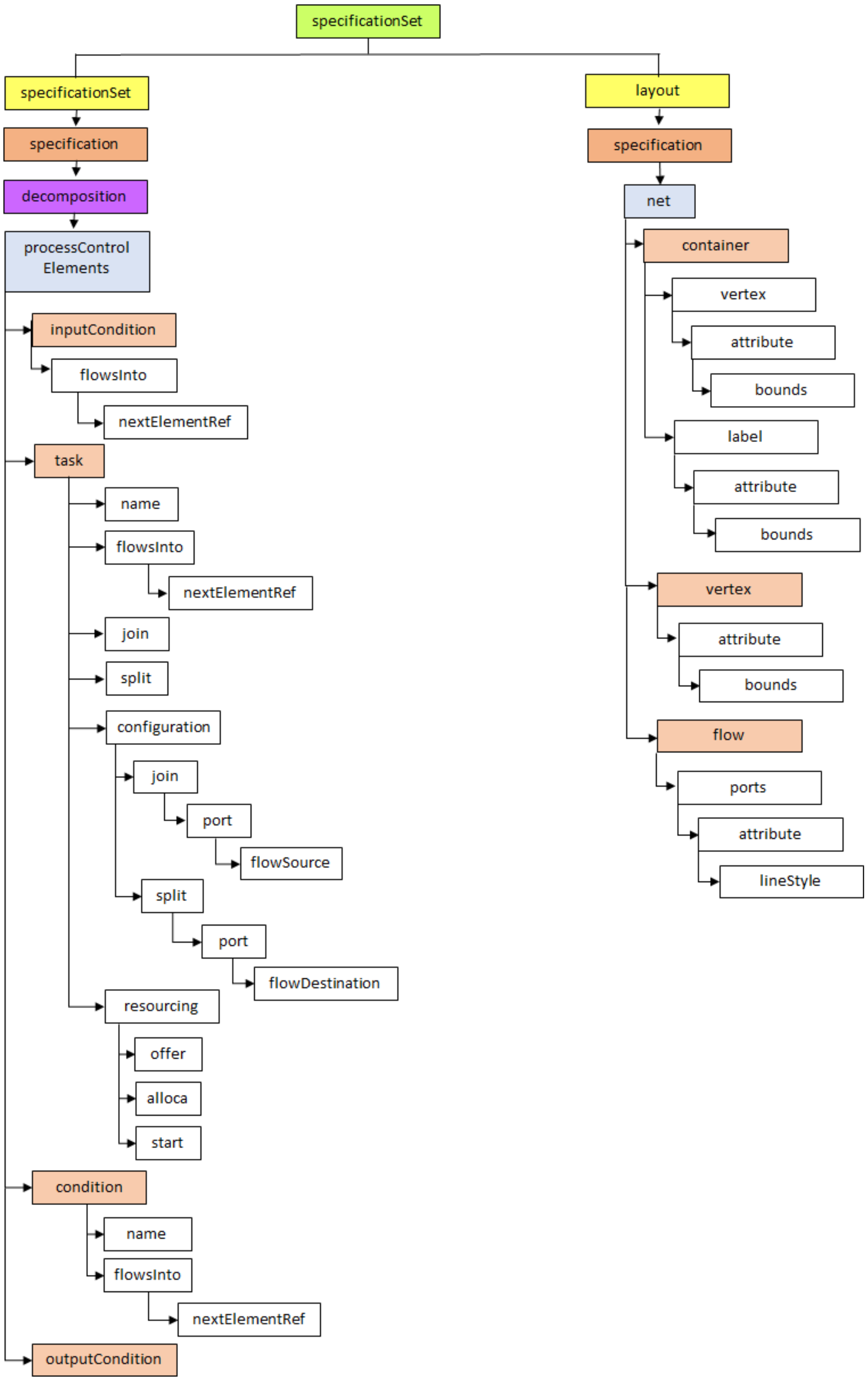
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างสัญลักษณ์กระแสงานยอว์ลมาตรฐานและแท็กเอกซ์เอ็มแอล (ต่อ)

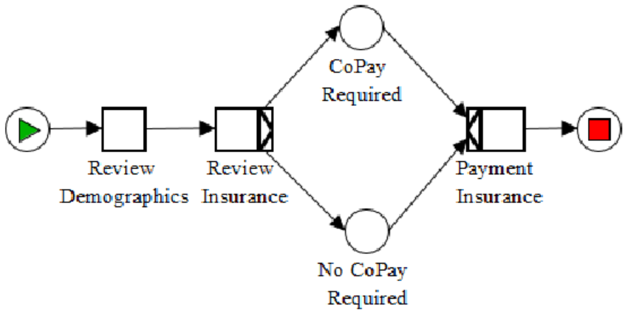
| สัญลักษณ์ | แท็กเอกซ์เอ็มแอล | คุณลักษณะ | คำอธิบาย |
|---|---|---|---|
| | </attributes><br></label><br></container> | | Task และ Condition<br>h คือ ตำแหน่งความสูงของสัญลักษณ์ Task และ Condition<br>- <vertex> คือ ใช้บอกตำแหน่งของ Task และ Condition<br>- </label> คือ ใช้บอกตำแหน่งของ Task และ Condition |
| - | <vertex id=""><br><attributes><br><bounds x="" y="" w="" h="" /><br></attributes><br></vertex> | Id, x, y, w, h | ส่วนประกอบตำแหน่งของสัญลักษณ์กระแสงานยอว์ล ได้แก่ InputConditionและ OutputCondition ประกอบด้วย 5 แอททริบิวต์ได้แก่<br>Id คือ ไอดีของสัญลักษณ์ InputConditionและ OutputCondition x คือ ตำแหน่งซ้ายของสัญลักษณ์ InputCondition และ OutputCondition y คือ ตำแหน่งขวาของสัญลักษณ์ InputCondition และ OutputCondition w คือ ตำแหน่งความกว้างของสัญลักษณ์ InputConditionและ OutputCondition<br>h คือ ตำแหน่งความสูงของสัญลักษณ์ InputConditionและ OutputCondition<br>- <vertex> คือ ใช้บอกตำแหน่งของ InputConditionและ OutputCondition<br>- </label> คือ ใช้บอกตำแหน่งของ InputConditionและ OutputCondition |

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์โครงสร้างของไฟล์ยอว์ลที่อยู่ในรูปแบบของแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอลแสดงรายละเอียดดังรูปที่ 3.1 เพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนการแปลงไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ต่อไป



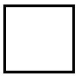

รูปที่ 3. 1 แผนภาพรวมของไฟล์ยอว์ลในรูปแบบแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล



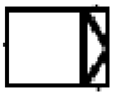

รูปที่ 3. 2 กระบวนการตรวจสอบการทำประกันชีวิต

จากรูปที่ 3.2 แสดงตัวอย่างกระแสงานยอว์ลของกระบวนการตรวจสอบการทำประกันชีวิต โดยเริ่มต้นตั้งแต่ขั้นตอนการ Review Demographics เป็นการที่บริษัทประกันฯ ทำการตรวจสอบประวัติสุขภาพของผู้ทำประกันชีวิตว่า ผู้ทำประกันเคยมีประวัติการเป็นโรคร้ายแรงและไม่อยู่ในความคุ้มครองของกรรมธรรม์หรือไม่ ไปจนถึงกระบวนการ Payment Insurance ผู้ประกันชีวิตทำการชำระเงินค่าประกันฯและบริษัทประกันฯ จะเริ่มให้ความคุ้มครองประกันชีวิต หลังจากที่สร้างแบบจำลองระบบโดยใช้โปรแกรม YAWL Editor 4.2 แล้ว จากนั้นผู้วิจัยจะทำการสกัดแต่ละส่วนประกอบของกระแสงานยอว์ล ซึ่งไฟล์ยอว์ลจะอยู่ในรูปแบบแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล เพื่อใช้เป็นไฟล์นำเข้าไปยังเครื่องมือที่พัฒนาขึ้น แสดงดังตารางที่ 3.3

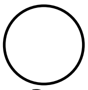
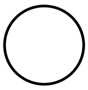
ตารางที่ 3. 3 แสดงตัวอย่างไฟล์ยอว์ลที่อยู่ในรูปแบบของแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล

| **กระแสงานยอว์ล** | **ส่วนประกอบเอกซ์เอ็มแอล** |
|---|---|
| | <inputCondition id="InputCondition"><br><flowsInto><br><nextElementRef id="Review_Demographics" /><br></flowsInto><br></inputCondition> |
| <br>Review Demograhics | <task id="Review_Demographics"><br><name>Review Demographics</name><br><flowsInto><br><nextElementRef id="Review_Insurance" /><br></flowsInto><br><join code="xor" /><br><split code="and" /> |

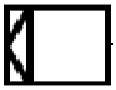
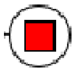
ตารางที่ 3.3 แสดงตัวอย่างไฟล์ยอว์ลที่อยู่ในรูปแบบของแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล (ต่อ)

| กระแสงานยอว์ล | ส่วนประกอบเอกซ์เอ็มแอล |
|---|---|
| | <configuration><br><join><br><port value="activated"><br><flowSource id="InputCondition" /><br></port><br></join><br><split><br><port value="activated"><br><flowDestination id="Review_Insurance" /><br></port><br></split><br></configuration><br><resourcing><br><offer initiator="user" /><br><allocate initiator="user" /><br><start initiator="user" /><br></resourcing><br></task> |
| <br>Review Insurance | <task id="Review_Insurance"><br><name>Review Insurance</name><br><flowsInto><br><nextElementRef id="No_CoPay_Required" /><br><isDefaultFlow /><br></flowsInto><br><flowsInto><br><nextElementRef id="CoPay_Required" /><br><predicate ordering="0">true()</predicate><br></flowsInto><br><join code="xor" /><br><split code="xor" /><br><configuration><br><join> |

ตารางที่ 3.3 แสดงตัวอย่างไฟล์ยอว์ลที่อยู่ในรูปแบบของแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล (ต่อ)

| กระแสงานยอว์ล | ส่วนประกอบเอกซ์เอ็มแอล |
|---|---|
| | <port value="activated"><br><flowSource id="Review_Demograhics" /><br></port><br></join><br><split><br><port value="activated"><br><flowDestination id="No_CoPay_Required" /><br></port><br><port value="activated"><br><flowDestination id="CoPay_Required" /><br></port><br></split><br></configuration><br><resourcing><br><offer initiator="user" /><br><allocate initiator="user" /><br><start initiator="user" /><br></resourcing><br></task> |
| <br>CoPay Required | <condition id="CoPay_Required"><br><name>CoPay Required</name><br><flowsInto><br><nextElementRef id="Payment_Insurance" /><br></flowsInto><br></condition> |
| <br>No CoPay Required | <condition id="No_CoPay_Required"><br><name>No CoPay Required</name><br><flowsInto><br><nextElementRef id="Payment_Insurance" /><br></flowsInto><br></condition> |

ตารางที่ 3.3 แสดงตัวอย่างไฟล์ยอว์ลที่อยู่ในรูปแบบของแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล (ต่อ)

| กระแสงานยอว์ล | ส่วนประกอบเอกซ์เอ็มแอล |
|---|---|
| <br>Payment Insurance | <task id="Payment_Insurance"><br><name>Payment Insurance</name><br><flowsInto><br><nextElementRef id="OutputCondition" /><br><isDefaultFlow /><br></flowsInto><br><join code="xor" /><br><split code="xor" /><br><configuration><br><join><br><port value="activated"><br><flowSource id="CoPay_Required" /><br></port><br><port value="activated"><br><flowSource id="No_CoPay_Required" /><br></port><br></join><br><split><br><port value="activated"><br><flowDestination id="OutputCondition" /><br></port><br></split><br></configuration><br><resourcing><br><offer initiator="user" /><br><allocate initiator="user" /><br><start initiator="user" /><br></resourcing><br></task> |
|  | <outputCondition id="OutputCondition" /> |

### 3.4 การแปลงกระแสงานยอว์ลในรูปแบบของแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอลให้เป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป

#### 3.4.1 การสกัดแต่ละองค์ประกอบของสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป

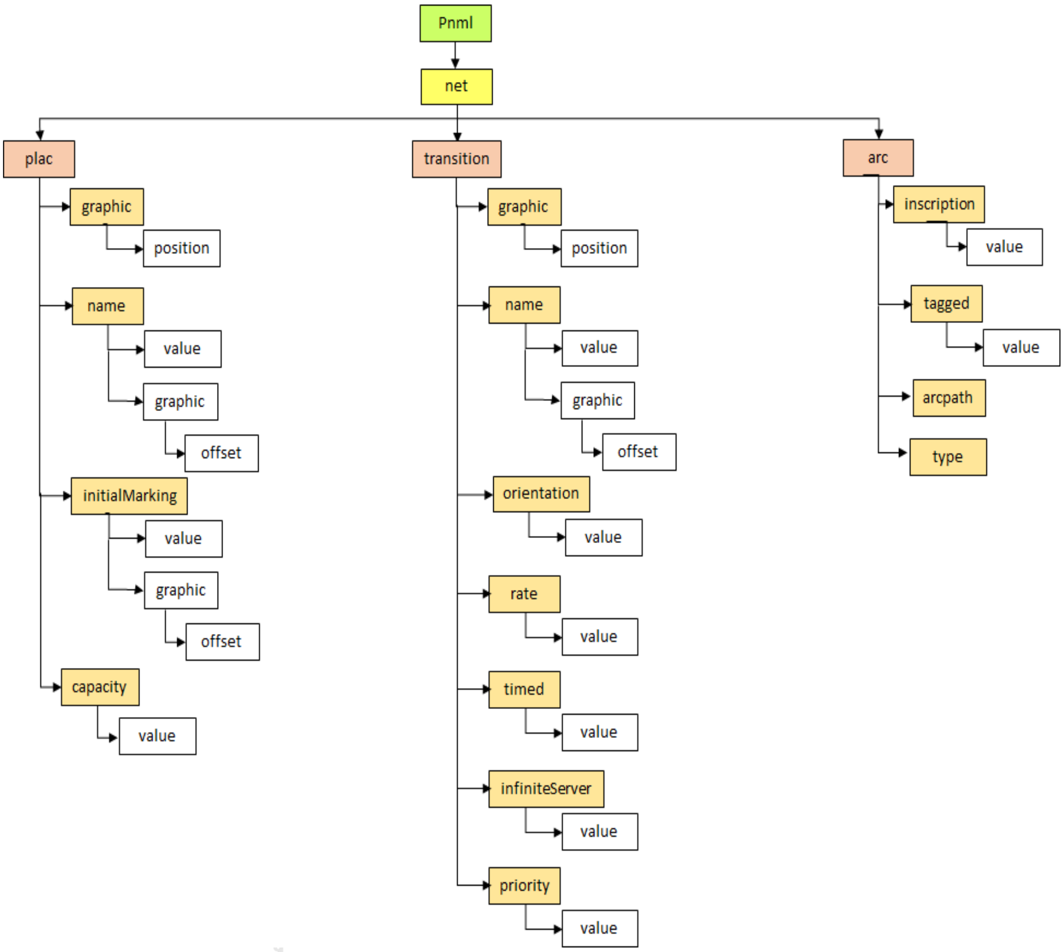
ผู้วิจัยจะใช้โปรแกรม Notepad ++ ในการสกัดแต่ละองค์ประกอบของแต่ละสัญลักษณ์ของกระแสงานยอว์ล ดังตารางที่ 3.2 กับองค์ประกอบของสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3. 4 ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปและแท็กเอกซ์เอ็ม-แอล

| สัญลักษณ์ | แท็กเอกซ์เอ็มแอล | คุณลักษณะ | คำอธิบาย |
|---|---|---|---|
| - | <pnml>…</pnml> | - | ราก (Root) ของเอกซ์เอ็มแอลของสโต-แคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป |
| Place | <place>…</place> | id | กำหนดรหัสของเพลส |
| | | name | กำหนดชื่อของเพลส |
| | | InitialMarking | กำหนดโทเคนในเพลสเริ่มต้น |
| | | capacity | กำหนดการระบุจำนวนโทเคนในเพลส |
| | | type | กำหนดประเภทของเพลส |
| Transition | <transition>…</transition> | id | กำหนดรหัสของทรานสิชัน |
| | | name | กำหนดชื่อของทรานสิชัน |
| | | type | กำหนดประเภทของทรานสิชัน มี 2 ประเภท ได้แก่ ทรานสิชันที่ถูกกำหนดเวลา และ ทรานสิชันที่ไม่กำหนดเวลา |
| | | mean | กำหนดค่าเฉลี่ยของเวลา |
| Arc | <arc>…</arc> | Id | กำหนดรหัสของเส้นเชื่อม |
| | | name | กำหนดชื่อของเส้นเชื่อม |
| | | source | กำหนดจุดเริ่มต้นของเส้นเชื่อม |
| | | target | กำหนดจุดสิ้นสุดของเส้นเชื่อม |
| | | type | กำหนดประเภทของเส้นเชื่อม มี 2 ประเภทได้แก่ Normal และ Inhibitor |
| | | weight | กำหนดน้ำหนักของเส้นเชื่อม |

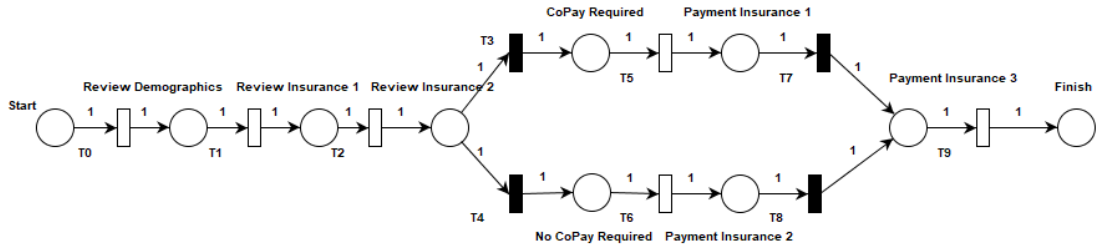
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์โครงสร้างของไฟล์สโตแคสติกเพทริเน็ตส์ที่อยู่ในรูปแบบของแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอลแสดงรายละเอียดดังรูปที่ 3.3 เพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนการ Mapping ตามกฎการแปลงที่ระบุไว้ในตารางที่ 3.1




รูปที่ 3. 3 แผนภาพรวมของไฟล์สโตแคสติกเพทริเน็ตทั่วไปในรูปแบบแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล

จากรูปที่ 3.3 กระบวนการตรวจสอบการทำประกันชีวิต เมื่อแปลงมาเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์-ทั่วไป จะได้ดังที่แสดงในรูปที่ 3.4 และอยู่ในรูปแบบแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอลดังที่แสดงในรูปที่ 3.5

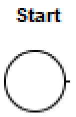



รูปที่ 3. 4 กระบวนการตรวจสอบการทำประกันชีวิตที่อยู่ในรูปแบบสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป

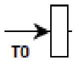
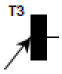
```
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
<pnml>
    <net id="Net-One" type="P/T net">
        <token id="Default" enabled="true" red="0" green="0" blue="0"/>
        <place id="CoPay Required">
        <place id="Finish">
        <place id="No CoPay Required">
        <place id="Payment Insurance 1">
        <place id="Payment Insurance 2">
        <place id="Payment Insurance 3">
        <place id="Review Demographics">
        <place id="Review Insurance 1 ">
        <place id="Review Insurance 2">
        <place id="Start">
        <transition id="T0">
        <transition id="T1">
        <transition id="T2">
        <transition id="T3">
        <transition id="T4">
        <transition id="T5">
        <transition id="T6">
        <transition id="T7">
        <transition id="T8">
        <transition id="T9">
        <arc id="CoPay Required to T5" source="CoPay Required" target="T5">
        <arc id="No CoPay Required to T6" source="No CoPay Required" target="T6">
        <arc id="Payment Insurance 1 to T7" source="Payment Insurance 1" target="T7">
        <arc id="Payment Insurance 2 to T8" source="Payment Insurance 2" target="T8">
        <arc id="Payment Insurance 3 to T9" source="Payment Insurance 3" target="T9">
        <arc id="Review Demographics to T1" source="Review Demographics" target="T1">
        <arc id="Review Insurance 1  to T2" source="Review Insurance 1 " target="T2">
        <arc id="Review Insurance 2 to T3" source="Review Insurance 2" target="T3">
        <arc id="Review Insurance 2 to T4" source="Review Insurance 2" target="T4">
        <arc id="Start to T0" source="Start" target="T0">
        <arc id="T0 to Review Demographics" source="T0" target="Review Demographics">
        <arc id="T1 to Review Insurance 1 " source="T1" target="Review Insurance 1 ">
        <arc id="T2 to Review Insurance 2" source="T2" target="Review Insurance 2">
        <arc id="T3 to CoPay Required" source="T3" target="CoPay Required">
        <arc id="T4 to No CoPay Required" source="T4" target="No CoPay Required">
        <arc id="T5 to Payment Insurance 1" source="T5" target="Payment Insurance 1">
        <arc id="T6 to Payment Insurance 2" source="T6" target="Payment Insurance 2">
        <arc id="T7 to Payment Insurance 3" source="T7" target="Payment Insurance 3">
        <arc id="T8 to Payment Insurance 3" source="T8" target="Payment Insurance 3">
        <arc id="T9 to Finish" source="T9" target="Finish">
    </net>
</pnml>
```


รูปที่ 3. 5 ตัวอย่างสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปของกระบวนการตรวจสอบการทำประกันชีวิตที่อยู่ในรูปแบบแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล

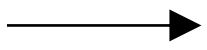
ตารางที่ 3. 5 แสดงตัวอย่างสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปที่อยู่ในรูปแบบของแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล

| สโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป | ส่วนประกอบเอกซ์เอ็มแอล |
|---|---|
| Place   | <place id="Start"><br><graphics><position x="120.0" y="225.0"/></graphics><br><name><value>Start</value><graphics><offset x="24.0" y="-9.0"/></graphics></name><br><initialMarking><value>Default,1</value><graphics><br><offset x="0.0" y="0.0"/></graphics> |

ตารางที่ 3.5 แสดงตัวอย่างสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปที่อยู่ในรูปแบบของแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล (ต่อ)

| สโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป | ส่วนประกอบเอกซ์เอ็มแอล |
|---|---|
| | </initialMarking><br><capacity><value>0</value></capacity><br></place> |
| Token ● | <token id="Default" enabled="true" red="0" green="0" blue="0"/> |
| Transition<br> | ● Timed Transition<br><transition id="T0"><br><graphics><position x="195.0" y="225.0"/></graphics><br><name><value>T0</value><graphics><offset x="-5.0" y="35.0"/></graphics></name><br><orientation><value>0</value></orientation><br><rate><value>1.0</value></rate><br><timed><value>true</value></timed><br><infiniteServer><value>false</value></infiniteServer><br><priority><value>1</value></priority><br></transition> |
|  | ● Immediate Transition<br><transition id="T3"><br><graphics><position x="615.0" y="232.0"/></graphics><br><name><value>T3</value><br><graphics><offset x="2.0" y="5.0"/></graphics><br></name><br><orientation><value>0</value></orientation><br><rate><value>1.0</value></rate><br><timed><value>false</value></timed><br><infiniteServer><value>false</value></infiniteServer><br><priority><value>1</value></priority><br></transition> |

ตารางที่ 3.5 แสดงตัวอย่างสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปที่อยู่ในรูปแบบของแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล (ต่อ)

| **สโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป** | **ส่วนประกอบเอกซ์เอ็มแอล** |
|---|---|
| Arc<br> | <arc id="Start to T0" source="Start" target="T0"><br><graphics><inscription><value>Default,1</value><br><graphics/></inscription><br><tagged><value>false</value></tagged><br><arcpath id="000" x="146" y="237" curvePoint="false"/><br><arcpath id="001" x="201" y="237" curvePoint="false"/><br><type value="normal"/><br></arc> |

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

# บทที่ 4
# การวิเคราะห์และการออกแบบเครื่องมือการแปลงกระแสงานยอว์ลที่มีเงื่อนไขเวลาไป เป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป

สำหรับบทนี้เป็นส่วนที่นำวิธีการและแนวทางการแปลงที่ได้อธิบายไว้ในบทที่ 3 นำมาพัฒนาเครื่องมือการแปลงกระแสงานยอว์ลที่มีเงื่อนไขของเวลาไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป ก่อนการพัฒนาเครื่องมือแปลงผู้วิจัยได้มีการออกแบบเครื่องมือโดยใช้โปรแกรมเชิงวัตถุด้วยภาษายูเอ็มแอล เพื่อใช้ในการอธิบายฟังก์ชันการทำงานต่าง ๆ ของเครื่องมือที่จะพัฒนาขึ้นประกอบด้วย แผนภาพยูสเคส (Use Case Diagram) แผนภาพกิจกรรม (Activity Diagram) แผนภาพแพ็คเกจ (Package) และแผนภาพคลาส (Class Diagram) อีกทั้งสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ทั้งด้านฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการพัฒนาเครื่องมือ รวมไปถึงโครงสร้างส่วนต่อประสานกับผู้ใช้งาน มีรายละเอียดดังนี้

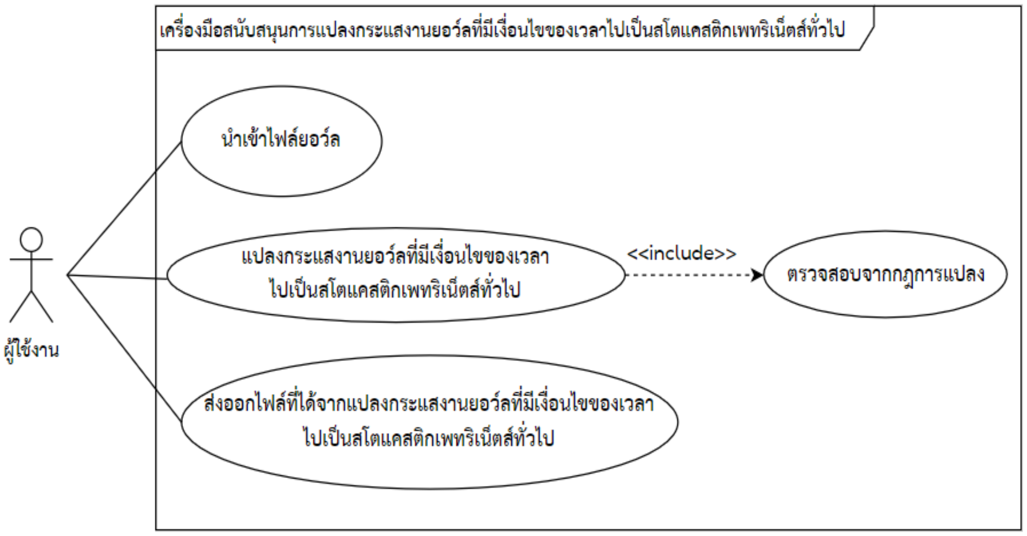
## 4.1 การออกแบบเครื่องมือสนับสนุน

การออกแบบเครื่องมือในการแปลงจากกระแสงานยอว์ลที่มีเงื่อนไขของเวลาไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตทั่วไป ผู้วิจัยจะใช้แผนภาพยูสแคส (Use Case Diagram) อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างฟังก์ชันการทำงานของเครื่องมือแปลงกับผู้ใช้งาน จากนั้นผู้วิจัยจะใช้แผนภาพกิจกรรมอธิบายขั้นตอนและเงื่อนไขต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้นในแต่ละกิจกรรมและใช้แผนภาพคลาสในการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างคลาส แอททริบิวต์ และโอเปอเรชันต่าง ๆ มีรายละเอียดดังนี้

### 4.1.1 แผนภาพยูสเคส

แผนภาพยูสเคสของเครื่องมือสนับสนุนการแปลงจากกระแสงานยอว์ลที่มีเงื่อนไขของเวลาไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตทั่วไป ดังแสดงในรูปที่ 4.1 จะแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างฟังก์ชันการทำงานของเครื่องมือแปลงกับผู้ใช้งาน โดยเริ่มจากผู้ใช้งานนำเข้าไฟล์ยอว์ลที่ได้จากเครื่องมือ YAWL Editor เข้าสู่เครื่องมือแปลง จากนั้นเครื่องมือแปลงจะทำการตรวจสอบไฟล์ที่นำเข้าว่าเป็นไฟล์ยอว์ลหรือไม่ ถ้ากรณีที่ไม่ใช่ไฟล์ยอว์ล เครื่องมือแปลงจะไม่อนุญาตให้ผู้ใช้งานสามารถแปลงจากกระแสงานยอว์ลไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปได้ หลังจากเครื่องมือทำการแปลงเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป และส่งออกไฟล์เป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป ซึ่งไฟล์อยู่ในรูปแบบของแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอลเรียบร้อยแล้ว ผู้ใช้งานจะต้องนำไฟล์ดังกล่าวไปเป็นไฟล์นำเข้าในเครื่องมือไปป์ เพื่อใช้ในระบุค่าเฉลี่ยของเวลาหรือค่าแลมดาลงไปในทรานสิชันที่ถูกกำหนดเวลา สร้างริชอะบิลิตีเซต ริชอะบิลิตีกราฟ คำนวณหาความน่าจะเป็นโดยใช้ห่วงโซ่มาร์คอฟ และทำการทวนสอบพฤติกรรมของแบบจำลองต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY




รูปที่ 4. 1 แสดงยูสเคสไดอะแกรม

จากรูปที่ 4.1 เป็นการแสดงยูสเคสทั้งหมดของเครื่องมือ YAWL2GSPN มีทั้งหมด 4 ยูสเคส แสดงรายละเอียดในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4. 1 แสดงรายละเอียดของยูสเคสทั้งหมด

| ลำดับ | ยูสเคสไอดี | ชื่อยูสเคส |
|---|---|---|
| 1 | UC – YAWL2GSPN-01 | นำเข้าไฟล์ยอว์ล |
| 2 | UC – YAWL2GSPN-02 | แปลงกระแสงานยอว์ลที่มีเงื่อนไขของเวลาไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป |
| 3 | UC – YAWL2GSPN-03 | ตรวจสอบจากกฎการแปลง |
| 4 | UC – YAWL2GSPN-04 | ส่งออกไฟล์ที่ได้จากการแปลงกระแสงานยอว์ลที่มีเงื่อนไขของเวลาไปเป็นสโตแคสติกเพทริ-เน็ตส์ทั่วไป |

จากรูปที่ 4.1 รายละเอียดของแต่ละยูสเคสของการแปลงกระแสงานยอว์ลที่มีเงื่อนไขเวลาไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปสามารถอธิบายได้ดังนี้

ตารางที่ 4. 2 รายละเอียดของยูสเคสการนำเข้าไฟล์ยอว์ลในรูปแบบแฟ้มเอกสารเอกเอ็มแอล

| **คำอธิบายยูสเคส** | |
|---|---|
| **ชื่อยูสเคส :** นำเข้าไฟล์ยอว์ล | **หมายเลขยูสเคส :** UC – YAWL2GSPN-01 |
| **แอคเตอร์ :** ผู้ใช้งาน | |
| **รายละเอียดยูสเคส :** นำเข้าไฟล์ยอว์ล เป็นไฟล์ที่อยู่ในรูปแบบของแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็ม - แอล | |
| **เงื่อนไขก่อนหน้า :** ผู้ใช้งานใช้เครื่องมือ YAWL Editor สร้างแบบจำลองของกระบวนการทางธุรกิจ ( Business Process) | |
| **ขั้นตอน :**<br>1. ผู้ใช้งานเปิดเครื่องมือแปลง<br>2. ผู้ใช้งานเลือกปุ่ม “Browse” เพื่อเลือกไฟล์ยอว์ลที่ได้ต้องการแปลง | |
| **ทางเลือก :**<br>2a : ในกรณีที่ผู้ใช้งานไม่เลือกกดปุ่ม “Browse” แต่ไปกดปุ่ม “GSPN” เครื่องมือแปลงจะแจ้งเตือนแก่ผู้ใช้งานว่า “Please select a file to upload.”<br>3a : ในกรณีที่ผู้ใช้งานไม่เลือกไฟล์ยอว์ลโดยกดปุ่ม “Cancel” เครื่องมือแปลงจะทำการยกเลิกการเลือกไฟล์ยอว์ล และกลับเข้าสู่หน้าหลักของเครื่องมือ | |
| **เงื่อนไขภายหลัง :** เครื่องมือแปลงจะทำการตรวจสอบไฟล์ยอว์ลที่นำเข้ามาว่า เป็นไฟล์ยอว์ล (.yawl) หรือไม่ | |

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 4. 3 รายละเอียดของยูสเคสการแปลงกระแสงานยอว์ลที่มีเงื่อนไขของเวลาไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป

| **คำอธิบายยูสเคส** | |
|---|---|
| **ชื่อยูสเคส :** แปลงกระแสงานยอว์ลไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป | **หมายเลขยูสเคส :** UC – YAWL2GSPN-02 |
| **แอคเตอร์ :** เครื่องมือแปลง | |
| **รายละเอียดยูสเคส :** เครื่องมือแปลงจะทำการ Mapping แต่ละงานของกระแสงานยอว์ลที่อ่านเข้ามากับกฎการแปลงที่ผู้วิจัยได้ออกแบบไว้ | |
| **เงื่อนไขก่อนหน้า :** ผู้ใช้งานเลือกไฟล์ยอว์ลที่จะนำเข้าสู่เครื่องมือแปลง | |

ตารางที่ 4. 3 รายละเอียดของยูสเคสการแปลงกระแสงานยอว์ลที่มีเงื่อนไขของเวลาไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป (ต่อ)

| |
|---|
| **ขั้นตอน :**<br>1. หลังจากผู้ใช้งานกดปุ่ม “GSPN” เครื่องมือแปลงจะทำการ Mapping rule กับแต่ละองค์ประกอบของกระแสงานยอว์ลกับสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป<br>2. เมื่อเครื่องมือแปลงทำการแปลงเสร็จเรียบร้อยแล้ว เครื่องมือแปลงจะส่งออกไฟล์สโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป ซึ่งไฟล์อยู่ในรูปแบบของแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล |
| **ทางเลือก :**<br>2a : ในกรณีที่ผู้ใช้งานกดปุ่ม “X” เครื่องมือแปลงจะทำการยกเลิกการแปลง |
| **เงื่อนไขภายหลัง :** เครื่องมือแปลงส่งออกไฟล์สโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป |

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 4. 4 รายละเอียดของยูสเคสการตรวจสอบจากกฎการแปลง

| **คำอธิบายยูสเคส** | |
|---|---|
| **ชื่อยูสเคส :** ตรวจสอบจากกฎการแปลง | **หมายเลขยูสเคส :** UC – YAWL2GSPN-03 |
| **แอคเตอร์ :** เครื่องมือแปลง | |
| **รายละเอียดยูสเคส :** เมื่อเครื่องมือแปลงตรวจพบงาน (input condition, condition, task, output condition) ของกระแสงานยอว์ลกับกฎการแปลงที่ได้ออกแบบไว้ เครื่องมือแปลงจะสร้างแท็กเอกซ์เอ็มแอลของงานนั้นในไฟล์สโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป | |
| **เงื่อนไขก่อนหน้า :** ผู้ใช้งานกดปุ่ม “GSPN” เพื่อให้เครื่องมือแปลงทำการแปลง | |
| **ขั้นตอน :**<br>1. เครื่องมือแปลงทำการตรวจสอบงานของกระแสงานยอว์ลที่นำเข้ามากับกฎที่ออกแบบไว้ ถ้างานของกระแสงานยอว์ลตรงกับกฎการแปลงสโตแคสติกเพทริ-เน็ตส์ทั่วไปที่อยู่ในรูปแบบแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอลจะแสดงแท็กเอกซ์เอ็มแอลของงาน ๆ นั้น<br>2. ผู้ใช้งานจะต้องใช้โปรแกรม Notepad++ ในการตรวจสอบแท็กเอกซ์เอ็มแอลหรือใช้เครื่องมือไปป์ นำเข้าไฟล์สโตแคสติกเพริเน็ตส์ทั่วไปที่ได้ ถ้างานของกระแสงาน-ยอว์ลสอดคล้องกับกฎการแปลง เครื่องมือไปป์จะสามารถแสดงแบบจำลองของกระบวนการธุรกิจนั้นได้ | |

ตารางที่ 4. 4 รายละเอียดของยูสเคสการตรวจสอบจากกฎการแปลง (ต่อ)

| |
|---|
| **ทางเลือก :**<br>2a : ในกรณีที่เครื่องมือแปลงตรวจสอบงานของกระแสงานยอว์ลแล้วพบว่า ไม่ตรงกับกฎการแปลง เครื่องมือแปลงจะไม่แสดงแท็กเอกซ์เอ็มแอลหรือถ้าใช้เครื่องมือไปป์นำเข้าไฟล์สโต-แคสติกเพริเน็ตส์ทั่วไป เครื่องมือไปป์จะไม่แสดงงานที่ไม่ตรงกับกฎการแปลง |
| **เงื่อนไขภายหลัง : -** |

ตารางที่ 4. 5 รายละเอียดของยูสเคสการส่งออกไฟล์ที่ได้จากการแปลงกระแสงานยอว์ลที่มีเงื่อนไขของเวลาไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป

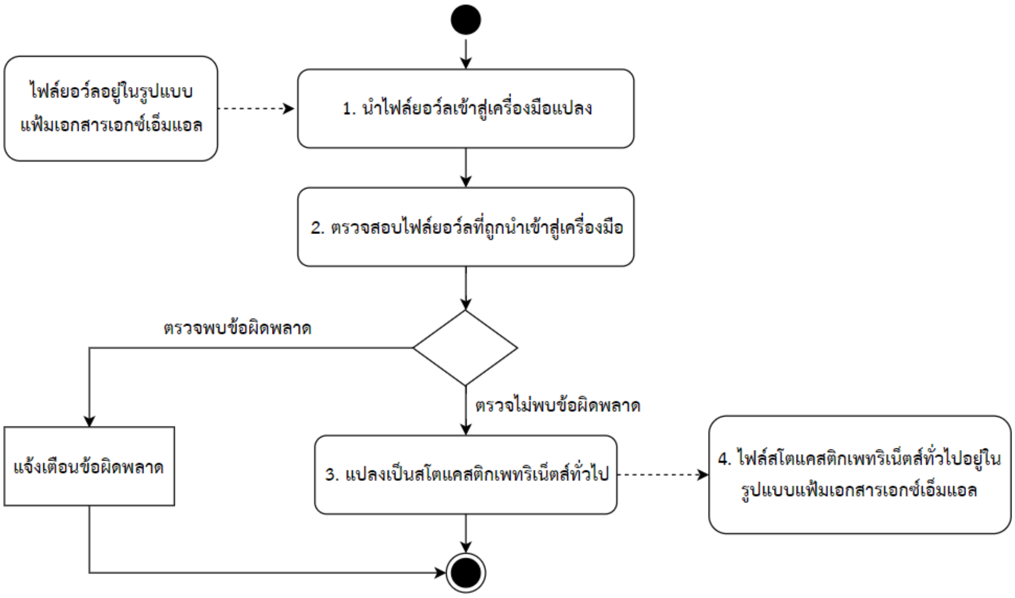
| **คำอธิบายยูสเคส** | |
|---|---|
| **ชื่อยูสเคส :** ส่งออกไฟล์ที่ได้จากการแปลงกระแสงานยอว์ลที่มีเงื่อนไขของเวลาไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป | **หมายเลขยูสเคส :** UC – YAWL2GSPN-04 |
| **แอคเตอร์ :** เครื่องมือแปลง | |
| **รายละเอียดยูสเคส :** เมื่อเครื่องมือแปลงทำการแปลงจากกระแสงานยอว์ลที่มีเงื่อนไขของเวลาไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปเรียบร้อยแล้ว จะส่งออกเป็นไฟล์สโตแคสติกเพทริ-เน็ตส์ทั่วไป ที่อยู่ในรูปแบบของแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล | |
| **เงื่อนไขก่อนหน้า :** ผู้ใช้งานกดปุ่ม “GSPN” เพื่อให้เครื่องมือแปลงทำการแปลง | |
| **ขั้นตอน :**<br>เครื่องมือแปลงทำการสร้างไฟล์สโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป ที่อยู่ในรูปแบบของแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล ไว้ในโฟลเดอร์หรือไดเรกทอรี่ที่กำหนดไว้ | |
| **ทางเลือก : -** | |
| **เงื่อนไขภายหลัง :** ผู้ใช้งานจะนำไฟล์สโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป ที่อยู่ในรูปแบบของแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอลนำไปเป็นไฟล์นำเข้าในเครื่องมือไปป์เพื่อทำการตรวจสอบพฤติกรรมของแบบจำลองทางธุรกิจที่ถูกแปลงมา | |

### 4.1.2 แผนภาพกิจกรรม

แผนภาพกิจกรรมใช้ในการอธิบายกิจกรรมที่เกิดขึ้นในเครื่องมือการแปลง เพื่อทำให้รู้ว่าในการแปลงจากกระแสงานยอว์ลที่มีเงื่อนไขของเวลาไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปมีกิจกรรมใดเกิดขึ้นบ้าง ซึ่งรายละเอียดของภาพรวมของแผนภาพกิจกรรมในการแปลงมีดังรูปที่ 4.2

รูปที่ 4. 2 ภาพรวมแนวคิดการทำงานของเครื่องมือการแปลงจาก YAWL ไปเป็น GSPN

จากรูปที่ 4.2 นำมาอธิบายด้วยแผนภาพกิจกรรมของการแปลงจากกระแสงานยอว์ลที่มีเงื่อนไขของเวลาไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป ดังรูปที่ 4.3




รูปที่ 4. 3 แสดงแผนภาพกิจกรรมการแปลงจากกระแสงานยอว์ลที่มีเงื่อนไขของเวลาไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป

สำหรับการแปลงจากกระแสงานยอว์ลที่มีเงื่อนไขของเวลาไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปดังรูป 4.2 สามารถอธิบายรายละเอียดได้ดังนี้

1. ผู้ใช้งานนำเข้าไฟล์ยอว์ลที่ได้จากการสร้างแบบจำลองบนเครื่องมือ YAWL Editor ซึ่งไฟล์อยู่ในรูปแบบของแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล
2. เครื่องมือแปลงทำการตรวจสอบไฟล์นำเข้าว่า เป็นไฟล์ยอว์ลที่อยู่ในรูปแบบของแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอลหรือไม่
3. การแปลงกระแสงานยอว์ลไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป

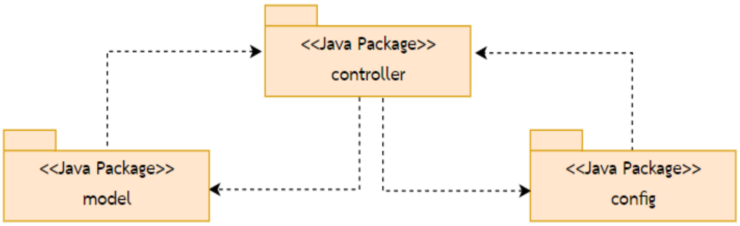
3.1 ในกรณีที่เครื่องมือแปลงทำการตรวจสอบไฟล์นำเข้าแล้วพบว่า เป็นไฟล์ยอว์ลที่อยู่ในรูปแบบของแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอลเครื่องมือแปลงจะทำการแปลงไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปทันที

3.2. ในกรณีที่เครื่องมือแปลงทำการตรวจสอบไฟล์นำเข้าแล้วพบว่า ไม่ใช่ไฟล์ยอว์ลเครื่องมือแปลงทำการแจ้งเตือนแก่ผู้ใช้งานเพื่อให้ผู้ใช้งานเลือกไฟล์นำเข้าใหม่

4. เครื่องมือแปลงส่งออกไฟล์สโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป ซึ่งไฟล์อยู่ในรูปแบบของแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล

### 4.1.3 แผนภาพแพ็คเกจ

แผนภาพแพ็คเกจเป็นการรวมคลาสที่มีความสัมพันธ์กันจัดไว้ในแพ็คเกจเดียวกัน เพื่อทำให้เห็นภาพรวมของโครงสร้างทั้งหมดของเครื่องมือแปลง YAWL2GSPN ประกอบด้วย 3 แพ็คเกจได้แก่ controller, model, config ดังนี้




รูปที่ 4. 4 แผนภาพแพ็คเกจของเครื่องมือแปลง YAWL2GSPN

รายละเอียดแผนภาพแพ็คเกจของเครื่องมือแปลง YAWL2GSPN มีดังนี้

1. แพ็คเกจ controller เป็นแพ็คเกจที่ประกอบด้วย 1 คลาส คือ IndexController ทำหน้าที่ในการควบคุมการทำงานของโปรแกรมทั้งหมด โดยเริ่มตั้งแต่การอ่านไฟล์ยอว์ล ตรวจสอบเงื่อนไขต่าง ๆ ของกระแสงานยอว์ล ได้แก่ And-Join, And-Split, XOR-Join, XOR-Split, OR-Join,

OR-Split อีกทั้งการ Mapping rule ของ input condition, task, condition และ output condition จากกระแสงานยอว์ลไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป จนกระทั่งสิ้นสุดการทำงานของโปรแกรมคือ เครื่องมือแปลงส่งออกไฟล์สโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป

2. แพ็คเกจ config เป็นแพ็คเกจที่ประกอบด้วย 1 คลาส คือ AppConfig ซึ่งทำหน้าที่ในเก็บตำแหน่งของแต่ละองค์ประกอบของกระแสงานยอว์ล และสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป
3. แพ็คเกจ model เป็นแพ็คเกจที่ประกอบด้วยแพ็คเกจย่อย 2 แพ็คเกจ คือ แพ็คเกจอินพุต และแพ็คเกจเอาต์พุต

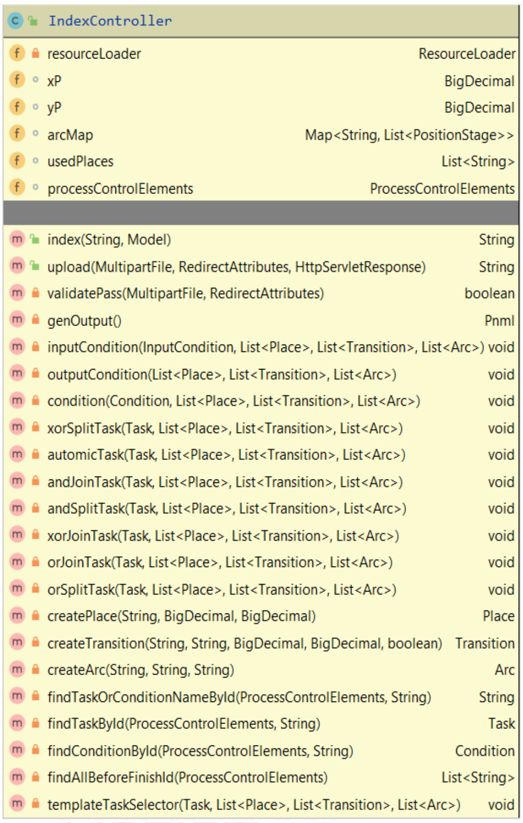
    3.1 แพ็คเกจอินพุต เป็นแพ็คเกจที่ใช้เก็บออบเจ็คของไฟล์ยอว์ลทั้งหมด

    3.2 แพ็คเกจเอาต์พุต เป็นแพ็คเกจที่ใช้เก็บออบเจ็คของไฟล์สโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปทั้งหมด

### 4.1.4 แผนภาพคลาส

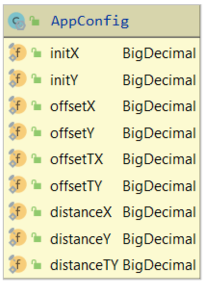
แผนภาพคลาสเป็นการแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์การทำงานของแต่ละคลาสของเครื่องมือแปลง YAWL2GSPN ซึ่งมีรายละเอียดของแต่ละคลาสในแต่ละแพ็คเกจดังนี้

1. คลาส IndexController อยู่ในแพ็คเกจ controller ทำหน้าที่ในการควบคุมการทำงานของเครื่องแปลง YAWL2GSPN ทั้งในส่วนที่ใช้ติดต่อประสานกับผู้ใช้งาน ตั้งแต่การตรวจสอบไฟล์ที่นำเข้าเครื่องมือแปลง การค้นหาออบเจ็คต่าง ๆ จากไฟล์ที่อ่านเข้ามา การตรวจสอบว่าแต่ละออบ-เจ็คที่อ่านเข้ามามีเงื่อนไขอะไรบ้างและเชื่อมต่อกับออบเจ็คอะไรบ้าง การแปลงจากกระแสงาน-ยอว์ลไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป การสร้างเพลส ทรานสิชันทั้ง 2 ประเภทคือ ทรานสิชันที่ถูกกำหนดเวลา ทรานสิชันที่ไม่กำหนดเวลา และเส้นเชื่อม ไปจนถึงขั้นตอนสุดท้ายคือ การส่งออกไฟล์สโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป ซึ่งไฟล์จะอยู่ในรูปของแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล แสดงรายละเอียดดังรูปที่ 4.5




รูปที่ 4. 5 แสดงรายละเอียดของคลาส IndexController

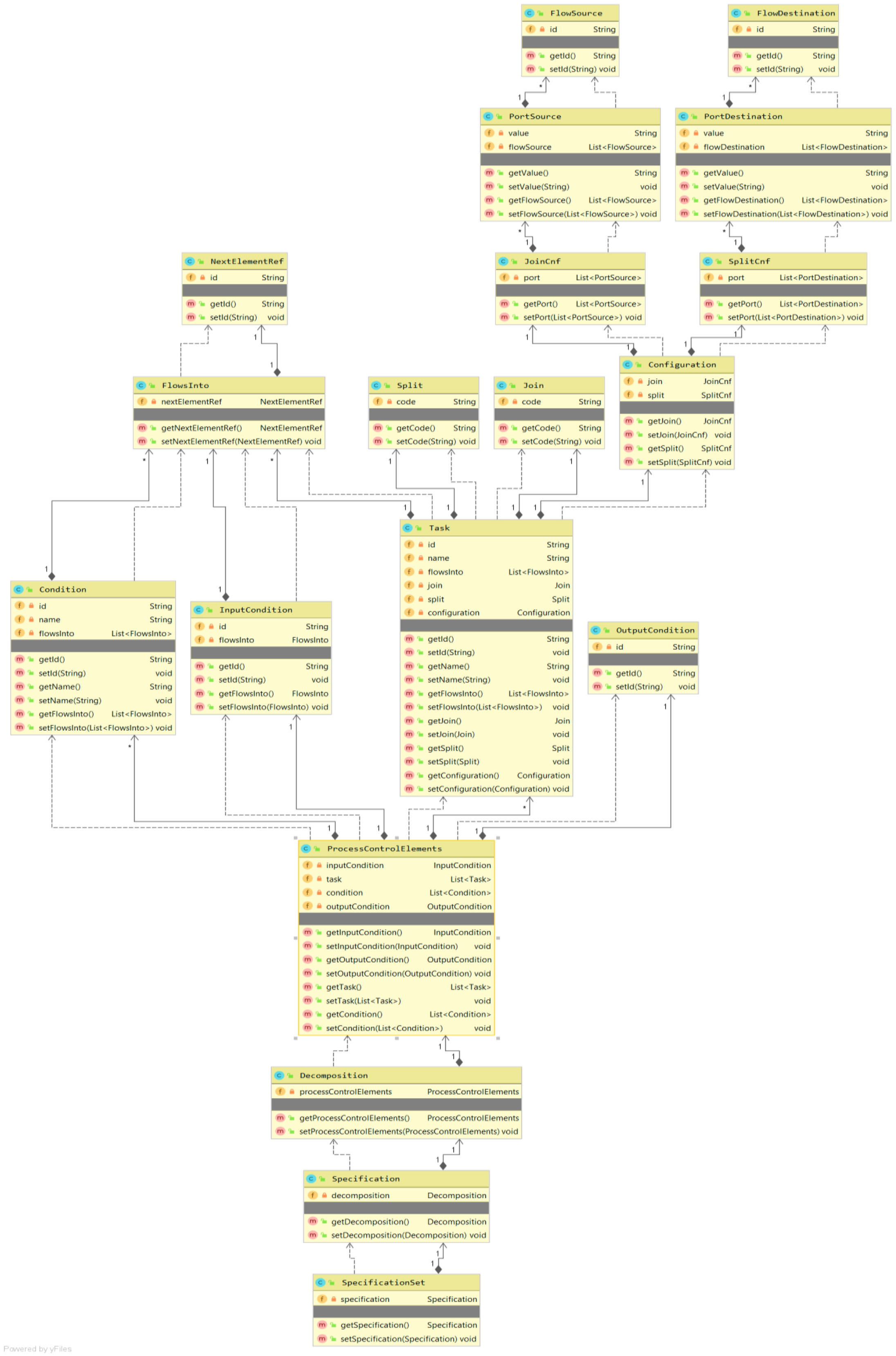
2. คลาส AppConfig อยู่ในแพ็คเกจ config ทำหน้าที่ในการเก็บค่าของตำแหน่งแต่ละองค์ประกอบของกระแสงานยอว์ล ได้แก่ input condition, condition, output condition, AND-Join, AND-Split, XOR-Join, XOR-Split, OR-Join และ OR-Split ในส่วนของสโตแคสติก-เพทริเน็ตส์ทั่วไปจะเก็บตำแหน่งของเพลส ทรานสิชัน และอาร์กหรือเส้นเชื่อมของเพลสกับทราน-สิชัน




รูปที่ 4. 6 แสดงรายละเอียดของคลาส AppConfig

3. คลาสทั้งหมดที่อยู่ในแพ็คเกจย่อย input ได้แก่ SpecificationSet, Specification, Decomposition, ProcessControlElements, InputCondition, Task, Condition, OutputCondition, FlowsInto, NextElementRef,Split, Join, Configuration, JoinCnf, SplitCnf, PortSource, PortDestination, FlowSource, FlowDestination ดังรูปที่ 4.7

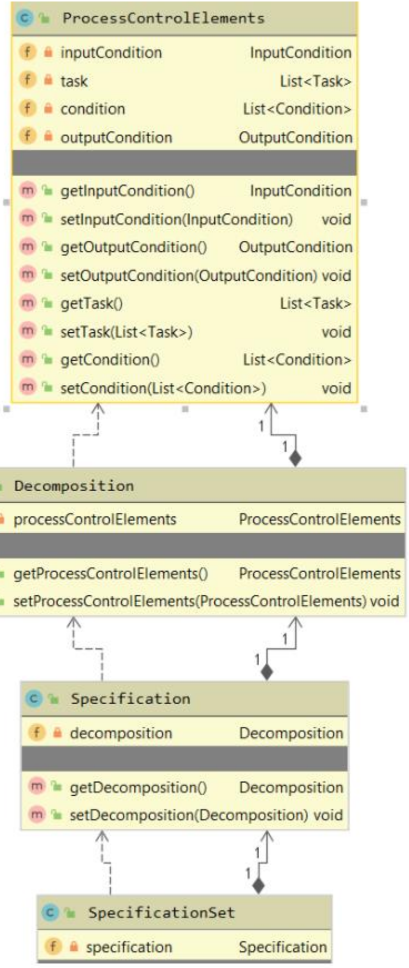
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 4. 7 แสดงภาพรวมคลาสแต่ละองค์ประกอบของกระแสงานยอว์ล

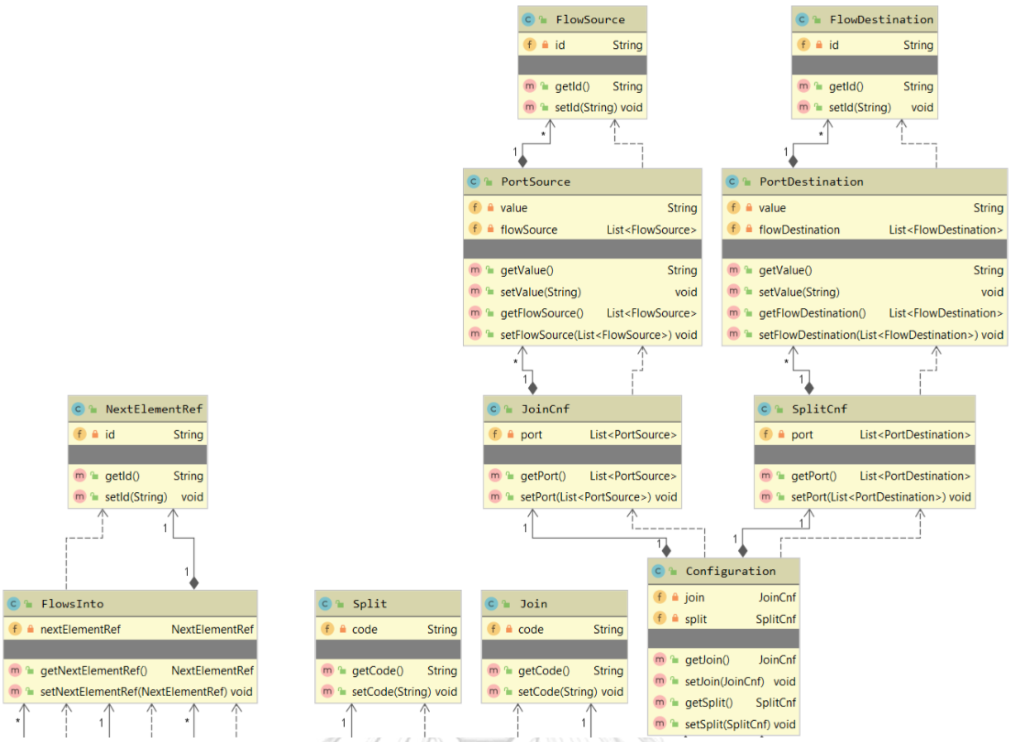
ในส่วนนี้จะเป็นส่วนที่ใช้อธิบายคลาสต่าง ๆ แต่ละองค์ประกอบของกระแสงานยอว์ล โดยผู้วิจัยได้แบ่งกลุ่มของคลาสต่าง ๆ ได้ดังนี้

3.1 กลุ่มคลาสที่ใช้เก็บข้อมูลของกระแสงานยอว์ล เมื่ออ่านไฟล์ยอว์ลเข้ามาในเครื่องมือแปลง YAWL2GSPN เพื่อนำไปใช้ในการ Mapping กับกฎการแปลงที่ได้ออกแบบไว้ต่อไป มีรายละเอียดดังรูปที่ 4.8



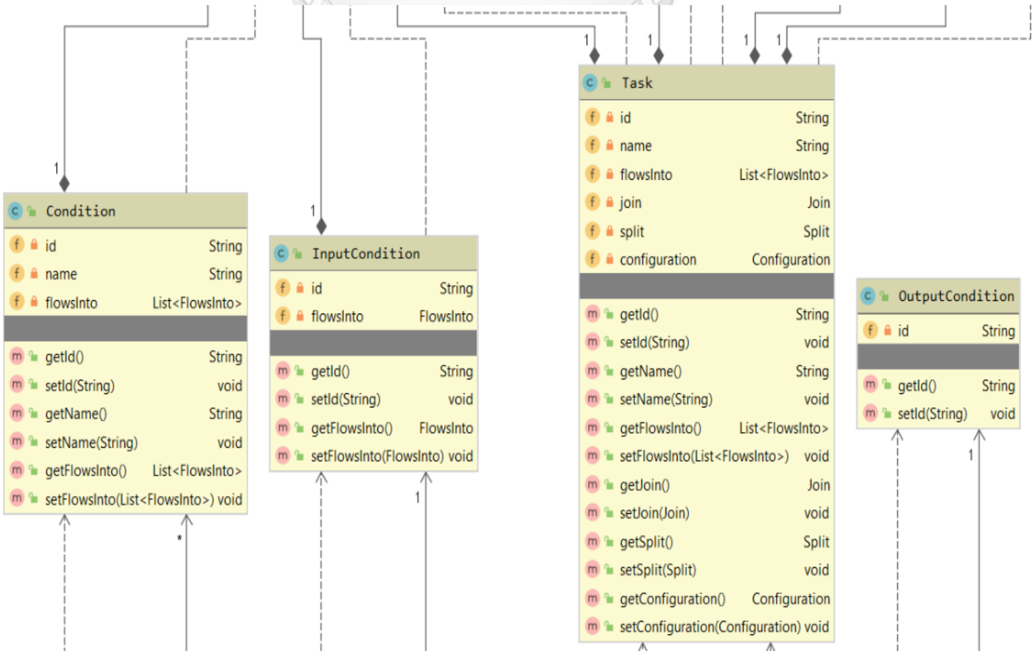

รูปที่ 4. 8 กลุ่มคลาสที่ใช้เก็บข้อมูลของกระแสงานยอว์ลสำหรับ Mapping rule

3.2 กลุ่มคลาสที่ใช้เก็บข้อมูลของเส้นเชื่อมที่ต่อระหว่าง Task ของแต่ละชนิด เงื่อนไขของ Task ต่าง ๆ เช่น Join – Split และค่าของ Task ตัวถัดไปที่จะทำการเชื่อมตัวภายหลัง ได้แก่ FlowSource, FlowDestination, PortSource, PortDestination, JoinCnf, SplitCnf, Configuration, NextElementRef, FlowInto, Split และ join



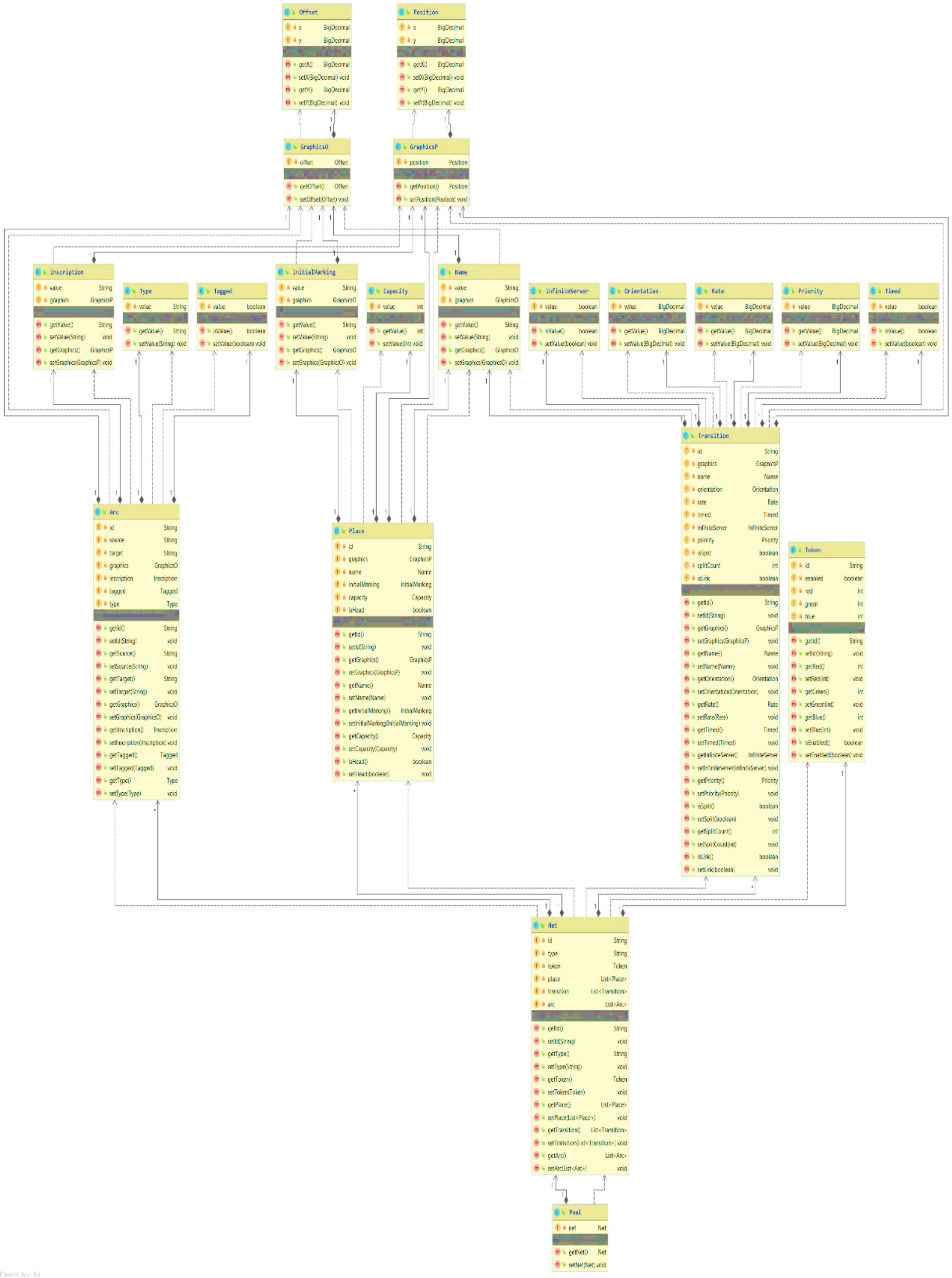

รูปที่ 4. 9 กลุ่มคลาสที่ใช้เก็บข้อมูลของเส้นเชื่อมและเงื่อนไขต่าง ๆ ของกระแสงานยอว์ล

3.3 กลุ่มคลาสที่ใช้เก็บข้อมูลสัญลักษณ์ของกระแสงานยอว์ล ได้แก่ InputCondition, Condition, Task และ OutputCondition




รูปที่ 4. 10 กลุ่มคลาสที่ใช้เก็บข้อมูลสัญลักษณ์ของกระแสงานยอว์ล

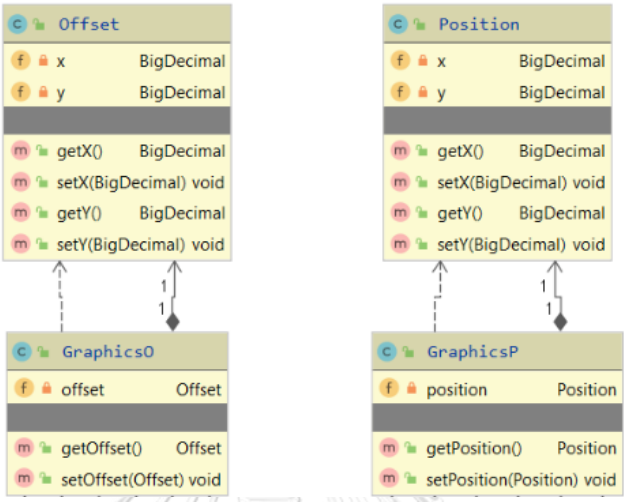
4. คลาสทั้งหมดที่อยู่ในแพ็คเกจย่อย output ได้แก่ Pnml, Net, Arc, Place, Transition, Token, Inscription, type, Tagged, InitialMarking, Capacity, Name, InfiniteServer, Orientation, Rate, Priority, Timed, GraphicsO, GraphicsP, Offset, Position ดังรูปที่ 4.11




รูปที่ 4. 11 แสดงภาพรวมคลาสแต่ละองค์ประกอบของสโตแคสนติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป

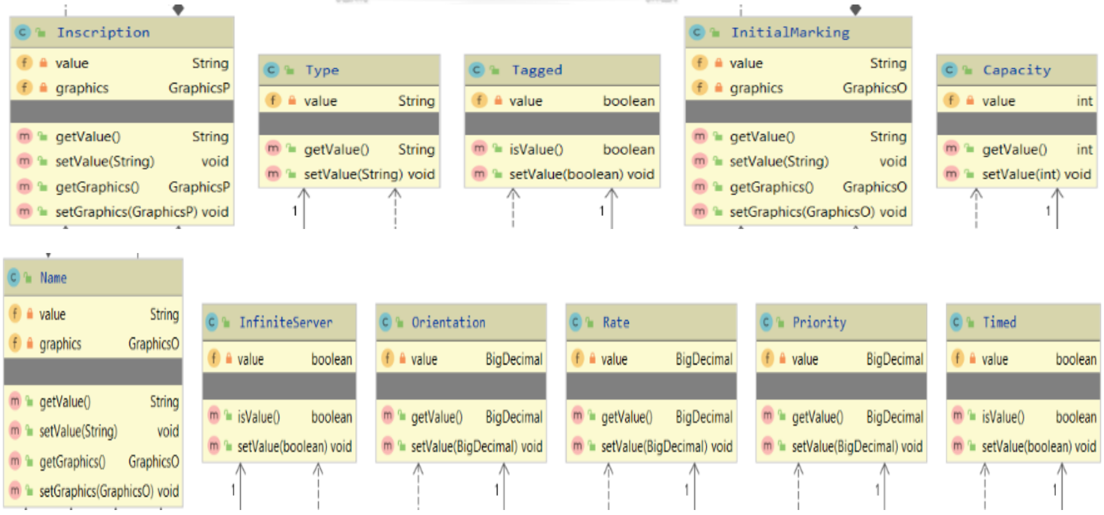
ในส่วนนี้จะเป็นส่วนที่ใช้อธิบายคลาสต่าง ๆ แต่ละองค์ประกอบของสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป โดยผู้วิจัยได้แบ่งกลุ่มของคลาสต่าง ๆ ได้ดังนี้

4.1 กลุ่มคลาสที่ใช้เก็บตำแหน่งของ เพลส ทรานสิชัน ได้แก่ Offset, Position, GraphicsO และ GraphicsP



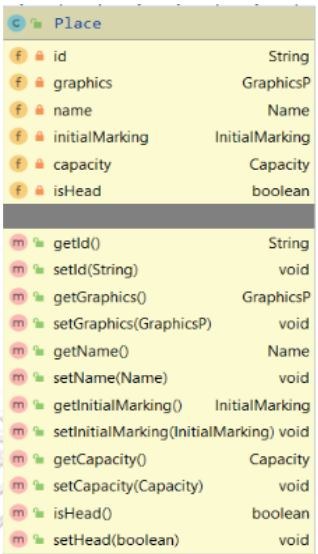

รูปที่ 4. 12 กลุ่มคลาสที่ใช้เก็บตำแหน่งของ เพลส ทรานสิชัน

4.2 กลุ่มคลาสที่ใช้เก็บคุณลักษณะของ เพลส ทรานสิชัน และอาร์กได้แก่ Inscription, Type, Tagged, IntialMarking, Capacity, Name, InfiniteServer, Orientation, Rate, Priority และ Timed

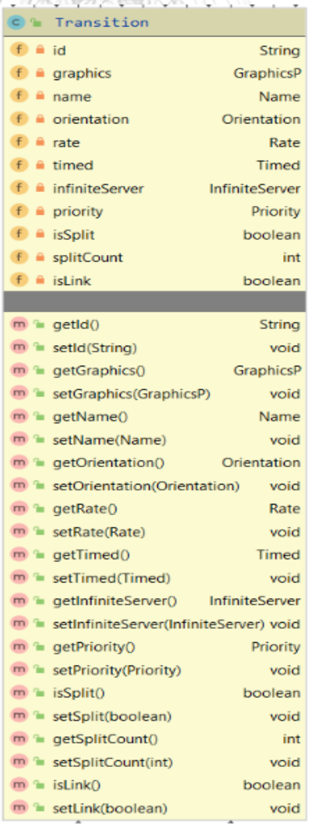



รูปที่ 4. 13 กลุ่มคลาสที่ใช้เก็บคุณลักษณะของ เพลส ทรานสิชัน และอาร์ก

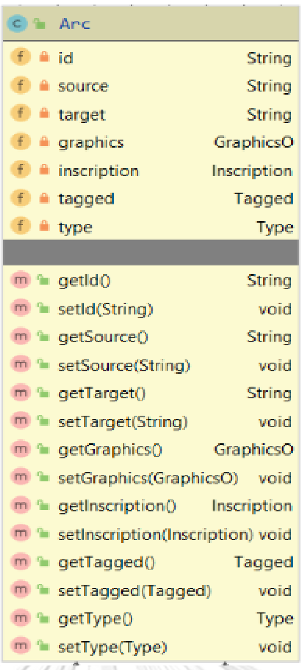
4.3 กลุ่มคลาสที่ใช้เก็บเมธอดและฟังก์ชันต่าง ๆ ที่สำคัญของเพลส ทรานสิชัน อาร์ก โทเคน รวมถึงราก (Root) ของไฟล์สโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป



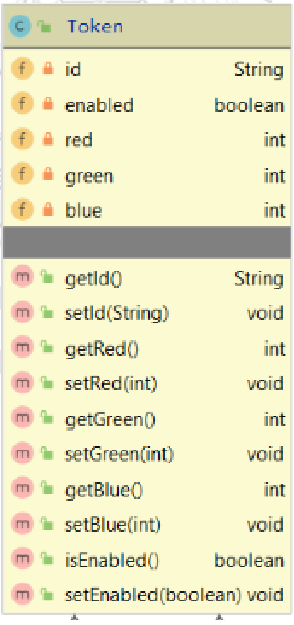

รูปที่ 4. 14 คลาสเพลส



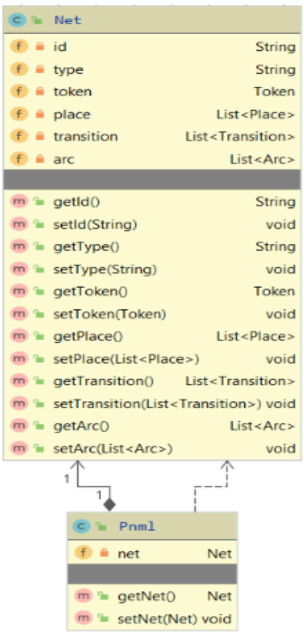

รูปที่ 4. 15 คลาสทรานสิชัน




รูปที่ 4. 16 คลาสอาร์ก



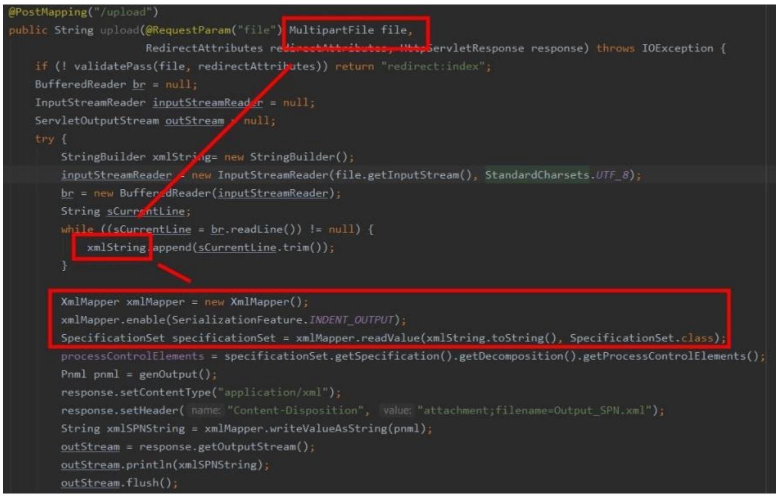

รูปที่ 4. 17 คลาสโทเคน




รูปที่ 4. 18 คลาสเน็ต และคลาสพีเอ็นเอ็มแอล

หลังจากที่สร้างแต่ละคลาสอินพุตที่เป็นองค์ประกอบของกระแสงานยอว์ลแล้ว ผู้วิจัยจะทำการจับคู่กับแต่ละองค์ประกอบของคลาสเอาต์พุตที่เป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปตามกฎการแปลงที่ได้ออกแบบไว้ในบทที่ 3 โดยมีรายละเอียดโดยสังเขปในการจับคู่ขององค์ประกอบของยอว์ลกับสโตแค-สติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปดังนี้

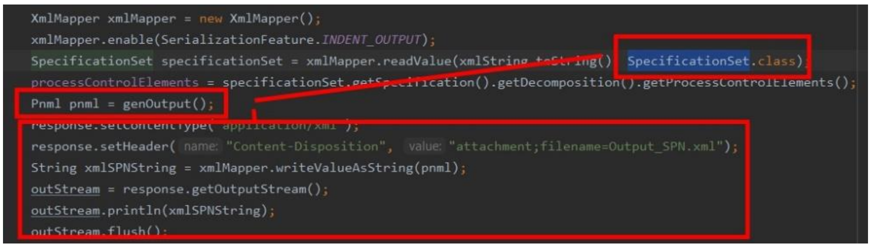
1. หลังจากที่ผู้ใช้งานนำเข้าไฟล์ยอว์ลเข้ามาในเครื่องมือแปลงแล้ว เครื่องมือจะทำการแปลงกระแสงานยอว์ลเป็น String แล้วใช้ xmlMapper มา map ลง input model ชื่อ SpecificationSet แสดงรายละเอียดดังรูปที่ 4.19



```
@PostMapping("/upload")
public String upload(@RequestParam("file") MultipartFile file,
                     RedirectAttributes redirectAttributes, HttpServletResponse response) throws IOException {
    if (! validatePass(file, redirectAttributes)) return "redirect:index";
    BufferedReader br = null;
    InputStreamReader inputStreamReader = null;
    ServletOutputStream outStream = null;
    try {
        StringBuilder xmlString= new StringBuilder();
        inputStreamReader = new InputStreamReader(file.getInputStream(), StandardCharsets.UTF_8);
        br = new BufferedReader(inputStreamReader);
        String sCurrentLine;
        while ((sCurrentLine = br.readLine()) != null) {
            xmlString.append(sCurrentLine.trim());
        }

        XmlMapper xmlMapper = new XmlMapper();
        xmlMapper.enable(SerializationFeature.INDENT_OUTPUT);
        SpecificationSet specificationSet = xmlMapper.readValue(xmlString.toString(), SpecificationSet.class);
        processControlElements = specificationSet.getSpecification().getDecomposition().getProcessControlElements();
        Pnml pnml = genOutput();
        response.setContentType("application/xml");
        response.setHeader( name: "Content-Disposition", value: "attachment;filename=Output_SPN.xml");
        String xmlSPNString = xmlMapper.writeValueAsString(pnml);
        outStream = response.getOutputStream();
        outStream.println(xmlSPNString);
        outStream.flush();
```

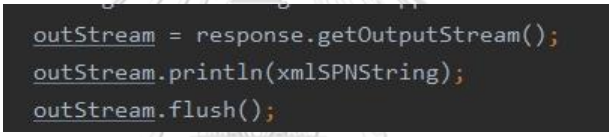
รูปที่ 4. 19 การแปลงกระแสงานยอว์ลเป็น String

2. เมื่อได้ input model แล้วจากนั้นโปรแกรมจะไปเรียกเมธอด genOutput() พอได้ output จะนำไปเก็บไว้ในคลาส Pnml เพื่อนำ model แปลงกลับไปเป็น xml โดยใช้ xmlMapper อีกครั้งหนึ่ง




รูปที่ 4. 20 การแปลงไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป

3. เมื่อเครื่องมือแปลงทำการแปลงเสร็จเรียบร้อยตามไฟล์ที่นำเข้าแล้ว โปรแกรมจะเรียกใช้เมธอด flush ไปยังหน้าเว็บเบราว์เซอร์ ทำให้ผู้ใช้งานสามารถดาวน์โหลดไฟล์สโตแคสติก-เพทริเน็ตส์ทั่วไปได้เมื่อผู้ใช้งานกดปุ่ม “GSPN”




รูปที่ 4. 21 การเรียกใช้เมธอด flush เพื่อดาวน์โหลดไฟล์สโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป

### 4.2 การพัฒนาเครื่องมือสนับสนุน

สภาพแวดล้อมที่ใช้ในการพัฒนาเครื่องมือ YAWL2GSPN [3] มีรายละเอียดของสภาพแวดล้อมทั้งหมด 2 ด้านคือ ด้านฮาร์ดแวร์ และด้านซอฟต์แวร์ ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

#### 4.2.1 ฮาร์ดแวร์ (Hardware)

1) เครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ค หน่วยประมวลผลอินเทลคอร์ไอเซเวน เจนเนอร์เรชั่น 8 2.00 กิกะเฮิร์ท (Intel Core i7 8 th Gen 2.00 GHZ)

2) หน่วยความจำสำรอง (RAM) 4.0 กิกะไบต์ (4.0 GB)

3) ฮาร์ดดิสก์ (Hard disk) 250 กิกะไบต์ (250 GB) และ SSD 915 กิกะไบต์ (915 GB)

#### 4.2.2 ซอฟต์แวร์ (Software)

1) ระบบปฏิบัติการ (Operating System) ไมโครซอฟต์วินโดว์เท็น โฮม (Microsoft Windows 10 Home)

2) เครื่องมือที่ใช้พัฒนา

- Spring Boot with Bootstrap & jQuery + MDB
- IDE: IntelliJ IDEA 2019.3 x64
- Build tools: Gradle
- java SE Development Kit 8u221
- Notepad++ version 7.7.1

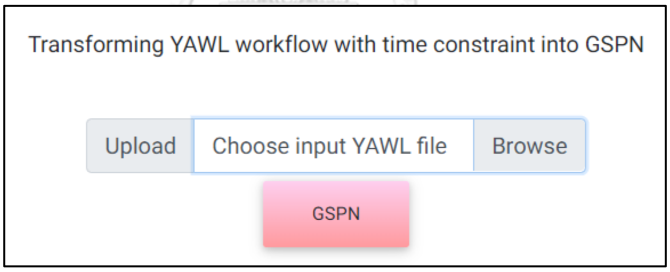
3) ภาษาที่ใช้พัฒนา

- ภาษาจาวา (java language )

## 4.3 โครงสร้างส่วนต่อประสานกับผู้ใช้งานของเครื่องมือสนับสนุน

การออกแบบส่วนต่อประสานงานกับผู้ใช้งาน ผู้วิจัยพัฒนาเครื่องมือให้กับผู้ใช้งานสำหรับการแปลงกระแสงานยอว์ลที่มีเงื่อนไขของเวลาไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป เครื่องมือแปลงนี้ชื่อว่า YAWL2GSPN โดยเครื่องมือนี้เริ่มทำงานตั้งแต่ขั้นตอนการนำเข้าไฟล์กระแสงานยอว์ลเข้าสู่เครื่องมือ YAWL2GSPN จนกระทั่งได้ไฟล์เอาต์พุตออกมา คือ สโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปที่อยู่ในรูปแบบแฟ้ม-เอกสารเอกซ์เอ็มแอล ซึ่งมีรายละเอียดของหน้าจอต่าง ๆ ดังนี้

1) หน้าหลักของเครื่องมือแปลง YAWL2GSPN

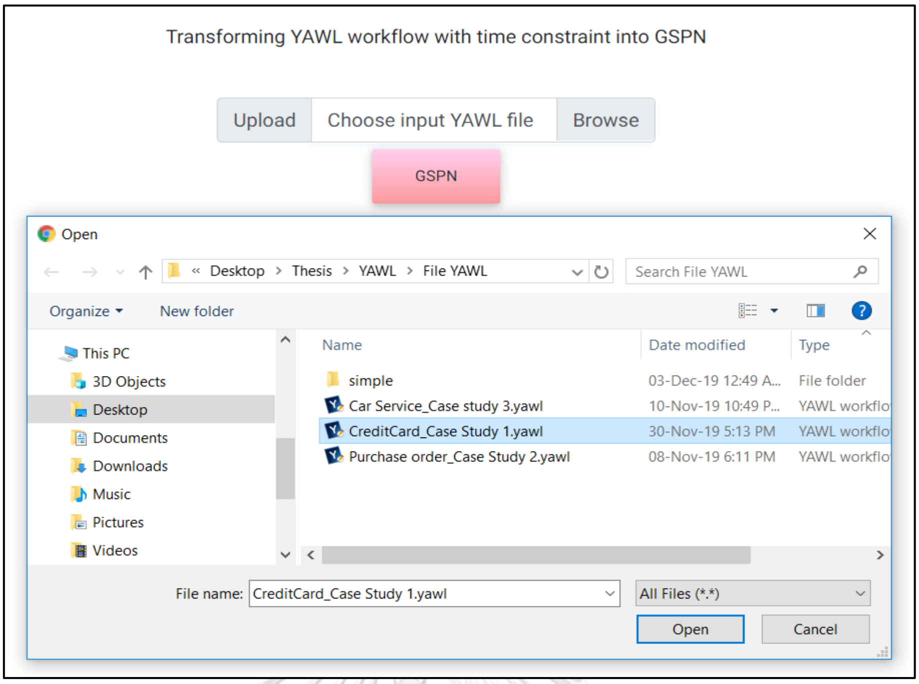



CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 4. 22 แสดงหน้าหลักของเครื่องมือ YAWL2GSPN

2) หน้าจอการเลือกไฟล์ยอว์ลที่จะนำเข้าสู่เครื่องมือแปลง YAWL2GSPN

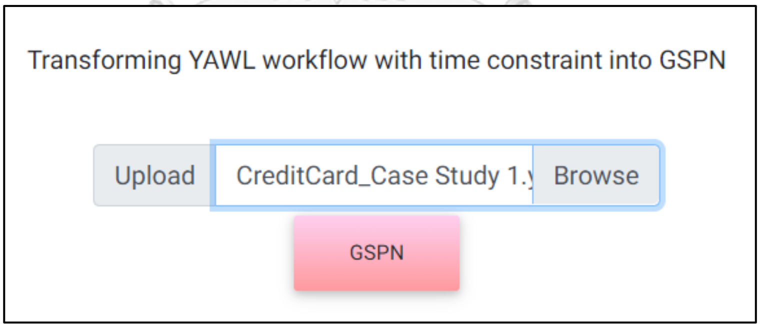
เมื่อผู้ใช้งานกดปุ่ม “Browse” เครื่องมือจะแสดง Pop up “Open” เพื่อให้ผู้ใช้งานเลือกไฟล์ยอว์ลที่ต้องการ




รูปที่ 4. 23 แสดงการเลือกไฟล์ยอว์ลที่จะนำเข้าสู่เครื่องมือแปลง YAWL2GSPN

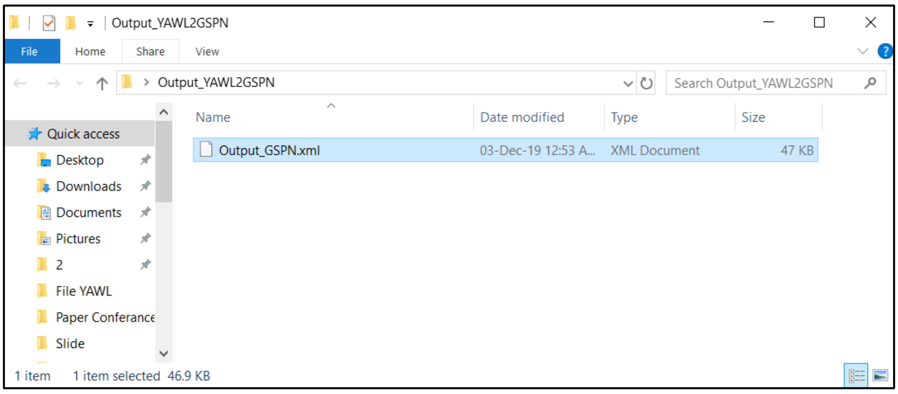
3) หน้าจอแสดงผลของการนำเข้าไฟล์ยอว์ล

หลังจากที่ผู้ใช้งานเลือกไฟล์ยอว์ลที่ต้องการแล้ว เครื่องมือแปลงจะแสดงชื่อไฟล์ที่ถูกเลือกที่ path ในส่วนของการอัพโหลดไฟล์



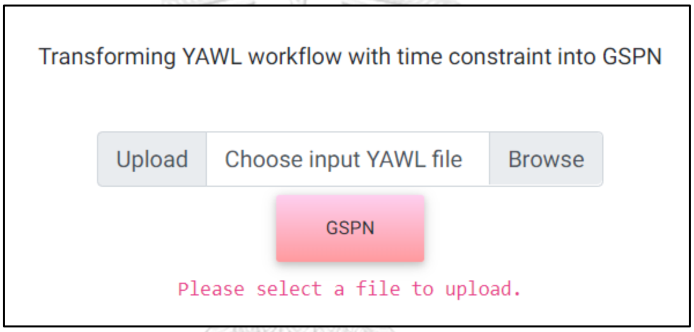

รูปที่ 4. 24 แสดงผลของการนำเข้าไฟล์ยอว์ล

เมื่อผู้ใช้งานกดปุ่ม “GSPN” แล้วเครื่องแปลง YAWL2GSPN จะทำการส่งออกไฟล์สโตแคสติก-เพทริเน็ตส์ทั่วไป ซึ่งไฟล์จะอยู่ในรูปแบบของแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล ดังรูปที่ 4.25



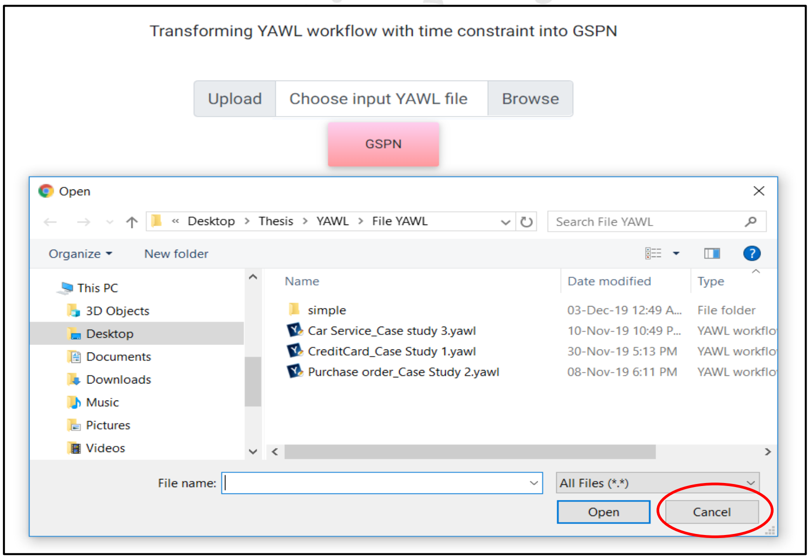

รูปที่ 4. 25 แสดงสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปที่อยู่ในรูปแบบแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล

4) หน้าจอแสดงกรณีผู้ใช้งานไม่นำเข้าไฟล์กระแสงานยอว์ลก่อนทำการแปลง เครื่องมือ YAWL2GSPN จะแจ้งเตือนแก่ผู้ใช้งานว่า “Please select a file to upload.”




รูปที่ 4. 26 แสดงกรณีผู้ใช้งานไม่เลือกไฟล์ยอว์ลก่อนแปลงไปเป็น GSPN

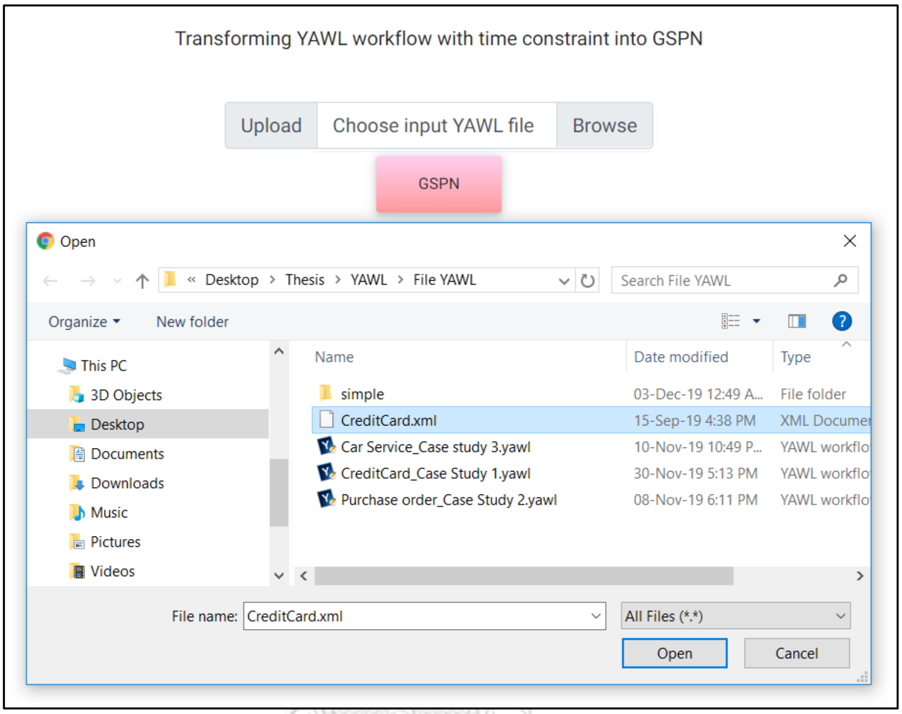
5) หน้าจอแสดงกรณีที่ผู้ใช้งานยกเลิกการเลือกไฟล์ยอว์ล



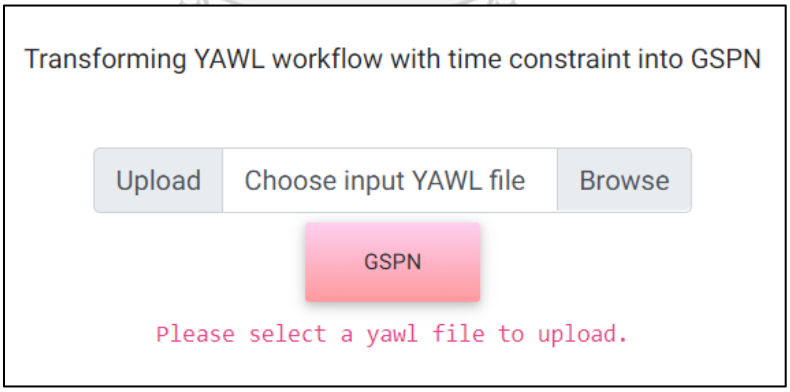

รูปที่ 4. 27 แสดงกรณีที่ผู้ใช้งานยกเลิกการเลือกไฟล์ยอว์ล

6) หน้าจอแสดงกรณีที่ผู้ใช้งานเลือกไฟล์อื่นที่ไม่ใช่ไฟล์ยอว์ล

ในกรณีที่ผู้ใช้งานเลือกไฟล์นำเข้าเครื่องมือแปลง YAWL2GSPN ที่ไม่ใช่ไฟล์ยอว์ล เครื่องมือแปลงจะแจ้งเตือนแก่ผู้ใช้งานว่า “Please select a yawl file to upload.” ดังรูปที่ 4.28 - 4.29




รูปที่ 4. 28 แสดงกรณีที่ผู้ใช้งานเลือกไฟล์อื่นที่ไม่ใช่ไฟล์ยอว์ล




รูปที่ 4. 29 แสดงการแจ้งเตือนผู้ใช้งานกรณีที่เลือกไฟล์อื่นที่ไม่ใช่ไฟล์ยอว์ล

# บทที่ 5
# การทดสอบเครื่องมือการแปลงกระแสงานยอว์ลไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปโดยอัตโนมัติ

ในการทดสอบเครื่องมือการแปลงกระแสงานยอว์ลไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปโดยอัตโนมัติและกฎการแปลงจากกระแสงานยอว์ลที่มีเงื่อนไขของเวลาไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป เพื่อตรวจสอบการทำงานของเครื่องมือที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมาว่าสามารถทำการแปลงหรือทำงานได้ตรงตามกฎการแปลงที่ได้ออกแบบไว้หรือไม่

## 5.1 สภาพแวดล้อมที่ใช้ในการทดสอบ

### 5.1.1 ฮาร์ดแวร์ (Hardware)

1) เครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ค หน่วยประมวลผลอินเทลคอร์ไอเซเวน เจนเนอร์เรชั่น 8 2.00 กิกะเฮิร์ท (Intel Core i7 8 th Gen 2.00 GHZ)
2) หน่วยความจำสำรอง (RAM) 4.0 กิกะไบต์ (4.0 GB)
3) ฮาร์ดดิสก์ (Hard disk) 250 กิกะไบต์ (250 GB) และ SSD 915 กิกะไบต์ (915 GB)

### 5.1.2 ซอฟต์แวร์ (Software)

1) ระบบปฏิบัติการ (Windows OS) Windows 10 Home
2) เครื่องมือ YAWL Editor 4.2
3) เครื่องมือไปป์

## 5.2 แนวทางในการทดสอบเครื่องมือ

การทดสอบเครื่องมือการแปลงกระแสงานยอว์ลไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปโดยอัตโนมัติมีขั้นตอนในการทดสอบดังต่อไปนี้

1) เริ่มต้นจากการนำเข้าไฟล์ยอว์ลเข้ามาในเครื่องมือแปลง YAWL2GSPN
2) ผู้ใช้งานกดปุ่ม “GSPN” เพื่อให้เครื่องมือสร้างไฟล์สโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปโดยอัตโนมัติ ซึ่งไฟล์จะอยู่ในรูปแบบของแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล
3) นำสโตแคสติกเพทริเน็ตทั่วไปที่ได้จากการแปลง นำไปทวนสอบบนโปรแกรมไปป์ เพื่อดูพฤติกรรมของกรณีศึกษาที่ยกตัวอย่างมาว่ามีพฤติกรรมเหมือนกับที่สร้างแบบจำลองบนเครื่องมือ YAWL Editor หรือไม่

**5.3 การทดสอบและการประเมินผลเครื่องมือ**

สำหรับการทดสอบกฎการแปลงและเครื่องมือการแปลงกระแสงานยอว์ลไปเป็นสโตแคสติก-เพทริเน็ตส์ทั่วไป แบ่งการทดสอบออกเป็น 2 กลุ่มดังนี้

5.3.1 ทดสอบเครื่องมือการแปลง โดยใช้กรณีศึกษาพร้อมทั้งตรวจสอบการทำงานของผลลัพธ์การแปลงจากกระแสงานยอว์ลไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป ทำการวิเคราะห์เพื่อหาความน่าจะเป็นของเวลาและตรวจสอบพฤติกรรมของกระบวนการทำงานของแบบจำลองทั้งก่อน-หลังการแปลง โดยใช้ 3 กรณีศึกษาดังนี้

- กระบวนการสมัครบัตรเครดิต (Credit card application)
- กระบวนการสั่งซื้อสินค้า (Purchase Order)
- กระบวนการให้บริการซ่อมรถยนต์ (Car Service)

5.3.2 สรุปผลการทดสอบเครื่องมือ

**5.3.1 การทดสอบเครื่องมือการแปลงโดยใช้กรณีศึกษา**

โดยมีรายละเอียดในการทดสอบดังนี้

1) การทดสอบเครื่องมือแปลง YAWL2GSPN

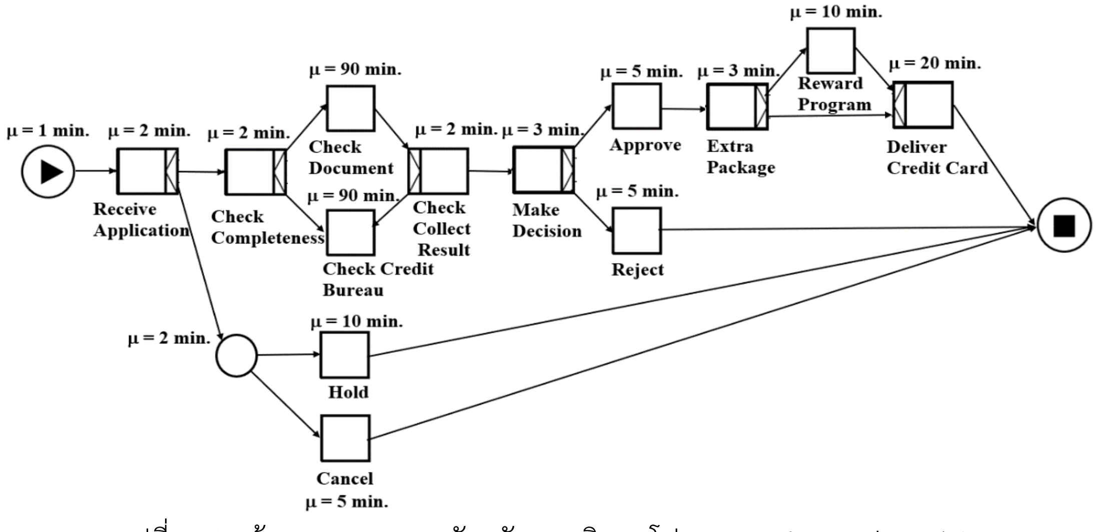
2) การวิเคราะห์เพื่อหาความน่าจะเป็นของเวลา

3) การตรวจสอบพฤติกรรมการทำงานหลังการแปลงเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป

**5.3.1.1 การทดสอบเครื่องมือการแปลง YAWL2GSPN โดยใช้กรณีศึกษากระบวนการสมัครบัตรเครดิต (Credit card application)**

**1) การทดสอบเครื่องมือแปลง YAWL2GSPN**

เริ่มจากผู้วิจัยสร้างแบบจำลองการสมัครบัตรเครดิตโดยใช้เครื่องมือ YAWL Editor 4.2

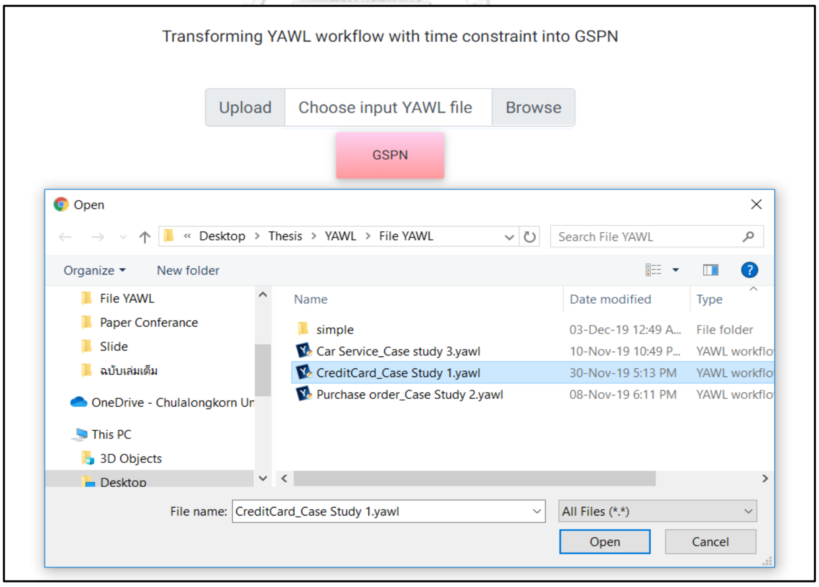



รูปที่ 5. 1 สร้างกระบวนการสมัครบัตรเครดิตบนโปรแกรม YAWL Editor 4.2

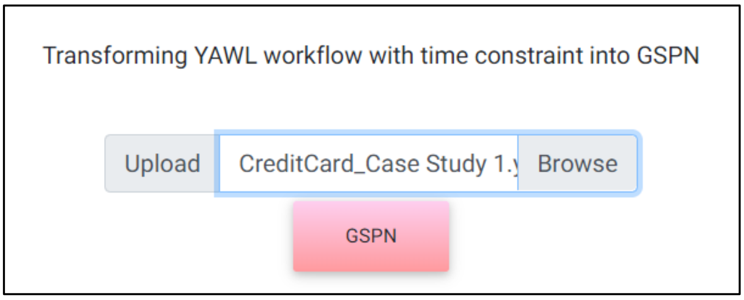
```xml
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<specificationSet xmlns="http://www.yawlfoundation.org/yawlschema" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" version="4.0"
  <specification uri="CreditCard">
    <documentation>No description provided</documentation>
    <metaData>
      <creator>HP</creator>
      <description>No description provided</description>
      <coverage>4.2.744</coverage>
      <version>0.1</version>
      <persistent>false</persistent>
      <identifier>UID_12ef9c26-fc44-47bd-b6fe-d22000d2fb79</identifier>
    </metaData>
    <xs:schema xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema" />
    <decomposition id="Net" isRootNet="true" xsi:type="NetFactsType">
      <processControlElements>
        <inputCondition id="InputCondition">
        <task id="Receive_Application">
        <condition id="Options">
        <task id="Cancel">
        <task id="Check_Completeness">
        <task id="Hold">
        <task id="Check_Credit_Bureau">
        <task id="Check_Document">
        <task id="Collect_Result">
        <task id="Make_Decision">
        <task id="Approve">
        <task id="Reject">
        <task id="Extra_Package">
        <task id="Deliver_Credit">
        <task id="Reward_Program">
        <outputCondition id="OutputCondition" />
      </processControlElements>
    </decomposition>
  </specification>
  <layout>

</specificationSet>
```


รูปที่ 5. 2 กระบวนการสมัครบัตรเครดิตของกระแสงานยอว์ลในรูปแบบแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล

ผู้ใช้งานนำเข้าไฟล์ยอว์ลที่ส่งออกจากเครื่องมือ YAWL Editor 4.2 เข้ามายังเครื่องมือแปลง YAWL2GSPN

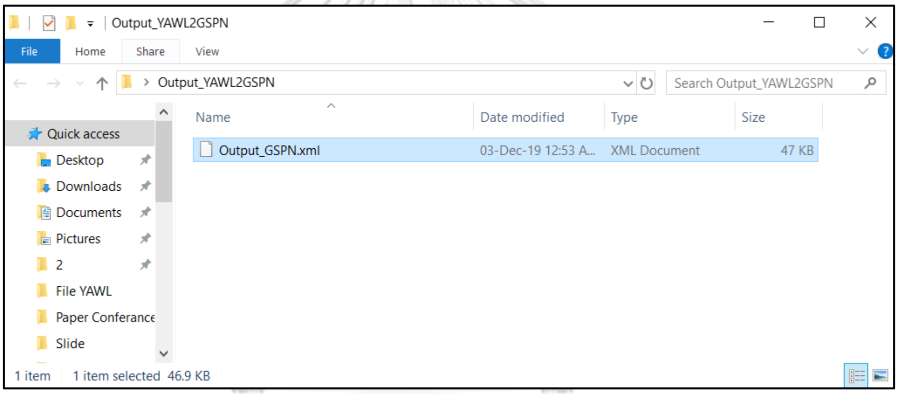



รูปที่ 5. 3 การเลือกไฟล์ยอว์ลเข้าสู่เครื่องมือแปลง YAWL2GSPN ของกระบวนการสมัครบัตรเครดิต



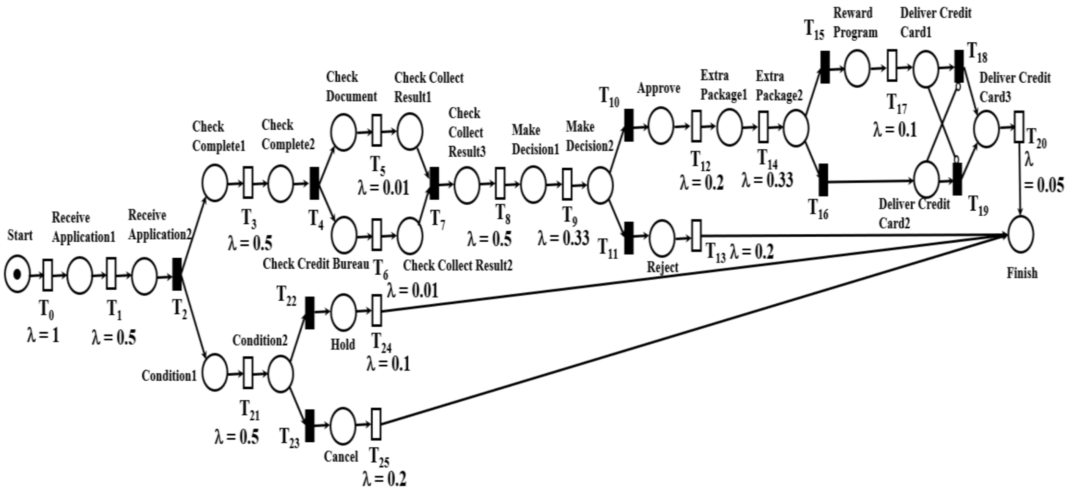

รูปที่ 5. 4 การนำไฟล์ยอว์ลเข้าสู่เครื่องมือแปลง YAWL2GSPN ของกระบวนการสมัครบัตรเครดิต

หลังจากเลือกไฟล์ยอว์ลที่ต้องการแล้ว ผู้ใช้งานจะกดปุ่ม “GSPN” เพื่อทำการแปลงจากกระแส-งานยอว์ลที่มีเงื่อนไขของเวลาไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปโดยอัตโนมัติ โดยไฟล์สโตแคสติก-เพทริเน็ตส์ทั่วไป จะอยู่ในรูปแบบของแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล สำหรับไฟล์ที่ส่งออกมาจากเครื่องมือ ดังรูปที่ 5.5




รูปที่ 5. 5 ไฟล์สโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปของกระบวนการสมัครบัตรเครดิต

หลังจากใช้เครื่องมือแปลง YAWL2GSPN แปลงกระแสงานยอว์ลของกระบวนการสมัครบัตรเครดิตมาเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปและส่งออกไฟล์สโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปที่อยู่ในรูปแบบของแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอลแล้ว ดังรูปที่ 5.5 ผู้ใช้งานจะต้องใช้เครื่องมือไปป์ในการนำเข้าไฟล์สโตแค-สติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป ดังรูปที่ 5.6 จากนั้นทำการระบุค่าเฉลี่ยของเวลาหรือค่าแลมดาเข้าไปในทรานสิชันที่ถูกกำหนดเวลา และสร้าง Reachability set, Reachability graph เพื่อทำการทวนสอบพฤติกรรมของงานกระแสงานยอว์ลว่ายังมีพฤติกรรมเหมือนเดิมทุกประการหรือไม่




รูปที่ 5. 6 แสดงกระบวนการสมัครบัตรเครดิตบนเครื่องมือไปป์ (กรณีที่พิจารณา Immediate transition)

```
345  <place id ="extra_package">
365  <place id ="deliver_credit">
385  <place id ="reward_program">
405  <place id ="outputcondition">
425  <transition id="T0">
451  <transition id="T1">
452      <graphics>
453          <position x="648" y="648"/>
454      </graphics>
455      <name>
456          <value>T1 </value>
457          <graphics>
458              <offset x="-5.0" y="35.0"/>
459          </graphics>
460      </name>
461      <orientation>
462          <value>0</value>
463      </orientation>
464      <rate>
465          <value>0.50</value>
466      </rate>
467      <timed>
468          <value>true</value>
469      </timed>
470      <infiniteServer>
471          <value>false</value>
472      </infiniteServer>
473      <priority>
474          <value>1</value>
475      </priority>
476  </transition>
477  <transition id="T2">
```

รูปที่ 5. 7 แสดงค่าเฉลี่ยของเวลาที่ผู้ใช้งานระบุหลังจากแปลงเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปในรูปแบบแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอลของกระบวนการสมัครบัตรเครดิต

**2) การวิเคราะห์เพื่อหาความน่าจะเป็นของเวลา**

หลังจากที่ทดสอบเครื่องมือแปลง YAWL2GSPN เรียบร้อยขั้นตอนต่อไปผู้วิจัยจะนำสโตแคสติก-เพทริเน็ตส์ทั่วไปที่ได้จากการแปลงนำไปวิเคราะห์หาความน่าจะเป็นของเวลาเพื่อใช้ตอบคำถามของผู้จัดการโครงการว่า “ถ้าต้องการพัฒนาระบบให้เสร็จภายในระยะเวลาที่กำหนดมีความเป็นไปได้ที่

เปอร์เซ็นต์” สำหรับการหาความน่าจะเป็นของเวลาผู้วิจัยจะใช้ห่วงโซ่มาร์คอฟ และเลือกใช้ความน่าจะเป็นที่มีการแจกแจงแบบเอ็กโพเนนเชียล โดยใช้ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมเพื่อใช้ในการหาความน่าจะเป็นของเวลาที่ใช้ทั้งหมดของกระแสงาน

**2.1 การสร้างริชอะบิลิตีเซต**

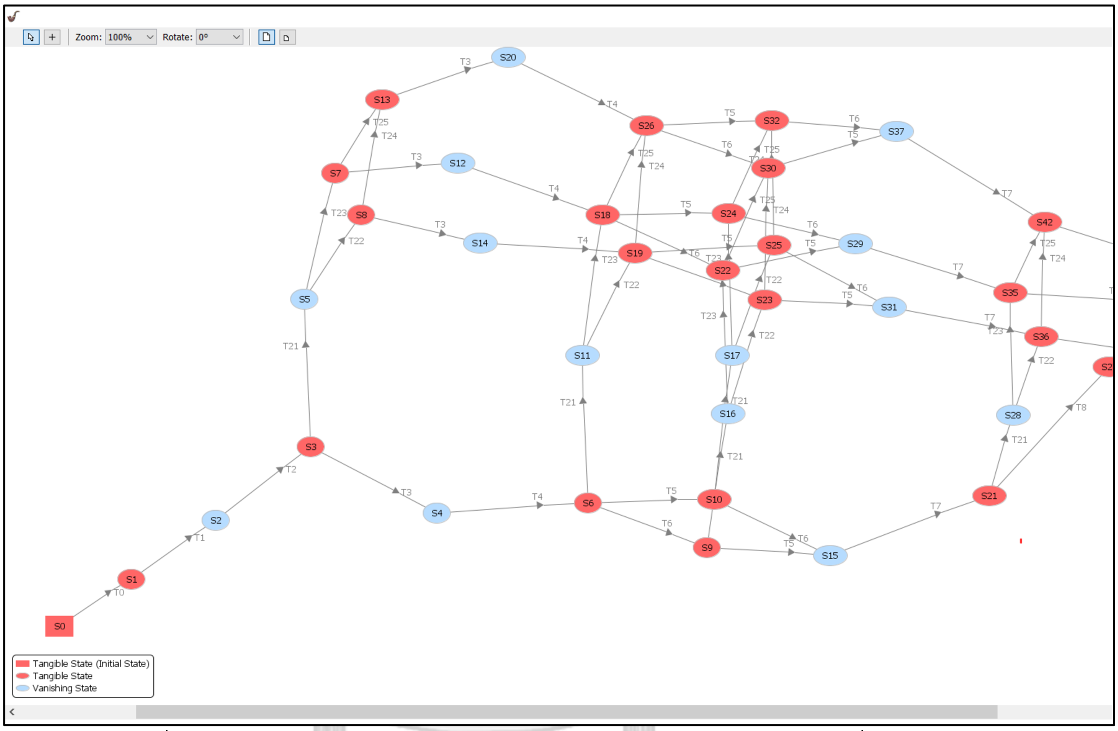
ในงานวิจัยนี้ใช้เครื่องมือไปป์ในการสร้างริชอะบิลิตีเซตเพื่อดูเซตของมาร์กกิงทั้งหมดที่เกิดขึ้น ซึ่งในกระบวนการสมัครบัตรเครดิตมีมาร์กกิงทั้งหมด 49 มาร์กกิง เมื่อได้ริชอะบิลิตีเซตแล้วจะนำไปสร้างริชอะบิลิตีกราฟต่อไป

ตารางที่ 5. 1 ริชอะบิลิตีเซตของกระบวนการสมัครบัตรเครดิต

| Set of Tangible States | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Marking | Start | Receive Application 1 | Receive Application 2 | Check Complete 1 | Check Complete2 | Check Document | Check Credit Bureau | Collect Result 1 | Collect Result 2 | Collect Result3 | Make Decision1 | Make Decision 2 | Approve | Reject | Extra Package1 | Extra Package 2 | Reward Program | Deliver Credit Card1 | Deliver Credit Card2 | Deliver Credit Card3 | Option 1 | Option 2 | Hold | Cancel | Finish |
| M0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M4 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| M5 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| M6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| M9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| M10 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| M11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| M13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| M14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| M15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| M16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| M17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| M19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| M20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| M21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| M22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M23 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M24 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| M25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| M26 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| M27 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| M28 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| M29 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| M31 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| M32 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| M33 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| M34 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| M35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| M36 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| M37 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M38 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M39 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| M40 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| M41 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| M42 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| M43 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| M44 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| M45 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| M46 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| M47 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| M48 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| M49 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |

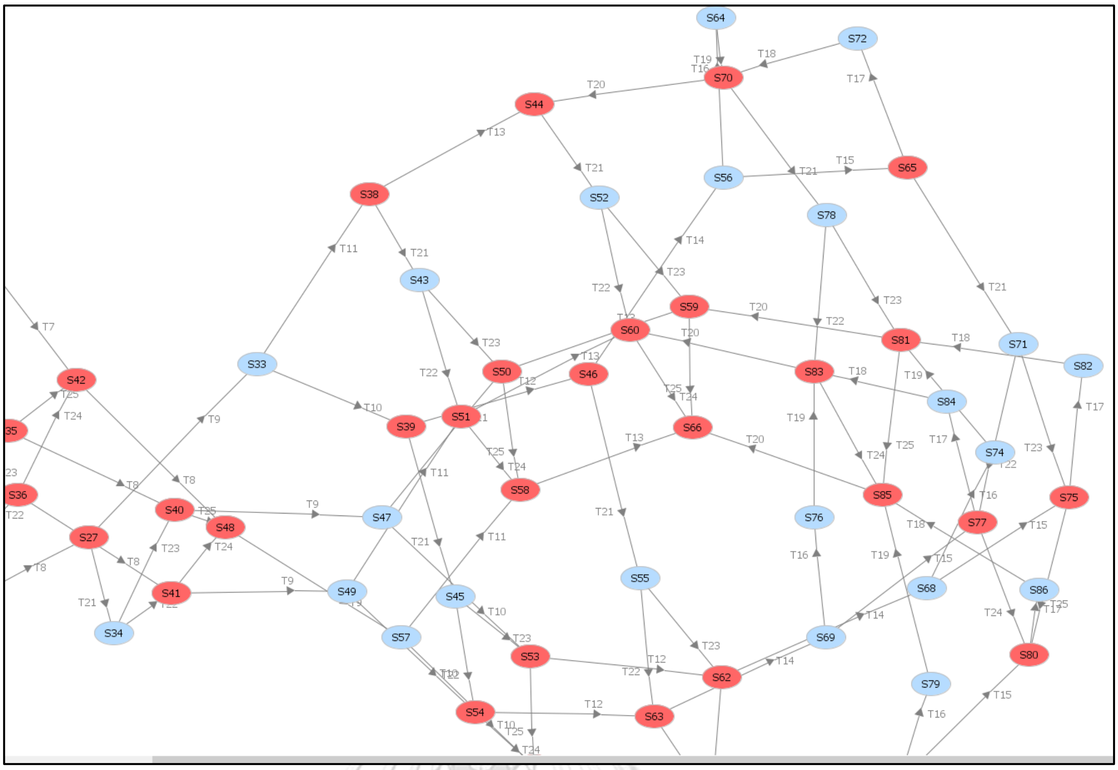
### 2.2 การสร้างริชอะบิลิตีกราฟ

หลังจากที่ทำการสร้างริชอะบิลิตีเซตเสร็จเรียบร้อยแล้ว ดังแสดงในตารางที่ 5.1 ผู้วิจัยจะใช้เครื่องมือไปป์ในการสร้างริชอะบิลิตีกราฟ ซึ่งริชอะบิลิตีกราฟจะแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของมาร์กกิงกับทรานสิชันว่า ถ้ามีการเกิดการฟายริงทรานสิชันแล้ว ในขณะนั้นอยู่มาร์กิงปัจจุบันใด ริชอะบิลิตีกราฟสามารถทำให้รู้ได้ว่า มาร์กกิงและทรานสิชันที่จะเกิดการฟายริงถัดไปคืออะไร



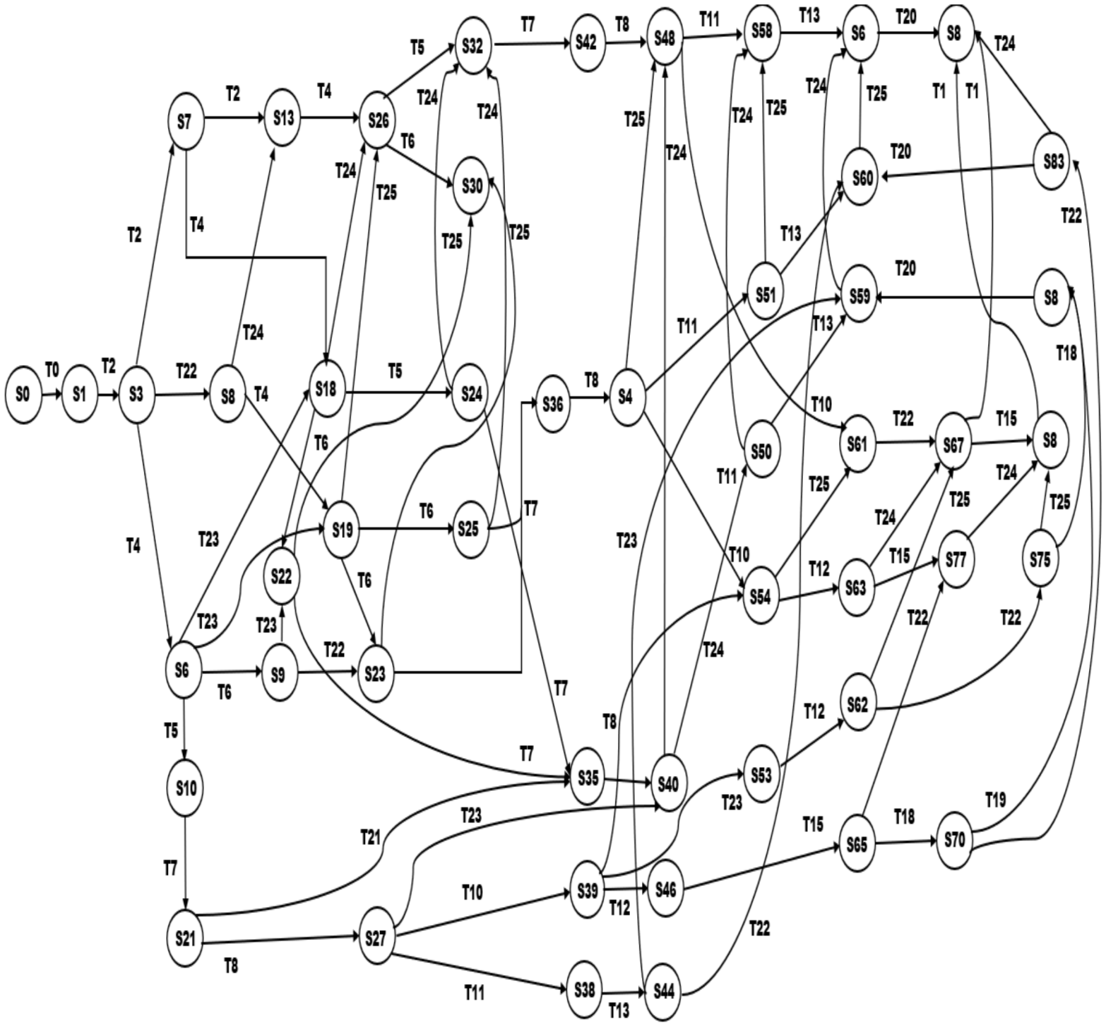

รูปที่ 5. 8 ริชอะบิลิตีกราฟของกระบวนการสมัครบัตรเครดิตจากเครื่องไปป์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University




รูปที่ 5. 8 ริชอะบิลิตีกราฟของกระบวนการสมัครบัตรเครดิตจากเครื่องไปป์ (ต่อ)

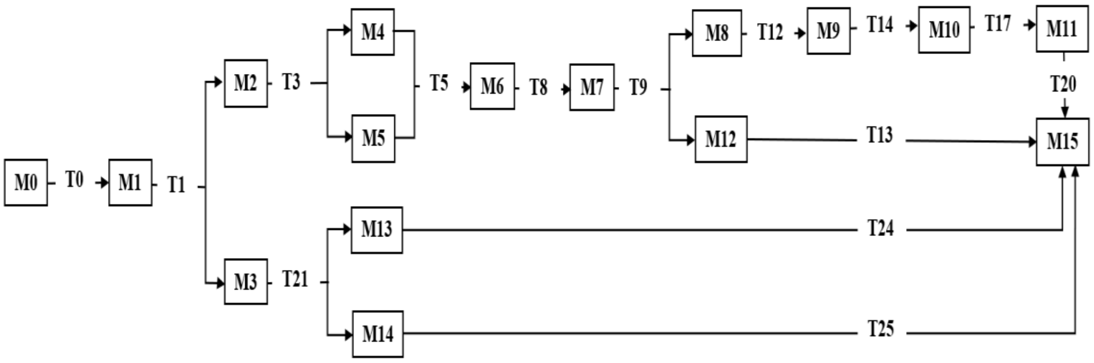
เนื่องจากคุณ Gianfranco Balbo จากประเทศอิตาลี [16] ระบุไว้ว่า “ในการคำนวณความน่าจะเป็นของโมเดลที่เป็นแบบ GSPN ให้คำนวณเฉพาะ Tangible Marking” เท่านั้น เพราะในการคำนวณหาความน่าจะเป็นจะวิเคราะห์ทรานสิชันที่เป็น Steady state เท่านั้น ดังนั้นผู้วิจัยจะทำการยุบทรานสิชันที่ไม่กำหนดเวลาหรือ Vanishing state จากริชอะบิลิตีกราฟที่สร้างจากเครื่องมือไปป์ตามที่แสดงในรูปที่ 5.8 ทั้งนี้เนื่องจาก Vanishing marking เป็น Marking ที่ได้จาก Immediate Transition เมื่อทรานสิชันถูกเปิดใช้งานจะเกิดการฟายริงทันที โดยที่ไม่ต้องรอเวลาหรือเวลาเท่ากับ 0 เมื่อผู้วิจัยได้ยุบ Vanishing state แล้วจะแสดงรายละเอียดดังรูปที่ 5.9




จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 5. 9 ริชอะบิลิตีกราฟของกระบวนการสมัครบัตรเครดิต (กรณีไม่พิจารณา Vanishing state)

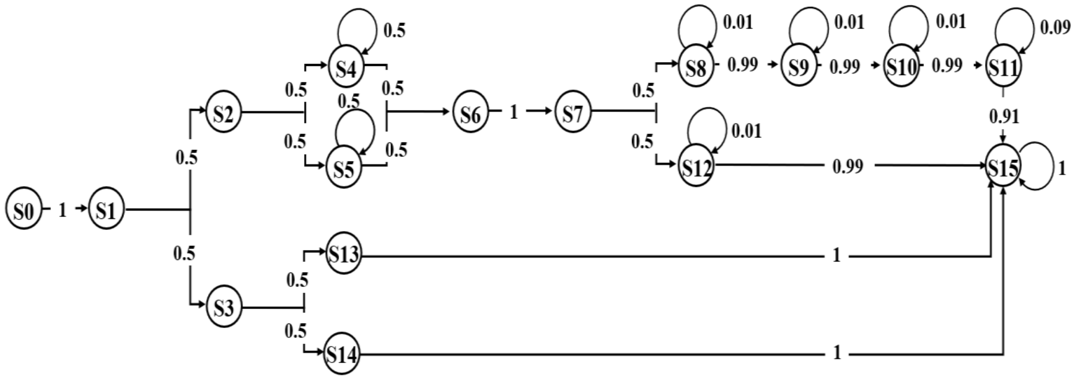
จากนั้นนำริชอะบิลิตีกราฟจากรูป 5.9 ที่ถูกยุบ Vanishing state แล้วนำมาวาดริชอะบิลิตีกราฟอีกครั้ง โดยริชอะบิลิตีกราฟจะแสดงเฉพาะ Tangible marking เท่านั้น เพื่อนำไปใช้ในการสร้างห่วงโซ่มาร์คอฟต่อไป




รูปที่ 5. 10 ริชอะบิลิตีกราฟพิจารณาเฉพาะ Tangible marking

## 2.3 การสร้างห่วงโซ่มาร์คอฟและการคำนวณหาความน่าจะเป็นบนห่วงโซ่มาร์คอฟ แบบเวลาต่อเนื่อง

หลังจากสร้างริชอะบิลิตีกราฟดังรูปที่ 5.10 เสร็จเรียบร้อยแล้วจะนำมาสร้างห่วงโซ่มาร์คอฟพร้อมกับแสดงค่าความน่าจะเป็นบนเส้นเชื่อมความสัมพันธ์ โดยค่าความน่าจะเป็นคำนวณได้จากสมการที่ 2 ถ้ากรณีที่เกิดการขัดกัน จะเป็นคำนวณได้จากสมการที่ 3 และสมการที่ 4



รูปที่ 5. 11 ตัวอย่างห่วงโซ่มาร์คอฟของกระบวนการสมัครบัตรเครดิตโดยใช้ระยะเวลา 50 นาที

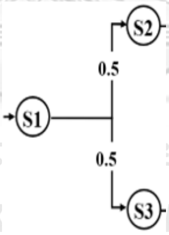
## 2.4 วิธีการทดสอบการคำนวณความน่าจะเป็นโดยฟังก์ชันการแจกแจงสะสม โดยใช้ไมโครซอฟต์เอกซ์เซล

จากรูปที่ 5.11 ใช้แสดงตัวอย่างในการคำนวณความน่าจะเป็นบนห่วงโซ่มาร์คอฟ โดยฟังก์ชันการแจกแจงสะสม โดยใช้ไมโครซอฟต์เอกซ์เซล ดังที่แสดงในรูปที่ 5.12

| C | D | E |
|---|---|---|
| fx =EXPONDIST(D2,1/D5,TRUE) | | |
| เวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ | 50 นาที | |
| ทรานสิชัน | อัตราการใช้เวลา | ฟังก์ชันการแจกแจงสะสม (ไม่ขัดกัน) |
| T0 | 1 | 1.0000000000 |
| T1 | 2 | 1.0000000000 |
| T3 | 2 | 1.0000000000 |
| T5 | 90 | 0.4262465793 |
| T6 | 90 | 0.4262465793 |
| T8 | 2 | 1.0000000000 |
| T9 | 3 | 0.9999999422 |
| T12 | 5 | 0.9999546001 |
| T13 | 5 | 0.9999546001 |
| T14 | 3 | 0.9999999422 |
| T17 | 10 | 0.9932620530 |
| T20 | 20 | 0.9179150014 |
| T21 | 2 | 1.0000000000 |
| T24 | 10 | 0.9932620530 |
| T25 | 5 | 0.9999546001 |

รูปที่ 5. 12 ตัวอย่างการคำนวณความน่าจะเป็นโดยฟังก์ชันการแจกแจงสะสม โดยใช้ไมโครซอฟต์เอกซ์เซลของกระบวนการสมัครบัตรเครดิตภายในระยะเวลา 50 นาที

**ตัวอย่างที่ 1** การคำนวณความน่าจะเป็นโดยใช้ฟังก์ชันการแจกแจงสะสม (กรณีเกิดการขัดกัน) เช่น จากรูป 5.13 เกิดการขัดกันที่สถานะ S1 โดยจุดที่เกิด ได้แก่ จากสถานะ S1 ไปยังสถานะ S2 และจากสถานะ S1 ไปยังสถานะ S3




รูปที่ 5. 13 ตัวอย่างการคำนวณความน่าจะเป็นโดยใช้ฟังก์ชันการแจกแจงสะสม (กรณีเกิดการขัดกัน)

ขั้นตอนในการคำนวณความน่าจะเป็นโดยใช้ฟังก์ชันการแจกแจงสะสม (กรณีเกิดการขัดกัน) มีรายละเอียดดังนี้

1) การคำนวณความน่าจะเป็นโดยใช้ฟังก์ชันการแจกแจงสะสม จากสถานะ S1 ไปยังสถานะ S2 กำหนดให้ ค่าเฉลี่ยของเวลา = 2 นาที

$e \approx 2.71828$

$x = 50$ นาที

จาก $\lambda = \frac{1}{mean}$

แทนค่าในจากสมการที่ 2 $F(x) = 1 - 2.17828)^{-\frac{1}{2}(50)}$

ดังนั้น F(x) = 1

2) การคำนวณความน่าจะเป็นโดยใช้ฟังก์ชันการแจกแจงสะสม จากสถานะ S1 ไปยังสถานะ S3 กำหนดให้ ค่าเฉลี่ยของเวลา = 2 นาที

$e \approx 2.71828$

x = 50 นาที

จาก $\lambda = \frac{1}{mean}$

แทนค่าในจากสมการที่ 2 $F(x) = 1 - 2.17828)^{-\frac{1}{2}(50)}$

ดังนั้น F(x) = 1

3) เนื่องจากเป็นกรณีเกิดการขัดกัน ดังนั้นในการคำนวณหาความน่าจะเป็นโดยใช้ฟังก์ชันการแจกแจงสะสม จะถูกคำนวณโดยใช้สัดส่วนตามสมการที่ 3 และ 4

3.1) การคำนวณหาความน่าจะเป็นจากสถานะ S1 ไปยังสถานะ S2

ดังนั้น P(S1->S2) $= \frac{1}{1+1} = 0.5$

3.2) การคำนวณหาความน่าจะเป็นจากสถานะ S1 ไปยังสถานะ S3

ดังนั้น P(S1->S3) $= \frac{1}{1+1} = 0.5$

**จากตัวอย่างที่ 1** ในกรณีที่สถานะของห่วงโซ่มาร์คอฟเกิดการขัดกันจะคำนวณเช่นนี้จนครบทุกสถานะ ซึ่งจะได้ผลลัพธ์ดังที่แสดงในรูปที่ 5.13 สำหรับกรณีที่ไม่เกิดการขัดกันจะคำนวณตามขั้นตอนที่ 1 หรือ 2 ในตัวอย่างที่ 1 เท่านั้น ทั้งนี้ในการคำนวณหาความน่าจะเป็นโดยใช้ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมสามารถตรวจสอบความถูกต้องจากตัวอย่างที่คำนวณโดยใช้ไมโครซอฟต์เอกซ์เซล ดังที่แสดงในรูป 5.12

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

### 2.5 การวิเคราะห์ผลลัพธ์

หลังจากที่ทำการคำนวณหาความน่าจะเป็นโดยใช้ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมเสร็จเรียบร้อยแล้วต่อไปจะเป็นการนำแต่ละมาร์กิงมาคูณกัน เช่น เส้นทางที่ 1 = M0 x M1 x M2 x M4 x M6 x M7 x M8 x M9 x M10 x M11 x M15 เป็นต้น จะทำให้ได้ค่าความน่าจะเป็น แสดงรายละเอียดตารางที่ 5.2 - 5.4

**2.5.1 กรณีการทดสอบหาความน่าจะเป็นในการสมัครบัตรเครดิตให้เสร็จภายใน 50 นาที**

ตารางที่ 5. 2 ค่าความน่าจะเป็นโดยใช้ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของแต่ละเส้นทางของกระบวนการสมัครบัตรเครดิตภายในระยะเวลา 50 นาที

| เส้นทางที่ | เส้นทาง | ค่าความน่าจะเป็น |
|---|---|---|
| 1 | S0->S1->S2->S4->S6-S7->S8->S9->S10-> S11 ->S15 | 0.00285 |
| 2 | S0->S1->S2->S5->S6-S7->S8->S9->S10-> S11->S15 | 0.0285 |
| 3 | S0->S1->S2->S4->S6->S7->S12->S15 | 0.0097 |
| 4 | S0->S1->S2->S5->S6->S7->S12->S15 | 0.0097 |
| 5 | S0->S1->S3->S13->S15 | 0.099 |
| 6 | S0->S1->S3->S14->S15 | 0.099 |

หลังจากที่คำนวณหาความน่าจะเป็นของทุกเส้นทางได้แล้วดังตารางที่ 5.2 นำทุกเส้นทางมารวมกันทั้งหมด 6 เส้นทาง จะได้ค่าความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.2231ดังนั้นสรุปได้ว่า ความน่าจะเป็นในการสมัครบัตรเครดิตให้เสร็จภายใน 50 นาทีมีความเป็นไปได้ 0.2231หรือคิดเป็นประมาณ 22 เปอร์เซ็นต์

**2.5.2 กรณีการทดสอบหาความน่าจะเป็นในการสมัครบัตรเครดิตให้เสร็จภายใน 90 นาที**

ตารางที่ 5. 3 ค่าความน่าจะเป็นโดยใช้ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของแต่ละเส้นทางของกระบวนการสมัครบัตรเครดิตภายในระยะเวลา 90 นาที

| เส้นทางที่ | เส้นทาง | ค่าความน่าจะเป็น |
|---|---|---|
| 1 | S0->S1->S2->S4->S6-S7->S8->S9->S10-> S11 ->S15 | 0.004 |
| 2 | S0->S1->S2->S5->S6-S7->S8->S9->S10-> S11->S15 | 0.023 |
| 3 | S0->S1->S2->S4->S6->S7->S12->S15 | 0.023 |
| 4 | S0->S1->S2->S5->S6->S7->S12->S15 | 0.023 |
| 5 | S0->S1->S3->S13->S15 | 0.099 |
| 6 | S0->S1->S3->S14->S15 | 0.099 |

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หลังจากที่คำนวณหาความน่าจะเป็นของทุกเส้นทางได้แล้วดังตารางที่ 5.3 นำทุกเส้นทางมารวมกันทั้งหมด 6 เส้นทาง จะได้ค่าความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.271 ดังนั้นสรุปได้ว่า ความน่าจะเป็นในการสมัครบัตรเครดิตให้เสร็จภายใน 90 นาทีมีความเป็นไปได้ 0.271 หรือคิดเป็นประมาณ 27 เปอร์เซ็นต์

**2.5.3 กรณีการทดสอบหาความน่าจะเป็นในการสมัครบัตรเครดิตให้เสร็จภายใน 120 นาที**

ตารางที่ 5. 4 ค่าความน่าจะเป็นโดยใช้ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของแต่ละเส้นทางของกระบวนการสมัครบัตรเครดิตภายในระยะเวลา 120 นาที

| เส้นทางที่ | เส้นทาง | ค่าความน่าจะเป็น |
|---|---|---|
| 1 | S0->S1->S2->S4->S6-S7->S8->S9->S10-> S11 ->S15 | 0.00769 |
| 2 | S0->S1->S2->S5->S6-S7->S8->S9->S10-> S11->S15 | 0.00769 |
| 3 | S0->S1->S2->S4->S6->S7->S12->S15 | 0.194 |
| 4 | S0->S1->S2->S5->S6->S7->S12->S15 | 0.194 |
| 5 | S0->S1->S3->S13->S15 | 0.099 |
| 6 | S0->S1->S3-S14-S15 | 0.099 |

หลังจากที่คำนวณหาความน่าจะเป็นของทุกเส้นทางได้แล้วดังตารางที่ 5.4 นำทุกเส้นทางมารวมกันทั้งหมด 6 เส้นทาง จะได้ค่าความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.60138 ดังนั้นสรุปได้ว่า ความน่าจะเป็นในการสมัครบัตรเครดิตให้เสร็จภายใน 120 นาทีมีความเป็นไปได้ 0.60138 หรือคิดเป็นประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์

**3) การตรวจสอบพฤติกรรมการทำงานหลังการแปลงเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป**

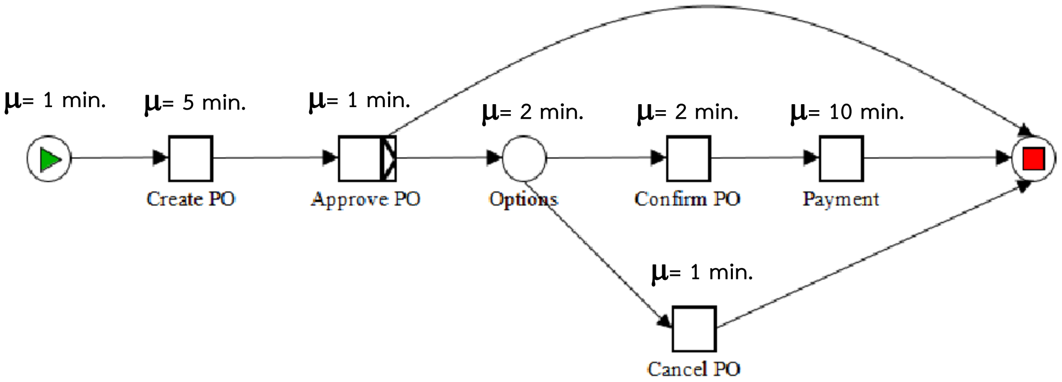
จากรูปที่ 5.6 พบว่าพฤติกรรมการทำงานของสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปที่แปลงมาจากกระแส-งานยอว์ล มีพฤติกรรมการทำงานเหมือนเดิมทุกประการ เพราะกระบวนการสมัครบัตรเครดิตก่อนแปลงและหลังแปลง มีขั้นตอนในการดำเนินการทั้งหมด 16 ขั้นตอนที่เหมือนกัน ได้แก่ Start, Receive Application, Options, Hold, Cancel, Check Completeness, Check Document, Check Credit Bureau, Check Collect Result, Make Decision, Approve, Reject, Extra Package, Reward Program, Deliver Credit Card และ Finish ทั้งนี้แบบจำลองกรณีศึกษากระบวนสมัครบัตรเครดิตยังเป็นไปตามคุณสมบัติของ Soundness (Soundness property) เป็นคุณสมบัติที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้องของการทำงานของกระแสงาน (Workflow) พบว่า แบบจำลองดังกล่าวสามารถเข้าถึงได้ทุกเพลสตั้งแต่เพลสเริ่มต้นไปยังเพลสสุดท้าย ซึ่งสามารถดูได้จาก Reachability graph ดังที่แสดงในรูปที่ 5.8 และจากการจำลองกระบวนการสมัครบัตรเครดิตบนเครื่องมือไปป์ พบว่า ไม่มีการทำงานที่ทำให้เกิดสภาวะติดตาย (Deadlock)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

**5.3.1.2 การทดสอบเครื่องมือการแปลง YAWL2GSPN โดยใช้กรณีศึกษากระบวนการซื้อ-สินค้า (Purchase Order)**

**1) การทดสอบเครื่องมือแปลง YAWL2GSPN**

เริ่มจากผู้วิจัยสร้างแบบจำลองกระบวนการซื้อสินค้าโดยใช้เครื่องมือ YAWL Editor 4.2

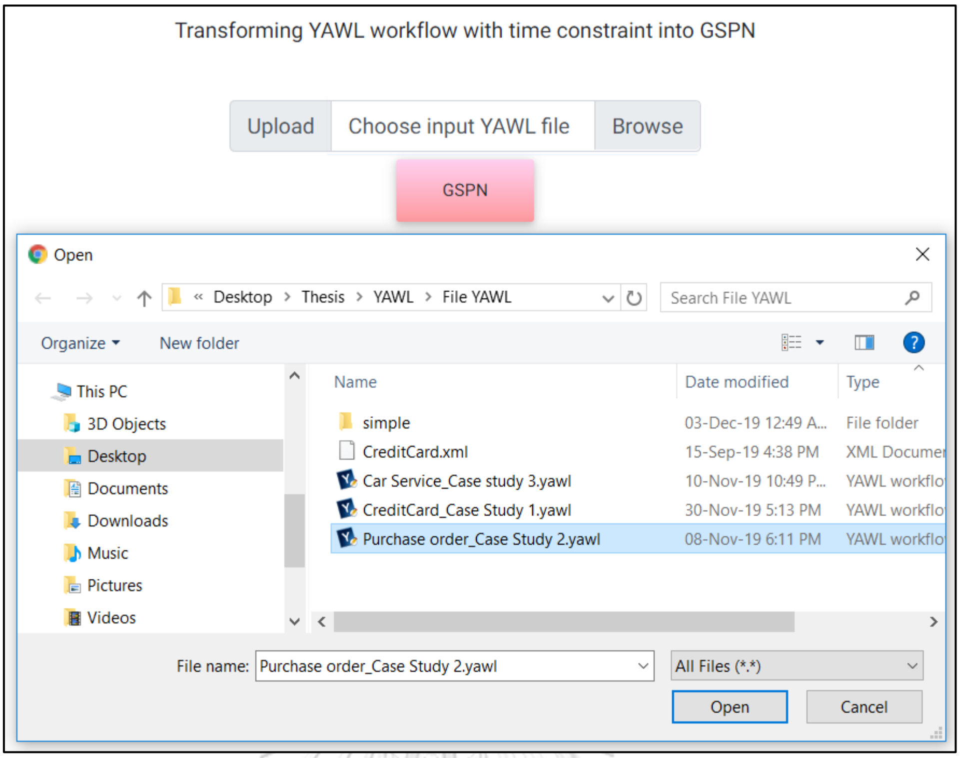



รูปที่ 5. 14 สร้างกระบวนการสั่งซื้อสินค้าบนโปรแกรม YAWL Editor 4.2

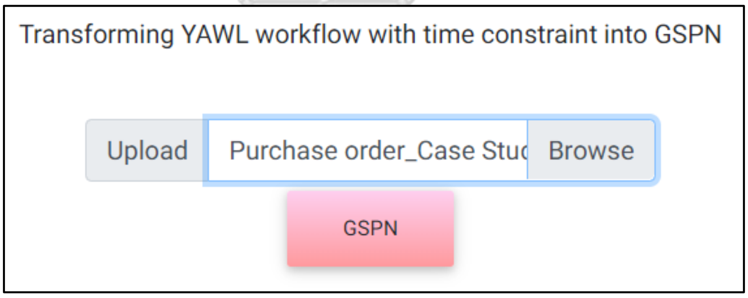
```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<specificationSet xmlns="http://www.yawlfoundation.org/yawlschema" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
  <specification uri="Purchase_order">
    <documentation>No description provided</documentation>
    <metaData>
    <xs:schema xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema" />
    <decomposition id="Net" isRootNet="true" xsi:type="NetFactsType">
      <processControlElements>
        <inputCondition id="InputCondition">
        <task id="Create_PO">
        <task id="Approve_PO">
        <condition id="Options">
        <task id="Cancel_PO">
        <task id="Confirm_PO">
        <task id="Payment">
        <outputCondition id="OutputCondition" />
      </processControlElements>
    </decomposition>
  </specification>
  <layout>

</specificationSet>
```

รูปที่ 5. 15 กระบวนการสั่งซื้อสินค้าของกระแสงานยอว์ลในรูปแบบแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล

ผู้ใช้งานนำเข้าไฟล์ยอว์ลที่ส่งออกจากเครื่องมือ YAWL Editor 4.2 เข้ามายังเครื่องมือแปลง YAWL2GSPN

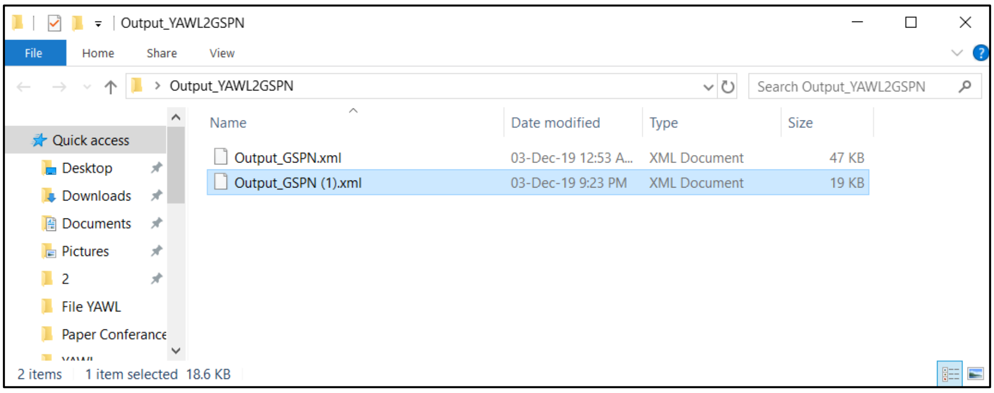



รูปที่ 5. 16 การเลือกไฟล์ยอว์ลเข้าสู่เครื่องมือแปลง YAWL2GSPN ของกระบวนการสั่งซื้อสินค้า



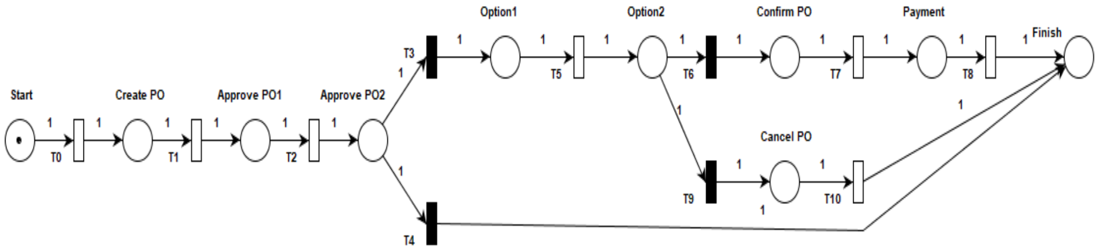

รูปที่ 5. 17 การนำไฟล์ยอว์ลเข้าสู่เครื่องมือแปลง YAWL2GSPN ของกระบวนการสั่งซื้อสินค้า

หลังจากเลือกไฟล์ยอว์ลที่ต้องการแล้ว ผู้ใช้งานจะกดปุ่ม “GSPN” เพื่อทำการแปลงจากกระแส-งานยอว์ลที่มีเงื่อนไขของเวลาไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปโดยอัตโนมัติ โดยไฟล์สโตแคสติก-เพทริเน็ตส์ทั่วไป จะอยู่ในรูปแบบของแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล สำหรับไฟล์ที่ส่งออกมาจากเครื่องมือแสดงดังรูปที่ 5.18



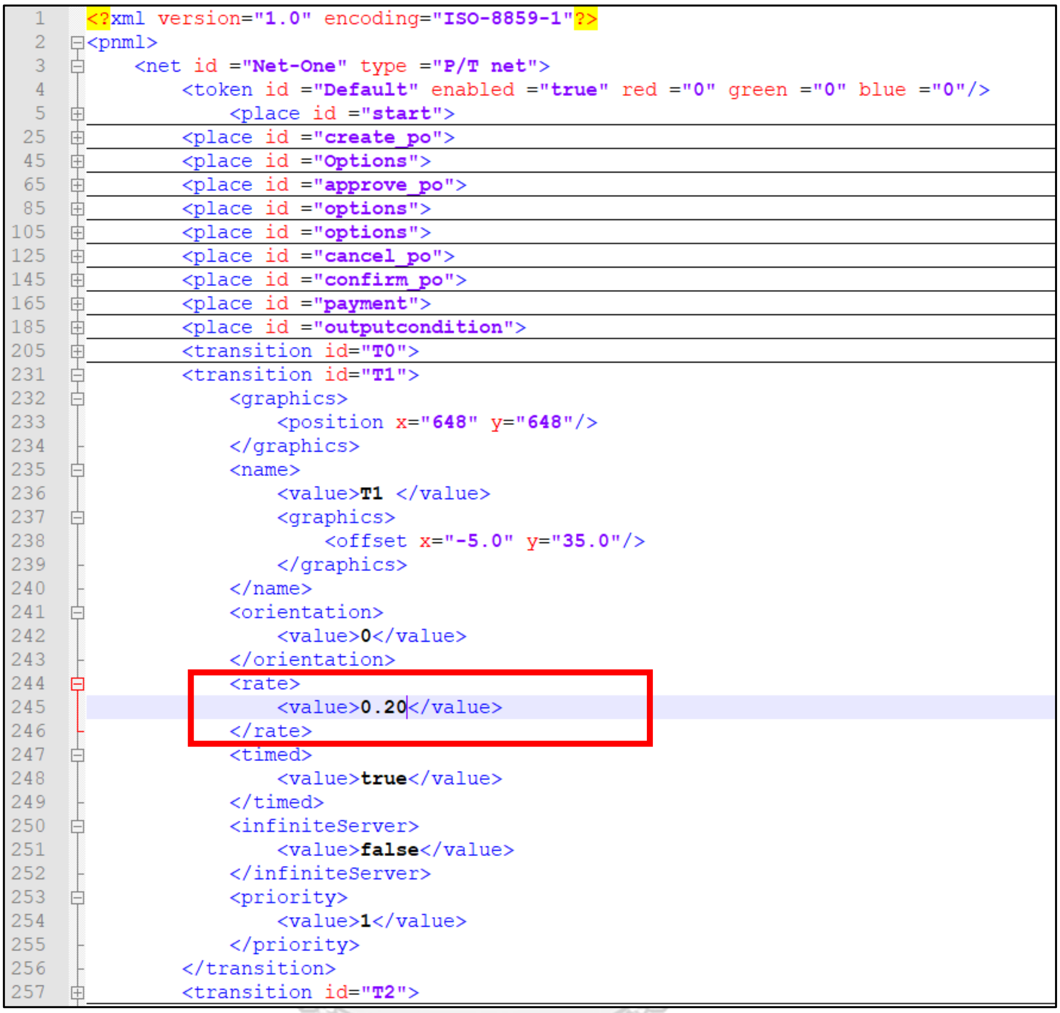

รูปที่ 5. 18 ไฟล์สโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปของกระบวนการสั่งซื้อสินค้า

หลังจากใช้เครื่องมือแปลง YAWL2GSPN แปลงกระแสงานยอว์ลของกระบวนการสั่งซื้อสินค้ามาเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปและส่งออกไฟล์สโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปที่อยู่ในรูปแบบของแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอลแล้ว ผู้ใช้งานจะต้องใช้เครื่องมือไปป์ในการนำเข้าไฟล์สโตแคสติกเพทริ-เน็ตส์ทั่วไป ดังรูปที่ 5.19 จากนั้นทำการระบุค่าเฉลี่ยของเวลาหรือค่าแลมดาเข้าไปในทรานสิชันที่ถูกกำหนดเวลา และสร้าง Reachability set, Reachability graph เพื่อทำการทวนสอบพฤติกรรมของงานกระแสงานยอว์ลว่ายังมีพฤติกรรมเหมือนเดิมทุกประการหรือไม่




รูปที่ 5. 19 แสดงกระบวนการสั่งซื้อสินค้าบนเครื่องมือไปป์ (กรณีที่พิจารณา Immediate transition)

CHULALONGKORN UNIVERSITY




รูปที่ 5. 20 แสดงค่าเฉลี่ยของเวลาที่ผู้ใช้งานระบุหลังจากแปลงเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปในรูปแบบแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอลของกระบวนการสั่งซื้อสินค้า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

**2) การวิเคราะห์เพื่อหาความน่าจะเป็นของเวลา**

หลังจากที่ทดสอบเครื่องมือแปลง YAWL2GSPN เรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปผู้วิจัยจะนำสโตแค-สติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปที่ได้จากการแปลงนำไปวิเคราะห์หาความน่าจะเป็นของเวลาเพื่อใช้ตอบคำถามของผู้จัดการโครงการว่า “ถ้าต้องการพัฒนาระบบให้เสร็จภายในระยะเวลาที่กำหนดมีความเป็นไปได้กี่เปอร์เซ็นต์” สำหรับการหาความน่าจะเป็นของเวลาผู้วิจัยจะใช้ห่วงโซ่มาร์คอฟ และเลือกใช้ความน่าจะเป็นที่มีการแจกแจงแบบเอ็กโพเนนเชียล โดยใช้ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมเพื่อใช้ในการหาความน่าจะเป็นของเวลาที่ใช้ทั้งหมดของกระแสงาน

**2.1 การสร้างริชอะบิลิตีเซต**

ในงานวิจัยนี้ใช้เครื่องมือไปป์ในการสร้างริชอะบิลิตีเซตเพื่อดูเซตของมาร์กกิงทั้งหมดที่เกิดขึ้น ซึ่งในกระบวนการสั่งซื้อสินค้ามีมาร์กกิงทั้งหมด 7 มาร์กกิง เมื่อได้ริชอะบิลิตีเซตแล้ว

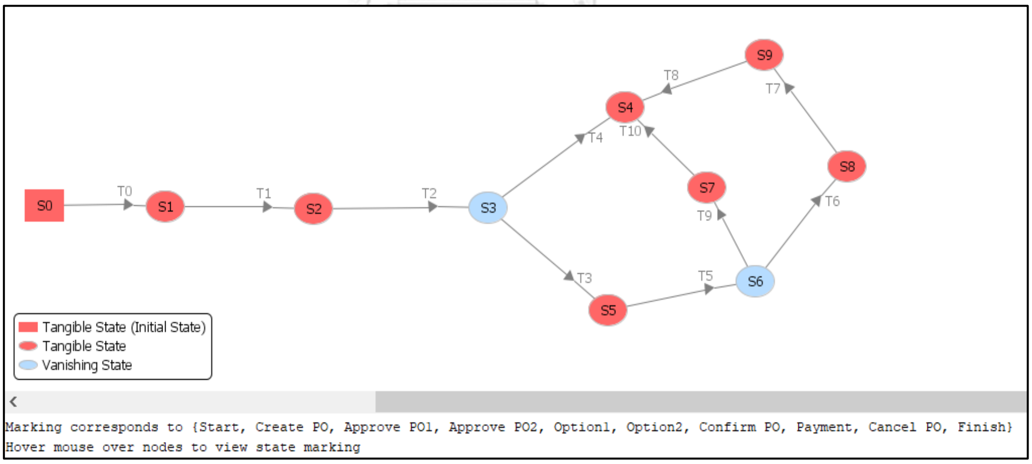
จะนำไปสร้างริชอะบิลิตีกราฟต่อไป

ตารางที่ 5. 5 ริชอะบิลิตีเซตของกระบวนการสั่งซื้อสินค้า

| Set of Tangible States | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Marking | Start | Create PO | Approve PO1 | Approve PO2 | Option 1 | Option 2 | Confirm PO | Payment | Cancel PO | Finish |
| M0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| M5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| M6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| M7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |

## 2.2 การสร้างริชอะบิลิตีกราฟ

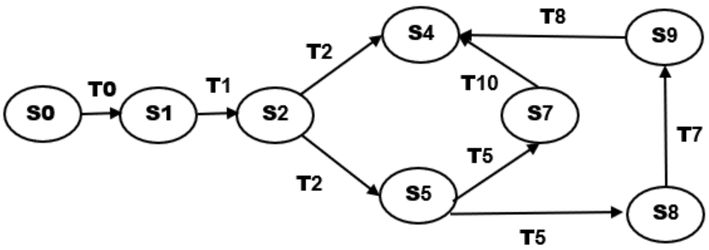
หลังจากที่ทำการสร้างริชอะบิลิตีเซตเสร็จเรียบร้อยแล้ว ดังแสดงในตารางที่ 5.5 ผู้วิจัยจะใช้เครื่องมือไปป์ในการสร้างริชอะบิลิตีกราฟ ซึ่งริชอะบิลิตีกราฟจะแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของมาร์กกิงกับทรานสิชันว่า ถ้ามีการเกิดการฟายริงทรานสิชันแล้ว ในขณะนั้นอยู่มาร์กิงปัจจุบันใด ริชอะบิลิตีกราฟสามารถทำให้รู้ได้ว่า มาร์กกิงและทรานสิชันที่จะเกิดการฟายริงถัดไปคืออะไร




รูปที่ 5. 21 ริชอะบิลิตีกราฟของกระบวนการสั่งซื้อสินค้าจากเครื่องไปป์

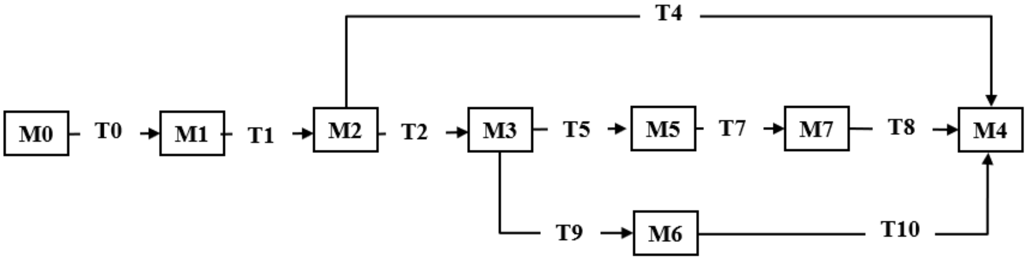
เนื่องจากคุณ Gianfranco Balbo จากประเทศอิตาลี [16] ระบุไว้ว่า “ในการคำนวณความน่าจะเป็นของโมเดลที่เป็นแบบ GSPN ให้คำนวณเฉพาะ Tangible Marking” เท่านั้น เพราะในการคำนวณหาความน่าจะเป็นจะวิเคราะห์ทรานสิชันที่เป็น Steady state เท่านั้น ดังนั้นผู้วิจัยจะทำการยุบทรานสิชันที่ไม่กำหนดเวลาหรือ Vanishing state จากริชอะบิลิตีกราฟที่สร้างจากเครื่องมือไปป์ตามที่แสดงในรูปที่ 5.21 ทั้งนี้เนื่องจาก Vanishing marking เป็น Marking ที่ได้จาก

Immediate Transition เมื่อทรานสิชันถูกเปิดใช้งานจะเกิดการฟายริงทันที โดยที่ไม่ต้องรอเวลาหรือเวลาเท่ากับ 0 เมื่อผู้วิจัยได้ยุบ Vanishing state แล้วจะแสดงรายละเอียดดังรูปที่ 5.22




รูปที่ 5. 22 ริชอะบิลิตีกราฟของกระบวนการสั่งซื้อสินค้า (กรณีไม่พิจารณา Vanishing state)

จากนั้นนำริชอะบิลิตีกราฟจากรูป 5.22 ที่ถูกยุบ Vanishing state แล้วนำมาวาดริชอะบิลิตีกราฟอีกครั้ง โดยริชอะบิลิตีกราฟจะแสดงเฉพาะ Tangible marking เท่านั้น เพื่อนำไปใช้ในการสร้างห่วงโซ่มาร์คอฟต่อไป

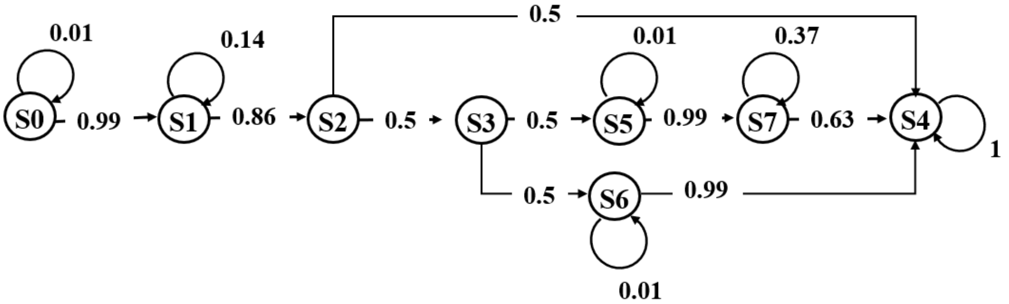



รูปที่ 5. 23 ริชอะบิลิตีกราฟของกระบวนการสั่งซื้อสินค้า

**2.3 การสร้างห่วงโซ่มาร์คอฟและการคำนวณหาความน่าจะเป็นบนห่วงโซ่มาร์คอฟ แบบเวลาต่อเนื่อง**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หลังจากสร้างริชอะบิลิตีกราฟดังรูปที่ 5.23 เสร็จเรียบร้อยแล้วจะนำมาสร้างห่วงโซ่มาร์คอฟพร้อมกับแสดงค่าความน่าจะเป็นบนเส้นเชื่อมความสัมพันธ์ โดยค่าความน่าจะเป็นคำนวณได้จากสมการที่ 2 ถ้ากรณีที่เกิดการขัดกัน จะเป็นคำนวณได้จากสมการที่ 3 และสมการที่ 4




รูปที่ 5. 24 ตัวอย่างห่วงโซ่มาร์คอฟของกระบวนการสั่งซื้อสินค้าโดยใช้ระยะเวลา 10 นาที

## 2.4 วิธีการทดสอบการคำนวณความน่าจะเป็นโดยฟังก์ชันการแจกแจงสะสม โดยใช้ไมโครซอฟต์เอกซ์เซล

จากรูปที่ 5.24 ใช้แสดงตัวอย่างในการคำนวณความน่าจะเป็นบนห่วงโซ่มาร์คอฟ โดยฟังก์ชันการแจกแจงสะสม โดยใช้ไมโครซอฟต์เอกซ์เซล ดังแสดงในรูปที่ 5.25

=EXPONDIST(D2,1/D5,TRUE)

| C | D | E |
|---|---|---|
| เวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ | 10 นาที | |
| ทรานสิชัน | อัตราการใช้เวลา | ฟังก์ชันการแจกแจงสะสม (ไม่ขัดกัน) |
| T0 | 1 | 0.9999546001 |
| T1 | 5 | 0.8646647168 |
| T2 | 1 | 0.9999546001 |
| T5 | 2 | 0.9932620530 |
| T7 | 2 | 0.9932620530 |
| T8 | 10 | 0.6321205588 |
| T10 | 1 | 0.9999546001 |

รูปที่ 5. 25 ตัวอย่างการคำนวณความน่าจะเป็นโดยฟังก์ชันการแจกแจงสะสม โดยใช้ไมโครซอฟต์เอกซ์เซลของกระบวนการสั่งซื้อสินค้าภายในระยะเวลา 10 นาที

## 2.5 การวิเคราะห์ผลลัพธ์

หลังจากที่ทำการคำนวณหาความน่าจะเป็นโดยใช้ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมเสร็จเรียบร้อยแล้ว ต่อไปจะเป็นการนำแต่ละมาร์กิงมาคูณกัน เช่น เส้นทางที่ 1 = M0 x M1 x M2 x M4 เป็นต้น จะทำให้ได้ค่าความน่าจะเป็น แสดงรายละเอียดตารางที่ 5.6 – 5.8

### 2.5.1 กรณีการทดสอบหาความน่าจะเป็นในการสั่งซื้อสินค้าให้เสร็จภายใน 10 นาที

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 5. 6 ค่าความน่าจะเป็นโดยใช้ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของแต่ละเส้นทางของกระบวนการสั่งซื้อสินค้าภายในระยะเวลา 10 นาที

| เส้นทางที่ | เส้นทาง | ค่าความน่าจะเป็น |
|---|---|---|
| 1 | S0->S1->S2->S4 | 0.00119196 |
| 2 | S0->S1->S2->S3->S5>S7->S4 | 0.0000027506741724 |
| 3 | S0->S1->S2->S3->S6->S4 | 0.000011800404 |

หลังจากที่คำนวณหาความน่าจะเป็นของทุกเส้นทางได้แล้วดังตารางที่ 5.6 นำทุกเส้นทางมารวมกันทั้งหมด 3 เส้นทาง จะได้ค่าความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.0012065110781724 ดังนั้นสรุปได้ว่า ความน่าจะเป็นในการสั่งซื้อสินค้าให้เสร็จภายใน 10 นาทีมีความเป็นไปได้ 0.0012065110781724 หรือคิดเป็นประมาณ 0.12 เปอร์เซ็นต์

**2.5.2 กรณีการทดสอบหาความน่าจะเป็นในการสั่งซื้อสินค้าให้เสร็จภายใน 13 นาที**

ตารางที่ 5. 7 ค่าความน่าจะเป็นโดยใช้ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของแต่ละเส้นทางของกระบวนการสั่งซื้อสินค้าภายในระยะเวลา 13 นาที

| เส้นทางที่ | เส้นทาง | ค่าความน่าจะเป็น |
|---|---|---|
| 1 | S0->S1->S2->S4 | 0.0072864 |
| 2 | S0->S1->S2->S3->S5>S7->S4 | 0.000014542488576 |
| 3 | S0->S1->S2->S3->S6->S4 | 0.00007213536 |

หลังจากที่คำนวณหาความน่าจะเป็นของทุกเส้นทางได้แล้วดังตารางที่ 5.7 นำทุกเส้นทางมารวมกันทั้งหมด 3 เส้นทาง จะได้ค่าความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.007308156024576 ดังนั้นสรุปได้ว่า ความน่าจะเป็นในการสั่งซื้อสินค้าให้เสร็จภายใน 13 นาทีมีความเป็นไปได้ 0.007308156024576 หรือคิดเป็นประมาณ 0.73 เปอร์เซ็นต์

**2.5.3 กรณีการทดสอบหาความน่าจะเป็นในการสั่งซื้อสินค้าให้เสร็จภายใน 16 นาที**

ตารางที่ 5. 8 ค่าความน่าจะเป็นโดยใช้ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของแต่ละเส้นทางของกระบวนการสั่งซื้อสินค้าภายในระยะเวลา 16 นาที

| เส้นทางที่ | เส้นทาง | ค่าความน่าจะเป็น |
|---|---|---|
| 1 | S0->S1->S2->S4 | 0.0047025 |
| 2 | S0->S1->S2->S3->S5>S7->S4 | 0.003120579 |
| 3 | S0->S1->S2->S3->S6->S4 | 0.00004655475 |

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หลังจากที่คำนวณหาความน่าจะเป็นของทุกเส้นทางได้แล้วดังตารางที่ 5.8 นำทุกเส้นทางมารวมกันทั้งหมด 3 เส้นทาง จะได้ค่าความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.00786963375 ดังนั้นสรุปได้ว่า ความน่าจะเป็นในการสั่งซื้อสินค้าให้เสร็จภายใน 16 นาทีมีความเป็นไปได้ 0.00786963375 หรือคิดเป็นประมาณ 0.78 เปอร์เซ็นต์

**3) การตรวจสอบพฤติกรรมการทำงานหลังการแปลงเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป**

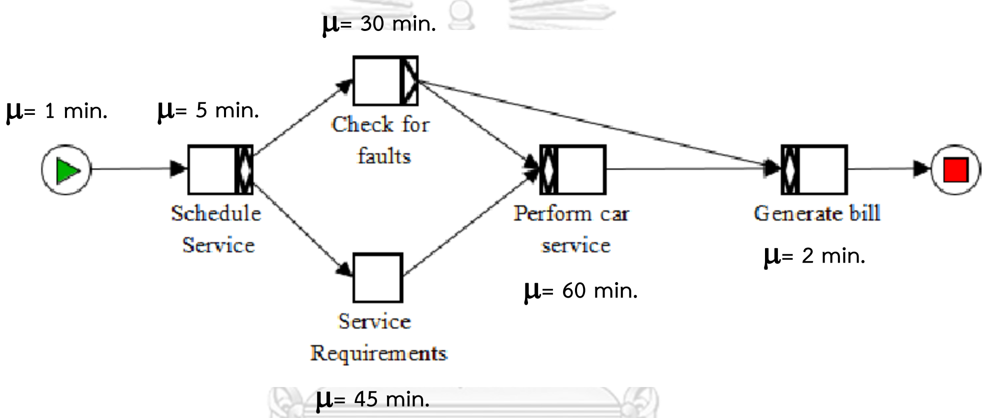
จากรูปที่ 5.19 พบว่าพฤติกรรมการทำงานของสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปที่แปลงมาจากกระแสงานยอว์ล มีพฤติกรรมการทำงานเหมือนเดิมทุกประการ เพราะกระบวนการสั่งซื้อสินค้าก่อนแปลงและหลังแปลง มีขั้นตอนในการดำเนินการทั้งหมด 8 ขั้นตอนที่เหมือนกัน ได้แก่ Start, Create PO, Approve PO, Options, Confirm PO, Payment, Cancel PO และ Finish ทั้งนี้แบบจำลองกรณีศึกษากระบวนสั่งซื้อสินค้ายังเป็นไปตามคุณสมบัติของ Soundness (Soundness property)

เป็นคุณสมบัติที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้องของการทำงานของกระแสงาน (Workflow) พบว่าแบบจำลองดังกล่าวสามารถเข้าถึงได้ทุกเพลสตั้งแต่เพลสเริ่มต้นไปยังเพลสสุดท้าย ซึ่งสามารถดูได้จาก reachability graph ดังที่แสดงในรูปที่ 5.21 และจากการจำลองกระบวนการสั่งซื้อสินค้าบนเครื่องมือไปป์ พบว่า ไม่มีการทำงานที่ทำให้เกิดสภาวะติดตาย (Deadlock)

**5.3.1.3 การทดสอบเครื่องมือการแปลง YAWL2GSPN โดยใช้กรณีศึกษากระบวนการให้บริการซ่อมรถยนต์ (Car Service)**

**1) การทดสอบเครื่องมือแปลง YAWL2GSPN**

เริ่มจากผู้วิจัยสร้างแบบจำลองการให้บริการซ่อมรถยนต์โดยใช้เครื่องมือ YAWL Editor 4.2

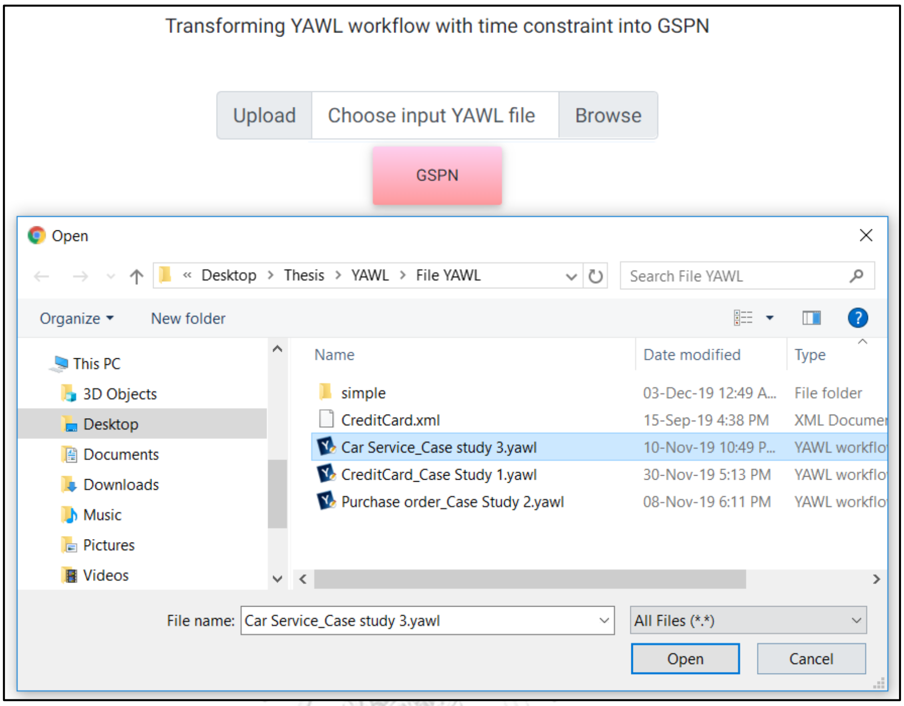



รูปที่ 5. 26 สร้างกระบวนการให้บริการซ่อมรถยนต์บนโปรแกรม YAWL Editor 4.2

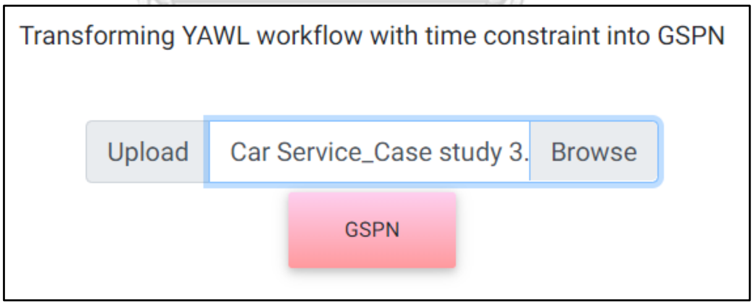
```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<specificationSet xmlns="http://www.yawlfoundation.org/yawlschema" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" version="4.0" xsi:schemaLocation="http://www.yawlfoundation.org
  <specification uri="Case_study3">
    <documentation>No description provided</documentation>
    <metaData>
    <xs:schema xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema" />
    <decomposition id="Net" isRootNet="true" xsi:type="NetFactsType">
      <processControlElements>
        <inputCondition id="InputCondition">
        <task id="Schedule_Service">
        <task id="Check_for_faults">
        <task id="Service_Requirements">
        <task id="Generate_bill">
        <task id="Perform_car_service">
        <outputCondition id="OutputCondition" />
      </processControlElements>
    </decomposition>
  </specification>
  <layout>

</specificationSet>
```

รูปที่ 5. 27 กระบวนการให้บริการซ่อมรถยนต์ของกระแสงานยอว์ล ในรูปแบบแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล

ผู้ใช้งานนำเข้าไฟล์ยอว์ลที่ส่งออกจากเครื่องมือ YAWL Editor 4.2 เข้ามายังเครื่องมือแปลง YAWL2GSPN

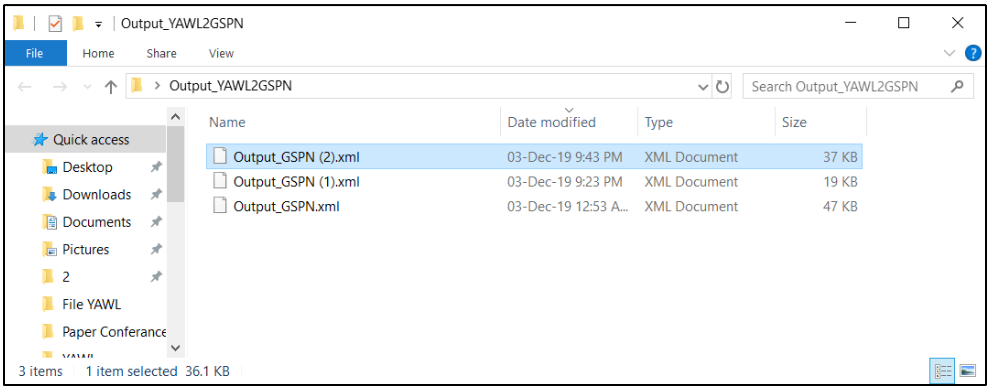



รูปที่ 5. 28 การเลือกไฟล์ยอว์ลเข้าสู่เครื่องมือแปลง YAWL2GSPN ของกระบวนการให้บริการซ่อมรถยนต์



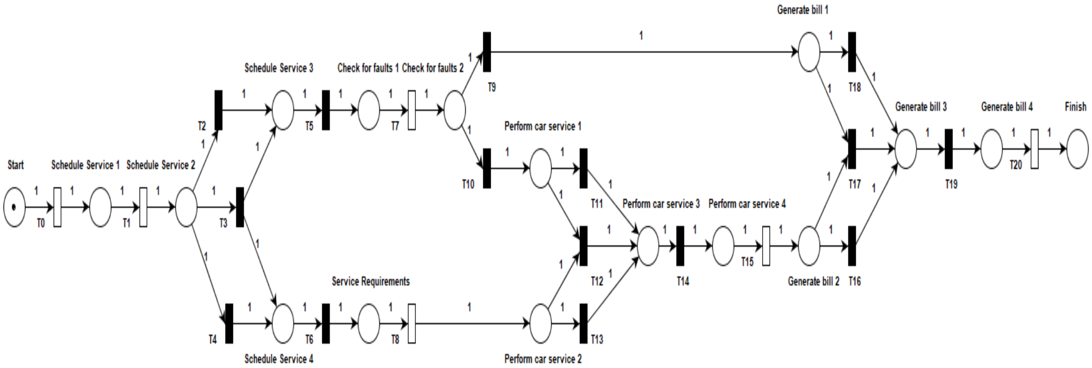

รูปที่ 5. 29 การนำไฟล์ยอว์ลเข้าสู่เครื่องมือแปลง YAWL2GSPN ของกระบวนการให้บริการซ่อมรถยนต์

หลังจากเลือกไฟล์ยอว์ลที่ต้องการแล้ว ผู้ใช้งานจะกดปุ่ม “GSPN” เพื่อทำการแปลงจากกระแสงานยอว์ลที่มีเงื่อนไขของเวลาไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปโดยอัตโนมัติ โดยไฟล์สโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป จะอยู่ในรูปแบบของแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล สำหรับไฟล์ที่ส่งออกมาจากเครื่องมือแสดงดังรูปที่ 5.30




รูปที่ 5. 30 ไฟล์สโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปของกระบวนการให้บริการซ่อมรถยนต์

หลังจากใช้เครื่องมือแปลง YAWL2GSPN แปลงกระแสงานยอว์ลของกระบวนการให้บริการซ่อม-รถยนต์มาเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปและส่งออกไฟล์สโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปที่อยู่ในรูปแบบของแฟ้มเอกสารเอ็กซ์เอ็มแอลแล้ว ผู้ใช้งานจะต้องใช้เครื่องมือไปป์ในการนำเข้าไฟล์สโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป ดังรูปที่ 5.31 จากนั้นทำการระบุค่าเฉลี่ยของเวลาหรือค่าแลมดาเข้าไปในทรานสิชันที่ถูกกำหนดเวลา และสร้าง Reachability set, Reachability graph เพื่อทำการทวนสอบพฤติกรรมของงานกระแสงานยอว์ลว่ายังมีพฤติกรรมเหมือนเดิมทุกประการหรือไม่




รูปที่ 5. 31 แสดงกระบวนการให้บริการซ่อมรถยนต์บนเครื่องมือไปป์ (กรณีที่พิจารณา Immediate transition)

```xml
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
<pnml>
    <net id ="Net-One" type ="P/T net">
        <token id ="Default" enabled ="true" red ="0" green ="0" blue ="0"/>
        <place id ="Start">
        <place id ="start">
        <place id ="schedule_service">
        <place id ="schedule_service">
        <place id ="check_for_faults">
        <place id ="check_for_faults">
        <place id ="service_requirements">
        <place id ="generate_bill">
        <place id ="perform_car_service">
        <place id ="outputcondition">
        <transition id="T0">
        <transition id="T1">
            <graphics>
                <position x="648" y="648"/>
            </graphics>
            <name>
                <value>T1 </value>
                <graphics>
                    <offset x="-5.0" y="35.0"/>
                </graphics>
            </name>
            <orientation>
                <value>0</value>
            </orientation>
            <rate>
                <value>0.20</value>
            </rate>
            <timed>
                <value>true</value>
            </timed>
            <infiniteServer>
                <value>false</value>
            </infiniteServer>
            <priority>
                <value>1</value>
            </priority>
        </transition>
        <transition id="T2">
        <transition id="T3">
```

รูปที่ 5. 32 แสดงค่าเฉลี่ยของเวลาหลังจากที่แปลงเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปในรูปแบบแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอลของกระบวนการให้บริการซ่อมรถยนต์

### 2) การวิเคราะห์เพื่อหาความน่าจะเป็นของเวลา

หลังจากที่ทดสอบเครื่องมือแปลง YAWL2GSPN เรียบร้อยขั้นตอนต่อไปผู้วิจัยจะนำสโตแคสติก-เพทริเน็ตส์ทั่วไปที่ได้จากการแปลงนำไปวิเคราะห์หาความน่าจะเป็นของเวลาเพื่อใช้ตอบคำถามของผู้จัดการโครงการว่า “ถ้าต้องการพัฒนาระบบให้เสร็จภายในระยะเวลาที่กำหนดมีความเป็นไปได้กี่เปอร์เซ็นต์” สำหรับการหาความน่าจะเป็นของเวลาผู้วิจัยจะใช้ห่วงโซ่มาร์คอฟ และเลือกใช้ความน่าจะเป็นที่มีการแจกแจงแบบเอ็กโพเนนเชียล โดยใช้ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมเพื่อใช้ในการหาความน่าจะเป็นของเวลาที่ใช้ทั้งหมดของกระแสงาน

#### 2.1 การสร้างริชอะบิลิตีเซต

ในงานวิจัยนี้ใช้เครื่องมือไปป์ในการสร้างริชอะบิลิตีเซตเพื่อดูเซตของมาร์กกิงทั้งหมดที่เกิดขึ้นซึ่งในกระบวนการให้บริการซ่อมรถยนต์มีมาร์กกิงทั้งหมด 19 มาร์กกิง และพบว่ามี 10 เพลสที่ไม่เกิดการฟายริงทรานสิชันหรือเพลสที่ไม่สามารถเข้าถึงได้ เมื่อได้ริชอะบิลิตีเซตแล้วจะนำไปสร้างริชอะบิ-ลิตี้กราฟต่อไป

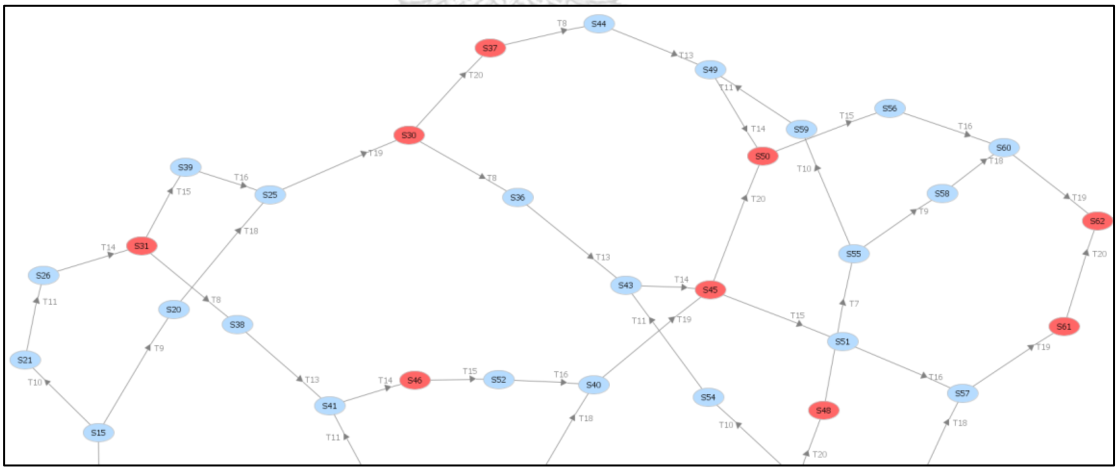
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 5. 9 ริชอะบิลิตีเซตของกระบวนการให้บริการซ่อมรถยนต์

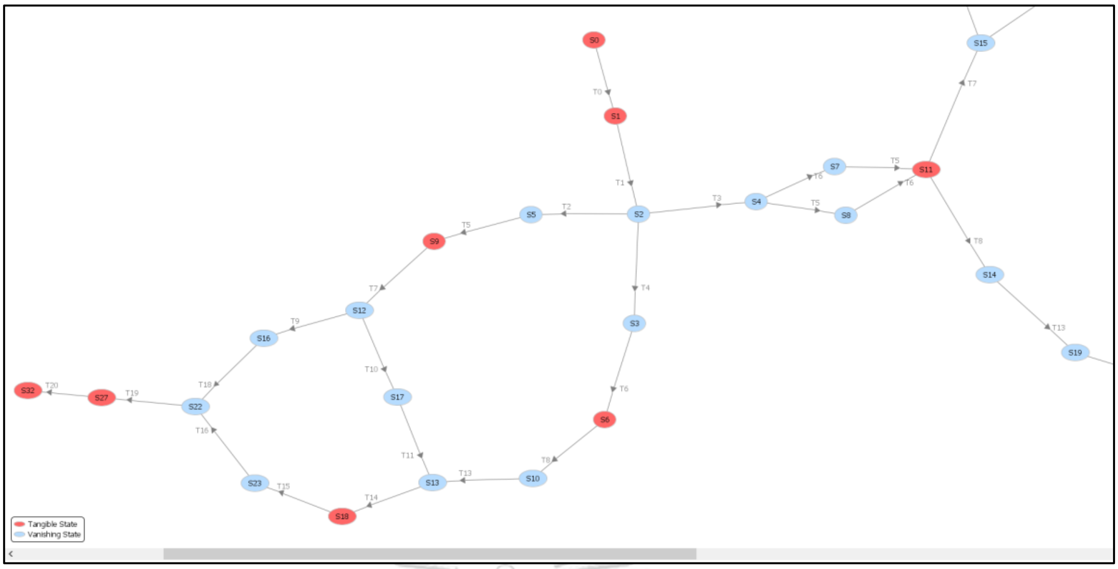
| Set of Tangible States | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Marking | Start | Schedule Service1 | Schedule Service2 | Schedule Service3 | Schedule Service4 | Service Requirements | Check for faults1 | Check for faults2 | Perform car service1 | Perform car service2 | Perform car service3 | Perform car service4 | Generate bill1 | Generate bill2 | Generate bill3 | Generate bill4 | Finish |
| M0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| M7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| M9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| M11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| M13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| M14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| M15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| M16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| M17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| M18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| M19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |

## 2.2 การสร้างริชอะบิลิตีกราฟ

หลังจากที่ทำการสร้างริชอะบิลิตีเซตเสร็จเรียบร้อยแล้ว ดังแสดงในตารางที่ 5.9 ผู้วิจัยจะใช้เครื่องมือไปป์ในการสร้างริชอะบิลิตีกราฟ ซึ่งริชอะบิลิตีกราฟจะแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของมาร์กกิงกับทรานสิชันว่า ถ้ามีการเกิดการฟายริงทรานสิชันแล้ว ในขณะนั้นอยู่มาร์กิงปัจจุบันใด ริชอะบิลิตีกราฟสามารถทำให้รู้ได้ว่า มาร์กกิงและทรานสิชันที่จะเกิดการฟายริงถัดไปคืออะไร

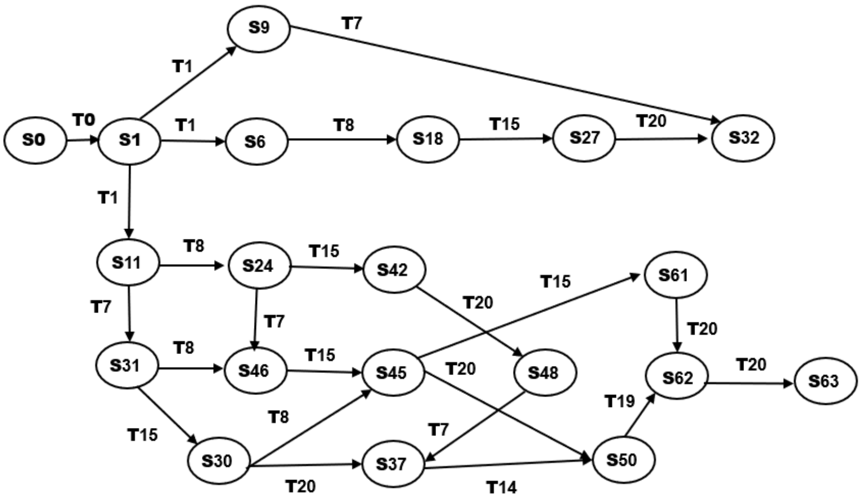



รูปที่ 5. 33 ริชอะบิลิตีกราฟของกระบวนการให้บริการซ่อมรถยนต์จากเครื่องไปป์



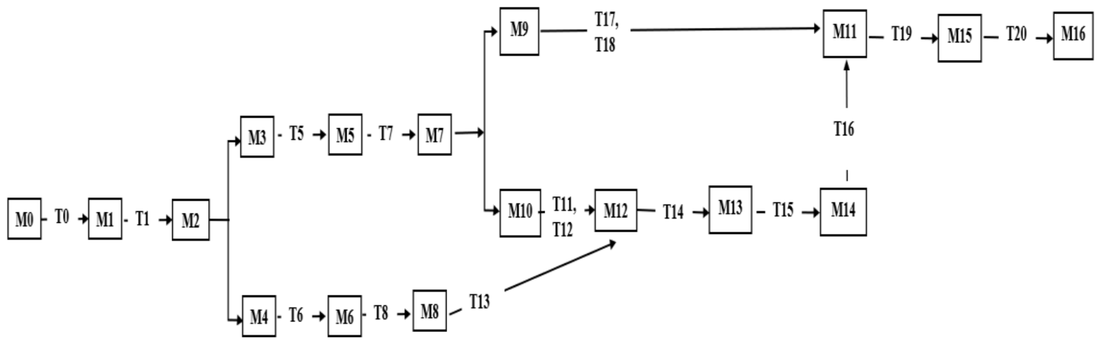
รูปที่ 5.33 ริชอะบิลิตีกราฟของกระบวนการให้บริการซ่อมรถยนต์จากเครื่องไปป์ (ต่อ)

เนื่องจากคุณ Gianfranco Balbo จากประเทศอิตาลี [16] ระบุไว้ว่า “ในการคำนวณความน่าจะเป็นของโมเดลที่เป็นแบบ GSPN ให้คำนวณเฉพาะ Tangible Marking” เท่านั้น เพราะในการคำนวณหาความน่าจะเป็นจะวิเคราะห์ทรานสิชันที่เป็น Steady state เท่านั้น ดังนั้นผู้วิจัยจะทำการยุบทรานสิชันที่ไม่กำหนดเวลาหรือ Vanishing state จากริชอะบิลิตีกราฟที่สร้างจากเครื่องมือไปป์ตามที่แสดงในรูปที่ 5.33 ทั้งนี้เนื่องจาก Vanishing marking เป็น Marking ที่ได้จาก Immediate Transition เมื่อทรานสิชันถูกเปิดใช้งานจะเกิดการฟายริงทันที โดยที่ไม่ต้องรอเวลาหรือเวลาเท่ากับ 0 เมื่อผู้วิจัยได้ยุบ Vanishing state แล้วจะแสดงรายละเอียดดังรูปที่ 5.34




รูปที่ 5. 34 ริชอะบิลิตีกราฟของกระบวนการให้บริการซ่อมรถยนต์ (กรณีไม่พิจารณา Vanishing state)

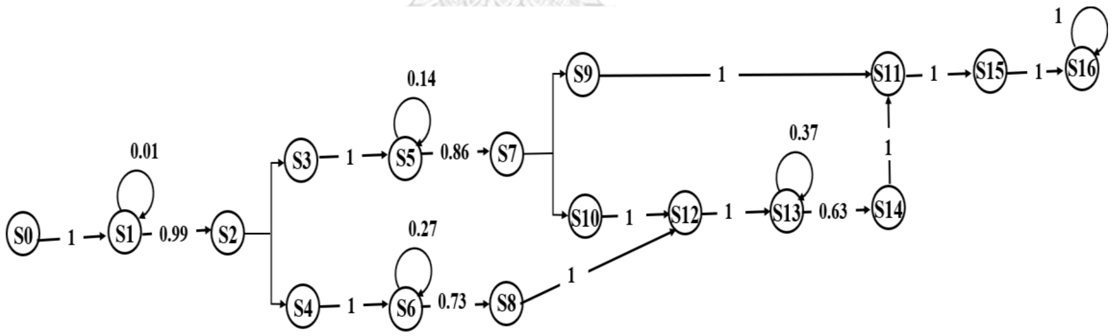
จากนั้นนำริชอะบิลิตีกราฟจากรูป 5.34 ที่ถูกยุบ Vanishing state แล้วนำมาวาดริชอะบิลิตีกราฟอีกครั้ง โดยริชอะบิลิตีกราฟจะแสดงเฉพาะ Tangible marking เท่านั้น เพื่อนำไปใช้ในการสร้างห่วงโซ่มาร์คอฟต่อไป




รูปที่ 5. 35 ริชอะบิลิตีกราฟของกระบวนการให้บริการซ่อมรถยนต์

**2.3 การสร้างห่วงโซ่มาร์คอฟและการคำนวณหาความน่าจะเป็นบนห่วงโซ่มาร์คอฟ แบบเวลาต่อเนื่อง**

หลังจากสร้างริชอะบิลิตีกราฟดังรูปที่ 5.35 เสร็จเรียบร้อยแล้วจะนำมาสร้างห่วงโซ่มาร์คอฟพร้อมกับแสดงค่าความน่าจะเป็นบนเส้นเชื่อมความสัมพันธ์ โดยค่าความน่าจะเป็นคำนวณได้จากสมการที่ 2 ถ้ากรณีที่เกิดการขัดกัน จะเป็นคำนวณได้จากสมการที่ 3 และสมการที่ 4




รูปที่ 5. 36 ตัวอย่างห่วงโซ่มาร์คอฟของกระบวนการให้บริการซ่อมรถยนต์โดยใช้ระยะเวลา 60 นาที

**2.4 วิธีการทดสอบการคำนวณความน่าจะเป็นโดยฟังก์ชันการแจกแจงสะสม โดยใช้ไมโครซอฟต์เอกซ์เซล**

จากรูปที่ 5.36 ใช้แสดงตัวอย่างในการคำนวณความน่าจะเป็นบนห่วงโซ่มาร์คอฟ โดยฟังก์ชันการแจกแจงสะสม โดยใช้ไมโครซอฟต์เอกซ์เซล ดังแสดงในรูปที่ 5.37

=EXPONDIST(D2,1/D5,TRUE)

| เวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ | 60 นาที | |
|---|---|---|
| ทรานสิชัน | อัตราการใช้เวลา | ฟังก์ชันการแจกแจงสะสม (ไม่ขัดกัน) |
| T0 | 1 | 1.0000000000 |
| T1 | 5 | 0.9999938558 |
| T7 | 30 | 0.8646647168 |
| T8 | 45 | 0.7364028619 |
| T15 | 60 | 0.6321205588 |
| T20 | 2 | 1.0000000000 |

รูปที่ 5. 37 ตัวอย่างการคำนวณความน่าจะเป็นโดยฟังก์ชันการแจกแจงสะสม โดยใช้ไมโครซอฟต์เอกซ์เซลของกระบวนการให้บริการซ่อมรถยนต์ภายในระยะเวลา 60 นาที

**2.5 การวิเคราะห์ผลลัพธ์**

หลังจากที่ทำการคำนวณหาความน่าจะเป็นโดยใช้ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมเสร็จเรียบร้อยแล้ว ต่อไปจะเป็นการนำแต่ละมาร์กิงมาคูณกัน เช่น เส้นทางที่ 1 = M0 x M1 x M2 x M3 x M5 x M7 x M9 x M11 x M15 x M16 เป็นต้น จะทำให้ได้ค่าความน่าจะเป็น แสดงรายละเอียดตารางที่ 5.10 – 5.12

**2.5.1 กรณีการทดสอบหาความน่าจะเป็นในการให้บริการซ่อมรถยนต์ให้เสร็จภายใน 60 นาที**

ตารางที่ 5. 10 ค่าความน่าจะเป็นโดยใช้ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของแต่ละเส้นทางของกระบวนการให้บริการซ่อมรถยนต์ภายในระยะเวลา 60 นาที

| เส้นทางที่ | เส้นทาง | ค่าความน่าจะเป็น |
|---|---|---|
| 1 | S0->S1->S2->S3->S5->S7->S9->S11->S15->S16 | 0.119196 |
| 2 | S0->S1->S2->S3->S5->S7->S10->S12->S13->S14->S11->S15->S16 | 0.0277845876 |
| 3 | S0->S1->S2->S4->S6->S8->S12->S13->S14->S11->S15->S16 | 0.0454845699 |

CHULALONGKORN UNIVERSITY

หลังจากที่คำนวณหาความน่าจะเป็นของทุกเส้นทางได้แล้วดังตารางที่ 5.10 นำทุกเส้นทางมารวมกันทั้งหมด 3 เส้นทาง จะได้ค่าความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.1924651575 ดังนั้นสรุปได้ว่า ความน่าจะเป็นในการให้บริการซ่อมรถยนต์ให้เสร็จภายใน 60 นาทีมีความเป็นไปได้ 0.1924651575 หรือคิดเป็นประมาณ 19 เปอร์เซ็นต์

**2.5.2 กรณีการทดสอบหาความน่าจะเป็นในการให้บริการซ่อมรถยนต์ให้เสร็จภายใน 90 นาที**

ตารางที่ 5. 11 ค่าความน่าจะเป็นโดยใช้ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของแต่ละเส้นทางของกระบวนการให้บริการซ่อมรถยนต์ภายในระยะเวลา 90 นาที

| เส้นทางที่ | เส้นทาง | ค่าความน่าจะเป็น |
|---|---|---|
| 1 | S0->S1->S2->S3->S5->S7->S9->S11->S15->S16 | 0.47025 |
| 2 | S0->S1->S2->S3->S5->S7->S10->S12->S13->S14->S11->S15->S16 | 0.083281275 |
| 3 | S0->S1->S2->S4->S6->S8->S12->S13->S14->S11->S15->S16 | 0.211096116 |

หลังจากที่คำนวณหาความน่าจะเป็นของทุกเส้นทางได้แล้วดังตารางที่ 5.11 นำทุกเส้นทางมารวมกันทั้งหมด 3 เส้นทาง จะได้ค่าความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.764627391 ดังนั้นสรุปได้ว่า ความน่าจะเป็นในการให้บริการซ่อมรถยนต์ให้เสร็จภายใน 90 นาทีมีความเป็นไปได้ 0.764627391 หรือคิดเป็นประมาณ 76 เปอร์เซ็นต์

**2.5.3 กรณีการทดสอบหาความน่าจะเป็นในการให้บริการซ่อมรถยนต์ให้เสร็จภายใน 120 นาที**

ตารางที่ 5. 12 ค่าความน่าจะเป็นโดยใช้ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของแต่ละเส้นทางของกระบวนการให้บริการซ่อมรถยนต์ภายในระยะเวลา 120 นาที

| เส้นทางที่ | เส้นทาง | ค่าความน่าจะเป็น |
|---|---|---|
| 1 | S0->S1->S2->S3->S5->S7->S9->S11->S15->S16 | 0.49 |
| 2 | S0->S1->S2->S3->S5->S7->S10->S12->S13->S14->S11->S15->S16 | 0.058996 |
| 3 | S0->S1->S2->S4->S6->S8->S12->S13->S14->S11->S15->S16 | 0.391902 |

หลังจากที่คำนวณหาความน่าจะเป็นของทุกเส้นทางได้แล้วดังตารางที่ 5.12 นำทุกเส้นทางมารวมกันทั้งหมด 3 เส้นทาง จะได้ค่าความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.940898 ดังนั้นสรุปได้ว่า ความน่าจะเป็นในการให้บริการซ่อมรถยนต์ให้เสร็จภายใน 120 นาทีมีความเป็นไปได้ 0.940898 หรือคิดเป็นประมาณ 94 เปอร์เซ็นต์

CHULALONGKORN UNIVERSITY

**3) การตรวจสอบพฤติกรรมการทำงานหลังการแปลงเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป**

จากรูปที่ 5.33 พบว่าพฤติกรรมการทำงานของสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปที่แปลงมาจากกระแสงานยอว์ล มีพฤติกรรมการทำงานเหมือนเดิมทุกประการ เพราะกระบวนการให้บริการซ่อมรถยนต์ก่อนแปลงและหลังแปลง มีขั้นตอนในการดำเนินการทั้งหมด 5 ขั้นตอนที่เหมือนกัน ได้แก่ Start, Schedule Service, Service Requirements, Check for faults, Perform car service, Generate bill และ Finish เมื่อผู้วิจัยนำไฟล์สโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปที่ได้จากเครื่องมือแปลงนำไฟล์ดังกล่าวเข้าสู่เครื่องมือไปป์เพื่อทดสอบว่าแบบจำลองเป็นไปตามคุณสมบัติของ Soundness (Soundness property) หรือไม่ พบว่า แบบจำลองของกระบวนการให้บริการซ่อมรถยนต์มีคุณสมบัติของ Soundness แต่ถ้าดูจาก Reachability set ดังตารางที่ 5.5 ที่สร้างจากเครื่องมือไปป์ พบว่า มีบางเพลสที่ไม่เกิดการฟายริงทรานสิชันหรือไม่สามารถเข้าถึงได้ทุกเพลส (unbounded) เพราะเพลสนั้นถูกแปลงมาจากงานของกระแสงานยอว์ลที่มีเงื่อนไขของงานเป็น OR-Join และ OR Split

**5.3.2 สรุปผลการทดสอบเครื่องมือ**

จากการทดสอบเครื่องมือแปลง YAWL2GSPN กับทั้ง 3 กรณีศึกษาสรุปผลการทดสอบได้ดังนี้

1) กรณีกำหนดเวลาในการสมัครบัตรเครดิตให้เสร็จภายใน 50 นาที 90 นาทีและ 120 นาที (จากเวลาปกติ 250 นาที) พบว่า มีเปอร์เซ็นต์ความเป็นไปได้ แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 5.13 ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5. 13 สรุปผลการทดสอบกระบวนการสมัครบัตรเครดิต

| กรณีการทดสอบที่ | รายละเอียดการทดสอบ | ผลการทดสอบ |
|---|---|---|
| 1 | กรณีการสมัครบัตรเครดิตให้เสร็จภายใน 50 นาที | ประมาณ 22 เปอร์เซ็นต์ |
| 2 | กรณีการสมัครบัตรเครดิตให้เสร็จภายใน 90 นาที | ประมาณ 27 เปอร์เซ็นต์ |
| 3 | กรณีการสมัครบัตรเครดิตให้เสร็จภายใน 120 นาที | ประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ |

2) กรณีกำหนดเวลาในการสั่งซื้อสินค้าให้เสร็จภายใน 10 นาที 13 นาทีและ 16 นาที (จากเวลาปกติ 22 นาที) พบว่า มีเปอร์เซ็นต์ความเป็นไปได้ แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 5.14 ดังนี้

ตารางที่ 5. 14 สรุปผลการทดสอบกระบวนการสั่งซื้อสินค้า

| กรณีการทดสอบที่ | รายละเอียดการทดสอบ | ผลการทดสอบ |
|---|---|---|
| 1 | กรณีการสั่งซื้อสินค้าให้เสร็จภายใน 10 นาที | ประมาณ 0.12 เปอร์เซ็นต์ |
| 2 | กรณีการสั่งซื้อสินค้าให้เสร็จภายใน 13 นาที | ประมาณ 0.73 เปอร์เซ็นต์ |
| 3 | กรณีการสั่งซื้อสินค้าให้เสร็จภายใน 16 นาที | ประมาณ 0.78 เปอร์เซ็นต์ |

3) กรณีกำหนดเวลาในการให้บริการซ่อมรถยนต์ให้เสร็จภายใน 10 นาที 13 นาทีและ 16 นาที (จากเวลาปกติ 143 นาที) พบว่า มีเปอร์เซ็นต์ความเป็นไปได้ แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 5.15 ดังนี้

ตารางที่ 5. 15 สรุปผลการทดสอบกระบวนการให้บริการซ่อมรถยนต์

| กรณีการทดสอบที่ | รายละเอียดการทดสอบ | ผลการทดสอบ |
|---|---|---|
| 1 | กรณีการให้บริการซ่อมรถยนต์ให้เสร็จภายใน 60 นาที | ประมาณ 19 เปอร์เซ็นต์ |
| 2 | กรณีการให้บริการซ่อมรถยนต์ให้เสร็จภายใน 90 นาที | ประมาณ 76 เปอร์เซ็นต์ |
| 3 | กรณีการให้บริการซ่อมรถยนต์ให้เสร็จภายใน 120 นาที | ประมาณ 94 เปอร์เซ็นต์ |

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

# บทที่ 6
# สรุปผลการดำเนินงานวิจัย

## 6.1 สรุปผลงานวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบกฎการแปลงจากกระแสงานยอว์ลที่มีเงื่อนไขของเวลาไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป โดยงานวิจัยนี้ได้เสนอกฎการแปลงสัญลักษณ์ของกระแสงานยอว์ลไว้ทั้งหมด 10 กฎ ได้แก่ input condition, output condition, condition, atomic task, AND-Join task, AND-Split task, XOR-Join task, XOR-Split task, OR-Join task, OR-Split task จากนั้นผู้วิจัยทำการพัฒนาเครื่องมือแปลง YAWL2GSPN โดยให้ผู้ใช้งานนำเข้าไฟล์ยอว์ลเข้าสู่เครื่องมือแปลง YAWL2GSPN ซึ่งได้มาจากเครื่องมือ YAWL Editor ไฟล์จะอยู่ในรูปแบบแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล เมื่อกระแสงานยอว์ลถูกแปลงไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปแล้ว เครื่องมือแปลง YAWL2GSPN จะทำการส่งออกไฟล์สโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไป โดยไฟล์นี้จะอยู่ในรูปแบบแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอลเช่นเดียวกัน จากนั้นผู้ใช้งานจะนำไฟล์สโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปเข้าสู่เครื่องมือไปป์เพื่อระบุค่าเฉลี่ยของเวลาให้กับทุกสัญลักษณ์ของกระแสงานยอว์ลที่ถูกแปลงมา สำหรับการทวนสอบความถูกต้องของเครื่องมือแปลง YAWL2GSPN ว่า เครื่องมือแปลง YAWL2GSPN สามารถแปลงไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปได้ถูกต้องหรือไม่ งานวิจัยนี้จะใช้เครื่องมือไปป์เป็นเครื่องมือในการทวนสอบโดยพิจารณาจากพฤติกรรมของแบบจำลองกระบวนการ ว่าพฤติกรรมก่อนและหลังการแปลงมีพฤติกรรมการทำงานเหมือนเดิมหรือไม่ ทั้งนี้ผู้วิจัยได้นำเครื่องมือแปลง YAWL2GSPN มาทดสอบกับกรณีศึกษาทั้ง 3 กรณี พบว่า เครื่องมือแปลง YAWL2GSPN สามารถแปลงไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปได้สอดคล้องและครอบคลุมกับกฎการแปลงที่ได้เสนอไว้ได้ถูกต้องครบถ้วน จากนั้นผู้วิจัยนำสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปที่ไม่พิจารณาทรานสิชันที่ไม่กำหนดเวลา (Immediate transition) ไปวิเคราะห์หาความน่าจะเป็นของเวลา โดยใช้ห่วงโซ่มาร์คอฟ และใช้ความน่าจะเป็นที่มีการแจกแจงแบบเอ็กโพเนนเชียล โดยใช้ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมเพื่อใช้ในการหาความน่าจะเป็นของเวลาที่ใช้ทั้งหมดของกระแสงาน

## 6.2 ข้อจำกัดของเครื่องมือการแปลง

ข้อจำกัดของเครื่องมือแปลง YAWL2GSPN มีรายละเอียดดังนี้

1. เครื่องมือแปลง YAWL2GSPN ไม่สามารถรองรับการแปลงสัญลักษณ์ยอว์ลที่ทำงานหลายอย่างในเวลาเดียวกันได้ (Multiple Instance of Atomic task)

2. เครื่องมือแปลง YAWL2GSPN ไม่สามารถแปลง Atomic task ที่มี 2 Decorator ในงานเดียวกันได้ เช่น งานหนึ่งมี 2 Decorator คือ AND-Join และ XOR-Split เป็นต้น

3. เครื่องมือแปลง YAWL2GSPN ไม่สามารถแปลง Condition ที่มีเส้นขาออก (Outgoing arcs) มากกว่า 2 ขาได้

4. เมื่อเครื่องมือแปลง YAWL2GSPN ทำการแปลงไปเป็นสโตแคสติกเพทริเน็ตส์ทั่วไปแล้ว โดยไฟล์อยู่ในรูปแบบของแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล เมื่อนำไฟล์เข้าไปเปิดในเครื่องมือไปป์ ผู้ใช้งานจะต้องทำการจัดตำแหน่งของเพลสและทรานสิชันใหม่ เพราะเครื่องมือแปลงยังไม่สามารถจัดให้ตำแหน่งของเพลสและทรานสิชันอยู่ในรูปแบบที่สวยงามได้

**6.3 ข้อเสนอแนะ**

1) ออกแบบกฎการแปลงให้สามารถรองรับสัญลักษณ์ Multiple Instance Composite Task , Multiple instances of an atomic task

2) ออกแบบกฎการแปลงให้สามารถแปลง 1 Atomic task ที่มีมากกว่า 1 Decorator ได้

3) พัฒนาเครื่องมือแปลงที่สามารถส่งออกแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล โดยเมื่อนำไฟล์ไปเปิดในเครื่องมือไปป์แล้วสามารถจัดแสดงตำแหน่งของเพลสและทรานสิชันให้อยู่ในรูปแบบที่สวยงามได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

# บรรณานุกรม


1. *The YAWL Foundation. YAWL: Yet Another Workflow Language* [cited 2019 1 June]; Available from: www.yawlfoundation.org/.
2. Vatanawood, W.P.a.W., *Transforming YAWL Workflows into Petri Nets*. 2019, Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University. p. 100.
3. Vatanawood, K.S.a.W., *Formalism of Stochastic Queueing Network using Stochastic Petri Nets*. 2018, Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University.
4. Vatanawood, S.P.a.W., *Transforming YAWL Workflow to BPEL Skeleton*. 2011, Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University.
5. JianHong YE, S.S., Lijie Wen, and Wen SONG. *Transformation of BPMN to YAWL*. in *International Conference on Computer Science and Software Engineering*. 2008. IEEE Computer Society.
6. JianHong YE, S.S., Wen SONG, and LiJie WEN, *Formal Semantics of BPMN Process Models Using YAWL*, in *Second International Symposium on Intelligent Information Technology Application*. 2008.
7. Falko Bause, P.S.K., *Stochastic Petri Nets*. 2002.
8. Hillston, J., *Performance Modelling Stochastic Petri Nets Introduction*. 1985.
9. Zimmermann, A., *Stochastic Discrete Event System Modeling*. Evaluation Applications. 2008.
10. Hofstede, W.M.P.v.d.A.a.A.H.M.t., *YAWL: Yet Another Workflow Language*. 2004, The Netherlands.and Centre for Information Technology Innovation, Queensland University of Technology , Australia: Department of Technology Management, Eindhoven University of Technology.
11. Data, R. *W3Schools Online Web Tutorials*. [cited 2019 4 June]; Available from: http://www.w3schools.com.
12. Edwin Chung, T.K., Benjamin Kirby, Will Master and Matt Worthington. *PIPE*.



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

[cited 2019 4 June]; Available from: http://pipe2.sourceforge.net/about.html.

13. H. Motameni, A., M. Siasifar, H. Montazeri and A. Rezaei, *Analytic Evaluation on Petri Net by Using Markov Chain Theory to Achieve Optimized Models.* World Applied Sciences Journal 2008.
14. Yingying Su, J.W., Liang Tang, Junming Hou, Wanshan Wang, *Design and Implementation of Workflow Engine for Process Planning Based on GSPN*, in *Second International Symposium on Intelligent Information Technology Application*. 2008.
15. Vatanawood, W., *Formal Verification, Department of Computer Engineering*. 2018, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University.
16. Balbo, G., *Introduction to Stochastic Petri Nets*. 2001.
17. Boon-in, P., *Formal Modeling of Multi-Server Queuing Network using Stochastic Petri Nets*, in *Engineering*. 2019, Chulalongkorn University. p. 117.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

# ประวัติผู้เขียน

| | |
|---|---|
| **ชื่อ-สกุล** | นางสาวสุพัตรา บุญญะวัตร |
| **วัน เดือน ปี เกิด** | 19 ตุลาคม 2532 |
| **วุฒิการศึกษา** | วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปีการศึกษา 2554 และต่อมาในปีการศึกษา 2560 ได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมซอฟต์แวร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY