

การเพิ่มประสิทธิภาพการทดสอบสตอร์ดีโพรซีเยอร์  
ด้วยการทวนสอบสถานะฐานข้อมูล



นายพงศกร รุ่งสุวรรณกิจ

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2553

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ENHANCING EFFECTIVENESS OF STORED PROCEDURE TESTING  
WITH DATABASE STATE VERIFICATION



Mr. Pongsakorn Rungsuwannakit

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Science Program in Computer Science

Department of Computer Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2010

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การเพิ่มประสิทธิผลการทดสอบสตอร์ดีโพรซีเยอร์  
ด้วยการทวนสอบสถานะฐานข้อมูล

โดย

นายพงศกร รุ่งสุวรรณกิจ

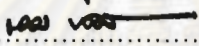
สาขาวิชา

วิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

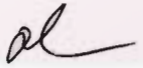
รองศาสตราจารย์ ดร.ญาใจ ลิมปิยะภรณ์

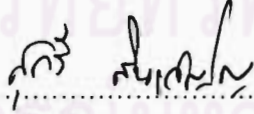
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น  
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

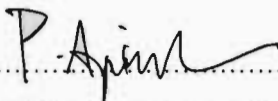
  
..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์  
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศนรินทร์วงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
..... ประธานกรรมการ  
(ศาสตราจารย์ ดร.บุญเสริม กิจศิริกุล)

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก  
(รองศาสตราจารย์ ดร.ญาใจ ลิมปิยะภรณ์)

  
..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุกรี สิ้นธุภิณเฑ)

  
..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย  
(อาจารย์ ดร.ภาสกร อภิรักษ์วรพินิต)

พงศกร รุ่งสุวรรณกิจ : การเพิ่มประสิทธิผลการทดสอบสตอรัทไฟรซีเยอร์ด้วยการทวน  
 สอบสถานะฐานข้อมูล. (ENHANCING EFFECTIVENESS OF STORED  
 PROCEDURE TESTING WITH DATABASE STATE VERIFICATION) อ. ที่ปรึกษา  
 วิทยานิพนธ์หลัก : รศ.ดร.ญาใจ ลิ้มปิยะกรณ์, 81 หน้า.

การทดสอบโปรแกรมประยุกต์ฐานข้อมูลควรให้ความสำคัญกับการทดสอบสตอรัทไฟรซีเยอร์ด้วย เนื่องจากการจัดการข้อมูลในฐานข้อมูลไม่ได้เกิดขึ้นผ่านคำสั่งที่อยู่ในโปรแกรมประยุกต์ฐานข้อมูลเพียงอย่างเดียว แต่อาจเกิดขึ้นผ่านคำสั่งประเภทที่เปลี่ยนแปลงสถานะฐานข้อมูลในสตอรัทไฟรซีเยอร์ ซึ่งถูกเรียกใช้โดยโปรแกรมฐานข้อมูลได้เช่นกัน หากผลลัพธ์การเปลี่ยนสถานะฐานข้อมูลไม่เป็นไปตามที่คาดหวัง การทำงานของคำสั่งเอสคิวแอลในลำดับถัดๆ ไปภายในสตอรัทไฟรซีเยอร์ อาจผิดพลาดต่อเนื่องกันไปเป็นลูกโซ่ ความผิดปกติลักษณะนี้มักเกิดกับสตอรัทไฟรซีเยอร์ขนาดใหญ่ ซึ่งผู้เขียนอาจจะบ่งชี้เงื่อนไขในการจัดการข้อมูลผิดพลาดได้ง่าย งานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอแนวทางการเพิ่มประสิทธิผลการทดสอบสตอรัทไฟรซีเยอร์ด้วยสตอรัทไฟรซีเยอร์กราฟ เพื่อทวนสอบสถานะฐานข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงไปภายหลังจากประมวลผลคำสั่งเอสคิวแอลในสตอรัทไฟรซีเยอร์ ณ จุดตรวจสอบที่ได้กำหนดไว้เทคนิคดังกล่าวจะช่วยให้ผู้ทดสอบสามารถระบุคำสั่งที่ก่อให้เกิดความผิดพลาดของการเปลี่ยนสถานะฐานข้อมูลได้แต่เนิ่นๆ และรวดเร็วขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา : วิศวกรรมคอมพิวเตอร์.....  
 สาขาวิชา : วิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์.....  
 ปีการศึกษา : 2553.....

ลายมือชื่อนิสิต *พงศกร รุ่งสุวรรณกิจ*  
 ลายมือ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก *ญาใจ ลิ้มปิยะกรณ์*

## 5171428121 : MAJOR COMPUTER SCIENCE

KEYWORDS : SOFTWARE TESTING / STORED PROCEDURE / STORED PROCEDURE GRAPH

PONGSAKORN RUNGSUWANNAKIT : ENHANCING EFFECTIVENESS OF STORED PROCEDURE TESTING WITH DATABASE STATE VERIFICATION.

THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. YACHAI LIMPIYAKORN, Ph.D., 81 pp.

Stored procedure test should be regarded during the test of database application. Managing data in databases is manipulated by not only the commands in the database application program, but also by those database state transition commands contained in stored procedures that are invoked by a database program. In some cases, state transition brings an unexpected database state which could affect the following set of SQL commands to generate incorrect chain result. This anomaly usually occurs in large stored procedures where programmers can easily make mistakes with data management conditions. This research thus proposed an approach to enhancing effectiveness of stored procedure testing with stored procedure graph. The graph would help verify the database state changes as a result of executing the SQL commands at the determined checkpoints. This technique would enable testers to identify the mistake commands that cause invalid database state transition earlier and faster.

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department : Computer Engineering .....

Student's Signature

Field of Study : Computer Science .....

Advisor's Signature

Academic Year : 2010 .....

*Pongsakorn Rungsuwannakit*  
*Y. Limpiyakorn*

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความอนุเคราะห์อย่างยิ่งของรองศาสตราจารย์ ดร. ญาใจ ลิ้มปิยะภรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้สละเวลาให้ความรู้ ให้คำปรึกษา ตรวจสอบ ให้คำแนะนำแนวทางการวิจัย และสนับสนุน จนทำให้การวิจัยในครั้งนี้สำเร็จออกมาด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.บุญเสริม กิจศิริกุล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุกรี สินธุภิญโญ และ ดร.ภาสกร อภิรักษ์วรพินิต กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาเสียสละเวลา ให้คำแนะนำ ตรวจสอบ และแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ครอบครัว ที่ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจที่ดีให้เสมอมา

ท้ายที่สุด ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเพื่อนๆ ทุกคน ที่คอยติดตามและให้กำลังใจ รวมถึงท่านอื่นๆ ที่มีได้กล่าวชื่อไว้ ณ ที่นี้ที่มีส่วนทำให้วิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ .....	ช
สารบัญตาราง.....	ฎ
สารบัญภาพ .....	ฐ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา .....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย .....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย .....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....	3
1.5 วิธีดำเนินการวิจัย .....	3
1.6 ลำดับการจัดเรียงเนื้อหาในวิทยานิพนธ์.....	3
1.7 ผลงานที่ตีพิมพ์จากวิทยานิพนธ์ .....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	5
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง .....	5
2.1.1 ภาษาสอบถามเชิงโครงสร้าง หรือเอสคิวแอล .....	5
2.1.2 สตอร์ดีโพรซีเยอร์ .....	5
2.1.3 ภาษาดอท และกราฟวิซ .....	7
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	11
2.2.1 Test Run: Testing SQL Stored Procedures Using LINQ.....	11
2.2.2 Preventing SQL Injection Attacks in Stored Procedures .....	11
บทที่ 3 การออกแบบขั้นตอนการดำเนินงาน.....	14
3.1 การจำแนกประเภทของเอสคิวแอลในสตอร์ดีโพรซีเยอร์.....	17
3.1.1 ขอบเขตวากยสัมพันธ์ที่ครอบคลุมสำหรับคำสั่งในการค้นคืนเซตผลลัพธ์ที่ ต้องการจากฐานข้อมูล.....	19
3.1.2 ขอบเขตวากยสัมพันธ์ที่ครอบคลุมสำหรับคำสั่งในการเพิ่มรายการใหม่ให้ ฐานข้อมูล .....	21



3.1.3 ขอบเขตวากยสัมพันธ์ที่ครอบคลุมสำหรับคำสั่งในการแก้ไขรายการใน ฐานข้อมูล .....	22
3.1.4 ขอบเขตวากยสัมพันธ์ที่ครอบคลุมสำหรับคำสั่งในการลบรายการออกจาก ฐานข้อมูล .....	23
3.2 การกำหนดจุดตรวจสอบเพื่อทวนสอบสถานะฐานข้อมูล .....	24
3.3 การสร้างสตอรัคโพรซีเยอร์กราฟ หรือเอสพีกราฟ .....	25
3.4 การทวนสอบสถานะฐานข้อมูลที่เกิดขึ้นจริง กับที่คาดหวัง .....	27
3.4.1 สถานะฐานข้อมูลที่เกิดขึ้นจริง .....	27
3.4.2 สถานะฐานข้อมูลที่เอสคิวแอลคาดหวัง .....	27
3.4.3 สถานะฐานข้อมูลเริ่มต้น .....	27
บทที่ 4 การพัฒนาระบบ .....	28
4.1 การออกแบบการพัฒนาระบบ .....	28
4.2 การนำไปใช้ของระบบ .....	30
4.3 ประเภทของการวิเคราะห์สตอรัคโพรซีเยอร์ .....	31
4.3.1 Owner Mode .....	31
4.3.2 Optimization Mode .....	31
4.4 เกณฑ์ในการหยุดกระบวนการทวนสอบสำหรับการวิเคราะห์แบบ Optimization Mode .....	33
4.5 บทบาทหน้าที่ของผู้ที่เกี่ยวข้องกับระบบ .....	33
4.5.1 ผู้ดูแลฐานข้อมูล .....	33
4.5.2 ผู้ดูแลระบบ .....	33
4.5.3 ผู้พัฒนาซอฟต์แวร์ .....	34
4.5.4 ผู้ทดสอบซอฟต์แวร์ .....	34
4.6 สภาพแวดล้อมและเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา .....	34
4.7 การติดตั้งซอฟต์แวร์สำหรับการพัฒนาระบบ .....	35
4.8 ความต้องการด้านฟังก์ชันการทำงาน .....	35
4.9 การพิสูจน์ตัวจริงในการใช้งานระบบ .....	36
4.10 ขั้นตอนการพัฒนาระบบ .....	37



4.10.1 การออกแบบฐานข้อมูล .....	37
4.10.2 การพัฒนาระบบซอฟต์แวร์ .....	38
บทที่ 5 การทดสอบระบบ.....	40
5.1 การทดสอบความถูกต้องฟังก์ชันการทำงานของระบบ.....	40
5.2 การทดสอบความถูกต้องกระบวนการทำงานของระบบ .....	47
5.3 สรุปผลการทดลอง.....	48
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ.....	49
6.1 สรุปผลการวิจัย .....	49
6.2 ข้อจำกัด .....	49
6.3 แนวทางการวิจัยต่อ .....	49
รายการอ้างอิง.....	51
ภาคผนวก.....	52
ภาคผนวก ก. วากยสัมพันธ์ฉบับเต็มของคำสั่งดีเอ็มแอลพื้นฐาน.....	53
ภาคผนวก ข. โครงสร้างฐานข้อมูล SPTesting .....	57
ภาคผนวก ค. การใช้งานระบบ .....	69
การล็อกอินเข้าสู่ระบบ .....	69
การใช้งานหน้าจอหลัก.....	70
การจัดการข้อมูลผู้ใช้ระบบ .....	71
การกำหนดค่าโครงแบบสำหรับสตอर्टโพรซีเยอร์กราฟ.....	73
การวิเคราะห์คำสั่งเอสคิวแอล .....	74
การแก้ไขคำสั่งเอสคิวแอลสำหรับการวิเคราะห์แบบ Owner Mode.....	76
การเรียกแสดงรายงานผลการวิเคราะห์คำสั่งเอสคิวแอล .....	78
สำหรับการวิเคราะห์แบบ Optimization Mode .....	78
การเรียกแสดงสตอर्टโพรซีเยอร์กราฟ.....	79
การเรียกแสดงสถิติการเกิดคำสั่งเอสคิวแอลที่ผิดปกติ.....	79
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	81

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1	วากยสัมพันธ์พื้นฐานสำหรับคำสั่ง SELECT..... 20
ตารางที่ 2	สรุปคำสั่งพื้นฐานที่ครอบคลุมในงานวิจัย ..... 24
ตารางที่ 3	ลักษณะโดยรวมของระบบ..... 30
ตารางที่ 4	การเปรียบเทียบประเภทของการวิเคราะห์สตอร์ดีโพรซีเยอร์..... 32
ตารางที่ 5	ความต้องการด้านหน้าที่ ..... 35
ตารางที่ 6	การทดสอบการพิสูจน์ตัวจริงในการใช้งานระบบ ..... 40
ตารางที่ 7	การทดสอบการจัดการรายละเอียดผู้ใช้งานระบบ..... 41
ตารางที่ 8	การทดสอบการกำหนดค่าโครงสร้างสำหรับสตอร์ดีโพรซีเยอร์กราฟ..... 42
ตารางที่ 9	การทดสอบการจัดการรายละเอียดของสตอร์ดีโพรซีเยอร์ ..... 42
ตารางที่ 10	การทดสอบการวิเคราะห์คำสั่งเอสคิวแอล ..... 43
ตารางที่ 11	การทดสอบการแก้ไขคำสั่งเอสคิวแอลสำหรับการวิเคราะห์แบบ Owner Mode..... 45
ตารางที่ 12	การทดสอบการแสดงสตอร์ดีโพรซีเยอร์กราฟ..... 46
ตารางที่ 13	การทดสอบการแสดงผลงานผลการวิเคราะห์คำสั่งเอสคิวแอล..... 46
ตารางที่ 14	การทดสอบความถูกต้องกระบวนการทำงานของระบบ ..... 47
ตารางที่ 15	พจนานุกรมข้อมูลของตาราง AllColumn..... 58
ตารางที่ 16	ตัวอย่างข้อมูลในตาราง AllColumn ..... 58
ตารางที่ 17	พจนานุกรมข้อมูลของตาราง AllExecutedTable..... 59
ตารางที่ 18	ตัวอย่างข้อมูลในตาราง ExecutedTable ..... 59
ตารางที่ 19	พจนานุกรมข้อมูลของตาราง AllRelationship ..... 59
ตารางที่ 20	ตัวอย่างข้อมูลในตาราง AllRelationship..... 60
ตารางที่ 21	พจนานุกรมข้อมูลของตาราง AlterTypeTbl..... 60
ตารางที่ 22	ตัวอย่างข้อมูลในตาราง AlterTypeTbl ..... 60
ตารางที่ 23	พจนานุกรมข้อมูลของตาราง AnalyzedSQLCommand ..... 61
ตารางที่ 24	ตัวอย่างข้อมูลในตาราง AnalyzedSQLCommand..... 62
ตารางที่ 25	พจนานุกรมข้อมูลของตาราง ColorTbl..... 63
ตารางที่ 26	ตัวอย่างข้อมูลในตาราง ColorTbl ..... 63
ตารางที่ 27	พจนานุกรมข้อมูลของตาราง CommandTypeTbl ..... 63

ตารางที่ 28	ตัวอย่างข้อมูลในตาราง CommandTypeTbl.....	64
ตารางที่ 29	พจนานุกรมข้อมูลของตาราง Configuration .....	64
ตารางที่ 30	ตัวอย่างข้อมูลในตาราง Configuration .....	65
ตารางที่ 31	พจนานุกรมข้อมูลของตาราง EachSqlCommand .....	65
ตารางที่ 32	ตัวอย่างข้อมูลในตาราง EachSqlCommand .....	66
ตารางที่ 33	พจนานุกรมข้อมูลของตาราง FontNameTbl .....	66
ตารางที่ 34	ตัวอย่างข้อมูลในตาราง FontNameTbl.....	66
ตารางที่ 35	พจนานุกรมข้อมูลของตาราง LoginDetail.....	67
ตารางที่ 36	ตัวอย่างข้อมูลในตาราง LoginDetail .....	67
ตารางที่ 37	พจนานุกรมข้อมูลของตาราง ReferredQID.....	67
ตารางที่ 38	ตัวอย่างข้อมูลในตาราง ReferredQID .....	68
ตารางที่ 39	พจนานุกรมข้อมูลของตาราง StatisticsTbl.....	68
ตารางที่ 40	ตัวอย่างข้อมูลในตาราง StatisticsTbl .....	68

## สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 1 ตัวอย่างโครงสร้างไวยากรณ์ของภาษาดอต.....	8
รูปที่ 2 ตัวอย่างกราฟที่ได้จากการใช้ dot ในกราฟวิซ.....	9
รูปที่ 3 ตัวอย่างกราฟที่ได้จากการใช้ neato ในกราฟวิซ.....	9
รูปที่ 4 ตัวอย่างกราฟที่ได้จากการใช้ twopi ในกราฟวิซ.....	10
รูปที่ 5 ตัวอย่างกราฟที่ได้จากการใช้ circo ในกราฟวิซ.....	10
รูปที่ 6 ตัวอย่างกราฟที่ได้จากการใช้ fdp ในกราฟวิซ.....	11
รูปที่ 7 ตัวอย่างเอสคิวแอล-กราฟ.....	12
รูปที่ 8 ส่วนหนึ่งของข้อมูลในตาราง DocumentTbl.....	15
รูปที่ 9 ส่วนหนึ่งของข้อมูลในตาราง ChequeTbl.....	15
รูปที่ 10 ตัวอย่างสตอर्टีโพรซีเยอร์กราฟ.....	26
รูปที่ 11 ภาพรวมระบบที่นำเสนอ.....	28
รูปที่ 12 ตัวอย่างหน้าจอการกำหนดสิทธิ์การใช้งานฐานข้อมูลสำหรับล็อกอิน ภายในระบบจัดการฐานข้อมูลไมโครซอฟต์ เอสคิวแอล เซิร์ฟเวอร์ 2005.....	37
รูปที่ 13 การออกแบบฐานข้อมูลระบบการทวนสอบสถานะฐานข้อมูลด้วยแผนภาพอีอาร์.....	38
รูปที่ 14 วากยสัมพันธ์ฉบับเต็มของคำสั่ง SELECT.....	53
รูปที่ 15 วากยสัมพันธ์ฉบับเต็มของคำสั่ง INSERT.....	54
รูปที่ 16 วากยสัมพันธ์ฉบับเต็มของคำสั่ง UPDATE.....	55
รูปที่ 17 วากยสัมพันธ์ฉบับเต็มของคำสั่ง DELETE.....	56
รูปที่ 18 วากยสัมพันธ์ฉบับเต็มของคำสั่ง TRUNCATE.....	56
รูปที่ 19 ตัวอย่างหน้าจอล็อกอิน.....	69
รูปที่ 20 ตัวอย่างหน้าจอแสดงข้อความ ในกรณีที่ล็อกอิน หรือรหัสผ่านในการเข้าสู่ระบบไม่ถูกต้อง.....	69
รูปที่ 21 ตัวอย่างหน้าจอหลัก.....	70
รูปที่ 22 ตัวอย่างหน้าจอการจัดการข้อมูลผู้ใช้ระบบ.....	72
รูปที่ 23 ตัวอย่างหน้าจอการกำหนดค่าโครงแบบสำหรับสตอर्टีโพรซีเยอร์กราฟ.....	73
รูปที่ 24 ตัวอย่างหน้าจอการวิเคราะห์คำสั่งเอสคิวแอล.....	74
รูปที่ 25 ตัวอย่างหน้าจอขณะทำการวิเคราะห์คำสั่งเอสคิวแอล.....	75

รูปที่ 26	ตัวอย่างหน้าจอการแก้ไขคำสั่งเอสคิวแอลสำหรับการวิเคราะห์แบบ Owner Mode.....	77
รูปที่ 27	ตัวอย่างหน้าจอแสดงข้อความเตือน เมื่อคำสั่งเอสคิวแอลที่ถูกแก้ไขยังมีความผิดปกติอยู่.....	78
รูปที่ 28	ตัวอย่างหน้าจอแสดงรายงานผลการวิเคราะห์คำสั่งเอสคิวแอล .....	78
รูปที่ 29	ตัวอย่างหน้าจอแสดงสตอร์คโพรซีเยอร์กราฟ .....	79
รูปที่ 30	ตัวอย่างหน้าจอแสดงสถิติการเกิดคำสั่งเอสคิวแอลที่ผิดปกติในรูปแบบกราฟแท่ง.....	80
รูปที่ 31	ตัวอย่างหน้าจอแสดงสถิติการเกิดคำสั่งเอสคิวแอลที่ผิดปกติในรูปแบบกราฟวงกลม...	80



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันฐานข้อมูลมีบทบาทสำคัญในการจัดเก็บข้อมูล (Data) ตลอดจนการได้มาซึ่งสารสนเทศ (Information) ขององค์กร ซอฟต์แวร์ต่างๆ จำเป็นต้องติดต่อและทำงานร่วมกับข้อมูลปริมาณมหาศาลที่จัดเก็บอยู่ในระบบฐานข้อมูล โปรแกรมประยุกต์ฐานข้อมูล (Database Application) จะช่วยให้ผู้ใช้สามารถเรียกใช้ และจัดการข้อมูลได้อย่างง่ายดายผ่านระบบจัดการฐานข้อมูลที่มีให้เลือกใช้มากมายในปัจจุบัน อาทิเช่น Microsoft SQL Server, Oracle Database, DB2, MySQL เป็นต้น

ในโปรแกรมประยุกต์ฐานข้อมูลทั่วไป ผู้ออกแบบสามารถกำหนดคำสั่งเกี่ยวกับฐานข้อมูลบางคำสั่งฝังไว้ภายในตัวโปรแกรมซึ่งจะถูกประมวลผลบนเครื่องไคลเอนท์ ในบางกรณีหากคำสั่งเกี่ยวกับฐานข้อมูลมีจำนวนมาก คำสั่งเหล่านี้ควรถูกเก็บไว้ในรูปแบบของสตอร์ดีโพรซีเยอร์ (Stored Procedure) ภายในระบบจัดการฐานข้อมูลซึ่งอยู่บนเครื่องเซิร์ฟเวอร์ เพื่อลดความซ้ำซ้อนของคำสั่งในกรณีที่คำสั่งเกี่ยวกับฐานข้อมูลถูกเรียกใช้โดยโปรแกรมประยุกต์จำนวนมาก นอกจากนี้ การเขียนคำสั่งในรูปแบบสตอร์ดีโพรซีเยอร์ยังช่วยให้การเปลี่ยนแปลงแก้ไขใดๆ สามารถทำได้ง่ายเนื่องจากคำสั่งถูกเก็บไว้ที่เดียวภายในระบบจัดการฐานข้อมูล ทำให้ทุกไคลเอนท์สามารถเรียกใช้สตอร์ดีโพรซีเยอร์ที่มีความทันสมัยอยู่เสมอ รวมทั้งยังเป็นการช่วยลดต้นทุนค่าใช้จ่ายในการส่งผ่านข้อมูลระหว่างเครื่องเซิร์ฟเวอร์ และเครื่องไคลเอนท์ลงด้วย

ดังนั้น การทดสอบโปรแกรมประยุกต์ฐานข้อมูลที่ถูกพัฒนาขึ้น จึงจำเป็นต้องทดสอบคำสั่งเอสคิวแอลภายในสตอร์ดีโพรซีเยอร์ด้วยเช่นกัน โดยภายในสตอร์ดีโพรซีเยอร์ประกอบด้วยคำสั่งที่เปลี่ยนแปลงสถานะฐานข้อมูล เช่น คำสั่ง update ซึ่งใช้ในการเปลี่ยนแปลงค่าคุณลักษณะของตารางในฐานข้อมูล และคำสั่งที่ไม่เปลี่ยนแปลงสถานะฐานข้อมูล เช่น คำสั่ง select ซึ่งใช้สำหรับการเลือกรายการที่ต้องการมาแสดงผล [1] หากการเปลี่ยนแปลงสถานะส่งผลให้สถานะฐานข้อมูลไม่เป็นไปอย่างที่คาดหวัง การทำงานของคำสั่งในลำดับถัดๆ ไปในสตอร์ดีโพรซีเยอร์จะให้ผลลัพธ์ที่ไม่ถูกต้องต่อเนื่องกันไปเป็นลูกโซ่ ความผิดพลาดลักษณะนี้มักเกิดกับสตอร์ดีโพรซีเยอร์ที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งผู้เขียนชุดคำสั่งในสตอร์ดีโพรซีเยอร์อาจจะบ่งชี้ข้อบกพร่องในการจัดการข้อมูลผิดพลาดได้ง่าย

นอกจากนี้ กรณีทดสอบสำหรับสตอร์ดีโพรซีเยอร์โดยทั่วไปยังไม่สามารถตรวจจับความผิดพลาดดังกล่าวได้ เนื่องจากกรณีทดสอบทั่วไปจะตรวจสอบแค่สถานะฐานข้อมูลสุดท้ายเมื่อ



สตอร์ดีโพรซีเยอร์ทำงานเสร็จสิ้นแล้วเท่านั้น หากสถานะที่ได้ไม่เป็นไปตามที่คาดหวัง ก็จะไม่สามารถระบุได้ว่าคำสั่งใดในสตอร์ดีโพรซีเยอร์ที่ก่อให้เกิดความผิดปกติกับสถานะฐานข้อมูล

งานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการทดสอบสตอร์ดีโพรซีเยอร์ด้วยสตอร์ดีโพรซีเยอร์กราฟ เพื่อทวนสอบสถานะฐานข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงไปภายหลังการประมวลผลคำสั่งเอสคิวแอลในสตอร์ดีโพรซีเยอร์ ณ จุดตรวจสอบที่ได้กำหนดไว้ล่วงหน้า ทำให้สามารถระบุคำสั่งที่ก่อให้เกิดความผิดพลาดของการเปลี่ยนสถานะฐานข้อมูลได้แต่เนิ่นๆ และลดระยะเวลาการทดสอบให้รวดเร็วยิ่งขึ้น

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบ และพัฒนาระบบการทวนสอบสถานะฐานข้อมูลสำหรับการทดสอบสตอร์ดีโพรซีเยอร์ เพื่อระบุคำสั่งที่เรียกใช้สถานะฐานข้อมูลที่ไม่เป็นไปตามที่เอสคิวแอลคาดหวัง

## 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ระบบสามารถระบุคำสั่งที่เรียกใช้สถานะฐานข้อมูลที่ไม่เป็นไปตามที่เอสคิวแอลคาดหวัง ทั้งนี้การพิจารณาคำสั่งเอสคิวแอลในสตอร์ดีโพรซีเยอร์จะไม่รวมถึงรูปแบบคำสั่งเอสคิวแอลที่มีความซับซ้อน หรือเอสคิวแอลระดับสูง (Advanced SQL) [4] เช่น การทำงานที่ต้องพิจารณาถึงระดับเค้าร่างภายใน (Internal Schema) การทำงานวนซ้ำ (loop) การสอบถามเรียกซ้ำ (Recursive Queries) การเรียกใช้ฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์และฟังก์ชันการเปลี่ยนประเภทข้อมูล (Data Type Conversion) เป็นต้น
2. ระบบที่พัฒนาขึ้นจะมีความสามารถต่อไปนี้เป็นอย่างน้อย
  - สามารถจำแนกประเภทของคำสั่งเอสคิวแอลภายในสตอร์ดีโพรซีเยอร์ ตามความสามารถในการเปลี่ยนแปลงสถานะฐานข้อมูลได้
  - สามารถแสดงกราฟเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างคำสั่งเอสคิวแอลภายในสตอร์ดีโพรซีเยอร์ และวัตถุ (Objects) ต่างๆ ที่ถูกเรียกใช้ได้
  - สามารถทำการเปรียบเทียบเทียบสถานะฐานข้อมูลที่เกิดขึ้นจริง กับสถานะฐานข้อมูลที่คำสั่งเอสคิวแอลคาดหวังเมื่อคำสั่งประเภทที่ต้องการค้นคืนเซตผลลัพธ์ถูกทำงาน
  - สามารถระบุคำสั่งที่เรียกใช้สถานะฐานข้อมูลที่ไม่เป็นไปตามที่คำสั่งเอสคิวแอลคาดหวังได้



3. การประเมินวิธีการที่นำเสนอจะวัดจากความสามารถในการตรวจหาความผิดปกติของการเปลี่ยนสถานะฐานข้อมูลได้อย่างถูกต้อง

#### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้เครื่องมือต้นแบบสำหรับกระบวนการสนับสนุนการทดสอบสตอร์ดีโพรซีเยอร์เพื่อระบุคำสั่งเอสคิวแอลที่เรียกใช้สถานะฐานข้อมูลที่ไม่เป็นไปตามที่เอสคิวแอลคาดหวัง ซึ่งเป็นการลดความผิดพลาดในเชิงข้อมูลที่อาจตกค้างไปถึงระยะถัดไปในกระบวนการพัฒนาซอฟต์แวร์

#### 1.5 วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาลักษณะของสตอร์ดีโพรซีเยอร์ รูปแบบการเขียนคำสั่ง และความสัมพันธ์ของวัตถุต่างๆ ภายในฐานข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสตอร์ดีโพรซีเยอร์
2. ศึกษา และทำความเข้าใจเอสคิวแอล-กราฟ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อพัฒนาสตอร์ดีโพรซีเยอร์กราฟ
3. ออกแบบวิธีการและขั้นตอนสำหรับกระบวนการสนับสนุนการทดสอบสตอร์ดีโพรซีเยอร์
4. พัฒนาเครื่องมือต้นแบบ เพื่อสนับสนุนแนวคิด และขั้นตอนวิธีการที่นำเสนอ
5. ทดลองวิธีการที่นำเสนอ
6. วิเคราะห์ และสรุปผลการทดลอง
7. ตีพิมพ์บทความทางวิชาการ
8. เรียบเรียงวิทยานิพนธ์

