

บทที่ 5

การทดสอบและสรุปผล

ในบทนี้ จะกล่าวถึงการทดสอบเครื่องมือซอฟต์แวร์สร้างข้อกำหนดเขตของคุณสมบัติพฤติกรรมของระบบ โดยตรวจสอบความถูกต้องของข้อกำหนดเขตในเรื่องความสัมพันธ์ด้วยเครื่องมือ Z/Eves และตรวจสอบความถูกต้องของเงื่อนไขก่อน

5.1 ขั้นตอนการติดตั้งเครื่องมือซอฟต์แวร์

ทำการติดตั้งเครื่องมือซอฟต์แวร์ R2Z2 โดยการเรียก setup.exe แล้วปฏิบัติตามขั้นตอนที่แนะนำเพื่อติดตั้งเครื่องมือจนสำเร็จ สำหรับวิธีการใช้งานเครื่องมือซอฟต์แวร์ R2Z2 สามารถศึกษาได้จากภาคผนวก

5.2 สภาพที่ใช้ทดสอบเครื่องมือซอฟต์แวร์

เครื่องคอมพิวเตอร์และระบบปฏิบัติการที่ใช้ในการทดสอบมีรายละเอียดดังนี้

- คอมพิวเตอร์พีซี Pentium III 450 เมกะเฮิร์ตซ์
- หน่วยความจำหลัก 512 เมกะไบต์
- ฮาร์ดดิสก์ความจุ 30 กิกะไบต์
- ระบบปฏิบัติการไมโครซอฟท์วินโดวส์ 2000

5.3 กรณีศึกษาสำหรับทดสอบเครื่องมือซอฟต์แวร์

ขั้นตอนการทดสอบเครื่องมือซอฟต์แวร์ มีลำดับดังนี้

1) สร้างกรณีศึกษา โดยสร้างแผนภาพเอนทิตีและความสัมพันธ์เพื่อใช้เป็นกรณีศึกษาสำหรับการทดสอบเครื่องมือซอฟต์แวร์ จำนวน 3 กรณีศึกษา คือ ระบบให้เช่ารถแวน [4] ระบบขายสินค้า [4] และฐานข้อมูลจัดการชิ้นส่วน [8] จัดทำเพิ่มความของพจนานุกรมข้อมูล และพจนานุกรมความสัมพันธ์ของแต่ละกรณีศึกษา

2) สร้างกรณีทดสอบ โดยสร้างแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสควิแอลเพื่อใช้เป็นกรณีทดสอบจำนวน 15 แผนภาพเพื่อให้ครอบคลุมการดำเนินการพื้นฐานทั้งหมด จัดทำเพิ่มความของแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสควิแอล

3) สร้างข้อกำหนดเขตจากเครื่องมือซอฟต์แวร์ ข้อกำหนดเขตที่ได้ประกอบด้วยข้อกำหนดชนิดข้อมูล คำร่างเอนทิตี และคำร่างความสัมพันธ์ ซึ่งสร้างขึ้นจากพจนานุกรมข้อมูลและพจนานุกรมความสัมพันธ์

ดังที่ได้กำหนดไว้ในข้อ 1) ส่วนข้อกำหนดเขตของเค้าร่างการดำเนินการพื้นฐาน สร้างขึ้นจากเพิ่มข้อความของแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสควิลแอล ดังที่ได้กำหนดไว้ในข้อ 2

4) ตรวจสอบวากยสัมพันธ์ของข้อกำหนดเขตที่ได้โดยใช้ Z/EVES

5) ตรวจสอบเค้าร่างของข้อกำหนดเขตที่สร้างขึ้น ว่าเป็นไปตามขั้นตอนวิธีแปลงแผนภาพเอนทิตีและความสัมพันธ์ และแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสควิลแอล เป็นข้อกำหนดเขตดังที่กล่าวมาในบทที่ 3 หรือไม่

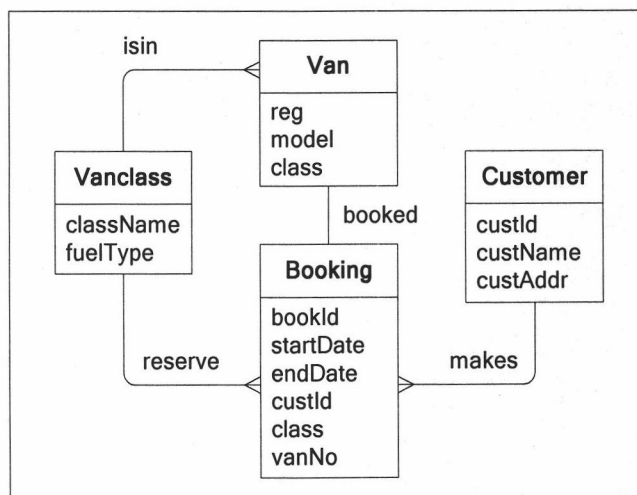
6) วิเคราะห์ข้อกำหนดเขตที่ได้โดยใช้ Z/EVES โดยการสร้างเงื่อนไขก่อน ซึ่งเป็นวิธีการตรวจสอบข้อกำหนดที่ต้องเป็นจริงก่อนทำงานตามข้อกำหนดของการดำเนินการพื้นฐาน หากเงื่อนไขก่อนเป็นเท็จแสดงว่าการนิยามมีความขัดแย้งกัน แต่ถ้าหากเงื่อนไขก่อนเป็นจริงแสดงว่าข้อกำหนดก่อนการดำเนินการของการดำเนินการพื้นฐานมีความถูกต้อง โดยในงานวิจัยนี้จะทำการทดสอบค่าของตัวแปรเข้าเมื่อมีการทำการดำเนินการพื้นฐานต่างๆ เป็นลำดับกัน

สำหรับรายละเอียดในการทดสอบกรณีศึกษา 3 กรณี มีดังนี้

5.3.1 กรณีศึกษาที่ 1 ระบบให้เช่ารถแวน

ระบบให้เช่ารถแวนเป็นระบบสำหรับผู้ที่ให้บริการเช่ารถแวน ซึ่งคล้ายกับระบบให้เช่ารถยนต์ทั่วไป แต่จะแตกต่างตรงที่รถที่ให้เช่ามีเฉพาะรถแวนเท่านั้น รถแวนสามารถแบ่งเป็นประเภทต่างๆ เช่น มินิแวน แวนสำหรับขนส่ง และแวนสำหรับงานหนัก เป็นต้น โดยในการเช่ารถแวนลูกค้าจะทำการจองโดยระบุชนิดของรถแวนที่ต้องการเช่าล่วงหน้า และเมื่อมารับรถทางผู้จะจัดหารถแวนตามชนิดที่จองไว้มาให้บริการ

จากแผนภาพเอนทิตีและความสัมพันธ์ของระบบให้เช่ารถแวน รูปที่ 5.1 สามารถนำเพิ่มพจนานุกรมข้อมูลและเพิ่มพจนานุกรมความสัมพันธ์ สร้างเป็นข้อกำหนดเขตดังแสดงในภาคผนวก ก



รูปที่ 5.1 แผนภาพเอนทิตีและความสัมพันธ์ของระบบให้เช่ารถแวน

ข้อกำหนดเขตของระบบให้เช่ารถแวน ประกอบด้วย 4 เอนทิตี และ 4 ความสัมพันธ์ โดยมีรายละเอียดเค้าร่างทั้งหมดดังนี้

- เค้าร่างเอนทิตีมีทั้งหมด 4 เค้าร่าง คือ Vanclass Van Customer และ Booking ซึ่งสร้างขึ้นตามกฎการแปลงแผนภาพเอนทิตีและความสัมพันธ์เป็นข้อกำหนดเขต ข้อ 3 ดังที่กำหนด

ไว้ในบทที่ 3

- คำร่างเพิ่มเติมของเอนทิตีมีทั้งหมด 4 คำร่าง คือ VanclassExt VanExt CustomerExt และ BookingExt ซึ่งสร้างขึ้นตามกฎการแปลงแผนภาพเอนทิตีและความสัมพันธ์เป็นข้อกำหนดเซต ข้อ 4 ดังที่กำหนดไว้ในบทที่ 3
- คำร่างความสัมพันธ์มีทั้งหมด 4 คำร่าง คือ RelationshipIsIn RelationshipReserve RelationshipMakes และ RelationshipBooked ซึ่งสร้างขึ้นตามกฎการแปลงแผนภาพเอนทิตีและความสัมพันธ์เป็นข้อกำหนดเซต ข้อ 5-7 ดังที่กำหนดไว้ในบทที่ 3
- คำร่างแสดงสถานะมีทั้งหมด 2 คำร่าง คือ Success และ NotFound ซึ่งสร้างขึ้นตามกฎการแปลงแผนภาพเอนทิตีและความสัมพันธ์เป็นข้อกำหนดเซตข้อ 8 ดังที่กำหนดไว้ในบทที่ 3

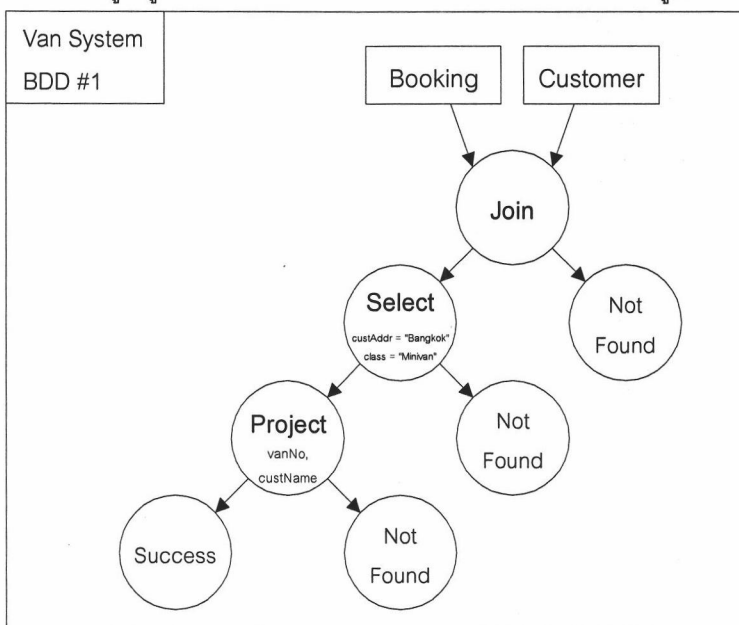
ตรวจสอบวากยสัมพันธ์ของข้อกำหนดเซตที่ได้โดยใช้ Z/EVES พบว่าข้อกำหนดที่ได้นั้นมีความถูกต้องตามวากยสัมพันธ์ของข้อกำหนดเซต

5.3.1.1 กรณีทดสอบที่ 1 (กรณีศึกษาที่ 1)

การหาข้อมูลเลขทะเบียนรถแวนและผู้จอง โดยแสดงเฉพาะผู้จองรถมินิแวนที่อยู่ในกรุงเทพ เขียนเป็นภาษาเอสคิวแอลได้ดังนี้

```
select Booking.vanNo, Customer.custName from Booking, Customer
where Booking.custId = Customer.custId and
      custAddr = "Bangkok" and Booking.class = "Minivan";
```

สามารถเขียนให้อยู่ในรูปแบบแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอล ได้ดังรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.2 แผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลของกรณีทดสอบที่ 1 (กรณีศึกษาที่ 1)

จากแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอล รูปที่ 5.2 สามารถสร้างเป็นข้อกำหนดเซต ดังแสดงในภาคผนวก ก กรณีทดสอบที่ 1 โดยมีรายละเอียดดังนี้

- เค้าร่างผลลัพธ์มีทั้งหมด 3 เค้าร่าง คือ BDD1R1 BDD1R2 และ BDD1R3 ซึ่งสร้างขึ้นตามกฎการแปลงแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลเป็นข้อกำหนดเซต ข้อ 14 12 และ 13 ตามลำดับ ดังที่กำหนดไว้ในบทที่ 3
- เค้าร่างการดำเนินการพื้นฐานมีทั้งหมด 3 เค้าร่าง คือ BDD1Op1Join BDD1Op2Select และ BDD1Op3Project ซึ่งสร้างขึ้นตามกฎการแปลงแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลเป็นข้อกำหนดเซต ข้อ 14 12 และ 13 ตามลำดับ ดังที่กำหนดไว้ในบทที่ 3
- เค้าร่างรวมการดำเนินการพื้นฐาน 1 เค้าร่าง คือ BDD1 ซึ่งสร้างขึ้นตามกฎการแปลงแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลเป็นข้อกำหนดเซตข้อ 28 ดังที่กำหนดไว้ในบทที่ 3

โดยมีเค้าร่างทั้งหมดดังนี้

```

BDD1R1
bookId : BOOKID
startDate : DATE
endDate : DATE
custId : CUSTID
class : CLASSNAME
vanNo : REG
custName : CUSTNAME
custAddr : CUSTADDR

```

```

BDD1Op1Join
input1? : F Booking
input2? : F Customer
output! : F BDD1R1

input1? ≠ ∅
input2? ≠ ∅
∇ out : output!; in1 : input1?; in2 : input2
  | in1.custId = in2.custId
  • out.bookId = in1.bookId ∧
    out.startDate = in1.startDate ∧
    out.endDate = in1.endDate ∧
    out.custId = in2.custId ∧
    out.class = in2.class ∧
    out.vanNo = in2.vanNo ∧
    out.custName = in2.custName ∧
    out.custAddr = in2.custAddr

```

BDD1R2
<i>bookId</i> : BOOKID <i>startDate</i> : DATE <i>endDate</i> : DATE <i>custId</i> : CUSTID <i>class</i> : CLASSNAME <i>vanNo</i> : REG <i>custName</i> : CUSTNAME <i>custAddr</i> : CUSTADDR

BDD1Op2Select
<i>input1?</i> : \mathbb{F} BDD1R1 <i>custAddrValue?</i> : CUSTADDR <i>classValue?</i> : CLASSNAME <i>output!</i> : \mathbb{F} BDD1R2
<i>input1?</i> $\neq \emptyset$ $\forall out : output!; in1 : input1?$ $in1.sCity = sCityValue? \wedge$ $in1.class = classValue?$ • $out = in1$

BDD1R3
<i>vanNo</i> : REG <i>custName</i> : CUSTNAME

BDD1Op3Project
<i>input1?</i> : \mathbb{F} BDD1R2 <i>output!</i> : \mathbb{F} BDD1R3
<i>input1?</i> $\neq \emptyset$ $\forall out : output!; in1 : input1?$ • $out.vanNo = in1.vanNo \wedge$ $out.custName = in1.custName$

ผลการตรวจสอบวากยสัมพันธ์ของข้อกำหนดเขตที่ได้โดยใช้ Z/EVES พบว่าข้อกำหนดที่ได้นั้นมีความถูกต้องตามวากยสัมพันธ์ของข้อกำหนดเขต และผลการทดสอบเงื่อนไขก่อนของข้อกำหนดที่ได้ ดังแสดงในภาคผนวก ก กรณีทดสอบที่ 1 พบว่ามีความถูกต้อง เนื่องจากพิจารณาผลที่ได้แล้วพบว่าข้อกำหนดที่แสดงอยู่หน้าเงื่อนไข implies เป็นจริง ถูกต้องตามที่กำหนดไว้ทุกประการ ดังนั้นเมื่อข้อกำหนดที่อยู่หน้าเงื่อนไข implies เป็นจริง จึงมีผลให้ข้อกำหนดที่อยู่หลังเงื่อนไข implies เป็นจริงด้วยเช่นกัน

สามารถเขียนเค้าร่างรวมการดำเนินการพื้นฐาน โดยการรวมเค้าร่างการดำเนินการพื้นฐานทั้งหมดของแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลได้ ดังนี้

$$BDD1 \cong BDD1Op1Join [op1input1? / input1?, op1input2? / input2?, op1output! / output!];$$

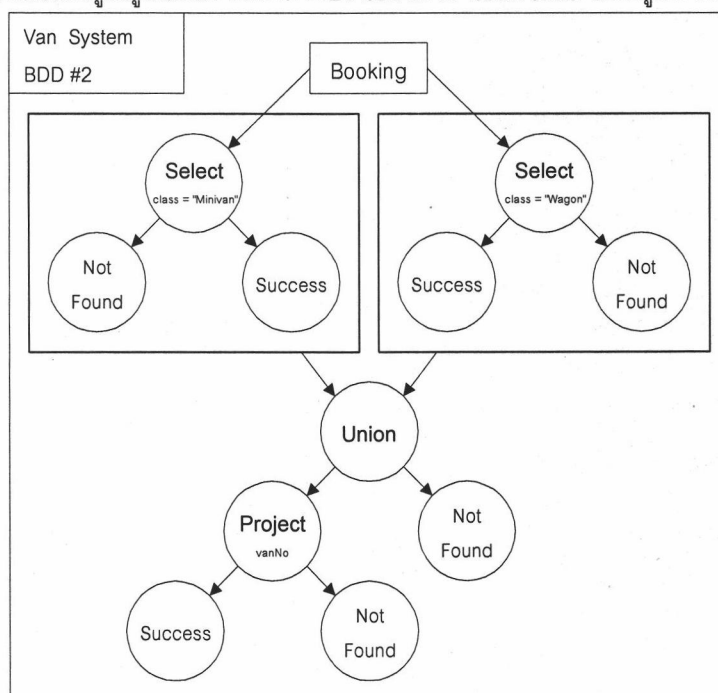
```
BDD1Op2Select [op1output? / input1?, op2classValue? / classValue?,
               op2custAddrValue? / custAddrValue?, op2output! / output!];
BDD1Op3Project [op2output? / input1?, op3output! / output!]
```

5.3.1.2 กรณีทดสอบที่ 2 (กรณีศึกษาที่ 1)

การหาข้อมูลเลขทะเบียนรถมินิแวนหรือแวกอนที่ถูกจองแล้ว เขียนเป็นภาษาเอสคิวแอลได้ดังนี้

```
select vanNo from Booking where Booking.class = "Minivan" UNION
select vanNo from Booking where Booking.class = "Wagon"
```

สามารถเขียนให้อยู่ในรูปแบบภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอล ได้ดังรูปที่ 5.3



รูปที่ 5.3 แผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลของกรณีทดสอบที่ 2 (กรณีศึกษาที่ 1)

จากแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลรูปที่ 5.3 สามารถสร้างเป็นข้อกำหนดเซต ดังแสดงในภาคผนวก ก กรณีทดสอบที่ 2 โดยมีรายละเอียดดังนี้

- คำร่างผลลัพธ์มีทั้งหมด 4 คำร่าง คือ BDD2R1 BDD2R2 BDD2R3 และ BDD2R4 ซึ่งสร้างขึ้นตามกฎการแปลงแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลเป็นข้อกำหนดเซต ข้อ 12 15 และ 16 ตามลำดับ ดังที่กำหนดไว้ในบทที่ 3
- คำร่างการดำเนินการพื้นฐานมีทั้งหมด 4 คำร่าง คือ BDD2Op1Select BDD2Op2Select BDD2Op3Union และ BDD2Op4Project ซึ่งสร้างขึ้นตามกฎการแปลงแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลเป็นข้อกำหนดเซต ข้อ 12 15 และ 13 ตามลำดับ ดังที่กำหนดไว้ในบทที่ 3
- คำร่างรวมการดำเนินการพื้นฐาน 1 คำร่าง คือ BDD2 ซึ่งสร้างขึ้นตามกฎการแปลงแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลเป็นข้อกำหนดเซตข้อ 28 ดังที่กำหนดไว้ในบทที่ 3 โดยมีคำร่างทั้งหมดดังนี้

BDD2R1

bookId : BOOKID
startDate : DATE
endDate : DATE
custId : CUSTID
class : CLASSNAME
vanNo : REG

BDD2Op1Select

input1? : \mathbb{F} Booking
classValue? : CLASSNAME
output! : \mathbb{F} BDD2R1

input1? $\neq \emptyset$
 $\forall out : output!; in1 : input1?$
 | *in1.class* = *classValue?*
 • *out* = *in1*

BDD2R2

bookId : BOOKID
startDate : DATE
endDate : DATE
custId : CUSTID
class : CLASSNAME
vanNo : REG

BDD2Op2Select

input1? : \mathbb{F} Booking
classValue? : CLASSNAME
output! : \mathbb{F} BDD2R2

input1? $\neq \emptyset$
 $\forall out : output!; in1 : input1?$
 | *in1.class* = *classValue?*
 • *out* = *in1*

BDD2R3

bookId : BOOKID
startDate : DATE
endDate : DATE
custId : CUSTID
class : CLASSNAME
vanNo : REG

<p><i>BDD2Op3Union</i></p> <p>\exists <i>BDD2R1</i></p> <p>\exists <i>BDD2R2</i></p> <p><i>input1?</i> : \mathbb{F} <i>BDD2R1</i></p> <p><i>input2?</i> : \mathbb{F} <i>BDD2R2</i></p> <p><i>output!</i> : \mathbb{F} <i>BDD2R3</i></p> <hr/> <p>θ <i>BDD2R1</i> = θ <i>BDD2R2</i></p> <p>\forall <i>out</i> : \backslashinset <i>output!</i>; <i>in1</i> : <i>input1?</i>; <i>in2</i> : <i>input2</i></p> <p style="padding-left: 20px;"> <i>in1.custId</i> \backslashnotin <i>in2.custId</i></p> <p style="padding-left: 20px;">• <i>out</i> = {<i>in1</i>} \cup {<i>in2</i>}</p>
<p><i>BDD2R4</i></p> <p><i>vanNo</i> : REG</p>
<p><i>BDD2Op4Project</i></p> <p><i>input1?</i> : \mathbb{F} <i>BDD2R3</i></p> <p><i>output!</i> : \mathbb{F} <i>BDD2R4</i></p> <hr/> <p><i>input1?</i> $\neq \emptyset$</p> <p>\forall <i>out</i> : <i>output!</i>; <i>in1</i> : <i>input1?</i> • <i>out.vanNo</i> = <i>in1.vanNo</i></p>

ผลการตรวจสอบวากยสัมพันธ์ของข้อกำหนดเขตที่ได้โดยใช้ Z/EVES พบว่าข้อกำหนดที่ได้นั้นมีความถูกต้องตามวากยสัมพันธ์ของข้อกำหนดเขต และผลการทดสอบเงื่อนไขก่อนของข้อกำหนดที่ได้ ดังแสดงในภาคผนวก ก กรณีทดสอบที่ 2 พบว่ามีความถูกต้อง เนื่องจากพิจารณาผลที่ได้แล้วพบว่าข้อกำหนดที่แสดงอยู่หน้าเงื่อนไข implies เป็นจริง ถูกต้องตามที่กำหนดไว้ทุกประการ ดังนั้นเมื่อข้อกำหนดที่อยู่หน้าเงื่อนไข implies เป็นจริง จึงมีผลให้ข้อกำหนดที่อยู่หลังเงื่อนไข implies เป็นจริงด้วยเช่นกัน

สามารถเขียนเค้าร่างรวมการดำเนินการพื้นฐาน โดยการรวมเค้าร่างการดำเนินการพื้นฐานของแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลได้ ดังนี้

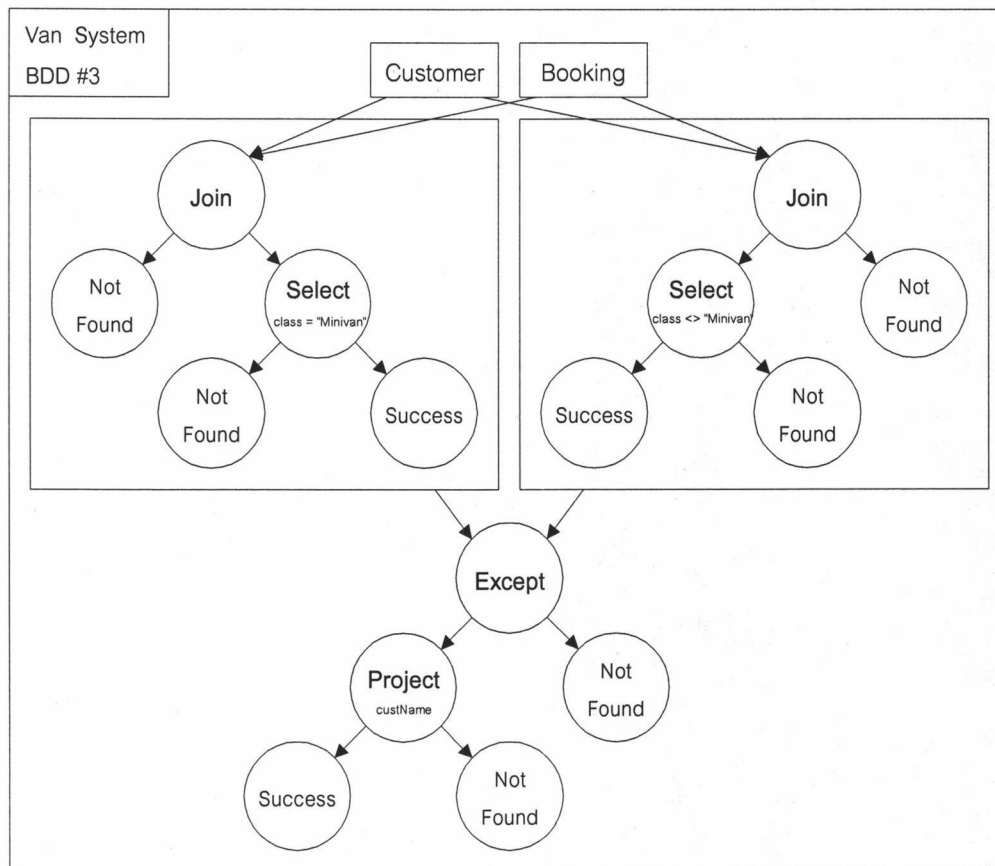
```
BDD2  $\hat{=}$  BDD2Op1Select [op1input1? / input1?, op1output! / output!];
      BDD2Op2Select [op2input1? / input1?, op2output! / output!];
      BDD2Op3Union [op1output? / input1?, op2output? / input2?, op3output! / output!];
      BDD2Op4Project [op3output? / input1?, op4output! / output!]
```

5.3.1.3 กรณีทดสอบที่ 3 (กรณีศึกษาที่ 1)

การหาข้อมูลรายชื่อลูกค้าที่จองเฉพาะรถมินิแวนโดยไม่จองรถชนิดอื่นเลย เขียนเป็นภาษาเอสคิวแอลได้ดังนี้

```
select custName from Customer, Booking
where Customer.custId = Booking.custId and Booking.class = "Minivan" EXCEPT
select custName from Customer, Booking
where Customer.custId = Booking.custId and Booking.class <> "Minivan";
```


สามารถเขียนให้อยู่ในรูปแบบภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอล ได้ดังรูปที่ 5.4



รูปที่ 5.4 แผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลของกรณีทดสอบที่ 3 (กรณีศึกษาที่ 1)

จากแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลรูปที่ 5.4 สามารถสร้างเป็นข้อกำหนดเซต ดังแสดงในภาคผนวก ก กรณีทดสอบที่ 3 โดยมีรายละเอียดดังนี้

- คำร่างผลลัพธ์มีทั้งหมด 6 คำร่าง คือ BDD3R1 BDD3R2 BDD3R3 BDD3R4 BDD3R5 และ BDD3R6 ซึ่งสร้างขึ้นตามกฎการแปลงแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลเป็นข้อกำหนดเซต ข้อ 14 12 17 และ 13 ตามลำดับ ดังที่กำหนดไว้ในบทที่ 3
- คำร่างการดำเนินการพื้นฐานมีทั้งหมด 6 คำร่าง คือ BDD3Op1Join BDD3Op2Select BDD3Op3Join BDD3Op4Select BDD3Op5Except และ BDD3Op6Project ซึ่งสร้างขึ้นตามกฎการแปลงแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลเป็นข้อกำหนดเซต ข้อ 14 12 17 และ 13 ตามลำดับ ดังที่กำหนดไว้ในบทที่ 3
- คำร่างรวมการดำเนินการพื้นฐาน 1 คำร่าง คือ BDD3 ซึ่งสร้างขึ้นตามกฎการแปลงแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลเป็นข้อกำหนดเซตข้อ 28 ดังที่กำหนดไว้ในบทที่ 3 โดยมีคำร่างทั้งหมดดังนี้

BDD3R1

bookId : BOOKID
startDate : DATE
endDate : DATE
custId : CUSTID
class : CLASSNAME
vanNo : REG
custName : CUSTNAME
custAddr : CUSTADDR

BDD3Op1Join

input1? : \mathbb{F} Booking
input2? : \mathbb{F} Customer
output! : \mathbb{F} BDD3R1

input1? $\neq \emptyset$

input2? $\neq \emptyset$

\forall *out* : *output!*; *in1* : *input1?*; *in2* : *input2* | *in1.custId* = *in2.custId*

- *out.bookId* = *in1.bookId* \wedge
out.startDate = *in1.startDate* \wedge
out.endDate = *in1.endDate* \wedge
out.custId = *in2.custId* \wedge
out.class = *in2.class* \wedge
out.vanNo = *in2.vanNo* \wedge
out.custName = *in2.custName* \wedge
out.custAddr = *in2.custAddr*
-

BDD3R2

bookId : BOOKID
startDate : DATE
endDate : DATE
custId : CUSTID
class : CLASSNAME
vanNo : REG
custName : CUSTNAME
custAddr : CUSTADDR

BDD3Op2Select

input1? : \mathbb{F} BDD3R1
classValue? : CLASSNAME
output! : \mathbb{F} BDD3R2

input1? $\neq \emptyset$

\forall *out* : *output!*; *in1* : *input1?* | *in1.class* = *classValue?* • *out* = *in1*

BDD3R3

bookId : BOOKID
startDate : DATE
endDate : DATE
custId : CUSTID
class : CLASSNAME
vanNo : REG
custName : CUSTNAME
custAddr : CUSTADDR

BDD3Op3Join

input1? : \mathbb{F} Booking
input2? : \mathbb{F} Customer
output! : \mathbb{F} BDD3R3

input1? $\neq \emptyset$

input2? $\neq \emptyset$

\forall *out* : *output!*; *in1* : *input1?*; *in2* : *input2* | *in1.custId* = *in2.custId*

- *out.bookId* = *in1.bookId* \wedge
out.startDate = *in1.startDate* \wedge
out.endDate = *in1.endDate* \wedge
out.custId = *in2.custId* \wedge
out.class = *in2.class* \wedge
out.vanNo = *in2.vanNo* \wedge
out.custName = *in2.custName* \wedge
out.custAddr = *in2.custAddr*

BDD3R4

bookId : BOOKID
startDate : DATE
endDate : DATE
custId : CUSTID
class : CLASSNAME
vanNo : REG
custName : CUSTNAME
custAddr : CUSTADDR

BDD3Op4Select

input1? : \mathbb{F} BDD3R3
classValue? : CLASSNAME
output! : \mathbb{F} BDD3R4

input1? $\neq \emptyset$

\forall *out* : *output!*; *in1* : *input1?* | *in1.class* \neq *classValue?* • *out* = *in1*

BDD3R5
bookId : BOOKID
startDate : DATE
endDate : DATE
custId : CUSTID
class : CLASSNAME
vanNo : REG
custName : CUSTNAME
custAddr : CUSTADDR

BDD3Op5Except
\exists BDD3R2
\exists BDD3R4
input1? : \mathbb{F} BDD3R2
input2? : \mathbb{F} BDD3R4
output! : \mathbb{F} BDD3R5
θ BDD3R2 = θ BDD3R4
\forall out : \finset output!; in1 : input1?; in2 : input2
• out = {in1} \ {in2}

BDD3R6
custName : CUSTNAME

BDD3Op6Project
input1? : \mathbb{F} BDD3R5
output! : \mathbb{F} BDD3R6
input1? $\neq \emptyset$
\forall out : output!; in1 : input1?
• out.custName = in1.custName

ผลการตรวจสอบวากยสัมพันธ์ของข้อกำหนดเซตที่ได้โดยใช้ Z/EVES พบว่าข้อกำหนดที่ได้นั้นมีความถูกต้องตามวากยสัมพันธ์ของข้อกำหนดเซต และผลการทดสอบเงื่อนไขก่อนของข้อกำหนดที่ได้ ดังแสดงในภาคผนวก ก กรณีทดสอบที่ 3 พบว่ามีความถูกต้อง เนื่องจากพิจารณาผลที่ได้แล้วพบว่าข้อกำหนดที่แสดงอยู่หน้าเงื่อนไข implies เป็นจริง ถูกต้องตามที่กำหนดไว้ทุกประการ ดังนั้นเมื่อข้อกำหนดที่อยู่หน้าเงื่อนไข implies เป็นจริง จึงมีผลให้ข้อกำหนดที่อยู่หลังเงื่อนไข implies เป็นจริงด้วยเช่นกัน

สามารถเขียนเค้าร่างรวมการดำเนินการพื้นฐาน โดยการรวมเค้าร่างการดำเนินการพื้นฐานของแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลได้ ดังนี้

$$BDD3 \hat{=} BDD3Op1Join [op1input1? / input1?, op1input2? / input2?, op1output! / output!];$$

$$BDD2Op2Select [op1output? / input1?, op2output! / output!];$$

$$BDD3Op3Join [op3input1? / input1?, op3input2? / input2?, op3output! / output!];$$

$$BDD3Op4Select [op3output? / input1?, op4output! / output!];$$

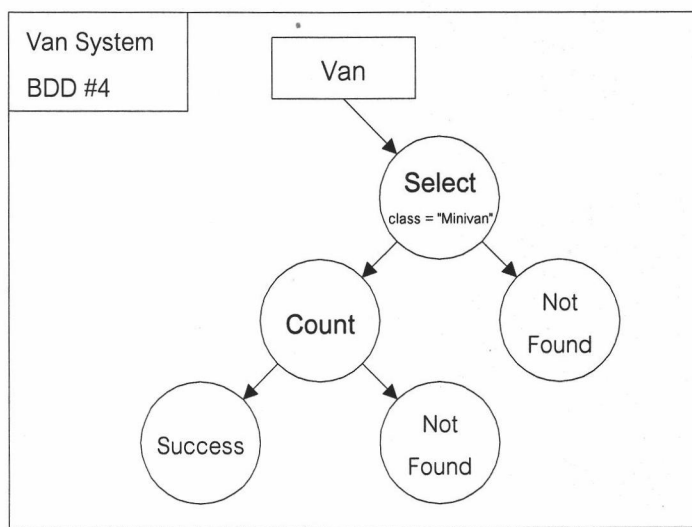
```
BDD3Op5Except [op2output? / input1?, op4output? / input2?,
op5output! / output!];
BDD3Op6Project [op5output? / input1?, op6output! / output!]
```

5.3.1.4 กรณีทดสอบที่ 4 (กรณีศึกษาที่ 1)

การนับจำนวนรถมินิแวนที่มีอยู่ในระบบ เขียนเป็นภาษาเอสคิวแอลได้ดังนี้

```
select count (*) from Van where class = "Minivan";
```

สามารถเขียนให้อยู่ในรูปแบบภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอล ได้ดังรูปที่ 5.5



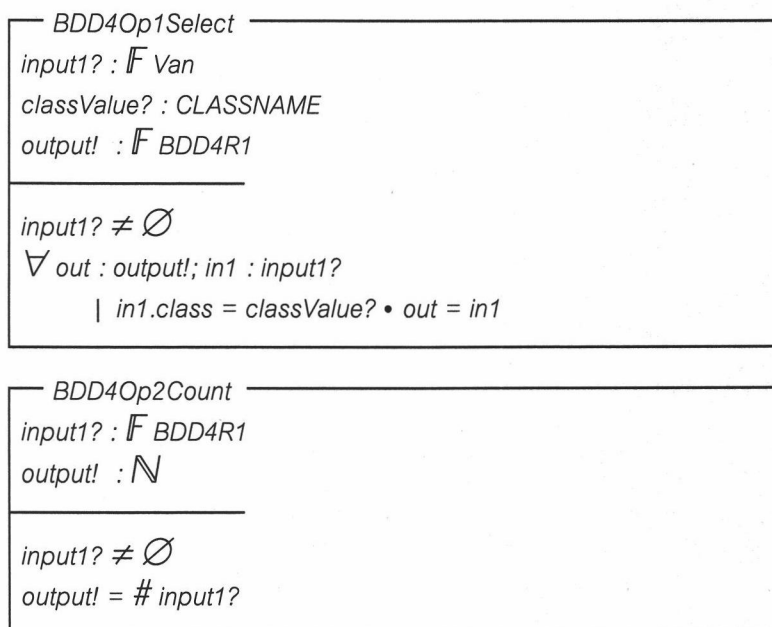
รูปที่ 5.5 แผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลของกรณีทดสอบที่ 4 (กรณีศึกษาที่ 1)

จากแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลรูปที่ 5.5 สามารถสร้างเป็นข้อกำหนดชุด ดังแสดงในภาคผนวก ก กรณีทดสอบที่ 4 โดยมีรายละเอียดดังนี้

- คำร่างผลลัพธ์มี 1 คำร่าง คือ BDD4R1 ซึ่งสร้างขึ้นตามกฎการแปลงแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลเป็นข้อกำหนดชุด ข้อ 12 ดังที่กำหนดไว้ในบทที่ 3
- คำร่างการดำเนินการพื้นฐานมีทั้งหมด 2 คำร่าง คือ BDD4Op1Select และ BDD4Op2Count ซึ่งสร้างขึ้นตามกฎการแปลงแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลเป็นข้อกำหนดชุด ข้อ 12 และ 24 ตามลำดับ ดังที่กำหนดไว้ในบทที่ 3
- คำร่างรวมการดำเนินการพื้นฐาน 1 คำร่าง คือ BDD4 ซึ่งสร้างขึ้นตามกฎการแปลงแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลเป็นข้อกำหนดชุดข้อ 28 ดังที่กำหนดไว้ในบทที่ 3

โดยมีคำร่างทั้งหมดดังนี้

```
BDD4R1
reg : REG
model : MODEL
class : CLASSNAME
```



ผลการตรวจสอบวากยสัมพันธ์ของข้อกำหนดเซตที่ได้โดยใช้ Z/EVES พบว่าข้อกำหนดที่ได้นั้นมีความถูกต้องตามวากยสัมพันธ์ของข้อกำหนดเซต และผลการทดสอบเงื่อนไขก่อนของข้อกำหนดที่ได้ ดังแสดงในภาคผนวก ก กรณีทดสอบที่ 4 พบว่ามีความถูกต้อง เนื่องจากพิจารณาผลที่ได้แล้วพบว่าข้อกำหนดที่แสดงอยู่บนหน้าเงื่อนไข implies เป็นจริง ถูกต้องตามที่กำหนดไว้ทุกประการ ดังนั้นเมื่อข้อกำหนดที่อยู่หน้าเงื่อนไข implies เป็นจริง จึงมีผลให้ข้อกำหนดที่อยู่หลังเงื่อนไข implies เป็นจริงด้วยเช่นกัน

สามารถเขียนเค้าร่างรวมการดำเนินการพื้นฐาน โดยการรวมเค้าร่างการดำเนินการพื้นฐานของแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลได้ ดังนี้

$$BDD4 \cong BDD4Op1Select [op1input1? / input1?, op1output! / output!];$$

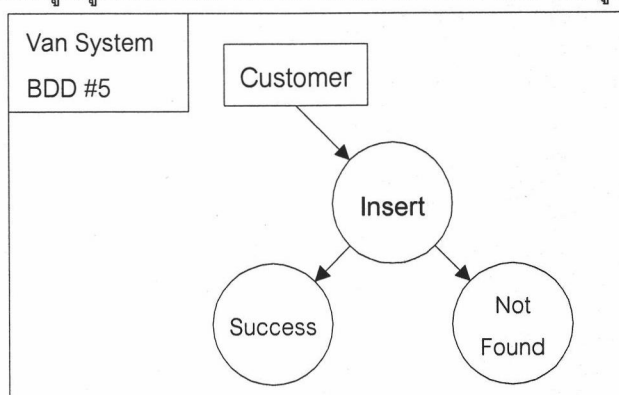
$$BDD4Op2Count [op1output?/input1?, op2output? / output!]$$

5.3.1.5 กรณีทดสอบที่ 5 (กรณีศึกษาที่ 1)

การเพิ่มข้อมูลลูกค้า เขียนเป็นภาษาเอสคิวแอลได้ดังนี้

insert into Customer ...;

สามารถเขียนให้อยู่ในรูปแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอล ได้ดังรูปที่ 5.6



รูปที่ 5.6 แผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลของกรณีทดสอบที่ 5 (กรณีศึกษาที่ 1)

จากแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลรูปที่ 5.6 สามารถสร้างเป็นข้อกำหนดเซต ดังแสดงในภาคผนวก ก กรณีทดสอบที่ 5 โดยมีรายละเอียดดังนี้

- คำร่างการดำเนินการพื้นฐานมีทั้งหมด 2 คำร่าง คือ BDD5Op1Init และ BDD5Op1Insert ซึ่งสร้างขึ้นตามกฎการแปลงแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลเป็นข้อกำหนดเซต ข้อ 9 ดังที่กำหนดไว้ในบทที่ 3
- คำร่างรวมการดำเนินการพื้นฐาน 1 คำร่าง คือ BDD5 ซึ่งสร้างขึ้นตามกฎการแปลงแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลเป็นข้อกำหนดเซตข้อ 28 ดังที่กำหนดไว้ในบทที่ 3

โดยมีคำร่างทั้งหมดดังนี้

<p>BDD5Op1Init</p> <p>Δ CustomerExt</p> <hr/> <p>$customerSet' = \emptyset$ $customerKey' = \emptyset$ $customerAtt' = \emptyset$</p>
<p>BDD5Op2Insert</p> <p>Δ CustomerExt</p> <p>$customerKey? : CUSTID$ $newValue? : Customer$</p> <hr/> <p>$customerKey? \notin dom\ customerAtt$ $customerSet' = customerSet \cup \{ newValue? \}$</p>

ผลการตรวจสอบวากยสัมพันธ์ของข้อกำหนดเซตที่ได้โดยใช้ Z/EVES พบว่าข้อกำหนดที่ได้นั้นมีความถูกต้องตามวากยสัมพันธ์ของข้อกำหนดเซต และผลการทดสอบเงื่อนไขก่อนของข้อกำหนดที่ได้ ดังแสดงในภาคผนวก ก กรณีทดสอบที่ 5 พบว่ามีความถูกต้อง เนื่องจากพิจารณาผลที่ได้แล้วพบว่าข้อกำหนดที่แสดงอยู่หน้าเงื่อนไข implies เป็นจริง ถูกต้องตามที่กำหนดไว้ทุกประการ ดังนั้นเมื่อข้อกำหนดที่อยู่หน้าเงื่อนไข implies เป็นจริง จึงมีผลให้ข้อกำหนดที่อยู่หลังเงื่อนไข implies เป็นจริงด้วยเช่นกัน

สามารถเขียนคำร่างรวมการดำเนินการพื้นฐาน โดยการรวมคำร่างการดำเนินการพื้นฐานของแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลได้ ดังนี้

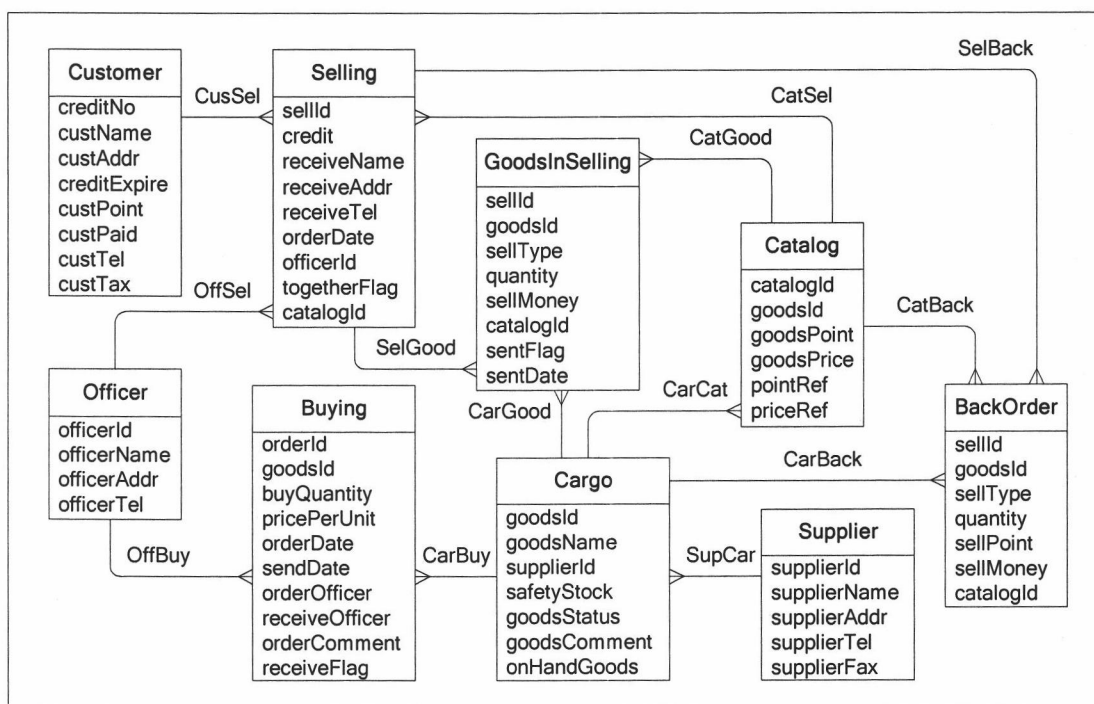
$$BDD5 \cong BDD5Op1Init;$$

$$BDD5Op2Insert [op2customerKey? / customerKey?, op2newValue? / newValue?]$$

5.3.2 กรณีศึกษาที่ 2 ระบบขายสินค้า

ระบบขายสินค้าเป็นระบบการให้บริการซื้อสินค้าผ่านทางโทรศัพท์ โดยลูกค้าที่จะซื้อได้ต้องถือบัตรเครดิตของธนาคาร ABC ซึ่งเมื่อมีการใช้จ่ายผ่านบัตรเครดิตลูกค้าจะได้รับคะแนนสะสม ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการแลกซื้อสินค้าที่ธนาคารกำหนดไว้ โดยสินค้าที่จะแลกซื้อได้นั้นจะจัดทำเป็นรายการสินค้าสำหรับแต่ละเดือน นอกจากนี้ถ้าหากสินค้าที่ลูกค้าต้องการซื้อหมด ทางบริษัทจะรับการสั่งซื้อสินค้านั้นๆ ไว้ และจะจัดส่งสินค้าให้ภายหลัง

จากแผนภาพเอนทิตีและความสัมพันธ์ของระบบขายสินค้า รูปที่ 5.7 สามารถนำเพิ่มพจนานุกรมข้อมูลและเพิ่มพจนานุกรมความสัมพันธ์ สร้างเป็นข้อกำหนดเขตดังกล่าวในภาคผนวก ข



รูปที่ 5.7 แผนภาพเอนทิตีและความสัมพันธ์ของระบบขายสินค้า

ข้อกำหนดเขตของระบบขายสินค้าประกอบด้วย 9 เอนทิตี และ 13 ความสัมพันธ์ โดยมีรายละเอียดเค้าร่างทั้งหมดดังนี้

- เค้าร่างเอนทิตีมีทั้งหมด 9 เค้าร่าง คือ Customer Supplier Cargo Catalog Officer Selling GoodsInSelling BackOrder และ Buying ซึ่งสร้างขึ้นตามกฎการแปลงแผนภาพเอนทิตีและความสัมพันธ์เป็นข้อกำหนดเขต ข้อ 3 ดังที่กำหนดไว้ในบทที่ 3
- เค้าร่างเพิ่มเติมของเอนทิตีมีทั้งหมด 9 เค้าร่าง คือ CustomerExt SupplierExt CargoExt CatalogExt OfficerExt SellingExt GoodsInSellingExt BackOrderExt และ BuyingExt ซึ่งสร้างขึ้นตามกฎการแปลงแผนภาพเอนทิตีและความสัมพันธ์เป็นข้อกำหนดเขต ข้อ 4 ดังที่กำหนดไว้ในบทที่ 3
- เค้าร่างความสัมพันธ์มีทั้งหมด 13 เค้าร่าง คือ RelationshipCusSel RelationshipOffSel RelationshipOffBuy RelationshipCatSel RelationshipCatGoods RelationshipCatBack RelationshipSelGood RelationshipSelBack RelationshipCarBack RelationshipCarCat RelationshipSupCar RelationshipCarGood และ RelationshipCarBuy ซึ่งสร้างขึ้นตามกฎการแปลงแผนภาพเอนทิตีและความสัมพันธ์เป็นข้อกำหนดเขต ข้อ 6 ดังที่กำหนดไว้ในบทที่ 3
- เค้าร่างแสดงสถานะมีทั้งหมด 2 เค้าร่าง คือ Success และ NotFound ซึ่งสร้างขึ้นตามกฎการแปลงแผนภาพเอนทิตีและความสัมพันธ์เป็นข้อกำหนดเขตข้อ 8 ดังที่กำหนดไว้ในบทที่ 3

ตรวจสอบวากยสัมพันธ์ของข้อกำหนดเซตที่ได้โดยใช้ Z/EVES พบว่าข้อกำหนดที่ได้นั้นมีความถูกต้องตามวากยสัมพันธ์ของข้อกำหนดเซต

5.3.2.1 กรณีทดสอบที่ 1 (กรณีศึกษาที่ 2)

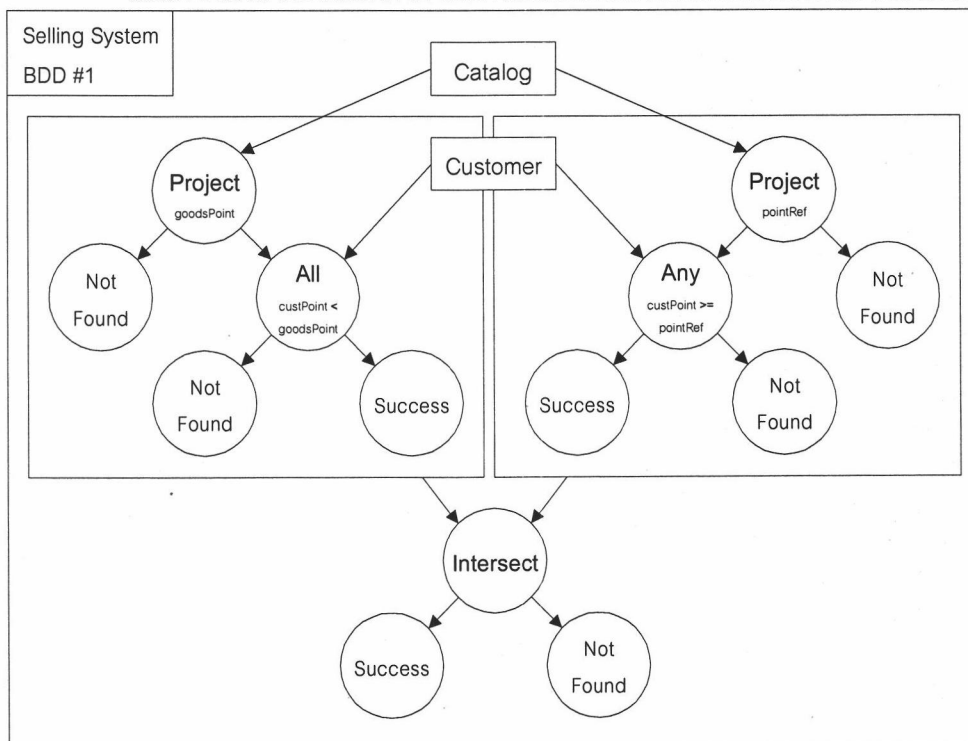
การหาข้อมูลลูกค้าที่คะแนนสะสมไม่พอที่จะแลกสินค้าใดๆ แต่มีพอที่จะแลกซื้อสินค้าตัวใดตัวหนึ่งโดยเพิ่มเงินได้ เขียนเป็นภาษาเอสคิวแอลได้ดังนี้

```
select * from Customer where custPoint < ALL (select goodsPoint from Catalog)
and custPoint >= ANY (select pointRef from Catalog);
```

สามารถเขียนให้อยู่ในรูปแบบภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอล ได้ดังรูปที่ 5.8

จากแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลรูปที่ 5.8 สามารถสร้างเป็นข้อกำหนดเซต ดังแสดงในภาคผนวก ข กรณีทดสอบที่ 1 โดยมีรายละเอียดดังนี้

- คำร่างผลลัพธ์มีทั้งหมด 5 คำร่าง คือ BDD1R1 BDD1R2 BDD1R3 BDD1R4 และ BDD1R5 ซึ่งสร้างขึ้นตามกฎการแปลงแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลเป็นข้อกำหนดเซต ข้อ 13 22 23 และ 16 ตามลำดับ ดังที่กำหนดไว้ในบทที่ 3
- คำร่างการดำเนินการพื้นฐานมีทั้งหมด 5 คำร่าง คือ BDD1Op1Project BDD1Op2All BDD1Op3Project BDD1Op4Any และ BDD1Op5Intersect ซึ่งสร้างขึ้นตามกฎการแปลงแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลเป็นข้อกำหนดเซต ข้อ 13 22 23 และ 16 ตามลำดับ ดังที่กำหนดไว้ในบทที่ 3
- คำร่างรวมการดำเนินการพื้นฐาน 1 คำร่าง คือ BDD1 ซึ่งสร้างขึ้นตามกฎการแปลงแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลเป็นข้อกำหนดเซตข้อ 28 ดังที่กำหนดไว้ในบทที่ 3



รูปที่ 5.8 แผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลของกรณีทดสอบที่ 1 (กรณีศึกษาที่ 2)

โดยมีเค้าร่างทั้งหมดดังนี้

BDD1R1
 goodsPoint : Z

BDD1Op1Project
 input1? : F Catalog
 output! : F BDD1R1

input1? ≠ ∅
 \forall out : output!; in1 : input1?
 • out.goodsPoint = in1.goodsPoint

BDD1R2
 creditNo : CREDITNO
 custName : NAME
 custAddr : ADDR
 creditExpire : DATE
 custPoint : Z
 custPaid : Z
 custTel : TEL
 custTax : TAXID

BDD1Op2All
 input1? : F Customer
 input2? : F BDD1R1
 output! : F BDD1R2

input1? ≠ ∅
 input2? ≠ ∅
 \forall out : output!; in1 : input1?
 $\mid (\forall i1 : input1?; i2 : input2? \mid i1.custPoint < i2.goodsPoint \bullet true)$
 • out = in1

BDD1R3
 pointRef : Z

BDD1Op3Project
 input1? : F Catalog
 output! : F BDD1R3

input1? ≠ ∅
 \forall out : output!; in1 : input1?
 • out.pointRef = in1.pointRef

BDD1R4

creditNo : CREDITNO
custName : NAME
custAddr : ADDR
creditExpire : DATE
custPoint : \mathbb{Z}
custPaid : \mathbb{Z}
custTel : TEL
custTax : TAXID

BDD1Op4Any

input1? : \mathbb{F} Customer
input2? : \mathbb{F} BDD1R3
output! : \mathbb{F} BDD1R4

input1? $\neq \emptyset$

input2? $\neq \emptyset$

\forall *out* : *output!*; *in1* : *input1?*

| (\exists *i1* : *input1?*; *i2* : *input2?*

| *i1.custPoint* \geq *i2.pointRef* • *true*)

- *out* = *in1*

BDD1R5

creditNo : CREDITNO
custName : NAME
custAddr : ADDR
creditExpire : DATE
custPoint : \mathbb{Z}
custPaid : \mathbb{Z}
custTel : TEL
custTax : TAXID

BDD1Op5Intersect

\exists BDD1R2

\exists BDD1R4

input1? : \mathbb{F} BDD1R2

input2? : \mathbb{F} BDD1R4

output! : \mathbb{F} BDD1R5

θ BDD1R2 = θ BDD1R4

\forall *out* : \mathbb{F} *output!*; *in1* : *input1?*; *in2* : *input2?*

- *out* = $\{in1\} \cap \{in2\}$

ผลการตรวจสอบวากยสัมพันธ์ของข้อกำหนดเซตที่ได้โดยใช้ Z/EVES พบว่าข้อกำหนดที่ได้นั้นมีความถูกต้องตามวากยสัมพันธ์ของข้อกำหนดเซต และผลการทดสอบเงื่อนไขก่อนของข้อกำหนดที่ได้ ดังแสดงในภาคผนวก ข กรณีทดสอบที่ 1 พบว่ามีความถูกต้อง เนื่องจากพิจารณาผลที่ได้แล้วพบว่าข้อกำหนดที่แสดงอยู่หน้าเงื่อนไข implies เป็นจริง ถูกต้องตามที่กำหนดไว้ทุกประการ ดังนั้นเมื่อข้อกำหนดที่อยู่หน้าเงื่อนไข implies เป็นจริง จึงมีผลให้ข้อกำหนดที่อยู่หลังเงื่อนไข implies เป็นจริงด้วยเช่นกัน

สามารถเขียนเค้าร่างรวมการดำเนินการพื้นฐาน โดยการรวมเค้าร่างการดำเนินการพื้นฐานของแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลได้ ดังนี้

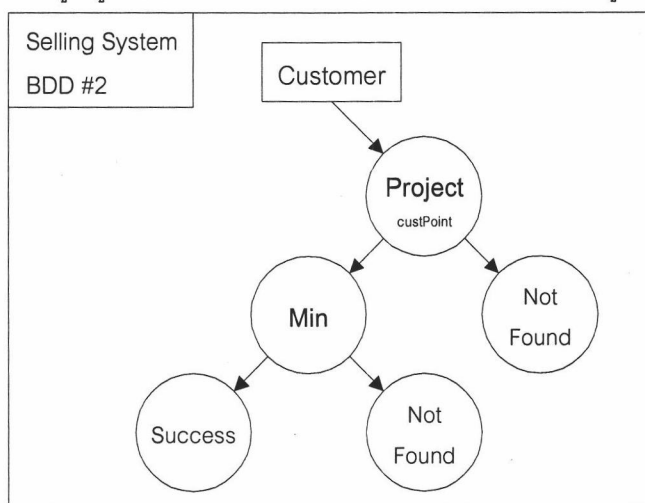
```
BDD1 ≡ BDD1Op1Project [op1input1? / input1?, op1output! / output!];
      BDD1Op2All [op1output? / input1?; op3input2? / input2?, op2output! / output!];
      BDD1Op3Project [op3input1? / input1?, op3output! / output!];
      BDD1Op4Any [op3output? / input1?, op4input2? / input2?, op4output! / output!];
      BDD1Op5Intersect [op2output? / input1?, op4output? / input2?,
                       op5output! / output!]
```

5.3.2.2 กรณีทดสอบที่ 2 (กรณีศึกษาที่ 2)

การหาคะแนนสะสมของลูกค้าที่มีค่าต่ำที่สุด เขียนเป็นภาษาเอสคิวแอลได้ดังนี้

```
select min (custPoint) from Customer;
```

สามารถเขียนให้อยู่ในรูปแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอล ได้ดังรูปที่ 5.9



รูปที่ 5.9 แผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลของกรณีทดสอบที่ 2 (กรณีศึกษาที่ 2)

จากแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลรูปที่ 5.9 สามารถสร้างเป็นข้อกำหนดเซต ดังแสดงในภาคผนวก ข กรณีทดสอบที่ 2 โดยมีรายละเอียดดังนี้

- เค้าร่างผลลัพธ์มี 1 เค้าร่าง คือ BDD2R1 ซึ่งสร้างขึ้นตามกฎการแปลงแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลเป็นข้อกำหนดเซต ข้อ 13 ดังที่กำหนดไว้ในบทที่ 3
- เค้าร่างการดำเนินการพื้นฐานมีทั้งหมด 2 เค้าร่าง คือ BDD2Op1Project และ BDD2Op2Min ซึ่งสร้างขึ้นตามกฎการแปลงแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลเป็นข้อกำหนดเซต ข้อ 13 และ 26 ตามลำดับ ดังที่กำหนดไว้ในบทที่ 3

- คำร่างรวมการดำเนินการพื้นฐาน 1 คำร่าง คือ BDD2 ซึ่งสร้างขึ้นตามกฎการแปลงแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลเป็นข้อกำหนดเซตข้อ 28 ดังที่กำหนดไว้ในบทที่ 3 โดยมีคำร่างทั้งหมดดังนี้

$BDD2R1$ $custPoint : Z$
$BDD2Op1Project$ $input1? : F Customer$ $output! : F BDD2R1$
$input1? \neq \emptyset$ $\forall out : output!; in1 : input1? \bullet out.custPoint = in1.custPoint$
$BDD2Op2Min$ $\exists BDD2R1$ $output! : Z$
$\forall in1 : F BDD2R1 \mid in1 \neq \emptyset \bullet output! = min \{custPoint\}$

ผลการตรวจสอบวากยสัมพันธ์ของข้อกำหนดเซตที่ได้โดยใช้ Z/EVES พบว่าข้อกำหนดที่ได้นั้นมีความถูกต้องตามวากยสัมพันธ์ของข้อกำหนดเซต และผลการทดสอบเงื่อนไขก่อนของข้อกำหนดที่ได้ ดังแสดงในภาคผนวก ข กรณีทดสอบที่ 2 พบว่ามีความถูกต้อง เนื่องจากพิจารณาผลที่ได้แล้วพบว่าข้อกำหนดที่แสดงอยู่หน้าเงื่อนไข implies เป็นจริง ถูกต้องตามที่กำหนดไว้ทุกประการ ดังนั้นเมื่อข้อกำหนดที่อยู่หน้าเงื่อนไข implies เป็นจริง จึงมีผลให้ข้อกำหนดที่อยู่หลังเงื่อนไข implies เป็นจริงด้วยเช่นกัน

สามารถเขียนคำร่างรวมการดำเนินการพื้นฐาน โดยการรวมคำร่างการดำเนินการพื้นฐานของแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลได้ ดังนี้

$$BDD2 \cong BDD2Op1Project [op1input1? / input1?, op1output! / output!]; \\ BDD2Op2Min [op2output! / output!]$$

5.3.2.3 กรณีทดสอบที่ 3 (กรณีศึกษาที่ 2)

การคำนวณสินค้าที่มีการส่งคืนทั้งหมด เขียนเป็นภาษาเอสคิวแอลได้ดังนี้

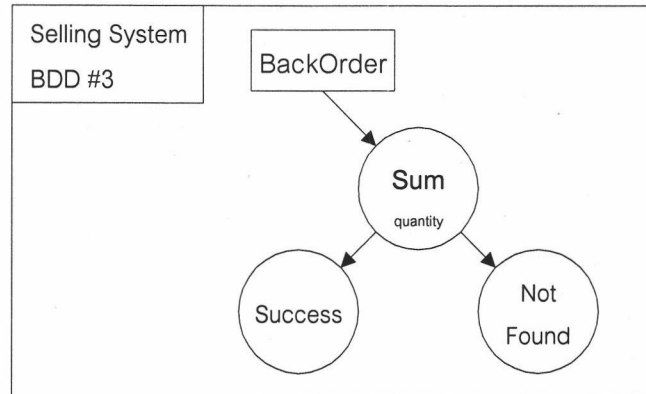
```
select sum (quantity) from BackOrder;
```

สามารถเขียนให้อยู่ในรูปแบบแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอล ได้ดังรูปที่ 5.10

จากแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลรูปที่ 5.10 สามารถสร้างเป็นข้อกำหนดเซต ดังแสดงในภาคผนวก ข กรณีทดสอบที่ 3 โดยมีรายละเอียดดังนี้

- การประกาศตัวแปร มี 1 ตัวแปร คือ quantity ซึ่งสร้างขึ้นตามกฎการแปลงแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลเป็นข้อกำหนดเซต ข้อ 27 ดังที่กำหนดไว้ในบทที่ 3
- การกำหนดข้อเท็จจริง มี 2 ข้อเท็จจริง คือ BDD3s และ BDD3Sum ซึ่งสร้างขึ้นตามกฎการแปลงแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลเป็นข้อกำหนดเซต ข้อ 13 และ 27

ตามลำดับ ดังที่กำหนดไว้ในบทที่ 3



รูปที่ 5.10 แผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลของกรณีทดสอบที่ 3 (กรณีศึกษาที่ 2) โดยมีข้อกำหนดเขต ดังนี้

$$quantity == \mathbb{Z}$$

$$BDD3s : \mathbb{Z} \rightarrow quantity$$

$$BDD3Sum : \mathbb{Z} \rightarrow quantity$$

$$\forall n : \mathbb{N} \bullet n > \# BDD3s \Rightarrow BDD3Sum\ n = 0 \wedge$$

$$n \vee \# BDD3s \Rightarrow BDD3Sum\ n = (BDD3Sum\ n + 1) + BDD3s\ (n)$$

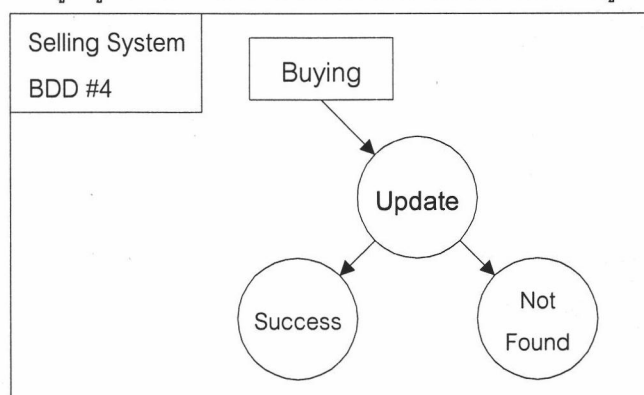
ผลการตรวจสอบวากยสัมพันธ์ของข้อกำหนดเขตที่ได้โดยใช้ Z/EVES พบว่าข้อกำหนดที่ได้นั้นมีความถูกต้องตามวากยสัมพันธ์ของข้อกำหนดเขต และ Z/Eves ได้ทำการตรวจสอบความถูกต้องของโดเมนพบว่ามี ความถูกต้อง

5.3.2.4 กรณีทดสอบที่ 4 (กรณีศึกษาที่ 2)

การแก้ไขข้อมูลลูกค้า เขียนเป็นภาษาเอสคิวแอลได้ดังนี้

update Customer set ...;

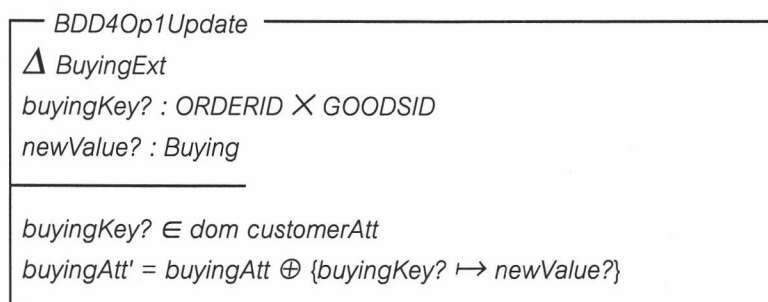
สามารถเขียนให้อยู่ในรูปแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอล ได้ดังรูปที่ 5.11



รูปที่ 5.11 แผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลของกรณีทดสอบที่ 4 (กรณีศึกษาที่ 2)

จากแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลรูปที่ 5.11 สามารถสร้างเป็นข้อกำหนดเขต ดังแสดงในภาคผนวก ข กรณีทดสอบที่ 4 โดยมีรายละเอียดดังนี้

- คำร่างการดำเนินการพื้นฐานมี 1 คำร่าง คือ BDD4Op1Update ซึ่งสร้างขึ้นตามกฎการแปลงแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลเป็นข้อกำหนดเขต ข้อ 10 ดังที่กำหนดไว้ในบทที่ 3
- คำร่างรวมการดำเนินการพื้นฐาน 1 คำร่าง คือ BDD4 ซึ่งสร้างขึ้นตามกฎการแปลงแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลเป็นข้อกำหนดเขตข้อ 28 ดังที่กำหนดไว้ในบทที่ 3 โดยมีคำร่างดังนี้



ผลการตรวจสอบวากยสัมพันธ์ของข้อกำหนดเขตที่ได้โดยใช้ Z/EVES พบว่าข้อกำหนดที่ได้นั้นมีความถูกต้องตามวากยสัมพันธ์ของข้อกำหนดเขต และผลการทดสอบเงื่อนไขก่อนของข้อกำหนดที่ได้ ดังแสดงในภาคผนวก ข กรณีทดสอบที่ 4 พบว่ามีความถูกต้อง เนื่องจากพิจารณาผลที่ได้แล้วพบว่าข้อกำหนดที่แสดงอยู่บนหน้าเงื่อนไข implies เป็นจริง ถูกต้องตามที่กำหนดไว้ทุกประการ ดังนั้นเมื่อข้อกำหนดที่อยู่หน้าเงื่อนไข implies เป็นจริง จึงมีผลให้ข้อกำหนดที่อยู่หลังเงื่อนไข implies เป็นจริงด้วยเช่นกัน

สามารถเขียนคำร่างรวมการดำเนินการพื้นฐาน โดยการรวมคำร่างการดำเนินการพื้นฐานของแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลได้ ดังนี้

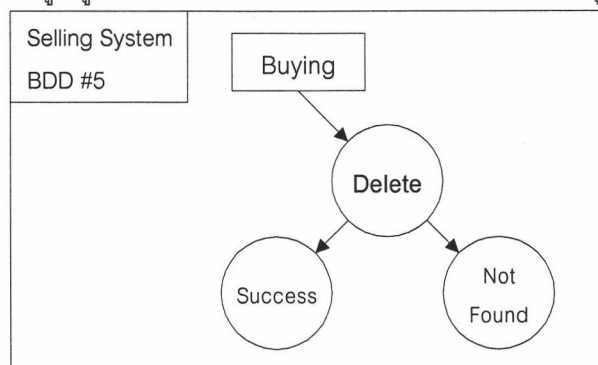
$$BDD4 \cong BDD4Op1Update [op1buyingKey? / buyingKey?, op1newValue? / newValue?]$$

5.3.2.5 กรณีทดสอบที่ 5 (กรณีศึกษาที่ 2)

การลบข้อมูลลูกค้า เขียนเป็นภาษาเอสคิวแอลได้ดังนี้

delete from Buying where ...;

สามารถเขียนให้อยู่ในรูปแบบแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอล ได้ดังรูปที่ 5.12



รูปที่ 5.12 แผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลของกรณีทดสอบที่ 5 (กรณีศึกษาที่ 2)

จากแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลรูปที่ 5.12 สามารถสร้างเป็นข้อกำหนดเซต ดังแสดงในภาคผนวก ข กรณีทดสอบที่ 5 โดยมีรายละเอียดดังนี้

- คำร่างการดำเนินการพื้นฐานมี 1 คำร่าง คือ BDD5Op1Delete ซึ่งสร้างขึ้นตามกฎการแปลงแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลเป็นข้อกำหนดเซต ข้อ 11 ดังที่กำหนดไว้ในบทที่ 3
- คำร่างรวมการดำเนินการพื้นฐาน 1 คำร่าง คือ BDD5 ซึ่งสร้างขึ้นตามกฎการแปลงแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลเป็นข้อกำหนดเซตข้อ 28 ดังที่กำหนดไว้ในบทที่ 3

โดยมีคำร่างดังนี้

<p>BDD5Op1Delete</p> <p>Δ BuyingExt</p> <p>buyingKey? : ORDERID X GOODSID</p> <p>delBuying? : Buying</p> <hr/> <p>buyingKey? \in dom customerAtt</p> <p>buyingAtt' = buyingAtt \ { delBuying? }</p>
--

ผลการตรวจสอบวากยสัมพันธ์ของข้อกำหนดเซตที่ได้โดยใช้ Z/EVES พบว่าข้อกำหนดที่ได้นั้นมีควมถูกต้องตามวากยสัมพันธ์ของข้อกำหนดเซต และผลการทดสอบเงื่อนไขก่อนของข้อกำหนดที่ได้ ดังแสดงในภาคผนวก ข กรณีทดสอบที่ 5 พบว่ามีความถูกต้อง เนื่องจากพิจารณาผลที่ได้แล้วพบว่าข้อกำหนดที่แสดงอยู่บนหน้าเงื่อนไข implies เป็นจริง ถูกต้องตามที่กำหนดไว้ทุกประการ ดังนั้นเมื่อข้อกำหนดที่อยู่หน้าเงื่อนไข implies เป็นจริง จึงมีผลให้ข้อกำหนดที่อยู่หลังเงื่อนไข implies เป็นจริงด้วยเช่นกัน

สามารถเขียนคำร่างรวมการดำเนินการพื้นฐาน โดยการรวมคำร่างการดำเนินการพื้นฐานของแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลได้ ดังนี้

$$BDD5 \cong BDD5Op1Delete [op1buyingKey? / buyingKey?, op1delBuying? / delBuying?]$$

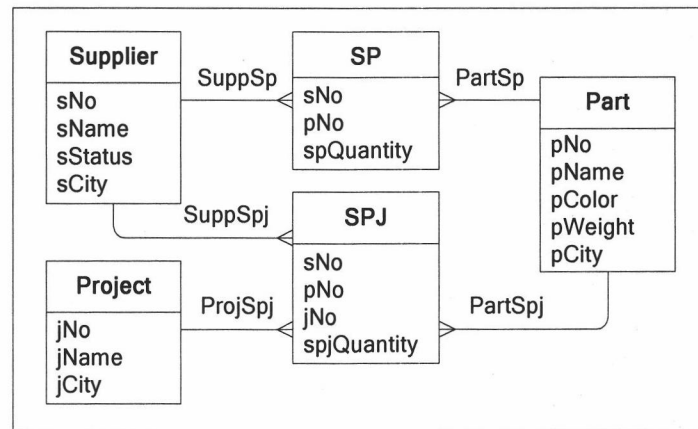
5.3.3 กรณีศึกษาที่ 3 ฐานข้อมูลจัดการชิ้นส่วน

ฐานข้อมูลจัดการชิ้นส่วนเป็นฐานข้อมูลซึ่งเก็บข้อมูลของผู้จัดหา (Supplier) ชิ้นส่วน (Part) และโครงการ (Project) โดยการดำเนินโครงการหนึ่งๆ จะใช้ชิ้นส่วนหลายชิ้นในการทำงาน ซึ่งจะมีผู้จัดหาทำหน้าที่จัดหาชิ้นส่วนต่างๆ มาให้

จากแผนภาพเอนทิตีและความสัมพันธ์ของฐานข้อมูลจัดการชิ้นส่วน รูปที่ 5.13 สามารถนำเพิ่มพจนานุกรมข้อมูลและเพิ่มพจนานุกรมความสัมพันธ์ สร้างเป็นข้อกำหนดเซตดังแสดงในภาคผนวก ค

ข้อกำหนดเซตของฐานข้อมูลจัดการชิ้นส่วน ประกอบด้วย 5 เอนทิตี และ 5 ความสัมพันธ์ โดยมีรายละเอียดคำร่างทั้งหมดดังนี้

- คำร่างเอนทิตีมีทั้งหมด 5 คำร่าง คือ Supplier Part Project SP และ SPJ ซึ่งสร้างขึ้นตามกฎการแปลงแผนภาพเอนทิตีและความสัมพันธ์เป็นข้อกำหนดเซต ข้อ 3 ดังที่กำหนดไว้ในบทที่ 3



รูปที่ 5.13 แผนภาพเอนทิตีและความสัมพันธ์ของฐานข้อมูลจัดการชิ้นส่วน

- เค้ร่ร่่งเพิ่มเติมของเอนทิตีมีทั้งหมด 5 เค้ร่ร่่ง คือ SupplierExt PartExt ProjectExt SPExt และ SPJExt ซึ่งสร้างขึ้นตามกฎการแปลงแผนภาพเอนทิตีและความสัมพันธ์เป็นข้อกำหนดเซต ข้อ 4 ดังที่กำหนดไว้ในบทที่ 3
 - เค้ร่ร่่งความสัมพันธ์มีทั้งหมด 5 เค้ร่ร่่ง คือ RelationshipSuppSp RelationshipPartSp RelationshipSuppSpj RelationshipPartSpj และ RelationshipProjSpj ซึ่งสร้างขึ้นตามกฎการแปลงแผนภาพเอนทิตีและความสัมพันธ์เป็นข้อกำหนดเซต ข้อ 6 ดังที่กำหนดไว้ในบทที่ 3
 - เค้ร่ร่่งแสดงสถานะมีทั้งหมด 2 เค้ร่ร่่ง คือ Success และ NotFound ซึ่งสร้างขึ้นตามกฎการแปลงแผนภาพเอนทิตีและความสัมพันธ์เป็นข้อกำหนดเซตข้อ 8 ดังที่กำหนดไว้ในบทที่ 3
- ตรวจสอบวากยสัมพันธ์ของข้อกำหนดเซตที่ได้โดยใช้ Z/EVES พบว่าข้อกำหนดที่ได้นั้นมีความถูกต้องตามวากยสัมพันธ์ของข้อกำหนดเซต

5.3.3.1 กรณีทดสอบที่ 1 (กรณีศึกษาที่ 3)

การหารายชื่อผู้จัดหาที่มีชิ้นส่วน P2 เขียนเป็นภาษาเอสคิวแอลได้ดังนี้

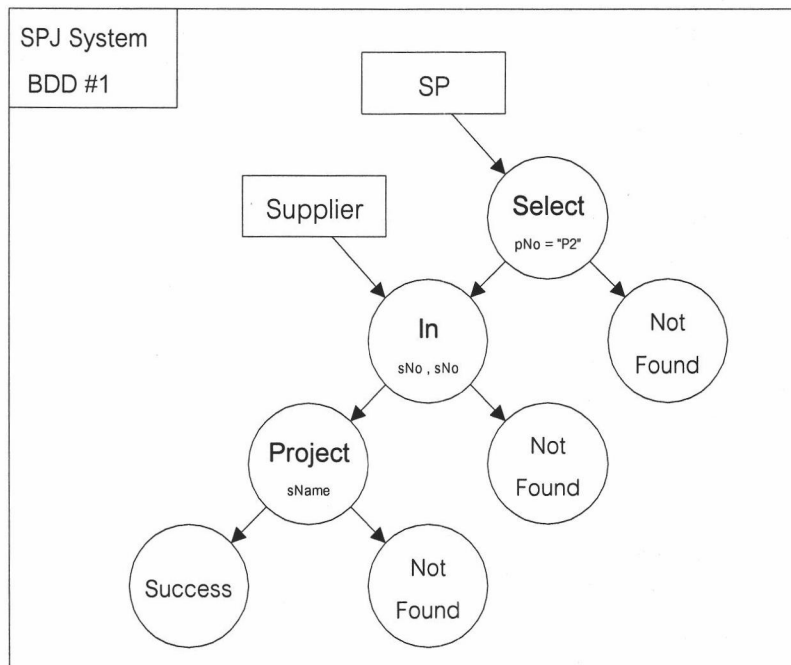
```
select sName from Supplier
where Supplier.sNo IN (select * from SP where SP.pNo = "P2");
```

สามารถเขียนให้อยู่ในรูปแบบแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอล ได้ดังรูปที่ 5.14

จากแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลรูปที่ 5.14 สามารถสร้างเป็นข้อกำหนดเซต ดังแสดงในภาคผนวก ค กรณีทดสอบที่ 1 โดยมีรายละเอียดดังนี้

- เค้ร่ร่่งผลลัพธ์มีทั้งหมด 3 เค้ร่ร่่ง คือ BDD1R1 BDD1R2 และ BDD1R3 ซึ่งสร้างขึ้นตามกฎการแปลงแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลเป็นข้อกำหนดเซต ข้อ 12 18 และ 13ตามลำดับ ดังที่กำหนดไว้ในบทที่ 3
- เค้ร่ร่่งการดำเนินการพื้นฐานมีทั้งหมด 3 เค้ร่ร่่ง คือ BDD1Op1Select BDD1Op2In และ BDD1Op3Project ซึ่งสร้างขึ้นตามกฎการแปลงแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลเป็นข้อกำหนดเซต ข้อ 12 18 และ 13 ตามลำดับ ดังที่กำหนดไว้ในบทที่ 3

- คำร่างรวมการดำเนินการพื้นฐาน 1 คำร่าง คือ BDD1 ซึ่งสร้างขึ้นตามกฎการแปลงแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลเป็นข้อกำหนดเซตข้อ 28 ดังที่กำหนดไว้ในบทที่ 3



รูปที่ 5.14 แผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลของกรณีทดสอบที่ 1 (กรณีศึกษาที่ 3)

โดยมีคำร่างทั้งหมดดังนี้

BDD1R1

sNo : SNO
pNo : PNO
spQuantity : Z

BDD1Op1Select

input1? : F SP
pNoValue? : PNO
output! : F BDD1R1

input1? $\neq \emptyset$
 $\forall out : output!; in1 : input1?$
 | in1.pNo = pNoValue?
 • out = in1

BDD1R2

sNo : SNO
sName : SNAME
sStatus : Z
sCity : CITY

<p><i>BDD1Op2In</i></p> <p><i>input1?</i> : \mathbb{F} <i>Supplier</i> <i>input2?</i> : \mathbb{F} <i>BDD1R1</i> <i>output!</i> : \mathbb{F} <i>BDD1R2</i></p> <hr/> <p><i>input1?</i> $\neq \emptyset$ <i>input2?</i> $\neq \emptyset$ \forall <i>out</i> : <i>output!</i>; <i>in1</i> : <i>input1?</i>; <i>in2</i> : <i>input2</i> <i>in1.sNo</i> \in { <i>in2.sNo</i> } • <i>out</i> = <i>in1</i></p>
<p><i>BDD1R3</i></p> <p><i>sName</i> : <i>SNAME</i></p>
<p><i>BDD1Op3Project</i></p> <p><i>input1?</i> : \mathbb{F} <i>BDD1R2</i> <i>output!</i> : \mathbb{F} <i>BDD1R3</i></p> <hr/> <p><i>input1?</i> $\neq \emptyset$ \forall <i>out</i> : <i>output!</i>; <i>in1</i> : <i>input1?</i> • <i>out.sName</i> = <i>in1.sName</i></p>

ผลการตรวจสอบวากยสัมพันธ์ของข้อกำหนดเขตที่ได้โดยใช้ Z/EVES พบว่าข้อกำหนดที่ได้นั้นมีความถูกต้องตามวากยสัมพันธ์ของข้อกำหนดเขต และผลการทดสอบเงื่อนไขก่อนของข้อกำหนดที่ได้ ดังแสดงในภาคผนวก ค กรณีทดสอบที่ 1 พบว่ามีความถูกต้อง เนื่องจากพิจารณาผลที่ได้แล้วพบว่าข้อกำหนดที่แสดงอยู่หน้าเงื่อนไข implies เป็นจริง ถูกต้องตามที่กำหนดไว้ทุกประการ ดังนั้นเมื่อข้อกำหนดที่อยู่หน้าเงื่อนไข implies เป็นจริง จึงมีผลให้ข้อกำหนดที่อยู่หลังเงื่อนไข implies เป็นจริงด้วยเช่นกัน

สามารถเขียนเค้าร่างรวมการดำเนินการพื้นฐาน โดยการรวมเค้าร่างการดำเนินการพื้นฐานของแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลได้ ดังนี้

$$BDD1 \hat{=} BDD1Op1Select [op1input1? / input1?, op1output! / output!];$$

$$BDD1Op2In [op2input? / input1?, op1output2? / input2?, op2output! / output!];$$

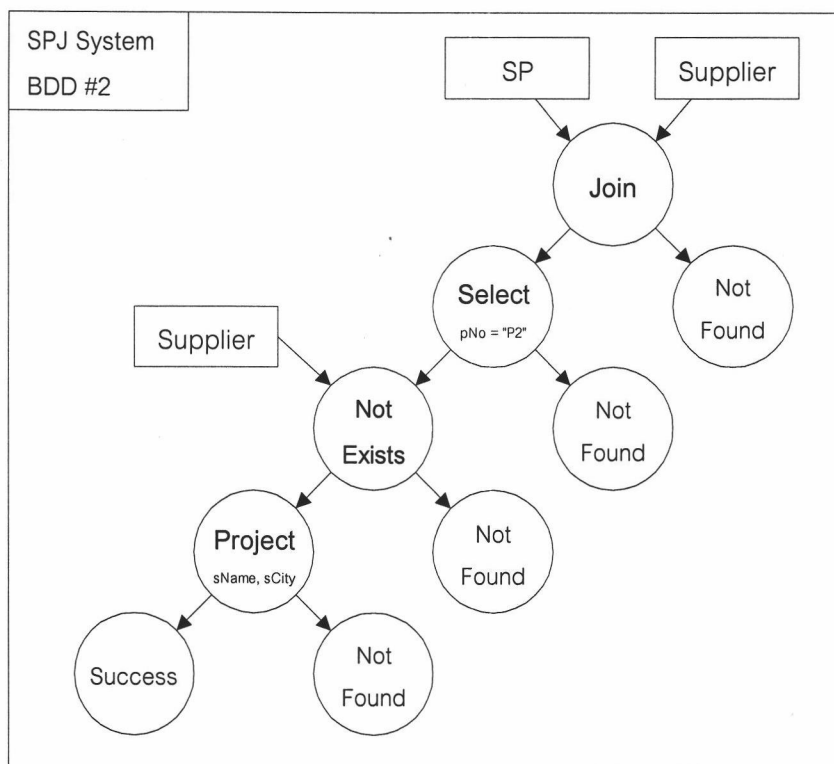
$$BDD1Op3Project [op2output? / input1?, op3output! / output!];$$

5.3.3.2 กรณีทดสอบที่ 2 (กรณีศึกษาที่ 3)

การหารายชื่อผู้จัดหาและที่ตั้ง ซึ่งไม่มีชิ้นส่วน P2 เขียนเป็นภาษาเอสคิวแอลได้ดังนี้

```
select Supplier.sName, Supplier.sCity from Supplier where NOT EXISTS
(select * from SP where SP.sNo = Supplier.sNo and SP.pNo = "P2");
```

สามารถเขียนให้อยู่ในรูปแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอล ได้ดังรูปที่ 5.15



รูปที่ 5.15 แผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลของกรณีทดสอบที่ 2 (กรณีศึกษาที่ 3)

จากแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลรูปที่ 5.15 สามารถสร้างเป็นข้อกำหนดชุด ดังแสดงในภาคผนวก ค กรณีทดสอบที่ 2 โดยมีรายละเอียดดังนี้

- คำร่างผลลัพธ์มีทั้งหมด 4 คำร่าง คือ BDD2R1 BDD2R2 BDD2R3 และ BDD2R4 ซึ่งสร้างขึ้นตามกฎการแปลงแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลเป็นข้อกำหนดชุด ข้อ 14 12 21 และ 13 ตามลำดับ ดังที่กำหนดไว้ในบทที่ 3
- คำร่างการดำเนินการพื้นฐานมีทั้งหมด 4 คำร่าง คือ BDD2Op1Join BDD2Op2Select BDD2Op3NotExists และ BDD2Op4Project ซึ่งสร้างขึ้นตามกฎการแปลงแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลเป็นข้อกำหนดชุด ข้อ 14 12 21 และ 13 ตามลำดับ ดังที่กำหนดไว้ในบทที่ 3
- คำร่างรวมการดำเนินการพื้นฐาน 1 คำร่าง คือ BDD2 ซึ่งสร้างขึ้นตามกฎการแปลงแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลเป็นข้อกำหนดชุดข้อ 28 ดังที่กำหนดไว้ในบทที่ 3

โดยมีคำร่างทั้งหมดดังนี้

BDD2R1

sNo : SNO

pNo : PNO

spQuantity : Z

sName : SNAME

sStatus : Z

sCity : CITY

BDD2Op1Join

input1? : \mathbb{F} SP
 input2? : \mathbb{F} Supplier
 output! : \mathbb{F} BDD2R1

input1? $\neq \emptyset$
 input2? $\neq \emptyset$
 \forall out : output!; in1 : input1?; in2 : input2
 | in1.sNo = in2.sNo
 • out.sNo = in1.sNo \wedge
 out.pNo = in1.pNo \wedge
 out.spQuantity = in1.spQuantity \wedge
 out.sName = in2.sName \wedge
 out.sStatus = in2.sStatus \wedge
 out.sCity = in2.sCity

BDD2R2

sNo : SNO
 pNo : PNO
 spQuantity : \mathbb{Z}
 sName : SNAME
 sStatus : \mathbb{Z}
 sCity : CITY

BDD2Op2Select

input1? : \mathbb{F} BDD2R1
 pNoValue? : PNO
 output! : \mathbb{F} BDD2R2

input1? $\neq \emptyset$
 \forall out : output!; in1 : input1?
 | in1.pNo = pNoValue?
 • out = in1

BDD2R3

sNo : SNO
 sName : SNAME
 sStatus : \mathbb{Z}
 sCity : CITY

<p><i>BDD2Op3NotExists</i></p> <p><i>input1?</i> : \mathbb{F} <i>Supplier</i> <i>input2?</i> : \mathbb{F} <i>BDD2R2</i> <i>output!</i> : \mathbb{F} <i>BDD2R3</i></p> <hr/> <p><i>input1?</i> $\neq \emptyset$ <i>input2?</i> $\neq \emptyset$ \forall <i>out</i> : <i>output!</i>; <i>in1</i> : <i>input1?</i>; <i>in2</i> : <i>input2</i> <i>in1.sName</i> \notin {<i>in2.sName</i>} \wedge <i>in1.sCity</i> \notin {<i>in2.sCity</i>} • <i>out</i> = <i>in1</i></p>
<p><i>BDD2R4</i></p> <p><i>sName</i> : <i>SNAME</i> <i>sCity</i> : <i>CITY</i></p>
<p><i>BDD2Op4Project</i></p> <p><i>input1?</i> : \mathbb{F} <i>BDD2R3</i> <i>output!</i> : \mathbb{F} <i>BDD2R4</i></p> <hr/> <p><i>input1?</i> $\neq \emptyset$ \forall <i>out</i> : <i>output!</i>; <i>in1</i> : <i>input1?</i> • <i>out.sName</i> = <i>in1.sName</i> \wedge <i>out.sCity</i> = <i>in1.sCity</i></p>

ผลการตรวจสอบวากยสัมพันธ์ของข้อกำหนดเขตที่ได้โดยใช้ Z/EVES พบว่าข้อกำหนดที่ได้นั้นมีความถูกต้องตามวากยสัมพันธ์ของข้อกำหนดเขต และผลการทดสอบเงื่อนไขก่อนของข้อกำหนดที่ได้ ดังแสดงในภาคผนวก ค กรณีทดสอบที่ 2 พบว่ามีความถูกต้อง เนื่องจากพิจารณาผลที่ได้แล้วพบว่าข้อกำหนดที่แสดงอยู่หน้าเงื่อนไข implies เป็นจริง ถูกต้องตามที่กำหนดไว้ทุกประการ ดังนั้นเมื่อข้อกำหนดที่อยู่หน้าเงื่อนไข implies เป็นจริง จึงมีผลให้ข้อกำหนดที่อยู่หลังเงื่อนไข implies เป็นจริงด้วยเช่นกัน

สามารถเขียนเค้าร่างรวมการดำเนินการพื้นฐาน โดยการรวมเค้าร่างการดำเนินการพื้นฐานของแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลได้ ดังนี้

$$\begin{aligned}
 BDD2 \equiv & BDD2Op1Join [op1input1? / input1?, op1input2? / input2?, op1output! / output!]; \\
 & BDD2Op2Select [op1output? / input1?, op2output! / output!]; \\
 & BDD2Op3NotExists [op3input1? / input1?, op2output? / input2?, \\
 & \quad op3output! / output!]; \\
 & BDD2Op4Project [op3output? / input1?, op4output! / output!];
 \end{aligned}$$

5.3.3.3 กรณีทดสอบที่ 3 (กรณีศึกษาที่ 3)

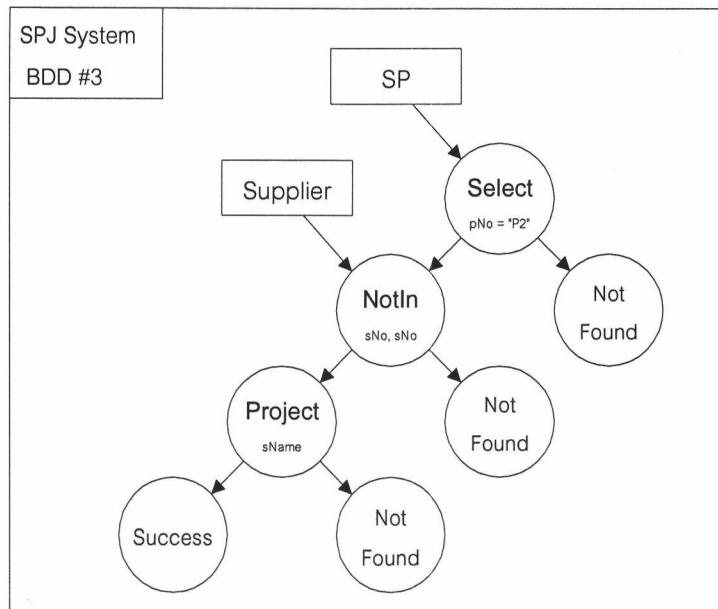
การหารายชื่อผู้จัดหาที่ไม่มีชิ้นส่วน P2 เขียนเป็นภาษาเอสคิวแอลได้ดังนี้

```

select sName from Supplier where Supplier.sNo NOT IN
(select SP.sNo from SP where SP.pNo = "P2");

```

สามารถเขียนให้อยู่ในรูปแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอล ได้ดังรูปที่ 5.16



รูปที่ 5.16 แผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลของกรณีทดสอบที่ 3 (กรณีศึกษาที่ 3)

จากแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลรูปที่ 5.16 สามารถสร้างเป็นข้อกำหนดเซต ดังแสดงในภาคผนวก ค กรณีทดสอบที่ 3 โดยมีรายละเอียดดังนี้

- เค้าร่างผลลัพธ์มีทั้งหมด 3 เค้าร่าง คือ BDD3R1 BDD3R2 และ BDD3R3 ซึ่งสร้างขึ้นตามกฎการแปลงแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลเป็นข้อกำหนดเซต ข้อ 12 19 และ 13 ตามลำดับ ดังที่กำหนดไว้ในบทที่ 3
- เค้าร่างการดำเนินการพื้นฐานมีทั้งหมด 3 เค้าร่าง คือ BDD3Op1Select BDD3Op2NotIn และ BDD3Op3Project ซึ่งสร้างขึ้นตามกฎการแปลงแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลเป็นข้อกำหนดเซต ข้อ 12 19 และ 13 ตามลำดับ ดังที่กำหนดไว้ในบทที่ 3
- เค้าร่างรวมการดำเนินการพื้นฐาน 1 เค้าร่าง คือ BDD3 ซึ่งสร้างขึ้นตามกฎการแปลงแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลเป็นข้อกำหนดเซตข้อ 28 ดังที่กำหนดไว้ในบทที่ 3

โดยมีเค้าร่างทั้งหมดดังนี้

<p>BDD3R1</p> <p>sNo : SNO</p> <p>pNo : PNO</p> <p>spQuantity : Z</p>
<p>BDD3Op1Select</p> <p>input1? : F SP</p> <p>pNoValue? : PNO</p> <p>output! : F BDD3R1</p>
<p>input1? ≠ ∅</p> <p>∇ out : output!; in1 : input1? in1.pNo = pNoValue? • out = in1</p>

<p><i>BDD3R2</i></p> <p>sNo : SNO sName : SNAME sStatus : Z sCity : CITY</p>
<p><i>BDD3Op2NotIn</i></p> <p>input1? : F Supplier input2? : F BDD3R1 output! : F BDD3R2</p> <hr/> <p>input1? ≠ ∅ input2? ≠ ∅ $\forall out : output!; in1 : input1?; in2 : input2$ $in1.sNo \notin \{ in2.sNo \} \cdot out = in1$</p>
<p><i>BDD3R3</i></p> <p>sName : SNAME</p>
<p><i>BDD3Op3Project</i></p> <p>input1? : F BDD3R2 output! : F BDD3R3</p> <hr/> <p>input1? ≠ ∅ $\forall out : output!; in1 : input1? \cdot out.sName = in1.sName$</p>

ผลการตรวจสอบวากยสัมพันธ์ของข้อกำหนดเซตที่ได้โดยใช้ Z/EVES พบว่าข้อกำหนดที่ได้นั้นมีความถูกต้องตามวากยสัมพันธ์ของข้อกำหนดเซต และผลการทดสอบเงื่อนไขก่อนของข้อกำหนดที่ได้ ดังแสดงในภาคผนวก ค กรณีทดสอบที่ 3 พบว่ามีความถูกต้อง เนื่องจากพิจารณาผลที่ได้แล้วพบว่าข้อกำหนดที่แสดงอยู่บนหน้าเงื่อนไข implies เป็นจริง ถูกต้องตามที่กำหนดไว้ทุกประการ ดังนั้นเมื่อข้อกำหนดที่อยู่หน้าเงื่อนไข implies เป็นจริง จึงมีผลให้ข้อกำหนดที่อยู่หลังเงื่อนไข implies เป็นจริงด้วยเช่นกัน

สามารถเขียนเค้าร่างรวมการดำเนินการพื้นฐาน โดยการรวมเค้าร่างการดำเนินการพื้นฐานของแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลได้ ดังนี้

$$\begin{aligned}
BDD3 &\equiv BDD3Op1Select [op1input? / input1?, op1pNoValue? / pNoValue?, \\
&\quad op1output! / output!]; \\
&BDD3Op2NotIn [op2input1? / input1?, op1output2? / input2?, \\
&\quad op2output! / output!]; \\
&BDD3Op3Project [op2output? / input1?, op3output! / output!];
\end{aligned}$$

5.3.3.4 กรณีทดสอบที่ 4 (กรณีศึกษาที่ 3)

การหารายชื่อผู้จัดหา ที่มีชิ้นส่วน P2 เขียนเป็นภาษาเอสคิวแอลได้ดังนี้

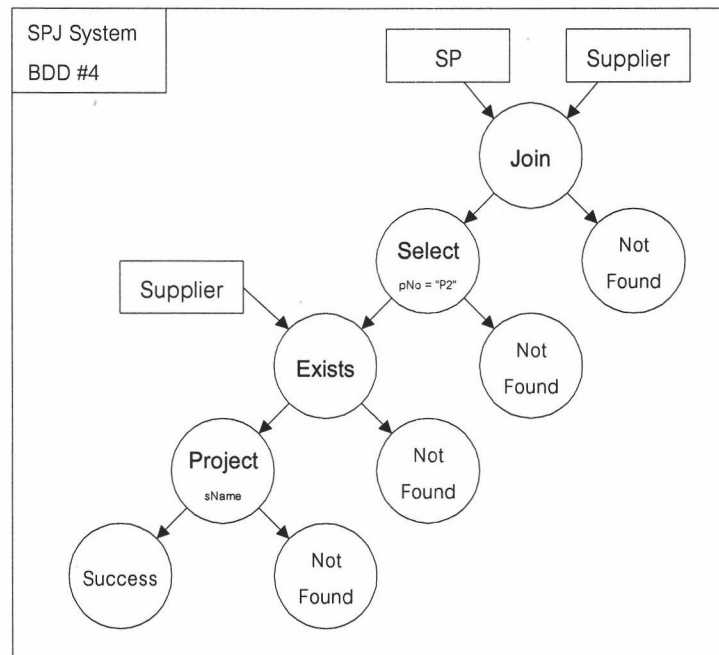

```
select sName from Supplier where EXISTS
```

```
(select * from SP where SP.sNo = Supplier.sNo and SP.pNo = "P2");
```

สามารถเขียนให้อยู่ในรูปแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสควิแอล ได้ดังรูปที่ 5.17

จากแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสควิแอลรูปที่ 5.17 สามารถสร้างเป็นข้อกำหนดเซต ดังแสดงในภาคผนวก ค กรณีทดสอบที่ 4 โดยมีรายละเอียดดังนี้

- คำร่างผลลัพธ์มีทั้งหมด 4 คำร่าง คือ BDD4R1 BDD4R2 BDD4R3 และ BDD4R4 ซึ่งสร้างขึ้นตามกฎการแปลงแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสควิแอลเป็นข้อกำหนดเซต ข้อ 14 12 20 และ 13 ตามลำดับ ดังที่กำหนดไว้ในบทที่ 3
- คำร่างการดำเนินการพื้นฐานมีทั้งหมด 4 คำร่าง คือ BDD4Op1Join BDD4Op2Select BDD4Op3Exists และ BDD4Op4Project ซึ่งสร้างขึ้นตามกฎการแปลงแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสควิแอลเป็นข้อกำหนดเซต ข้อ 14 12 20 และ 13 ตามลำดับ ดังที่กำหนดไว้ในบทที่ 3
- คำร่างรวมการดำเนินการพื้นฐาน 1 คำร่าง คือ BDD4 ซึ่งสร้างขึ้นตามกฎการแปลงแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสควิแอลเป็นข้อกำหนดเซตข้อ 28 ดังที่กำหนดไว้ในบทที่ 3



รูปที่ 5.17 แผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสควิแอลของกรณีทดสอบที่ 4 (กรณีศึกษาที่ 3) โดยมีคำร่างทั้งหมดดังนี้

BDD4R1

sNo : SNO
pNo : PNO
spQuantity : Z
sName : SNAME
sStatus : Z
sCity : CITY

BDD4Op1Join

input1? : \mathbb{F} SP
input2? : \mathbb{F} Supplier
output! : \mathbb{F} BDD4R1

input1? $\neq \emptyset$
input2? $\neq \emptyset$
 \forall out : output!; in1 : input1?; in2 : input2
| in1.sNo = in2.sNo
• out.sNo = in1.sNo \wedge
out.pNo = in1.pNo \wedge
out.spQuantity = in1.spQuantity \wedge
out.sName = in2.sName \wedge
out.sStatus = in2.sStatus \wedge
out.sCity = in2.sCity

BDD4R2

sNo : SNO
pNo : PNO
spQuantity : \mathbb{Z}
sName : SNAME
sStatus : \mathbb{Z}
sCity : CITY

BDD2Op2Select

input1? : \mathbb{F} BDD4R1
pNoValue? : PNO
output! : \mathbb{F} BDD4R2

input1? $\neq \emptyset$
 \forall out : output!; in1 : input1?
| in1.pNo = pNoValue?
• out = in1

BDD4R3

sNo : SNO
pNo : PNO
spQuantity : \mathbb{Z}
sName : SNAME
sStatus : \mathbb{Z}
sCity : CITY

<p><i>BDD4Op3Exists</i></p> <p><i>input1?</i> : \mathbb{F} Supplier <i>input2?</i> : \mathbb{F} BDD4R2 <i>output!</i> : \mathbb{F} BDD4R3</p> <hr/> <p><i>input1?</i> $\neq \emptyset$ <i>input2?</i> $\neq \emptyset$ \forall <i>out</i> : <i>output!</i>; <i>in1</i> : <i>input1?</i>; <i>in2</i> : <i>input2</i> <i>in1.sName</i> \in { <i>in2.sName</i> } • <i>out</i> = <i>in2</i></p>
<p><i>BDD4R4</i></p> <p><i>sName</i> : SNAME</p>
<p><i>BDD4Op4Project</i></p> <p><i>input1?</i> : \mathbb{F} BDD4R3 <i>output!</i> : \mathbb{F} BDD4R4</p> <hr/> <p><i>input1?</i> $\neq \emptyset$ \forall <i>out</i> : <i>output!</i>; <i>in1</i> : <i>input1?</i> • <i>out.sName</i> = <i>in1.sName</i></p>

ผลการตรวจสอบวากยสัมพันธ์ของข้อกำหนดเซตที่ได้โดยใช้ Z/EVES พบว่าข้อกำหนดที่ได้นั้นมีความถูกต้องตามวากยสัมพันธ์ของข้อกำหนดเซต และผลการทดสอบเงื่อนไขก่อนของข้อกำหนดที่ได้ ดังแสดงในภาคผนวก ค กรณีทดสอบที่ 4 พบว่ามีความถูกต้อง เนื่องจากพิจารณาผลที่ได้แล้วพบว่าข้อกำหนดที่แสดงอยู่หน้าเงื่อนไข implies เป็นจริง ถูกต้องตามที่กำหนดไว้ทุกประการ ดังนั้นเมื่อข้อกำหนดที่อยู่หน้าเงื่อนไข implies เป็นจริง จึงมีผลให้ข้อกำหนดที่อยู่หลังเงื่อนไข implies เป็นจริงด้วยเช่นกัน

สามารถเขียนเค้าร่างรวมการดำเนินการพื้นฐาน โดยการรวมเค้าร่างการดำเนินการพื้นฐานของแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลได้ ดังนี้

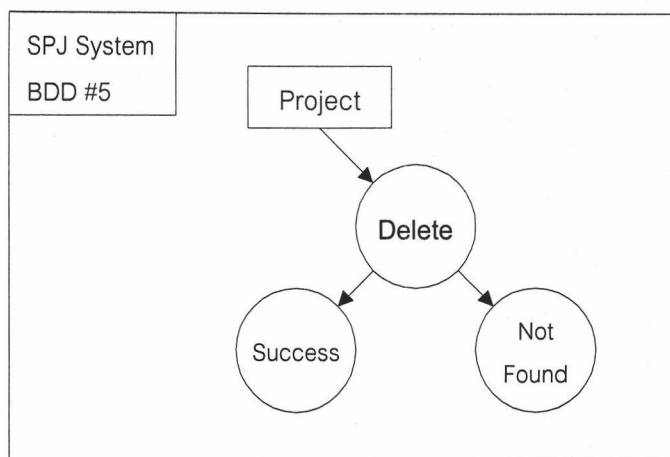
$$\begin{aligned}
BDD4 \equiv & BDD4Op1Join [op1input1? / input1?, op1input2? / input2?, op1output! / output!]; \\
& BDD4Op2Select [op1output? / input1?, op2pNoValue? / pNoValue?, \\
& \quad op2output! / output!]; \\
& BDD4Op3Exists [op3input1? / input1?, op2output? / input2?, \\
& \quad op3output! / output!]; \\
& BDD4Op4Project [op3output? / input1?, op4output! / output!]
\end{aligned}$$

5.3.3.5 กรณีทดสอบที่ 5 (กรณีศึกษาที่ 3)

การลบข้อมูลโครงการ เขียนเป็นภาษาเอสคิวแอลได้ดังนี้

delete from Project ...;

สามารถเขียนให้อยู่ในรูปแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอล ได้ดังรูปที่ 5.18



รูปที่ 5.18 แผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลของกรณีทดสอบที่ 5 (กรณีศึกษาที่ 3)

จากแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลรูปที่ 5.18 สามารถสร้างเป็นข้อกำหนดเซต ดังแสดงในภาคผนวก ค กรณีทดสอบที่ 5 โดยมีรายละเอียดดังนี้

- คำร่างการดำเนินการพื้นฐานมี 2 คำร่าง คือ BDD5Op1Delete และ BDD5Op2Delete ซึ่งสร้างขึ้นตามกฎการแปลงแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลเป็นข้อกำหนดเซต ข้อ 11 ดังที่กำหนดไว้ในบทที่ 3
- คำร่างรวมการดำเนินการพื้นฐาน 1 คำร่าง คือ BDD5 ซึ่งสร้างขึ้นตามกฎการแปลงแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลเป็นข้อกำหนดเซตข้อ 28 ดังที่กำหนดไว้ในบทที่ 3

โดยมีคำร่างทั้งหมดดังนี้

BDD5Op2Delete
Δ SPJExt $spjKey? : SNO \times PNO \times JNO$ $delSPJ? : SPJ$
$spjKey? \in dom\ spjAtt$ $spjSet' = spjSet \setminus \{ delSPJ? \}$

BDD5Op1Delete
Δ ProjectExt $projectKey? : JNO$ $delProject? : Project$ BDD5Op2Delete
$projectKey? \in dom\ projectAtt$ $delSPJ?.jNo = delProject?.jNo$ $projectSet' = projectSet \setminus \{ delProject? \}$

ผลการตรวจสอบวากยสัมพันธ์ของข้อกำหนดเซตที่ได้โดยใช้ Z/EVES พบว่าข้อกำหนดที่ได้นั้นมีความถูกต้องตามวากยสัมพันธ์ของข้อกำหนดเซต และผลการทดสอบเงื่อนไขก่อนของข้อกำหนดที่ได้ ดังแสดงในภาคผนวก ค กรณีทดสอบที่ 5 พบว่ามีความถูกต้อง เนื่องจากพิจารณาผลที่ได้แล้วพบว่าข้อกำหนดที่แสดงอยู่

หน้าเงื่อนไข *implies* เป็นจริง ถูกต้องตามที่กำหนดไว้ทุกประการ ดังนั้นเมื่อข้อกำหนดที่อยู่หน้าเงื่อนไข *implies* เป็นจริง จึงมีผลให้ข้อกำหนดที่อยู่หลังเงื่อนไข *implies* เป็นจริงด้วยเช่นกัน

สามารถเขียนเค้าร่างรวมการดำเนินการพื้นฐาน โดยการรวมเค้าร่างการดำเนินการพื้นฐานของแผนภาพเชิงลำดับชั้นของภาษาเอสคิวแอลได้ ดังนี้

$$BDD5 \equiv BDD5Op1Delete [op1projectKey? / projectKey?, op1delSPJ? / delSPJ?];$$

$$BDD5Op2Delete [op2spjKey? / spjKey?, op2delProject? / delProject?];$$