#### 1.6 ลำดับการจัดเรียงเนื้อหาในวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์นี้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 6 บทดังต่อไปนี้ บทที่ 1 เป็นบทนำซึ่งกล่าวถึง ความ เป็นมาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ของการวิจัย ขอบเขตของการวิจัย ประโยชน์ที่ คาดว่าจะได้รับ รวมถึงวิธีดำเนินการวิจัย บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องใน งานวิจัยนี้ บทที่ 3 กล่าวถึงการออกแบบขั้นตอน และระเบียบวิธีการดำเนินงานของระบบ บทที่ 4 กล่าวถึงการพัฒนาระบบตามแนวทาง และระเบียบวิธีที่ได้ออกแบบไว้ บทที่ 5 กล่าวถึงขั้นตอน การทดสอบระบบ และบทที่ 6 สรุปผลการวิจัย ข้อเสนอแนะ และแนวทางสำหรับการวิจัยต่อไปใน อนาคต

#### 1.7 ผลงานที่ตีพิมพ์จากวิทยานิพนธ์

ส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์นี้ได้รับการตีพิมพ์เป็นบทความวิจัยในหัวข้อเรื่อง “การเพิ่ม ประสิทธิภาพการทดสอบสตอร์ดีโพรซีเยอร์ด้วยการทวนสอบสถานะฐานข้อมูล” โดย พงศกร

รุ่งสุวรรณกิจ และ ญาใจ ลิ่มปิยะภรณ์ ในวารสารงานประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมคอมพิวเตอร์แห่งชาติ ครั้งที่ 14 (The 14<sup>th</sup> National Computer Science and Engineering Conference; NCSEC 2010) ซึ่งจัดขึ้นโดยภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 17 – 19 พฤศจิกายน 2553



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาค้นคว้าต่างๆ สามารถสรุปทฤษฎี และแนวคิดสำคัญที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยได้ดังนี้

##### 2.1.1 ภาษาสอบถามเชิงโครงสร้าง หรือเอสคิวแอล

เป็นภาษาที่ใช้สำหรับสร้าง แก้ว และค้นหาข้อมูลในฐานข้อมูล โดยใช้มาตรฐานของแอนซี (ANSI) และ ไอเอสโอ (ISO) แบ่งเป็น 2 ประเภท [2] ได้แก่

1) ภาษากำหนดโครงสร้างข้อมูล (Data Definition Language) หรือดีดีแอล (DDL) [4]

เป็นภาษาที่ใช้ในการนิยามเค้าร่าง (Schema) ของฐานข้อมูล เช่น การนิยามคุณสมบัติของตาราง และเงื่อนไขบังคับบูรณภาพ (Integrity Constraints) เป็นต้น

2) ภาษาดำเนินการข้อมูล (Data Manipulation Language) หรือดีเอ็มแอล (DML) [4]

เป็นภาษาที่ช่วยให้ผู้ใช้สามารถเข้าถึง หรือดำเนินการข้อมูล เพื่อให้ข้อมูลอยู่ในแบบจำลองข้อมูลที่เหมาะสม ประเภทการเข้าถึงของดีเอ็มแอลมี 4 ประเภท ได้แก่

- การค้นคืน (Retrieve) ข้อมูลที่ถูกเก็บอยู่ในฐานข้อมูล
- การเพิ่มข้อมูลใหม่ให้กับฐานข้อมูล
- การลบข้อมูลออกจากฐานข้อมูล
- การเปลี่ยนแปลงข้อมูลที่ถูกเก็บอยู่ในฐานข้อมูล

โดยทั่วไปสตอร์ดีโพรซีเยอร์ถูกเขียนขึ้นด้วยเอสคิวแอล [3] ซึ่งสามารถเป็นได้ทั้งแบบดีดีแอล และดีเอ็มแอล อย่างไรก็ตาม คำสั่งส่วนใหญ่ภายในสตอร์ดีโพรซีเยอร์จะเป็นดีเอ็มแอลมากกว่า

นอกจากภาษาเอสคิวแอลพื้นฐานแล้ว สตอร์ดีโพรซีเยอร์ยังสามารถประกอบขึ้นจากภาษาเอสคิวแอลที่มีความซับซ้อน และภาษาเอสคิวแอลระดับสูง (Advanced SQL) ได้ เช่น Recursive Queries, การเรียกใช้ Cursor เป็นต้น

##### 2.1.2 สตอร์ดีโพรซีเยอร์ [7]

สตอร์ดีโพรซีเยอร์ คือ กลุ่มของประโยคคำสั่งเอสคิวแอลที่ถูกคอมไพล์ (Compile) และเก็บอยู่ในฐานข้อมูลเป็นวัตถุ (Object) อย่างหนึ่งซึ่งสามารถนำกลับมาใช้ซ้ำในภายหลังได้ ทั้งนี้อาจมองสตอร์ดีโพรซีเยอร์เทียบได้กับโปรแกรมย่อย หรือฟังก์ชันๆ หนึ่งของการเขียนโปรแกรมในภาษาอื่นก็ได้

ในการออกแบบ และสร้างสตอร์ดีโพรซีเยอร์ที่เหมาะสม ผู้ออกแบบจำเป็นต้องเข้าใจในบทบาท และลักษณะสำคัญของสตอร์ดีโพรซีเยอร์ในการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ฐานข้อมูล ซึ่งประกอบไปด้วย

### 1) สตอร์ดีโพรซีเยอร์ช่วยในการรักษาบูรณภาพของข้อมูล

ในการทำงานจริง การดำเนินการต่างๆ ที่เกิดขึ้นอาจทำให้ข้อมูลในฐานข้อมูลสูญเสียบูรณภาพได้ สตอร์ดีโพรซีเยอร์สามารถใช้เป็นเครื่องมืออย่างหนึ่ง ซึ่งช่วยในการควบคุมและสร้างความเป็นมาตรฐานให้กับข้อมูล รวมไปถึงเงื่อนไขบังคับต่างๆ ที่มีความซับซ้อน ทำให้ข้อมูลสามารถรักษาบูรณภาพไว้ได้

### 2) สตอร์ดีโพรซีเยอร์มีความสามารถในการแทนกฎธุรกิจ (Business Rules) ที่ซับซ้อนให้เป็นเงื่อนไขบังคับที่ต้องการได้

ลักษณะสำคัญอย่างหนึ่งของสตอร์ดีโพรซีเยอร์ คือ ผู้พัฒนาโปรแกรมสามารถรวมกฎธุรกิจที่มีความซับซ้อนมากไว้ในสตอร์ดีโพรซีเยอร์ได้ เนื่องจากชุดคำสั่งเอสคิวแอลที่บรรจุอยู่ภายในสามารถเป็นได้ทั้งข้อความสั่งเชิงกระบวนการคำสั่ง\* และข้อความสั่งเชิงเซต\*\* ด้วยเหตุนี้กฎบางกฎที่มีความซับซ้อนเกินกว่าเงื่อนไขบังคับประเภทอื่นๆ จะรองรับได้ จึงสามารถแทนได้ด้วยสตอร์ดีโพรซีเยอร์

### 3) สตอร์ดีโพรซีเยอร์มีการออกแบบที่เป็นมอดูลาร์ (Modular)

ผู้ที่เรียกใช้สามารถมองสตอร์ดีโพรซีเยอร์เสมือนเป็นกล่องดำกล่องหนึ่ง ไม่จำเป็นต้องรู้ว่ากระบวนการทำงาน หรือโครงสร้างของชุดคำสั่งเอสคิวแอลภายในสตอร์ดีโพรซีเยอร์เป็นอย่างไร รู้แค่เพียงว่าจำเป็นต้องส่งอินพุตอะไรเข้าไป และเมื่อการทำงานเสร็จสิ้น จะได้อะไรเป็นเอาต์พุตกลับมา นับเป็นการช่วยลดความซ้ำซ้อนในกระบวนการออกแบบของโปรแกรมที่ต้องการพัฒนาได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

\* ข้อความสั่งเชิงกระบวนการคำสั่ง (Procedural Statement) คือ ประโยคคำสั่งที่ทำงานกับข้อมูลเพียงรายการเดียว ณ ช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง [8]

\*\* ข้อความสั่งเชิงเซต (Set-Oriented Statement) คือ ประโยคคำสั่งที่ทำงานกับกลุ่มของข้อมูล ซึ่งประกอบไปด้วยข้อมูลหลายรายการ ฐานข้อมูลจะทำหน้าที่ประมวลผลคำสั่งสำหรับกลุ่มข้อมูลเหล่านั้นเอง [8]

#### 4) สตอรัทไฟร์ซีเยอร์ช่วยลดภาระในการดูแลรักษาระบบ

ในการออกแบบระบบหนึ่งๆ จะเกิดกระบวนการทบทวน (Review) เปลี่ยนแปลง และพัฒนาอยู่เสมอ ผู้ออกแบบสามารถซ่อนรายละเอียดการทำงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับฐานข้อมูลไว้ภายใต้สตอรัทไฟร์ซีเยอร์ได้ ทั้งนี้เพื่อเป็นการช่วยลดผลกระทบที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงส่วนโปรแกรม (Component) อื่นๆ อาทิเช่น โปรแกรมประยุกต์ฝั่งไคลเอนท์ ส่วนโปรแกรมมิดเดิลแวร์ (Middleware Component) เป็นต้น

#### 5) สตอรัทไฟร์ซีเยอร์ช่วยลดปริมาณการใช้งานในเครือข่าย

โดยทั่วไป ระบบโปรแกรมประยุกต์ฐานข้อมูลมักจะถูกออกแบบให้เป็นระบบไคลเอนท์-เซิร์ฟเวอร์ ซึ่งมักจะทำให้ปริมาณการใช้งานในเครือข่ายอยู่ในอัตราที่สูง อย่างไรก็ตามหากมีการใช้สตอรัทไฟร์ซีเยอร์ในการรับส่ง และดำเนินการเฉพาะข้อมูลที่เป็นระหว่างไคลเอนท์-เซิร์ฟเวอร์ (ซึ่งอาจเป็นแค่เพียงข้อมูลส่วนเล็กๆ ของฐานข้อมูล) ปริมาณการใช้งานในเครือข่ายก็จะลดลงไปด้วย

#### 6) สตอรัทไฟร์ซีเยอร์ช่วยให้การทำงานมีความรวดเร็วยิ่งขึ้น

การเรียกใช้คำสั่งเอสคิวแอลผ่านสตอรัทไฟร์ซีเยอร์ช่วยให้การทำงานรวดเร็วกว่าการเรียกใช้คำสั่งเอสคิวแอลผ่านการสอบถามเฉพาะกิจ (Ad Hoc Query) เนื่องจากชุดคำสั่งเอสคิวแอลภายในสตอรัทไฟร์ซีเยอร์ไม่จำเป็นต้องถูกคอมไพล์ใหม่ ในขณะที่การเรียกใช้คำสั่งเอสคิวแอลผ่านการสอบถามเฉพาะกิจ หากคอมไพล์แล้วพบความผิดปกติจะต้องกลับมาแก้ไขให้ถูกต้องเสียก่อน

#### 7) สตอรัทไฟร์ซีเยอร์สามารถช่วยเพิ่มความปลอดภัยให้กับฐานข้อมูลได้

การออกแบบฐานข้อมูลที่ดีจำเป็นต้องมีการป้องกันการเข้าถึงข้อมูลในตารางได้โดยตรงด้วยเหตุนี้ ผู้ที่ต้องการเข้าถึง และดำเนินการข้อมูลในฐานข้อมูล จึงควรเรียกใช้สตอรัทไฟร์ซีเยอร์มากกว่าการเรียกใช้คำสั่งเอสคิวแอลผ่านการสอบถามเฉพาะกิจ

### 2.1.3 ภาษาดอต และกราฟวิซ [10]

ภาษาดอต (DOT Language) เป็นภาษาที่ใช้สำหรับการนิยามกราฟ ซึ่งสามารถเข้าใจได้ทั้งมนุษย์ และคอมพิวเตอร์ มีไวยากรณ์เป็นของตัวเอง ปัจจุบันมีโปรแกรมจำนวนมากมายที่รองรับการทำงานกับภาษาดอต เช่น Graphviz, Grappa, Beluging, OmniGraffle, ZGRViewer, VizierFX เป็นต้น [11]

```

graph : [ strict ] (graph | digraph) [ ID ] '{ stmt_list }'
stmt_list : [ stmt [ ';' ] [ stmt_list ] ]
stmt : node_stmt
      | edge_stmt
      | attr_stmt
      | ID '=' ID
      | subgraph
attr_stmt : (graph | node | edge) attr_list
attr_list : '[' [ a_list ] '[' attr_list ]
a_list : ID [ '=' ID ] [ ',' ] [ a_list ]
edge_stmt : (node_id | subgraph) edgeRHS [ attr_list ]
edgeRHS : edgeop (node_id | subgraph) [ edgeRHS ]
node_stmt : node_id [ attr_list ]
node_id : ID [ port ]
port : ':' ID [ ':' compass_pt ]
       | ':' compass_pt
subgraph : [ subgraph [ ID ] ] '{ stmt_list }'
compass_pt : (n | ne | e | se | s | sw | w | nw | c | _)

```

### รูปที่ 1 ตัวอย่างโครงสร้างไวยากรณ์ของภาษาดอต

กราฟวิซ (Graphviz ย่อมาจาก Graph Visualization Software) เป็นหนึ่งในโปรแกรมสำหรับวาดกราฟที่รองรับภาษาดอต ถูกพัฒนา และแจกให้ใช้ฟรี (Freeware) โดยทีมวิจัยแห่งห้องปฏิบัติการวิจัยเอทีแอนด์ที (AT&T Research Labs) ในสหรัฐอเมริกา กราฟวิซประกอบด้วยเครื่องมือสำหรับการรองรับการทำงานกับภาษาดอตหลายรูปแบบ เช่น

- dot ใช้สำหรับสร้างกราฟที่มีทิศทาง (Directed Graph) หรือกราฟที่มีลักษณะเป็นลำดับชั้น (Hierarchy) โดยอัลกอริทึมของการวาดกราฟจะวาดทิศทางของลูกศรไปในทิศทางเดียวกัน รวมทั้งหลีกเลี่ยงการทับกันของเส้นเชื่อมด้วย (รูปที่ 2)

- neato ใช้สำหรับสร้างกราฟที่มีลักษณะเป็นผังแบบสปริง (Spring Model Layout) ซึ่งจะให้ความยาวของเส้นเชื่อมทุกเส้นที่เท่ากัน (รูปที่ 3)

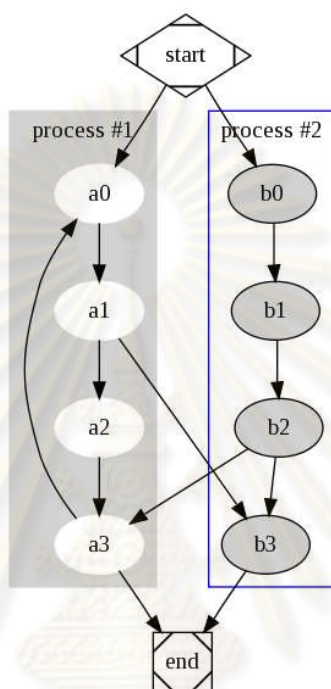
- twopi ใช้สำหรับการสร้างกราฟที่มีลักษณะเป็นผังรัศมี (Radial Layout) (รูปที่ 4)

- circo ใช้สำหรับการสร้างกราฟที่มีลักษณะเป็นผังวงกลม (Circular Layout) (รูปที่ 5)

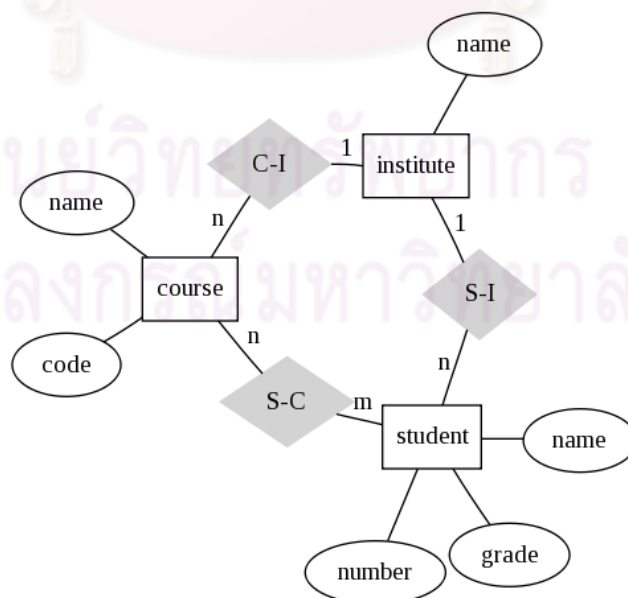


- fdp ใช้สำหรับการสร้างกราฟที่มีลักษณะเป็นผังแบบสปริงคล้ายกับ neato เช่นกัน แต่ fdp จะรองรับการสร้างเส้นเชื่อมระหว่างโหนดกับกลุ่มของโหนด (หรือคลัสเตอร์ (Cluster)) หรือระหว่างคลัสเตอร์กับคลัสเตอร์ด้วย (รูปที่ 6)

- sfdp ทำหน้าที่เหมือนกับ fdp แต่ใช้รองรับกราฟที่มีขนาดใหญ่ และมีความซับซ้อน

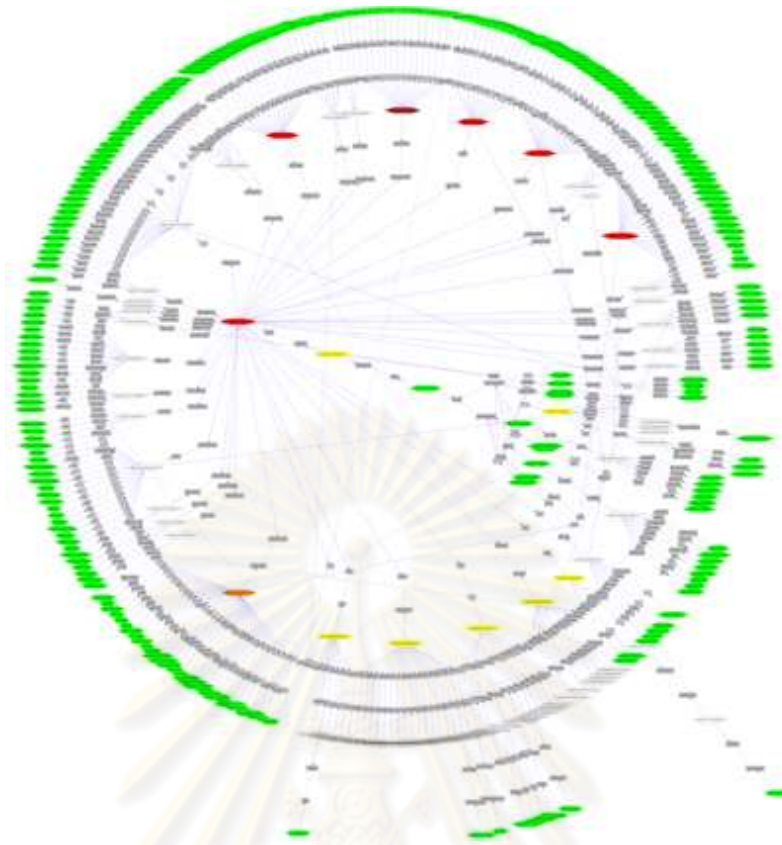


รูปที่ 2 ตัวอย่างกราฟที่ได้จากการใช้ dot ในกราฟviz

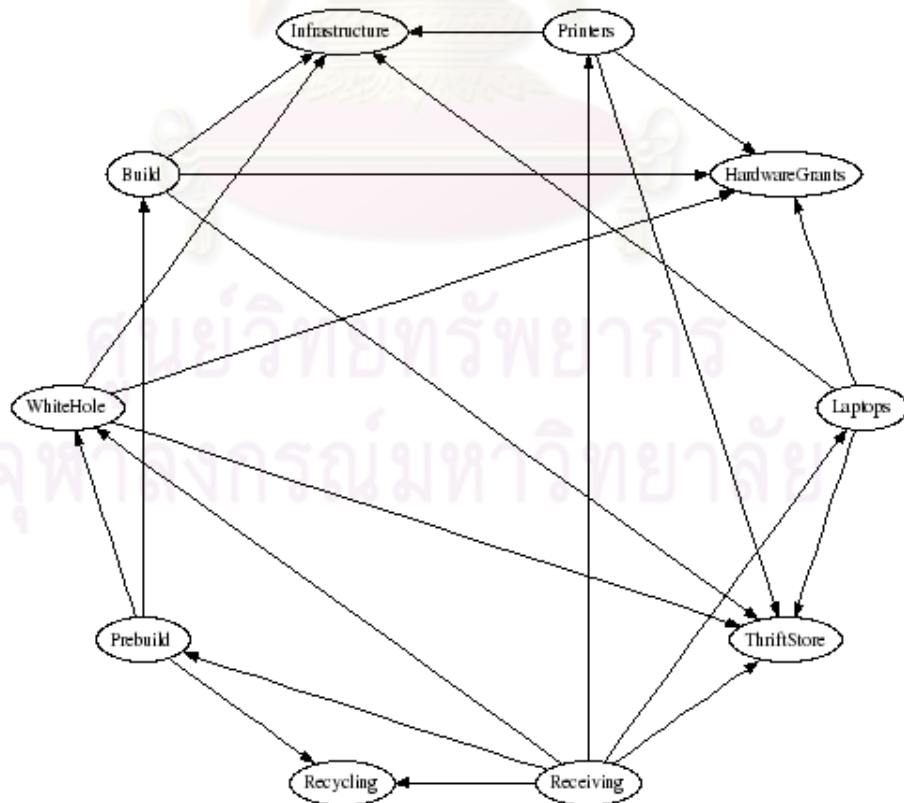


รูปที่ 3 ตัวอย่างกราฟที่ได้จากการใช้ neato ในกราฟviz

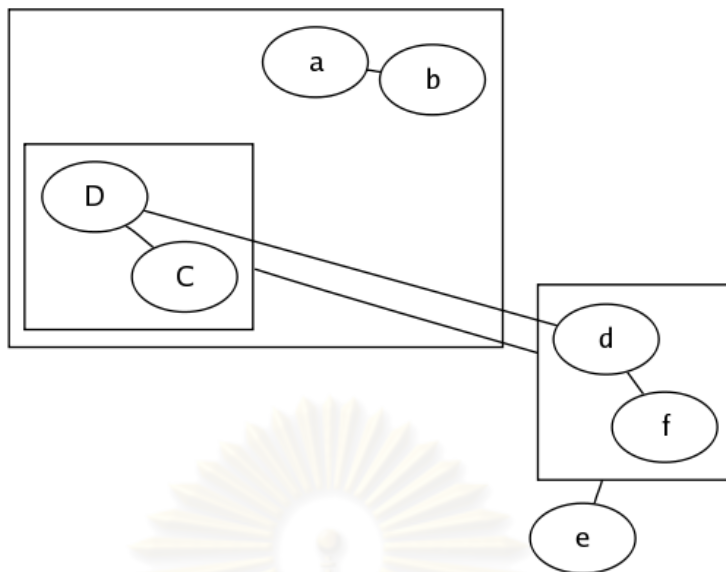




รูปที่ 4 ตัวอย่างกราฟที่ได้จากการใช้ twopi ในกราฟวิซ



รูปที่ 5 ตัวอย่างกราฟที่ได้จากการใช้ circo ในกราฟวิซ



รูปที่ 6 ตัวอย่างกราฟที่ได้จากการใช้ fdp ในกราฟวิซ

## 2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.2.1 Test Run: Testing SQL Stored Procedures Using LINQ [1]

งานวิจัยนี้นำเสนอวิธีการทดสอบสตอร์คโพรซีเยอร์โดยใช้ LINQ ซึ่งเป็นไลบรารีหนึ่งของ Microsoft .NET Framework 3.5 ในการติดต่อและเรียกใช้ฐานข้อมูล ตัวอย่างการทดสอบดังกล่าวจะทำการป้อนอินพุตตามที่ระบุในกรณีทดสอบให้กับสตอร์คโพรซีเยอร์ ในขณะที่เอาต์พุตถูกกำหนดให้เป็นสถานะฐานข้อมูล ตัวอย่างโปรแกรมทดสอบที่ถูกพัฒนาขึ้นจะเปรียบเทียบสถานะจริงที่ได้ กับสถานะที่คาดหวัง ซึ่งถูกระบุในกรณีทดสอบ เพื่อประเมินผลการทดสอบว่าผ่านหรือไม่

ประเด็นที่น่าสนใจของงานวิจัยนี้กล่าวถึงรูปแบบการแสดงผลของสถานะฐานข้อมูลซึ่งเกิดจากการนำค่าแต่ละฟิลด์ในทุกแถวของทุกตารางที่ถูกดำเนินการตามคำสั่งในสตอร์คโพรซีเยอร์มาต่อกัน แล้วเก็บไว้ในสายอักขระ (String) แต่เนื่องจากการอธิบายสถานะฐานข้อมูลด้วยวิธีดังกล่าวทำให้ตัวแปรที่มีขนาดใหญ่มาก และประเภทของข้อมูลบางชนิด เช่น ข้อมูลไบนารี อาจเกิดปัญหาเมื่อต้องแปลงให้อยู่ในรูปสายอักขระ นอกจากนี้ ยังยากต่อการเปรียบเทียบผลลัพธ์จริงที่เกิดขึ้นกับผลลัพธ์ที่คาดหวัง การแสดงผลของสถานะฐานข้อมูลจึงแสดงอยู่ในรูปของสายอักขระที่คำนวณได้จากค่า 16-byte MD5 crypto-hash ของค่าตัวแปรสายอักขระดั้งเดิมแทน

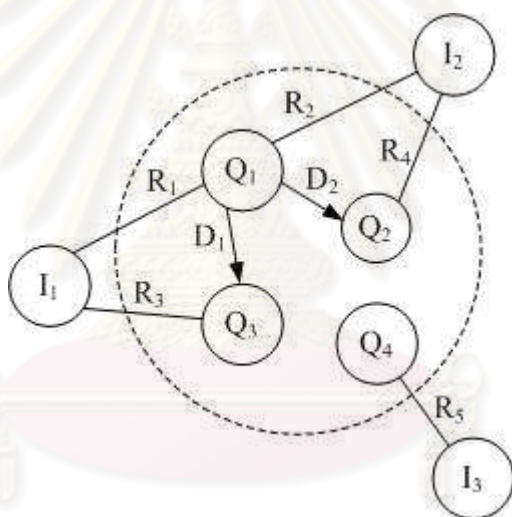
### 2.2.2 Preventing SQL Injection Attacks in Stored Procedures [3]

งานวิจัยนี้กล่าวถึงกระบวนการในการป้องกันการถูกโจมตีด้วยคำสั่งแฮคคิวแอลในสตอร์คโพรซีเยอร์ การโจมตีดังกล่าวเกิดขึ้นจากช่องโหว่ในการประกอบประโยคคำสั่งแฮคคิวแอลพลวัต

(Dynamic SQL) ภายในสตอร์ดีโพรซีเยอร์ เพื่อให้แสดงผลลัพธ์ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญของระบบออกมา เมื่อผู้โจมตีส่งค่าพารามิเตอร์บางอย่างที่ผิดปกติให้กับสตอร์ดีโพรซีเยอร์ คำสั่งภายในสตอร์ดีโพรซีเยอร์จะสามารถประกอบประโยคคำสั่งซึ่งถูกต้องตามหลักไวยากรณ์เอสคิวแอล และแสดงเซตผลลัพธ์ทั้งหมดออกมาโดยไม่มี การตรวจสอบเงื่อนไขใดๆ ทั้งสิ้น

วิธีการทำงานวิจัยนี้นำเสนอคือ ใช้การวิเคราะห์สถิต (Static Analysis) ร่วมกับการตรวจสอบความสมเหตุสมผลขณะรันไทม์ (Runtime Validation) โดยการวิเคราะห์สถิตอาศัยเอสคิวแอล-กราฟ (SQL-Graph) มาเป็นส่วนหนึ่งในกระบวนการ ในขณะที่การตรวจสอบความสมเหตุสมผลขณะรันไทม์อาศัยเครื่องสถานะจำกัด (Finite State Machine)

เอสคิวแอล-กราฟเป็นกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอินพุตของสตอร์ดีโพรซีเยอร์ กับคำสั่งเอสคิวแอลภายในสตอร์ดีโพรซีเยอร์ ถูกพัฒนาขึ้นโดยมีจุดประสงค์เพื่อลดเซตของคำสั่งเอสคิวแอลที่จะต้องทำการตรวจสอบในงานวิจัย เอสคิวแอล-กราฟมีลักษณะดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 ตัวอย่างเอสคิวแอล-กราฟ

เอสคิวแอล-กราฟมีลักษณะดังรูปที่ 7 สัญลักษณ์ที่ใช้ในกราฟ มีความหมายดังนี้

#### 1. โหนด (Node)

- Q แทนแต่ละคำสั่งเอสคิวแอลภายในสตอร์ดีโพรซีเยอร์
- I แทนอินพุตแต่ละตัวของสตอร์ดีโพรซีเยอร์

## 2. เส้นเชื่อม (Link)

- R เป็นเส้นเชื่อมไม่มีทิศทาง (Undirected Link) แทนความสัมพันธ์ระหว่างอินพุต และคำสั่งเอสคิวแอล ซึ่งเป็นการระบุให้ทราบว่าอินพุตตัวใดถูกใช้กับคำสั่งใดในสตอรัคโพรซีเยอร์

- D เป็นเส้นเชื่อมมีทิศทาง (Directed Link) แทนการขึ้นต่อกัน (Dependency) ระหว่าง 2 คำสั่งเอสคิวแอลใดๆ โดยหัวลูกศรจะชี้เข้าหาโหนดที่การใช้อินพุต। ใดๆ มีลักษณะเป็นสับเซต (Subset) ของโหนดที่อยู่ทีหางลูกศร

## 3. เส้นประ แสดงถึงขอบเขตของสตอรัคโพรซีเยอร์



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### บทที่ 3

#### การออกแบบขั้นตอนการดำเนินงาน

งานวิจัยนี้สนใจการตรวจจับความผิดปกติของคำสั่งเอสคิวแอลในสตอร์ดีโพรซีเยอร์ ซึ่งก่อให้เกิดการเปลี่ยนสถานะฐานข้อมูลที่ไม่เป็นไปตามที่คาดหวัง ความผิดปกติดังกล่าวไม่สามารถตรวจพบจากกรณีทดสอบทั่วไป งานวิจัยนี้จึงเสนอแนวทางการทดสอบสถานะฐานข้อมูล ซึ่งสามารถนำไปใช้ในระยะเวลาทดสอบซอฟต์แวร์ (Testing Phase) เพื่อให้การทดสอบสตอร์ดีโพรซีเยอร์มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ในการอธิบายสถานะฐานข้อมูลที่เกิดขึ้นจริง และสถานะฐานข้อมูลที่เอสคิวแอลคาดหวัง ขอยกตัวอย่างเพื่อช่วยในการอธิบายโดยกำหนดตาราง และสตอร์ดีโพรซีเยอร์ตามลำดับดังนี้ ตาราง DocumentTbl (รูปที่ 8) ตาราง ChequeTbl (รูปที่ 9) และ สตอร์ดีโพรซีเยอร์ SP\_UpdateData ซึ่งบรรจุคำสั่งเอสคิวแอลทั้งหมด 7 คำสั่งเรียงตามลำดับอยู่ใน ดังต่อไปนี้

#### STORED PROCEDURE: SP\_UpdateData

Q1: insert into DocumentTbl

(Status, ChequeDate, Expired, RunNo)

values(10, '2010-02-12', 1, 1)

Q2: update DocumentTbl

set Status = 10, ChequeDate = '2010-02-12', RunNo = 1,

Expired = 0, ClearingType = 'IW'

Q3: update DocumentTbl

set ClearingType = 'OW'

where Status = 10 and Expired = 1.....INFEASIBLE STATE

Q4: update ChequeTbl

set ClearingType = 'OW'

Q5: update DocumentTbl

set DocumentType = 'Gift Cheque'

where ClearingType = 'OW'.....INFEASIBLE STATE

Q6: select \*

from DocumentTbl

where DocumentType = 'Gift Cheque'.....INFEASIBLE STATE



Q7: delete from ChequeTbl

where ClearingType = 'IW'

and ChequeDate = '2010-01-30'.....INFEASIBLE STATE

	ChequeDate	Status	Expired	Run...	SequenceNo	ClearingType	DocTy...	ChequeNo	(Nc
1	2003-11-26 00:00:00.000	20	0	13	1490	IW	00	8686522	00
2	2003-11-26 00:00:00.000	20	0	13	1510	IW	00	6225424	00
3	2003-11-26 00:00:00.000	20	0	13	1530	IW	00	3156966	00
4	2003-11-26 00:00:00.000	20	0	13	1550	IW	00	9805188	02
5	2003-11-26 00:00:00.000	20	0	13	1560	IW	00	7075653	00
6	2003-11-26 00:00:00.000	20	0	13	1580	IW	00	1723963	01
7	2003-11-26 00:00:00.000	20	0	13	1590	IW	00	5366022	01
8	2003-11-26 00:00:00.000	20	0	13	1610	IW	00	6399793	00
9	2003-11-26 00:00:00.000	20	0	13	1620	IW	00	5740629	01
10	2003-11-26 00:00:00.000	20	0	13	1640	IW	00	8749314	00
11	2003-11-26 00:00:00.000	100	0	13	4150	OW	00	1152049	00
12	2003-11-26 00:00:00.000	100	0	13	4170	OW	00	6641920	01
13	2003-11-26 00:00:00.000	100	0	13	4190	OW	00	6908375	02
14	2003-11-26 00:00:00.000	100	0	13	4210	OW	00	3399842	02
15	2003-11-26 00:00:00.000	100	0	13	4230	OW	00	5331865	02
16	2003-11-26 00:00:00.000	100	0	14	4150	OW	00	1152049	00

รูปที่ 8 ส่วนหนึ่งของข้อมูลในตาราง DocumentTbl

	blockno	clearingtype	sorterno	runno	loginname	status	Documentcount	firstseq	proofsetno	chequedate
1	10	OW	2	1	sa	70	13	10	6501	2009-08-27 00:00:00.000
2	20	OW	2	1	sa	70	13	140	6501	2009-08-27 00:00:00.000
3	25	OW	2	1	sa	70	12	270	6501	2009-08-27 00:00:00.000
4	30	OW	2	1	sa	50	0	400	6501	2009-08-27 00:00:00.000
5	40	OW	2	1	sa	25	13	415	6501	2009-08-27 00:00:00.000
6	50	OW	2	2	sa	60	13	10	6501	2009-08-27 00:00:00.000
7	60	OW	2	2	sa	70	12	140	6501	2009-08-27 00:00:00.000
8	70	OW	2	2	sa	70	2	270	6501	2009-08-27 00:00:00.000
9	80	OW	2	2	sa	70	2	290	6501	2009-08-27 00:00:00.000
10	90	OW	2	3	sa	70	2	10	6501	2009-08-27 00:00:00.000
11	100	OW	2	3	sa	70	2	30	6501	2009-08-27 00:00:00.000
12	110	OW	2	3	sa	60	2	50	6501	2009-08-27 00:00:00.000
13	120	OW	2	3	sa	60	2	70	6501	2009-08-27 00:00:00.000
14	130	OW	2	3	sa	60	2	90	6501	2009-08-27 00:00:00.000
15	140	OW	2	3	sa	60	7	110	6501	2009-08-27 00:00:00.000

รูปที่ 9 ส่วนหนึ่งของข้อมูลในตาราง ChequeTbl

คำสั่งในสตอร์ดีโพรซีเยอร์ SP\_UpdateData ก่อให้เกิดสถานะฐานข้อมูลที่ไม่สามารถเกิดขึ้นได้จริง (Infeasible Database State) ซึ่งจะเกิดที่คำสั่ง Q3, Q5, Q6 และ Q7

พิจารณาคำสั่ง Q3 พบว่า ในการอัปเดตฟิลด์ ClearingType ในตาราง DocumentTbl ให้มีค่าเป็น 'OW' นั้น จะต้องทำการค้นคืนเซตผลลัพธ์ตามเงื่อนไขที่อยู่หลังคำสั่ง where เสียก่อน กล่าวคือ สถานะฐานข้อมูลที่คำสั่งเอสคิวแอล Q3 คาดหวัง จะต้องมิใช่เซตผลลัพธ์ที่มีอย่างน้อย 1 รายการที่ฟิลด์ Status มีค่าเป็น 10 และฟิลด์ Expired มีค่าเป็น 1 อย่างไรก็ตาม สถานะที่คำสั่ง Q3 ต้องการใช้ เป็นสถานะที่ไม่สามารถเกิดขึ้นได้จริงเนื่องจากคำสั่ง Q2 ซึ่งถูกทำงานก่อนหน้านี้นี้ส่งผลให้ฟิลด์ Status และฟิลด์ Expired ของทุกรายการในตาราง DocumentTbl มีค่าเป็น 10 และ 0 ตามลำดับไปแล้ว ดังนั้น การค้นคืนรายการตามเงื่อนไขที่คำสั่ง Q3 ต้องการจึงเป็นไปได้

เมื่อพิจารณาเงื่อนไขในการค้นคืนเซตผลลัพธ์ของคำสั่ง Q5 พบว่า เงื่อนไขดังกล่าวเรียกใช้สถานะฐานข้อมูลที่ไม่สามารถเกิดขึ้นได้จริงเช่นกัน กล่าวคือ คำสั่ง Q5 ต้องการค้นคืนเซตผลลัพธ์ที่มีค่าฟิลด์ ClearingType เท่ากับ 'OW' แต่เนื่องจากคำสั่ง Q2 ทำให้สถานะตั้งต้นของฟิลด์ ClearingType มีค่าเป็น 'IW' ไปแล้ว และการอัปเดตฟิลด์ ClearingType ให้เป็น 'OW' ณ คำสั่ง Q3 ไม่ประสบความสำเร็จ จึงส่งผลให้สถานะที่ฟิลด์ ClearingType มีค่าเป็น 'OW' ตามที่คำสั่ง Q5 คาดหวังไม่สามารถเกิดขึ้นได้จริงเช่นกัน ผลกระทบที่เกิดจากการเรียกใช้สถานะฐานข้อมูลที่เป็นไปไม่ได้นี้ยังส่งต่อเป็นลูกโซ่มายังคำสั่ง Q6 เนื่องจากเมื่อการอัปเดตค่าของคำสั่ง Q5 ไม่ประสบความสำเร็จ การค้นคืนเซตผลลัพธ์ของคำสั่ง Q6 จึงตกอยู่ในสถานะที่ไม่สามารถเกิดขึ้นได้จริงเช่นกัน

สำหรับตาราง ChequeTbl การเรียกใช้สถานะฐานข้อมูลที่เป็นไปไม่ได้จะเกิดขึ้นเมื่อคำสั่ง Q7 ถูกทำงาน เนื่องจากเงื่อนไขในการค้นคืนเซตผลลัพธ์ของคำสั่ง Q7 ต้องการฟิลด์ ClearingType ที่มีค่า 'IW' แต่ ณ ขณะนั้นฟิลด์ ClearingType ของทุกรายการในตาราง ChequeTbl ถูกเปลี่ยนให้มีค่าเป็น 'OW' โดยคำสั่ง Q4 แล้ว การจะมีรายการหนึ่งรายการใดที่มีค่า 'IW' ในฟิลด์ ClearingType จึงเป็นไปได้

อนึ่ง การค้นคืนเซตผลลัพธ์ของคำสั่งเอสคิวแอลอาจได้เซตที่มีค่า หรือไม่มีค่า (เซตว่าง) ก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นกับข้อมูลที่มีอยู่ในระบบก่อนที่สตอร์ดีโพรซีเยอร์จะถูกทำงาน ข้อมูลชุดหนึ่งทำให้เงื่อนไขหนึ่งๆ คืบเซตผลลัพธ์ที่มีค่า แต่เมื่อเปลี่ยนเป็นข้อมูลอีกชุดหนึ่ง เงื่อนไขเดิมอาจให้ผลลัพธ์เป็นเซตที่ไม่มีค่าแทนก็ได้ ดังนั้นเราจึงไม่อาจสรุปได้ว่า การที่เซตผลลัพธ์ไม่มีค่านั้น เป็นสถานะฐานข้อมูลที่ไม่สามารถเกิดขึ้นได้จริง

แนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการทดสอบสตอร์ดีโพรซีเยอร์ที่น่าเสนอ อาศัยลักษณะของปัญหาดังกล่าว ซึ่งจำเป็นต้องพิจารณาการทำงานตามลำดับของแต่ละชุดคำสั่งเอสคิวแอลในสตอร์ดีโพรซีเยอร์เป็นพื้นฐาน ประกอบด้วย 4 กระบวนการหลักที่สำคัญ ได้แก่



- 1) การจำแนกประเภทของเอสคิวแอลในสตอรัทโพรซีเยอร์
- 2) การกำหนดจุดตรวจสอบ (Checkpoint) เพื่อทวนสอบสถานะฐานข้อมูล
- 3) การสร้างสตอรัทโพรซีเยอร์กราฟ (Stored Procedure Graph) หรือ เอสพีกราฟ (SP Graph)
- 4) การทวนสอบสถานะฐานข้อมูลที่เกิดขึ้นจริง กับที่คาดหวัง

### 3.1 การจำแนกประเภทของเอสคิวแอลในสตอรัทโพรซีเยอร์

แม้ว่าคำสั่งในสตอรัทโพรซีเยอร์สามารถเป็นได้ทั้งแบบดีดีแอล และดีเอ็มแอล แต่ในความเป็นจริงแล้วลักษณะการใช้งานโดยส่วนใหญ่จะเป็นคำสั่งแบบดีเอ็มแอลมากกว่า คำสั่งดีเอ็มแอลพื้นฐาน ได้แก่ select, insert, update และ delete เมื่อพิจารณาทั้ง 4 คำสั่งดังกล่าว จะสามารถจำแนกประเภทได้ดังนี้

#### กลุ่มที่ 1: คำสั่งที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะฐานข้อมูล

ได้แก่ คำสั่ง insert, update และ delete ซึ่งก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะฐานข้อมูล ตัวอย่างรูปแบบคำสั่งในกลุ่มนี้ เช่น

```
insert...values (...)
```

```
update...set...
```

```
delete...
```

#### กลุ่มที่ 2: คำสั่งที่ไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะฐานข้อมูล

ได้แก่ คำสั่ง select ตัวอย่างรูปแบบคำสั่ง เช่น

```
select...from...where...
```

สังเกตว่า คำสั่งในกลุ่มที่ 1 ที่มีความซับซ้อนมากขึ้นบางคำสั่ง เช่น มีการระบุเงื่อนไขโดยใช้อนุประโยค where สามารถถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มที่ 2 ได้เช่นกัน อาทิ คำสั่ง insert...where หรือ insert...select...where ซึ่งจำเป็นต้องค้นคืนเซตผลลัพธ์ออกมาก่อนที่จะทำการ insert เช่นเดียวกับคำสั่ง select...from...where... ในกลุ่มที่ 2 ดังนั้นกระบวนการค้นคืนเซตผลลัพธ์จึงสามารถถูกพิจารณาเป็นคำสั่งในกลุ่มที่ 2 ได้ เป็นต้น

ตัวอย่างคำสั่งเอสคิวแอลที่สามารถถูกพิจารณาอยู่ในกลุ่มที่ 2

```
คำสั่ง insert: insert...where...
```

```
insert...select...from...where...
```

คำสั่ง update: update...set...where  
 update...set...from...where

คำสั่ง delete: delete...where...  
 delete...from...where...

คำสั่ง select: select...into...from...where...

จุดประสงค์ในการจำแนกประเภทของคำสั่งเอสคิวแอลในสตอร์ดีโพรซีเยอร์ คือเพื่อลดจำนวนคำสั่งเอสคิวแอลที่ต้องถูกทวนสอบ อย่างไรก็ตามในการใช้งานจริงเราจะพบว่าคำสั่งเอสคิวแอลเกือบทั้งหมดภายในสตอร์ดีโพรซีเยอร์ ล้วนเป็นคำสั่งประเภทที่เปลี่ยนแปลงสถานะฐานข้อมูล ด้วยเหตุนี้การพิจารณาแบ่งประเภทของคำสั่งเอสคิวแอลข้างต้นจึงไม่สามารถช่วยลดทอนจำนวนคำสั่งที่ต้องถูกทวนสอบในการวิเคราะห์สตอร์ดีโพรซีเยอร์ได้อย่างเหมาะสม

ดังนั้น เกณฑ์ในการจำแนกประเภทของคำสั่งเอสคิวแอลที่เหมาะสม จึงควรใช้ลักษณะการค้นคืนเซตผลลัพธ์ของคำสั่งนั้นๆ แทน เนื่องจากคำสั่งที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะฐานข้อมูลโดยเฉพาะประเภทที่ต้องค้นคืนเซตผลลัพธ์นั้น มีส่วนทำให้เกิดการเรียกใช้สถานะที่ไม่สามารถเกิดขึ้นได้จริงสูง ทั้งนี้การจำแนกประเภทแบบใหม่สามารถระบุได้เป็น

### กลุ่มที่ 1 คำสั่งที่ไม่จำเป็นต้องค้นคืนเซตผลลัพธ์

เมื่อคำสั่งในกลุ่มนี้ถูกทำงาน จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าสถานะฐานข้อมูล ซึ่งส่งผลกระทบต่อกระบวนการทวนสอบ เช่น

คำสั่ง insert...values (...)  
 update...set...  
 delete...

### กลุ่มที่ 2 คำสั่งที่จำเป็นต้องค้นคืนเซตผลลัพธ์

เช่น คำสั่งที่มีการระบุเงื่อนไขต่างๆ ด้วยอนุประโยค where เมื่อคำสั่งในกลุ่มนี้ทำงาน จะเกิดการทวนสอบสถานะฐานข้อมูลขึ้น เพื่อระบุว่าสถานะที่เรียกใช้มีอยู่จริงหรือไม่ เช่น

คำสั่ง select...from...  
 select...from...where

ทั้งนี้ ในการทำงานจริงพบว่านอกจากเป็นคำสั่งที่จำเป็นต้องค้นคืนเซตผลลัพธ์แล้ว คำสั่งกลุ่มนี้มักจะเป็นคำสั่งประเภทที่เปลี่ยนแปลงสถานะฐานข้อมูลด้วย ด้วยเหตุนี้หลังการทวนสอบสถานะฐานข้อมูลเสร็จสิ้น สถานะฐานข้อมูลจะถูกเปลี่ยนแปลงตามคำสั่งเอสคิวแอลที่ระบุไว้ด้วย ตัวอย่างคำสั่ง เช่น

คำสั่ง insert...select...from...where...  
 update...set...where...  
 delete...where...

อย่างไรก็ดี วากยสัมพันธ์ (syntax) ของแต่ละคำสั่งดีเอ็มแอลพื้นฐานเหล่านี้มีความซับซ้อนมาก และสามารถดัดแปลงได้อย่างหลากหลายเพื่อให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดตามความต้องการของผู้ทำการสอบถาม งานวิจัยชิ้นนี้จึงกำหนดขอบเขตเฉพาะลักษณะวากยสัมพันธ์ของคำสั่งที่สนับสนุนการทำงานหลักของดีเอ็มแอล อันได้แก่

- 1) คำสั่งสำหรับการค้นคืนเซตผลลัพธ์ที่ต้องการจากฐานข้อมูล
- 2) คำสั่งสำหรับการเพิ่มรายการใหม่ให้ฐานข้อมูล
- 3) คำสั่งสำหรับการแก้ไขรายการในฐานข้อมูล
- 4) คำสั่งสำหรับการลบรายการออกจากฐานข้อมูล

ทั้งนี้ เพื่อเป็นการลดความซับซ้อนในการพัฒนาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการทดสอบสตอร์ดีโพรซีเยอร์

ในที่นี้ขอยกตัวอย่าง โดยกำหนดตาราง ATbl ซึ่งประกอบไปด้วยฟิลด์ F1, F2, F3, ..., FN และค่าใดๆ แทนด้วย X1, X2, X3, ..., XN และตาราง BTbl ซึ่งประกอบไปด้วยฟิลด์ G1, G2, G3 และค่าใดๆ แทนด้วย Y1, Y2, Y3 ประกอบการอธิบาย (สามารถดูวากยสัมพันธ์ฉบับเต็มของแต่ละคำสั่งได้ที่ ภาคผนวก ก. วากยสัมพันธ์ฉบับเต็มของคำสั่งดีเอ็มแอลพื้นฐาน)

### 3.1.1 ขอบเขตวากยสัมพันธ์ที่ครอบคลุมสำหรับคำสั่งในการค้นคืนเซตผลลัพธ์ที่ต้องการจากฐานข้อมูล

คำสั่งที่ครอบคลุม: SELECT

วากยสัมพันธ์ที่ครอบคลุม: วากยสัมพันธ์ฉบับเต็มของคำสั่ง SELECT นั้นมีความซับซ้อนมาก อย่างไรก็ตามประโยคหลักสามารถสรุปได้ดังนี้ [9]

```
SELECT select_list
[ INTO new_table_name ]
FROM table_list
[ WHERE search_conditions ]
[ GROUP BY group_by_list ]
[ HAVING search_conditions ]
```

[ ORDER BY order\_list [ ASC | DESC ] ]

SELECT และ FROM เป็นอนุประโยคหลักที่จำเป็นต่อกระบวนการค้นคืนเซตผลลัพธ์ใดๆ ในขณะที่อนุประโยคอื่นอาจไม่จำเป็นต้องระบุก็ได้ ทั้งนี้แต่ละอนุประโยคมีจุดประสงค์ที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 วากยสัมพันธ์พื้นฐานสำหรับคำสั่ง SELECT

อนุประโยค	คำอธิบาย
SELECT select_list	ใช้สำหรับระบุฟิลด์ของเซตผลลัพธ์ที่ต้องการ
[ INTO new_table_name ]	ใช้ในการกำหนดชื่อของตารางที่ถูกสร้างขึ้นใหม่ตามเซตผลลัพธ์ที่ค้นคืนออกมาได้ (ในกรณีที่มีการใช้อนุประโยคนี้ จัดเป็นคำสั่งสำหรับการเพิ่มรายการใหม่ให้ฐานข้อมูล)
FROM table_list	ใช้สำหรับระบุรายชื่อของแหล่งข้อมูลทั้งหมดที่เซตผลลัพธ์นั้นๆ ถูกค้นคืนออกมา โดยสามารถแบ่งเป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ คือ <ul style="list-style-type: none"> <li>- ตาราง</li> <li>- วิว (View)</li> <li>- กลุ่มตาราง ซึ่งเกิดจากการเชื่อมตารางหลายตารางเข้าด้วยกัน (Join)</li> </ul> นอกจากนี้ การระบุแหล่งข้อมูลสำหรับการค้นคืนเซตผลลัพธ์ยังสามารถระบุแหล่งข้อมูลซึ่งอยู่ในเครื่องเซิร์ฟเวอร์อื่นได้ด้วย อย่างไรก็ตามงานวิจัยชิ้นนี้จำกัดขอบเขตการเรียกใช้แหล่งข้อมูลสำหรับการค้นคืนเซตผลลัพธ์เฉพาะบนเซิร์ฟเวอร์เครื่องเดียวกันเท่านั้น
[ WHERE search_conditions ]	ใช้สำหรับระบุเงื่อนไขในการค้นคืนเซตผลลัพธ์ที่ต้องการ
[ GROUP BY group_by_list ]	ใช้ในการจัดกลุ่มเซตผลลัพธ์ที่ต้องการ โดยอ้างอิงจากค่าของแต่ละฟิลด์ที่ถูกระบุไว้ในส่วนของ group_by_list
[ HAVING search_conditions ]	ใช้สำหรับระบุเงื่อนไขเพิ่มเติมสำหรับการจัดกลุ่มโดยอนุประโยค GROUP BY
[ ORDER BY order_list [ ASC   DESC ] ]	ใช้ในการเรียงลำดับข้อมูลในเซตผลลัพธ์ที่ทำการค้นคืนได้ โดยสามารถระบุเป็นการเรียงลำดับขึ้น (Ascending Sort) หรือการเรียงลำดับลง (Descending Sort) ก็ได้

อนุประโยค หรือข้อความใดๆ ที่อยู่ภายในเครื่องหมายปีกกา [ และ ] เป็นอนุประโยค หรือข้อความเสริมที่ไม่จำเป็นต้องระบุในประโยคคำสั่งก็ได้

ตัวอย่างประโยคคำสั่ง:

```
SELECT F1, F3
FROM ATbl
WHERE F1 = X1 and F2 < X2
GROUP BY F1, F3
ORDER BY F2 ASC
```

### 3.1.2 ขอบเขตวากยสัมพันธ์ที่ครอบคลุมสำหรับคำสั่งในการเพิ่มรายการใหม่ให้ฐานข้อมูล

คำสั่งที่ครอบคลุม: INSERT และ SELECT...INTO...

วากยสัมพันธ์ที่ครอบคลุม:

- 1) วากยสัมพันธ์ของคำสั่ง INSERT สามารถสรุปได้ดังนี้ [9]

```
INSERT [INTO] table_or_view [(column_list)] data_values
```

อนุประโยค หรือข้อความใดๆ ที่อยู่ภายในเครื่องหมายปีกกา [ และ ] เป็นอนุประโยค หรือข้อความเสริมที่ไม่จำเป็นต้องระบุในประโยคคำสั่งก็ได้

ในการสร้างประโยคคำสั่ง INSERT อนุประโยค data\_values ถือเป็นสิ่งจำเป็น เนื่องจากเป็นอนุประโยคที่ใช้ในการระบุค่าที่ต้องการเพิ่มให้กับตารางที่สนใจ ทั้งนี้การระบุอนุประโยค data\_values สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

- ใช้อนุประโยค VALUES ในการระบุค่าที่ต้องการ สำหรับการเพิ่มรายการ 1 รายการ
- ใช้ประโยคสอบถามย่อยด้วยคำสั่ง SELECT เพื่อเพิ่มรายการใหม่จากเซตผลลัพธ์ที่ค้นคืนได้ (สามารถดูรายละเอียดของคำสั่ง SELECT ได้จากหัวข้อ 3.1.1)

ตัวอย่างประโยคคำสั่ง:

```
INSERT INTO ATbl(F1, F2, F3) VALUES(V1, V2, V3)

INSERT BTbl VALUES(Y1, Y2, Y3)
```

```

INSERT ATbl(F1, F5, F6)
SELECT G1, G2, G3
FROM BTbl
WHERE G1 <> Y1 and G2 < Y2

```

2) วากยสัมพันธ์ของคำสั่ง SELECT...INTO มีรูปแบบเหมือนกับวากยสัมพันธ์ที่แสดงในหัวข้อ 3.1.1 การเพิ่มรายการใหม่ให้กับฐานข้อมูลด้วยวิธีนี้แตกต่างจากการใช้ประโยค INSERT คือ ฐานข้อมูลไม่จำเป็นต้องมีการสร้างตารางเพื่อรองรับการเพิ่มใหม่ของข้อมูลมาก่อน ตารางจะถูกสร้างขึ้นพร้อมกับการทำงานของคำสั่งนี้เลย ทั้งนี้ตารางที่ถูกสร้างขึ้นจะมีเค้าร่างแบบเดียวกันกับเค้าร่างของเซตผลลัพธ์ที่ถูกค้นคืนได้

ตัวอย่างประโยคคำสั่ง:

```

SELECT F1, F3
INTO NewTempTbl
FROM ATbl
WHERE F1 >= 20 and F1 <= 100

```

### 3.1.3 ขอบเขตวากยสัมพันธ์ที่ครอบคลุมสำหรับคำสั่งในการแก้ไขรายการในฐานข้อมูล

คำสั่งที่ครอบคลุม: UPDATE

วากยสัมพันธ์ที่ครอบคลุม: วากยสัมพันธ์ของคำสั่ง UPDATE สามารถสรุปได้ดังนี้ [9]

```

UPDATE table_name
SET { column_name = { expression | DEFAULT | NULL } } [ ,...n ]
[ FROM table_list ]
[ WHERE < search_condition > ]
[ OPTION ( <query_hint> [ ,...n ] ) ]

```

อนุประโยค หรือข้อความใดๆ ที่อยู่ภายในเครื่องหมายปีกกา [ และ ] เป็นอนุประโยค หรือข้อความเสริมที่ไม่จำเป็นต้องระบุในประโยคคำสั่งก็ได้ (สามารถดูรายละเอียดของอนุประโยค FROM และอนุประโยค WHERE ได้จากหัวข้อ 3.1.1)



ตัวอย่างประโยคคำสั่ง:

```
UPDATE ATbl
SET F3 = 'Pass'
WHERE F1 >= 100 and F2 >= 50
```

```
UPDATE BTbl
SET G3 = 'A'
FROM BTbl
INNER JOIN ATbl
ON G1 = F1 and G2 = F2
WHERE F1 >= 100 and F2 >= 50
```

### 3.1.4 ขอบเขตวากยสัมพันธ์ที่ครอบคลุมสำหรับคำสั่งในการลบรายการออกจากฐานข้อมูล

คำสั่งที่ครอบคลุม: DELETE และ TRUNCATE TABLE

วากยสัมพันธ์ที่ครอบคลุม:

- 1) วากยสัมพันธ์ของคำสั่ง DELETE สามารถสรุปได้ดังนี้ [9]

```
DELETE
[ FROM ] table_name
[ WHERE < search_condition > ]
```

อนุประโยค หรือข้อความใดๆ ที่อยู่ภายในเครื่องหมายปีกกา [ และ ] เป็นอนุประโยค หรือข้อความเสริมที่ไม่จำเป็นต้องระบุในประโยคคำสั่งก็ได้ (สามารถดูรายละเอียดของอนุประโยค FROM และอนุประโยค WHERE ได้จากหัวข้อ 3.1.1)

ตัวอย่างประโยคคำสั่ง:

```
DELETE ATbl WHERE F1 < 100 or F2 < 50
```

```
DELETE FROM BTbl
LEFT OUTER JOIN ATbl
ON G1 = F1 and G2 = F2
WHERE F1 is null or F2 is null
```

## 2) วากยสัมพันธ์ของคำสั่ง TRUNCATE TABLE เป็นดังนี้ [9]

TRUNCATE TABLE table\_name

คำสั่ง TRUNCATE TABLE ใช้สำหรับการลบข้อมูลทั้งหมดออกจากตารางโดยไม่จำเป็นต้องระบุเงื่อนไขเพื่อค้นหาเซตผลลัพธ์ใดๆ ในกรณีที่ต้องการลบข้อมูลออกทั้งหมดควรใช้คำสั่ง TRUNCATE TABLE มากกว่าคำสั่ง DELETE เนื่องจากคำสั่ง TRUNCATE TABLE ไม่มีการบันทึกล็อกในการลบข้อมูลแต่ละรายการเหมือนคำสั่ง DELETE จึงทำให้การทำงานมีความรวดเร็วมากกว่า

ตัวอย่างประโยคคำสั่ง:

TRUNCATE TABLE ATbl

ตารางที่ 2 สรุปคำสั่งพื้นฐานที่ครอบคลุมในงานวิจัย

ประเภทการทำงาน	คำสั่ง
การค้นคืนเซตผลลัพธ์ที่ต้องการจากฐานข้อมูล	SELECT
การเพิ่มรายการใหม่ให้ฐานข้อมูล	INSERT
	SELECT...INTO...
การแก้ไขรายการในฐานข้อมูล	UPDATE
การลบรายการออกจากฐานข้อมูล	DELETE
	TRUNCATE TABLE

### 3.2 การกำหนดจุดตรวจสอบเพื่อทวนสอบสถานะฐานข้อมูล [5]

การระบุว่า ณ คำสั่งใดที่เรียกใช้สถานะฐานข้อมูลที่ไม่เป็นไปตามที่คาดหวังนั้น จำเป็นจะต้องตรวจสอบเมื่อมีคำสั่งเอสคิวแอลที่มีการค้นคืนเซตผลลัพธ์ถูกทำงาน ดังนั้น การกำหนดจุดตรวจสอบเพื่อทวนสอบสถานะฐานข้อมูลจึงควรทำทุกครั้งเมื่อมีคำสั่งในกลุ่มที่ 2 เกิดขึ้น

อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงสถานะฐานข้อมูล ต้องพิจารณาคำสั่งประเภทรายการเปลี่ยนแปลง (Transaction) เช่น คำสั่ง commit และ rollback ด้วย คำสั่งประเภทนี้ส่งผลให้การเปลี่ยนแปลงสถานะฐานข้อมูลเกิดขึ้น ณ คำสั่งเหล่านี้เพียงครั้งเดียว กล่าวคือ การเปลี่ยนแปลงสถานะจะไม่เกิดขึ้นจนกว่าคำสั่ง commit หรือ rollback ถูกทำงาน สำหรับคำสั่ง commit การเปลี่ยนสถานะจะเป็นไปตามลำดับคำสั่งเอสคิวแอลที่อยู่ในรายการเปลี่ยนแปลงก่อนหน้า ส่วนคำสั่ง rollback ซึ่งเป็นคำสั่งที่ใช้ในการยกเลิกการทำงานของคำสั่งภายในรายการเปลี่ยนแปลง

ทั้งหมด จะทำให้สถานะฐานข้อมูลกลับไปอยู่ ณ สถานะสุดท้ายก่อนเข้าสู่คำสั่งประเภทรายการเปลี่ยนแปลง [6]

ดังนั้น เพื่อให้สามารถระบุคำสั่งที่เรียกใช้สถานะฐานข้อมูลที่ไม่เป็นไปตามที่เอสคิวแอลคาดหวังได้แม่นยำมากขึ้น การกำหนดจุดตรวจสอบจึงต้องพิจารณาคำสั่งประเภทรายการเปลี่ยนแปลงด้วย กล่าวคือ การกำหนดจุดตรวจสอบสำหรับรายการเปลี่ยนแปลงที่มีคำสั่ง commit จำเป็นต้องเข้าไปสังเกตการทำงานของแต่ละคำสั่งภายในรายการเปลี่ยนแปลงนั้นด้วยเลย

ในขณะที่การกำหนดจุดตรวจสอบสำหรับคำสั่ง rollback นั้น ไม่จำเป็นต้องมีก็ได้ เนื่องจากการยกเลิกการทำงานของคำสั่งทั้งหมดในรายการเปลี่ยนแปลง ทำให้ไม่จำเป็นต้องสนใจรายการเปลี่ยนแปลงนั้นทั้งรายการ การกำหนดจุดตรวจสอบจึงให้กลับไปพิจารณาที่คำสั่งปกติต่อไป

### 3.3 การสร้างสตอรัฟโพรซีเยอร์กราฟ หรือเอสพีกราฟ

สตอรัฟโพรซีเยอร์กราฟ เกิดจากการนำเอสคิวแอล-กราฟมาดัดแปลง รวมทั้งกำหนดความหมาย และสัญกรณ์ใหม่เพื่อใช้แทนความสัมพันธ์ระหว่างคำสั่งเอสคิวแอล ตาราง และฟิลด์ต่างๆ ที่ถูกเรียกใช้ ที่ใช้ในการค้นคืนเซตผลลัพธ์ของสตอรัฟโพรซีเยอร์

จุดประสงค์หลักในการสร้างสตอรัฟโพรซีเยอร์กราฟ คือ ช่วยในการอธิบายลำดับการทำงาน รวมทั้งเงื่อนไขต่างๆ ที่ถูกใช้ของแต่ละคำสั่งเอสคิวแอล เพื่อตามรอยการเปลี่ยนแปลงสถานะฐานข้อมูลระหว่างการวิเคราะห์คำสั่งเอสคิวแอลในสตอรัฟโพรซีเยอร์

สตอรัฟโพรซีเยอร์กราฟมีลักษณะดังรูปที่ 10 ซึ่งสามารถใช้ในการอธิบายสัญลักษณ์ต่างๆ ได้ดังนี้

1. คลัสเตอร์ A และ B แทนตารางทั้งหมดที่ถูกเรียกใช้โดยสตอรัฟโพรซีเยอร์ (ตาราง A และตาราง B) แต่ละคลัสเตอร์จะมีโหนดบรรจุอยู่ภายใน

2. โหนด

- Q แทนแต่ละคำสั่งเอสคิวแอลภายในสตอรัฟโพรซีเยอร์ ซึ่งมีลำดับการทำงานตามตัวเลขที่ระบุหลังตัวอักษร Q

- a (ถูกบรรจุอยู่ในคลัสเตอร์ A) แทนแต่ละฟิลด์ของตาราง A

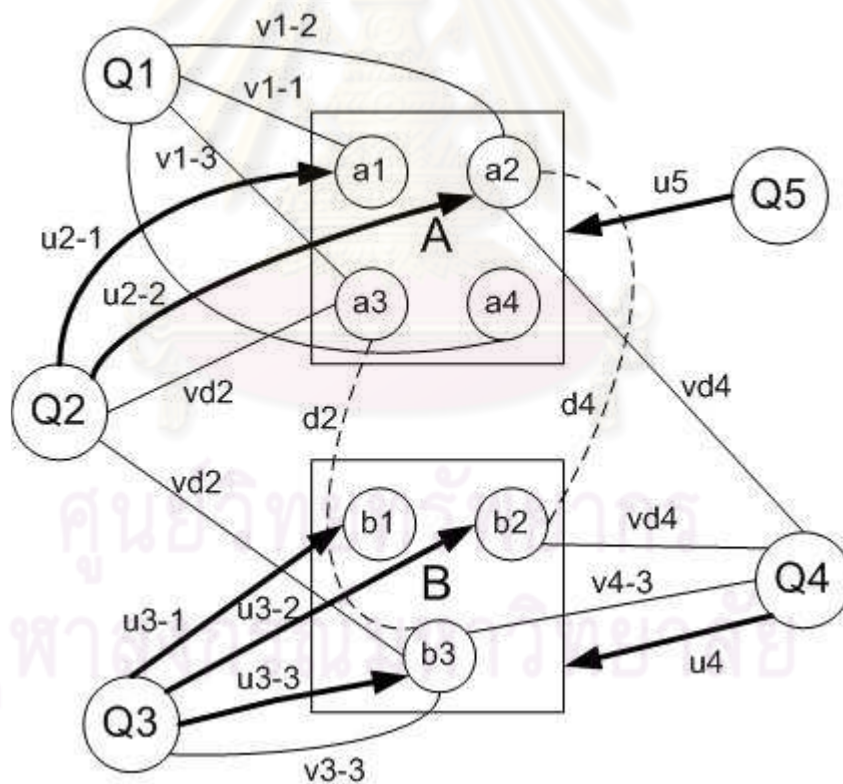
- b (ถูกบรรจุอยู่ในคลัสเตอร์ B) แทนแต่ละฟิลด์ของตาราง B

### 3. เส้นเชื่อม

- u เป็นเส้นเชื่อมมีทิศทาง แทนการเปลี่ยนแปลงใดๆ จากโหนด Q ที่เกิดขึ้นกับวัตถุที่หิวลูกศรชี้เข้าหา เช่น เส้นเชื่อมมีทิศทาง  $u_{2-1}$  ลากจากโหนด Q2 ชี้หิวลูกศรเข้าหาโหนด a1 แสดงถึงการที่คำสั่ง Q2 ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าในฟิลด์ a1 ของตาราง A หรือเส้นเชื่อมมีทิศทาง  $u_5$  ซึ่งลากจากโหนด Q5 ชี้หิวลูกศรเข้าหาคลัสเตอร์ A แสดงถึงการที่คำสั่ง Q5 ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าในทุกฟิลด์ของตาราง A เป็นต้น

- d เป็นเส้นประ แทนคู่ของฟิลด์ที่ใช้ในการเชื่อมตาราง 2 ตารางใดๆ ตัวเลขที่ระบุหลังตัวอักษร d แสดงถึงลำดับของคำสั่งเอสคิวแอล Q ที่การเชื่อมตารางนั้นถูกเรียกใช้อยู่

- v เป็นเส้นเชื่อมไม่มีทิศทาง แทนการเรียกใช้ฟิลด์ของตารางใดๆ ในการค้นคืนเซตผลลัพธ์ เช่น เส้นเชื่อมไม่มีทิศทาง  $v_{1-1}$  ซึ่งลากจากโหนด Q1 เชื่อมกับโหนด a1 แสดงถึงการเรียกใช้ฟิลด์ a1 ของตาราง A โดยคำสั่ง Q1 เป็นต้น ในกรณีที่มีระบุด้วย vd จะหมายถึงการเรียกใช้คู่ฟิลด์ของการเชื่อม 2 ตารางใดๆ แทน



รูปที่ 10 ตัวอย่างสตอร์ดิโพรซีเยอร์กราฟ

### 3.4 การทวนสอบสถานะฐานข้อมูลที่เกิดขึ้นจริง กับที่คาดหวัง

การทวนสอบสถานะฐานข้อมูลจะถูกกระทำเรียงตามลำดับคำสั่งเอสคิวแอลที่ปรากฏอยู่ในสตอรัทโพรซีเยอร์ และจะกระทำทุกครั้งเมื่อมีคำสั่งที่จำเป็นต้องค้นคืนเซตผลลัพธ์เกิดขึ้น ทั้งนี้ได้มีการกำหนดนิยามของสถานะฐานข้อมูลขึ้นมา ดังนี้

#### 3.4.1 สถานะฐานข้อมูลที่เกิดขึ้นจริง

สถานะฐานข้อมูลที่เกิดขึ้นจริง คือ สถานะฐานข้อมูลตามความเป็นจริงที่ปรากฏอยู่ในฐานข้อมูล ณ เวลานั้นๆ ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงไปเมื่อคำสั่งเอสคิวแอลถูกทำงาน

#### 3.4.2 สถานะฐานข้อมูลที่เอสคิวแอลคาดหวัง

สถานะฐานข้อมูลที่เอสคิวแอลคาดหวัง คือ สถานะฐานข้อมูลที่คำสั่งเอสคิวแอลที่มีการค้นคืนเซตผลลัพธ์ต้องการ เพื่อให้ผลลัพธ์สุดท้ายของการทำงานโดยคำสั่งเอสคิวแอลนั้นๆ ถูกต้อง กล่าวคือ อาจเป็นสถานะที่เซตผลลัพธ์มีค่า หรือไม่มีค่าก็ได้ แต่ต้องไม่เป็นสถานะที่ไม่สามารถเกิดขึ้นได้จริง

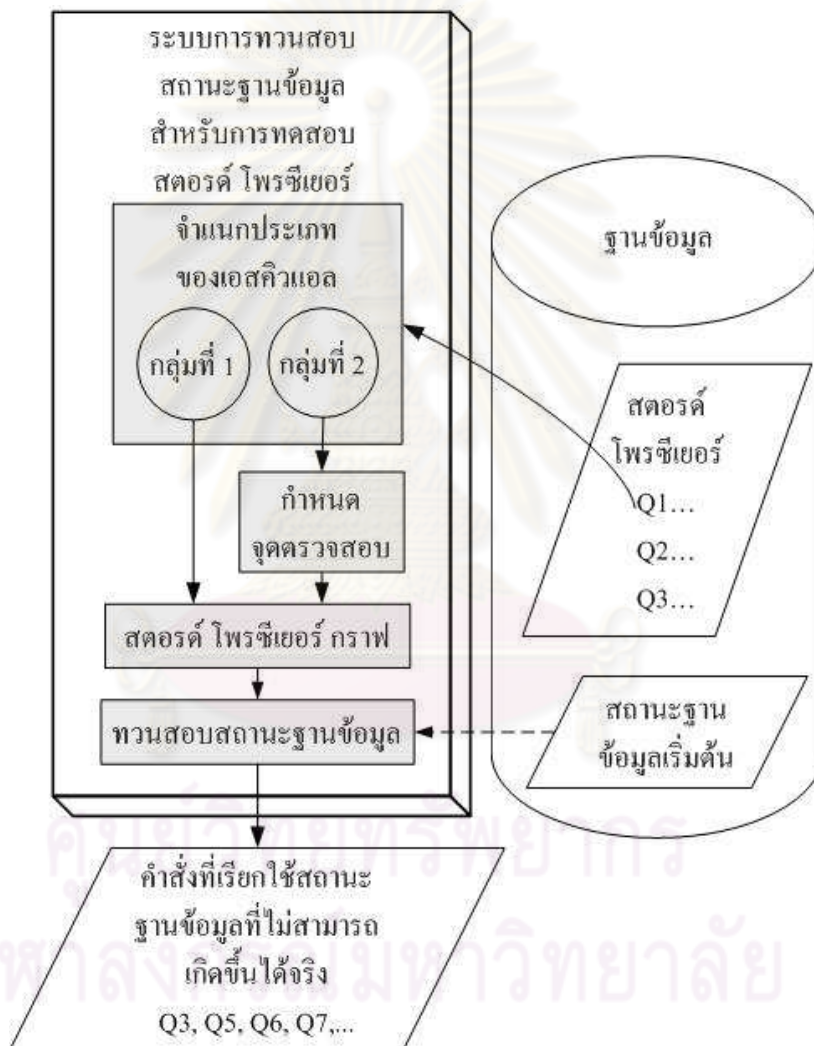
#### 3.4.3 สถานะฐานข้อมูลเริ่มต้น

สถานะฐานข้อมูลเริ่มต้น คือ สถานะฐานข้อมูลตามความเป็นจริงที่ปรากฏอยู่ในฐานข้อมูล ณ ขณะก่อนการทวนสอบ สถานะฐานข้อมูลนี้มีความจำเป็นต่อกระบวนการทวนสอบที่จะเกิดขึ้น เนื่องจากจะต้องถูกใช้เป็นสถานะฐานข้อมูลอ้างอิงเริ่มต้นในการเปลี่ยนแปลงใดๆ ที่จะเกิดขึ้นจากการทำงานของชุดคำสั่งเอสคิวแอลในสตอรัทโพรซีเยอร์

## บทที่ 4 การพัฒนาระบบ

### 4.1 การออกแบบการพัฒนาระบบ

จากแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการทดสอบสตอรัจโพรซีเยอร์ทั้ง 4 กระบวนการที่นำเสนอในบทที่ 3 ผู้วิจัยได้ออกแบบระบบการทวนสอบสถานะฐานข้อมูลสำหรับการทดสอบสตอรัจโพรซีเยอร์ขึ้น แสดงดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 ภาพรวมระบบที่นำเสนอ

ในการสร้างสตอรัจโพรซีเยอร์หนึ่งๆ ของผู้พัฒนาโปรแกรม นอกจากอาจเขียนชุดคำสั่งที่เรียกใช้สถานะฐานข้อมูลที่ไม่สามารถเกิดขึ้นจริงโดยไม่รู้ตัวแล้ว ผู้เขียนสตอรัจโพรซีเยอร์ยังอาจระบุคำสั่งที่ผิดปกติซึ่งไม่สามารถตรวจจับได้ขณะคอมไพล์ด้วย ความผิดปกตินี้จะไม่แสดงอาการจนกว่าคำสั่งดังกล่าวถูกทำงาน จึงทำให้การแก้ไขเกิดความล่าช้า



เพื่อความเข้าใจที่ชัดเจน ขอยกตัวอย่างสทอรวด์โพรซีเยอร์ SP\_UpdateReturnDataTbl ซึ่งประกอบไปด้วยคำสั่งเอสคิวแอล 2 คำสั่ง ดังนี้

```
CREATE PROCEDURE [SP_UpdateReturnDataTbl]
AS

/* Query 1 */
insert into ReturnDataTbl(ChequeDate, SorterNo, SequenceNo, ClearingType)
values('2010-12-29', 112, 112, 'IW')

/* Query 2 */
delete ReturnDataTbl
where Expired = 1

/* Query 3*/
update ReturnDataTbl
set Deleted = 0
where ClearingType = 'IW'
```

กำหนดให้ตาราง ReturnDataTbl มีคีย์หลัก (Primary Key) ซึ่งประกอบไปด้วยฟิลด์ ChequeDate, SorterNo, SequenceNo และ ClearingType และฟิลด์พิเศษที่กำหนดให้ไม่สามารถเป็นค่า null ได้ ได้แก่ ฟิลด์ IDNo และ RecType

เราจะไม่สามารถระบุถึงความผิดปกติของสทอรวด์โพรซีเยอร์นี้ได้ เนื่องจากความผิดปกติจะไม่ถูกแสดงออกมาขณะคอมไพล์ อย่างไรก็ตามความผิดปกติจะเกิดขึ้นที่คำสั่งที่ 1 เมื่อพยายามทำการเพิ่มรายการใหม่ให้กับตาราง ReturnDataTbl กล่าวคือ ในการเพิ่มรายการใหม่ นอกจากการระบุค่าให้กับฟิลด์ที่เป็นคีย์หลักแล้ว ยังจะต้องให้ความสนใจฟิลด์ IDNo และ ClearingType ด้วย เนื่องจากฟิลด์ทั้งสองไม่สามารถเป็นค่า null ได้ นั่นจึงเป็นสาเหตุที่ทำให้คำสั่งที่ 1 ไม่สามารถทำงานได้สำเร็จ

ด้วยเหตุนี้ระบบการทวนสอบสถานะฐานข้อมูลสำหรับการทดสอบสทอรวด์โพรซีเยอร์จึงมีลักษณะพิเศษเพิ่มเติมสำหรับการตรวจจับคำสั่งผิดปกติซึ่งไม่สามารถตรวจจับได้ขณะคอมไพล์ด้วย ลักษณะโดยรวมของระบบ แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ลักษณะโดยรวมของระบบ

ลักษณะ	คำอธิบาย
อินพุตของระบบ	สตอรัจโพรซีเยอร์ที่ต้องการทดสอบ
เอาต์พุตของระบบ	คำสั่งที่เรียกใช้สถานะที่ไม่สามารถเกิดขึ้นได้จริง คำสั่งที่ไม่สามารถตรวจจับได้ขณะคอมไพล์
สิ่งแวดล้อมของระบบ	ระยะการพัฒนาซอฟต์แวร์ ระยะการทดสอบซอฟต์แวร์
ผู้ที่เกี่ยวข้องกับระบบ	ผู้ดูแลฐานข้อมูล (Database Administrator) ผู้ดูแลระบบ (System Administrator) ผู้พัฒนาซอฟต์แวร์ (Software Developer) ผู้ทดสอบซอฟต์แวร์ (Software Tester)
การประมวลผลคำสั่ง เอสคิวแอล	ประมวลผลประโยคคำสั่งเอสคิวแอลตามแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพ การทดสอบสตอรัจโพรซีเยอร์ทั้ง 4 กระบวนการ
การประเมินระบบ	วัดจากความสามารถในการตรวจหาความผิดปกติของการเปลี่ยน สถานะฐานข้อมูลจากคำสั่งเอสคิวแอลภายในสตอรัจโพรซีเยอร์ได้ อย่างถูกต้อง

#### 4.2 การนำไปใช้ของระบบ

แม้ว่าระบบการทวนสอบสถานะฐานข้อมูลสำหรับการทดสอบสตอรัจโพรซีเยอร์สามารถนำไปใช้ในระยะเวลาการทดสอบของโครงการซอฟต์แวร์ แต่เพื่อให้เกิดประสิทธิผลสูงสุด การนำระบบไปใช้งานควรเกิดขึ้นตั้งแต่ระยะการพัฒนาซอฟต์แวร์ โดยมีผู้พัฒนาซอฟต์แวร์นั้นๆ เป็นผู้ทดสอบ กล่าวคือ ในโครงการซอฟต์แวร์หนึ่งๆ ที่มีการเชื่อมต่อกับฐานข้อมูล นอกจากโปรแกรมประยุกต์หลักแล้ว การเรียกใช้ หรือเปลี่ยนแปลงข้อมูลใดๆ ของฐานข้อมูลมักจะถูกทำผ่านชุดคำสั่งที่เขียนไว้ในสตอรัจโพรซีเยอร์ภายในระบบจัดการฐานข้อมูลเสมอ ดังนั้นแล้วหากเกิดข้อผิดพลาดใดๆ ในสตอรัจโพรซีเยอร์ การเรียกใช้ข้อมูลเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการทำงานหลักอื่นๆ ภายในโครงการซอฟต์แวร์นั้นจะผิดพลาดตามไปด้วย การแก้ไขสตอรัจโพรซีเยอร์จึงควรแก้ไขให้ถูกต้องเสียแต่เนิ่นๆ ตั้งแต่ระยะการพัฒนาซอฟต์แวร์

ด้วยเหตุนี้ ระบบการทวนสอบสถานะฐานข้อมูลสำหรับการทดสอบสตอรัจโพรซีเยอร์จึงสามารถใช้เป็นส่วนหนึ่งในกระบวนการทำยูนิตเทส (Unit Test) ระหว่างการพัฒนาโปรแกรม

นับเป็นการช่วยลดความผิดพลาดที่อาจสะสม และส่งผ่านไปยังระยะถัดไปในกระบวนการพัฒนาซอฟต์แวร์ได้

#### 4.3 ประเภทของการวิเคราะห์สแตตอรัลโพธิ์เซอร์

ระบบการทวนสอบสถานะฐานข้อมูลสำหรับการทดสอบสแตตอรัลโพธิ์เซอร์ จำแนกประเภทการวิเคราะห์สแตตอรัลโพธิ์เซอร์ไว้ 2 ประเภท ดังนี้

##### 4.3.1 Owner Mode

เป็นรูปแบบการวิเคราะห์ซึ่งเหมาะกับผู้ที่เขียนสแตตอรัลโพธิ์เซอร์ หรือผู้ที่พัฒนาซอฟต์แวร์ขึ้นมา กล่าวคือ ผู้ที่เลือกใช้การวิเคราะห์ประเภทนี้สามารถแก้ไขคำสั่งเอสคิวแอลได้ทันทีเมื่อระบบตรวจพบคำสั่งเอสคิวแอลที่ผิดปกติ ณ จุดตรวจสอบใดๆ เมื่อแก้ไขเสร็จสิ้นจึงจะทำการวิเคราะห์คำสั่งลำดับถัดไปในลักษณะเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนกว่าจะครบทุกคำสั่งในสแตตอรัลโพธิ์เซอร์

ข้อดีของการเลือกใช้การวิเคราะห์ในรูปแบบนี้ คือ ผู้ใช้สามารถแก้ไขคำสั่งที่ผิดพลาดได้ทันทีที่ระบบตรวจจับได้ ทำให้ไม่เสียเวลาในการแก้ไขภายหลังซึ่งอาจก่อให้เกิดความสับสน หรือผิดพลาดมากขึ้นได้หากมีชุดคำสั่งเอสคิวแอลจำนวนมาก

##### 4.3.2 Optimization Mode

เป็นรูปแบบการวิเคราะห์ซึ่งเหมาะกับผู้ที่ทดสอบซอฟต์แวร์ กล่าวคือ โดยหลักการแล้วในการทดสอบซอฟต์แวร์ หากพบความผิดปกติใดๆ ผู้ทดสอบไม่จำเป็นต้องแก้ไขโค้ด หรือคำสั่งภายในซอฟต์แวร์นั้น ด้วยเหตุนี้เมื่อระบบตรวจพบความผิดปกติ จึงไม่จำเป็นต้องหยุดเพื่อให้ผู้ทดสอบแก้ไขคำสั่งเอสคิวแอลระหว่างกระบวนการ ทำให้การทวนสอบสถานะฐานข้อมูลสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องจนเสร็จสิ้น

ในการประมวลผลสำหรับการวิเคราะห์แบบ Optimization Mode จำเป็นต้องอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างคำสั่งเอสคิวแอล และวัตถุต่างๆ ที่ถูกเรียกใช้เพื่อช่วยในการตัดสินใจว่าจะดำเนินการต่อ หรือหยุดการประมวลผลด้วย กล่าวคือ แม้ว่าจะระบบจะตรวจพบคำสั่งที่ผิดปกติ หรือคำสั่งที่เรียกใช้สถานะฐานข้อมูลที่ไม่สามารถเกิดขึ้นจริงแล้ว แต่ด้วยความต่อเนื่องในการประมวลผล กระบวนการจะยังสามารถทำงานได้ต่อจนเสร็จสิ้นถึงคำสั่งสุดท้ายในสแตตอรัลโพธิ์เซอร์ อย่างไรก็ตามคำสั่งบางคำสั่งอาจไม่จำเป็นต้องทำการทวนสอบอีกต่อไปหากพบว่าคำสั่งที่เกิดความผิดปกติก่อนหน้านี้ส่งผลโดยตรงถึงการทำงานของคำสั่งตำแหน่งปัจจุบันที่เราสนใจ (ทั้งนี้ อาจใช้สแตตอรัลโพธิ์เซอร์กราฟซึ่งแทนกลุ่มความสัมพันธ์ดังกล่าวเพื่อช่วยในการอธิบายก็ได้)

หากพิจารณาจากตัวอย่างสตอร์ดีโพรซีเยอร์ SP\_UpdateReturnDataTbl ในหัวข้อ 4.1 จะพบว่าเมื่อคำสั่งที่ 1 ซึ่งใช้ในการเพิ่มรายการใหม่ให้กับตาราง ReturnDataTbl ไม่สามารถทำงานได้สำเร็จ การเรียกใช้ตามเงื่อนไขของคำสั่งที่ 3 (where ClearingType = 'IW') ซึ่งได้รับผลกระทบโดยตรงจากคำสั่งที่ 1 จึงเป็นการเรียกใช้สถานะที่ไม่สามารถเกิดขึ้นได้จริงด้วย ด้วยเหตุนี้การทวนสอบสถานะจึงจบลงเพียงคำสั่งที่ 2 ไม่จำเป็นต้องถูกกระทำที่คำสั่งที่ 3 อีกต่อไป

ข้อดีของการเลือกใช้การวิเคราะห์ในรูปแบบนี้ คือ กระบวนการทวนสอบสถานะมีความรวดเร็ว เนื่องจากไม่จำเป็นต้องทำการทวนสอบจนถึงคำสั่งสุดท้ายในสตอร์ดีโพรซีเยอร์ กระบวนการวิเคราะห์เพียงแค่วิเคราะห์ลำดับคำสั่งเอสคิวแอลให้ไกลที่สุดเท่าที่จะทำได้ จนกว่าจะพบว่าไม่จำเป็นต้องทำการวิเคราะห์ต่อไปจึงหยุดกระบวนการ นอกจากนี้ข้อดีอีกประการสำหรับการวิเคราะห์แบบ Optimization Mode ก็คือระบบไม่จำเป็นต้องหยุดกระบวนการเพื่อให้ผู้ใช้ทำการแก้ไข และผู้ใช้สามารถทราบได้ว่าคำสั่งที่ผิดปกติเกิดขึ้น ณ ตำแหน่งใดโดยการเรียกแสดงรายงานผลการทวนสอบสถานะ

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบประเภทของการวิเคราะห์สตอร์ดีโพรซีเยอร์

	Owner Mode	Optimization Mode
ผู้ใช้งาน	ผู้เขียนสตอร์ดีโพรซีเยอร์ หรือ ผู้พัฒนาซอฟต์แวร์	ผู้ทดสอบซอฟต์แวร์
ลักษณะการทำงาน	สามารถแก้ไขคำสั่งเอสคิวแอลที่มีความผิดปกติได้ระหว่างกระบวนการวิเคราะห์	ไม่สามารถแก้ไขคำสั่งเอสคิวแอลที่ผิดปกติได้
การทวนสอบสถานะฐานข้อมูล	ทวนสอบสถานะฐานข้อมูลทุกคำสั่งเอสคิวแอลในสตอร์ดีโพรซีเยอร์	ทวนสอบสถานะฐานข้อมูลจนกว่าจะพบว่าไม่จำเป็นต้องทำการทวนสอบอีกต่อไป จึงหยุดกระบวนการ
การแสดงผลการทวนสอบสถานะฐานข้อมูล	ไม่มี	มี

#### 4.4 เกณฑ์ในการหยุดกระบวนการทวนสอบสำหรับการวิเคราะห์แบบ Optimization Mode

กระบวนการวิเคราะห์คำสั่งเอสคิวแอลแบบ Optimization Mode จำเป็นต้องอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างคำสั่งเอสคิวแอล และวัตถุต่างๆ ที่ถูกเรียกใช้สำหรับการตัดสินใจในการประเมินการหยุดกระบวนการวิเคราะห์ เพราะเมื่อกระบวนการดำเนินการทวนสอบสถานะฐานข้อมูลถึงจุดๆ หนึ่งแล้ว คำสั่งที่เหลือก็ไม่ได้มีความจำเป็นที่จะต้องทำการทวนสอบสถานะฐานข้อมูลอีกต่อไป ทั้งนี้เนื่องจากความผิดพลาดซึ่งเกิดจากคำสั่งใดๆ ก่อนหน้านั้นได้ส่งผลกระทบเป็นลูกโซ่ไปยังคำสั่งที่เหลือ ส่งผลให้การเรียกใช้สถานะที่ไม่สามารถเกิดขึ้นจริงเกิดขึ้นกับทุกคำสั่งที่ตามมา นั่นจึงเป็นเหตุผลที่กระบวนการวิเคราะห์คำสั่งเอสคิวแอลไม่จำเป็นต้องทำงานอีกต่อไป

การอธิบายอาจอธิบายได้ด้วยสตอร์ดิโพรซีเยอร์กราฟ ในที่นี้ขออ้างอิงจากรูปที่ 10 ตัวอย่างสตอร์ดิโพรซีเยอร์กราฟในบทที่ 3 กล่าวคือ การวิเคราะห์คำสั่งเอสคิวแอลจะสามารถหยุดกระบวนการได้ก็ต่อเมื่อ ไม่เหลือโหนด Q ใดๆ (คำสั่งเอสคิวแอล) ซึ่งยังไม่ได้ทำการทวนสอบ ที่การเรียกใช้ฟิลต์ใดๆ ทั้งหมด (แทนด้วยเส้นเชื่อมไม่มีทิศทาง  $v$  ที่ลากเข้าสู่โหนด  $a$  หรือ  $b$ ) เป็นการเรียกใช้ร่วมกันกับการเรียกใช้ (เส้นเชื่อมไม่มีทิศทาง  $v$ ) และการเปลี่ยนแปลงค่า (เส้นเชื่อมมีทิศทาง  $u$ ) ของโหนด Q ซึ่งผ่านการทวนสอบสถานะแล้วได้ผลลัพธ์ว่าไม่ผ่าน

เมื่อกระบวนการวิเคราะห์คำสั่งเอสคิวแอลสำหรับการวิเคราะห์แบบ Optimization Mode เสร็จสิ้น ผู้ใช้สามารถเรียกแสดงรายงานเพื่อดูผลการวิเคราะห์คำสั่งเอสคิวแอลได้

#### 4.5 บทบาทหน้าที่ของผู้ที่เกี่ยวข้องกับระบบ

บทบาทหน้าที่ของผู้ที่เกี่ยวข้องกับระบบสามารถจำแนกได้ดังนี้

##### 4.5.1 ผู้ดูแลฐานข้อมูล

- ดูแลฐานข้อมูล
- กำหนดสิทธิ์การเข้าถึงฐานข้อมูลของผู้ดูแลระบบ
- เพิ่ม ลบรายชื่อผู้ดูแลระบบ
- แก้ไขคุณสมบัติของผู้ดูแลระบบ

##### 4.5.2 ผู้ดูแลระบบ

- เพิ่ม ลบรายชื่อผู้ใช้งานระบบ
- แก้ไขคุณสมบัติของผู้ใช้งานระบบ
- กำหนดสิทธิ์การเข้าถึงฐานข้อมูลของผู้ใช้งานระบบ
- วิเคราะห์สตอร์ดิโพรซีเยอร์ โดยสามารถเลือกการวิเคราะห์ได้ทั้งแบบ Owner Mode และ Optimization Mode



- แสดงรายงานผลการทวนสอบสถานะฐานข้อมูล
- แก้ไขค่าโครงแบบ (Configuration) สำหรับสตอร์ดิโพรซีเยอร์กราฟ

#### 4.5.3 ผู้พัฒนาซอฟต์แวร์

- วิเคราะห์สตอร์ดิโพรซีเยอร์ โดยสามารถเลือกการวิเคราะห์ได้ทั้งแบบ Owner Mode และ Optimization Mode
- สามารถแก้ไขคำสั่งเอสคิวแอลเมื่อระบบตรวจพบคำสั่งที่ผิดปกติ ในกรณีที่เลือกการวิเคราะห์แบบ Owner Mode
- แสดงรายงานผลการทวนสอบสถานะฐานข้อมูล

#### 4.5.4 ผู้ทดสอบซอฟต์แวร์

- วิเคราะห์สตอร์ดิโพรซีเยอร์ โดยเลือกใช้การวิเคราะห์แบบ Optimization Mode
- แสดงรายงานผลการทวนสอบสถานะฐานข้อมูล

### 4.6 สภาพแวดล้อมและเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา

สภาพแวดล้อม และเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบการทวนสอบสถานะฐานข้อมูล สำหรับการทดสอบสตอร์ดิโพรซีเยอร์ มีดังต่อไปนี้

#### ฮาร์ดแวร์

1. หน่วยประมวลผลอินเทล คอร์ 2 ดิวโอ 2.00 กิกะเฮิร์ต (CPU Intel Core 2 Duo 2.00GHz)
2. หน่วยความจำ 2 กิกะไบต์ (2 GB RAM)
3. ฮาร์ดดิสก์ความจุ 250 กิกะไบต์ (250 GB Hard Disk)

#### ซอฟต์แวร์

1. ระบบปฏิบัติการไมโครซอฟท์ วินโดวส์ เอ็กซ์พี โปรเฟสชันนอล เซอร์วิส แพ็ค 2 (Microsoft Windows XP Professional Service Pack 2)
2. ระบบจัดการฐานข้อมูลไมโครซอฟท์ เอสคิวแอล เซิร์ฟเวอร์ 2005 (Microsoft SQL Server 2005)
3. เครื่องมือพัฒนาโปรแกรมมอร์แลนด์ เดลไฟ เวอร์ชัน 6 (Borland Delphi 6)



4. โปรแกรม และคอมโพเนนต์สำหรับสร้างกราฟ กราฟวิซ เวอร์ชัน 2.26.3 (Graphviz 2.26.3)
5. โปรแกรมสำหรับสร้างรายงาน ซีเกท คริสตัล รีพอร์ตส์ เวอร์ชัน 6.0 (Seagate Crystal Reports 6.0)

#### 4.7 การติดตั้งซอฟต์แวร์สำหรับการพัฒนาระบบ

ซอฟต์แวร์และเครื่องมือสำหรับการพัฒนาจะต้องถูกติดตั้งให้เรียบร้อยก่อนการพัฒนาระบบ โดยมีลำดับการติดตั้งดังต่อไปนี้

1. ติดตั้งระบบปฏิบัติการไมโครซอฟต์ วินโดวส์ เอ็กซ์พี โปรเฟสชันนอล เซอร์วิส แพ็ค 2
2. ติดตั้งระบบจัดการฐานข้อมูลไมโครซอฟต์ เอสคิวแอล เซิร์ฟเวอร์ 2005
3. สร้างฐานข้อมูล SPTesting เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์สตอรัจ โพรซีเยอร์
4. ติดตั้งฐานข้อมูลที่ภายในประกอบไปด้วยสตอรัจโพรซีเยอร์ที่ต้องการทดสอบ อาจใช้วิธีสร้างฐานข้อมูล พร้อมทั้งสตอรัจโพรซีเยอร์ขึ้นมาใหม่ หรือสำรอง (backup) ฐานข้อมูลมาจากแหล่งอื่นก็ได้
5. ติดตั้งเครื่องมือพัฒนาโปรแกรมบอร์แลนด์ เดลไฟ เวอร์ชัน 6
6. ติดตั้งโปรแกรม และคอมโพเนนต์สำหรับสร้างกราฟ กราฟวิซ เวอร์ชัน 2.26.3
7. ติดตั้งโปรแกรมสำหรับสร้างรายงาน ซีเกท คริสตัล รีพอร์ตส์ เวอร์ชัน 6.0

#### 4.8 ความต้องการด้านฟังก์ชันการทำงาน

ระบบการทวนสอบสถานะฐานข้อมูลสำหรับการทดสอบสตอรัจโพรซีเยอร์ มีความต้องการด้านฟังก์ชันการทำงาน (Functional Requirements) แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ความต้องการด้านหน้าที่

หมายเลข	ชื่อ	คำอธิบาย
F01	การพิสูจน์ตัวตนจริง (Authentication) ในการทำงานระบบ	ระบุชื่อเซิร์ฟเวอร์ ล็อกอิน และรหัสผ่าน ในการเข้าใช้งานระบบ
F02	การจัดการรายละเอียดผู้ใช้งานระบบ	เพิ่ม ลบ และแก้ไขรายละเอียดคุณสมบัติต่างๆ ของผู้ใช้งานระบบ

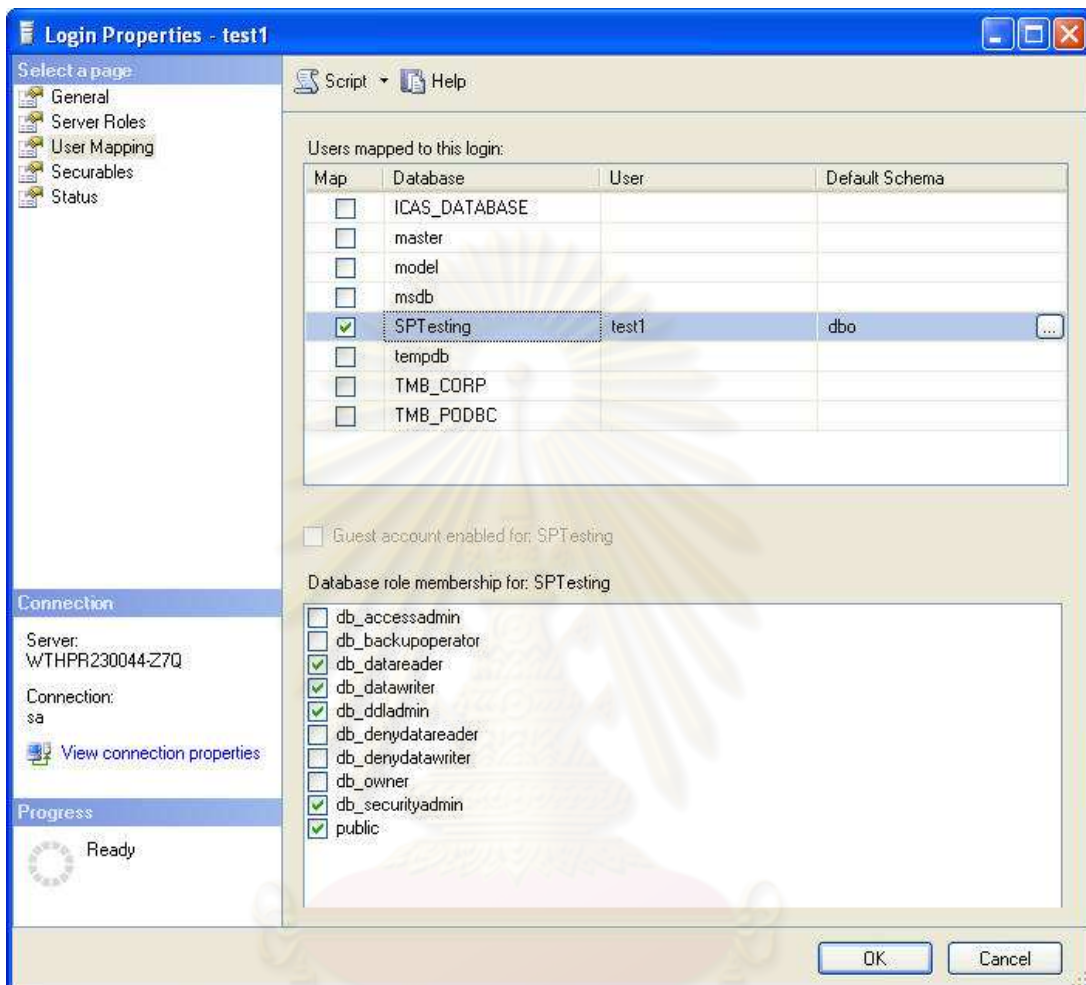
F03	การกำหนดค่าโครงแบบสำหรับสตอรัจโพรซีเยอร์กราฟ	กำหนดค่าโครงแบบสำหรับสตอรัจโพรซีเยอร์กราฟ
F04	การจัดการรายละเอียดของสตอรัจโพรซีเยอร์ (หน้าจอหลัก)	เลือกฐานข้อมูล และสตอรัจโพรซีเยอร์ที่ต้องการทวนสอบ พร้อมแสดงรายละเอียดคำสั่งเอสคิวแอลที่อยู่ในสตอรัจโพรซีเยอร์
F05	การวิเคราะห์คำสั่งเอสคิวแอล	แยกประเภทของคำสั่งเอสคิวแอล สร้างสตอรัจโพรซีเยอร์กราฟ รวมทั้งวิเคราะห์หาคำสั่งที่ไม่สามารถตรวจจับความผิดปกติได้ขณะคอมไพล์ และคำสั่งที่เรียกใช้สถานะฐานข้อมูลที่ไม่สามารถเกิดขึ้นจริง โดยแบ่งลักษณะการวิเคราะห์เป็น 2 ประเภท ได้แก่ Owner Mode และ Optimization Mode
F06	การแก้ไขคำสั่งเอสคิวแอลสำหรับการวิเคราะห์แบบ Owner Mode	แสดงรายละเอียดของคำสั่งเอสคิวแอลที่เกิดความผิดปกติ สถานะฐานข้อมูลที่คำสั่งนั้นคาดหวัง และสถานะฐานข้อมูลที่เกิดขึ้นจริง ณ ขณะนั้น พร้อมทั้งสามารถแก้ไขคำสั่งเอสคิวแอลที่ผิดปกตินั้นได้
F07	การแสดงผลสตอรัจโพรซีเยอร์กราฟ	แสดงผลสตอรัจโพรซีเยอร์กราฟ
F08	การแสดงผลงานผลการวิเคราะห์คำสั่งเอสคิวแอล	แสดงผลงานผลการวิเคราะห์คำสั่งเอสคิวแอลสำหรับการวิเคราะห์แบบ Optimization Mode

#### 4.9 การพิสูจน์ตัวจริงในการใช้งานระบบ

ผู้ใช้งานจำเป็นต้องระบุล็อกอินและรหัสผ่านเพื่อพิสูจน์ตัวจริงในการใช้งานระบบ ทั้งนี้ ล็อกอินและรหัสผ่าน จะเป็นล็อกอินและรหัสผ่านชุดเดียวกันกับที่ใช้สำหรับพิสูจน์ตัวจริงเพื่อเข้าใช้ระบบจัดการฐานข้อมูลไมโครซอฟต์ เอสคิวแอล เซิร์ฟเวอร์ 2005 ด้วย โดยสิทธิ์ในการเข้าถึงฐานข้อมูล และคุณสมบัติต่างๆ ของล็อกอินจะถูกกำหนดโดยผู้ดูแลฐานข้อมูล หรือผู้ดูแลระบบ

อย่างไรก็ตาม ล็อกอินในการใช้งานระบบการทวนสอบสถานะฐานข้อมูลจะต้องถูกกำหนดสิทธิ์สำหรับการเข้าถึงฐานข้อมูลที่สนใจให้มี database role อย่างน้อย 4 ประเภท ได้แก่ db\_datareader, db\_datawriter, db\_ddladmin และ db\_securityadmin (รูปที่ 12) รวมทั้งใน

กรณีที่กำหนดให้เป็นผู้ดูแลระบบ ล็อกอินนั้นจะต้องถูกกำหนดสิทธิ์ให้สามารถสร้าง หรือเปลี่ยนแปลงล็อกอินอื่นๆ ได้ด้วย (grant ALTER ANY LOGIN และ grant ALTER ANY USER)



รูปที่ 12 ตัวอย่างหน้าจอการกำหนดสิทธิ์การใช้งานฐานข้อมูลสำหรับล็อกอิน ภายในระบบจัดการฐานข้อมูลไมโครซอฟต์ เอสคิวแอล เซิร์ฟเวอร์ 2005

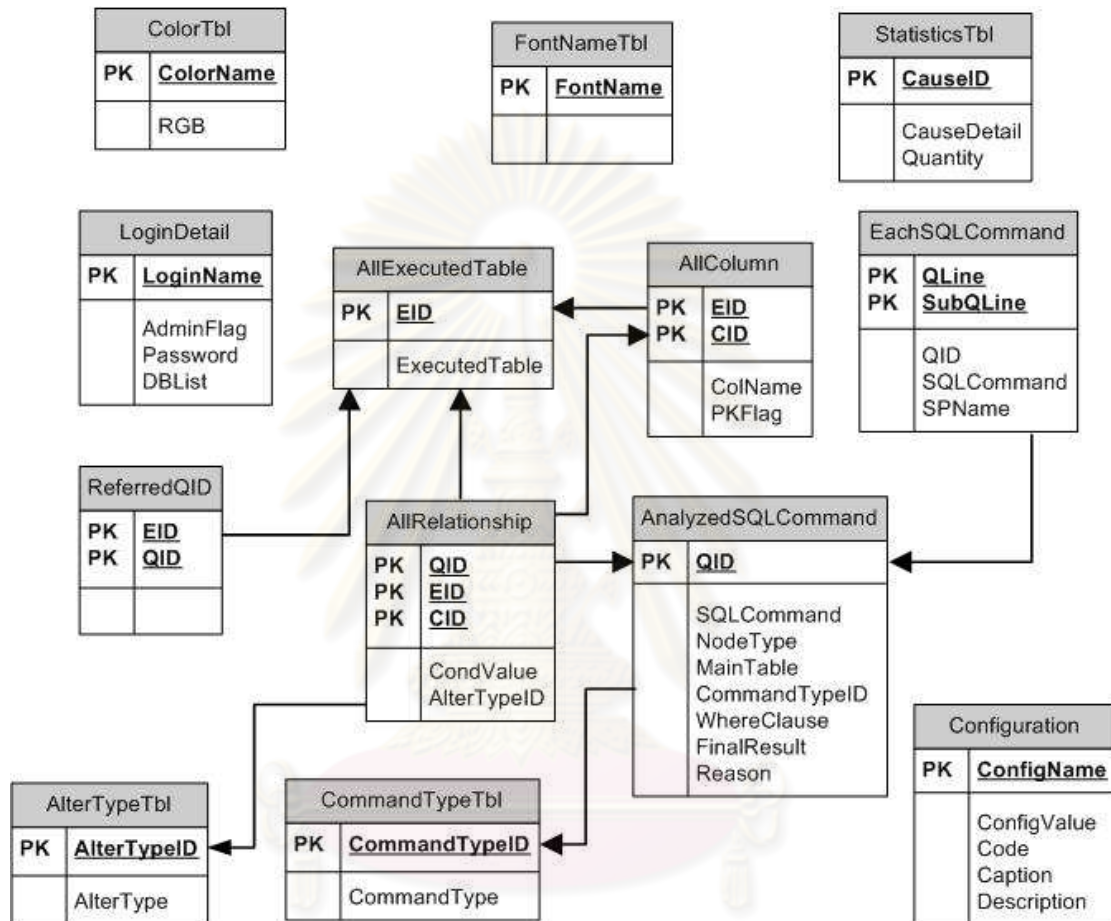
#### 4.10 ขั้นตอนการพัฒนาระบบ

การพัฒนากระบวนการทวนสอบสถานะฐานข้อมูลสำหรับการทดสอบสตอร์คิโพรซีเยอร์ ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ ดังนี้

##### 4.10.1 การออกแบบฐานข้อมูล

ฐานข้อมูลหลักที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์สตอร์คิโพรซีเยอร์มีชื่อว่า SPTesting ฐานข้อมูลนี้ นอกจากใช้ในการเก็บค่าการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการวิเคราะห์แล้ว ยังเก็บ

ค่าโครงแบบต่างๆ เพื่อเป็นค่าการทำงานมาตรฐาน หรือสำหรับการแสดงผลของระบบด้วย ทั้งนี้ฐานข้อมูล SPTesting ประกอบไปด้วยตารางจำนวน 13 ตาราง วิว 1 วิว และสตอร์ดีโพรซีเยอร์จำนวน 2 สตอร์ดีโพรซีเยอร์ รายละเอียดพจนานุกรมข้อมูล (Data Dictionary) แสดงในภาคผนวก ข. โครงสร้างฐานข้อมูล SPTesting



รูปที่ 13 การออกแบบฐานข้อมูลระบบการทวนสอบสถานะฐานข้อมูลด้วยแผนภาพอีอาร์

#### 4.10.2 การพัฒนาระบบซอฟต์แวร์

การพัฒนาระบบการทวนสอบสถานะฐานข้อมูลสำหรับการทดสอบสตอร์ดีโพรซีเยอร์จะพัฒนาตามแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการทดสอบสตอร์ดีโพรซีเยอร์ดังที่เสนอไว้ในบทที่ 3 อันได้แก่ การจำแนกประเภทของคำสั่งเอสคิวแอลทั้งหมดในสตอร์ดีโพรซีเยอร์ตามวากยสัมพันธ์ที่ครอบคลุมในงานวิจัย การกำหนดจุดตรวจสอบเพื่อทวนสอบสถานะฐานข้อมูลสำหรับคำสั่งที่มีการค้นคืนเซตผลลัพธ์ การสร้างสตอร์ดีโพรซีเยอร์กราฟ และกระบวนการทวนสอบสถานะฐานข้อมูลที่เกิดขึ้นจริง กับสถานะฐานข้อมูลที่คาดหวัง ทั้งนี้โดยอาศัยโปรแกรมบอร์แลนด์ เดลไฟ

เวอร์ชัน 6 เป็นเครื่องมือหลักในการพัฒนา รวมทั้งใช้ฐานข้อมูล SPTesting ซึ่งได้ทำการออกแบบไว้ก่อนหน้านี้เป็นเครื่องมือช่วยในกระบวนการวิเคราะห์สตอรัจโพรซีเยอร์ที่เกิดขึ้นด้วย

ในส่วนของการรายงานผลการวิเคราะห์คำสั่งเอสคิวแอล ได้ใช้โปรแกรมซีเกท คริสตัล รีพอร์ต เวอร์ชัน 6 เป็นเครื่องมือหลักในการสร้างรายงาน นอกจากนี้กระบวนการสร้างสตอรัจโพรซีเยอร์กราฟยังจำเป็นต้องอาศัยคอมโพเนนต์กราฟวิซ เวอร์ชัน 2.26.3 เป็นเครื่องมือช่วยในการพัฒนาด้วย

ทั้งนี้การพัฒนาระบบ ยังรวมถึงการออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้กราฟิก (Graphical User Interface) เพื่อให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดด้วย ตัวอย่างส่วนต่อประสานผู้ใช้กราฟิกในส่วนต่างๆ ของระบบ สามารถดูได้จากภาคผนวก ค. การใช้งานระบบ



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## บทที่ 5

### การทดสอบระบบ

การทดสอบระบบการทวนสอบสถานะฐานข้อมูลสำหรับการทดสอบสตอร์ดีโพรซีเยอร์มีจุดประสงค์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องทั้งในแง่ของฟังก์ชันการทำงานต่างๆ และกระบวนการวิเคราะห์สตอร์ดีโพรซีเยอร์ของระบบว่าถูกต้อง และครอบคลุมตามขอบเขตที่งานวิจัยได้กำหนดไว้หรือไม่ นอกจากนี้ยังเป็นการช่วยตรวจทานข้อผิดพลาด และค้นหาข้อจำกัดต่างๆ ของระบบด้วย

#### 5.1 การทดสอบความถูกต้องฟังก์ชันการทำงานของระบบ

การทดสอบความถูกต้องฟังก์ชันการทำงานของระบบเป็นการทดสอบหน้าที่การทำงานในส่วนต่างๆ ตามที่ได้ระบุไว้ในหัวข้อความต้องการด้านฟังก์ชันการทำงานในบทที่ 4 ซึ่งได้แก่

- 1) การพิสูจน์ตัวจริงในการใช้งานระบบ
- 2) การจัดการรายละเอียดผู้ใช้งานระบบ
- 3) การกำหนดค่าโครงแบบสำหรับสตอร์ดีโพรซีเยอร์กราฟ
- 4) การจัดการรายละเอียดของสตอร์ดีโพรซีเยอร์
- 5) การวิเคราะห์คำสั่งเอสคิวแอล
- 6) การแก้ไขคำสั่งเอสคิวแอลสำหรับการวิเคราะห์แบบ Owner Mode
- 7) การแสดงสตอร์ดีโพรซีเยอร์กราฟ
- 8) การแสดงรายงานผลการวิเคราะห์คำสั่งเอสคิวแอล

ทั้งนี้การทดสอบได้อาศัยวิธีการทดสอบหน้าที่การทำงาน (Black Box Testing) ตามกรณีทดสอบที่ได้ออกแบบไว้ ซึ่งมีการทดสอบ และผลการทดสอบที่ได้ ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 6 การทดสอบการพิสูจน์ตัวจริงในการใช้งานระบบ

หมายเลขกรณีทดสอบ	การทดสอบ	คำอธิบาย	ผลการทดสอบที่คาดหวัง	ผลการทดสอบจริง
TC01	การพิสูจน์ตัวจริงเพื่อเข้าใช้งานระบบ	ระบุล็อกอิน และรหัสผ่านเพื่อเข้าใช้งานระบบ	1) สามารถเข้าใช้ระบบได้ในกรณีที่การพิสูจน์ตัวจริงถูกต้อง 2) ไม่สามารถเข้าใช้ระบบได้ และปรากฏ	ถูกต้อง



			ข้อความเตือนในกรณีที่มีการพิสูจน์ตัวจริงไม่ถูกต้อง	
--	--	--	--	--

ตารางที่ 7 การทดสอบการจัดการรายละเอียดผู้ใช้งานระบบ

หมายเลขกรณีทดสอบ	การทดสอบ	คำอธิบาย	ผลการทดสอบที่คาดหวัง	ผลการทดสอบจริง
TC02	การเพิ่มรายชื่อผู้ใช้งานใหม่	เพิ่มรายชื่อผู้ใช้งานใหม่ให้กับระบบ โดยระบบล็อกอินรหัสผ่าน สิทธิ์ในการเป็น ผู้ดูแลระบบ และฐานข้อมูลที่มีสิทธิ์ในการเข้าถึง	1) ปรากฏรายชื่อผู้ใช้งานที่เพิ่มเข้าไปใหม่ในระบบ 2) สามารถใช้ล็อกอินผู้ใช้งานใหม่ในการพิสูจน์ตัวจริงเพื่อเข้าใช้งานระบบ 3) สามารถเข้าถึงฐานข้อมูลตามสิทธิ์ที่กำหนดไว้	ถูกต้อง
TC03	การแก้ไขรายละเอียดข้อมูลผู้ใช้งาน	เลือกล็อกอินเพื่อแก้ไขรายละเอียดล็อกอินผู้ใช้งานนั้น	1) ข้อมูลผู้ใช้งานระบบที่ถูกเลือกได้รับการแก้ไข 2) รายละเอียดข้อมูลผู้ใช้งานได้รับการแก้ไขอย่างถูกต้องตรงตามที่ระบุ	ถูกต้อง
TC04	การลบรายชื่อผู้ใช้งาน	เลือกล็อกอินเพื่อลบล็อกอินผู้ใช้งานนั้นออกจากระบบ	1) ไม่ปรากฏรายชื่อล็อกอินนี้ในระบบ 2) ไม่สามารถใช้ล็อกอินนี้ในการพิสูจน์ตัวจริงเพื่อเข้าใช้งานระบบ	ถูกต้อง

ตารางที่ 8 การทดสอบการกำหนดค่าโครงแบบสำหรับสตอรัคโพรซีเยอร์กราฟ

หมายเลขกรณีทดสอบ	การทดสอบ	คำอธิบาย	ผลการทดสอบที่คาดหวัง	ผลการทดสอบจริง
TC05	การกำหนดค่าโครงแบบสำหรับสตอรัคโพรซีเยอร์กราฟ	กำหนดค่าโครงแบบซึ่งประกอบไปด้วยค่าสี และค่ารูปแบบตัวอักษรสำหรับส่วนประกอบต่างๆ ของสตอรัคโพรซีเยอร์กราฟ	สามารถบันทึกค่าโครงแบบที่ได้ทำการกำหนดได้อย่างถูกต้อง	ถูกต้อง

ตารางที่ 9 การทดสอบการจัดการรายละเอียดของสตอรัคโพรซีเยอร์

หมายเลขกรณีทดสอบ	การทดสอบ	คำอธิบาย	ผลการทดสอบที่คาดหวัง	ผลการทดสอบจริง
TC06	การเลือกฐานข้อมูล	เลือกฐานข้อมูลที่ต้องการเข้าถึงเพื่อทำการวิเคราะห์สตอรัคโพรซีเยอร์	1) ปรากฏรายชื่อฐานข้อมูลเฉพาะที่ล็อกอินนั้นมีสิทธิ์ในการเข้าถึง 2) สามารถเลือกฐานข้อมูลตามรายชื่อที่ปรากฏได้	ถูกต้อง
TC07	การเลือกสตอรัคโพรซีเยอร์	เลือกสตอรัคโพรซีเยอร์ที่ต้องการทำการวิเคราะห์	1) ปรากฏรายชื่อสตอรัคโพรซีเยอร์ทั้งหมดที่อยู่ภายในฐานข้อมูลที่เลือก 2) สามารถเลือกสตอรัคโพรซีเยอร์ที่ต้องการทำการวิเคราะห์ได้ 3) เมื่อทำการเลือกสตอรัคโพรซีเยอร์ที่ต้องการแล้ว ใ้ดคำสั่งเอสควแอลภายใน	ถูกต้อง

			สตอรัทไฟรซีเยอร์นั้นปรากฏ ในกล่องข้อความแสดง รายละเอียดคำสั่งเอสคิวแอล	
TC08	การยกเลิก ฐานข้อมูล และ สตอรัทไฟรซีเยอร์ ที่ เลือก	ยกเลิกฐานข้อมูล และสตอรัท ไฟรซีเยอร์ที่ได้ทำ การเลือกไปแล้ว	1) ฐานข้อมูล และสตอรัท ไฟรซีเยอร์ที่เลือกไว้ถูกยกเลิก 2) สามารถทำการเลือก ฐานข้อมูล และสตอรัท ไฟรซีเยอร์ที่ต้องการใหม่ได้	ถูกต้อง
TC09	การยกเลิกการ เชื่อมต่อปัจจุบัน เพื่อเชื่อมต่อด้วย ล็อกอินใหม่	ยกเลิกการเชื่อมต่อ ปัจจุบัน แล้วระบุ ล็อกอิน และ รหัสผ่านใหม่เพื่อทำ การเชื่อมต่อใหม่	1) การเชื่อมต่อโดยล็อกอิน ปัจจุบันถูกยกเลิก 2) ปรากฏหน้าจอการพิสูจน์ ตัวจริงเพื่อเข้าใช้งานระบบ 3) สามารถระบุล็อกอิน และ รหัสผ่านใหม่ เพื่อทำการ เชื่อมต่อเข้าสู่ระบบได้	ถูกต้อง
TC10	การแสดงผลติการ เกิดคำสั่งเอสคิว แอลที่ผิดปกติ	แสดงผลติการเกิด คำสั่งเอสคิวแอลที่ ผิดปกติ	1) สามารถแสดงผลติการเกิด คำสั่งเอสคิวแอลที่ผิดปกติใน รูปแบบกราฟแท่ง 2) สามารถแสดงผลติการเกิด คำสั่งเอสคิวแอลที่ผิดปกติใน รูปแบบกราฟวงกลม	ถูกต้อง

ตารางที่ 10 การทดสอบการวิเคราะห์คำสั่งเอสคิวแอล

หมายเลข กรณี ทดสอบ	การทดสอบ	คำอธิบาย	ผลการทดสอบที่คาดหวัง	ผลการ ทดสอบ จริง
TC11	การจำแนกแต่ละ คำสั่งเอสคิวแอล	จำแนกแต่ละคำสั่ง เอสคิวแอลโดย อัตโนมัติ	1) ปรากฏโค้ดคำสั่งพร้อม รหัสคำสั่งเอสคิวแอลเพื่อ แสดงการจำแนกแต่ละคำสั่ง โดยอัตโนมัติเมื่อเข้าสู่หน้าจอ	ถูกต้อง

			การวิเคราะห์คำสั่งเอสคิวแอล 2) สามารถจำแนกแต่ละคำสั่งเอสคิวแอลได้อย่างถูกต้อง	
TC12	การเลือกรูปแบบการวิเคราะห์คำสั่งเอสคิวแอล	เลือกรูปแบบการวิเคราะห์คำสั่งเอสคิวแอล ซึ่งแบ่งเป็น 2 รูปแบบ คือ Owner Mode และ Optimization Mode	สามารถเลือกรูปแบบการวิเคราะห์ได้เพียงรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งเท่านั้น	ถูกต้อง
TC13	การวิเคราะห์คำสั่งเอสคิวแอลด้วยการวิเคราะห์แบบ Owner Mode	วิเคราะห์คำสั่งเอสคิวแอลด้วยขั้นตอนวิธีการแบบ Owner Mode	1) ปรากฏหน้าต่างสำหรับการแก้ไขคำสั่งเอสคิวแอลเมื่อระบบตรวจพบคำสั่งที่ผิดปกติ 2) แสดงรายละเอียดการวิเคราะห์ เมื่อการวิเคราะห์เสร็จสิ้น 3) สามารถเรียกแสดงสตอรัทโพรซีเยอร์กราฟ เมื่อการวิเคราะห์เสร็จสิ้น	ถูกต้อง
TC14	การวิเคราะห์คำสั่งเอสคิวแอลด้วยการวิเคราะห์แบบ Optimization Mode	วิเคราะห์คำสั่งเอสคิวแอลด้วยขั้นตอนวิธีการแบบ Optimization Mode	1) แสดงรายละเอียดการวิเคราะห์ เมื่อการวิเคราะห์เสร็จสิ้น 2) สามารถเรียกแสดงรายงานผลการวิเคราะห์ เมื่อการวิเคราะห์เสร็จสิ้น 3) สามารถเรียกแสดงสตอรัทโพรซีเยอร์กราฟ เมื่อการวิเคราะห์เสร็จสิ้น	ถูกต้อง

ตารางที่ 11 การทดสอบการแก้ไขคำสั่งเอสคิวแอลสำหรับการวิเคราะห์แบบ Owner Mode

หมายเลขกรณีทดสอบ	การทดสอบ	คำอธิบาย	ผลการทดสอบที่คาดหวัง	ผลการทดสอบจริง
TC15	การแสดงรายละเอียดคำสั่งเอสคิวแอลที่ผิดปกติ	แสดงรายละเอียดของคำสั่งเอสคิวแอลพร้อมทั้งสาเหตุของความผิดปกติที่เกิดขึ้น	สามารถแสดงรายละเอียดของคำสั่งเอสคิวแอลที่ผิดปกติได้อย่างถูกต้อง	ถูกต้อง
TC16	การแก้ไขคำสั่งเอสคิวแอล	แก้ไขคำสั่งเอสคิวแอลที่ผิดปกติให้ถูกต้อง	1) ปรากฏคำสั่งเอสคิวแอลที่ผิดปกติในกล่องข้อความสำหรับการแก้ไข 2) สามารถแก้ไขคำสั่งเอสคิวแอลที่ผิดปกติได้ 3) สามารถล้างข้อความในกล่องข้อความได้	ถูกต้อง
TC17	การบันทึกคำสั่งเอสคิวแอลที่แก้ไขแล้ว	บันทึกคำสั่งเอสคิวแอลที่ถูกแก้ไขแล้ว	1) สามารถบันทึกคำสั่งเอสคิวแอลที่แก้ไขได้ 2) ปรากฏข้อความให้ผู้ใช้ยืนยันการบันทึก ในกรณีที่คำสั่งที่แก้ไขยังมีความผิดปกติอยู่ 3) ไม่สามารถบันทึกได้ในกรณีที่ไม่มีข้อความใดๆ ปรากฏอยู่ในกล่องข้อความสำหรับการแก้ไขเลย	ถูกต้อง
TC18	การเรียกแสดงเค้าร่างของตารางที่ถูกเรียกใช้	เรียกแสดงเค้าร่างของตารางที่ถูกเรียกใช้โดยคำสั่งเอสคิวแอลนั้นๆ	ปรากฏหน้าต่างสำหรับแสดงเค้าร่างของตารางที่ถูกเรียกใช้โดยคำสั่งเอสคิวแอลนั้นๆ	ถูกต้อง

ตารางที่ 12 การทดสอบการแสดงผลสตอรัคโพรซีเยอร์กราฟ

หมายเลขกรณีทดสอบ	การทดสอบ	คำอธิบาย	ผลการทดสอบที่คาดหวัง	ผลการทดสอบจริง
TC19	การแสดงผลสตอรัคโพรซีเยอร์กราฟ	แสดงผลสตอรัคโพรซีเยอร์กราฟ	1) สามารถแสดงผลสตอรัคโพรซีเยอร์กราฟของการวิเคราะห์ได้ 2) สตอรัคโพรซีเยอร์กราฟสามารถแสดงผลได้อย่างถูกต้องตามค่าโครงแบบที่ได้กำหนดไว้	ถูกต้อง

ตารางที่ 13 การทดสอบการแสดงผลรายงานผลการวิเคราะห์คำสั่งเอสคิวแอล

หมายเลขกรณีทดสอบ	การทดสอบ	คำอธิบาย	ผลการทดสอบที่คาดหวัง	ผลการทดสอบจริง
TC20	การแสดงผลรายงาน	แสดงผลรายงานผลการวิเคราะห์คำสั่งเอสคิวแอล	1) สามารถแสดงผลรายงานผลการวิเคราะห์คำสั่งเอสคิวแอลได้ 2) รายละเอียดผลการวิเคราะห์คำสั่งเอสคิวแอลที่ปรากฏในรายงานมีความถูกต้อง	ถูกต้อง
TC21	การพิมพ์รายงาน	สั่งพิมพ์รายงานผลการวิเคราะห์คำสั่งเอสคิวแอล	สามารถสั่งพิมพ์รายงานผลการวิเคราะห์คำสั่งเอสคิวแอลได้	ถูกต้อง
TC22	การบันทึกรายงานเป็นไฟล์รูปแบบอื่น	บันทึกรายงานผลการวิเคราะห์ให้ไว้ในไฟล์รูปแบบอื่น	สามารถบันทึกรายงานผลการวิเคราะห์ให้ไว้ในไฟล์รูปแบบอื่นได้	ถูกต้อง



## 5.2 การทดสอบความถูกต้องกระบวนการทำงานของระบบ

การทดสอบความถูกต้องกระบวนการทำงานของระบบเป็นการทดสอบกระบวนการทำงานตามขอบเขตลักษณะสตอรัคโพรซีเยอร์ที่ครอบคลุม และแนวทางการเพิ่มประสิทธิผลการทดสอบสตอรัคโพรซีเยอร์ ซึ่งได้ระบุไว้ในบทที่ 3

ทั้งนี้การทดสอบได้อาศัยสตอรัคโพรซีเยอร์ที่ครอบคลุมตามขอบเขตคำสั่งพื้นฐานที่อธิบายไว้ในงานวิจัยชิ้นนี้มาเป็นกรณีทดสอบ โดยมีการกำหนดสถานะฐานข้อมูลที่คาดหวังสำหรับการทวนสอบซึ่งสามารถระบุได้จากคำสั่งที่มีการค้นคืนเซตผลลัพธ์ในสตอรัคโพรซีเยอร์ การทดสอบ และผลการทดสอบที่ได้ แสดงดังต่อไปนี้

ตารางที่ 14 การทดสอบความถูกต้องกระบวนการทำงานของระบบ

หมายเลขกรณีทดสอบ	การทดสอบ	คำอธิบาย	ผลการทดสอบที่คาดหวัง	ผลการทดสอบจริง
TC23	การจำแนกประเภทของคำสั่งเอสคิวแอลที่พบในสตอรัคโพรซีเยอร์	จำแนกประเภทของคำสั่งเอสคิวแอลทั้งหมดที่ปรากฏอยู่ในสตอรัคโพรซีเยอร์	1) สามารถแยกแต่ละคำสั่งเอสคิวแอลได้อย่างถูกต้องตรงตามวากยสัมพันธ์ที่ระบุ 2) สามารถจำแนกประเภทของคำสั่งเอสคิวแอลได้อย่างถูกต้อง 3) สามารถระบุตาราง และฟิลด์ที่ถูกเรียกใช้ของแต่ละคำสั่งเอสคิวแอลได้อย่างถูกต้อง	ถูกต้อง
TC24	การกำหนดจุดตรวจสอบเพื่อทวนสอบสถานะฐานข้อมูล	กำหนดจุดตรวจสอบสำหรับการทวนสอบสถานะฐานข้อมูล	1) สามารถกำหนดจุดตรวจสอบ ณ คำสั่งที่มีการค้นคืนเซตผลลัพธ์ได้อย่างถูกต้อง 2) ตัวอักษรแสดงรหัสของคำสั่งเอสคิวแอลที่มีการค้นคืนเซตผลลัพธ์ในหน้าจอการวิเคราะห์คำสั่งเอสคิวแอล เปลี่ยนเป็นตัวอักษรสีแดงได้อย่างถูกต้อง	ถูกต้อง

TC25	การสร้างสตอรัทโพรซีเยอร์กราฟ	สร้างสตอรัทโพรซีเยอร์กราฟ	สตอรัทโพรซีเยอร์กราฟที่ถูกสร้างขึ้นระบุความสัมพันธ์ระหว่างคำสั่งเอสคิวแอล และตาราง รวมทั้งฟิลด์ที่ถูกเรียกใช้ได้อย่างถูกต้อง	ถูกต้อง
TC26	การทวนสอบสถานะฐานข้อมูลที่เกิดขึ้นจริงกับที่คาดหวัง	ทวนสอบสถานะฐานข้อมูลที่เกิดขึ้นจริงกับที่คาดหวัง	เมื่อทวนสอบระหว่างสถานะฐานข้อมูลที่เกิดขึ้นจริง กับสถานะฐานข้อมูลที่คาดหวัง แล้วให้ผลลัพธ์ผ่าน หรือไม่ผ่านได้อย่างถูกต้อง	ถูกต้อง
TC27	การตรวจจับคำสั่งเอสคิวแอลผิดปกติที่ไม่สามารถตรวจจับได้ขณะคอมไพล์	ตรวจจับคำสั่งเอสคิวแอลผิดปกติที่ไม่สามารถตรวจจับได้ขณะคอมไพล์	ตรวจจับคำสั่งเอสคิวแอลผิดปกติที่ไม่สามารถตรวจจับขณะคอมไพล์ได้อย่างถูกต้อง	ถูกต้อง

### 5.3 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองข้างต้นสรุปได้ว่า ระบบการทวนสอบสถานะฐานข้อมูลสำหรับการทดสอบสตอรัทโพรซีเยอร์ ซึ่งพัฒนาขึ้นตามแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการทดสอบสตอรัทโพรซีเยอร์ที่นำเสนอ สามารถทำงานได้อย่างถูกต้องตามฟังก์ชันการทำงาน และกระบวนการทำงานที่ระบุไว้ในกรณีทดสอบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทที่ 6

### สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

#### 6.1 สรุปผลการวิจัย

ในระหว่างการทดสอบของกระบวนการพัฒนาซอฟต์แวร์ ผู้ทดสอบควรให้ความสนใจการทดสอบสตอร์ดีโพรซีเยอร์ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ของสถานะฐานข้อมูลจากการทำงานของคำสั่งเอสคิวแอลในสตอร์ดีโพรซีเยอร์ อาจทำให้คำสั่งล้มเหลวๆ ไปเรียกใช้สถานะฐานข้อมูลที่ไม่สามารถเกิดขึ้นจริงได้ งานวิจัยนี้ได้นำเสนอระเบียบวิธีการทวนสอบสถานะฐานข้อมูลเพื่อเพิ่มประสิทธิผลของการทดสอบสตอร์ดีโพรซีเยอร์ ประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 4 ขั้นตอน ซึ่งได้ถูกพัฒนาขึ้นเป็นระบบการทวนสอบสถานะฐานข้อมูลสำหรับการทดสอบสตอร์ดีโพรซีเยอร์ ทั้งนี้ระบบซอฟต์แวร์ดังกล่าวสามารถช่วยระบุคำสั่งที่เรียกใช้สถานะฐานข้อมูลที่ไม่สามารถเกิดขึ้นจริงรวมทั้งคำสั่งที่ผิดปกติซึ่งไม่สามารถตรวจจับได้ขณะคอมไพล์ด้วย เป็นการช่วยลดความผิดพลาดที่อาจจะส่งผ่านไปยังระยะถัดไปในกระบวนการพัฒนาซอฟต์แวร์

#### 6.2 ข้อจำกัด

จากการดำเนินงานวิจัย ปัญหาและข้อจำกัดที่พบ คือ คำสั่งเอสคิวแอลบางคำสั่งของระบบซึ่งใช้ในกระบวนการวิเคราะห์สตอร์ดีโพรซีเยอร์ ไม่สามารถรองรับการทำงานกับระบบจัดการฐานข้อมูลไมโครซอฟต์ เอสคิวแอล เซิร์ฟเวอร์ เวอร์ชันที่ต่ำกว่าเวอร์ชัน 2005 ได้ นอกจากนี้ยังพบว่าในกรณีตารางที่ถูกเรียกใช้โดยสตอร์ดีโพรซีเยอร์มีจำนวนมาก หรือฟิลด์ของแต่ละตารางมีจำนวนมาก ประสิทธิภาพของสตอร์ดีโพรซีเยอร์กราฟอาจลดลง เนื่องจากกราฟจะมีความซับซ้อนจนเกินไป ทำให้ไม่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของวัตถุต่างๆ ที่สัมพันธ์กับสตอร์ดีโพรซีเยอร์ได้ดีพอ

#### 6.3 แนวทางการวิจัยต่อ

สำหรับการวิจัยในอนาคตจำเป็นต้องให้ความสนใจการปรับปรุงกระบวนการเพื่อให้ระบบสามารถรองรับสตอร์ดีโพรซีเยอร์ที่มีความซับซ้อนมากขึ้นได้ เช่น การทำงานกับตัวแปรชนิดต่างๆ การสอบถามแบบซ้อนกัน (Nested Query) การเรียกใช้สตอร์ดีโพรซีเยอร์ตัวอื่น การทำงานกับตารางที่มีการใช้ทริกเกอร์ (Trigger) หรือแม้กระทั่งการเรียกใช้ฐานข้อมูลบนเครื่องเซิร์ฟเวอร์อื่น เป็นต้น ทั้งนี้เนื่องจากพบว่าในการใช้งานจริง คำสั่งในสตอร์ดีโพรซีเยอร์สามารถประกอบขึ้นจาก

หลักไวยากรณ์เอสคิวแอลที่ซับซ้อนได้มากมาย รวมทั้งในบางครั้งความสัมพันธ์ของวัตถุในฐานข้อมูลก็อาจส่งผลกระทบต่อการทำงานของสตอร์ดีโพรซีเยอร์เช่นกัน

นอกจากนี้ เพื่อการตอบสนองกฎธุรกิจอันหลากหลาย ผู้พัฒนาโปรแกรมแต่ละคนอาจมีรูปแบบ และวิธีการในการเขียนโค้ดคำสั่งเอสคิวแอลภายในสตอร์ดีโพรซีเยอร์ที่แตกต่างกันไป ระบบที่ปรับปรุงในอนาคตจึงอาจเพิ่มความสามารถในการประเมินสมรรถนะ (Performance) ของสตอร์ดีโพรซีเยอร์เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการช่วยปรับ (Tune) สมรรถนะการทำงานของสตอร์ดีโพรซีเยอร์ให้ดีขึ้นได้



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## รายการอ้างอิง

- [1] MSDN Magazine. Testing SQL Stored Procedures Using LINQ [Online]. 2008  
Available from : [http://msdn.microsoft.com/en-us/magazine/  
cc500645.aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/magazine/cc500645.aspx) [2010, January 17].
- [2] Elmasri, R., and Navathe, S.B. Fundamentals of Database Systems. Addison-  
Wesley, 2004.
- [3] Wei, K., Muthuprasanna, M., and Kothari, S. Preventing SQL Injection Attacks in  
Stored Procedures. In Proceedings of the 2006 Australian Software  
Engineering Conference, 2006, IEEE Computer Society, 2006
- [4] Silberschatz, A., Korth, H.F., and Sudarshan, S. Database System Concepts.  
Fifth Edition. New York: McGraw-Hill, 2006.
- [5] Halfond, W.G.J., and Orso A. AMNESIA: Analysis and Monitoring for Neutralizing  
SQL-Injection Attacks. In Proceedings of the 20th IEEE/ACM International  
Conference on Automated Software Engineering (ASE'05), Long Beach,  
California, USA, 2005, ACM, 2005
- [6] พงษ์พันธ์ ศิวาลัย. SQL Server 2005 ฉบับสมบูรณ์. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดดูเคชั่น, 2549.
- [7] Šunderić, D. Microsoft SQL Server 2005 Stored Procedure Programming  
in T-SQL & .NET. San Francisco, California, USA: McGraw-Hill, 2006.
- [8] Pass1000 Inc. A Set-oriented Language: Summarize the SQL Language  
[Online]. 2010. Available from : [http://www.pass1000.com/oracle/a-set-  
oriented-language](http://www.pass1000.com/oracle/a-set-oriented-language) [2011, January 2].
- [9] Microsoft Corporation. Microsoft SQL Server 2005 Books Online [Computer  
Program]. 2006. Available from : [Microsoft SQL Server 2005  
Documentation and Tutorials](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms189732.aspx) [2010, December 22]
- [10] AT&T Research. Graphviz – Graph Visualization Software: Documentation  
[Online]. 2010. Available from :  
<http://www.graphviz.org/Documentation.php> [2011, January 2].
- [11] Wikimedia Foundation, Inc. DOT Language [Online]. 2010. Available from :  
[http://en.wikipedia.org/wiki/DOT\\_language](http://en.wikipedia.org/wiki/DOT_language) [2011, January 2].



ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## ภาคผนวก ก.

## วากยสัมพันธ์ฉบับเต็มของคำสั่งดีเอ็มแอลพื้นฐาน

คำสั่ง SELECT

```

SELECT statement ::=
    [WITH <common_table_expression> [ ,...n ] ]
    <query_expression>
    [ ORDER BY { order_by_expression | column_position [ ASC | DESC ] }
    [ ,...n ] ]
    [ COMPUTE
    { { AVG | COUNT | MAX | MIN | SUM } ( expression ) } [ ,...n ]
    [ BY expression [ ,...n ] ]
    ]
    [ <FOR Clause> ]
    [ OPTION ( <query_hint> [ ,...n ] ) ]
<query_expression> ::=
    { <query_specification> | ( <query_expression> ) }
    [ { UNION [ ALL ] | EXCEPT | INTERSECT }
    <query_specification> | ( <query_expression> ) [...n ] ]
<query_specification> ::=
SELECT [ ALL | DISTINCT ]
    [ TOP expression [ PERCENT ] [ WITH TIES ] ]
    < select_list >
    [ INTO new_table ]
    [ FROM { <table_source> } [ ,...n ] ]
    [ WHERE <search_condition> ]
    [ GROUP BY [ ALL ] group_by_expression [ ,...n ]
    [ WITH { CUBE | ROLLUP } ]
    ]
    [ HAVING < search_condition > ]

```

รูปที่ 14 วากยสัมพันธ์ฉบับเต็มของคำสั่ง SELECT

## คำสั่ง INSERT

```

[ WITH <common_table_expression> [ ,...n ] ]
INSERT
  [ TOP ( expression ) [ PERCENT ] ]
  [ INTO ]
  { <object> | rowset_function_limited
    [ WITH ( <Table_Hint_Limited> [ ...n ] ) ]
  }
{
  [ ( column_list ) ]
  [ <OUTPUT Clause> ]
  { VALUES ( { DEFAULT | NULL | expression } [ ,...n ] )
    | derived_table
    | execute_statement
  }
}
| DEFAULT VALUES
[; ]

<object> ::=
{
  [ server_name . database_name . schema_name .
    | database_name . [ schema_name ] .
    | schema_name .
  ]
  | table_or_view_name
}

```

รูปที่ 15 วากยสัมพันธ์ฉบับเต็มของคำสั่ง INSERT

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## คำสั่ง UPDATE

```

[ WITH <common_table_expression> [...n] ]
UPDATE
  [ TOP ( expression ) [ PERCENT ] ]
  { <object> | rowset_function_limited
  [ WITH ( <Table_Hint_Limited> [ ...n ] ) ]
  }
SET
  { column_name = { expression | DEFAULT | NULL }
  | { udt_column_name. { { property_name = expression
                        | field_name = expression }
                        | method_name ( argument [ ,...n ] )
                      }
    }
  | column_name { .WRITE ( expression , @Offset , @Length ) }
  | @variable = expression
  | @variable = column = expression [ ,...n ]
  } [ ,...n ]
[ <OUTPUT Clause> ]
[ FROM( <table_source> ) [ ,...n ] ]
[ WHERE ( <search_condition>
  | { [ CURRENT OF
      { ( [ GLOBAL ] cursor_name
        | cursor_variable_name
      )
    }
  ]
  }
]
]
[ OPTION ( <query_hint> [ ,...n ] ) ]
[ ; ]

<object> ::=
(
  [ server_name . database_name . schema_name .
  | database_name . [ schema_name ] .
  | schema_name .
  ]
  table_or_view_name)

```

รูปที่ 16 วากยสัมพันธ์ฉบับเต็มของคำสั่ง UPDATE



## ภาคผนวก ข. โครงสร้างฐานข้อมูล SPTesting

ฐานข้อมูล SPTesting เป็นฐานข้อมูลที่ช่วยในกระบวนการวิเคราะห์ที่คำสั่งเอสคิวแอลจากสตอรวด์โพรซีเยอร์ มีส่วนประกอบสำคัญ ดังนี้

ตาราง จำนวน 13 ตาราง ได้แก่

- 1) AllColumn
- 2) AllExecutedTable
- 3) AllRelationship
- 4) AlterTypeTbl
- 5) AnalyzedSQLCommand
- 6) ColorTbl
- 7) CommandTypeTbl
- 8) Configuration
- 9) EachSQLCommand
- 10) FontNameTbl
- 11) LoginDetail
- 12) ReferredQID
- 13) StatisticsTbl

วิว จำนวน 1 วิว

Rpt\_DBVerResultRpt

สตอรวด์โพรซีเยอร์ จำนวน 2 สตอรวด์โพรซีเยอร์

- 1) SP\_DBStateVer
- 2) SP\_DBStateVer2

พจนานุกรมข้อมูลของแต่ละตาราง แสดงดังต่อไปนี้

ตารางที่ 15 พจนานุกรมข้อมูลของตาราง AllColumn

ชื่อตาราง	AllColumn		
คำอธิบายตาราง	เก็บรายชื่อฟิลด์ทั้งหมดของทุกตารางที่ถูกเรียกใช้โดยสตอร์คโพรซีเยอร์		
คีย์หลัก	EID และ CID		
ชื่อฟิลด์	ประเภทข้อมูล	Nullable	คำอธิบายฟิลด์
EID	integer	ไม่ได้	รหัสตาราง
CID	integer	ไม่ได้	รหัสฟิลด์
ColName	varchar(200)	ไม่ได้	ชื่อฟิลด์
PKFlag	integer	ได้	เป็นคีย์หลักของตาราง (1 = เป็น, 0 = ไม่เป็น)

ตารางที่ 16 ตัวอย่างข้อมูลในตาราง AllColumn

EID	CID	ColName	PKFlag
1	1	UID	1
1	2	ClearingType	1
1	3	DepAccount	0
1	4	JPG_F	0
1	5	CCITT_F	0
1	6	CCITT_R	0
2	1	ChequeDate	1
2	2	SorterNo	1
2	3	RunNo	0
3	1	ChequeDate	1
3	2	SorterNo	1
3	3	Runno	1
3	4	SequenceNo	1
3	5	ClearingType	1
3	6	Expired	0



ตารางที่ 17 พจนานุกรมข้อมูลของตาราง AllExecutedTable

ชื่อตาราง	AllExecutedTable		
คำอธิบายตาราง	เก็บรายชื่อตารางทั้งหมดที่ถูกเรียกใช้โดยสทอร์ดีโพรซีเยอร์		
คีย์หลัก	EID		
ชื่อฟิลด์	ประเภทข้อมูล	Nullable	คำอธิบายฟิลด์
EID	integer	ไม่ได้	รหัสตาราง
ExecutedTable	varchar(50)	ไม่ได้	ชื่อตาราง

ตารางที่ 18 ตัวอย่างข้อมูลในตาราง ExecutedTable

EID	ExecutedTable
1	ImageTbl
2	DocumentTbl
3	BlockTbl
4	#TempData

ตารางที่ 19 พจนานุกรมข้อมูลของตาราง AllRelationship

ชื่อตาราง	AllRelationship		
คำอธิบายตาราง	ระบุความสัมพันธ์ระหว่างคำสั่งเอสคิวแอล ตารางที่คำสั่งนั้นๆ เรียกใช้ และฟิลด์ที่ถูกเรียกใช้		
คีย์หลัก	QID, EID และ CID		
ชื่อฟิลด์	ประเภทข้อมูล	Nullable	คำอธิบายฟิลด์
QID	integer	ไม่ได้	รหัสคำสั่งเอสคิวแอล
EID	integer	ไม่ได้	รหัสตาราง
CID	integer	ไม่ได้	รหัสฟิลด์
CondValue	varchar(50)	ไม่ได้	ค่าที่ถูกเรียกใช้ โดยคำสั่งเอสคิวแอล
AlterTypeID	varchar(50)	ไม่ได้	รหัสประเภทการเปลี่ยนแปลง สถานะฐานข้อมูล

ตารางที่ 20 ตัวอย่างข้อมูลในตาราง AllRelationship

QID	EID	CID	CondValue	AlterTypeID
1	2	1	'2010-12-31'	0
1	2	2	10	0
1	3	1	'2010-12-31'	0
1	3	2	10	0
1	3	5	'OW'	1

ตารางที่ 21 พจนานุกรมข้อมูลของตาราง AlterTypeTbl

ชื่อตาราง	AlterTypeTbl		
คำอธิบายตาราง	เก็บประเภทของการเปลี่ยนแปลงสถานะฐานข้อมูลของค่าที่ถูกเรียกใช้		
คีย์หลัก	AlterTypeID		
ชื่อฟิลด์	ประเภทข้อมูล	Nullable	คำอธิบายฟิลด์
AlterTypeID	integer	ไม่ได้	รหัสประเภทการเปลี่ยนแปลงสถานะฐานข้อมูล
AlterType	varchar(100)	ไม่ได้	ประเภทการเปลี่ยนแปลงสถานะฐานข้อมูล

ตารางที่ 22 ตัวอย่างข้อมูลในตาราง AlterTypeTbl

AlterTypeID	AlterType
0	Non-alter Condition Value
1	Alter Condition Value

ตารางที่ 23 พจนานุกรมข้อมูลของตาราง AnalyzedSQLCommand

ชื่อตาราง	AnalyzedSQLCommand		
คำอธิบายตาราง	เก็บแต่ละคำสั่งเอสคิวแอลในสตอร์ดีโพรซีเยอร์		
คีย์หลัก	QID		
ชื่อฟิลด์	ประเภทข้อมูล	Nullable	คำอธิบายฟิลด์
QID	integer	ไม่ได้	รหัสคำสั่งเอสคิวแอล
SQLCommand	varchar(5000)	ไม่ได้	คำสั่งเอสคิวแอล
NodeType	smallint	ไม่ได้	การค้นคืนเซตผลลัพธ์ (0 = ไม่ต้องค้นคืนเซตผลลัพธ์; 1 = ต้องค้นคืนเซตผลลัพธ์)
MainTable	varchar(100)	ไม่ได้	ชื่อตารางหลักที่คำสั่ง เอสคิวแอลเรียกใช้
CommandTypeID	integer	ไม่ได้	รหัสประเภทของคำสั่งเอสคิว แอล
WhereClause	varchar(5000)	ได้	อนุประโยค where ของคำสั่ง เอสคิวแอล
FinalResult	integer	ได้	ผลการทวนสอบสถานะ ฐานข้อมูล (0 = ไม่ผ่าน; 1 = ผ่าน)
Reason	varchar(5000)	ได้	คำอธิบายผลการทวนสอบ สถานะฐานข้อมูล ในกรณีที่ ผลเป็นไม่ผ่าน

ตารางที่ 24 ตัวอย่างข้อมูลในตาราง AnalyzedSQLCommand

QID	SQLCommand	NodeType	MainTable	CommandTypeID	WhereClause	FinalResult	Reason
1	insert into DocumentTbl (Status, ChequeDate, Expired, RunNo) values(10, '2010-02-12', 1, 1)	0	DocumentTbl	1		1	
2	update DocumentTbl set Status = 10, ChequeDate = '2010-02-12', RunNo = 1, Expired = 0, ClearingType = 'IW,IR'	0	DocumentTbl	3		0	String or binary data would be truncated
3	update DocumentTbl set ClearingType = 'OW' where Status = 10 and Expired = 1	1	DocumentTbl	3	Where Status = 10 and Expired = 1	0	Infeasible State
4	update ChequeTbl set ClearingType = 'OW'	0	ChequeTbl	3		0	
5	update DocumentTbl set DocumentType = 'Gift Cheque' where ClearingType = 'OW'	1	DocumentTbl	3	Where ClearingType='OW'	1	Infeasible State

ตารางที่ 25 พจนานุกรมข้อมูลของตาราง ColorTbl

ชื่อตาราง	ColorTbl		
คำอธิบายตาราง	เก็บค่าสีสำหรับใช้ในการสร้างสตอร์ติโพรซีเยอร์กราฟ		
คีย์หลัก	ColorName		
ชื่อฟิลด์	ประเภทข้อมูล	Nullable	คำอธิบายฟิลด์
ColorName	varchar(50)	ไม่ได้	ชื่อสี
RGB	varchar(50)	ไม่ได้	รหัสสีแบบ RGB

ตารางที่ 26 ตัวอย่างข้อมูลในตาราง ColorTbl

ColorName	RGB
aliceblue	\$FFF8F0
antiquewhite	\$D7EBFA
antiquewhite1	\$DBEEFF
antiquewhite2	\$CCDEEE
antiquewhite3	\$B0BFCD

ตารางที่ 27 พจนานุกรมข้อมูลของตาราง CommandTypeTbl

ชื่อตาราง	CommandTypeTbl		
คำอธิบายตาราง	เก็บประเภทของคำสั่งเอสคิวแอล		
คีย์หลัก	CommandTypeID		
ชื่อฟิลด์	ประเภทข้อมูล	Nullable	คำอธิบายฟิลด์
CommandTypeID	integer	ไม่ได้	รหัสประเภทของคำสั่งเอสคิวแอล
CommandType	varchar(50)	ไม่ได้	ประเภทของคำสั่งเอสคิวแอล

ตารางที่ 28 ตัวอย่างข้อมูลในตาราง CommandTypeTbl

CommandTypeID	CommandType
1	insert...values...
2	insert...select...
3	update
4	delete
5	select
6	truncate

ตารางที่ 29 พจนานุกรมข้อมูลของตาราง Configuration

ชื่อตาราง	Configuration		
คำอธิบายตาราง	เก็บค่าการทำงานต่างๆ ของระบบ		
คีย์หลัก	ConfigName		
ชื่อฟิลด์	ประเภทข้อมูล	Nullable	คำอธิบายฟิลด์
ConfigName	varchar(100)	ไม่ได้	ชื่อการทำงาน
ConfigValue	varchar(255)	ไม่ได้	ค่าการทำงาน
Code	varchar(255)	ได้	รหัสสีแบบ RGB (เก็บเฉพาะรายการค่าการทำงานประเภทค่าสีเท่านั้น)
Caption	varchar(255)	ได้	ชื่อการทำงานที่ใช้แสดงในส่วนต่อประสานกับผู้ใช้
Description	varchar(255)	ได้	คำอธิบายเพิ่มเติม



ตารางที่ 30 ตัวอย่างข้อมูลในตาราง Configuration

ConfigName	ConfigValue	Code	Caption	Description
CommandNodeEdge Color	darkviolet	\$8F00D3	Command Node: Edge Color	
CommandNodeFilled Color	aliceblue	\$F0F8FF	Command Node: Filled Color	
CommandNodeFont Name	Microsoft Sans Serif		Command Node: Font Name	
SelectedDB	SPTesting			
SelectedServer	TESTServer			
SelectedSP	Enhance SPTesting			Analyzed Stored Proc

ตารางที่ 31 พจนานุกรมข้อมูลของตาราง EachSQLCommand

ชื่อตาราง	EachSQLCommand		
คำอธิบายตาราง	เก็บส่วนประกอบของคำสั่งเอสคิวแอลขณะทำการวิเคราะห์สตอรัคโพรซีเยอร์		
คีย์หลัก	QLine และ SubQLine		
ชื่อฟิลด์	ประเภทข้อมูล	Nullable	คำอธิบายฟิลด์
QLine	integer	ไม่ได้	บรรทัดหลักของคำสั่งเอสคิวแอลที่ถูกวิเคราะห์
SubQLine	integer	ไม่ได้	บรรทัดย่อยภายในคำสั่งเอสคิวแอลที่ถูกวิเคราะห์
QID	integer	ไม่ได้	รหัสคำสั่งเอสคิวแอล
SQLCommand	varchar(1000)	ไม่ได้	ส่วนประกอบของคำสั่งเอสคิวแอล
SPName	varchar(1000)	ไม่ได้	ชื่อสตอรัคโพรซีเยอร์ที่กำลังถูกวิเคราะห์

ตารางที่ 32 ตัวอย่างข้อมูลในตาราง EachSQLCommand

QLine	SubQLine	QID	SQLCommand	SPName
11	1	3	update DocumentTbl	EnhanceSPTesting
11	2	3	set ClearingType = 'OW'	EnhanceSPTesting
11	3	3	where Status = 10 and Expired = 1	EnhanceSPTesting
15	1	4	update ChequeTbl	EnhanceSPTesting
15	2	4	set ClearingType = 'OW'	EnhanceSPTesting
18	1	5	insert into GenToHostTbl	EnhanceSPTesting
18	2	5	select ChequeDate, SequenceNo, ClearingType, Expired, IDNo	EnhanceSPTesting
18	3	5	from DocumentTbl	EnhanceSPTesting
18	4	5	where GenerateFlag = 0 and Amount > 1000000	EnhanceSPTesting

ตารางที่ 33 พจนานุกรมข้อมูลของตาราง FontNameTbl

ชื่อตาราง	FontNameTbl		
คำอธิบายตาราง	เก็บชื่อรูปแบบตัวอักษรที่สามารถใช้ในการสร้าง สตอรวด์โพรซีเยอร์กราฟ		
คีย์หลัก	FontName		
ชื่อฟิลด์	ประเภทข้อมูล	Nullable	คำอธิบายฟิลด์
FontName	varchar(50)	ไม่ได้	ชื่อรูปแบบตัวอักษร

ตารางที่ 34 ตัวอย่างข้อมูลในตาราง FontNameTbl

FontName
Comic Sans MS
Courier New
Courier New Bold
Courier New Bold Italic

ตารางที่ 35 พจนานุกรมข้อมูลของตาราง LoginDetail

ชื่อตาราง	LoginDetail		
คำอธิบายตาราง	เก็บชื่อรูปแบบตัวอักษรที่สามารถใช้ในสตอร์ดีโพรซีเยอร์กราฟ		
คีย์หลัก	LoginName		
ชื่อฟิลด์	ประเภทข้อมูล	Nullable	คำอธิบายฟิลด์
LoginName	varchar(100)	ไม่ได้	ชื่อล็อกอิน
AdminFlag	smallint	ได้	เป็นผู้ดูแลระบบ (0 = ไม่เป็น; 1 = เป็น)
Password	varchar(255)	ได้	รหัสผ่านของล็อกอิน ซึ่งถูก เข้ารหัส (encrypt) ไว้
DBList	varchar(5000)	ได้	รายชื่อฐานข้อมูลที่มีสิทธิ์ใน การเข้าถึง

ตารางที่ 36 ตัวอย่างข้อมูลในตาราง LoginDetail

LoginName	AdminFlag	Password	DBList
admin1	1	#019#030#011#030	[CHQ_DATABASE],[SPTesting], [TEST_DB],[TEST_BK_PODBC]
test	0	#020#019#011#011	[SPTesting]
SPTest	1	#001#011#015#030	[CHQ_DATABASE],[SPTesting]

ตารางที่ 37 พจนานุกรมข้อมูลของตาราง ReferredQID

ชื่อตาราง	ReferredQID		
คำอธิบายตาราง	เก็บความสัมพันธ์ระหว่างตาราง และคำสั่งเอสคิวแอลที่เกี่ยวข้อง ขณะทำการวิเคราะห์สตอร์ดีโพรซีเยอร์		
คีย์หลัก	EID และ QID		
ชื่อฟิลด์	ประเภทข้อมูล	Nullable	คำอธิบายฟิลด์
EID	integer	ไม่ได้	รหัสตาราง
QID	integer	ไม่ได้	รหัสคำสั่งเอสคิวแอล

ตารางที่ 38 ตัวอย่างข้อมูลในตาราง ReferredQID

EID	QID
1	7
1	9
2	2
2	4
2	6
2	10
3	1
3	2

ตารางที่ 39 พจนานุกรมข้อมูลของตาราง StatisticsTbl

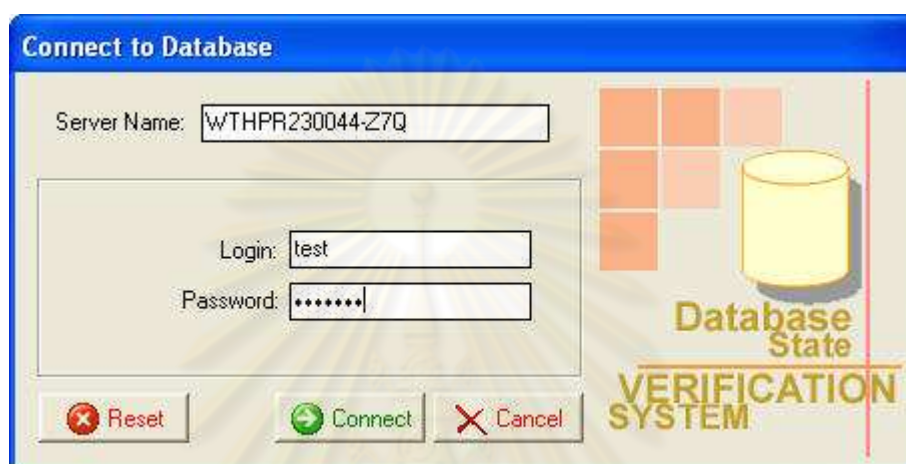
ชื่อตาราง	StatisticsTbl		
คำอธิบายตาราง	เก็บสถิติการเกิดคำสั่งเอสคิวแอลที่ผิดปกติ แยกตามสาเหตุของการเกิด		
คีย์หลัก	CauseID		
ชื่อฟิลด์	ประเภทข้อมูล	Nullable	คำอธิบายฟิลด์
CauseID	integer	ไม่ได้	รหัสสาเหตุการเกิดสถานะฐานข้อมูลที่เป็นไปไม่ได้
CauseDetail	varchar(100)	ไม่ได้	สาเหตุการเกิดคำสั่งเอสคิวแอลที่ผิดปกติ
Quantity	Integer	ไม่ได้	ความถี่ของการเกิดคำสั่งเอสคิวแอลที่ผิดปกติ

ตารางที่ 40 ตัวอย่างข้อมูลในตาราง StatisticsTbl

CauseID	CauseDetail	Quantity
1	Run-time Error	7
2	Infeasible State	2

## ภาคผนวก ค. การใช้งานระบบ

### การล็อกอินเข้าสู่ระบบ



รูปที่ 19 ตัวอย่างหน้าจอล็อกอิน

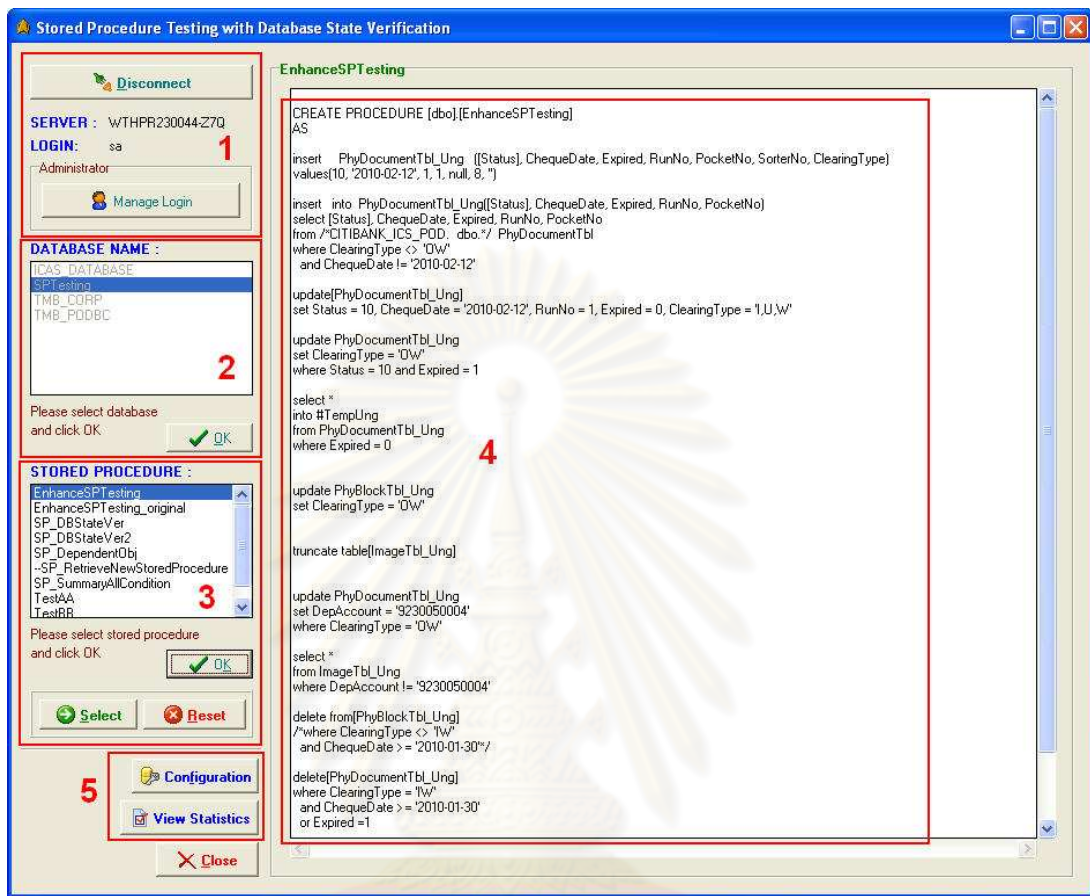
เมื่อเปิดโปรแกรมขึ้นมา ผู้ใช้ต้องกรอกล็อกอิน และรหัสผ่านเพื่อเข้าสู่ระบบ จากนั้นกดปุ่ม Connect เพื่อเข้าสู่ระบบ หรือกดปุ่ม Cancel หากไม่ต้องการเข้าสู่ระบบ ในกรณีที่ผู้ใช้ต้องการลบข้อความที่พิมพ์ลงไป สามารถกดปุ่ม Reset ได้

ในกรณีที่ล็อกอิน หรือรหัสผ่านไม่ถูกต้อง จะปรากฏข้อความดังรูปที่ 20 ผู้ใช้จะต้องกรอกล็อกอิน และรหัสผ่านใหม่



รูปที่ 20 ตัวอย่างหน้าจอแสดงข้อความ ในกรณีที่ล็อกอิน หรือรหัสผ่านในการเข้าสู่ระบบไม่ถูกต้อง

## การใช้งานหน้าจอหลัก



รูปที่ 21 ตัวอย่างหน้าจอหลัก

หน้าจอหลักของระบบ ประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ 5 ส่วน ได้แก่

- 1) รายละเอียด และการจัดการข้อมูลผู้ใช้ระบบ
- 2) รายชื่อฐานข้อมูลที่มีสิทธิ์ในการเข้าถึง
- 3) รายชื่อสตอร์คโพรซีเยอร์ที่มีสิทธิ์ในการเข้าถึง
- 4) รายละเอียดคำสั่งเอสคิวแอลภายในสตอร์คโพรซีเยอร์ที่ถูกเลือก
- 5) การกำหนดค่าไครงแบบสำหรับสตอร์คโพรซีเยอร์กราฟ และสถิติการเกิดคำสั่งเอสคิวแอลที่ผิดปกติ

ส่วนที่ 1: รายละเอียด และการจัดการข้อมูลผู้ใช้ระบบ

ประกอบไปด้วยรายละเอียดชื่อเซิร์ฟเวอร์ และล็อกอินที่ใช้ในการเชื่อมต่อ รวมทั้งปุ่ม Manage Login สำหรับการจัดการข้อมูลผู้ใช้ระบบ และปุ่ม Disconnect ในกรณีที่ต้องการยกเลิกการเชื่อมต่อปัจจุบัน เพื่อเชื่อมต่อด้วยล็อกอินใหม่ (รูปที่ 19)



## ส่วนที่ 2: รายชื่อฐานข้อมูลที่มีสิทธิ์ในการเข้าถึง

ประกอบไปด้วยรายชื่อฐานข้อมูลภายในเซิร์ฟเวอร์ ซึ่งล็อกอินที่ใช้ในการเชื่อมต่อมีสิทธิ์ในการเข้าถึง ผู้ใช้สามารถเลือกฐานข้อมูลที่ต้องการโดยการคลิกที่ชื่อฐานข้อมูล แล้วกดปุ่ม OK หรือดับเบิลคลิกที่ชื่อฐานข้อมูล

## ส่วนที่ 3: รายชื่อสตอร์ดีโพรซีเยอร์ที่มีสิทธิ์ในการเข้าถึง

หลังจากผู้ใช้เลือกฐานข้อมูลที่ต้องการเรียบร้อยแล้ว รายชื่อสตอร์ดีโพรซีเยอร์ภายในฐานข้อมูลนั้นจะถูกแสดงในกล่องรายการรายชื่อสตอร์ดีโพรซีเยอร์

ผู้ใช้สามารถเลือกสตอร์ดีโพรซีเยอร์ที่ต้องการโดยการคลิกที่ชื่อสตอร์ดีโพรซีเยอร์ แล้วกดปุ่ม OK หรือดับเบิลคลิกที่ชื่อสตอร์ดีโพรซีเยอร์ เมื่อเลือกสตอร์ดีโพรซีเยอร์ที่ต้องการทำการวิเคราะห์เรียบร้อยแล้ว รายละเอียดคำสั่งเอสคิวแอลภายในสตอร์ดีโพรซีเยอร์จะถูกแสดงในกล่องข้อความในส่วนที่ 4 หากต้องการทำการวิเคราะห์สตอร์ดีโพรซีเยอร์ดังกล่าว ผู้ใช้สามารถกดปุ่ม Select เพื่อดำเนินการต่อ หรือกดปุ่ม Reset เพื่อยกเลิกฐานข้อมูล และสตอร์ดีโพรซีเยอร์ที่ถูกเลือก แล้วทำการเลือกฐานข้อมูล และสตอร์ดีโพรซีเยอร์ที่ต้องการใหม่

## ส่วนที่ 4: รายละเอียดคำสั่งเอสคิวแอลภายในสตอร์ดีโพรซีเยอร์ที่ถูกเลือก

ใช้สำหรับแสดงรายละเอียดคำสั่งเอสคิวแอลภายในสตอร์ดีโพรซีเยอร์ที่ถูกเลือก

## ส่วนที่ 5: การกำหนดค่าโครงแบบสำหรับสตอร์ดีโพรซีเยอร์กราฟ และสถิติการเกิดคำสั่งเอสคิวแอลที่ผิดปกติ

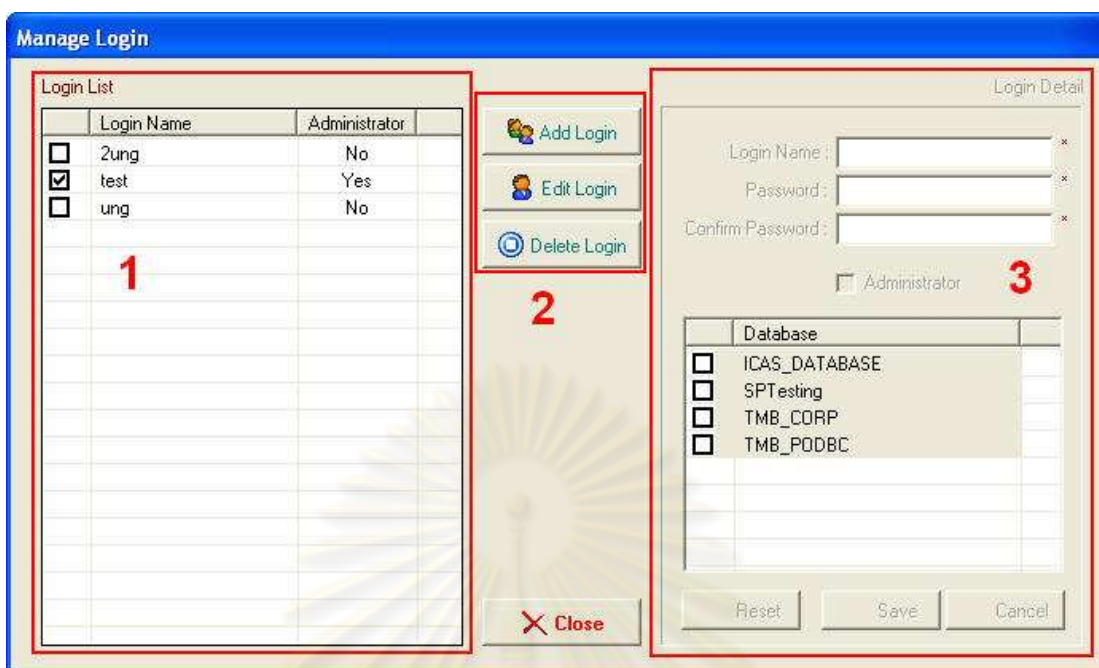
ประกอบไปด้วยปุ่ม Configuration สำหรับการกำหนดค่าโครงแบบสำหรับสตอร์ดีโพรซีเยอร์กราฟ และปุ่ม View Statistics สำหรับการแสดงสถิติการเกิดคำสั่งเอสคิวแอลที่ผิดปกติ

## **การจัดการข้อมูลผู้ใช้ระบบ**

หน้าจอการจัดการข้อมูลผู้ใช้ระบบ ประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน ได้แก่

- 1) รายชื่อล็อกอินของผู้ใช้ระบบ
- 2) ปุ่มสำหรับการจัดการข้อมูลผู้ใช้ระบบ
- 3) รายละเอียดข้อมูลผู้ใช้ระบบ

ทั้งนี้ การจัดการข้อมูลผู้ใช้ระบบถูกจำกัดสิทธิ์ให้ใช้งานได้เฉพาะผู้ดูแลระบบเท่านั้น ผู้ใช้งานทั่วไปไม่สามารถเข้าถึงหน้าจอนี้ได้



รูปที่ 22 ตัวอย่างหน้าจอการจัดการข้อมูลผู้ใช้ระบบ

#### ส่วนที่ 1: รายชื่อล็อกอินของผู้ใช้ระบบ

ประกอบไปด้วยรายชื่อล็อกอิน พร้อมทั้งสิทธิ์การเป็นผู้ดูแลระบบของผู้ใช้ระบบทั้งหมด ในกรณีที่ต้องการแก้ไข หรือลบข้อมูลผู้ใช้ระบบคนใด จะต้องทำการเลือกโดยการคลิกเครื่องหมายถูกหน้าชื่อล็อกอินนั้นๆ (ไม่สามารถเลือกมากกว่า 1 รายชื่อพร้อมกันได้)

#### ส่วนที่ 2: ปุ่มสำหรับการจัดการข้อมูลผู้ใช้ระบบ

ประกอบไปด้วยปุ่ม Add Login สำหรับเพิ่มรายชื่อผู้ใช้งานใหม่ให้กับระบบ ปุ่ม Edit Login สำหรับแก้ไขรายละเอียดข้อมูลผู้ใช้ระบบ และปุ่ม Delete Login สำหรับลบรายชื่อผู้ใช้งานออกจากระบบ

ในกรณีที่ต้องการแก้ไข หรือลบรายชื่อ ผู้ใช้จะไม่สามารถกดปุ่ม Edit Login หรือ Delete Login ได้ จนกว่าจะเลือกรายชื่อล็อกอินในส่วนที่ 1

#### ส่วนที่ 3: รายละเอียดข้อมูลผู้ใช้ระบบ

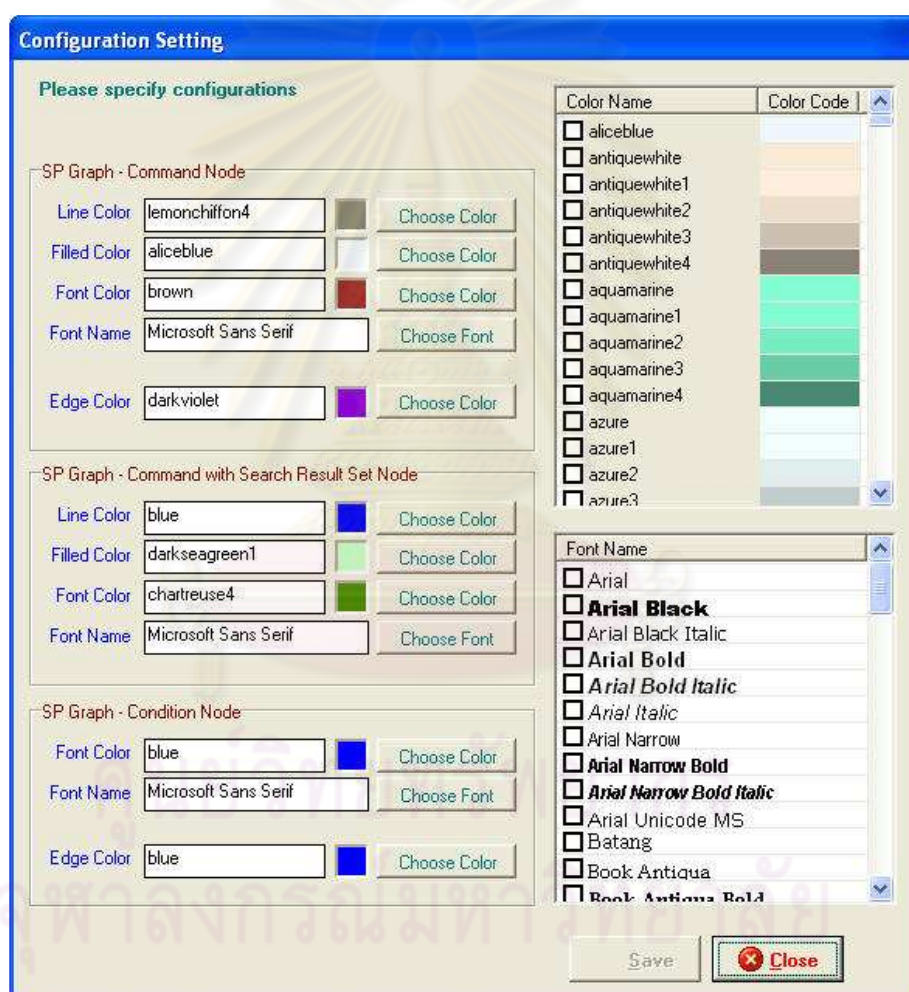
ผู้ใช้งานต้องระบุชื่อล็อกอิน รหัสผ่าน และยืนยันรหัสผ่าน นอกจากนี้ยังสามารถกำหนดสิทธิ์การเป็นผู้ดูแลระบบ รวมทั้งสิทธิ์ในการเข้าถึงฐานข้อมูลให้กับล็อกอินได้ด้วย

เมื่อระบุข้อมูลที่ต้องการเรียบร้อยแล้วจึงทำการบันทึกโดยกดปุ่ม Save หากต้องการยกเลิกการระบุค่าทั้งหมด สามารถกดปุ่ม Reset เพื่อทำการระบุค่าที่ต้องการใหม่ หรือสามารถกดปุ่ม Cancel หากต้องการยกเลิกการจัดการข้อมูลผู้ใช้ระบบ

### การกำหนดค่าโครงแบบสำหรับสตอर्टโพรซีเยอร์กราฟ

การกำหนดค่าโครงแบบสำหรับสตอर्टโพรซีเยอร์กราฟ ถูกจำกัดสิทธิ์ให้ใช้งานได้เฉพาะผู้ดูแลระบบเท่านั้น ผู้ใช้งานทั่วไปไม่สามารถเข้าถึงหน้าจอนี้ได้

ผู้ใช้สามารถกำหนดค่าสีได้โดยการกดปุ่ม Choose Color แล้วทำการทำการเลือกค่าสีจากตารางสีทางด้านขวามือบนของหน้าจอ หรือกำหนดค่ารูปแบบตัวอักษรโดยการกดปุ่ม Choose Font แล้วทำการเลือกค่ารูปแบบตัวอักษรจากตารางรูปแบบตัวอักษรทางด้านขวามือล่างของหน้าจอ เมื่อกำหนดค่าที่ต้องการเสร็จสิ้น จึงกดปุ่ม Save เพื่อบันทึกค่าโครงแบบที่ได้เลือกไว้

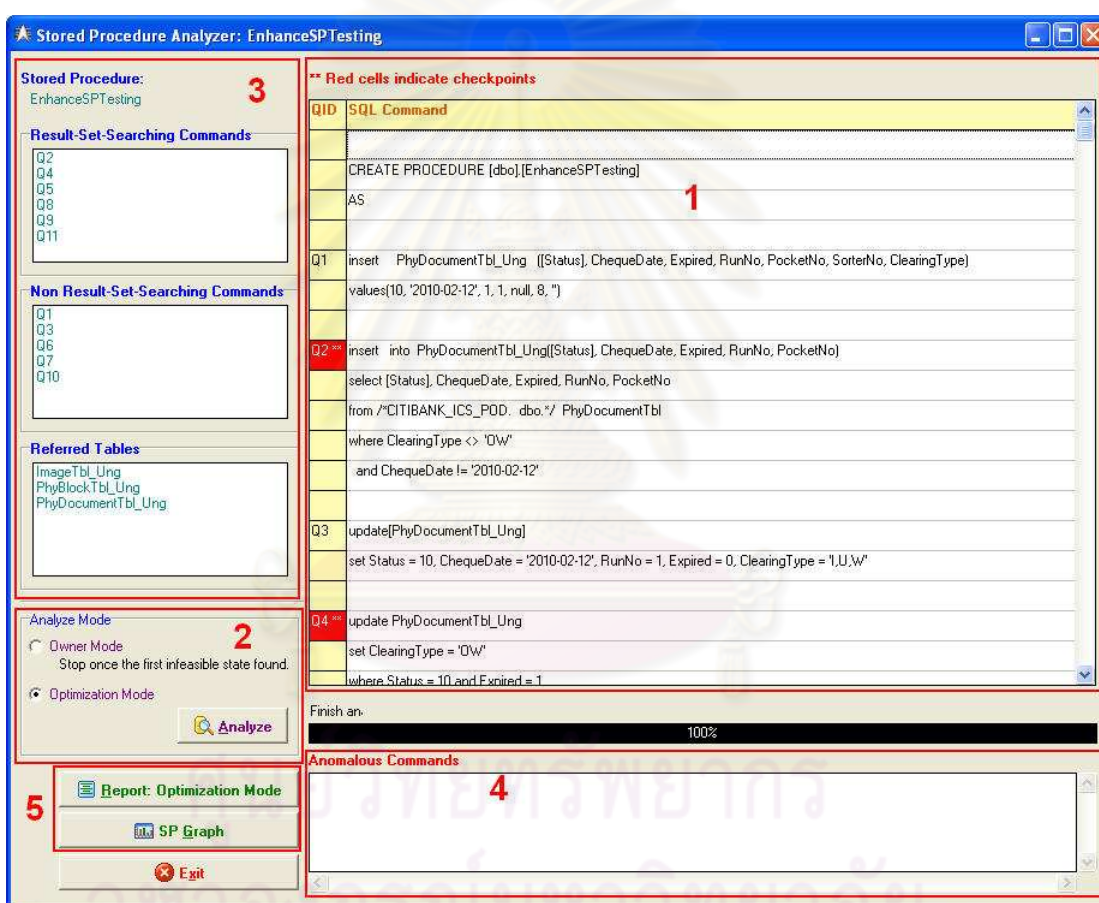


รูปที่ 23 ตัวอย่างหน้าจอการกำหนดค่าโครงแบบสำหรับสตอर्टโพรซีเยอร์กราฟ

## การวิเคราะห์คำสั่งเอสคิวแอล

หน้าจอการวิเคราะห์คำสั่งเอสคิวแอล ประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ 5 ส่วน ได้แก่

- 1) รายละเอียดคำสั่งเอสคิวแอล
- 2) รูปแบบการวิเคราะห์คำสั่งเอสคิวแอล
- 3) รายละเอียดการวิเคราะห์คำสั่งเอสคิวแอล
- 4) การแสดงผลคำสั่งเอสคิวแอลที่ผิดปกติ
- 5) การแสดงรายงานผลการวิเคราะห์คำสั่งเอสคิวแอล



รูปที่ 24 ตัวอย่างหน้าจอการวิเคราะห์คำสั่งเอสคิวแอล

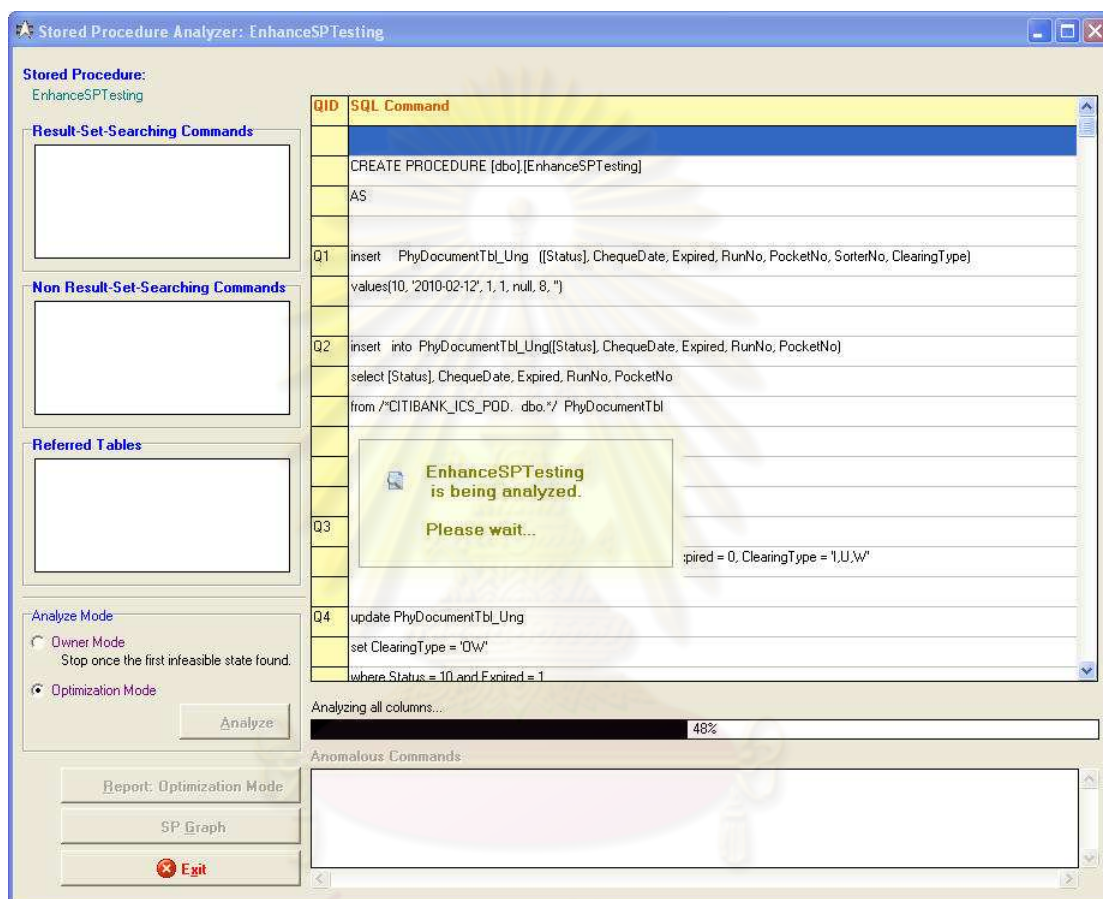
### ส่วนที่ 1: รายละเอียดคำสั่งเอสคิวแอล

แสดงรายละเอียดคำสั่งเอสคิวแอลทั้งหมดที่อยู่ภายในสตอร์คโพรซีเยอร์ที่ต้องการทำการวิเคราะห์ โดยมีการระบุรหัสคำสั่งเอสคิวแอล (QID) ที่บรรทัดแรกของแต่ละคำสั่งโดยอัตโนมัติ



## ส่วนที่ 2: รูปแบบการวิเคราะห์คำสั่งเอสคิวแอล

ผู้ใช้งานต้องการเลือกรูปแบบการวิเคราะห์คำสั่งเอสคิวแอลรูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง ระหว่าง Owner Mode และ Optimization Mode จากนั้นจึงกดปุ่ม Analyze เพื่อทำการวิเคราะห์ (รูปที่ 25)



รูปที่ 25 ตัวอย่างหน้าจอขณะทำการวิเคราะห์คำสั่งเอสคิวแอล

## ส่วนที่ 3: รายละเอียดการวิเคราะห์คำสั่งเอสคิวแอล

เมื่อกระบวนการวิเคราะห์คำสั่งเอสคิวแอลเสร็จสิ้น รายละเอียดของการวิเคราะห์จะ ถูกแสดงภายในกล่องข้อความในส่วนที่ 3 ซึ่งประกอบไปด้วย คำสั่งที่ต้องการค้นคืนเซตผลลัพธ์ (Result-Set-Searching Commands) คำสั่งที่ไม่ต้องการค้นคืนเซตผลลัพธ์ (Non Result-Set-Searching Commands) และรายชื่อตารางที่ถูกเรียกใช้โดยคำสั่งเอสคิวแอลภายในสตอร์คโพรซีเยอร์ (Referred Tables)

#### ส่วนที่ 4: การแสดงผลคำสั่งเอสคิวแอลที่ผิดพลาด

เมื่อกระบวนการวิเคราะห์คำสั่งเอสคิวแอลเสร็จสิ้น คำสั่งเอสคิวแอลที่ผิดพลาดทั้งจากความผิดพลาดที่เกิดขึ้นขณะรันไทม์ และความผิดพลาดที่เกิดจากการเรียกใช้สถานะฐานข้อมูลที่ไม่สามารถเกิดขึ้นจริง จะถูกแสดงในกล่องข้อความภายในส่วนที่ 4 นี้ หากผู้ใช้ต้องการทราบผลการวิเคราะห์โดยละเอียดสามารถเรียกแสดงรายงานผลการวิเคราะห์ได้จากส่วนที่ 5

#### ส่วนที่ 5: การแสดงรายงานผลการวิเคราะห์คำสั่งเอสคิวแอล

ประกอบไปด้วยปุ่ม Report: Optimization Mode สำหรับแสดงรายงานผลการวิเคราะห์คำสั่งเอสคิวแอล และปุ่ม SP Graph สำหรับแสดงสตอร์คโพรซีเยอร์กราฟ

ผู้ใช้ที่เลือกการวิเคราะห์คำสั่งเอสคิวแอลด้วยการวิเคราะห์แบบ Optimization Mode จะสามารถเรียกแสดงรายงานดังกล่าวได้ ในขณะที่ผู้ใช้ที่เลือกการวิเคราะห์แบบ Owner Mode จะไม่สามารถเรียกแสดงรายงานได้ เนื่องจากการวิเคราะห์ในรูปแบบนี้ ผู้ใช้สามารถแก้ไขคำสั่งเอสคิวแอลที่ผิดพลาดให้กลับมาถูกต้องได้เรียบร้อยแล้ว

#### **การแก้ไขคำสั่งเอสคิวแอลสำหรับการวิเคราะห์แบบ Owner Mode**

หน้าจอการแก้ไขคำสั่งเอสคิวแอลสำหรับการวิเคราะห์แบบ Owner Mode จะปรากฏขึ้นเมื่อผู้ใช้ทำการวิเคราะห์สตอร์คโพรซีเยอร์ด้วยการวิเคราะห์แบบ Owner Mode และระบบตรวจพบคำสั่งเอสคิวแอลที่ผิดพลาด หน้าจอนี้ประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน ได้แก่

- 1) รายละเอียดการวิเคราะห์คำสั่งเอสคิวแอล
- 2) การแก้ไขคำสั่งเอสคิวแอล

#### ส่วนที่ 1: รายละเอียดการวิเคราะห์คำสั่งเอสคิวแอล

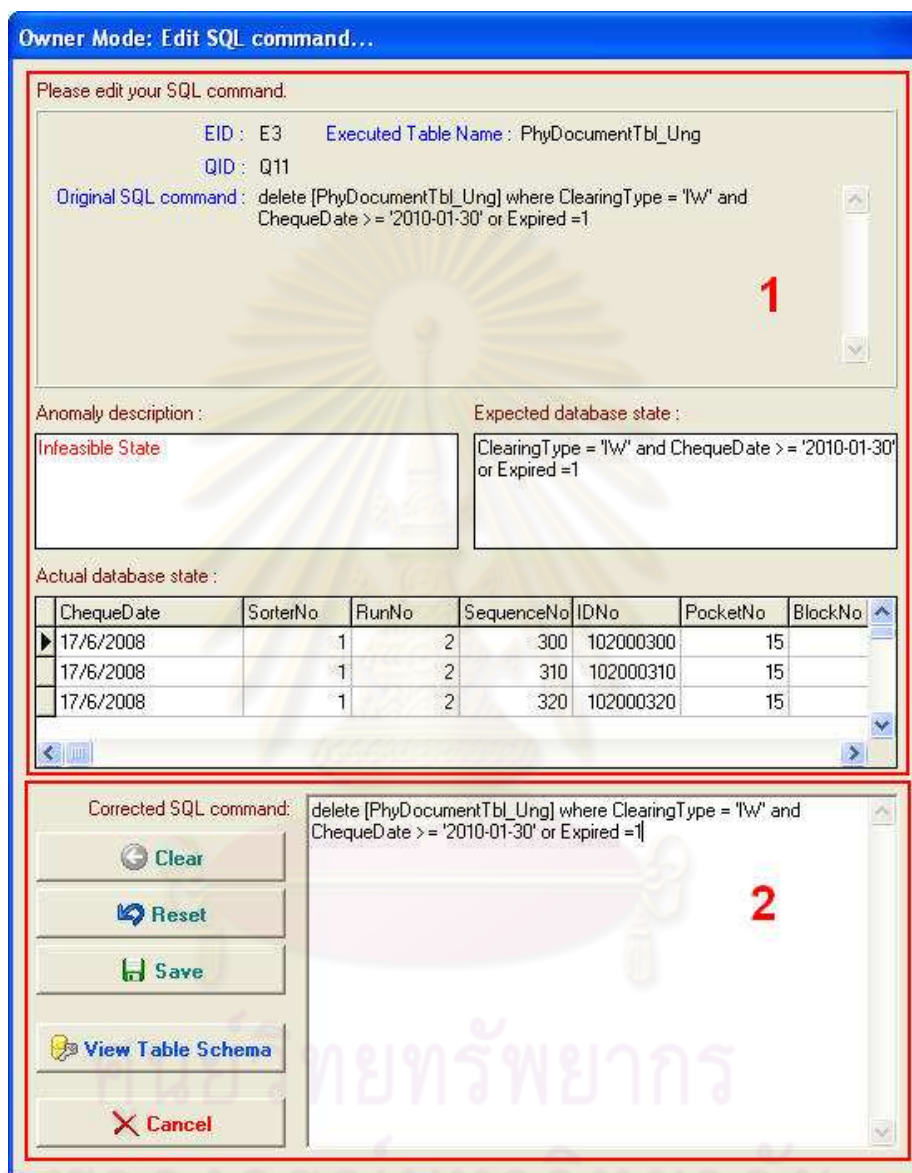
แสดงรายละเอียดการวิเคราะห์คำสั่งเอสคิวแอลปัจจุบัน ซึ่งประกอบไปด้วยโค้ดคำสั่งเอสคิวแอล รหัสคำสั่งเอสคิวแอล รหัสตารางและชื่อตารางที่ถูกเรียกใช้ สาเหตุของความผิดพลาดที่เกิดขึ้น สถานะฐานข้อมูลที่คำสั่งนี้ต้องการ และสถานะฐานข้อมูลที่เกิดขึ้นจริง ณ ขณะนั้น

#### ส่วนที่ 2: การแก้ไขคำสั่งเอสคิวแอล

ผู้ใช้สามารถแก้ไขคำสั่งเอสคิวแอลผ่านกล่องข้อความในส่วนที่ 2 แล้วจึงกดปุ่ม Save เพื่อทำการบันทึก หรือกดปุ่ม Clear เพื่อลบข้อมูลในกล่องข้อความทั้งหมด ในกรณีที่ต้องการให้กล่องข้อความแสดงโค้ดคำสั่งเอสคิวแอลเดิมก่อนการแก้ไขสามารถเลือกกดปุ่ม Reset ได้ ทั้งนี้ หากผู้ใช้



ต้องการเรียกดูเค้าร่างของตารางที่ถูกเรียกใช้ เพื่อช่วยในการแก้ไขคำสั่งเอสคิวแอล ก็สามารถกดปุ่ม View Table Schema เพื่อเรียกดูเค้าร่างของตารางได้เช่นกัน



รูปที่ 26 ตัวอย่างหน้าจอการแก้ไขคำสั่งเอสคิวแอลสำหรับการวิเคราะห์แบบ Owner Mode

ในกรณีที่ได้คำสั่งเอสคิวแอลที่ถูกแก้ไขยังคงมีความผิดพลาดอยู่ เมื่อกดปุ่ม Save จะปรากฏข้อความดังรูปที่ 27 เพื่อให้ผู้ใช้ยืนยันการบันทึกคำสั่งเอสคิวแอลนี้ ผู้ใช้สามารถกดปุ่ม Yes หากยืนยันที่จะทำการบันทึก หรือกดปุ่ม No เพื่อกลับไปทำการแก้ไขใหม่ให้ถูกต้อง

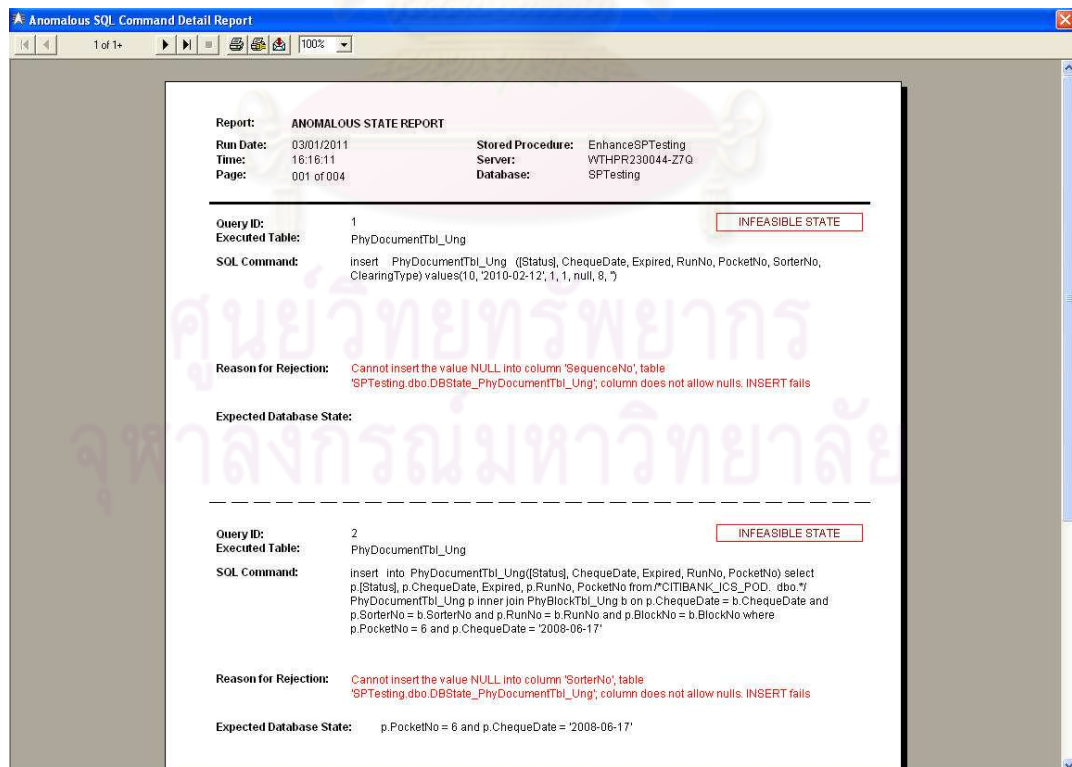


รูปที่ 27 ตัวอย่างหน้าจอแสดงข้อความเตือนเมื่อคำสั่งเอสคิวแอลที่ถูกแก้ไขยังมีความผิดพลาดอยู่

### การเรียกแสดงรายงานผลการวิเคราะห์คำสั่งเอสคิวแอลสำหรับการวิเคราะห์แบบ Optimization Mode

ผู้ใช้สามารถเรียกแสดงรายงานผลการวิเคราะห์คำสั่งเอสคิวแอลได้เมื่อการวิเคราะห์แบบ Optimization Mode เสร็จสิ้น โดยกดปุ่ม Report: Optimization Mode บริเวณมุมซ้ายล่างของ หน้าจอการวิเคราะห์คำสั่งเอสคิวแอล ซึ่งจะปรากฏหน้าจอแสดงรายงานผลการวิเคราะห์ ดังรูปที่

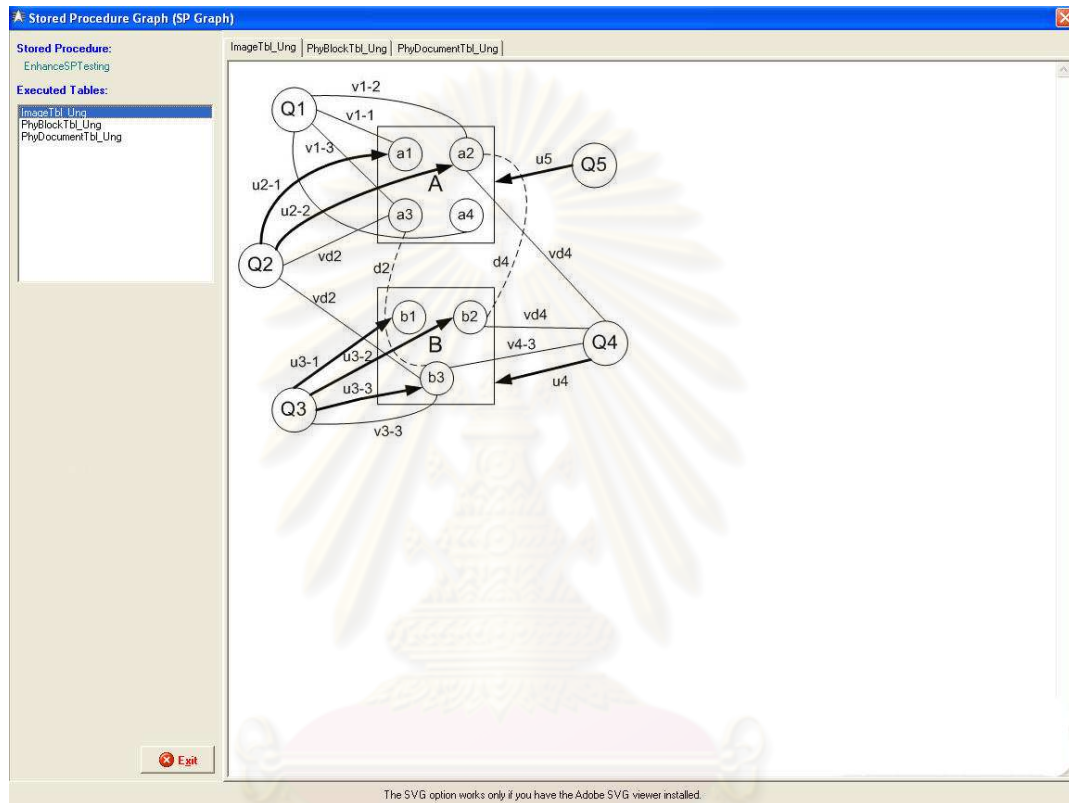
28



รูปที่ 28 ตัวอย่างหน้าจอแสดงรายงานผลการวิเคราะห์คำสั่งเอสคิวแอล

### การเรียกแสดงสตอर्टโพรซีเยอร์กราฟ

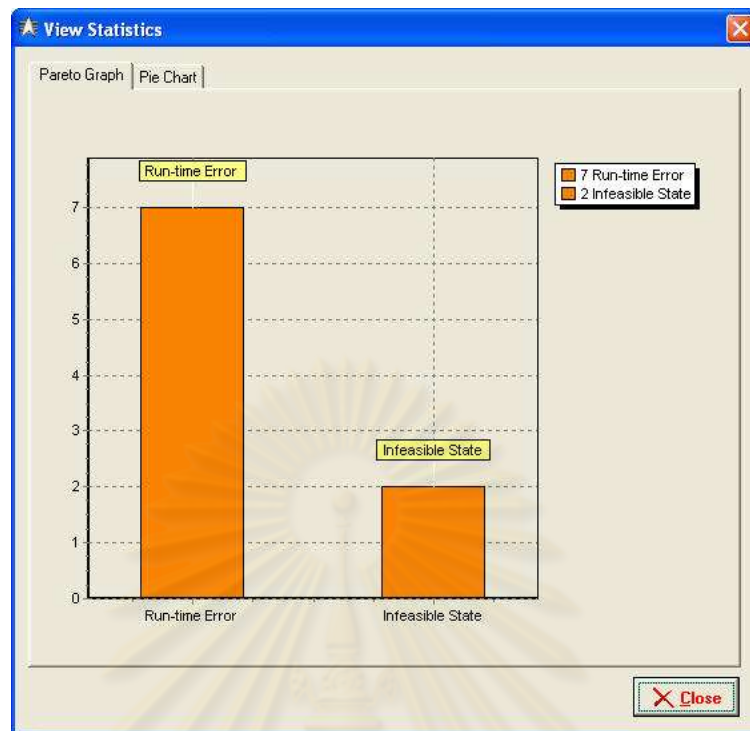
ผู้ใช้งานสามารถเรียกแสดงสตอर्टโพรซีเยอร์กราฟได้ โดยการกดปุ่ม SP Graph ที่อยู่บริเวณมุมซ้ายล่างของหน้าจอการวิเคราะห์คำสั่งเอสคิวแอล ซึ่งจะปรากฏหน้าจอแสดงสตอर्टโพรซีเยอร์กราฟ ดังรูปที่ 29



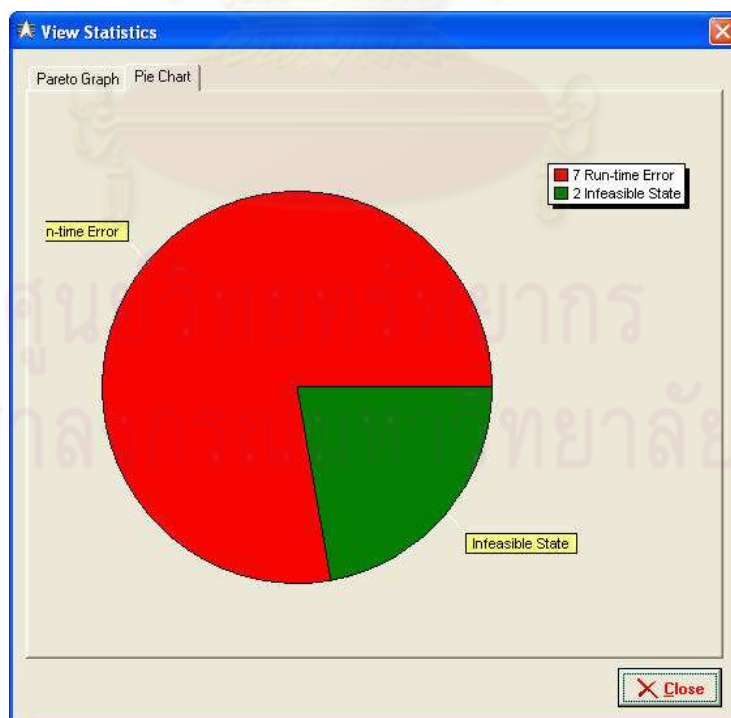
รูปที่ 29 ตัวอย่างหน้าจอแสดงสตอर्टโพรซีเยอร์กราฟ

### การเรียกแสดงสถิติการเกิดคำสั่งเอสคิวแอลที่ผิดปกติ

ผู้ใช้งานสามารถเรียกแสดงสถิติการเกิดคำสั่งเอสคิวแอลที่ผิดปกติได้โดยการกดปุ่ม View Statistics ที่อยู่บริเวณมุมซ้ายล่างของหน้าจอหลัก ซึ่งจะปรากฏหน้าจอแสดงสถิติการเกิดคำสั่งเอสคิวแอลที่ผิดปกติ โดยสามารถเลือกแสดงในรูปแบบกราฟแท่ง หรือกราฟวงกลมก็ได้ แสดงดังรูปที่ 30 และรูปที่ 31



รูปที่ 30 ตัวอย่างหน้าจอแสดงสถิติการเกิดคำสั่งเอสคิวแอลที่ผิดพลาดในรูปแบบกราฟแท่ง



รูปที่ 31 ตัวอย่างหน้าจอแสดงสถิติการเกิดคำสั่งเอสคิวแอลที่ผิดพลาดในรูปแบบกราฟวงกลม

## ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายพงศกร รุ่งสุวรรณกิจ เกิดเมื่อวันที่ 28 พฤศจิกายน พ.ศ. 2526 ที่จังหวัด กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.) สาขา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ในปีการศึกษา 2547 และเข้า ศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ ที่ภาควิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2551



ศูนย์วิทยพัชการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย