ระบบฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลาที่ใช้พจน์ฟัซซีเชิงเวลาและภาษา TFSQL

A TEMPORAL FUZZY DATABASE SYSTEM WITH TEMPORAL FUZZY TERMS AND TFSQL

สุรีพร สร้อยสังวาลย์

SUREEPORN SOYSANGWARN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2552

KMITL-2009-EN-M-070-168

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลาที่ใช้พจน์ฟัซซีเชิงเวลาและภาษา TFSQL

A TEMPORAL FUZZY DATABASE SYSTEM WITH TEMPORAL FUZZY TERMS AND TFSQL

T105489

สุรีพร สร้อยสังวาลย์

SUREEPORN SOYSANGWARN

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....105489
วัน,เดือน,ปี.....2 4 พ.ค. 2552

b.....12170207
i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2552

KMITL-2009-EN-M-070-168

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A TEMPORAL FUZZY DATABASE SYSTEM WITH TEMPORAL FUZZY TERMS AND TFSQL

SUREEPORN SOYSANGWARN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN COMPUTER ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2009

KMITL-2009-EN-M-070-168

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2009

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

ข้อวิทยานิพนธ์ ระบบฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลาที่ใช้พจน์ฟัซซีเชิงเวลาและภาษา TFSQL

esis Title A Temporal Fuzzy Database System with Temporal Fuzzy Terms and TFSQL

ศึกษา นางสาวสุรีพร สร้อยสังวาลย์

สประจำตัว 50060708

ญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ยาวิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์

าร์ยที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.ศุภมิตร จิตตะยโศธร

ายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2009-EN-M-070-168

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
ศ.ดร.สมศักดิ์	มิตะถา	
ศ.ดร.ชนวัฒน์	ศรีสอ้าน	
ร.วรวัฒน์	ลิ้มโภคา	
ศ.ดร.ศุภมิตร	จิตตะยโศธร	

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ วันพฤหัสบดีที่ 22 ตุลาคม พ.ศ. 2552 เวลา 10.00-12.00 น.

สถานที่สอบ ณ อาคาร A ชั้น 3 ห้องประชุม 2

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร.กอบชัย เดชหาญ)

คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 22 ตุลาคม พ.ศ. 2552

สำนักทะเบียนและประมวลผล สจล.
วันที่ส่งเล่มวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์
วันที่ 30 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2552
ลงชื่อ.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ระบบฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลาที่ใช้พจน์ฟัซซีเชิงเวลาและภาษา TFSQL
นักศึกษา	นางสาวสุรีพร สร้อยสังวาลย์
รหัสนักศึกษา	50060708
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
พ.ศ.	2552
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.ศุภมิตร จิตตะยโศธร

บทคัดย่อ

ฐานข้อมูลฟัซซี (Fuzzy Database) ได้มีการนำเสนอจากนักวิจัยมากมาย ในการจัดการกับความเป็นฟัซซีในฐานข้อมูล พจน์ภาษาฟัซซี (Fuzzy Linguistic Term) ได้ถูกนำมาใช้แทนค่าชัดเจน (Crisp Value) ในระบบงานต่าง ๆ ที่ไม่สามารถระบุค่าชัดเจนได้ ในงานวิจัยอื่น ๆ ของฐานข้อมูล ฐานข้อมูลเชิงเวลา (Temporal Database) ก็พบในหลาย ๆ ระบบงานเช่นกัน ซึ่งข้อมูลที่เป็นจริงในอดีตหรือในอนาคต สามารถเก็บไว้ด้วยกันกับข้อมูลที่เป็นปัจจุบัน ทำให้มีหลาย ๆ กรณีที่ฐานข้อมูลฟัซซีแสดงออกถึงความเป็นเชิงเวลาด้วย ซึ่งในงานวิจัยส่วนใหญ่ที่พบนั้นจะเป็นลักษณะของ fact ที่เป็นฟัซซีจะเป็นเชิงเวลาด้วยหรือไม่ก็ข้อมูลเชิงเวลา (Valid Time) เองที่เป็นฟัซซี ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลาที่แตกต่างออกไป คือพจน์ฟัซซีที่สามารถใส่เป็นค่าข้อมูลนั้น ค่าความหมายของพนจ์ฟัซซีนั้น ๆ สามารถเปลี่ยนแปลงไปตามกาลเวลาได้อีกด้วย โดยในขั้นแรกจะนำเสนอภาษาสำหรับจัดการข้อมูลกับฐานข้อมูลชนิดใหม่นี้คือภาษา TFSQL (Temporal Fuzzy Database Standard Query Language) และส่วนชุดคำสั่งสำหรับจัดการกับค่าพจน์ฟัซซีต่าง ๆ ซึ่งจำเป็นต้องมีส่วนของฐานความรู้ (Meta-Knowledge Base) สำหรับเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับนิยามต่าง ๆ ของค่าฟัซซี ซึ่งจะมีลักษณะการจัดเก็บเป็นเชิงเวลา ได้แก่ค่าฟังก์ชันสมาชิก (Membership Function) ที่นิยามค่าพจน์ภาษาฟัซซี ค่าดีกรีความคล้ายคลึง (Similarity Degree) และค่านิยามของค่าประมาณ (Approximate Value definition) ค่าเหล่านี้จำเป็นต่อการประมวลผลคำสั่งต่าง ๆ จากนั้นจะแสดงส่วนโครงสร้างข้อมูลภายในและการพัฒนาภาษา TFSQL และคำสั่งต่าง ๆ สำหรับฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลานี้โดยใช้ออราเคิล (Oracle)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	A Temporal Fuzzy Database System with Temporal Fuzzy Terms and TFSQL
Student	Miss Sureeporn Soysangwarn
Student ID.	50060708
Degree	Master of Engineering
Program	Computer Engineering
Year	2009
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Suphamit Chittayasothorn

Abstract

Fuzzy databases have been proposed by many researchers for handling fuzziness in databases. Fuzzy linguistic terms are used instead of crisp values. They find applications in areas where exact or crisp values cannot always be obtained. In another database research area, temporal databases find applications where facts which are true in the past, as well as facts that will be true in the future are recorded together with current facts. There are also cases where fuzzy databases are also temporal. In most other works, fuzzy facts are temporal or the time itself is fuzzy. This thesis presents the concept of a different temporal fuzzy database where meanings of fuzzy terms are temporal. TFSQL, an SQL extension for manipulating data in this new database and other instructions fuzzy term values handling are introduced. Temporal membership functions, temporal similarity degrees, temporal approximation definition, together with their meta table are presented. These values are used in query processing. Temporal fuzzy database and TFSQL and fuzzy term management instructions are implemented using the Oracle DBMS.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้เป็นอย่างดี ด้วยคำแนะนำ คำปรึกษา และความช่วยเหลือทุก ๆ อย่างจาก รศ.ดร.ศุภมิตร จิตตะยโศธร ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาของข้าพเจ้า อาจารย์คอยเอาใจใส่และเป็นห่วงเสมอมา ข้าพเจ้าขอกราบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูง สำหรับความกรุณาของอาจารย์ที่มีต่อข้าพเจ้า

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุก ๆ ท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และให้คำปรึกษา ความช่วยเหลือตลอดมา

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ ในภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุก ๆ คนสำหรับคำแนะนำและกำลังใจเสมอมา

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวอันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ที่คอยเป็นกำลังใจและสนับสนุนข้าพเจ้าในทุก ๆ เรื่อง ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงด้วยดี คุณค่าและประโยชน์อันพึงมาจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่านและผู้ที่สนใจใฝ่หาความรู้ หากมีข้อผิดพลาดประการใดในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ข้าพเจ้าขอรับความผิดพลาดนั้นและขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

สุรีพร สร้อยสังวาลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VII

สารบัญรูป XII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา 3

1.3 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในงานวิจัย 3

1.4 ขอบเขตการวิจัย 3

1.5 ขั้นตอนของการศึกษา 4

บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในการวิจัย 5

2.1 ฟัซซีเซต (Fuzzy Set) 5

2.1.1 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (Membership Function) 5

2.1.2 การวัดค่าประมาณความคล้ายคลึง (Approximate Similarity Measures) 7

2.2 ฐานข้อมูลฟัซซี (Fuzzy Database) 13

2.2.1 ความหมายของฐานข้อมูลฟัซซี 13

2.2.2 ฟัซซีกับฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ 13

2.3 ฐานข้อมูลเชิงเวลา (Temporal Database) 29

2.3.1 ประเภทและความหมายของเวลา 29

2.3.2 ประเภทของฐานข้อมูลเชิงเวลา 30

2.3.3 กฎบังคับความถูกต้องในฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ในรูปแบบฐานข้อมูลเชิงเวลา 31

2.3.4 การจัดการข้อมูล 32

2.3.5 ภาษาสำหรับการจัดการฐานข้อมูลเชิงเวลา 36

2.4 ฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลา (Temporal Fuzzy Database) 39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4.1 ฟัซซีแอททริบิวต์เชิงเวลา 39

2.4.2 พจน์ภาษาฟัซซีเชิงเวลา (Temporal Fuzzy Linguistic Term) 41

2.4.3 ข้อมูลเชิงเวลาฟัซซี (Fuzzy Valid Time) 46

บทที่ 3 ภาษาสำหรับจัดการข้อมูล : TFSQL 54

3.1 ตัวอย่างฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลา 54

3.2 คำสั่งสำหรับสร้างฐานข้อมูล 56

3.3 คำสั่งสำหรับจัดการข้อมูล 57

3.3.1 INSERT 58

3.3.2 UPDATE 58

3.3.3 DELETE 59

3.4 คำสั่งสำหรับเรียกดูข้อมูล 60

3.5 คำสั่งต่าง ๆ สำหรับการจัดการข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับค่าฟัซซี 63

3.5.1 ค่าพจน์ภาษาฟัซซี 63

3.5.2 ค่าดีกรีความคล้ายคลึง (Similarity Degree) 65

3.5.3 ค่าประมาณ (Approximate Value) 66

บทที่ 4 Meta Knowledge Base 68

4.1 การออกแบบ Meta Knowledge Base สำหรับฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลา 68

บทที่ 5 การพัฒนาระบบฐานข้อมูลต้นแบบ 74

5.1 การสร้างฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลา 74

5.2 การกำหนดค่าฟัซซี 82

5.3 Insert ข้อมูลในฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลา 85

5.4 Update ข้อมูลของฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลาโดยใช้เงื่อนไขที่มีความชัดเจน 88

5.5 Delete ข้อมูลของฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลาโดยใช้เงื่อนไขที่มีความชัดเจน 89

5.6 การเรียกดูข้อมูล (Retrieve Data) 90

5.6.1 การแปลความหมายฟัซซีดิวรี่ 91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.6.2 การคิวรี่แบบฟัซซีเชิงเวลา 96
5.7 แนวทางการ sequenced update และ delete โดยที่ใช้เงื่อนไขฟัซซี 137
5.7.1 SEQUENCED UPDATE 137
5.7.2 SEQUENCED DELETE 145
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 151
6.1 สรุปผลการวิจัย 151
6.2 ข้อเสนอแนะ 152
บรรณานุกรม 153
ภาคผนวก ก. คู่มือโปรแกรมสำหรับจัดการข้อมูลโดยมีพื้นฐานของฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลา 156
ภาคผนวก ข. ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ 165
ประวัติผู้เขียน 180

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ตัวอย่างข้อมูลในตารางที่ปรากฏในฐานข้อมูลนักเรียน (STUDENTS1)	16
2.2	LABELS	17
2.3	ตัวอย่างข้อมูลในตารางที่ปรากฏในฐานข้อมูลนักเรียน (STUDENTS2)	18
2.4	(ก) COLUMNS_IN_DB	19
2.4	(ข) APPROXIMATE_VALUES_TABLE	19
2.4	(ค) LABELS	19
2.5	ตัวเปรียบเทียบทางฟัซซีสำหรับ FSQL	22
2.6	นิยามสำหรับตัวเปรียบเทียบทางฟัซซีโดยการอ้างอิงการกระจายความเป็นไปได้รูปสี่เหลี่ยมคางหมู : A และ B (รูปที่ 2.13)	23
2.7	การคำนวณสำหรับฟังก์ชัน CDEG ด้วยลอจิกโอเปอร์เรเตอร์ในภาษา FSQL	26
2.8	ตัวอย่างตารางข้อมูลในฐานข้อมูลเชิงเวลา	31
2.9	แสดงผลลัพธ์ของ current select	37
2.10	แสดงผลลัพธ์ของ Sequenced select	37
2.11	แสดงผลลัพธ์ของ Nonsequenced select	38
2.12	ตาราง EMPLOYEE_SALARY แสดงแอททริบิวต์ฟัซซีเชิงเวลาที่ SALARY	40
2.13	ตาราง SALARY_MOTIVATION	41
2.14	แสดงผลลัพธ์การ UPDATE	41
2.15	Employee ปี 1985	45
2.16	Employee ปี 1993	45
2.17	แสดงตารางอธิบายฐานข้อมูลเชิงเวลาฟัซซี	52
3.1	ตาราง employee	61
3.2	ผลลัพธ์ของ current select	62
3.3	ผลลัพธ์ของ sequenced select	62
3.4	แสดงผลลัพธ์ของการใช้คำสั่งเรียกดูข้อมูลของค่าพจน์ภาษาฟัซซีต่าง ๆ	64
3.5	แสดงผลลัพธ์ของการใช้คำสั่งเรียกดูข้อมูลของค่าพจน์ภาษาฟัซซีต่าง ๆ เฉพาะค่าใดค่าหนึ่ง	65
3.6	แสดงผลลัพธ์ของการใช้คำสั่งเรียกดูค่าความสัมพันธ์ความคล้ายคลึง (similarity relation)	66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

3.7 แสดงผลลัพธ์ของการใช้คำสั่งเรียกดูนิยามของค่าประมาณ 67

4.1 CLASS 70

4.2 ATTRIBUTE 70

4.3 ATTRIBUTE_TYPE 71

4.4 RELATIONSHIP 71

4.5 FUZZYTERM 72

4.6 SIMILARITY 73

5.1 แสดงโครงสร้างของแอททริบิวต์เชิงเวลา 75

5.2 แสดงโครงสร้างของฟัซซีแอททริบิวต์เชิงเวลา 75

5.3 แสดงโครงสร้างของแอททริบิวต์ชนิดอ้างอิงเชิงเวลา 76

5.4 โครงสร้างตารางสำหรับฟัซซีแอททริบิวต์เชิงเวลา 76

5.5 Meta Table CLASS 79

5.6 Meta Table ATTRIBUTE 79

5.7 Meta Table ATTTYPE 80

5.8 Meta Table RELATIONSHIP 80

5.9 ตาราง EMPLOYEE 81

5.10 ตาราง EMP_TELNO 81

5.11 ตาราง EMP_SALARY 81

5.12 ตาราง EMP_SUPER# 81

5.13 Meta Table FUZZYTERM 83

5.14 Meta Table SIMILARITY 84

5.15 Meta Table APPROX_DEF 85

5.16 แสดงผลการ insert ลงฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลาตัวอย่าง 86

5.17 แสดงผลลัพธ์ของ current update 89

5.18 แสดงผลลัพธ์ของ current delete 90

5.19 ตารางข้อมูลจากฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลาตัวอย่างที่แสดงข้อมูล SALARY ของ EMPLOYEE. 97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

5.20 ATTRIBUTE 99

5.21 A1 99

5.22 FUZZTERM และ B 100

5.23 C1 101

5.24 D 102

5.25 F 102

5.26 G 103

5.27 SIMILARITY 103

5.28 H 104

5.29 I 104

5.30 J 104

5.31 K 105

5.32 ผลลัพธ์สำหรับพจน์ภาษาฟัซซีเปรียบเทียบกับพจน์ภาษาฟัซซี 105

5.33 แสดงค่าต่าง ๆ ของ membership function 'HIGH' ในแอททริบิวต์ 'SALARY' เฉพาะค่าปัจจุบัน 105

5.34 ผลลัพธ์ของค่าชัดเจน (crisp) เปรียบเทียบกับค่าพจน์ภาษาฟัซซี 108

5.35 APPROX_DEF 108

5.36 A2 108

5.37 ผลลัพธ์ของ current retrieve 115

5.38 แสดงค่าดีกรีของการเปรียบเทียบค่าพจน์ภาษาใด ๆ กับค่า 'MEDIUM' โดยโอเปอเรชัน FGT 116

5.39 ผลลัพธ์ของการคิวรี่ 116

5.40 H 118

5.41 I 118

5.42 ตัวอย่างตารางฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลาตัวอย่าง 122

5.43 ผลลัพธ์ของค่าพจน์ภาษาฟัซซีเปรียบเทียบกับพจน์ภาษาฟัซซี 124

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

5.44 ผลลัพธ์ของ Sequenced Retrieve 125

5.45 I1 127

5.46 I2 127

5.47 I3 128

5.48 I4 129

5.49 J ผลลัพธ์การ join กันระหว่าง Employee 2 ใด ๆ ที่เวลาซ้อนทับกัน 130

5.50 G 131

5.51 H 132

5.52 แสดงผลลัพธ์ของพจน์ภาษาฟัซซีเปรียบเทียบกับพจน์ภาษาฟัซซีที่ไม่ใช่ค่าเดียวกัน 132

5.53 L 133

5.54 ผลลัพธ์ของการเปรียบเทียบระหว่างค่าชัดเจน (crisp) กับค่าพจน์ภาษาฟัซซี 135

5.55 ผลลัพธ์ของการเปรียบเทียบกันระหว่างค่าประมาณกับค่าพจน์ภาษาฟัซซี 136

5.56 ผลลัพธ์ของการคิวรี่แบบ temporal join 137

5.57 แสดงค่าดีกรีความคล้ายคลึง (Similarity Degree) ระหว่าง LOW กับค่าพจน์ภาษาฟัซซีใด ๆ ในแอททริบิวต์ SALARY ณ ช่วงเวลาต่าง ๆ 138

5.58 ตารางตัวอย่างที่แสดงค่าเงินเดือนของพนักงานตามช่วงเวลาต่าง ๆ 139

5.59 I 139

5.60 fact ที่ถูกแตกย่อยจาก fact เดิม 142

5.61 แสดงตารางตัวอย่างที่แสดงค่าเงินเดือนของพนักงานตามช่วงเวลาต่าง ๆ หลังจากที่เพิ่ม fact ที่แตกย่อยและลบ fact เดิมออก 142

5.62 ผลลัพธ์หลังจากการเข้ากรณี sequenced update 144

5.63 แสดงแถวที่มีค่าเหมือนกันที่จะทำการรวมกัน 144

5.64 ผลลัพธ์ของ Sequenced Update 145

5.65 แสดงข้อมูลที่คาบเกี่ยวกับเวลาที่จะทำการ delete 146

5.66 fact ที่ถูกแตกย่อยจาก fact เดิม 148

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

5.67 แสดงตารางตัวอย่างที่แสดงค่าเงินเดือนของพนักงานตามช่วงเวลาต่าง ๆ หลังจากที่เพิ่ม fact ที่แตกย่อยและลบ fact เดิมออก 148

5.68 ผลลัพธ์ของ Sequenced Delete 150

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของ A	6
2.2	ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของฟัซซีเซต 'old'	6
2.3	การประมาณฟังก์ชันสมาชิกเกาเซียน (Gaussian) และรูประฆัง (Bell-Shaped)	8
2.4	ความคล้ายคลึง (similarity) ของ 2 ฟัซซีเซตใด ๆ สำหรับกรณีที่ 1	9
2.5	ความคล้ายคลึง (similarity) ของ 2 ฟัซซีเซตใด ๆ สำหรับกรณีที่ 2	10
2.6	ความคล้ายคลึง (similarity) ของ 2 ฟัซซีเซตใด ๆ สำหรับกรณีที่ 3	12
2.7	ความคล้ายคลึง (similarity) ของ 2 ฟัซซีเซตใด ๆ สำหรับกรณีที่ 4	13
2.8	การกระจายความเป็นไปได้ (possibility distribution) ของค่าประมาณ	14
2.9	ตัวอย่างของตัวแปรภาษา	15
2.10	การกระจายความเป็นไปได้ (possibility distribution) ของพจน์ภาษา SMALL สำหรับตัวแปรภาษา HEIGHT	15
2.11	ตัวอย่างโดเมนของแอททริบิวต์ AGE	16
2.12	การกระจายความเป็นไปได้รูปสี่เหลี่ยมคางหมู	21
2.13	Trapezoidal Possibility Distribution : A และ B	25
2.14	สถาปัตยกรรมพื้นฐานสำหรับฐานข้อมูลฟัซซีเชิงสัมพันธ์ โดยมี FSQL Server	26
2.15	แผนภาพแสดงเงื่อนไขกรณี Sequenced Queries	33
2.16	กรณีต่าง ๆ ของ Current update	34
2.17	กรณีต่าง ๆ ของ Sequenced update	35
2.18	กรณีต่าง ๆ ของ Sequenced delete	36
2.19	ความหมายของ "high Salary" ในปี 1985 และ 1993	45
3.1	ตัวอย่างฐานข้อมูล EMPLOYEE	54
3.2	การกระจายความเป็นไปได้ (possibility distribution) ของค่าประมาณ	66
4.1	การออกแบบ Meta-Knowledge Base โดยใช้ ORM ของฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลาประเภทพจน์ภาษาฟัซซีเชิงเวลา	69
5.1	แผนภาพแสดงการตรวจสอบเงื่อนไขของชนิดข้อมูลสำหรับฟัซซีแอททริบิวต์	87
5.2	แสดงการเปรียบเทียบ 'HIGH' กับ 29000	92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
5.3	แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง APPROX 21000 กับ HIGH	93
5.4	แสดงการเปรียบเทียบ APPROX 22000 กับ APPROX 21000	94
5.5	แสดงการเปรียบเทียบ 25500 กับ APPROX 26000	95
5.6	แผนภาพแสดงขั้นตอนการประมวลผลคิวรี่	96
5.7	membership function ของ 'HIGH' เทียบกับค่าชัดเจน (crisp) '25000'	106
5.8	แสดงแผนภาพของการซ้อนทับกันของเวลาระหว่าง fact กับ พจน์ภาษาฟัซซี	120
5.9	ตัวอย่างการเข้ากรณีของตารางจากฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลาตัวอย่างของ E#=1 กรณีพจน์ภาษาฟัซซีเปรียบเทียบกับพจน์ภาษาฟัซซี	123
5.10	ตัวอย่างการเข้ากรณีของตารางจากฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลาตัวอย่างของ E#=1 กรณีค่าประมาณเปรียบเทียบกับพจน์ภาษาฟัซซี	124
5.11	การเปรียบเทียบระหว่าง APPROX 24000 กับ 'HIGH'	125
5.12	(a) การซ้อนทับของเวลากรณีที่ 1	126
5.12	(b) การซ้อนทับของเวลากรณีที่ 2	127
5.12	(c) การซ้อนทับของเวลากรณีที่ 3	128
5.12	(d) การซ้อนทับของเวลากรณีที่ 4	129
5.13	แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าพจน์ภาษาฟัซซี 'MEDIUM' ณ ช่วงเวลา [2008/6/1,2009/6/1) กับค่าชัดเจน (crisp) 25000	133
5.14	แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าพจน์ภาษาฟัซซี 'MEDIUM' ณ ช่วงเวลา [2009/6/1,9999/12/31) กับค่าชัดเจน (crisp) 25000	134
5.15	แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าพจน์ภาษาฟัซซี 'HIGH' ณ ช่วงเวลา [2009/1/1,2009/6/1) กับค่าชัดเจน (crisp) 25000	134
5.16	แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าพจน์ภาษาฟัซซี 'HIGH' ณ ช่วงเวลา [2009/6/1,9999/12/31) กับค่าชัดเจน (crisp) 25000	134
5.17	แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าพจน์ภาษาฟัซซี 'MEDIUM' ณ ช่วงเวลา [2008/6/1,2009/6/1) กับค่าประมาณ APPROX 24000 [2008/7/1,2008/11/1)	135

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

5.18 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าพจน์ภาษาฟัซซี 'HIGH' ณ ช่วงเวลา [2008/6/1,2008/10/1) กับประมาณ APPROX 24000 [2008/7/1,2008/11/1) 136

5.19 แผนภาพแสดงการแตกย่อย fact ตามช่วงเวลาของดีกรีความคล้ายคลึง (Similarity Degree) . 141

5.20 แสดงการเข้ากรณี sequenced update 143

5.21 แผนภาพแสดงการแตกย่อย fact ตามช่วงเวลาของ similarity degree ของ E# =1 147

5.22 แสดงการเข้ากรณีของ sequenced delete ของ E# =1 149

ก-1 แสดงหน้าเมนูหลักของโปรแกรม 157

ก-2 แสดงการสร้าง FTYPE EMPLOYEE_TYPE 158

ก-3 แสดงการสร้าง FTABLE EMPLOYEE จาก FTYPE EMPLOYEE_TYPE 159

ก-4 แสดงหน้าต่างของ "Fuzzy Declaration" และคำสั่งการกำหนดค่าฟังก์ชันสมาชิก (membership function) ให้กับค่าพจน์ภาษาฟัซซี 'LOW' 160

ก-5 แสดงผลการใช้คำสั่งแสดงค่านิยามของค่าพจน์ภาษาฟัซซี (membership function) และแสดงกราฟฟังก์ชันสมาชิก 161

ก-6 แสดงการใช้คำสั่งแสดงค่าดีกรีความคล้ายคลึง (similarity degree) 162

ก-7 แสดงการ INSERT ข้อมูลลงฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลาตัวอย่าง 162

ก-8 แสดงการคิวรี่ Current Select โดยมีเงื่อนไขการเปรียบเทียบกับค่าพจน์ภาษาฟัซซี 163

ก-9 แสดงการคิวรี่ Current Select โดยมีเงื่อนไขการเปรียบเทียบกับค่าประมาณ 164

ก-10 แสดงการคิวรี่ Sequenced Select 164

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันการออกแบบระบบงานต่าง ๆ นั้นยังอาศัยรูปแบบเดิมหรือเหตุผลในการดำเนินงานแม้กระทั่งการคิดคำนวณในเชิงวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ก็ดี จำเป็นต้องใช้ความถูกต้องแม่นยำหรืออาศัยความชัดเจนอย่างมากในการระบุเงื่อนไขและความต้องการ ในระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์และระบบตรรกศาสตร์ที่ใช้กันเสมอ ๆ เช่น ข้อมูลสารสนเทศ ต่างก็ต้องการคำตอบที่ชัดเจนว่าถูกหรือผิด จะไม่มีคำตอบที่อยู่ระหว่างกลางได้

แต่อย่างไรก็ตามในชีวิตประจำวันของคนเรานั้น ระบบงานที่พบเห็นบ่อย ๆ อาจมีรูปแบบและเงื่อนไขที่ไม่อยู่ในขอบเขตของคริสป์เซต (Crisp Set : เซตที่มีความชัดเจนของการเป็นสมาชิกในเซต คือ 0 หรือ 1 เท่านั้น) มีความคลุมเครือและไม่ชัดเจนปนอยู่ด้วย ซึ่งไม่สามารถอธิบายได้ ไม่สามารถหลีกเลี่ยงและควบคุมการสูญเสียของสารสนเทศและความคลาดเคลื่อนระหว่างรูปแบบและความเป็นจริงได้ ทุกวันนี้ได้มีการนำภาษาในรูปแบบของฟัซซี (Fuzzy Language) มาช่วยในการกำหนดคุณสมบัติและปริมาณของสิ่งต่าง ๆ โดยไม่รู้ตัว เช่น “สมชายเป็นวัยรุ่น (very young) ที่ตัวสูง (tall) และมีความฉลาดจัดอยู่ในเกณฑ์เฉลี่ย (average)” “จ้อนมีอุณหภูมิของร่างกายต่ำ (low) กว่าเกณฑ์ปกติเล็กน้อย” “รถบรรทุกหนักมักขับช้า ๆ (slowly)” เป็นต้น

ในภาษาธรรมชาติ มักจะพบภาษาฟัซซีมากมาย เช่น มาก ๆ น้อย ๆ น้อยที่สุด เล็กน้อย เฉลี่ย เกือบมาก ประมาณ ช้า ๆ เร็ว ฯลฯ คำเหล่านี้มีความคลุมเครือ ไม่ชัดเจน ไม่สามารถวัดหรือกำหนดเป็นค่าที่อยู่ในขอบเขตของคริสป์เซตได้

สำหรับในระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ที่ดีนั้น ต้องการข้อมูลที่มีความซ้ำซ้อนน้อย มีความถูกต้องแม่นยำ ชัดเจน มีความสมบูรณ์ครบถ้วนของข้อมูล จึงจะได้ผลลัพธ์ถูกต้องตรงตามความต้องการ

ข้อจำกัดในเรื่องความชัดเจนของข้อมูลนี้เอง ทำให้ระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ขาดความยืดหยุ่นในการใช้งาน ผู้ใช้งานต้องคอยคำนึงถึงความถูกต้องของข้อมูลอยู่เสมอ ทั้ง ๆ ที่ความต้องการของผู้ใช้งานส่วนใหญ่นั้นก็อาจจะมีความคลุมเครือเกิดขึ้น สร้างปัญหาในการค้นหาคำตอบโดยเฉพาะการใช้คำถามที่มีความคลุมเครือรวมอยู่ด้วย จึงเกิดแนวคิดของฐานข้อมูลฟัซซี [1],[2],[3],[4],[5],[6],[7] จากงานวิจัยต่าง ๆ [1] ได้แนะนำเกี่ยวกับฟัซซีลอจิกและแนวคิดของฐานข้อมูลฟัซซี [2] ได้เสนอโมเดลของการนำแนวคิดฟัซซีขยายเข้าไปในฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำเสนอ 2 แนวคิด คือ ใช้ฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ดั้งเดิมที่เก็บข้อมูลที่มีความชัดเจน (crisp) เท่านั้น แต่มีการคิวรี่ที่มีเงื่อนไขเป็นฟัซซีได้ และการนำข้อมูลที่เป็นฟัซซีเก็บในฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ได้เลย [3] นำเสนอโมเดลของฐานข้อมูลฟัซซีและ Meta table สำหรับเก็บข้อมูลที่อธิบายค่าฟัซซีต่าง ๆ ที่จะปรากฏในฐานข้อมูลฟัซซี ซึ่งส่วนนี้จะจำเป็นต่อการพัฒนาภาษาสำหรับการคิวรี่ต่อไป [4] และ [5] นำเสนอภาษา FSQL (Fuzzy Standard Query Language) สำหรับจัดการข้อมูลในฐานข้อมูลฟัซซี [6] แสดงการเปรียบเทียบการคิวรี่แบบที่มีเงื่อนไขที่มีความชัดเจน (crisp condition) กับคิวรี่แบบที่มีเงื่อนไขเป็นฟัซซี (fuzzy condition) ว่าให้ผลลัพธ์ต่างกันอย่างไร [7] เสนอโมเดลของฐานข้อมูลฟัซซีชาญฉลาดบนฐานข้อมูลเชิงวัตถุ จากงานวิจัยทั้งหลายที่ได้กล่าวมานำมาซึ่งการแก้ไขปัญหาดังกล่าวข้างต้น ทำให้ระบบฐานข้อมูลฟัซซีนี้มีความยืดหยุ่นมากขึ้น รองรับกับความต้องการการใช้งานได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

นอกเหนือจากแนวคิดเรื่องความไม่แน่นอน ความยืดหยุ่นของการใช้งานแล้ว ระบบงานจำนวนมากก็มีความต้องการเก็บข้อมูลอ้างอิงกับเวลา คือสามารถเก็บได้ทั้งข้อมูลที่เป็นอดีต ปัจจุบัน และอนาคต เช่นระบบสนับสนุนการตัดสินใจของผู้บริหาร ระบบคลังข้อมูล ระบบ Spatio-Temporal Database เป็นต้น โดยในงานวิจัย [8] ได้เสนอฐานข้อมูลเชิงเวลาและการจัดการข้อมูลทั้ง select, insert, update และ delete ที่มีเรื่องเวลาเข้ามาเกี่ยวข้อง

ไม่ว่าจะเป็นฐานข้อมูลฟัซซี หรือฐานข้อมูลเชิงเวลาก็ดี ต่างก็มีความสามารถในการจัดการกับข้อมูลตรงกับความต้องการของผู้ใช้งานในความเป็นจริงมากขึ้น และทั้ง 2 เรื่องนี้ก็มีงานวิจัยต่อเนื่องกันออกมามากมาย ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้เห็นความสำคัญของทั้ง 2 ระบบจึงได้พยายามศึกษาพัฒนาทั้ง 2 ระบบนี้เข้าด้วยกันเพื่อรองรับกับการทำงานที่ซับซ้อนเพิ่มมากขึ้นในปัจจุบัน ซึ่งกรณีที่ฐานข้อมูลฟัซซีแสดงออกถึงความเป็นเชิงเวลานั้น ได้ปรากฏอยู่ในหลาย ๆ งานวิจัย [9],[10],[11] ซึ่งในงานวิจัยส่วนใหญ่ที่พบนั้นจะเป็นลักษณะ fact ที่เป็นฟัซซีก็จะเป็นเชิงเวลาด้วย หรือไม่ก็ข้อมูลเชิงเวลาเองที่ปันฟัซซี [9] และ [10] โดยมีสมมติฐานของความหมายของพจน์ภาษาไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาเพื่อง่ายต่อการวิเคราะห์รูปแบบฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลา ซึ่งสมมติฐานนี้ทำให้ขัดกับโลกของความเป็นจริงอยู่ เพราะความหมายของพจน์ภาษานั้นไม่ได้คงที่เหมือนเดิมตลอดเวลา เช่น ด้านการเงิน ถ้าจะกล่าวว่าเงินเดือนสูงในอดีตเมื่อ 30 ปีที่แล้ว ก็คงอยู่ที่ประมาณ 2-3 หมื่นบาทแต่ในปัจจุบันเงินเดือนสูงนั้นอาจจะมากกว่า 5 หมื่นบาทแล้ว ถ้าระบบไม่มีการเปลี่ยนแปลงความหมายของพจน์ภาษาเลย ก็จะทำให้ระบบนั้นแปลความหมายผิดพลาดได้เมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จะนำเสนอฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลาที่รองรับสมมติฐานที่ว่าพจน์ภาษาฟัซซีที่ใส่เป็นค่าข้อมูลนั้น ความหมายของค่าพจน์ภาษาฟัซซีสามารถเปลี่ยนแปลงไปได้ตามกาลเวลา ซึ่งแนวคิดนี้ได้ปรากฏเริ่มต้นในงานวิจัย [11]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มุ่งหวังเพื่อศึกษาการพัฒนารวมทั้ง 2 แนวคิดทั้งในเรื่องฐานข้อมูลฟัซซีและฐานข้อมูลเชิงเวลาเข้าไว้ด้วยกัน เพื่อรองรับกับการทำงานที่ซับซ้อนเพิ่มมากขึ้นในปัจจุบัน โดยการศึกษาความเป็นฟัซซีเชิงเวลาที่สามารถเกิดขึ้นได้จากงานวิจัยและบทความต่าง ๆ และมามุ่งเน้นที่ฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลา แบบที่มีสมมติฐานว่าความหมายของพจน์ภาษาฟัซซีสามารถเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาได้ด้วย เนื่องจากเล็งเห็นถึงความสามารถในการจัดการข้อมูลที่ตรงกับสภาวการณ์ตามเวลาซึ่งทำให้รองรับกับความเป็นจริงได้ ก็น่าจะเป็นระบบที่ตรงกับความต้องการ จากนั้นจะทำการพัฒนาเพื่อให้ได้มาซึ่งลักษณะโครงสร้างข้อมูล ภาษาสำหรับการจัดการกับข้อมูล โครงสร้างของ meta table ที่รองรับการเก็บข้อมูลแบบเชิงเวลา เนื่องจากมีสมมติฐานให้ความหมายของพจน์ฟัซซีเปลี่ยนแปลงได้ตามเวลา และจะพัฒนาภาษาที่สร้างขึ้นให้ใช้งานได้จริงสำหรับฐานข้อมูลชนิดนี้ด้วย

1.3 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

สำหรับระบบฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลาในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขั้นแรกจะต้องทำการศึกษาพื้นฐานของทฤษฎีฟัซซี เพื่อนำไปสู่ความเข้าใจในการศึกษาฐานข้อมูลฟัซซี ซึ่งประกอบไปด้วยโครงสร้างข้อมูล ภาษาสำหรับจัดการฐานข้อมูลฟัซซี ได้แก่ภาษา FSQL จากนั้นศึกษาฐานข้อมูลเชิงเวลา แล้วศึกษารวมทั้ง 2 แนวคิดเป็นฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลา ซึ่งมีอยู่หลายประเภทด้วยกัน ซึ่งได้เลือกศึกษาประเภทที่เป็นเชิงเวลาที่ค่าความหมายฟัซซีด้วย โดยนำแนวคิดมาประยุกต์ปรับปรุงเข้ากับงานวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

1.4 ขอบเขตการวิจัย

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลา (Temporal Fuzzy Database) โดยใช้ระบบฐานข้อมูลเชิงวัตถุสัมพันธ์ โดยลักษณะของฐานข้อมูลนั้นเป็น attribute time stamping ซึ่งแอททริบิวต์ที่เป็นเชิงเวลานั้นสามารถเก็บค่าข้อมูลที่เป็นค่าฟัซซี (ได้แก่ค่าประมาณและค่าพจน์ภาษาฟัซซี) ได้อีกด้วยนอกเหนือจากค่าชัดเจน (Crisp Value) และค่าพจน์ฟัซซีนั้น ๆ สามารถเปลี่ยนแปลงความหมายไปได้ตามเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นจึงเป็นเชิงเวลาที่ความหมายของค่าฟัซซีอีกด้วย เนื่องด้วยความซับซ้อนที่เพิ่มมากขึ้นของระบบฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลาในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จึงได้เสนอภาษาสำหรับจัดการกับฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลาชนิดนี้ให้สามารถใช้งานได้สะดวกขึ้น คือภาษา TFSQL โดยผู้ใช้งานสามารถสร้างฐานข้อมูลที่ประกอบไปด้วยแอททริบิวต์ที่เป็นฟัซซีแอททริบิวต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชิงเวลาได้ สามารถกำหนดค่าความหมายของค่าฟัซซีที่จะมีการจัดเก็บลงในตาราง สามารถ insert ข้อมูลลงตารางโดยที่สามารถใส่ได้ทั้งค่าข้อมูลชนิดข้อมูลที่มีความชัดเจน (crisp) และฟัซซี สามารถเรียกดูข้อมูลในตารางโดยใช้เงื่อนไขที่เป็นฟัซซีและตามแนวคิดเชิงเวลาคือ current (เรียกดูเฉพาะข้อมูลปัจจุบัน) และ sequenced (เรียกดูข้อมูลตามช่วงเวลาที่ต้องการ) ความต้องการเหล่านี้ผู้ใช้งานสามารถใช้ภาษา TFSQL โดยไม่ต้องคำนึงถึงความซับซ้อนของระบบภายในเลย โดยในการพัฒนาภาษานี้ยังไม่ครอบคลุมในส่วนของการ update และ delete ที่มีเงื่อนไขของการ update และ delete เป็นฟัซซีเนื่องจากแนวคิดและความซับซ้อนยังมีอยู่มากกว่าการ select ซึ่งต้องทำการวิจัยพัฒนาต่อไป

1.5 ขั้นตอนของการศึกษา

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 6 บทด้วยกันคือ

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาของงานวิจัย ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ ทฤษฎีที่ใช้ ขอบเขตของการวิจัย และขั้นตอนการศึกษา

บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย ทฤษฎีของฟัซซีเซต พื้นฐานของฐานข้อมูลฟัซซี ฐานข้อมูลเชิงเวลา ฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลา

บทที่ 3 กล่าวถึงภาษาที่สร้างขึ้นสำหรับจัดการฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลาชนิดที่มีพจน์ฟัซซีเป็นเชิงเวลาด้วยสำหรับงานวิจัยนี้ ได้แก่ภาษา TFSQL และคำสั่งต่าง ๆ สำหรับจัดการกับค่าฟัซซี

บทที่ 4 กล่าวถึงการออกแบบ Meta-Knowledge Base ซึ่งเป็นส่วนสำคัญสำหรับการพัฒนาภาษา TFSQL โดยจะเก็บข้อมูลเกี่ยวกับฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลาที่สร้างขึ้น และเก็บข้อมูลเกี่ยวกับนิยามความหมายของค่าฟัซซีต่าง ๆ โดยเป็นลักษณะของเชิงเวลาด้วย เนื่องจากค่าความหมายมีการเปลี่ยนแปลงได้

บทที่ 5 กล่าวถึงการพัฒนาภาษา TFSQL

บทที่ 6 เป็นบทสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในการวิจัย

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในงานวิจัยนี้ ซึ่งเนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีฟัซซีเซต แนวคิดของฐานข้อมูลฟัซซี แนวคิดของฐานข้อมูลเชิงเวลา และการรวมทั้งสองแนวคิดเป็นฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลา จากงานวิจัยต่าง ๆ นำมารวบรวมสรุปว่ามีรูปแบบใดบ้าง ซึ่งเนื้อหาทั้งหมดนี้จำเป็นสำหรับแนวทางการศึกษาวิจัยในงานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ต่อไป

2.1 ฟัซซีเซต (Fuzzy Set) [12]

ในโลกของเซต แต่เดิมนั้นเรามักจะรู้จักหรือคุ้นเคยกับค่าความเป็นสมาชิกของคริสป์เซต (Crisp Set) หรือเซตทั่ว ๆ ไปที่สามารถระบุค่าความเป็นสมาชิกได้ชัดเจนเพียง “จริง” หรือ “เท็จ” เท่านั้น เป็นการระบุที่ชัดเจนแต่ขาดความยืดหยุ่น กระทั่งปี พ.ศ.2508 Prof. Lotfi A Zadeh แห่งมหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนีย ได้นำเสนอแนวคิดของฟัซซีเซตโดยมีจุดมุ่งหมายในการเพิ่มความสามารถของทฤษฎีเซตแบบเดิมหรือคริสป์เซตให้สามารถแทนความคิดที่คลุมเครือหรือไม่ชัดเจนได้ ทั้งนี้โดยให้สมาชิกของฟัซซีเซตสามารถมีค่าความเป็นสมาชิกเพื่อใช้แสดงระดับความเป็นสมาชิกได้ ซึ่งมีความยืดหยุ่นกว่าค่าความเป็นสมาชิกของคริสป์เซตใน 2 สภาวะคือ “จริง” หรือ “เท็จ” แต่ฟัซซีเซตสามารถแสดงค่าความเป็นสมาชิกได้หลายค่า เช่น จริงมาก จริง ค่อนข้างจริง เท็จ เท็จบางส่วน จะเห็นได้ว่า การใช้แนวความคิดของฟัซซีเซตได้เปิดโอกาสให้สามารถขยายสิ่งที่เป็นข้อเท็จจริงในขั้นต้น ซึ่งมีเพียงจริงหรือเท็จให้สามารถยืดหยุ่นในลักษณะของการมีค่าอื่นได้มากขึ้นนอกจากจริงกับเท็จ

นอกจากนี้เซตของฟัซซีลอจิก ยังเป็นเซตของการบ่งบอกคุณลักษณะต่าง ๆ ได้ใกล้เคียงกับความรู้สึกของมนุษย์ การเรียกชื่อเซตนั้นจะเหมือนกับการใช้ภาษาธรรมชาติหรือภาษาพูดโดยทั่วไป เช่น ค่อนข้างเย็น ค่อนข้างร้อน ค่อนข้างหนาว สูงมาก ปานกลาง ค่อนข้างเตี้ย เตี้ย เป็นต้น

2.1.1 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (Membership Function)

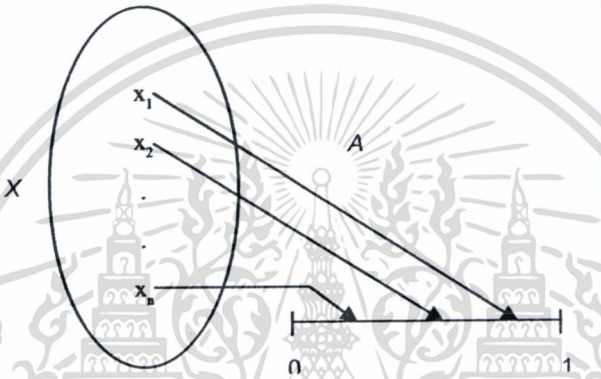
สมาชิกของฟัซซีเซตเป็นเรื่องของระดับ (Degree) เช่นคนคนหนึ่งเป็นสมาชิกของเซต ‘คนสูง’ ถึงระดับ (degree) ที่คนคนนั้นมีคุณสมบัติเข้าข่ายของแนวคิดของ ‘สูง’ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือระดับของความเป็นสมาชิกของแต่ละสมาชิกในฟัซซีเซตบ่งบอกถึงระดับของความใช้แทนกันได้ (degree of compatibility) ของสมาชิกต่อแนวคิดที่แทนฟัซซีเซตนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟัซซีเซต A ถูกกำหนดบนเซตสากล (Universal Set) X โดยเป็นฟังก์ชันแบบเดียวกับฟังก์ชันลักษณะ ซึ่งถูกเรียกว่าฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (Membership Function) ที่จะให้ค่าเป็นตัวเลข ($A(x)$) กับสมาชิก x ในเซต X ซึ่งตัวเลขนี้เป็นสมาชิกของช่วงปิด [0, 1] ซึ่งเป็นค่าที่บอกลักษณะของระดับของความเป็นสมาชิก x ใน A ดังสมการที่ (2.1)

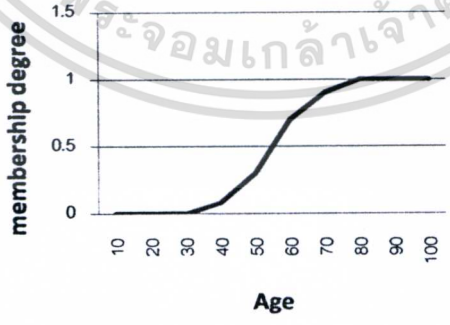
$$A: X \rightarrow [0, 1] \text{ หรือ } \mu_A: X \rightarrow [0, 1] \qquad (2.1)$$

ฟังก์ชันลักษณะนี้แสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของ A

ตัวอย่างเช่น การแทนฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบรูปดังตัวอย่างในรูปที่ 2.2 ซึ่งเป็นฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของฟัซซีเซต 'old'



รูปที่ 2.2 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของฟัซซีเซต 'old'

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปร่างที่แน่นอนของการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นสมาชิกจาก 0 ไป 1 ในฟัซซีเซตต่าง ๆ มีรูปร่างที่ไม่ใช่สิ่งที่ต้องคำนึงถึงมากนักเนื่องจากเราไม่รู้แน่นอนเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงให้เป็นไปตามความหมายในภาษาในแต่ละใจความ ดังนั้นรูปร่างจะเป็นไปตามประสบการณ์ว่าคำ ๆ นั้นถูกใช้อย่างไรในใจความนั้น และในหลายงานหรือการประยุกต์ใช้ไม่สนใจในรูปร่างที่แท้จริง ดังนั้นรูปร่างของฟัซซีเซตที่ง่ายจึงถูกใช้ในงานส่วนใหญ่

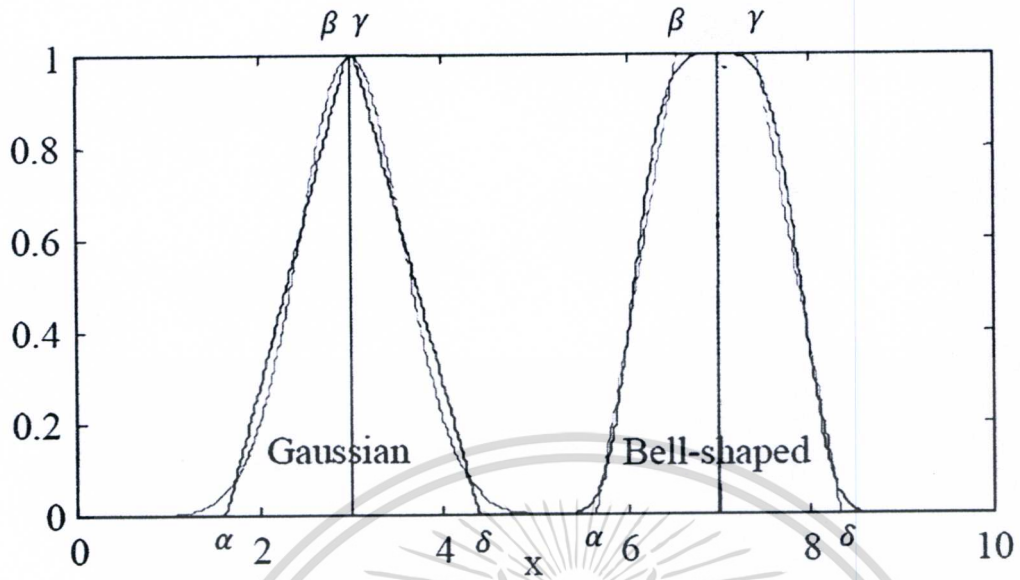
2.1.2 การวัดค่าประมาณความคล้ายคลึง (Approximate Similarity Measures) [13]

สมมติ A และ B คือ 2 ฟัซซีเซตใด ๆ แล้วความคล้ายคลึง (similarity) ของฟัซซีเซต A และ B แสดงดังสมการที่ (2.2)

$$S_{AB} = \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|} = \frac{|A \cap B|}{|A| + |B| - |A \cap B|}, \tag{2.2}$$

ซึ่ง $\cap$ และ $\cup$ คืออินเตอเซคชัน (intersection) และยูเนียน (union) ของ A และ B ตามลำดับ $|.|$ คือขนาด (size) ของฟัซซีเซต ดังนั้นจากสมการ (2.2) จะเห็นว่าในการคำนวณความคล้ายคลึง (similarity) ของ 2 ฟัซซีเซตต้องการการคำนวณขนาดของการอินเตอเซคชันของ 2 ฟัซซีเซต สำหรับฟังก์ชันเกาเซียน (Gaussian Function) และฟังก์ชันรูประฆัง (Bell-Shaped Function) มีความซับซ้อนในการคำนวณขนาดของการอินเตอเซคชัน เนื่องจากไม่ใช่ฟังก์ชันแบบเชิงเส้น (non-linear shape) ซึ่งจะแก้ปัญหานี้ได้ โดยพบว่าฟังก์ชันรูปสี่เหลี่ยมคางหมู (Trapezoidal Function) สามารถทำการประมาณฟังก์ชันที่มีพื้นฐานของ Radial Basis Function (ซึ่งรวมถึงฟังก์ชันเกาเซียนและฟังก์ชันรูประฆัง) ได้ดี ดังแสดงในรูปที่ 2.3 ซึ่ง $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ เป็น boundary point ของสี่เหลี่ยมคางหมู ดังนั้นฟังก์ชันสมาชิกรูปสามเหลี่ยม (Triangle Membership Function) ก็จะเป็นกรณีพิเศษของฟังก์ชันสมาชิกรูปสี่เหลี่ยมคางหมู เมื่อความกว้างด้านบน (top width) $w_t = 0$ นั่นก็คือ $\beta = \gamma$ ดังนั้นเราสามารถใช้ฟังก์ชันรูปสี่เหลี่ยมคางหมู ในการคำนวณความคล้ายคลึงของ 2 ฟังก์ชันสมาชิกที่สมมาตร (Symmetric Membership Function) ซึ่งรวมถึงฟังก์ชันรูปสามเหลี่ยม ฟังก์ชันเกาเซียน และฟังก์ชันรูประฆัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 การประมาณฟังก์ชันสมาชิกเกาเซียน (Gaussian) และรูประฆัง (Bell-Shaped)

จากพื้นฐานของฟังก์ชันสมาชิกรูปสี่เหลี่ยมคางหมู การวัดค่าความคล้ายคลึง (Similarity) ของ 2 ฟัซซีเซตใด ๆ สามารถวิเคราะห์ได้เป็น 4 กรณีตามรูปแบบการซ้อนทับกันของกราฟฟังก์ชันสมาชิก กำหนดให้ฟัซซีเซตคือ A_1 และ A_2 สอดคล้องกับตำแหน่งกึ่งกลาง (center) c_1และ c_2 และ boundary point เป็น $\alpha_i, \beta_i, \gamma_i, \delta_i \ (i = 1,2)$ โดยที่ $c_i = (\gamma_i + \beta_i)/2$

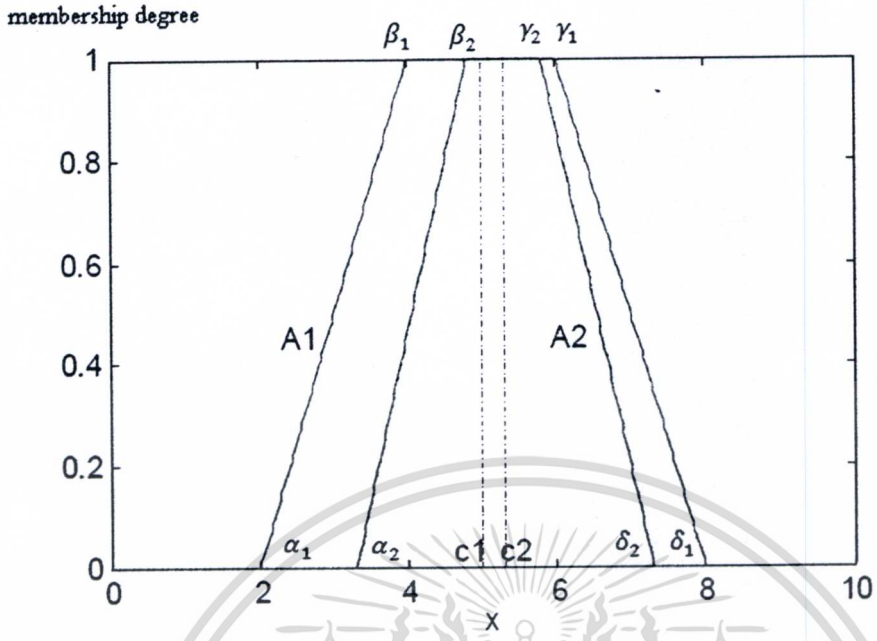
สมมติ $c_2 > c_1$ สำหรับกรณี 1-4

<u>กรณีที่ 1</u> $(\alpha_1 < \alpha_2, \delta_1 > \delta_2, \beta_1 \leq \beta_2, \gamma_2 \leq \gamma_1)$ สำหรับกรณีนี้ ฟัซซีเซต A_2 ถูกรวมอยู่ใน A_1 นั่นก็คือ $A_2 \subset A_1$ แสดงดังรูปที่ 2.4 ความคล้ายคลึง (Similarity) ของฟัซซีเซต A_1 และ A_2 คำนวณได้จากสมการที่ (2.3)

$$S = \frac{|A_2|}{|A_1|} = \frac{w_2}{w_1} \text{ , หรือก็คือ } S = \frac{\delta_2 - \alpha_2 + \gamma_2 - \beta_2}{\delta_1 - \alpha_1 + \gamma_1 - \beta_1} \qquad (2.3)$$

ซึ่ง $w_1 = w_{b1} + w_{t1}, w_2 = w_{b2} + w_{t2}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 ความคล้ายคลึง (Similarity) ของ 2 ฟัซซีเซตใด ๆ สำหรับกรณีที่ 1

<u>กรณีที่ 2</u> ($|w_{b1} - w_{b2}| \leq c_1 - c_2 \leq w_{b1} + w_{b2}$) สำหรับกรณีนี้จะมีตำแหน่งที่ซ้อนทับกัน 2 แบบที่แตกต่างกัน แสดงดังรูปที่ 2.5 กรณี (a) ความกว้างด้านบนจะไม่ซ้อนทับกันระหว่าง A_1 และ A_2 ความคล้ายคลึง (Similarity) ของฟัซซีเซต A_1 และ A_2 คำนวณได้จากสมการที่ (2.4)

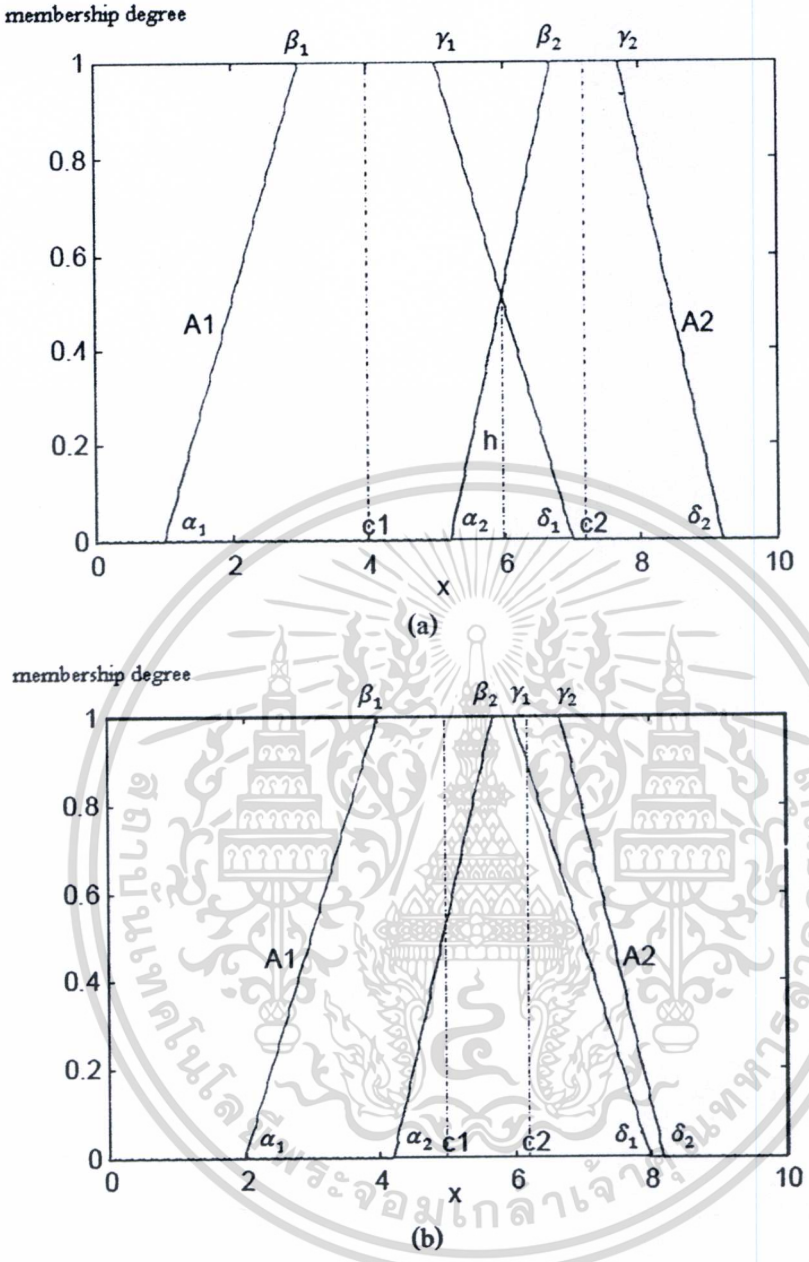
$$S = h/\left(\frac{w_1+w_2}{\delta_1-\alpha_2} - h\right) \tag{2.4}$$

ซึ่ง $h = \frac{\delta_1-\alpha_2}{\delta_1-\gamma_1+\delta_2-\gamma_2}$,
$w_i = w_{b_i} + w_{t_i}$; $i = 1,2$
$bottom\ width\ w_{b_i} = \frac{(\delta_i-\alpha_i)}{2}$, $top\ width\ w_{t_i} = \frac{(\gamma_i-\beta_i)}{2}$

ในกรณี (b) ความกว้างส่วนบนจะมีการซ้อนทับกันระหว่าง A_1 และ A_2 ความคล้ายคลึง (similarity) ของฟัซซีเซต A_1 และ A_2 คำนวณได้จากสมการที่ (2.5)

$$S = \frac{\gamma_1-\beta_2+\delta_1-\alpha_2}{\delta_2-\alpha_1+\gamma_2-\beta_1} \tag{2.5}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 ความคล้ายคลึง (Similarity) ของ 2 ฟัซซีเซตใด ๆ สำหรับกรณีที่ 2

<u>กรณีที่ 3</u>$(c_1 - c_2 \leq |w_{b1} - w_{b2}|)$ สำหรับกรณีนี้จะมี 2 กรณีของการซ้อนทับกัน แสดงดังรูปที่ 2.6 หาค่าความคล้ายคลึง (Similarity) ได้จากสมการที่ (2.6) และ (2.7)

$$h_1 = \frac{\delta_1 - \alpha_2}{(\delta_1 - \gamma_1) + (\delta_2 - \gamma_2)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับ $w_{b1} > w_{b2}$,

$$h_2 = \frac{\delta_1 - \delta_2}{(\delta_1 - \gamma_1) - (\delta_2 - \gamma_2)} .$$

ซึ่ง $l_1 = h_1(\delta_2 - \gamma_2);\ l_2 = h_2(\delta_2 - \gamma_2);\ l_3 = (\delta_2 - \alpha_2) - (l_1 + l_2)$

สำหรับ $w_{b1} \leq w_{b2}$,

$$h_2 = \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{(\delta_1 - \gamma_1) - (\delta_2 - \gamma_2)}$$

ซึ่ง $l_1 = h_1(\delta_1 - \gamma_1);\ l_2 = h_2(\delta_1 - \gamma_1);\ l_3 = (\delta_1 - \alpha_1) - (l_1 + l_2);\ h_3 = h_1 + h_2$

ค่าความคล้ายคลึง (Similarity) ของ A_1 และ A_2 กำหนดโดย

$$S = \frac{l_1 h_1 + l_2 h_2 + l_3 h_3}{2(w_1 + w_2) - (l_1 h_1 + l_2 h_2 + l_3 h_3)} \tag{2.6}$$

Overlap : $c_1 - c_2 \leq w_{t1} + w_{t2}$

สำหรับ $w_{b1} > w_{b2}$:

$$h = \frac{\delta_1 - \delta_2}{(\delta_1 - \gamma_1) - (\delta_2 - \gamma_2)} = \delta_2 - \gamma_2, l_1 = h(\delta_2 - \gamma_2), l_2 = \delta_2 - \gamma_1 - l_1, l_3 = \gamma_1 - \beta_2, l_4$$

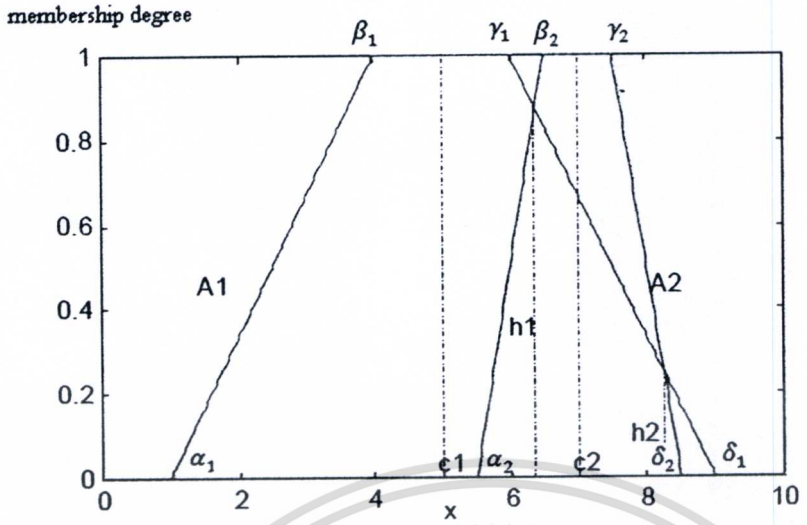
สำหรับ $w_{b1} \leq w_{b2}$:

$$h = \frac{\alpha_1 - \alpha_2}{(\delta_1 - \gamma_1) - (\delta_2 - \gamma_2)} = \delta_1 - \gamma_1, l_1 = h(\delta_1 - \gamma_1), l_2 = \beta_2 - \alpha_1 - l_1, l_3 = \gamma_2 - \beta_1, l_4$$

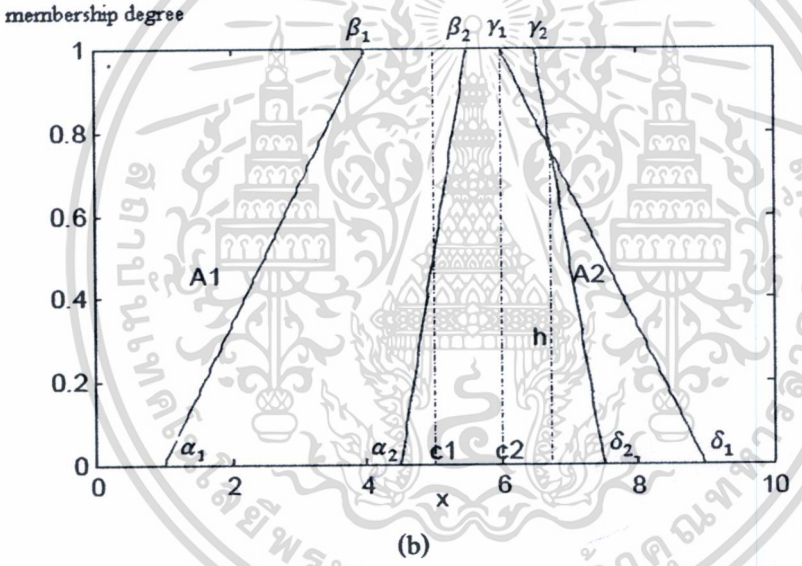
ดังนั้นจะได้ $H = l_1 h + l_2(h + 1) + 2l_3 + l_4$ และ

$$S = \frac{H}{2(w_1 + w_2) - H} \tag{2.7}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a)

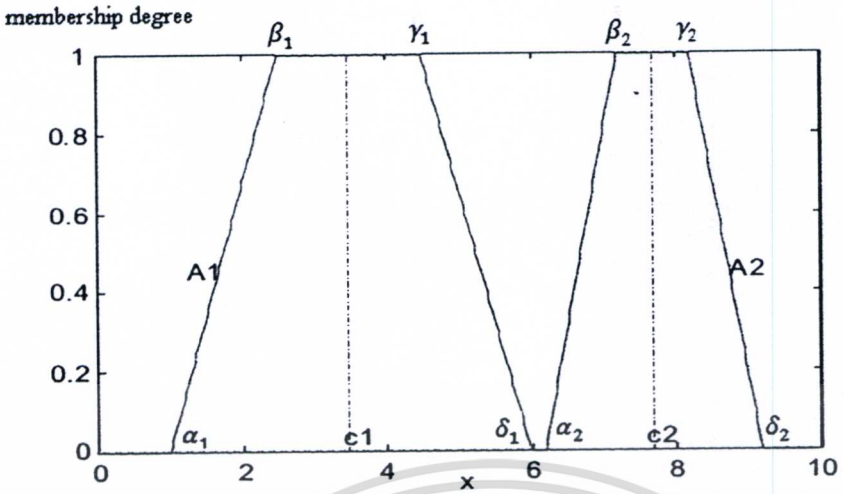


(b)

รูปที่ 2.6 ความคล้ายคลึง (Similarity) ของ 2 ฟัซซีเซตใด ๆ สำหรับกรณีที่ 3

<u>กรณีที่ 4</u> $(\delta_1 \leq \alpha_2)$ สำหรับกรณีนี้ จะไม่มีส่วนที่ซ้อนทับกันระหว่างฟังก์ชันสมาชิกของ A_1 และ A_2 แสดงดังรูปที่ 2.7 ดังนั้น $|A_1 \cap A_2| = 0$ และ $S(A_1, A_2) = 0$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 ความคล้ายคลึง (Similarity) ของ 2 ฟัซซีเซตใด ๆ สำหรับกรณีที่ 4

2.2 ฐานข้อมูลฟัซซี (Fuzzy Database)

2.2.1 ความหมายของฐานข้อมูลฟัซซี

ฐานข้อมูลฟัซซี (Fuzzy Database) คือ ฐานข้อมูลซึ่งสามารถทำงานร่วมกับความไม่แน่นอนหรือความไม่สมบูรณ์ของข้อมูลโดยการใช้ฟัซซีลอจิก หรือถ้ากล่าวแบบง่าย ๆ ก็คือ ฐานข้อมูลฟัซซี คือ ฐานข้อมูลที่ประกอบด้วยฟัซซีแอททริบิวต์ ที่ยอมให้มีการเก็บข้อมูลที่เป็นฟัซซีได้ [1]

2.2.2 ฟัซซีกับฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์

2.2.2.1 เทคนิคสำหรับการพัฒนาความเป็นฟัซซีในฐานข้อมูล

จากงานวิจัย [2] ที่เกี่ยวข้องกับฐานข้อมูลฟัซซี ได้มีการแบ่งประเภทของการจัดการกับความเป็นฟัซซีในฐานข้อมูลเป็น 2 ประเภท คือ

1) สามารถทำฟัซซีคิวรี่ไปยังฐานข้อมูลปกติ (จะกล่าวในหัวข้อที่ 2.2.2.3)

2) สามารถเพิ่มข้อมูลที่เป็นฟัซซีเข้าไปในระบบ (จะกล่าวในหัวข้อที่ 2.2.2.4)

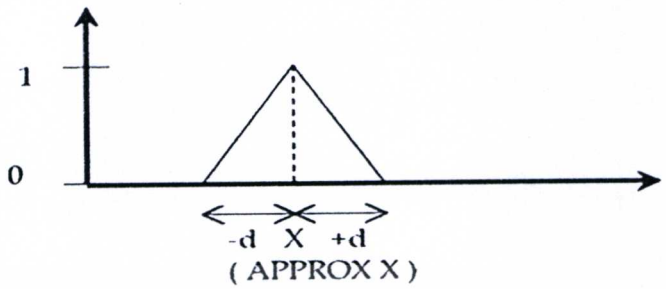
2.2.2.2 ประเภทของข้อมูล

1) ชนิดชัดเจน (Crisp) : ไม่มีความคลุมเครือในข้อมูล เช่น X = 13, Temperature = $90^{\circ}C$

2) ชนิดฟัซซี (Fuzzy) : มีความคลุมเครือในข้อมูลและสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

● ค่าประมาณ (Approximate Value) เป็นข้อมูลที่คลุมเครือโดยไม่สมบูรณ์ จะวิเคราะห์ได้ในรูปแบบการกระจายความเป็นไปได้แบบรูปสามเหลี่ยม แสดงดังรูปที่ 2.8

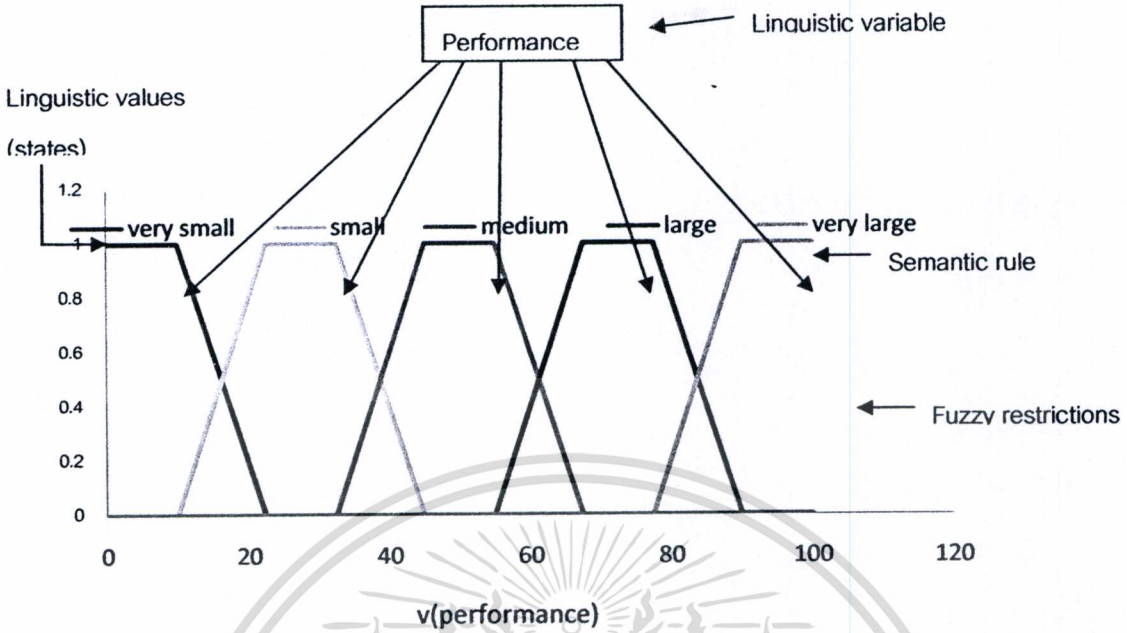


รูปที่ 2.8 การกระจายความเป็นไปได้ (possibility distribution) ของค่าประมาณ

จากรูปที่ 2.8 พารามิเตอร์ d คือระยะของค่าที่เข้าใกล้ค่าจริง

● พจน์ภาษา (Linguistic term) ฟัซซีเซตถูกนำไปใช้ในการแทนแนวคิดของภาษา เช่น 'very small', 'small', 'medium' และอื่น ๆ ซึ่งเรียกคำเหล่านี้ว่าค่าของตัวแปรภาษา (linguistic variable) หรือพจน์ภาษา (linguistic term) แต่ละตัวแปรภาษาถูกนิยามเป็น 5 tuple (quintuple) คือ (x, T(x), U, g, m) โดยที่ x เป็นชื่อของตัวแปรภาษา, T(x) เป็นพจน์ภาษา (linguistic term) ของตัวแปรภาษา x ในเซตสากล U, g เป็น syntactic rule ที่ใช้ในการสร้างพจน์ภาษา และ m เป็นฟัซซีเซตที่อยู่บนเซตสากล U นั่นคือ m= $T \rightarrow \tilde{P}(U)$ ตัวอย่างของตัวแปรภาษาแสดงดังรูปที่ 2.9 ซึ่งมีตัวแปรภาษาชื่อ หรือ x คือ 'performance' และ T(x) หรือพจน์ภาษา คือ 'very small', 'small', 'medium', 'large' และ 'very large' และแต่ละพจน์ภาษาถูกส่งทอดไปที่ฟัซซีเซตทั้ง 5 โดยที่มีเซตสากลเป็น [0, 100]

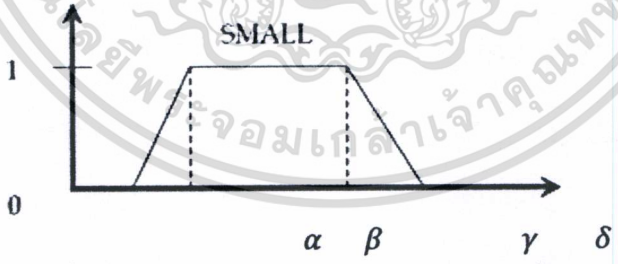
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 ตัวอย่างของตัวแปรภาษา

ข้อมูลในกรณีนี้จะคลุมเครือโดยสมบูรณ์และจะสัมพันธ์กับฟัซซีเซต ซึ่งพจน์ภาษาก็คือชื่อของฟัซซีเซต เช่น X is small, Temperature is High

ข้อมูลนี้จะถูกวิเคราะห์ได้ในรูปแบบการกระจายความเป็นไปได้แบบรูปสี่เหลี่ยมคางหมู (trapezoid) แสดงดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 การกระจายความเป็นไปได้ (possibility distribution) ของพจน์ภาษา SMALL สำหรับตัวแปรภาษา HEIGHT

มี 4 พารามิเตอร์ที่สัมพันธ์กับพจน์ภาษาคือ $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ แสดงดังรูปที่ 2.10 สำหรับช่วง $[\beta, \gamma]$ มีค่าความเป็นสมาชิกเท่ากับ (membership value) 1.0 ในขณะที่ช่วง $[\alpha, \beta]$ และ $[\gamma, \delta]$ มีค่าความเป็นสมาชิกในช่วง [0.0, 1.0]

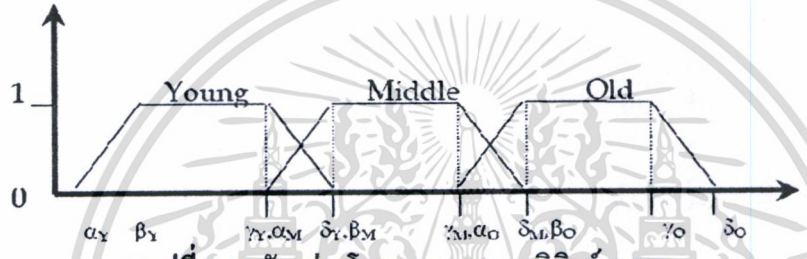
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.3 <u>เทคนิคที่ 1</u> การคิวรี่แบบฟัซซีไปยังฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์

● โมเดลที่นำเสนอ

เทคนิคที่ 1 เป็นการขยายความเป็นฟัซซีให้กับโมเดลของฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์โดยการเพิ่มความสามารถให้กับคิวรี่ คือจะทำการคิวรี่โดยใช้เงื่อนไขที่เป็นฟัซซีได้ ข้อจำกัดที่เกิดขึ้นบนระบบแบบนี้ก็คือการที่ไม่ได้ทำการขยายความเป็นฟัซซีไปในฐานข้อมูลโดยตรง ดังนั้นฐานข้อมูลภายใต้ระบบนี้ความเป็นฟัซซีจะถูกจัดการได้แค่เพียงในคิวรี่เท่านั้น

ในการจัดการความเป็นฟัซซี ได้แนะนำไว้ดังข้างต้น จะขอยกตัวอย่างโดเมนของแอททริบิวต์ AGE ซึ่งมี YOUNG, MIDDLE และ OLD ถูกกำหนดดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 ตัวอย่างโดเมนของแอททริบิวต์ AGE

สำหรับตัวอย่างฐานข้อมูล จะยกตัวอย่างฐานข้อมูลนักเรียน ซึ่งมีตาราง STUDENTS1 โดยมีแอททริบิวต์ต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างข้อมูลในตารางที่ปรากฏในฐานข้อมูลนักเรียน (STUDENTS1)

Name	Age	Course	Percentage	Absences
Ankit	19	12	83	13
Anuj	17	10	80	9
Sumit	18	11	83	6
Rahul	19	12	56	12
Bishop	19	12	65	32
Neha	18	11	77	23
Malini	17	10	69	10
Rocky	16	9	79	13
Sandeep	19	12	75	6
Nagesh	19	12	83	6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

● **Meta Table**

Meta Table เป็นตารางที่จัดเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับค่าที่ใช้นิยามค่าของพจน์ภาษาฟัซซี ในระดับของ Meta Table สำหรับเทคนิคที่ 1 นั้นจำเป็นที่จะต้องมีตาราง LABELS ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 LABELS

Label	Column_Name	Alpha	Beta	Gamma	Delta

ตารางนี้เก็บข้อมูลของฟัซซีเซตทั้งหมดที่นิยามบนโดเมนของแอททริบิวต์ทั้งหมด โดยแต่ละคอลัมน์ในตารางนี้ คือ

- **Label** : เก็บพจน์ภาษาที่สัมพันธ์กับฟัซซีเซต
- **Column_Name** : เก็บตัวแปรภาษาที่สัมพันธ์กับพจน์ภาษาที่กำหนด
- **Alpha/Beta/Gamma/Delta** : เก็บค่าช่วงของฟัซซีเซตดังรูปที่ 2.10

● **การพัฒนา**

หลักสำคัญในการพัฒนาระบบนี้คือการส่งอินพุทที่เป็นฟัซซีคิวรี่

จากฐานข้อมูลสำหรับระบบนี้คือฐานข้อมูลชัดเจน (crisp database) นั่นก็คือไม่มีข้อมูลฟัซซีเก็บอยู่ในฐานข้อมูล การคิวรี่ INSERT จะไม่เปลี่ยนแปลง

นอกเหนือจาก INSERT จะเป็นไปดังนี้

ระหว่างการส่งค่าคิวรี่ คิวรี่จะถูกส่งและแบ่งออกดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1: ชนิดของคิวรี่ คืออันใดอันหนึ่งของ SELECT, DELETE หรือ UPDATE

ขั้นตอนที่ 2: แอททริบิวต์ผลลัพธ์ เป็นแอททริบิวต์ซึ่งจะถูกแสดง เกิดขึ้นในกรณีของ SELECT

ขั้นตอนที่ 3: ตารางเป้าหมายต่าง ๆ ก็คือตารางที่เกี่ยวข้องกับในคิวรี่

ขั้นตอนที่ 4: เงื่อนไขจะทำการแบ่งคิวรี่ย่อย (sub-divided) ไปในคิวรี่แอททริบิวต์ (แอททริบิวต์ที่ถูกคิวรี่) และพจน์ภาษา ถ้าเงื่อนไขไม่ใช่ฟัซซีไม่จำเป็นต้องทำการแบ่งคิวรี่ย่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

105489

2.2.2.4 <u>เทคนิคที่ 2</u> การขยายฟัซซีไปในฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์

● โมเดลที่นำเสนอ

จากหัวข้อก่อนหน้า ได้ทำการอธิบายการคิวรี่แบบคลุมเครือหรือฟัซซีคิวรี่สามารถถูกใช้ในฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ แต่จากนี้ไปจะแสดงการออกแบบฐานข้อมูลฟัซซีเชิงสัมพันธ์ (Fuzzy Relational Database) ซึ่งไม่เพียงแต่มีฟัซซีคิวรี่เท่านั้น แต่จะสามารถทำการเก็บข้อมูลฟัซซีลงในฐานข้อมูลนี้ได้อีกด้วย

วิเคราะห์จากฐานข้อมูลเดิมในหัวข้อ 2.2.2.3 ตารางที่ 2.1 ซึ่งจะปรับเปลี่ยนให้แอททริบิวต์ AGE, PERCENTAGE และ ABSENCES สามารถเก็บข้อมูลที่เป็นฟัซซีได้ โดยที่ยังคงเก็บค่าชัดเจน (crisp) ได้อีกด้วย

อ้างอิงไปยังหัวข้อประเภทข้อมูล หัวข้อที่ 2.2.2.2 แอททริบิวต์ในฐานข้อมูลนี้จะถูกกำหนดเป็น 2 ชนิดคือ

ชนิดที่ 1 : แอททริบิวต์ที่สามารถเก็บได้เพียงค่าชัดเจน (crisp)

ชนิดที่ 2 : แอททริบิวต์ที่เป็นฟัซซีแอททริบิวต์ สามารถเก็บได้ทั้งค่าชัดเจน (crisp) ค่าประมาณ และพจน์ภาษา

สำหรับตัวอย่างฐานข้อมูล จะยกตัวอย่างฐานข้อมูลนักเรียน ซึ่งมีตาราง STUDENTS2 โดยมีแอททริบิวต์ต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ตัวอย่างข้อมูลในตารางที่ปรากฏในฐานข้อมูลนักเรียน (STUDENTS2)

Name	Age	Course	Percentage	Absences
Ankit	OLD	12	GOOD	13
Anuj	MIDDLE	10	80	9
Sumit	18	11	83	LOW
Rahul	OLD	12	BAD	12
Bishop	19	12	65	HIGH
Neha	18	11	AVERAGE	23
Malini	17	10	69	10
Rocky	MIDDLE	9	79	13
Sandeep	APPROX 19	12	APPROX 75	APPROX 6
Nagesh	APPROX 19	12	83	APPROX 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

● **Meta Table**

สำหรับกรณีนี้ ในระดับของ Meta Table นั้น ต้องการ 3 ตาราง ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 (ก) COLUMNS_IN_DB

Column_Name	Type

ตารางนี้เก็บชนิดของแอททริบิวต์ (ชัดเจน(crisp)หรือฟัซซี) ทั้งหมดในตาราง โดยในแต่ละแอททริบิวต์ของตารางนี้จะอธิบายดังต่อไปนี้

- **Column_Name** : แต่ละ tuple จะสอดคล้องกับแอททริบิวต์ในตาราง **STUDENTS**
- **Type** : เก็บชนิดของแอททริบิวต์ที่สอดคล้องกับแอททริบิวต์นั้น มี 2 ค่าคือ 1 และ 2 (ค่าชัดเจน (crisp) และฟัซซี ตามลำดับ)

ตารางที่ 2.4 (ข) APPROXIMATE_VALUES_TABLE

Column_Name	Margin

ตารางนี้จะเก็บพารามิเตอร์ d ที่แสดงดังรูปที่ 2.8 และในแต่ละแอททริบิวต์ของตารางนี้จะอธิบายดังต่อไปนี้

- **Column_Name** : เป็น foreign key ที่สอดคล้องกับในตาราง **COLUMNS_IN_DB** ตารางที่ 2.4 (ก)
- **Margin** : เก็บพารามิเตอร์ d

ตารางที่ 2.4 (ค) LABELS

Label	Column_Name	Alpha	Beta	Gamma	Delta

ตารางนี้เก็บข้อมูลของฟัซซีเซตทั้งหมด ที่นิยามบนโดเมนของแอททริบิวต์ทั้งหมดตามพารามิเตอร์ $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ จากรูปที่ 2.10 และในแต่ละแอททริบิวต์ของตารางนี้จะอธิบายดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **Label** : เก็บพจน์ภาษาที่สัมพันธ์กับฟัซซีเซต
- **Column_Name** : เป็น foreign key ที่สอดคล้องกับในตาราง **COLUMNS_IN_DB** ตารางที่ 2.4 (ก)
- **Alpha / Beta/ Gamma / Delta** : สอดคล้องกับพารามิเตอร์ $\alpha, \beta, \gamma, \delta$

● **การพัฒนา**

ระหว่างการส่งค่าคิวรี่ คิวรี่จะถูกส่งและแบ่งออกดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1: ชนิดของคิวรี่ คืออันใดอันหนึ่งของ INSERT, SELECT, DELETE หรือ UPDATE

ขั้นตอนที่ 2: แอททริบิวต์ผลลัพธ์ เป็นแอททริบิวต์ซึ่งจะถูกแสดง เกิดขึ้นในกรณีของ SELECT

ขั้นตอนที่ 3: ตารางเป้าหมายต่าง ๆ ก็คือตารางที่เกี่ยวข้องกับในคิวรี่

ขั้นตอนที่ 4: เงื่อนไขจะทำการแบ่งคิวรี่ย่อย (sub-divided) ไปในคิวรี่แอททริบิวต์ (แอททริบิวต์ที่ถูกคิวรี่) หรือพจน์ภาษา หรือค่าประมาณ ถ้าเงื่อนไขไม่ใช่ฟัซซีไม่จำเป็นต้องทำการแบ่งย่อยคิวรี่

2.2.2.5 ภาษาสำหรับการจัดการฐานข้อมูลฟัซซี (FSQL : Fuzzy Standard Query Language)

ภาษา FSQL [4],[5] ขยายมาจากภาษา SQL คือภาษาที่ขยายมาจากภาษา SQL ซึ่งอนุญาตให้คิวรี่โดยมีเงื่อนไขที่มีความยืดหยุ่นคลุมเครือได้ จึงได้ปรับปรุงเพิ่มเติมส่วนคำสั่ง SELECT ในการที่จะส่งคิวรี่ที่มีความยืดหยุ่นคลุมเครือ และเนื่องจากรูปแบบที่ซับซ้อน ซึ่งจากงานวิจัยเกี่ยวกับ FSQL เหล่านี้ได้เสนอส่วนเพิ่มเติมจาก SQL ปกติดังต่อไปนี้

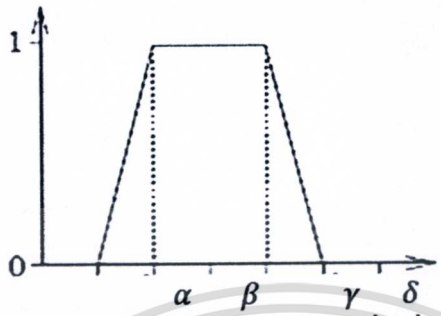
● **สัญลักษณ์ทางภาษา (Linguistic Labels)**

สำหรับแอททริบิวต์ใด ๆ ที่มีความสามารถในการเป็นฟัซซี จะต้องมีการกำหนดพจน์ภาษาที่ตัวแอททริบิวต์นั้น โดยที่พจน์เหล่านี้จะขึ้นต้นด้วย $ เพื่อให้เห็นความแตกต่าง ในที่นี้ได้แบ่งพจน์ออกเป็น 2 ประเภทโดยใช้ในชนิดของฟัซซี แอททริบิวต์ที่แตกต่างกัน

1) พจน์สำหรับแอททริบิวต์บนฟัซซีโดเมนที่มีการเรียงลำดับ โดยทุก ๆ พจน์นั้นจะสัมพันธ์กับการกระจายความเป็นไปได้รูปสี่เหลี่ยมคางหมู (Trapezoidal Possibility Distribution) แสดงดังรูปที่ 2.12 ตัวอย่างเช่น กำหนดพจน์เป็น $Very_Short, $Short, $Normal, $Tall

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ $Very_Tall ในแอททริบิวต์ Height ของ Person และกำหนด possibility distribution ของพจน์ $Tall เป็น $\alpha = 175, \beta = 180, \gamma = 195, \delta = 200$ (ในหน่วยเซนติเมตร)



รูปที่ 2.12 การกระจายความเป็นไปได้รูปสี่เหลี่ยมคางหมู

2) พจน์สำหรับแอททริบิวต์บนฟัซซีโดเมนไม่เรียงลำดับ ประเภทนี้จะใช้ความสัมพันธ์ความคล้ายคลึง (similarity relation) กำหนดระหว่าง 2 พจน์ในโดเมนนั้นๆ ดีกรีของความคล้ายคลึง (similarity degree) จะมีค่าในช่วง [0,1] ตัวอย่างเช่น แอททริบิวต์ Hair_Colour ของ Person กำหนดพจน์เป็น $Fair และ $Red_Haired มีค่า similarity degree เท่ากับ 0.6 เป็นต้น

- **ตัวเปรียบเทียบทางฟัซซี (Fuzzy Comparators)**

นอกเหนือจากตัวการเปรียบเทียบปกติ (=, < ...) FSQL ยังได้รวบรวมตัวเปรียบเทียบทางฟัซซีแสดงดังในตารางที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

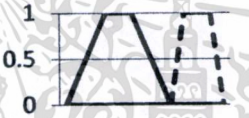
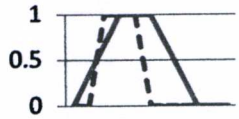
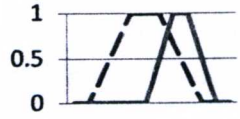
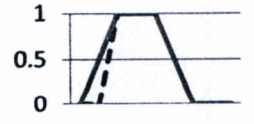
ตารางที่ 2.5 ตัวเปรียบเทียบทางฟัซซีสำหรับ FSQL[4]

Possibility	Necessity	Significance
FEQ or F= FDIF, F! = or F<>	NFEQ or NF= NFDIF, NF! Or NF<>	Possibly/Necessarily Fuzzy Equal than … Possibly/Necessarily Fuzzy Different to …
FGT or F> FGEQ or F>=	NFGT or NF> NFGEQ or NF>=	Possibly/Necessarily Fuzzy Greater than … Possibly/Necessarily Fuzzy Greater or Equal than …
FLT or F< FLEQ or F<=	NFLT or NF< NFLEQ or NF<=	Possibly/Necessarily Fuzzy Less Than … Possibly/Necessarily Fuzzy Less or Equal than …
MGT or F>> MLT or F<<	NMGT or NF>> NMLT or NF<<	Possibly/Necessarily Much Greater than … Possibly/Necessarily Much Less than …
FINCL	INCL	Fuzzy Included in … / Included in …

ตารางที่ 2.6 แสดงนิยามสำหรับตัวเปรียบเทียบทางฟัซซีทั้งหมดใน Possibility/Necessity family สำหรับฟัซซีแอททริบิวต์ชนิดที่เป็นค่าชัดเจน (crisp) และพจน์สำหรับแอททริบิวต์บนฟัซซีโดเมนที่มีการเรียงลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับฟังก์ชันรูปสี่เหลี่ยมคางหมูดังรูปที่ 2.13

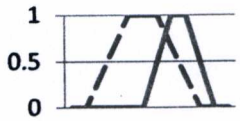
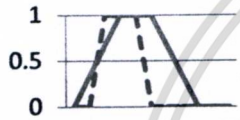
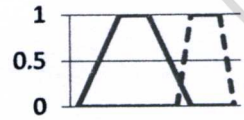
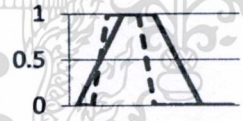
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 นิยามสำหรับตัวเปรียบเทียบทางฟัซซีโดยการอ้างอิงการกระจายความเป็นไปได้รูปสี่เหลี่ยมคางหมู : A และ B (รูปที่ 2.13) [4]

F_Comp	**Possibility operators** **CDEG(A F_Comp B)**	**Necessity operators** **CDEG(A F_Comp B)**
FEQ NFEQ	$= \sup_{d \in U} \min(A(d), B(d))$ ซึ่ง U คือ Domain ของ A และ B A(d) คือ possibility degree สำหรับ $d \in U$ ใน distribution A	$= \inf_{d \in U} \max(1 - A(d), B(d))$ ซึ่ง U คือ Domain ของ A และ B A(d) คือ possibility degree สำหรับ $d \in U$ ใน distribution A
FDIF NFDIF	$= 1 - CDEG(A\ NFEQ\ B)$	$= 1 - CDEG(A\ NFEQ\ B)$
FGT NFGT	$= \begin{cases} 1 & \text{ถ้า } \gamma_A \geq \delta_B \\ \frac{\delta_A - \gamma_B}{(\delta_B - \gamma_B) - (\gamma_A - \delta_A)} & \text{ถ้า } \gamma_A < \delta_B \,\&\, \delta_A > \gamma_B \\ 0 & \text{อื่น ๆ} \end{cases}$ *Example* $\gamma_A \geq \delta_B$ $\gamma_A < \delta_B \,\&\, \delta_A > \gamma_B$	$= \begin{cases} 1 & \text{ถ้า } \alpha_A \geq \delta_B \\ \frac{\beta_A - \gamma_B}{(\delta_B - \gamma_B) - (\alpha_A - \beta_A)} & \text{ถ้า } \alpha_A < \delta_B \,\&\, \beta_A > \gamma_B \\ 0 & \text{อื่น ๆ} \end{cases}$ *Example*  $\alpha_A \geq \delta_B$ $\alpha_A < \delta_B \,\&\, \beta_A > \gamma_B$
FGEQ NFGEQ	$= \begin{cases} 1 & \text{ถ้า } \gamma_A \geq \beta_B \\ \frac{\delta_A - \alpha_B}{(\beta_B - \alpha_B) - (\gamma_A - \delta_A)} & \text{ถ้า } \gamma_A < \beta_B \,\&\, \delta_A > \gamma_B \\ 0 & \text{อื่น ๆ} \end{cases}$ *Example*  $\gamma_A \geq \beta_B$  $\gamma_A < \beta_B \,\&\, \delta_A > \gamma_B$	$= \begin{cases} 1 & \text{ถ้า } \alpha_A \geq \beta_B \\ \frac{\beta_A - \alpha_B}{(\beta_B - \alpha_B) - (\alpha_A - \beta_A)} & \text{ถ้า } \alpha_A < \beta_B \,\&\, \beta_A > \alpha_B \\ 0 & \text{อื่น ๆ} \end{cases}$ *Example* $\alpha_A \geq \beta_B$  $\alpha_A < \beta_B \,\&\, \beta_A > \alpha_B$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 (ต่อ) นิยามสำหรับตัวเปรียบเทียบทางฟัซซีโดยการอ้างอิงการกระจายความเป็นไปได้รูปสี่เหลี่ยมคางหมู : A และ B (รูปที่ 2.13) [4]

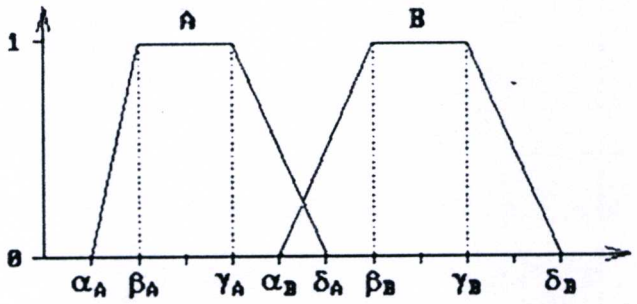
F_Comp	**Possibility operators** **CDEG(A F_Comp B)**	**Necessity operators** **CDEG(A F_Comp B)**
FLT NFLT	$= \begin{cases} 1 & \text{ถ้า } \beta_A \le \alpha_B \\ \dfrac{\alpha_A - \beta_B}{(\alpha_B - \beta_B) - (\beta_A - \alpha_A)} & \text{ถ้า } \beta_A > \alpha_B \,\&\, \alpha_A < \beta_B \\ 0 & \text{อื่น ๆ} \end{cases}$ *Example*  $\beta_A \le \alpha_B$  $\beta_A > \alpha_B \,\&\, \alpha_A < \beta_B$	$= \begin{cases} 1 & \text{ถ้า } \delta_A \le \alpha_B \\ \dfrac{\gamma_A - \beta_B}{(\alpha_B - \beta_B) - (\delta_A - \gamma_A)} & \text{ถ้า } \delta_A > \alpha_B \,\&\, \gamma_A < \beta_B \\ 0 & \text{อื่น ๆ} \end{cases}$ *Example* $\delta_A \le \alpha_B$ $\delta_A > \alpha_B \,\&\, \gamma_A < \beta_B$
FLEQ NFLEQ	$= \begin{cases} 1 & \text{ถ้า } \beta_A \le \gamma_B \\ \dfrac{\delta_B - \alpha_A}{(\beta_A - \alpha_A) - (\gamma_B - \delta_B)} & \text{ถ้า } \beta_A > \gamma_B \,\&\, \alpha_A < \delta_B \\ 0 & \text{อื่น ๆ} \end{cases}$ *Example* $\beta_A \le \gamma_B$  $\beta_A > \gamma_B \,\&\, \alpha_A < \delta_B$	$= \begin{cases} 1 & \text{ถ้า } \alpha_A \le \gamma_B \\ \dfrac{\gamma_A - \delta_B}{(\gamma_B - \delta_B) - (\delta_A - \gamma_A)} & \text{ถ้า } \delta_A > \gamma_B \,\&\, \gamma_A < \delta_B \\ 0 & \text{อื่น ๆ} \end{cases}$ *Example*  $\alpha_A \le \gamma_B$ $\delta_A > \gamma_B \,\&\, \gamma_A < \delta_B$
MGT NMGT	$= \begin{cases} 1 & \text{ถ้า } \gamma_A \ge \delta_B + M \\ \dfrac{\gamma_B + M - \delta_A}{(\beta_A - \alpha_A) - (\gamma_B - \delta_B)} & \text{ถ้า } \gamma_A < \delta_B + M \,\&\, \delta_A > \gamma_B + M \\ 0 & \text{อื่น ๆ} \end{cases}$	$= \begin{cases} 1 & \text{ถ้า } \alpha_A \ge \delta_B + M \\ \dfrac{\gamma_B + M - \beta_A}{(\alpha_A - \beta_A) - (\delta_B - \gamma_B)} & \text{ถ้า } \alpha_A < \delta_B + M \,\&\, \beta_A > \gamma_B + M \\ 0 & \text{อื่น ๆ} \end{cases}$
MLT NMLT	$= \begin{cases} 1 & \text{ถ้า } \beta_A \le \alpha_B - M \\ \dfrac{\beta_B - M - \alpha_A}{(\beta_A - \alpha_A) - (\alpha_B - \beta_B)} & \text{ถ้า } \beta_A > \alpha_B - M \,\&\, \alpha_A < \beta_B - M \\ 0 & \text{อื่น ๆ} \end{cases}$	$= \begin{cases} 1 & \text{ถ้า } \delta_A \le \alpha_B - M \\ \dfrac{\beta_B - M - \gamma_A}{(\delta_A - \gamma_A) - (\alpha_B - \beta_B)} & \text{ถ้า } \delta_A > \alpha_B - M \,\&\, \gamma_A < \beta_B - M \\ 0 & \text{อื่น ๆ} \end{cases}$

- - - - ฟัซซีเซต A

——— ฟัซซีเซต B

M คือ minimum distance ในการวิเคราะห์ 2 แอททริบิวต์แบบ very

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 Trapezoidal Possibility Distribution : A และ B

● **Fulfillment threshold (γ)**

สำหรับในเงื่อนไขโดยทั่วไป Fulfillment threshold สามารถเขียนได้ในรูปแบบ

<condition> **THOLD** γ

เป็นตัวบอกว่าเงื่อนไขจะต้องเป็นจริงด้วยดีกรีน้อยที่สุดเท่ากับ $\gamma \in [0,1]$ คำสั่ง THOLD เป็นคำสั่งมาแทนที่ตัวเปรียบเทียบที่ชัดเจน (crisp) (=, <, >=, ...) เพิ่มความหมายของคิวรี่ โดยที่ THOLD เทียบเท่ากับการใช้ตัวเปรียบเทียบคือ >=

ตัวอย่างเช่น ใครบ้างที่มีผมสีบลอนด์ (fair-haired) (ด้วยดีกรีน้อยที่สุดเท่ากับ 0.5) และมีความสูงมากกว่า $Tall (ด้วยดีกรีน้อยที่สุดเท่ากับ 0.8) :

```
SELECT    *
FROM      Person
WHERE     Hair    FEQ    $Fair    THOLD 0.5
  AND     Height  FGT    $Tall    THOLD 0.8
```

● **ฟังก์ชัน CDEG(<attribute>)**

ฟังก์ชัน CDEG(<attribute>) แสดงคอลัมน์และ fulfillment degree ของเงื่อนไขของคิวรี่ สำหรับแอททริบิวต์ที่ระบุ ถ้ามีการใช้ลอจิกโอเปอร์เรเตอร์ (logic operators) เกิดขึ้น จะคำนวณค่าดีกรีความเข้ากันได้ (compatibility degree) ดังแสดงในตารางที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 การคำนวณสำหรับฟังก์ชัน CDEG ด้วยลอจิกโอเปอร์เรเตอร์ในภาษา FSQL

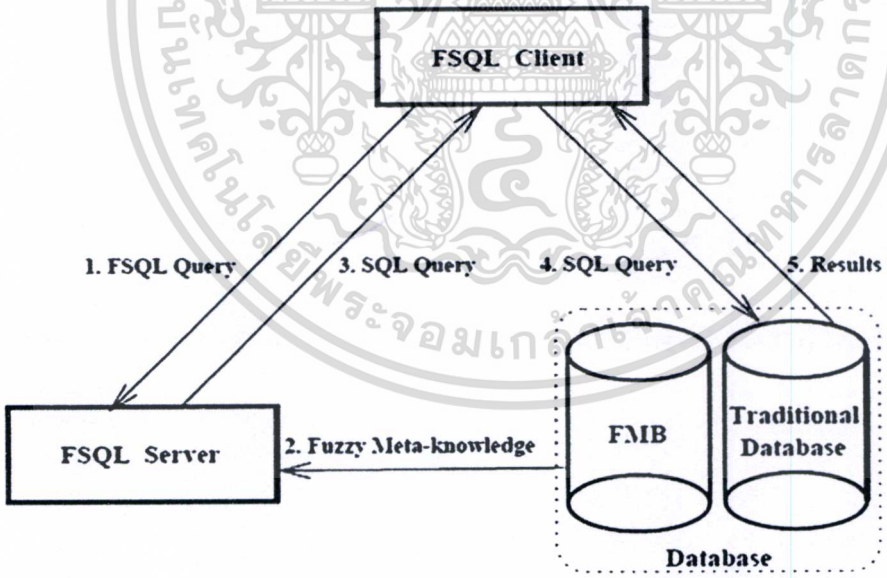
<Condition>	CDEG(<Condition>)
<cond1> AND <cond2>	Min(CDEG(<cond1>), CDEG(<cond2>))
<cond1> OR <cond2>	Max(CDEG(<cond1>), CDEG(<cond2>))
NOT <cond1>	1 – CDEG(<cond1>)

- **สัญลักษณ์ %**

% คล้ายคลึงกับ * ของภาษา SQL แต่ตัวนี้จะรวมเอาคอลัมน์ fulfillment degree แสดงออกมาด้วย จะพบฟังก์ชัน CDEG อยู่กับแต่ละและทุก ๆ ฟัซซีแอททริบิวต์ซึ่งปรากฏในเงื่อนไข จากในตัวอย่างของคิวรี่ ถ้าต้องการหาดีกรีของ CDEG(Hair) และ CDEG(Height) จะแทนที่ * ด้วย % และเขียนด้วยรูปแบบ [[scheme.]table.]% ดังตัวอย่างเช่น Person.%

- **สถาปัตยกรรมของ FSQL**

กระบวนการของ FSQL Server สรุปไว้ดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 สถาปัตยกรรมพื้นฐานสำหรับฐานข้อมูลฟัซซีเชิงสัมพันธ์

ขั้นตอนที่ 1: FSQL Client program ส่งคิวรี่ FSQL ไปยัง FSQL Server

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 2: FSQL Server จะทำการวิเคราะห์คิวรี่ และถ้าคิวรี่ถูกต้องก็จะทำการสร้างประโยค SQL โดยการใช้ข้อมูลจาก FMB (Fuzzy Meta-knowledge Base)

ขั้นตอนที่ 3: เมื่อสร้างประโยค SQL ได้แล้ว ตัว client program จะทำการรับประโยค SQL นั้น

ขั้นตอนที่ 4: Client program จะส่งคิวรี่ที่เป็น SQL ไปยังฐานข้อมูล ซึ่งอยู่ด้วยกันกับ FMB

ขั้นตอนที่ 5: สุดท้าย client จะรับข้อมูลผลลัพธ์และแสดงผลลัพธ์

2.2.2.6 รูปแบบคำสั่งการคิวรี่ในฐานข้อมูลฟัซซี

งานวิจัยส่วนใหญ่จะมีลักษณะของฐานข้อมูลฟัซซีเป็นไปในลักษณะที่สามารถเก็บค่าพจน์ภาษาฟัซซีลงไปในฐานข้อมูลได้ และมีการคิวรี่โดยมีเงื่อนไขที่เป็นฟัซซี ดังนั้นรูปแบบคำสั่งที่จะแสดงต่อไปนี้จะรองรับกับฐานข้อมูลฟัซซีรูปแบบดังกล่าว

การคิวรี่ของฐานข้อมูลฟัซซีเชิงสัมพันธ์ หลัก ๆ ก็คือ SELECT, INSERT, DELETE และ UPDATE ซึ่งจะทำการอธิบาย syntax เหล่านี้

SELECT

```
SELECT    <ATTRIBUTE1> [<ATTRIBUTE2>...]
FROM      <TABLE1> [<TABLE2>...]
[WHERE    <CONDITION1>[<THOLD x1>]
[<CON>    <CONDITION2>[<THOLD x2>]...]]
```

ซึ่ง CONDITION ถูกกำหนดดังต่อไปนี้

1) ATTRIBUTE relational operator CONSTANT
2) ATTRIBUTE1 relational/fuzzy operator ATTRIBUTE2
3) ATTRIBUTE fuzzy operator CLISP/FUZZY TERM

และ CON คือตัวเชื่อม 2 เงื่อนไขเข้าด้วยกัน นั่นคือ OR, AND

ตัวอย่างเช่น

```
SELECT    NAME
FROM      STUDENTS
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WHERE PERCENTAGE > 85

AND ABSENCES FEQ $LOW **THOLD** 0.8

THOLD ระบุค่า alpha cut คือค่าระดับความเป็นสมาชิกอย่างน้อยที่สุดที่จะยอมรับว่าเป็นคำตอบ

INSERT

ประโยค INSERT สามารถ insert ค่าที่ไม่ใช่ค่าชัดเจน (crisp) ลงในฐานข้อมูล โดยมี syntax ดังนี้

INSERT INTO<TABLE>

VALUES (<expression1> …)

ซึ่ง expression สามารถเป็นค่าประมาณและในทำนองเดียวกันก็สามารถเป็นพจน์ภาษาฟัซซีได้

ตัวอย่างเช่น

INSERT INTOSTUDAENTS

VALUES (“Ankit”, $OLD, 12, 85, APPROX 10)

DELETE

โครงสร้างของประโยค DELETE คือ

DELETE FROM <TABLE>

[**WHERE** <CONDITION1>[<**THOLD** x1>]

[<CON> <CONDITION2>[<**THOLD** x2>]…]]

ตัวอย่างเช่น

DELETE FROM STUDAENTS

WHERE PERCENTAGE FGT APPROX 85

AND ABSENCES FEQ $LOW **THOLD** 0.8

UPDATE

โครงสร้างของประโยค UPDATE คือ

UPDATE <TABLE>

SET <ATTRIBUTE1> = <expression1>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[<ATTRIBUTE2> = <expression2> ...]

[**WHERE** <CONDITION1>[<**THOLD** x1>]

[<**CON**> <CONDITION2>[<**THOLD** x2>] ...]]

ตัวอย่างเช่น

UPDATE STUDENTS

SET PERCENTAGE = GOOD

WHERE PERCENTAGE < 85

AND ABSENCES FEQ $LOW **THOLD** 0.8

ตัวอย่างเหล่านี้เป็นการทำงานที่เล็กที่สุด สามารถทำการเพิ่มเติมตามความต้องการ

2.3 ฐานข้อมูลเชิงเวลา (Temporal Database)

ในฐานข้อมูลแบบดั้งเดิม (non-temporal) จะเก็บเฉพาะข้อมูล ณ เวลาใดเวลาหนึ่งเท่านั้น ซึ่งปกติจะเป็นข้อมูลล่าสุด ในการเปลี่ยนแปลงข้อมูล ข้อมูลเก่าก็จะถูกเขียนทับโดยข้อมูลใหม่ การเรียกค้นข้อมูล จะเป็นการเรียกคนข้อมูลที่มีจริงขณะที่เรียกค้นเท่านั้น ถ้าจะเรียกค้นข้อมูลในอดีตจะไม่สามารถทำได้

ฐานข้อมูลเชิงเวลา (Temporal Database) คือ ฐานข้อมูลที่อ้างอิงข้อมูลกับเวลา ซึ่งเวลาที่เราสนใจนั้นไม่รวมถึงเวลาที่ผู้ใช้กำหนดขึ้น (User Define Time) [14]

2.3.1 ประเภทและความหมายของเวลา

ในฐานข้อมูลเชิงเวลานั้นจะมีการระบุเวลาเข้ากับฐานข้อมูล ซึ่งประเภทของเวลาที่ระบุในฐานข้อมูลมี 3 ประเภท คือ

2.3.1.1 Valid Time

ช่วงเวลาที่แสดงว่า fact นั้นเป็นจริง หรือช่วงเวลาที่ข้อมูลนั้นเป็นจริงในฐานข้อมูล ยกตัวอย่างเช่น มีพนักงาน ก. เข้าทำงานเมื่อวันที่ 1 มกราคม 2550 มีเงินเดือนเดือนละ 15000 บาท เมื่อวันที่ 1 มกราคม 2551 บริษัทปรับเงินเดือนให้เป็นเดือนละ 18000 บาทต่อเดือน ดังนั้นช่วงเวลา Valid Time ของข้อมูลของพนักงาน ก. ที่มีเงินเดือน 15000 บาท คือ 1 มกราคม 2550 ถึง 1 มกราคม 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.2 Transaction Time

คือเวลาที่ข้อมูลนั้นถูกบันทึกลงในฐานข้อมูล transaction time ส่วนใหญ่จะได้จาก DBMS และจะไม่สามารถแก้ไขข้อมูล transaction time ในอดีตได้เนื่องจากจะผิดกฎของเวลาที่ว่าเราไม่สามารถเปลี่ยนแปลงอดีตได้ ยกตัวอย่างเช่น ข้อมูลเงินเดือนของพนักงาน ก. เดือนละ 15000 บาท ต่อเดือนได้ถูกบันทึกเมื่อวันที่ 1 มกราคม 2550 ได้มีการวางแผนว่าจะปรับเงินเดือนให้เป็น 18000 บาทต่อเดือน ในวันที่ 1 มกราคม 2551 แต่ฝ่ายการเงินได้บันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 30 ธันวาคม 2550 ดังนั้น transaction time ของข้อมูลของพนักงาน ก. ที่มีเงินเดือน 15000 บาทต่อเดือน คือ 1 มกราคม 2550 ถึงวันที่ 30 ธันวาคม 2550 เป็นต้น เราสามารถนำ transaction time มาใช้เพื่อกำหนดช่วง transaction time ของแต่ละข้อมูลได้ เช่น ช่วงเวลาของ transaction time ของพนักงาน

2.3.1.3 User Define Time

เป็นเวลาที่อยู่ในรูปแบบที่เป็นส่วนหนึ่งของข้อมูล คือ ระบบจะมองเป็นแค่ข้อมูลธรรมดาถึงแม้จะมีประเภทข้อมูลเป็นเวลาก็ตาม ส่วนใหญ่จะเป็นข้อมูลที่มีค่าคงที่ ยกตัวอย่าง วันเกิด วันแต่งงาน วันเข้าทำงาน เป็นต้น

2.3.2 ประเภทของฐานข้อมูลเชิงเวลา

ฐานข้อมูลเชิงเวลา (Temporal Database) คือฐานข้อมูลที่สนับสนุนเวลาแบบต่าง ๆ ไม่รวมถึง User-Defined Time ฐานข้อมูล Valid Time และ Transaction Time ทำให้เกิดฐานข้อมูลเชิงเวลา ซึ่งเรียกตามชนิดการเก็บข้อมูลดังนี้คือ

2.3.2.1 Historical Database

เป็นฐานข้อมูลที่มีการเก็บข้อมูลโดยอ้างอิงกับ Valid Time ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงข้อมูลได้และในมุมมองของฐานข้อมูลเชิงเวลายังมองการทำแก้ไขข้อมูลในฐานข้อมูลชนิดนี้ได้เป็น 2 ลักษณะคือ

- ลักษณะทั่วไป คือการทำการแก้ไขข้อมูลในอดีตปัจจุบันหรืออนาคตก็ได้
- ลักษณะที่มีข้อจำกัด คือจะยอมให้มีการแก้ไขข้อมูลแบบปัจจุบันได้เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2.2 Rollback Database

จะเก็บเฉพาะ Transaction Time ในการเก็บจะไม่เก็บประวัติของข้อมูลโดยตรงแต่จะเก็บบัน ทึกเฉพาะเวลาของการเปลี่ยนแปลงข้อมูล Tuple จะไม่เปลี่ยนสถานะแต่จะมีข้อมูลใหม่ซ้ำสถานะจะไม่สามารถเปลี่ยนแปลงข้อมูลได้แต่จะเพิ่มข้อมูลได้ หรือจะเป็นการเก็บพฤติกรรมข้อมูล

2.3.2.3 Bitemporal Database

จะทำการเก็บทั้ง Transaction Time และ Valid Time ซึ่งจะทำให้ได้ทั้งพฤติกรรมข้อมูลและประวัติของข้อมูลซึ่งจะเป็นฐานข้อมูลที่ชัดเจนที่สุดในฐานข้อมูลเชิงเวลา

2.3.3 กฎบังคับความถูกต้องในฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ในรูปแบบฐานข้อมูลเชิงเวลา

กฎบังคับความถูกต้องในฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ในรูปแบบฐานข้อมูลเชิงเวลา คือ กฎที่ใช้บังคับความถูกต้องของข้อมูล โดยจะอาศัยส่วนประกอบสองอย่าง คือ ข้อมูลและเวลา มีอยู่ 2 ประเภทคือ Temporal Existential Integrity และ Temporal Referential Integrity Constraints

2.3.3.1 Temporal Existential Integrity

"แอททริบิวต์ที่ใช้เป็นคีย์หลักของข้อมูลจะต้องไม่มีค่าเป็น Null ในทุกช่วงเวลาของข้อมูล" ขยายความคือ Existential Integrity ในฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์แบบธรรมดา (non-temporal) จะเป็นกฎที่บังคับความสมบูรณ์ของข้อมูลในด้านเดียวคือในตารางเดียวกันห้ามมีคีย์หลักซ้ำกัน หรือมีค่าเป็น Null แต่ในฐานข้อมูลเชิงเวลา กฎนี้จะนำข้อมูลเชิงเวลามาอ้างอิงด้วย ยกตัวอย่างดังแสดงในตารางที่ 2.8 โดยกำหนดให้ E# เป็นคีย์หลัก ซึ่งแม้จะมีคีย์หลักซ้ำกันในสองแถวแรกแต่อยู่คนละช่วงเวลา จึงสามารถบันทึกข้อมูลได้โดยไม่ผิดกฎบังคับความสมบูรณ์ของข้อมูล เป็นต้น

ตารางที่ 2.8 ตัวอย่างตารางข้อมูลในฐานข้อมูลเชิงเวลา

E#	Start	End
121	10	12
121	14	Now
133	23	30
147	18	Now

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3.2 Temporal Referential Integrity

"คือ กฎที่ใช้บังคับสำหรับการอ้างอิงข้อมูล โดยข้อมูลที่อ้างอิงนั้น ต้องสัมพันธ์กับข้อมูลของคีย์หลัก และต้องอยู่ในช่วงเวลาของคีย์หลักที่ใช้อ้างอิงด้วย" ซึ่งต้องอาศัยส่วนประกอบสองส่วน คือ ข้อมูลและเวลา เพื่อใช้อ้างอิงข้อมูล จะแบ่งออกได้เป็น 2 กรณี คือ

- กรณีที่ทั้งตารางที่เป็นคีย์หลักเป็นตารางที่สนับสนุน Valid Time แล้ว ตารางที่อ้างถึงข้อมูลต้องเป็นตารางที่สนับสนุน Valid Time แล้วเท่านั้น และข้อมูลที่อ้างถึงนั้นต้องอยู่ในช่วงเวลาของคีย์หลักเท่านั้น
- กรณีที่ตารางที่เป็นคีย์หลักเป็นตารางที่ไม่ได้สนับสนุน Valid Time แล้ว จะไม่สนใจเวลาสามารถอ้างถึงข้อมูลนั้นได้เลย

2.3.4 การจัดการข้อมูล [8]

2.3.4.1 การ Retrieve data

ลักษณะของการคิวรี่ในฐานข้อมูลเชิงเวลา ได้แก่

- **Current Retrieve** ในฐานข้อมูลเชิงเวลาหากต้องการถามคำถามแบบอ้างอิงปัจจุบัน จะมีลักษณะการใช้คำสั่งที่ต้องระบุเวลาสิ้นสุดของข้อมูลที่ต้องการให้เป็นค่าที่มากที่สุดของช่วงเวลา เช่นถามว่า "ปัจจุบันนาย ก. ได้รับเงินเดือนเท่าไร"
- **Sequenced Retrieve** คำถามแบบนี้จะแสดงทุกช่วงเวลาของข้อมูลที่เราต้องการ เช่นถามว่า "ในปี ค.ศ.2000 ถึง ปี ค.ศ.2005 นาย ก. ได้รับเงินเดือนเท่าไร" โดยในการคิวรี่ต้องแสดงเวลาด้วย
- **Non-sequenced Retrieve** คำถามแบบนี้เป็นการอยากรู้ข้อมูลมากกว่าเวลา คือแสดงข้อมูลที่ต้องการทุกช่วงเวลาที่ต้องการ แต่ไม่ได้แสดงเวลากำกับ เช่นถามว่า "ในปี ค.ศ.2000 ถึง ปี ค.ศ.2005 นาย ก. ได้รับเงินเดือนเท่าไร" โดยในการคิวรี่ไม่ต้องแสดงเวลา

2.3.4.2 การ Retrieve data แบบ Temporal Joins

- **Current Retrieve** ในกรณีที่ต้องการอ้างอิงถึงข้อมูลที่มีช่วงเวลาอยู่ในปัจจุบัน เช่นถามว่า "ปัจจุบันใครบ้างที่ได้รับเงินเดือนเท่ากัน"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **Sequenced Retrieve** เช่นถามว่า "ในอดีตถึงปัจจุบันมีใครบ้างที่เคยได้รับเงินเดือนเท่ากัน" ในกรณีนี้ต้องการอ้างอิงข้อมูลตามช่วงเวลาทั้งหมด ซึ่งจะมีกรณีในการตรวจสอบ 4 กรณีดังรูปที่ 2.15

รูปที่ 2.15 แผนภาพแสดงเงื่อนไขกรณี Sequenced Queries

- **Non-sequenced Retrieve** เช่นถามว่า "มีใครบ้างที่เงินเดือนเท่ากัน" เงินเดือนเท่ากันในที่นี้อาจจะอยู่คนละช่วงเวลาก็ได้ คำถามนี้จะไม่สนใจคอลัมน์ที่เป็น time stamp

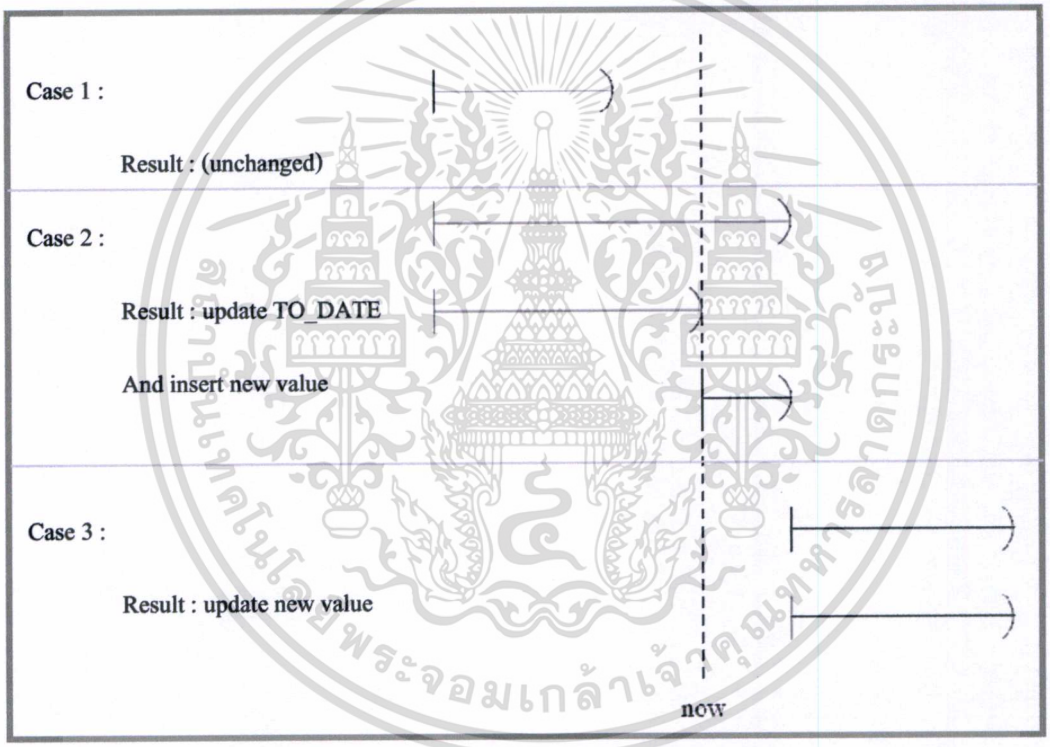
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4.3 การ INSERT

- **Current Insert** คือการเพิ่มข้อมูลโดยอ้างอิงเวลาของข้อมูลเป็นจริงตั้งแต่ปัจจุบันเป็นต้นไป
- **Sequenced Insert** คือการเพิ่มข้อมูลโดยข้อมูลจะเป็นจริงตามช่วงเวลาที่กำหนด

2.3.4.4 การ UPDATE

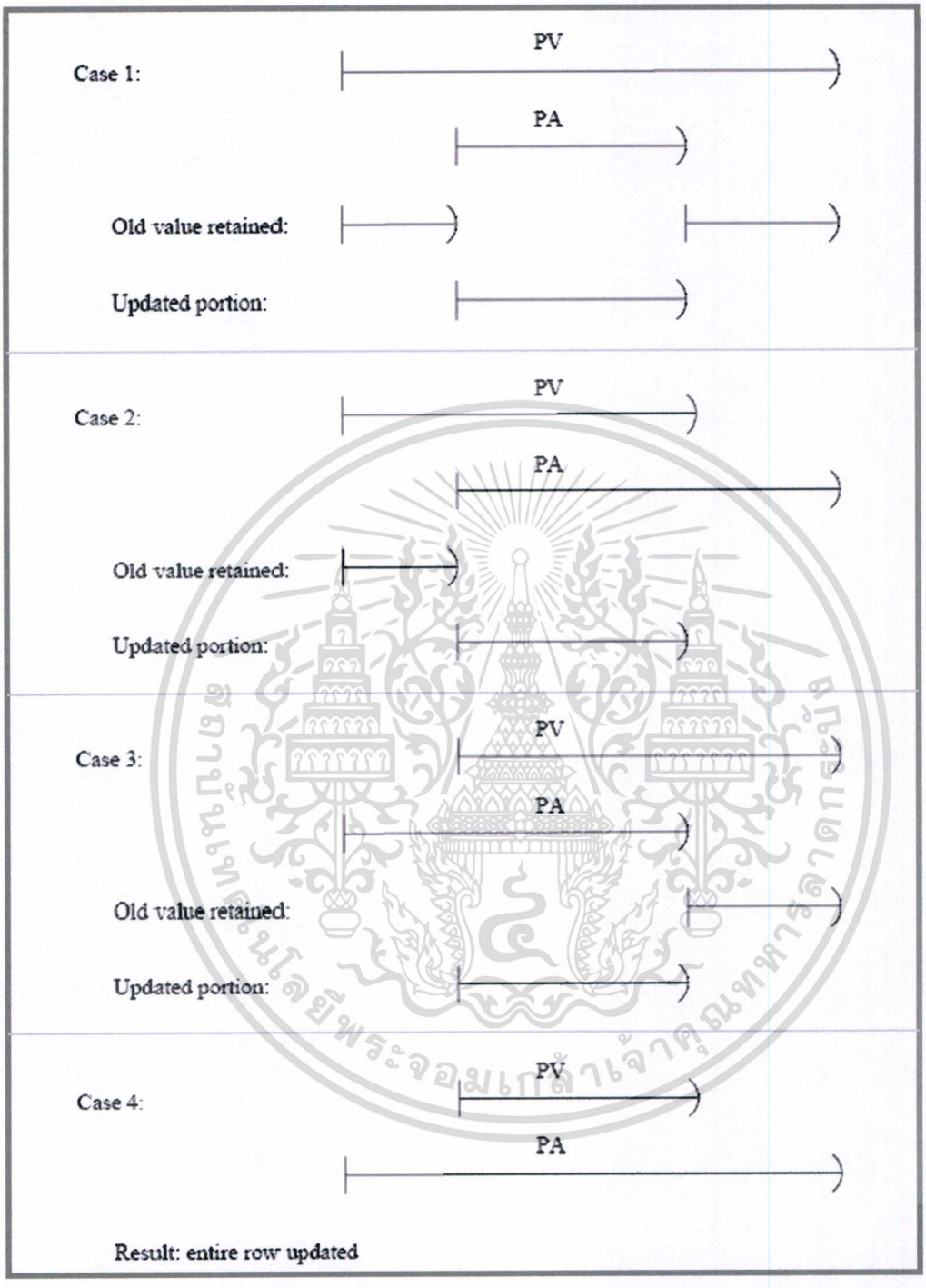
- **Current Update** คือการแก้ไขข้อมูลโดยอ้างอิงเวลาปัจจุบัน มีกรณีดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 กรณีต่าง ๆ ของ Current update

- **Sequenced Update** คือการแก้ไขข้อมูลโดยสามารถอ้างอิงช่วงเวลาได้ทั้งอดีต ปัจจุบัน หรืออนาคต แสดงกรณีดังรูปที่ 2.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



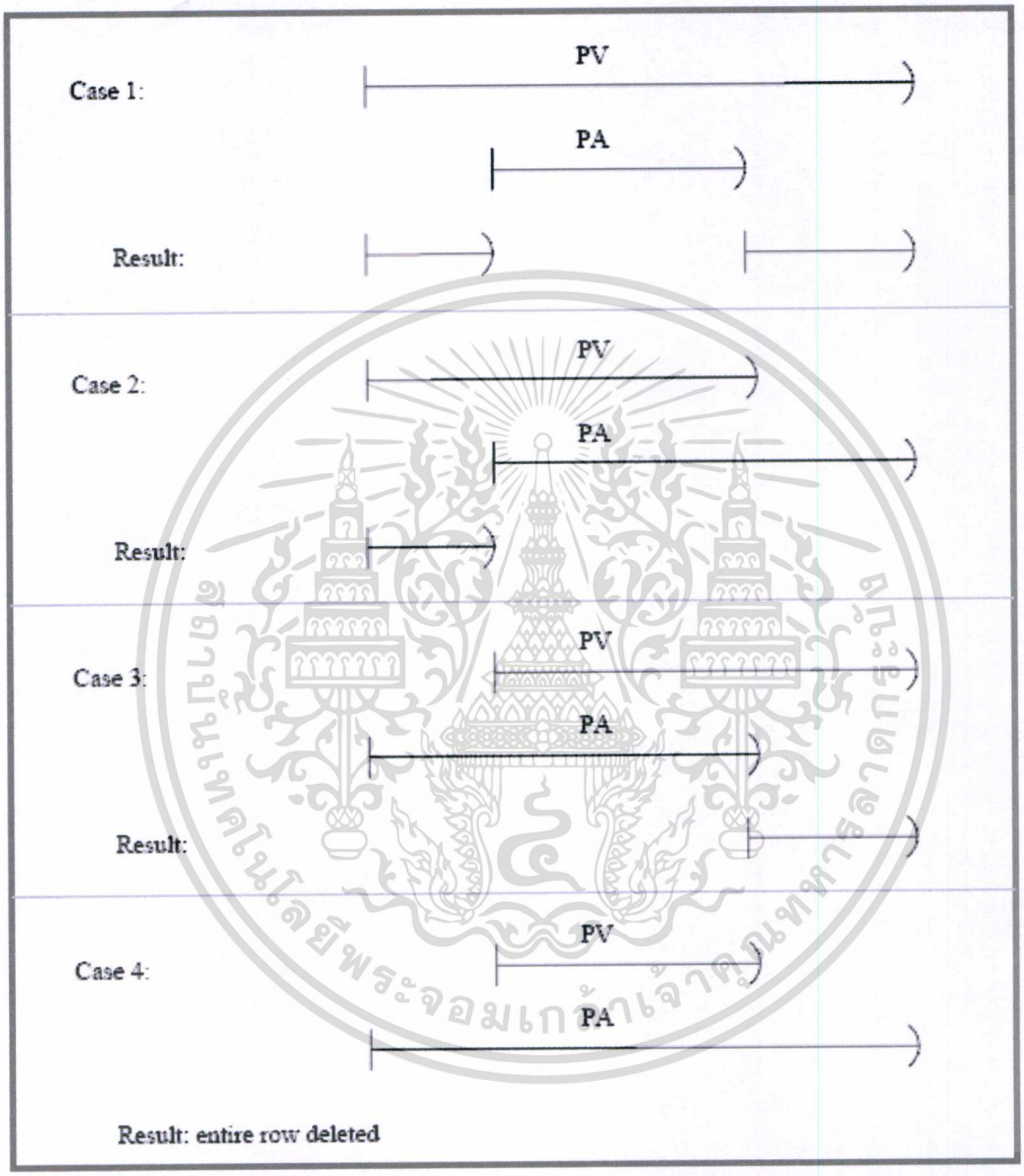
รูปที่ 2.17 กรณีต่าง ๆ ของ Sequenced update

2.3.4.5 การ DELETE

- **Current Delete** คือการลบข้อมูลปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

● **Sequenced Delete** คือการลบข้อมูลโดยสามารถอ้างอิงช่วงเวลาได้ทั้งอดีต ปัจจุบัน หรืออนาคต แสดงกรณีดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 กรณีต่าง ๆ ของ Sequenced delete

2.3.5 ภาษาสำหรับการจัดการฐานข้อมูลเชิงเวลา

ในงานวิจัย [8] ยังได้นำเสนอภาษาสำหรับการจัดการฐานข้อมูลเชิงเวลาตามแนวคิดของการจัดการข้อมูลในหัวข้อที่ผ่านมา เพื่อความสะดวกสำหรับผู้ใช้งานฐานข้อมูลเชิงเวลา ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5.1 SELECT

Current Select เช่นคำถามที่ว่า "ปัจจุบัน นาย ก. ได้รับเงินเดือนเท่าไหร่"

```
SELECT      SALARY
FROM        EMPLOYEE
WHERE       ENAME = 'ก.'
```

ผลลัพธ์แสดงดังตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.9 แสดงผลลัพธ์ของ current select

Name	Salary
ก.	15000

Sequenced Select เช่นคำถามที่ว่า "ตั้งแต่อดีตเป็นต้นมา นาย ก. ได้รับเงินเดือนเท่าไหร่"

```
VALIDTIME   SELECT SALARY
FROM        EMPLOYEE
WHERE       ENAME = 'ก.'
```

ผลลัพธ์แสดงดังตารางที่ 2.10

ตารางที่ 2.10 แสดงผลลัพธ์ของ Sequenced select

Name	Salary	Fromdate	Todate
ก.	10000	1/1/2000	1/1/2002
ก.	12000	1/1/2002	1/1/2005
ก.	15000	1/1/2005	31/12/9999

Nonsequenced Select คำถามเหมือนกับแบบ sequenced แต่ผลลัพธ์ที่ออกมาไม่แสดงเวลากำกับ

```
NONSEQUENCED VALIDTIME SELECT SALARY
FROM        EMPLOYEE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WHERE ENAME = 'ก.'

ผลลัพธ์แสดงดังตารางที่ 2.11

ตารางที่ 2.11 แสดงผลลัพธ์ของ Nonsequenced select

Name	Salary
ก.	10000
ก.	12000
ก.	15000

2.3.5.2 INSERT

Current Insert

INSERT INTO EMPLOYEE

VALUES (001, 'ก.', 20000.00)

Sequenced Insert

VALIDTIME PERIOD [2008-03-26, 2009-03-01)

INSERT INTO EMPLOYEE

VALUES (002, 'ข.', 25000.00)

2.3.5.3 UPDATE

Current Update

UPDATE EMPLOYEE

SET SALARY = 25000.00

WHERE ENMAE = 'ก.'

Sequenced Update

VALIDTIME PERIOD [2008-01-01, 2008-12-01)

UPDATE EMPLOYEE

SET SALARY = 28000.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
WHERE       ENAME = 'ข.'
```

2.3.5.4 DELETE

Current Delete

```
DELETE FROM EMPLOYEE
WHERE ENAME = 'ก.'
```

Sequenced Delete

```
VALIDTIME PERIOD [2008-01-01, 2008-12-01)
DELETE FROM EMPLOYEE
WHERE ENAME = 'ข.'
```

2.4 ฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลา (Temporal Fuzzy Database)

จากในหัวข้อข้างต้นได้กล่าวถึงฐานข้อมูลฟัซซี (Fuzzy Database) และฐานข้อมูลเชิงเวลา (Temporal Database) ซึ่งในงานทั้งสองนั้นเกิดงานวิจัยพัฒนาต่อเนื่องกันมาเพื่อรองรับกับความต้องการที่สามารถเกิดขึ้นได้ในชีวิตจริง คือ ฐานข้อมูลเชิงเวลาสามารถตอบสนองความต้องการในการสืบค้นข้อมูลที่เป็นอดีต ปัจจุบัน หรืออนาคตได้ และอาจมีเรื่องความไม่แน่นอนเข้ามาเกี่ยวข้องได้เช่นกัน จึงเกิดแนวคิดที่จะพัฒนารวมสองระบบนี้เข้าไว้ด้วยกัน เพื่อตอบสนองความต้องการให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด แต่จากงานวิจัยที่ได้มีการศึกษากันมา ในแง่ของทั้งเชิงเวลาและฟัซซีเองนั้นก็มีอยู่ด้วยกันในหลาย ๆ แง่มุม ดังนี้

2.4.1 ฟัซซีแอททริบิวต์เชิงเวลา

ประเภทนี้เกิดจากการนำแนวคิดของฐานข้อมูลเชิงเวลาและฐานข้อมูลฟัซซีมาทำงานร่วมกัน โดยที่ฐานข้อมูลเป็นฐานข้อมูลเชิงเวลาแบบที่กล่าวมาข้างต้น และมีฟัซซีแอททริบิวต์ที่แอททริบิวต์อื่น ๆ ที่ไม่ใช่แอททริบิวต์ที่เกี่ยวข้องกับเวลา สามารถใส่ข้อมูลที่มีความไม่แน่นอนหรือเป็นพจน์ภาษาได้ ยกตัวอย่างดังตารางที่ 2.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.12 ตาราง EMPLOYEE_SALARY แสดงแอททริบิวต์ฟัซซีเชิงเวลาที่ SALARY

NAME	SALARY	FROMDATE	TODATE
N.Brooks	middle	1-1-1997	1-1-2000
T.Jones	$50K	1-3-1997	1-1-1999
J.Neil	$35K	1-6-1997	1-1-1998
J.Neil	$35K	1-1-1998	31-12-9999
T.Jones	high	1-1-1999	31-12-9999
N.Brooks	$65K	1-3-2000	31-12-9999

จากตารางข้างต้น แอททริบิวต์ SALARY เป็นฟัซซีแอททริบิวต์ สามารถใส่ค่าเป็น ค่าชัดเจน (crisp) ค่าประมาณ หรือพจน์ภาษาได้ จากตัวอย่างเช่น N.Brooks มีเงินเดือน "middle" ณ วันที่ 1/1/1997 และหลังจากนั้น ณ วันที่ 1/1/2000 N.Brooks ได้รับการปรับเงินเดือนเป็น $65K จึงทำการอัพเดทข้อมูลใหม่นี้ลงในฐานข้อมูล เนื่องจากฐานข้อมูลนี้เป็นฐานข้อมูลเชิงเวลา ก็จะทำการอัพเดทข้อมูลเก่า ให้ข้อมูลเดิมเป็นจริงสิ้นสุด (TODATE) ณ วันที่ที่ได้รับการปรับเงินเดือน คือ 1/1/2000 และทำการเพิ่มข้อมูลใหม่ คือ N.Brooks มีเงินเดือนเป็น $65K เป็นจริง ณ วันที่ 1/1 2000 ถึง infinity date (31/12/9999) เป็นต้น

ต่อมาจะกล่าวถึงกฎบังคับความถูกต้องในฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ในรูปแบบฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลา นอกเหนือจากการใช้กฎบังคับความถูกต้องในฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ในรูปแบบฐานข้อมูลเชิงเวลา คือ Temporal Existential Integrity และ Temporal Referential Integrity Constraints ยังมีกฎบังคับความถูกต้องเพิ่มเติม คือ กฎบังคับความถูกต้องในฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ในรูปแบบฐานข้อมูลฟัซซีร่วมด้วย [15] ในฐานข้อมูลเชิงเวลาจะมี Valid Time กำกับไว้แต่ละ tuple ถ้าเกิดการ INSERT หรือ UPDATE ขึ้นในกรณีที่ต้องมีการ INSERT tuple เพิ่มเติม ต้องไปทำการ invalid ให้ tuple เดิม และ valid ให้ที่ tuple ที่ INSERT เข้าใหม่ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.13 ตาราง SALARY_MOTIVATION

NAME	MOTIVATION	FROMDATE	TODATE
N.Brooks	middle	1-1-1997	1-1-2000
T.Jones	high	1-3-1997	1-1-1999
J.Neil	low	1-6-1997	1-1-1998
J.Neil	middle	1-1-1998	31-12-9999
T.Jones	high	1-1-1999	31-12-9999
N.Brooks	middle	1-3-2000	31-12-9999

จากตัวอย่างตาราง EMPLOYEE_MOTIVATION ดังตารางที่ 2.13 ถ้าสมมติมีการ UPDATE ข้อมูลของ T.Jones ให้มี MOTIVATION เป็น very high ในวันที่ 1/8/2000 จะมีข้อกำหนดว่า

ถ้าให้ r_T เป็น temporal fuzzy relation บน scheme $R_T = \{A_1, A_2, \ldots, A_n, A_{T_b}, A_{T_c}\}$ และ s_i เป็น tuple เดิม และ s_j เป็น tuple ที่จะมาทำการ UPDATE ซึ่ง s_i และ s_j อยู่ใน r_T กล่าวได้ว่าเป็น α-*duplicate* ก็ต่อเมื่อ $\inf_{1\le k\le n} P_x(s_i[A_k], s_j[A_k]) > \alpha$

ถ้า *2* tuple เป็น α-*duplicate* จำเป็นต้องรวมโดยการใช้ UNION

ถ้ากำหนดความสัมพันธ์ความคล้ายคลึง (similarity relation) ระหว่าง high กับ very high เป็น 0.8 และกำหนดให้ $\alpha = 0.7$ แล้ว จะทำเกิด α-*duplicate* เนื่องจาก $\inf P_x(s_i[MOTIVATION], s_j[MOTIVATION]) = 0.8 > \alpha$ ดังนั้นนำ very high ไปทำการยูเนียนกับ high ใน tuple เดิมได้เลย และเวลาไม่ต้องทำการเปลี่ยนแปลง เพราะถือว่าสิ่งที่ UPDATE เข้ามามีความเป็นจริงใกล้เคียงกับ fact เดิม ผลลัพธ์แสดงดังตารางที่ 2.14

ตารางที่ 2.14 แสดงผลลัพธ์การ UPDATE

NAME	MOTIVATION	FROMDATE	TODATE
...		...	
T.Jones	high, very high	1-8-2000	31-12-9999
...		...	

2.4.2 พจน์ภาษาฟัซซีเชิงเวลา (Temporal Fuzzy Linguistic Term)

ในมุมมองนี้ได้มองปัญหาในการจัดการทั้งข้อมูลเชิงเวลาและข้อมูลฟัซซี ในแง่ของการจัดการดูแลความหมายของข้อมูลฟัซซีที่แสดงเป็นตัวแปรภาษา ความหมายของตัวแปรภาษาสามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดเป็นฟัซซีเซตและแสดงลักษณะโดย Compatibility Function ซึ่งโดยธรรมชาติแล้ว ความหมายของพจน์ที่เป็นฟัซซีสามารถเปลี่ยนแปลงความหมายไปตามกาลเวลา จะเรียกคุณสมบัตินี้ว่า temporal-fuzziness [11] ตัวอย่างเช่น พจน์ภาษา "high salary" เมื่อ 30 ปีที่แล้วอยู่ระหว่าง 5000-10000 บาท แต่ในปัจจุบันนั้นคำว่า "high salary" ได้เปลี่ยนแปลงไปจากอดีตแล้วเป็น 50000-100000 เป็นต้น

ในบทความวิจัยเกี่ยวกับฐานข้อมูลเชิงเวลาและฐานข้อมูลฟัซซี ไม่มีนักวิจัยคนใดที่วิเคราะห์คุณสมบัติของ temporal-fuzziness ของข้อมูลฟัซซีมากนัก โดยส่วนใหญ่จะถูกตั้งสมมติฐานว่าความหมายของพจน์ภาษาที่เก็บในฐานข้อมูลไม่มีการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากความพยายามในขั้นแรกเกี่ยวกับงานวิจัยฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลานั้น คือเพื่อออกแบบให้ใกล้ความเป็นจริงและความเป็นธรรมชาติของข้อมูล และทำระบบสารสนเทศที่ฉลาดมากขึ้น สมมติฐานเรื่อง temporal-fuzziness ที่ตั้งขึ้นจึงเป็นอุปสรรคอยู่ ในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการพัฒนา framework สำหรับรูปแบบฐานข้อมูลซึ่งแสดงไม่เพียงแค่ข้อมูลชัดเจน (crisp) ข้อมูลฟัซซี และ มุมมองด้านเวลา แต่ยังมีเรื่องความหมายของพจน์ภาษาที่หลาย ๆ ช่วงเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปด้วย

2.4.2.1 แนวคิดพื้นฐาน

นิยาม 1 ให้ U เป็นเซตของอ็อบเจ็คต์ เรียกว่า universe และอีลีเมนต์ของ U คือ u ฟัซซีเซต F ของ U แสดงโดยฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (membership หรือ compatibility function) $\mu_F: U \rightarrow [0,1]$ μ_F เรียกว่าระดับความเป็นสมาชิก (grade of membership) F ประกาศโดย $\{\mu_F(u_i)/u_i\}$ โดยที่ $u_i \epsilon U$

เพื่อประสิทธิภาพในการคำนวณและความง่ายในการใช้งานจะใช้ฟังก์ชันรูปสี่เหลี่ยมคางหมู ซึ่งมีความสามารถในการหาระดับความเป็นสมาชิกโดยนิยามดังสมการที่ (2.8)

$$T(x: a,b,c,d) = \begin{cases} 1 & when \quad b \le x \le c \\ 0 & when\ x < a\ or\ x > d \\ \frac{a-x}{a-b} & when \quad a \le x \le b \\ \frac{d-x}{d-c} & when \quad c \le x \le d \end{cases} \tag{2.8}$$

สำหรับการใช้งานฟังก์ชันรูปสี่เหลี่ยมคางหมูจะมีกฎบังคับคือ $lo \le x, a, b, c, d \le up$ ซึ่ง lo และ up คือของเขตล่าง (lower bound) และขอบเขตบน (upper bound) ของยูนิเวิร์ส (universe) ตามลำดับ กฎบังคับที่พบก็เป็นแนวคิดของโดเมนในโมเดลฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ นั่นคือ โดเมนคือเซตของค่าที่เป็นไปได้ทั้งหมดที่สอดคล้องกับแอททริบิวต์ จึงต้องมีค่าขอบเขตบนและขอบเขตล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นิยาม 2 ถ้า F คือฟัซซีเซตของ U แสดงโดยฟังก์ชันความเป็นสมาชิก $\mu_F: U \rightarrow [0,1]$ แล้ว "Y is F" ให้ค่าการกระจายความเป็นไปได้ (possibility distribution) Π_Y บน U เท่ากับ F

นิยาม 3 (Possibility และ Necessity Measures) ให้ $D = \{d_1, d_2, \ldots, d_n\}$ เป็นโดเมนพื้นฐานของโดเมนข้อมูลเชิงคุณภาพ และให้ S_{im} เป็นความสัมพันธ์ของความคล้ายคลึง (similarity relation) บน D ซึ่ง $S_{im} : D \times D \rightarrow [0,1]$ ดังนั้นให้ Π_X และ Π_Y เป็นการกระจายความเป็นไปได้ของตัวแปร X และ Y ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าใน D และ π_x และ π_Y เป็นฟังก์ชันการกระจายความเป็นไปได้ของ X และ Y ตามลำดับ การวัดความเป็นไปได้ (possibility measure) คือความเป็นไปได้ที่ข้อมูลของ X ถูกอธิบายโดย Y และ necessity measure คือข้อมูลของ X ถูกอธิบายโดย Y นิยามดังสมการที่ (2.9) และ (2.10) ตามลำดับ

$$P(\Pi_Y, \Pi_X) = \sup_{1 \le i,j \le n} (\min(\pi_X(d_i), \pi_Y(d_j)) \times S_{im}(d_i, d_j)) \tag{2.9}$$

$$N(\Pi_Y, \Pi_X) = 1 - \sup_{1 \le i,j \le n} (\min(\pi_X(d_i), 1 - \pi_Y(d_j)) \times S_{im}(d_i, d_j)) \tag{2.10}$$

นิยาม 4 (Information Inclusion) ให้ Π_X และ Π_Y เป็น 2 การกระจายความเป็นไปได้ $\eta(X,Y)$ คือดีกรีซึ่ง X คือ informatively included ใน Y ดังสมการที่ (2.11)

$$\eta(X,Y) = \frac{\sum_{i=1}^{n} sup_{1 \le j \le n}[\min(\pi_X(d_i), \pi_Y(d_j)) \times S_{im}(d_i, d_j)]}{N} \tag{2.11}$$

ซึ่ง $N = \sum_{i=1}^{n} min(\pi_X(d_i), \pi_Y(d_k))$ สำหรับ k ซึ่ง

$$min(\pi_X(d_i), \pi_Y(d_k)) = \frac{sup_{1 \le j \le n}[min(\pi_X(d_i), \pi_Y(d_j)) \times S_{im}(d_i, d_j)]}{S_{im}(d_i, d_k)}$$

นิยาม 5 (Proximity measure) ให้ Π_X และ Π_Y เป็น 2 การกระจายความเป็นไปได้ของตัวแปร X และ Y ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าในโดเมนข้อมูลเชิงคุณภาพ D proximity relation ของ X และ Y แสดงดังสมการที่ (2.12)

$$P_X(X,Y) = min(\eta(X,Y), \eta(Y,X)) \tag{2.12}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2.2 โมเดลของข้อมูลฟัซซีเชิงเวลา

ในหัวข้อนี้จะอธิบายโมเดลของข้อมูลฟัซซีเชิงเวลาซึ่งสามารถแสดงได้ทั้งข้อมูลที่ไม่แน่นอนและข้อมูลเชิงเวลา ฐานข้อมูลฟัซซีประกอบด้วยเซตของความสัมพันธ์ฟัซซี (Fuzzy Relation) ซึ่งสามารถเก็บได้ทั้งข้อมูลที่แน่นอนและไม่แน่นอน

นิยาม 6 ให้ $R = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ เป็น relation scheme ซึ่งแต่ละ$A_i, 1 \le i \le n$ เรียกว่าแอททริบิวต์ สำหรับแต่ละแอททริบิวต์ $A_i, 1 \le i \le n$ จะมี corresponding nonempty และ finite set D_i เรียกว่าโดเมน โดเมนสามารถเป็นทั้งโดเมนข้อมูลเชิงปริมาณ โดเมนข้อมูลเชิงคุณภาพ หรือโดเมนข้อมูลเป็นช่วง(interval data) fuzzy relation r บน relation scheme R คือสับเซตของ Cartesian product $D_1 \times D_2 \times \dots \times D_n$

ความสัมพันธ์ฟัซซีเชิงเวลา (Temporal Fuzzy Relation) คือความสัมพันธ์ฟัซซีที่ขยายมิติของ valid time เพื่อเก็บข้อมูลในอดีตด้วย

นิยาม 7 ให้ $R = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ เป็น relation scheme ของความสัมพันธ์ฟัซซี r และ A_{T_b}และ A_{T_c} เป็นแอททริบิวต์ของเวลา ทั้ง A_{T_b}และ A_{T_c} จะมีโดเมนที่สอดคล้องคือD_T R_T เป็น *relation scheme* ของความสัมพันธ์ฟัซซีเชิงเวลา ถ้า $R_T = R \cup \{A_{T_b}, A_{T_c}\}$ ความสัมพันธ์ฟัซซีเชิงเวลา ถูกนิยามเป็น $r_T \subset D_1 \times D_2 \times \dots \times D_n \times D_T \times D_T$ ซึ่ง D_i เป็นโดเมนที่สอดคล้องของ $A_i, 1 \le i \le n$

Time-independent key (K_Π) ถูกนิยามเป็นเซตของแอททริบิวต์ ซึ่งเข้ากับ 2 time-independent properties – uniqueness และ minimality ในโมเดลฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลา K_Π เป็นค่าแน่นอน และสำหรับตัวอย่างเวลา t ใด ๆ จะไม่มี 2 tuple s_1 และ s_2 ที่ $s_1[K_\Pi]=s_2[K_\Pi]$

นิยาม 8 ให้ r_T เป็นความสัมพันธ์ฟัซซีเชิงเวลาบน scheme $R_T = \{A_1, A_2, \dots, A_n, A_{T_b}, A_{T_c}\}$ และ s_iและ s_j เป็นคู่ของ tuple ใน r_T s_i และ s_j กล่าวได้ว่าเป็น *α-duplicate* ก็ต่อเมื่อ $\inf_{1 \le k \le n} P_x(s_i[A_k], s_j[A_k]) > \alpha$

ถ้า *2* tuple เป็น *α-duplicate* จำเป็นต้องรวมโดยการใช้ยูเนียน

ตัวอย่างสมมติมีตารางของ Employee คือ Employee(Name, Age, Salary, Motivation)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

In January 1985 ตาราง Employee เป็นดังตารางที่ 2.15

ตารางที่ 2.15 Employee ปี 1985

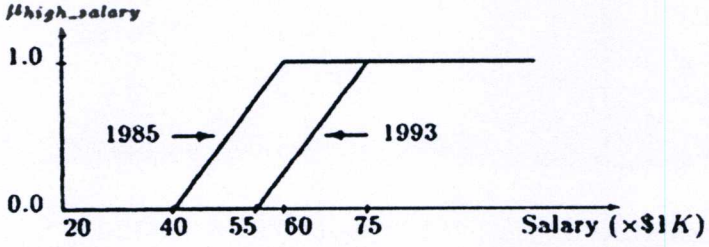
Name	Salary	Motivation
T.Jones	$60K	High
J.Neil	$35K	Low
N.Brooks	high	Middle

In January 1993 ตาราง Employee เป็นดังตารางที่ 2.16

ตารางที่ 2.16 Employee ปี 1993

Name	Salary	Motivation
T.Jones	$77K	Low
J.Neil	$60K	high
N.Brooks	$65K	middle

แอททริบิวต์ Age และ Salary อาจเป็นได้ทั้งค่าชัดเจน (crisp) หรือค่าฟัซซี โดยในที่นี้จะยกตัวอย่างอธิบายในแอททริบิวต์ Salary ซึ่งสมมติให้ช่วงของเงินเดือนในปี 1985 เป็น $10K-$70K และในปี 1993 เป็น $20K-$90K การเปลี่ยนแปลงนี้อาจมีผลต่อการแปลความหมายของ Salary ที่เป็นข้อมูลฟัซซี นั่นก็คือว่าข้อมูลฟัซซีค่าเดียวกันในเวลาที่แตกต่างอาจมีความหมายแตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น ตัวประกาศฟังก์ชันของ high salary ในปี 1985 และ 1993 จะใช้สมการที่ (2.13) และ (2.14) ตามลำดับ (ดูในรูปที่ 2.19) สิ่งนี้ก็คือ temporal-fuzziness



รูปที่ 2.19 ความหมายของ "high Salary" ในปี 1985 และ 1993

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$T(x;40K,60K)=\begin{cases}0 & if\ x<40K\\ (x-40)/(60-40) & if\ 40K\le x\le 60K\\ 1 & if\ x>60K\end{cases} \quad (2.13)$$

$$T(x;55K,75K)=\begin{cases}0 & if\ x<55K\\ (x-55)/(75-55) & if\ 55K\le x\le 75K\\ 1 & if\ x>75K\end{cases} \quad (2.14)$$

แอททริบิวต์ Motivation คือค่าฟัซซีแบบ subjectively-based ไม่ใช้การวัดแบบ objectively แต่จะมาจากความคิดเห็นของผู้สังเกตการณ์ เนื่องจากความหมายของมันไม่สามารถใช้วิธีการแบบเดียวกับค่าฟัซซีของ Age และ Salary ได้ ในฐานข้อมูลฟัซซี ค่าฟัซซีชนิดนี้จะใช้วิธีการของ similarity relation โดยปกติแล้วจะกำหนดไว้ในโดเมนเดียวกัน ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง แต่ก็เป็นไปได้ที่จะเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา (เปลี่ยนผู้สังเกตการณ์ หรือเปลี่ยนหลักการ)

2.4.2.3 ตัวอย่างของคิวรี่ที่อาจจะเกิดขึ้นในมุมของ temporal-fuzziness

Q1 : When did T.Jones earn a high salary?

ปัญหาของคิวรี่นี้คือจุดอ้างอิงเวลาของ "high salary" ที่ user สนใจ ถ้าสนใจ ณ เวลาปัจจุบัน การแปลความหมายของ fuzzy value จะใช้ฟังก์ชันที่เป็นปัจจุบัน ตัวอย่างเช่น ถ้าอ้างอิง ณ ปี 1993 จะใช้สมการที่ (2) ในการประเมิน salary ของ T. Jones ในแต่ละปี ผลลัพธ์ที่ได้คือ ในปี 1985 ได้ค่าดีกรีของ "high salary" เป็น 0.33 และในปี 1993 ได้ค่าเป็น 1.0 แต่ถ้าอ้างอิงไป ณ เวลานั้น ๆ ก็จะใช้สมการของเวลานั้น ๆ ได้ผลลัพธ์ คือ ในปี 1985 ได้ค่าดีกรี 1.0 (โดยใช้สมการ (2.13)) และในปี 1993 ได้ 1.0 (ใช้สมการ (2.14))

Q2 : Whose salary in 1993 is much higher than in 1985?

คิวรี่นี้ใช้ fuzzy comparator (much higher than) ซึ่งยุ่งยากในการประเมินความหมาย อย่างไรก็ตามการแปลความของพจน์ภาษาฟัซซีไม่ใช่ปัญหาเนื่องจากมีตัว Compatibility Function

Q3 : Was N. Brooks' salary high throughout the period 1985-1993

คิวรี่ชนิดนี้ไม่ได้ต้องการเพียงคำตอบ yes หรือ no แต่ต้องการว่า true ด้วยดีกรีเท่าไหร่

2.4.3 ข้อมูลเชิงเวลาฟัซซี (Fuzzy Valid Time)

การปรากฏออกมาของฐานข้อมูลเชิงเวลายอมให้มีการสนับสนุนระบบงานที่จำเป็นทั้งในแง่ของข้อมูลและเวลา อย่างไรก็ตามสมมติฐานดั้งเดิมของความรู้เชิงเวลาที่แม่นยำ (precise) ไม่พบในความก้าวหน้าของระบบงานใหม่ ๆ และระบบที่ชาญฉลาด เช่น ระบบสารสนเทศเกี่ยวกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาชญากรรม บ่อยครั้ง ความรู้เชิงเวลาของเหตุการณ์จะคลุมเครือ (เช่น ประมาณบ่าย 2 โมง) ความคลุมเครือนี้อาจใช้ภาษาธรรมชาติในการแสดงข้อมูล มากไปกว่านั้นในโลกแห่งความเป็นจริง ข้อมูลเชิงเวลาถูกใช้อย่างละเอียดในบางครั้งในการจัดการที่มีความยืดหยุ่น ตัวอย่างเช่น ประโยคที่ว่า "จอห์นเริ่มทำงานที่เวลา 8.00 น. เมื่อเช้านี้" ซึ่งมันไม่จำเป็นต้องหมายความว่าจอห์นเริ่มงานที่แปดโมงตรง แต่อาจจะเป็น 7.55 น. หรือ 8.05 น. ด้วยค่าดีกรีของการยอมรับ ดังนั้นในการประมวลผลคำถาม-คำตอบที่ชาญฉลาดซึ่งมีการจัดการแบบยืดหยุ่นในการสื่อสารเหมาะสมมากใน environment ของความรู้เชิงเวลา

แนวคิดของเวลาแสดงบทบาทสำคัญในชีวิตของเรา ดังนั้นมันคือธรรมชาติซึ่งความรู้เชิงเวลาได้รับความต้องการอย่างมากในสาขา computer science, business, engineering, psychology, philosophy และ linguistics ในทาง business ตัวอย่างเช่น ราคาของหุ้นที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ซึ่งจำเป็นที่จะต้องตกลงโดยคนกลุ่มหนึ่งบนบรรทัดฐานเพื่อวางกลยุทธ์การลงทุน ด้าน Engineering ในระบบงานทางวิศวกรรมส่วนใหญ่ มีเซนเซอร์อยู่หลายชนิดแต่ละเอาต์พุตของเซนเซอร์เหล่านี้เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา ด้าน Psychology นักจิตวิทยาเกี่ยวข้องอย่างมากกับการเปลี่ยนแปลงในรูปแบบพฤติกรรมของบุคคลตามเวลา ตัวอย่างทั้งหมดดังกล่าวแสดงถึงความสำคัญของเวลา ซึ่งยังพบได้ง่ายในด้าน ปรัชญา ภาษา และในหลาย ๆ สาขา

จึงได้ทำการเสนอโมเดลข้อมูลเชิงเวลา [9],[10] เรียกว่า FuzzTime [9] ซึ่งมาสามารถแสดงสถานะหรือเหตุการณ์เป็นฟัซซี กำกับด้วยเวลาที่เป็นฟัซซี FuzzTime สามารถจัดการข้อมูลได้ทั้งในแง่ของความเป็นฟัซซีและเวลา สองลักษณะนี้จะพบได้พร้อม ๆ กันในหลาย ๆ ระบบงาน

2.4.3.1 คุณสมบัติด้านเชิงเวลา

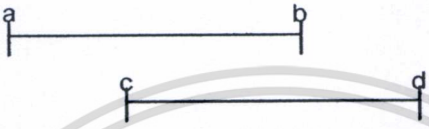
ความรู้ที่ไม่แน่นอนของเวลาสามารถออกแบบโดยโครงสร้าง ที่เรียกว่า คุณสมบัติด้านเชิงเวลา ซึ่งประกอบด้วย 2 อีลีเมนต์ คือ approximation of the duration of time และ time interval with two fuzzy bound ดั้งนั้นโครางสร้างนี้แสดงได้ทั้ง fuzzy time point และ fuzzy time interval มีการกำหนดนิยามดังต่อไปนี้

นิยาม 1 คุณสมบัติด้านเชิงเวลา คือ 2 tuple <[s, e], C(d)> ซึ่ง s และ e คือ starting time point และ ending time point ตามลำดับ ซึ่งแทนด้วย fuzzy natural number หรือก็คือ คอมโพเนนท์ [s, e] ของ 2 tuple คือแบบของขอบเขตที่รู้โดยประมาณของ time interval และคอมโพเนนท์อื่น ๆ คือ C(d) นั้นคือ duration constraint บอกช่วงระยะเวลาที่เป็นไปได้ของ interval โดยที่ $c_1 <= d <= c_2$ ซึ่ง c_1 และ c_2 คือจำนวนเต็มที่มากกว่า 0 หมายความว่าช่วงระยะเวลาที่เป็นไปได้ของ interval ที่ไม่รู้แน่นอนคือค่าระหว่าง c_1 และ c_2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Binary temporal Constructors

ในเทอมของฐานข้อมูลเชิงเวลา Union และ Intersection ถูกเรียกว่า binary temporal constructor ซึ่งต้องประกอบไปด้วย 2 fuzzy time interval ซึ่งระบุได้โดยคุณสมบัติด้านเชิงเวลา และผลิต interval ใหม่ออกมา ในขั้นแรกนั้นจะนิยามในกรณีที่ time interval นั้นแน่นอน โดยกำหนดให้ 2 interval เป็น [a, b] และ [c, d] เป็น overlapping (หรือ meeting($\bowtie$)สำหรับกรณีของ union จะนิยาม operator เหล่านี้ในรูปแบบของ membership function ดังสมการที่ (2.19) และ (2.20)



$$\mu_{[a,b]\cup[c,d]}(i) = \begin{cases} 1 & if\ i = [min(a,c), max\ (b,d)] \\ 0 & otherwise \end{cases} \quad (2.19)$$

$$\mu_{[a,b]\cap[c,d]}(i) = \begin{cases} 1 & if\ i = [max(a,c), min\ (b,d)] \\ 0 & otherwise \end{cases} \quad (2.20)$$

ซึ่งจะนำไปสู่นิยามของ fuzzy time interval

นิยาม 3 ให้ t_m และ t_n เป็น 2 fuzzy time interval ซึ่งนิยามได้โดยคุณสมบัติด้านเชิงเวลา t_{S_m} และ t_{S_n} ตามลำดับ ให้ $\mathcal{T}$ เป็น universal set ของ precise และ valid time interval แล้ว $T_{S_m}\theta T_{S_n}$ ซึ่ง $\theta \in \{\cup,\cap\}$ จะกล่าวเพื่อนิยามได้ก็ต่อเมื่อ $\forall i \forall j \in \mathcal{T}, \left(\mu_{\mathcal{I}(T_{S_m})}(i) > 0\right) \wedge \left(\mu_{\mathcal{I}(T_{S_m})}(j) > 0\right) \rightarrow i\theta j \in \mathcal{T}$

สมมติว่า union และ intersection ถูกนิยามตามนิยาม 3 ความหมายของพวกมันจะนิยามดังต่อไปนี้

นิยาม 4 ให้ t_{S_m} และ t_{S_n} เป็นคุณสมบัติด้านเชิงเวลา ของ 2 fuzzy time interval และให้ $\mathcal{T}$ เป็น universal set ของ precise และ valid time interval ด้วย $i, j, k \in \mathcal{T}$ แล้ว operation $T_{S_m}\theta T_{S_n}$ ซึ่ง $\theta \in \{\cup,\cap\}$ สามารถนิยามดังสมการที่ (2.21)

$$\mu_{\mathcal{I}(T_{S_m}\theta T_{S_n})}(i) = \sup_{i = j\theta k} min\ (\mu_{\mathcal{I}(T_{S_m})}(j), \mu_{\mathcal{I}(T_{S_n})}(k)) \quad (2.21)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนิยาม 4 สามารถ derive การแปลของ $T_{S_m}\theta T_{S_n}$ซึ่ง $\theta \in \{\cup,\cap\}$ได้ดังสมการที่ (2.22)-(2.24)

$$\mu_{start(T_{S_m}\theta T_{S_n})}(n_s) = \sup_{n_e} \mu_{\mathfrak{I}(T_{S_m}\theta T_{S_n})}([n_s, n_e]) \quad (2.22)$$

$$\mu_{end(T_{S_m}\theta T_{S_n})}(n_e) = \sup_{n_s} \mu_{\mathfrak{I}(T_{S_m}\theta T_{S_n})}([n_s, n_e]) \quad (2.23)$$

$$\mu_{dur(T_{S_m}\theta T_{S_n})}(d) = \sup_{d = n_e \theta n_s} \mu_{\mathfrak{I}(T_{S_m}\theta T_{S_n})}([n_s, n_e]) \quad (2.24)$$

2.4.3.2 FuzzTime: A FUZZY TEMPORAL DATA MODEL

● **โครงสร้างของ FuzzTime**

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงโมเดลข้อมูลเชิงเวลาฟัซซีหรือเรียกว่า FuzzTime โครงสร้างของ FuzzTime ขยายจากโมเดลข้อมูลเชิงสัมพันธ์ที่ยอมให้แสดงได้ทั้งข้อมูลเชิงเวลาและข้อมูลฟัซซี ซึ่งในโมเดลนี้ relation scheme ประกอบไปด้วย 3 คอมโพเนนต์ คือ เซตจำกัดของแอททริบิวต์ เซตจำกัดของของโดเมน และฟังก์ชันซึ่งสัมพันธ์กับแต่ละแอททริบิวต์โดเมน นั่นคือ temporal relation scheme R นิยามเป็น 3 tuple

$$(A \cup A_T, D \cup D_T, dom)$$

ซึ่ง $A \cup A_T$ คือเซตจำกัดของชื่อแอททริบิวต์ $D \cup D_T$ คือเซตจำกัดของโดเมนข้อมูล ฟังก์ชัน dom นั่นคือ $(dom(A) = D_A)$, ซึ่ง $A \in A \cup A_T$ คือชื่อแอททริบิวต์และ $D_A \in D \cup D_T$ คือโดเมนของแอททริบิวต์ A และ FuzzTime บังคับอยู่ในเซตจำกัดของแอทริบิวต์ A_T ใน scheme และเหล่านี้เป็น implicit attribute (ตรงข้ามกับ explicit attribute A) ประกอบด้วยแอททริบิวต์ของ จำนวนของ reincarnation, starting time, ending time, lower bound, upper bound ของ constraint ช่วงเวลา

$$A_T = \{A_r, A_s, A_e, A_l, A_u\}$$

ซึ่ง A_r คือ reincarnation attribute A_s คือ starting time attribute A_e คือ ending time attribute A_l คือ lower bound attribute และ A_u คือ upper bound attribute 4 แอททริบิวต์สุดท้ายแสดงอีลีเมนต์ในโครงสร้างของ temporal นิยามในนิยาม 1 เซตของโดเมนที่สอดคล้องของ A_T คือ D_T

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

● **แนวคิดของ Key**

Identification ของอ๊อบเจ็คต์มีความสำคัญในโมเดลข้อมูลและ FuzzTime ก็ไม่ยกเว้น time invariant key(TIK) สามารถถูกวิเคราะห์เป็น key ของ snapshot relation ของ temporal relation หรือมันสามารถจัดการเป็น id ของอ๊อบเจ็คต์ (tuple) ใน snapshot relation ดังนั้นมันจำเป็นที่จะต้องสมมติ time-invariant key attribute ของ relation scheme ใน FuzzTime เป็นค่า precise นั่นคือ term set ของพวกมันเป็นเซตว่าง (T=ϕ) ในการสนับสนุนการ reincarnation ของอ๊อบเจ็คต์ ได้เพิ่ม implicit attribute คือ A_r ซึ่งมีความจำเป็นใน relation scheme ในการระบุจำนวนของการ reincarnation (เช่น ครั้งแรก ครั้งที่ *2* และต่อ ๆ ไป) ดังนั้นทุก ๆ temporal relation จะมีเซตของแอททริบิวต์ TIK $\cup \{A_r\}$ เป็น key ที่ unique ใน tuple อย่างไรก็ตามมี constraint ที่สำคัญเกิดขึ้นในมุมมองนี้ คือมันจะบังคับให้อ๊อบเจ็คต์ไม่สามารถ reincarnation ขณะที่มันยังคง valid ดังสูตร ให้ t_1 และ t_2 เป็น 2 tuple ใด ๆ ใน temporal relation และ T_{S_1} และ T_{S_2} เป็น 2 *คุณสมบัติด้านเชิงเวลา* $< [t_1[A_s], t_1[A_e]], t_1[A_l] \leq d \leq t_1[A_u] >$ และ $< [t_2[A_s], t_2[A_e]], t_2[A_l] \leq d \leq t_2[A_u] >$ ตามลำดับ constraint จะเป็นดังนี้คือ

$If\ t_1[TIK] = t_2[TIK]$ และ $t_1[A_r] \neq t_2[A_r]\ then\ T_{S_1} \cap T_{S_2}$ ไม่นิยามตามนิยาม 3

● **ตัวอย่าง**

ตัวอย่างของฐานข้อมูลเชิงเวลาฟัซซีนี้เป็นข้อมูลเกี่ยวกับอุณหภูมิของคนไข้ โดยที่ข้อมูลเกิดขึ้นตั้งแต่ January 1, 1998 ดังนั้นจะสมมติให้เป็น 0 ที่สอดคล้องกับ January 1, 1998 และ granularity คือ day ให้ Patient เป็น relation scheme ของฐานข้อมูลด้วย A = {Name, Temp} โดเมนของสองแอททริบิวต์นี้คือ

dom(Name) = {x|x is a patient's name}

dom(Temp) = {35.0, 35.5, 36.0, …, 45.0} U {too high, high, medium, low, too low}

เนื่องจากแอททริบิวต์ Name ถูกเสนอเป็น TIK Attribute ตัวอย่างแสดงดังตารางที่ 2.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.17 แสดงตารางอธิบายฐานข้อมูลเชิงเวลาฟัซซี

A_r	Name	Temp	A_s	A_e	A_l	A_u
1	John	35.0	0	~6	5	8
1	Jim	High	45	~50	5	7
1	Max	Medium	47	51	5	5
1	Nick	High	~50	~50	1	1
2	John	39.0	~25	~30	6	6

เส้นคู่แนวตั้งใช้เพื่อแยก explicit attribute (นั่นคือ Name และ Temp) และสัญลักษณ์ ~ บอกถึง term ของ around ตัวอย่างเช่น ~6 คือ around Jan 7, 1998 อ้างอิงในตารางตัวอย่างใน tuple แรก temperature ของ John คือ 35°C ระหว่าง Jan 1, 1998 และ around Jan 7, 1998 และจำนวนของวันที่เขามี temperature นี้คือ 5 และ 8 วัน อย่างไรก็ตาม temperature ของเขาถูกวัดในอีกหลายวันถัดมาและบันทึกไว้ (reincarnation) และแสดงอยู่ใน tuple สุดท้าย temperature ของ Jim คือ high เป็นเวลา 5, 6 หรือ 7 วัน ระหว่าง Feb 15, 1998 และ around Feb 20, 1998 และสังเกตได้ว่าใน tuple ที่ 4 แสดงเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นเป็น time point นั่นคือ Nick มี temperature high ในวัน around Feb 20, 1998

ความหมายของบางพจน์ภาษาฟัซซีเป็นไปดังนี้

M(high) = T(x : 37, 39, 40, 42)

M(medium) = T(x : 35, 36, 37, 38)

M(around Jan 7, 98) = T(x : 4, 6, 6, 8)

M(around Feb 15, 98) = T(x : 43, 45, 45, 47)

M(around Feb 20, 98) = T(x : 48, 50, 50, 52)

ซึ่ง T(x : a, b, c, d) คือฟังก์ชันรูปสี่เหลี่ยมคางหมู ดังสมการที่ (2.26)

$$T(x: a,b,c,d) = \begin{cases} 1 & when \quad b \le x \le c \\ 0 & when\ x < a\ or\ x > d \\ \frac{a-x}{a-b} & when \quad a \le x \le b \\ \frac{d-x}{d-c} & when \quad c \le x \le d \end{cases} \qquad (2.26)$$

จากงานวิจัยต่าง ๆ ที่กล่าวมาข้างต้นการพัฒนางานทางด้านฐานข้อมูลได้มีต่อเนื่องกันมา ซึ่งในเรื่องฐานข้อมูลเชิงเวลานั้นได้มีการวิจัยพัฒนาอย่างมากมาย ต่อมาก็ได้เกิดการวิจัยเกี่ยวกับฐานข้อมูลฟัซซี แสดงแนวคิดของการประยุกต์นำทฤษฎีฟัซซีมาใช้ในฐานข้อมูล เพื่อเพิ่มความสามารถในการตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งานมากขึ้น และเพื่อเพิ่มความสามารถมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยิ่งขึ้นก็ได้มีงานวิจัยที่ทำการรวมทั้งสองแนวคิดนี้ขึ้นมา ซึ่งแบ่งได้เป็นหลายประเภทดังที่กล่าวมาในหัวข้อผ่านมา งานวิจัยส่วนใหญ่นั้นให้สมมติฐานของความหมายของพจน์ภาษาไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาเพื่อง่ายต่อการวิเคราะห์รูปแบบฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลา ซึ่งสมมติฐานนี้ทำให้ขัดกับโลกของความเป็นจริงอยู่ เพราะความหมายของพจน์ภาษานั้นไม่ได้คงที่เหมือนเดิมตลอดเวลา เช่น ด้านการเงิน ถ้าจะกล่าวว่าเงินเดือนสูงในอดีตเมื่อ 30 ปีที่แล้ว ก็คงอยู่ที่ประมาณ 2-3 หมื่นบาทแต่ในปัจจุบันเงินเดือนสูงนั้นอาจจะมากกว่า 5 หมื่นบาทแล้ว ถ้าระบบไม่มีการเปลี่ยนแปลงความหมายของพจน์ภาษาเลย ก็จะทำให้ระบบนั้นแปลความหมายผิดพลาดได้เมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงจะขอมุ่งเน้นไปยังเรื่อง พจน์ภาษาฟัซซีเชิงเวลา (Temporal Fuzzy Linguistic Term) ซึ่งงานวิจัยเรื่องนี้ยังมีน้อยอยู่มาก

ในบทถัดไปจะทำการอธิบายการออกแบบฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลาในมุมมองของผู้ใช้งานระดับที่จะสร้างฐานข้อมูลบนฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลาในงานวิจัยนี้ โดยจะแสดงตัวอย่างของฐานข้อมูล EMPLOYEE ซึ่งเป็นตัวอย่างพื้นฐานอย่างง่าย เพื่อให้เห็นแนวคิดก่อนที่จะนำไปออกแบบกับระบบจริงอื่น ๆ และการจัดการกับข้อมูลต่าง ๆ โดยที่ผู้ใช้ระดับนี้จะไม่คำนึงถึงการทำงานของระบบภายใน จากนั้นจึงจะอธิบายในส่วนของระบบภายใน ตั้งแต่การออกแบบ Meta Knowledge Base ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่อยู่ภายใต้ฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลา เป็นส่วนที่เก็บความรู้ของระบบฐานข้อมูล และการประมวลผลคำสั่งจากผู้ใช้ระดับนี้

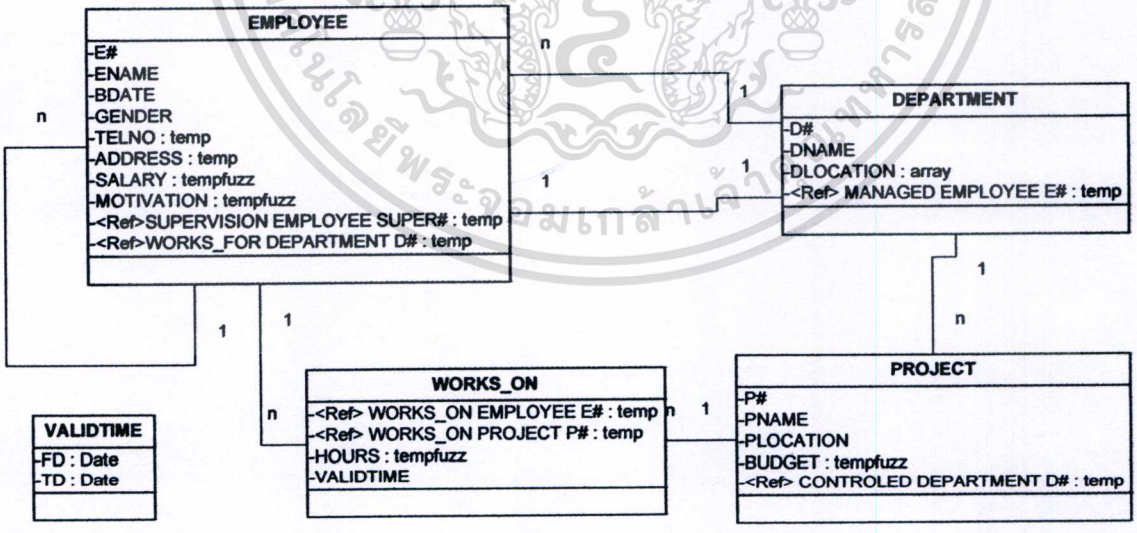
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ภาษาสำหรับจัดการข้อมูล : TFSQL

จากบทที่ผ่านมาจะได้เห็นถึงรูปแบบของฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลาในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งรูปแบบที่ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะนำเสนอคือฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลา ชนิดที่มีพจน์ภาษาฟัซซีเป็นเชิงเวลาด้วย เมื่อได้รูปแบบของฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลาที่ต้องการนำเสนอแล้ว ดังนั้นในบทนี้จึงได้นำเสนอภาษาสำหรับฐานข้อมูลชนิดนี้ได้แก่ภาษา TFSQL (Temporal Fuzzy Standard Query Language) ซึ่งก็คือภาษาสำหรับฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลาสำหรับจัดการข้อมูล ประกอบด้วยคำสั่งสำหรับสร้างฐานข้อมูล จัดการข้อมูลซึ่งได้แก่ insert, delete และ update และคำสั่งในการเรียกดูข้อมูล (select) นอกจากนี้ยังได้เพิ่มเติมในส่วนชุดคำสั่งสำหรับการจัดการกับค่าฟัซซีต่าง ๆ ซึ่งจำเป็นสำหรับการกำหนดนิยามต่าง ๆ ของค่าฟัซซีที่จะเกิดขึ้นในฐานข้อมูลชนิดที่จะนำเสนอนี้

3.1 ตัวอย่างฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลา

ตัวอย่างฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลา ได้นำเสนอเกี่ยวกับฐานข้อมูล EMPLOYEE ซึ่งเป็นตัวอย่างพื้นฐานอย่างง่ายเหมาะแก่การอธิบายในระดับเริ่มต้น โดยออกแบบมาได้ดังรูปที่ 3.1 ซึ่งเป็นไปในลักษณะการออกแบบเชิงวัตถุ เนื่องจากในงานวิจัยนี้จะใช้ฐานข้อมูลเชิงวัตถุสัมพันธ์



รูปที่ 3.1 ตัวอย่างฐานข้อมูล EMPLOYEE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกอบด้วยคลาสหลัก ๆ 3 คลาส คือ

- คลาส EMPLOYEE เป็นคลาสของพนักงาน ประกอบด้วยแอททริบิวต์ต่าง ๆ คือ
  - E# คือรหัสของพนักงาน
  - ENAME คือชื่อของพนักงาน
  - BDATE คือวันเกิดของพนักงาน
  - GENDER คือเพศของพนักงาน
  - TELNO คือเบอร์โทรศัพท์ของพนักงาน เป็นแอททริบิวต์เชิงเวลา (Temporal Attribute)
  - ADDRESS คือที่อยู่ของพนักงาน เป็นแอททริบิวต์เชิงเวลา (Temporal Attribute)
  - SALARY คือเงินเดือนของพนักงาน เป็นฟัซซีแอททริบิวต์เชิงเวลา (Temporal Fuzzy Attribute)
  - MOTIVATION คือความกระตือรือร้นในการทำงานของพนักงาน เป็นฟัซซีแอททริบิวต์เชิงเวลา (Temporal Fuzzy Attribute)
- คลาส DEPARTMENT เป็นคลาสของแผนก ประกอบด้วยแอททริบิวต์ต่าง ๆ คือ
  - D# คือรหัสของแผนก
  - DNAME คือชื่อของแผนก
  - DLOCATION คือที่อยู่ของแผนก เป็นอาเรย์แอททริบิวต์
- คลาส PROJECT เป็นคลาสของโปรเจคต์ ประกอบด้วยแอททริบิวต์ต่าง ๆ คือ
  - P# คือรหัสของโปรเจคต์
  - PNAME คือชื่อของโปรเจคต์
  - PLOCATION คือที่อยู่ของโปรเจคต์
  - BUDGET คืองบประมาณของโปรเจคต์ เป็นฟัซซีแอททริบิวต์เชิงเวลา (Temporal Fuzzy Attribute)

ความสัมพันธ์ระหว่างคลาส มีดังนี้

- WORKS_FOR คือความสัมพันธ์ระหว่างคลาส EMPLOYEE กับคลาส DEPARTMENT แบบ many to one เป็นความสัมพันธ์เชิงเวลา (Temporal Relationship)
- MANAGED คือความสัมพันธ์ระหว่างคลาส DEPARTMENT กับคลาส EMPLOYEE แบบ one to one เป็นความสัมพันธ์เชิงเวลา (Temporal Relationship)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- WORKS_ON คือความสัมพันธ์ระหว่างคลาส EMPLOYEE กับคลาส PROJECT แบบ many to many เป็นความสัมพันธ์เชิงเวลา (Temporal Relationship) และมีแอททริบิวต์ HOURS เป็นฟัซซีแอททริบิวต์เชิงเวลา (Temporal Fuzzy Attribute)
- CONTROLED คือความสัมพันธ์ระหว่างคลาส PROJECT กับคลาส DEPARTMENT แบบ many to one เป็นความสัมพันธ์เชิงเวลา (Temporal Relationship)

3.2 คำสั่งสำหรับสร้างฐานข้อมูล

สำหรับฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลาวิทยานิพนธ์นี้จะใช้คำสั่งสร้างชนิดของอ๊อบเจ็คต์ (Object Type) เพื่อเตรียมไปสู่การสร้างตาราง (Table) ให้เป็นคำสั่งสร้าง FTYPE สำหรับสร้างชนิดฟัซซีของอ๊อบเจ็คต์ (Object Fuzzy Type) เพื่อเตรียมไปสู่คำสั่งสร้างตารางฟัซซี (Fuzzy Table)

คำสั่งสร้างชนิดฟัซซีของอ๊อบเจ็คต์ (FTYPE) เป็นไปดังรูปแบบดังต่อไปนี้

```
CREATE FTYPE <ftype_name>(
        attribute_name1        attribute_type,
        ...
        ref_attname1           REF [TEMP] relationship_name ftype_name [1:1],
        ...
);
```

โดยที่ *ftype_name* คือชื่อของชนิดฟัซซีของอ๊อบเจ็คต์

attribute_name คือชื่อของแอททริบิวต์

attribute_type คือชนิดของแอททริบิวต์ สำหรับแอททริบิวต์เชิงเวลาจะระบุเป็น TEMP OF *type* ฟัซซีแอททริบิวต์เชิงเวลาระบุเป็น TEMPFUZZ

ref_attname คือชื่อของแอททริบิวต์ที่เป็นชนิด reference

relationship_name คือชื่อของความสัมพันธ์

ftype_name คือชื่อของชนิดฟัซซีของอ๊อบเจ็คต์ที่อ้างอิงไปถึง

สำหรับชนิด REF ถ้าเป็นความสัมพันธ์แบบเชิงเวลาจะระบุ TEMP ต่อจากคีย์เวิร์ด REF และถ้าเป็นความสัมพันธ์แบบ one to one ต้องระบุ 1:1 ไว้หลังสุดด้วย

ตัวอย่างการใช้คำสั่งสร้างชนิดฟัซซีของอ๊อบเจ็คต์ชื่อ EMPLOYEE_FTYPE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CREATE FTYPE EMPLOYEE_FTYPE (
        E#              NUMBER,
        ENAME           VARCHAR2(20),
        BDATE           DATE,
        GENDER          CHAR,
        TELNO           TEMP OF VARCHAR2(10),
        ADDRESS         TEMP OF VARCHAR2(50),
        SALARY          TEMPFUZZ,
        MOTIVATION      TEMPFUZZ,
        SUPER#          REF TEMP SUPERVISION EMPLOYEE_FTYPE,
        D#              REF TEMP WORKS_FOR DEPARTMENT_FTYPE
);
```

เมื่อสร้างชนิดฟัซซีของอ๊อบเจ็คต์แล้ว จะใช้คำสั่งสำหรับสร้าง FTABLE จาก FTYPE ดังรูปแบบต่อไปนี้

CREATE FTABLE <*ftable_name*> **OF** <*ftype_name*>;

โดยที่ *ftable_name* คือชื่อของตารางฟัซซี

ftype_name คือชื่อของชนิดฟัซซีของอ๊อบเจ็คต์ที่ต้องการสร้างตารางฟัซซี

ตัวอย่างการใช้คำสั่งสร้างตารางฟัซซีชื่อ EMPLOYEE จากชนิดฟัซซีของอ๊อบเจ็คต์ EMPLOYEE_FTYPE คือ

```
CREATE FTABLE EMPLOYEE OF EMPLOYEE_FTYPE;
```

3.3 คำสั่งสำหรับจัดการข้อมูล

ในหัวข้อนี้จะอธิบายคำสั่งต่าง ๆ สำหรับจัดการข้อมูล ประกอบด้วยคำสั่ง INSERT, DELETE และ UPDATE ดังต่อไปนี้

Note ส่วนที่อยู่ใน [...] จะระบุหรือไม่ระบุก็ได้ แล้วแต่ความต้องการใช้งานในคำสั่งนั้น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1 INSERT

คำสั่ง INSERT มีรูปแบบคำสั่งดังต่อไปนี้

> **[VALIDTIME PERIOD** [*from_date, to_date*)]
> **INSERT INTO** <*ftable_name*>
> (*column1, colomn2, …*)
> **VALUES** (*value1, value2, …*);

โดยที่ *from_date* และ *to_date* คือเวลาเริ่มต้นและสิ้นสุดของความจริงของข้อมูลตามลำดับ โดยในส่วนของ **[VALIDTIME PERIOD** [*from_date, to_date*)] ถ้าระบุจะเป็น Current Insert แต่ถ้าไม่ระบุจะเป็นแบบ Sequenced Insert ตามแนวคิดเชิงเวลา (ดูเพิ่มเติมที่ 2.3.4.3)

ftable_name คือชื่อของตารางฟัซซีในฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลา

column คือชื่อของแอททริบิวต์ที่ต้องการ insert ค่าข้อมูล

value คือค่าข้อมูลที่ต้องการ insert

ตัวอย่างการ insert ข้อมูลพนักงาน คือ รหัสพนักงาน, ชื่อพนักงาน และเงินเดือน แสดงดังนี้

INSERT INTO EMPLOYEE
(E#, ENAME, SALARY)
VALUES (1, 'John', $MEDIUM);

3.3.2 UPDATE

คำสั่ง UPDATE มีรูปแบบคำสั่งดังต่อไปนี้

> **[VALIDTIME PERIOD** [*from_date, to_date*)]
> **UPDATE** <*ftable_name*>
> **SET** *attribute_name = new_value*
> **WHERE** <*condition*>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ *from_date* และ *to_date* คือเวลาเริ่มต้นและสิ้นสุดของข้อมูลที่จะทำการ update ตามลำดับ โดยในส่วนของ [**VALIDTIME PERIOD** [*from_date, to_date*)] ถ้าระบุจะเป็น Current Update แต่ถ้าไม่ระบุจะเป็นแบบ Sequenced Update ตามแนวคิดเชิงเวลา (ดูเพิ่มเติมที่ 2.3.4.4)

ftable_name คือชื่อของตารางฟัซซีในฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลา

attribute_name คือชื่อของแอททริบิวต์ที่ต้องการ update ค่าข้อมูล

new_value คือค่าข้อมูลใหม่ที่จะ update

condition คือเงื่อนไขของการ update

ตัวอย่างการ update เงินเดือนของพนักงานรหัส 1 ให้เป็น APPROX 24000 แสดงดังนี้

```
UPDATE EMPLOYEE
SET SALARY = APPROX 24000
WHERE E# = 1;
```

3.3.3 DELETE

คำสั่ง DELETE มีรูปแบบคำสั่งดังต่อไปนี้

```
[VALIDTIME PERIOD [from_date, to_date)]
DELETE FROM <ftable_name>
WHERE <condition>
```

โดยที่ *from_date* และ *to_date* คือเวลาเริ่มต้นและสิ้นสุดของข้อมูลที่จะทำการ delete ตามลำดับ โดยในส่วนของ [**VALIDTIME PERIOD** [*from_date, to_date*)] ถ้าระบุจะเป็น Current Delete แต่ถ้าไม่ระบุจะเป็นแบบ Sequenced Delete ตามแนวคิดเชิงเวลา (ดูเพิ่มเติมที่ 2.3.4.5)

ftable_name คือชื่อของตารางฟัซซีในฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลา

condition คือเงื่อนไขของการ delete

ตัวอย่างการ delete ข้อมูลปัจจุบันของพนักงานรหัส 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DELETE FROM EMPLOYEE

WHERE E# = 1;

3.4 คำสั่งสำหรับเรียกดูข้อมูล

สำหรับการเรียกดูข้อมูลสำหรับฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลา มีแนวคิดเชิงเวลาคือ Current retrieve ซึ่งเป็นการเรียกดูข้อมูลเฉพาะข้อมูลปัจจุบัน เป็นไปดังรูปแบบต่อไปนี้

SELECT *<attname1>* [, *attname2*, ...]
FROM *<ftable_name>*
WHERE *<condition>*

และ sequenced retrieve ซึ่งเป็นการเรียกดูข้อมูลตามช่วงเวลาที่กำหนด (ดูเพิ่มเติมที่ 2.3.4.1-2.3.4.2) ซึ่งอาจจะเป็นไปได้ทั้งข้อมูลที่เป็นอดีต ปัจจุบัน หรืออนาคต โดยการใช้คีย์เวิร์ด VALIDTIME หน้า SELECT ถ้าเป็นความต้องการแบบ sequenced retrieve ซึ่งจะแสดงข้อมูลทุกช่วงเวลาที่ปรากฏในฐานข้อมูล เป็นไปดังรูปแบบต่อไปนี้

VALIDTIME SELECT *<attname1>* [, *attname2*, ...]
FROM *<ftable_name>*
WHERE *<condition>*

โดยที่ *ftable_name* คือชื่อของตารางฟัซซีในฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลา
attribute คือชื่อของแอททริบิวต์ที่ต้องการเรียกดู
condition คือเงื่อนไขของการเรียกดูข้อมูล

และสำหรับแนวคิดเชิงฟัซซีนั้น คือการที่คิวรี่สามารถมีเงื่อนไขของการคิวรี่เป็นฟัซซี ซึ่งรูปแบบของเงื่อนไขเป็นดังต่อไปนี้

AθY **[THOLD** *threshold***]**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$A\theta Y$ คือเงื่อนไขฟัซซี (A คือแอททริบิวต์ของรีเลชัน Y คือแอททริบิวต์อื่น ๆ หรือระบุเป็นค่าหนึ่งๆ และ θ คือตัวเปรียบเทียบทางฟัซซีต่าง ๆ) แต่ละเงื่อนไขฟัซซี จะแสดงค่า threshold ว่าคำตอบจะต้องผ่านเงื่อนไขนั้น ๆ ด้วยค่าดีกรีความเป็นไปได้ (possibility degree) อย่างน้อยที่สุดเท่ากับค่า threshold ซึ่งมีค่าในช่วง [0,1] โดยใช้คีย์เวิร์ด THOLD เป็นตัวระบุค่า ถ้าไม่ระบุจะมีค่าดีฟอลต์เป็น 1.0

ตัวอย่างเช่น เรียกดูข้อมูลของพนักงานที่มีค่าเงินเดือนปัจจุบันเป็น 'HIGH' โดยระบุค่า threshold ของเงื่อนไขนี้เท่ากับ 0.7 โดยใช้ตัวอย่างข้อมูลจากตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ตาราง employee

E#	ENAME	...	SALARY			...
			VALUE	VALIDTIME		
				FD	TD	
1	John		MEDIUM	2008/1/1	2008/7/1	
			APPROX 24000	2008/7/1	2008/11/1	
			MEDIUM	2008/11/1	2009/10/1	
			HIGH	2009/10/1	9999/12/31	
2	Peter		MEDIUM	2008/7/1	2008/8/1	
			HIGH	2008 /8/1	9999/12/31	
3	David		LOW	2008/1/1	2008/3/1	
			MEDIUM	2008/3/1	2009/1/1	
			25000	2009/1/1	9999/12/31	
			...		...	

SELECT E#, ENAME, SALARY

FROM EMPLOYEE

WHERE SALARY FEQ $HIGH THOLD 0.7

ผลลัพธ์ของการคิวรี่นี้แสดงผลดังตารางที่ 3.2 ซึ่งสำหรับแอททริบิวต์ที่เป็นฟัซซีแอททริบิวต์ด้วยนั้น จะแสดงค่าดีกรีที่ผ่านค่า threshold ของเงื่อนไขมาด้วยว่าเป็นค่าเท่าไหร่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 ผลลัพธ์ของ current select

E#	ENAME	SALARY	DEGREE
1	John	HIGH	1
2	Peter	HIGH	1
3	David	25000	1
	…		…

และตัวอย่างสำหรับ sequenced retrieve เช่น ต้องการข้อมูลของพนักงานที่มีค่าเงินเดือนเป็น 'HIGH' ทุกช่วงเวลาที่ปรากฏในฐานข้อมูล โดยระบุค่า threshold ของเงื่อนไขเป็น 0.5

VALIDTIME SELECT E#, SALARY

FROM EMPLOYEE

WHERE SALARY FEQ $HIGH THOLD 0.5

ผลลัพธ์ของการคิวรี่ แสดงผลดังตารางที่ 3.3 ซึ่งจะแสดงค่า valid time ของค่าเงินเดือน และแสดงค่าดีกรีที่ผ่านค่า threshold ของเงื่อนไข ซึ่งอาจจะเห็นว่าช่วงเงินเดือนเป็นจริงช่วงหนึ่ง อาจจะมีความเป็นไปได้ในการได้ค่าดีกรีที่ผ่านเงื่อนไขแตกต่างกันหลายช่วงเวลา สังเกตจาก valid time ของค่าดีกรี ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากความหมายของค่าพจน์ภาษาฟัซซีนั้นมีการเปลี่ยนแปลง ณ ช่วงเวลานั้น ๆ พอดี

ตารางที่ 3.3 ผลลัพธ์ของ sequenced select

E#	ENAME	SALARY	SALARY_FD	SALARY_TD	DEGREE	DEGREE_FD	DEGREE_TD
1	John	APPROX 24000	2008/7/1	2008/11/1	1	2008/7/1	2008/11/1
1	John	MEDIUM	2008/11/1	2009/10/1	0.61	2008/11/1	2009/6/1
1	John	MEDIUM	2008/11/1	2009/10/1	0.72	2009/6/1	2009/10/1
1	John	HIGH	2009/10/1	9999/12/31	1	2009/10/1	9999/12/31
2	Peter	HIGH	2008/8/1	9999/12/31	1	2008/8/1	9999/12/31
3	David	25000	2009/1/1	9999/12/31	1	2009/1/1	2009/6/1
3	David	25000	2009/1/1	9999/12/31	1	2009/6/1	9999/12/31
	…				…		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 คำสั่งต่าง ๆ สำหรับการจัดการข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับค่าฟัซซี

สำหรับฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลา ซึ่งอนุญาตให้มีการใส่ค่าข้อมูลได้ทั้งค่าจริงหรือค่าชัดเจน (crisp) ค่าพจน์ภาษาฟัซซี และค่าประมาณ ซึ่งค่าที่เป็นพจน์ภาษาฟัซซี และค่าประมาณนั้น จำเป็นจะต้องนิยามความหมายให้ระบบรู้จักกับค่าเหล่านั้น

3.5.1 ค่าพจน์ภาษาฟัซซี

ถูกนิยามความหมายโดยฟังก์ชันสมาชิก (membership function) ซึ่งคำสั่งสำหรับการกำหนดค่าฟังก์ชันสมาชิกให้กับค่าพจน์ภาษาฟัซซีใด ๆ เป็นไปดังรูปแบบต่อไปนี้

MEMBERSHIPOF *<attribute_name> <fterm> <fcode> <function_declaration>* [<[*from_date, to_date*)>];

ตัวอย่างเช่น กำหนดค่าฟังก์ชันสมาชิกของค่าพจน์ภาษาฟัซซี 'HIGH' ของแอททริบิวต์ SALARY

MEMBERSHIPOF SALARY HIGH 2 trapezoidal 15000,18000,20000,23000;

การแก้ไขข้อมูลค่าฟังก์ชันสมาชิกของค่าพจน์ภาษาฟัซซี ใช้คำสั่งดังรูปแบบต่อไปนี้

EDIT MEMBERSHIPOF *<attribute_name> <fterm> <function_declaration>* [<[*from_date, to_date*)>];

ตัวอย่างเช่น การแก้ไขค่าปัจจุบันของค่าพจน์ภาษาฟัซซี HIGH

EDIT MEMBERSHIPOF SALARY HIGH trapezoidal 16000,19000,22000,29000;

การลบข้อมูลค่าฟังก์ชันสมาชิกของค่าพจน์ภาษาฟัซซี ใช้คำสั่งดังรูปแบบต่อไปนี้

DELETE MEMBERSHIPOF *<attribute_name> <fterm>* [<[*from_date, to_date*)>];

ตัวอย่างเช่น ลบข้อมูลค่าพจน์ภาษาฟัซซี HIGH ในแอททริบิวต์ SALARY

DELETE MEMBERSHIPOF SALARY HIGH;

โดยที่ *attribute_name* คือชื่อของแอททริบิวต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

fterm คือค่าพจน์ภาษาฟัซซี

fcode คือรหัสของพจน์ภาษาฟัซซี

function_declaration คือค่า alpha, beta, gamma และ delta ที่นิยามสำหรับฟังก์ชันสมาชิกของค่าพจน์ภาษาฟัซซี

[<[*from_date, to_date*)>] คือช่วงเวลาที่ต้องการกระทำกับข้อมูล ถ้าไม่ใส่ถือว่าต้องการกระทำกับข้อมูลปัจจุบัน

ความหมายของค่าฟัซซีต่าง ๆ ที่ผู้ใช้งานเป็นคนนิยามเข้าไปนั้น สามารถที่จะเรียกดูข้อมูลเหล่านั้นได้ สำหรับการเรียกดูค่าฟังก์ชันสมาชิกของค่าพจน์ภาษาฟัซซีต่าง ๆ นั้น ใช้คำสั่งดังรูปแบบต่อไปนี้

SHOW MEMBERSHIPOF <*attribute_name*> [<*fterm*>];

ถ้าระบุเฉพาะชื่อแอททริบิวต์ที่ต้องการดูค่าฟังก์ชันสมาชิกของพจน์ภาษาฟัซซี ค่าฟังก์ชันสมาชิกของพจน์ภาษาฟัซซีทุกค่าที่อยู่ในแอททริบิวต์นั้นจะแสดงออกมา แต่ถ้าระบุค่าพจน์ภาษาฟัซซีด้วย ก็จะแสดงเฉพาะฟังก์ชันสมาชิกของค่าพจน์ภาษาฟัซซีที่ทำการระบุ

ตัวอย่างเช่น แสดงค่าพจน์ภาษาฟัซซีของแอททริบิวต์ SALARY

SHOW MEMBERSHIPOF SALARY;

ผลลัพธ์แสดงดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 แสดงผลลัพธ์ของการใช้คำสั่งเรียกดูข้อมูลของค่าพจน์ภาษาฟัซซีต่าง ๆ

LABEL	TYPE	ALPHA	BETA	GAMMA	DELTA	FROM_DATE	TO_DATE
LOW	Trapezoidal	10000	13000	15000	18000	2008/1/1	2008/6/1
LOW	Trapezoidal	10000	13000	16000	19000	2008/6/1	2009/6/1
LOW	Trapezoidal	13000	15000	19000	21000	2009/6/1	9999/12/31
MEDIUM	Trapezoidal	15000	18000	20000	23000	2008/1/1	2008/6/1
MEDIUM	Trapezoidal	16000	19000	22000	25000	2008/6/1	2009/6/1
MEDIUM	Trapezoidal	15000	20000	23000	28000	2009/6/1	9999/12/31
HIGH	Trapezoidal	19000	21000	25000	27000	2008/1/1	2008/6/1
HIGH	Trapezoidal	21000	23000	25000	27000	2008/6/1	2008/10/1
HIGH	Trapezoidal	20000	23000	25000	28000	2009/1/1	2009/6/1
HIGH	Trapezoidal	20000	24000	29000	33000	2009/6/1	9999/12/31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงค่าพจน์ภาษาฟัซซี HIGH ของแอททริบิวต์ SALARY

SHOW MEMBERSHIPOF SALARY HIGH;

ผลลัพธ์แสดงดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 แสดงผลลัพธ์ของการใช้คำสั่งเรียกดูข้อมูลของค่าพจน์ภาษาฟัซซีต่าง ๆ เฉพาะค่าใดค่าหนึ่ง

LABEL	TYPE	ALPHA	BETA	GAMMA	DELTA	FROM_DATE	TO_DATE
HIGH	Trapezoidal	19000	21000	25000	27000	2008/1/1	2008/6/1
HIGH	Trapezoidal	21000	23000	25000	27000	2008/6/1	2008/10/1
HIGH	Trapezoidal	20000	23000	25000	28000	2009/1/1	2009/6/1
HIGH	Trapezoidal	20000	24000	29000	33000	2009/6/1	9999/12/31

3.5.2 ค่าดีกรีความคล้ายคลึง (Similarity Degree)

สำหรับการกำหนดค่าฟังก์ชันสมาชิกแล้วนั้น จะนำไปสู่การคำนวณค่าความสัมพันธ์ความคล้ายคลึง (similarity relation) ของแต่ละคู่ค่าพจน์ภาษาฟัซซีในแอททริบิวต์เดียวกัน โดยใช้คำสั่งดังรูปแบบต่อไปนี้

CALCULATE SIM <*attribute_name*> [<[*from_date, to_date*)>];

เมื่อใช้คำสั่งนี้ระบบจะเป็นผู้คำนวณค่าความสัมพันธ์ความคล้ายคลึง (similarity degree) และจัดเก็บให้โดยอัตโนมัติ โดยอาศัยข้อมูลของฟังก์ชันสมาชิกที่ปรากฏในแต่ละพจน์ภาษาฟัซซี และสูตรคำนวณค่าดีกรีความคล้ายคลึง (Similarity Degree) จากหัวข้อที่ 2.1.2

ตัวอย่างเช่น คำนวณค่าดีกรีความคล้ายคลึงค่าปัจจุบันของแอททริบิวต์ SALARY

CALCULATE SIM SALARY; (คำนวณค่าดีกรีความคล้ายคลึงจากข้อมูลฟังก์ชันสมาชิกปัจจุบัน)

คำสั่งสำหรับเรียกดูค่าความสัมพันธ์ความคล้ายคลึง (similarity relation) ของแอททริบิวต์ใด ๆ เป็นไปดังรูปแบบต่อไปนี้

SHOW SIM <*attribute_name*>;

SHOW SIM SALARY;

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

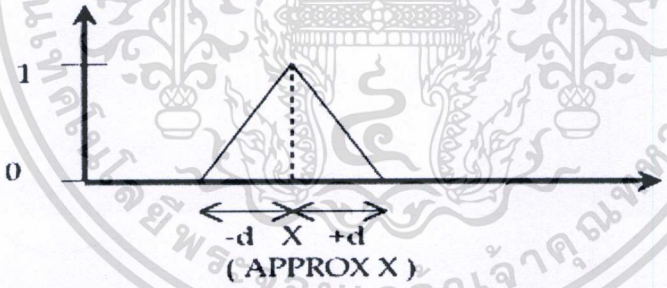
ผลลัพธ์แสดงดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 แสดงผลลัพธ์ของการใช้คำสั่งเรียกดูค่าความสัมพันธ์ความคล้ายคลึง (similarity relation)

FUZZY_TERM1	FUZZY_TERM2	SIMILARITY_DEREE	FROM_DATE	TO_DATE
LOW	MEDIUM	0.18	2008/1/1	2008/6/1
LOW	MEDIUM	0.14	2008/6/1	2009/6/1
LOW	MEDIUM	0.47	2009/6/1	9999/12/31
LOW	HIGH	0.0	2008/1/1	2008/6/1
LOW	HIGH	0.01	2008/6/1	9999/12/31
MEDIUM	HIGH	0.41	2008/1/1	2008/6/1
MEDIUM	HIGH	0.47	2008/6/1	2008/10/1
MEDIUM	HIGH	0.61	2009/1/1	2009/6/1
MEDIUM	HIGH	0.72	2009/6/1	9999/12/31

3.5.3 ค่าประมาณ (Approximate Value)

จะนิยามโดยการกำหนดค่า d ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 การกระจายความเป็นไปได้ (possibility distribution) ของค่าประมาณ

คำสั่งสำหรับการนิยามค่าประมาณ เป็นไปดังรูปแบบต่อไปนี้

APPROXOF <*attribute_name*> <*approx_definition*> [<[*from_date, to_date*)>];

ตัวอย่างเช่น กำหนดค่านิยามค่าประมาณของแอททริบิวต์ SALARY

APPROXOF SALARY 1000;

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแก้ไขข้อมูลนิยามค่าประมาณ ใช้คำสั่งดังรูปแบบต่อไปนี้

EDIT APPROXOF <*attribute_name*> <*approx_definition*> [<[*from_date, to_date*)>];

EDIT APPROXOF SALARY 2000;

การลบข้อมูลนิยามค่าประมาณ ใช้คำสั่งดังรูปแบบต่อไปนี้

DELETE APPROXOF <*attribute_name*> [<[*from_date, to_date*)>];

ตัวอย่างเช่น ลบข้อมูลปัจจุบันของค่านิยามค่าประมาณของแอททริบิวต์ SALARY

DELETE APPROXOF SALARY;

และคำสั่งสำหรับการเรียกดูนิยามของค่าประมาณที่นิยามไว้ในแต่ละฟัซซีแอททริบิวต์นั้น ใช้คำสั่ง

SHOW APPROXOF <*attribute_name*>;

ตัวอย่างเช่น แสดงค่านิยามค่าประมาณของแอททริบิวต์ SALARY

SHOW APPROXOF SALARY;

ผลลัพธ์แสดงดังตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 แสดงผลลัพธ์ของการใช้คำสั่งเรียกดูนิยามของค่าประมาณ

ATTRIBUTE_NAME	APPROX_DEF	FROM_DATE	TO_DATE
salary	10000	2008/1/1	9999/12/31

จากหัวข้อที่กล่าวมาทั้งหมด เป็นการทำงานของผู้ใช้ระดับสร้างฐานข้อมูลบนฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลา ซึ่งจะไม่รู้เลยว่าระบบข้างในนั้นทำงานอย่างไร การทำงานภายในนั้นจะซับซ้อนมาก เนื่องจากต้องสามารถจัดการทั้งด้านเชิงเวลาและเชิงฟัซซี โครงสร้างและการทำงานของระบบภายในนั้นจะกล่าวในบทถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

Meta Knowledge Base

ในบทนี้จะเสนอการออกแบบ Meta-Knowledge Base ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่อยู่ภายใต้ฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลา ข้อมูลใน Meta-Knowledge Base นี้จะใช้อธิบายฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลาที่สร้างขึ้น โดยเก็บค่าส่วนประกอบต่าง ๆ ของฐานข้อมูล เก็บค่าความหมายของค่าฟัซซี ซึ่งในการเก็บค่าความหมายฟัซซีดังที่ได้กล่าวไปว่างานวิจัยในวิทยานิพนธ์นี้ ค่าความหมายฟัซซีนั้นจะสามารถเปลี่ยนแปลงไปตามกาลเวลาได้ ดังนั้น Meta-Knowledge Base ในงานวิจัยนี้จึงเป็นลักษณะของฐานข้อมูลเชิงเวลา จึงประยุกต์จัดการกับในฐานข้อมูลเชิงวัตถุสัมพันธ์ ซึ่งมีความเหมาะสมกับงานด้านเชิงเวลา ค่านิยามฟัซซีต่าง ๆ นั้นจำเป็นต่อการพัฒนาภาษา TFSQL ซึ่งจะกล่าวในบทถัดไป

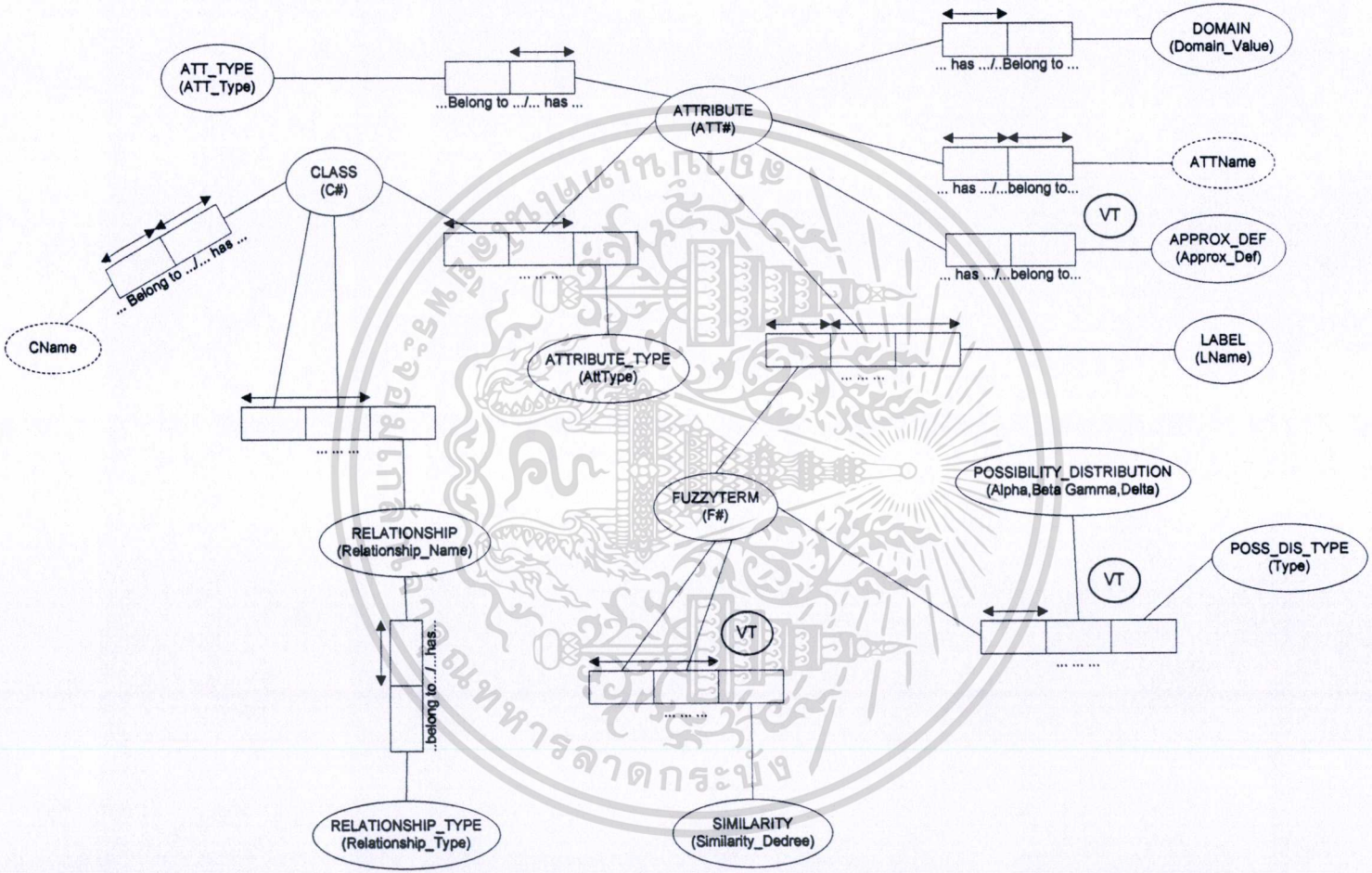
4.1 การออกแบบ Meta Knowledge Base สำหรับฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลา

Meta-Knowledge Base นี้ออกแบบโดยใช้ ORM [16] จัดเก็บข้อมูลที่เป็นความรู้ต่าง ๆ บนฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลา การออกแบบแสดงดังรูปที่ 4.1

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 4.1 การออกแบบ Meta-Knowledge Base โดยใช้ ORM ของฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลา ประเภทพจน์ภาษาฟัซซีเชิงเวลา

เมื่อทำการ map มาเป็น schema จะได้ดังตารางที่ 4.1-4.6

SCHEMA

meta table CLASS สำหรับเก็บข้อมูลชื่อคลาส แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 CLASS

C#	CNAME
1	EMPLOYEE
...	...

โดยที่ C# คือรหัสของคลาส

CNAME คือชื่อคลาส

meta table ATTRIBUTE สำหรับเก็บข้อมูลของแอททริบิวต์ แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ATTRIBUTE

ATT#	ATTNAME	ATT_TYPE	DOMAIN_VALUE	APPROX_DEF		
				VALUE	VALIDTIME	
					FD	TD
1	SALARY	3	HIGH, MEDIUM...	1000	2008/1/1	9999/12/31
...				...		

โดยที่ ATT# คือรหัสของแอททริบิวต์

ATTNAME คือชื่อของแอททริบิวต์

ATT_TYPE คือชนิดของแอททริบิวต์นั้น ๆ สามารถเป็นได้คือ 0 : แอททริบิวต์ชัดเจน (Crisp Attribute), 1 : แอททริบิวต์ชัดเจนเชิงเวลา (Temporal Crisp Attribute), 2 : ฟัซซีแอททริบิวต์ (Fuzzy Attribute), 3 : ฟัซซีแอททริบิวต์เชิงเวลา (Temporal Fuzzy Attribute)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DOMAIN_VALUE คือโดเมนของแอททริบิวต์นั้น ๆ

APPROX_DEF คือข้อมูลเกี่ยวกับฟังก์ชันสมาชิก (membership function) ของการประมาณค่า ซึ่งเป็นฟังก์ชันสมาชิกรูปสามเหลี่ยม (triangle membership function) ตามรูปที่ 3.2 ซึ่งจะเก็บค่า d โดยมีลักษณะเป็นแอททริบิวต์เชิงเวลา เพราะเป็นค่านิยามค่าประมาณที่สามารถเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาได้

meta table ATTRIBUTE_TYPE สำหรับเก็บข้อมูลของแอททริบิวต์ว่าอยู่ในคลาสใด เป็นแอททริบิวต์ชนิดใดในคลาสนั้น ๆ แสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ATTRIBUTE_TYPE

C#	ATT#	ATTTYPE
1	1	0
...		...

โดยที่ C# คือรหัสของตาราง เป็นพอยเตอร์ชี้ไปยัง CLASS

ATT# คือรหัสของแอททริบิวต์ เป็นพอยเตอร์ชี้ไปยัง ATTRIBUTE

ATTTYPE คือประเภทของแอททริบิวต์ที่อยู่คลาสนั้น ๆ สามารถเป็นได้คือ 0 : normal, 1 : reference

meta table RELATIONSHIP สำหรับเก็บข้อมูลของความสัมพันธ์ระหว่างคลาส แสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 RELATIONSHIP

C1#	C2#	RELATIONSHIP_NAME	RELATIOSHIP_TYPE
1	2	WORKS_FOR	n:1 temporal
...			...

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ C1# คือรหัสของคลาสที่ 1 เป็นพอยเตอรชี้ไปยัง CLASS

C2# คือรหัสของคลาสที่ 2 เป็นพอยเตอร์ชี้ไปยัง CLASS

RELATIONSHIP_NAME คือชื่อของความสัมพันธ์ระหว่างคลาส

RELATIONSHIP_TYPE คือชนิดของของความสัมพันธ์ สามารถเป็นได้ทั้ง 1:1, 1:n, n:1, n:m, 1:1 recursive [temporal], 1:n recursive [temporal], n:m recursive [temporal], 1:1 temporal, 1:n temporal, n:1 temporal, n:m temporal

meta table FUZZTERM สำหรับเก็บข้อมูลนิยามค่าพจน์ภาษาฟัซซีคือฟังก์ชันสมาชิกซึ่งมีลักษณะเป็นเชิงเวลา เนื่องจากเป็นค่านิยามค่าพจน์ภาษาฟัซซีที่สามารถเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาได้ แสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 FUZZYTERM

				POSSIBILITY_DISTRIBUTION				VALIDTIME	
F#	**ATT#**	**LNAME**	**TYPE**	**ALPHA**	**BETA**	**GAMMA**	**DELTA**	**FD**	**TD**
2	1	HIGH	Trapezoidal	16000	19000	22000	29000	2008/1/1	9999/12/31
...							...		

โดยที่ F# คือรหัสของพจน์ภาษาฟัซซี

ATT# คือรหัสของตาราง เป็นพอยเตอร์ชี้ไปยัง ATTRIBUTE

LNAME คือชื่อของพจน์ภาษาฟัซซี (fuzzy term)

TYPE คือชนิดของการกระจายความเป็นไปได้ เช่นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู (Trapezoidal) เป็นต้น

POSSIBILITY_DISTRIBUTION ซึ่งประกอบด้วยแอททริบิวต์ ALPHA, BETA, GAMMA, DELTA คือรายละเอียดของกราฟการกระจายความเป็นไปได้ (Possibility Distribution)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

VALIDTIME ซึ่งประกอบด้วยแอททริบิวต์ FD และ TD คือ Fromdate และ Todate ของการกระจายความเป็นไปได้ (Possibility Distribution) โดยที่ ValidTime นั้นกำกับ fact ของ Type, Alpha, Beta, Gamma, Delta

meta table SIMILARITY สำหรับเก็บข้อมูลค่าดีกรีความคล้ายคลึงระหว่างคู่ค่าพจน์ภาษาฟัซซีในแอททริบิวต์เดียวกันซึ่งมีลักษณะเป็นเชิงเวลาเนื่องจากเปลี่ยนแปลงได้ตามเวลา แสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่4.6 SIMILARITY

F1#	F2#	SIMILARITY_DEGREE		
		VALUE	VALIDTIME	
			FD	TD
1	2	0.7	2008/1/1	9999/12/31

โดยที่ F1# คือรหัสของพจน์ภาษาฟัซซีที่ 1 เป็นพอยเตอร์ชี้ไปยัง FUZZYTERM

F2# คือรหัสของพจน์ภาษาฟัซซีที่ 2 เป็นพอยเตอร์ชี้ไปยัง FUZZYTERM

SIMILARITY_DEGREE คือค่าความสัมพันธ์ความคล้ายคลึง (similarity relation) ระหว่าง 2 พจน์ภาษาฟัซซีใด ๆ เป็นแอททริบิวต์เชิงเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การพัฒนาระบบฐานข้อมูลต้นแบบ

จากบทที่ 3 ได้นำเสนอภาษา TFSQL สำหรับจัดการข้อมูลในฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลา และบทที่ 4 ได้นำเสนอ Meta-Knowledge Base ซึ่งเก็บข้อมูลเกี่ยวกับค่านิยามค่าฟัซซีต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการประมวลผลคำสั่งต่าง ๆ ในบทที่ 3 ในบทนี้จึงขออธิบายถึงการพัฒนาระบบฐานข้อมูลต้นแบบที่ใช้ภาษา TFSQL โดยระบบต้นแบบนี้ พัฒนาอยู่บนระบบจัดการฐานข้อมูลออราเคิล (Oracle) และใช้ฐานข้อมูลเชิงวัตถุสัมพันธ์ ในการพัฒนา

5.1 การสร้างฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลา

จากบทที่ 3 ได้ยกตัวอย่างของฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลาเกี่ยวกับฐานข้อมูล EMPLOYEE ซึ่งตัวอย่างคำสั่งสำหรับการสร้างฐานข้อมูลจากคลาส EMPLOYEE คือคำสั่งสร้างชนิดฟัซซีของอ๊อบเจ็คต์ ดังต่อไปนี้

```
CREATE FTYPE EMPLOYEE_FTYPE(
        E#          NUMBER,
        ENAME       VARCHAR2(20),
        BDATE       DATE,
        GENDER      CHAR,
        TELNO       TEMP OF VARCHAR2(10),
        ADDRESS     TEMP OF VARCHAR2(50),
        SALARY      TEMPFUZZ,
        MOTIVATION  TEMPFUZZ,
        SUPER#      REF TEMP SUPERVISION EMPLOYEE_FTYPE,
        D#          REF TEMP WORKS_FOR DEPARTMENT_FTYPE
);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอททริบิวต์ที่มีชนิดข้อมูลทั่วไปก็จะทำการสร้างโดยปกติ คือ

```
CREATE TYPE EMPLOYEE_FTYPE AS OBJECT(
        E#          NUMBER,
        ENAME       VARCHAR2(20),
        BDATE       DATE,
        GENDER      CHAR
);
```

สำหรับแอททริบิวต์ที่เป็นชนิดเชิงเวลา (TEMP OF *type*) และฟัซซีเชิงเวลา (TEMPFUZZ) เป็นกรณีพิเศษที่ต้องขยายโครงสร้างของแอททริบิวต์โดยอัตโนมัติดังต่อไปนี้

โครงสร้างของแอททริบิวต์เชิงเวลา แสดงดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 แสดงโครงสร้างของแอททริบิวต์เชิงเวลา

ATTRIBUTE_NAME	VALIDTIME	
	FD	TD

ประกอบด้วยแอททริบิวต์ ATTRIBUTE_NAME ซึ่งเก็บค่าของแอททริบิวต์ มีชนิดข้อมูลตามที่กำหนด และแอททริบิวต์ VALIDTIME ที่ประกอบด้วย FD (From date) และ TD (To date)

โครงสร้างของฟัซซีแอททริบิวต์เชิงเวลา แสดงดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 แสดงโครงสร้างของฟัซซีแอททริบิวต์เชิงเวลา

ATTRIBUTE_NAME			
TYPE	VALUE	VALIDTIME	
		FD	TD

ประกอบด้วยแอททริบิวต์ TYPE ซึ่งเก็บค่าของชนิดข้อมูลของค่าแอททริบิวต์ โดยที่ 0 คือชนิดชัดเจน (crisp) 1 คือชนิดค่าประมาณ และ 2 คือชนิดพจน์ภาษาฟัซซี แอททริบิวต์ VALUE ซึ่งเก็บค่าของแอททริบิวต์ ให้เป็นชนิดข้อมูลตัวเลข (เก็บค่าชัดเจน (crisp) และค่าประมาณเป็นตัวเลข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเก็บค่าพจน์ภาษาฟัซซีเป็น ID ของค่าพจน์ภาษาฟัซซีนั้น) และแอททริบิวต์ VALIDTIME ที่ประกอบด้วย FD (From date) และ TD (To date)

สำหรับแอททริบิวต์ที่เป็นชนิดอ้างอิงถ้าเป็นเชิงเวลาด้วยนั้นจะต้องทำการขยายโครงสร้างแสดงดังตารางที่ 5.3 ซึ่งคล้ายคลึงกับโครงสร้างของแอททริบิวต์เชิงเวลา

ตารางที่ 5.3 แสดงโครงสร้างของแอททริบิวต์ชนิดอ้างอิงเชิงเวลา

ATTRIBUTE_NAME	VALIDTIME	
	FD	TD

ประกอบด้วยแอททริบิวต์ ATTRIBUTE_NAME ซึ่งเก็บค่าของแอททริบิวต์ มีชนิดข้อมูลเป็นพอยเตอร์ที่ชี้ไปยังอ๊อบเจ็คต์ของชนิดที่อ้างอิง และแอททริบิวต์ VALIDTIME ที่ประกอบด้วย FD (From date) และ TD (To date)

สำหรับโครงสร้างของแอททริบิวต์ที่เห็นว่ามีลักษณะเป็นอาร์เรย์นั้น จริง ๆ แล้วจะเป็นลักษณะแยกออกมาอีกตารางหนึ่ง ดังตารางที่ 5.4 เป็นตัวอย่างของฟัซซีแอททริบิวต์เชิงเวลาจากโครงสร้างลักษณะของอาร์เรย์ดังตารางที่ 5.2 จะแยกออกมาเป็นอีกตารางหนึ่งที่มีชื่อเป็น *ชื่อ 3 ตัวแรกของชนิดหลัก_ชื่อแอททริบิวต์*

ตารางที่ 5.4 โครงสร้างตารางสำหรับฟัซซีแอททริบิวต์เชิงเวลา

Maintype#	ATTRIBUTE_NAME			
	TYPE	VALUE	VALIDTIME	
			FD	TD

โดยที่จะมีแอททริบิวต์ *Maintype#* (ในที่นี้จะนำอักษรตัวแรกของชนิดหลักตามด้วย # มาเป็นชื่อแอททริบิวต์นี้) เก็บค่าข้อมูลพอยเตอร์ที่ชี้ไปยังอ๊อบเจ็คต์จากชนิดหลัก และตามด้วยโครงสร้างเดิมตอนเห็นเป็นอาร์เรย์ ดังนั้นโครงสร้างสำหรับแอททริบิวต์เชิงเวลาหรือชนิดอ้างอิงเชิงเวลาก็จะเป็นไปในลักษณะเดียวกันนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Note จะเห็นว่าโครงสร้างข้อมูลของฟัซซีแอททริบิวต์เชิงเวลาจะประกอบด้วยแอททริบิวต์ TYPE, VALUE, VALIDTIME จึงได้สร้างชนิด TFTYPE ที่ประกอบด้วย 3 แอททริบิวต์นี้เพื่อแอททริบิวต์จะสามารถเรียกใช้ได้เลยถ้าปรากฏเป็นฟัซซีแอททริบิวต์เชิงเวลาอีก เป็นดังนี้

คำสั่งสำหรับสร้างชนิด VALIDTIME ที่ประกอบด้วยแอททริบิวต์ FD (from date) และ TD (to date)

```
CREATE TYPE VALIDTIME AS OBJECT(
        FD          DATE,
        TD          DATE
);
```

คำสั่งสร้างชนิดข้อมูล TFTYPE สำหรับแอททริบิวต์ฟัซซีเชิงเวลา

```
CREATE TYPE TFTYPE AS OBJECT (
        TYPE        NUMBER,
        VALUE       FLOAT,
        VALIDTIME   VALIDTIME
);
```

ดังนั้นสำหรับแอททริบิวต์ที่เหลือที่เป็นแอททริบิวต์เชิงเวลา ฟัซซีแอททริบิวต์เชิงเวลา หรือแอททริบิวต์ชนิดอ้างอิงเชิงเวลา ในการพัฒนาภาษา TFSQL จะต้องทำการขยายคำสั่งดังต่อไปนี้ เพื่อสร้างฐานข้อมูลให้ได้โครงสร้างดังอธิบายในข้างต้น

เช่น แอททริบิวต์ SALARY ซึ่งเป็นฟัซซีแอททริบิวต์เชิงเวลา จะมีคำสั่งสำหรับสร้างชนิดของอ๊อบเจ็คต์ โดยใช้ชื่อชนิดเป็น *ชื่อชนิดหลัก_ชื่อแอททริบิวต์* ในที่นี้ก็คือ EMPLOYEE_FTYPE_SALARY เป็นดังนี้

```
CREATE TYPE EMPLOYEE_FTYPE_SALARY AS OBJECT(
        E#          REF EMPLOYEE_FTYPE,
        SALARY      TFTYPE
);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับฟัซซีแอททริบิวต์เชิงเวลาอื่น ๆ สามารถใช้วิธีเดียวกันกับ SALARY เช่นกัน

สำหรับแอททริบิวต์เชิงเวลาจะไม่มีชนิดข้อมูลเหมือนอย่าง TFTYPE ให้ใช้ เนื่องจากค่าแอททริบิวต์ VALUE นั้นจะเป็นไปตามชนิดข้อมูลของแอททริบิวต์นั้นชนิดเดียว ว่าเป็นข้อมูลชนิดอะไร (เช่น integer, String, Double เป็นต้น) แต่ TFTYPE นั้นกำหนดตายตัวว่าค่าแอททริบิวต์ VALUE นั้นต้องเป็นค่าจำนวนตัวเลขเพราะต้องเก็บข้อมูลหลายชนิด (จะอธิบายต่อไปว่าแต่ละชนิดข้อมูลนั้นเก็บค่าอย่างไรในหัวข้อ 5.3) ซึ่งจะมีตัวบ่งบอกชนิดกำกับคือ TYPE

ตัวอย่างเช่นแอททริบิวต์ TELNO ซึ่งเป็นแอททริบิวต์เชิงเวลา จะมีคำสั่งสำหรับสร้างชนิดของอ๊อบเจ็คต์ โดยใช้ชื่อชนิดเป็น *ชื่อชนิดหลัก_ชื่อแอททริบิวต์* ในที่นี้ก็คือ EMPLOYEE_FTYPE_TELNO เป็นดังนี้

```
CREATE TYPE EMPLOYEE_FTYPE_TELNO AS OBJECT(
        E#          REF EMPLOYEE_FTYPE,
        TELNO       VARCHAR2(10),
        VALIDTIME   VALIDTIME
);
```

สำหรับแอททริบิวต์เชิงเวลาอื่น ๆ สามารถใช้วิธีเดียวกันกับ TELNO เช่นกัน

สำหรับชนิดข้อมูลที่เป็นชนิดอ้างอิงเชิงเวลา เช่น แอททริบิวต์ SUPER# ที่อ้างอิงไปยังชนิด EMPLOYEE_FTYPE คำสั่งสำหรับสร้างชนิดของอ๊อบเจ็คต์เป็นไปดังนี้

```
CREATE TYPE EMPLOYEE_FTYPE_SUPER# AS OBJECT(
        E#          REF EMPLOYEE_FTYPE,
        SUPER#      REF EMPLOYEE_FTYPE,
        VALIDTIME   VALIDTIME
);
```

สำหรับแอททริบิวต์ชนิดอ้างอิงเชิงเวลาอื่น ๆ สามารถใช้วิธีเดียวกันกับ SUPER# เช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทำการสร้างชนิดของอ๊อบเจ็คต์ทั้งหมดแล้วตามข้างต้น จากนั้นจะทำการจัดเก็บข้อมูลส่วนประกอบต่าง ๆ ของชนิดฟัซซีของอ๊อบเจ็คต์ที่ผู้ใช้สร้างลงใน Meta-Knowledge Base ดังต่อไปนี้

จัดเก็บชื่อคลาส ดังตารางที่ 5.5

```
INSERT INTO CLASS
VALUES(classname)
```

ตารางที่ 5.5 Meta Table CLASS

C#	CNAME
0	EMPLOYEE
...	...

จัดเก็บข้อมูลเกี่ยวกับแอททริบิวต์ ดังตารางที่ 5.6 แสดงข้อมูลบางส่วน

```
INSERT INTO ATTRIBUTE (ATTNAME, ATT_TYPE, DOMAIN)
VALUES(attname,atttype,domain)
```

ตารางที่ 5.6 Meta Table ATTRIBUTE

ATT#	ATTNAME	ATT_TYPE#	DOMAIN
0	E#	0	NUMBER
1	ENAME	0	VARCHAR2(20)
2	BDATE	0	DATE
3	GENDER	0	CHAR
4	TELNO	1	VARCHAR2(10)
5	ADDRESS	1	VARCHAR2(50)
6	SALARY	3	
...		...	...
8	SUPER#	0	EMPLOYEE_FTYPE
...	...	...	...

จัดเก็บข้อมูลเกี่ยวกับแอททริบิวต์ว่าอยู่ในคลาสใด เป็นแอททริบิวต์ชนิดใดในคลาสนั้น ๆ ดังตารางที่ 5.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
INSERT INTO ATTRIBUTE_TYPE
SELECT REF(T2), atttype, REF(T1)
FROM CLASS T1,ATTRIBUTE T2
WHERE T1.CNAME = classname
AND T2.ATTNAME = attname
```

ตารางที่ 5.7 Meta Table ATTTYPE

T#	ATT#	ATTType
0	0	0
0	1	0
0	2	0
...		...
0	8	1
...		...

จัดเก็บข้อมูลของความสัมพันธ์ระหว่างคลาส ดังตารางที่ 5.8

```
INSERT INTO RELATIONSHIP
SELECT REF(T1),REF(T2),relationship_name,relationship_type
FROM CLASS T1,CALSS T2
WHERE T1.CNAME = classname1
AND T2.CNAME = classname2
```

ตารางที่ 5.8 Meta Table RELATIONSHIP

C1#	C2#	RELATIONSHIP_NAME	RELSTIONSHIP_TYPE
0	0	SUPERVISION	1:n recursive temporal
...		...	

เมื่อสร้างชนิดฟัซซีของอ๊อบเจ็คต์เรียบร้อยแล้วผู้ใช้จะสั่งสร้างตารางฟัซซี คือ

CREATE FTABLE EMPLOYEE **OF** EMPLOYEE_FTYPE;

ซึ่งการประมวลผลคำสั่งนี้ จะทำการสร้างตารางจากทุกชนิดที่สร้างขึ้นมาดังต่อไปนี้

CREATE TABLE EMPLOYEE **OF** EMPLOYEE_FTYPE;

CREATE TABLE EMP_TELNO OF EMPLOYEE_FTYPE_TELNO;

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

...

CREATE TABLE EMP_SALARY OF EMPLOYEE_FTYPE_SALARY;

...

CREATE TABLE EMP_SUPER# **OF** EMPLOYEE_FTYPE_SUPER#;

...

เป็นต้น โดยแสดงตัวอย่างตารางที่สร้างดังตารางที่ 5.9-5.12

ตารางที่ 5.9 ตาราง EMPLOYEE

E#	ENAME	BDATE	GENDER

ตารางที่ 5.10 ตาราง EMP_TELNO

E#	TELNO	VALIDTIME	
		FD	TD

ตารางที่ 5.11 ตาราง EMP_SALARY

E#	SALARY			
	TYPE	VALUE	VALIDTIME	
			FD	TD

ตารางที่ 5.12 ตาราง EMP_SUPER#

E#	SUPER#	VALIDTIME	
		FD	TD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 กำหนดค่าฟัซซี

ค่าพจน์ภาษาฟัซซีต่าง ๆ ที่ปรากฏในฟัซซีแอททริบิวต์ของฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลาตัวอย่างจำเป็นจะต้องมีการกำหนดค่านิยามของค่าเหล่านั้น ลงใน meta table ดังคำสั่งในบทที่ 3 ซึ่งค่าความหมายเหล่านี้สามารถเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงไป การเปลี่ยนแปลงของเวลาอาจทำให้บางค่าพจน์ภาษาฟัซซีเปลี่ยนแปลงเช่น เรื่องการเงิน ค่าของเงินนั้นเปลี่ยนแปลงไปตามยุคสมัย ฉะนั้นเพื่อความเป็นจริงในการแสดงข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับค่าพจน์ภาษาฟัซซีนั้น ก็ต้องรองรับในส่วนนี้ เนื่องจากระบบมีความสามารถด้านเชิงเวลา ที่สามารถดึงข้อมูลได้ทุกช่วงเวลา ข้อมูลในแต่ละช่วงเวลานั้น ความหมายของค่าพจน์ภาษาฟัซซีก็อาจต่างกันไป ซึ่งต้องมาทำการตรวจสอบใน meta table ว่าช่วงเวลาของข้อมูลนั้นกับค่าความหมายของพจน์ภาษาฟัซซีช่วงนั้น ๆ ด้วย จึงจะได้ข้อมูลที่ถูกต้อง การเปลี่ยนแปลงค่าความหมายสามารถกำหนดค่าเข้าไปใหม่ได้โดยใช้คำสั่งแก้ไขหรือลบ (ดูรายละเอียดได้จากบทที่ 3) ระบบจะจัดการเก็บค่าตามเงื่อนไขเชิงเวลาให้โดยอัตโนมัติทั้งหมดนี้ดัง meta table ตารางที่ 5.13

ตัวอย่างคำสั่งการกำหนดค่าฟังก์ชันสมาชิกปัจจุบันให้กับพจน์ภาษาฟัซซี 'HIGH' ของแอททริบิวต์ SALARY คือ

MEMBERSHIPOF SALARY HIGH 2 trapezoidal 15000,18000,20000,23000;

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
INSERT INTO FUZZTERM
SELECT REF(O),fuzzcode,fuzzterm
FROM ATTRIBUTE O
WHERE O.ATTNAME = attname
INSERT INTO FUZZPROP
SELECT
REF(O),POSSIBILITY(alpha,beta,gamma,delta),memtype,VALIDTIME(now,9999/
12/31)
FROM FUZZTERM O
WHERE O.ATT# = (SELECT REF(P) FROM ATTRIBUTE P WHERE P.ATTNAME =
attname)
AND O.LABEL = fuzzterm
```

ตารางที่ 5.13 Meat Table FUZZYTERM

F #	ATT#	Label	Type	Possibility_Distribution				ValidTime	
				Alpha	Beta	Gamma	Delta	FD	TD
0	6	Low	Trapezoidal	10000	13000	15000	18000	2008/1/1	2008/6/1
				10000	13000	16000	19000	2008/6/1	2009/6/1
				13000	15000	19000	21000	2009/6/1	9999/12/31
1	6	Medium	Trapezoidal	15000	18000	20000	23000	2008/1/1	2008/6/1
				16000	19000	22000	25000	2008/6/1	2009/6/1
				15000	20000	23000	28000	2009/6/1	9999/12/31
2	6	High	Trapezoidal	19000	21000	25000	27000	2008/1/1	2008/6/1
				21000	23000	25000	27000	2008/6/1	2008/10/1
				20000	23000	25000	28000	2009/1/1	2009/6/1
				20000	24000	29000	33000	2009/6/1	9999/12/31
...			...				...		

และเมื่อกำหนดค่าพจน์ภาษาฟัซซีของแอททริบิวต์หนึ่ง ๆ ครบแล้วก็จะสั่งให้คำนวณค่าความคล้ายคลึง (Similarity) ระหว่างคู่ค่าพจน์ภาษาฟัซซีในแอททริบิวต์เดียวกันและจัดเก็บลง meta table ซึ่งมีลักษณะเป็นเชิงเวลาเช่นเดียวกันตามค่าความหมายของพจน์ภาษาฟัซซี (ฟังก์ชันสมาชิก) ดังตารางที่ 5.14

ตัวอย่างคำสั่งให้คำนวณค่าดีกรีความคล้ายคลึง (Similarity Degree) ค่าปัจจุบันของแอททริบิวต์ SALARY คือ

CALCULATE SIM SALARY;

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
INSERT INTO SIMILARITY
SELECT DEGREE(VALIDTIME(T3.VALIDTIME.FROMDATE,T3.VALIDTIME.TODATE),
(T3.POSSIBILITY.DELTA-T4.POSSIBILITY.ALPHA)/(T3.POSSIBILITY.DELTA-
T3.POSSIBILITY.GAMMA+T4.POSSIBILITY.DELTA-
T4.POSSIBILITY.GAMMA))/(((T3.POSSIBILITY.GAMMA-
T3.POSSIBILITY.BETA+T3.POSSIBILITY.DELTA-
T3.POSSIBILITY.ALPHA+T4.POSSIBILITY.GAMMA-
T4.POSSIBILITY.BETA+T4.POSSIBILITY.DELTA-
T4.POSSIBILITY.ALPHA)/(2*(T3.POSSIBILITY.DELTA-
T4.POSSIBILITY.ALPHA)))-((T3.POSSIBILITY.DELTA-
T4.POSSIBILITY.ALPHA)/(T3.POSSIBILITY.DELTA-
T3.POSSIBILITY.GAMMA+T4.POSSIBILITY.DELTA-
T4.POSSIBILITY.GAMMA)))),REF(T1),REF(T2)
FROM FUZZTERM T1,FUZZTERM T2,FUZZPROP T3,FUZZPROP T4,ATTRIBUTE T5
WHERE ATTNAME = attname
AND T1.ATT# = REF(T5)
AND T2.ATT# = REF(T5)
AND T3.F# = REF(T1)
AND T4.F# = REF(T2)
AND T1.F# < T2.F#
AND T3.VALIDTIME.TODATE = 9999/12/31
AND T4.VALIDTIME.TODATE = 9999/12/31
AND T3.POSSIBILITY.DELTA > T4.POSSIBILITY.ALPHA
```

ตารางที่ 5.14 Meta Table SIMILARITY

F1#	F2#	Degree		
		Value	FD	TD
0	1	0.18	2008/1/1	2008/6/1
0	1	0.14	2008/6/1	2009/6/1
0	1	0.47	2009/6/1	9999/12/31
0	2	0.0	2008/1/1	2008/6/1
0	2	0.01	2008/6/1	9999/12/31
1	2	0.41	2008/1/1	2008/6/1
1	2	0.47	2008/6/1	2008/10/1
1	2	0.61	2009/1/1	2009/6/1
1	2	0.72	2009/6/1	9999/12/31
...			...	

และ meta table ที่จัดเก็บนิยามค่าประมาณดังตารางที่ 5.15

ตัวอย่างคำสั่งการกำหนดนิยามค่าประมาณค่าปัจจุบัน คือ

APPROXOF SALARY 1000;

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
INSERT INTO APPROX_DEF
SELECT REF(O),APPROX_DEF(approxdef,VALIDTIME(now,9999/12/31))
FROM ATTRIBUTE O
WHERE O.ATT# =
(SELECT REF(P) FROM ATTRIBUTE P WHERE P.ATTNAME = attname)
```

ตารางที่ 5.15 Meta Table APPROX_DEF

E#	APPROX_DEF	VALIDTIME	
		FD	TD
6	1000	2008/1/1	9999/12/31
...		...	

5.3 Insert ข้อมูลในฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลา

การ insert ข้อมูลลงในฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลา สำหรับแอททริบิวต์ที่เป็นฟัซซีนั้นทำให้การ insert นั้นสามารถที่จะใส่ค่าข้อมูลลงในแอททริบิวต์นี้ได้ทั้งค่าชัดเจน (crisp) และฟัซซี ซึ่งตามโครงสร้างข้อมูลของแอททริบิวต์ที่เป็นชนิดฟัซซีนั้น มีความต้องการเก็บชนิดข้อมูลที่เข้ามาคือ ชัดเจน (crisp) หรือค่าประมาณ หรือค่าพจน์ภาษาฟัซซี และค่าข้อมูล ดังนั้นประโยค insert ที่เข้ามานั้นจะต้องทำการตรวจสอบค่าที่เข้ามาว่าเป็นค่าชนิดใด ก่อนที่จะจัดเก็บลงฐานข้อมูล

สำหรับฐานข้อมูลนี้เป็นฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลา ซึ่งฟัซซีแอททริบิวต์นั้นเป็นแอททริบิวต์เชิงเวลาด้วย ดังนั้นการ insert ข้อมูลจึงมีความเป็นไปได้ในแบบ current (insert ข้อมูลปัจจุบัน) และ sequenced (insert ข้อมูลในช่วงเวลาที่กำหนด)

Current insert คือการ insert ข้อมูลปัจจุบัน ซึ่งผู้ใช้งานฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลาจะเป็นผู้ใส่คำสั่งในลักษณะของ TFSQL ดังนี้

ตัวอย่างการ insert ข้อมูลของพนักงานรหัส 1 ชื่อ John มีเงินเดือนคือ HIGH ซึ่งเป็นข้อมูลปัจจุบัน (การ insert ในที่นี้คือการ insert ข้อมูลของพนักงานคนที่ยังไม่เคยปรากฏในฐานข้อมูลมาก่อน เพราะถ้ามีข้อมูลบุคคลนั้นอยู่แล้ว แล้วจะทำการเพิ่มข้อมูลอื่นลงไป จะใช้การ update) คือ

INSERT INTO EMPLOYEE

(E#, ENAME, SALARY)

VALUES (1, 'John', $MEDIUM);

แสดงผลลัพธ์การ insert ดังตารางที่ 5.16

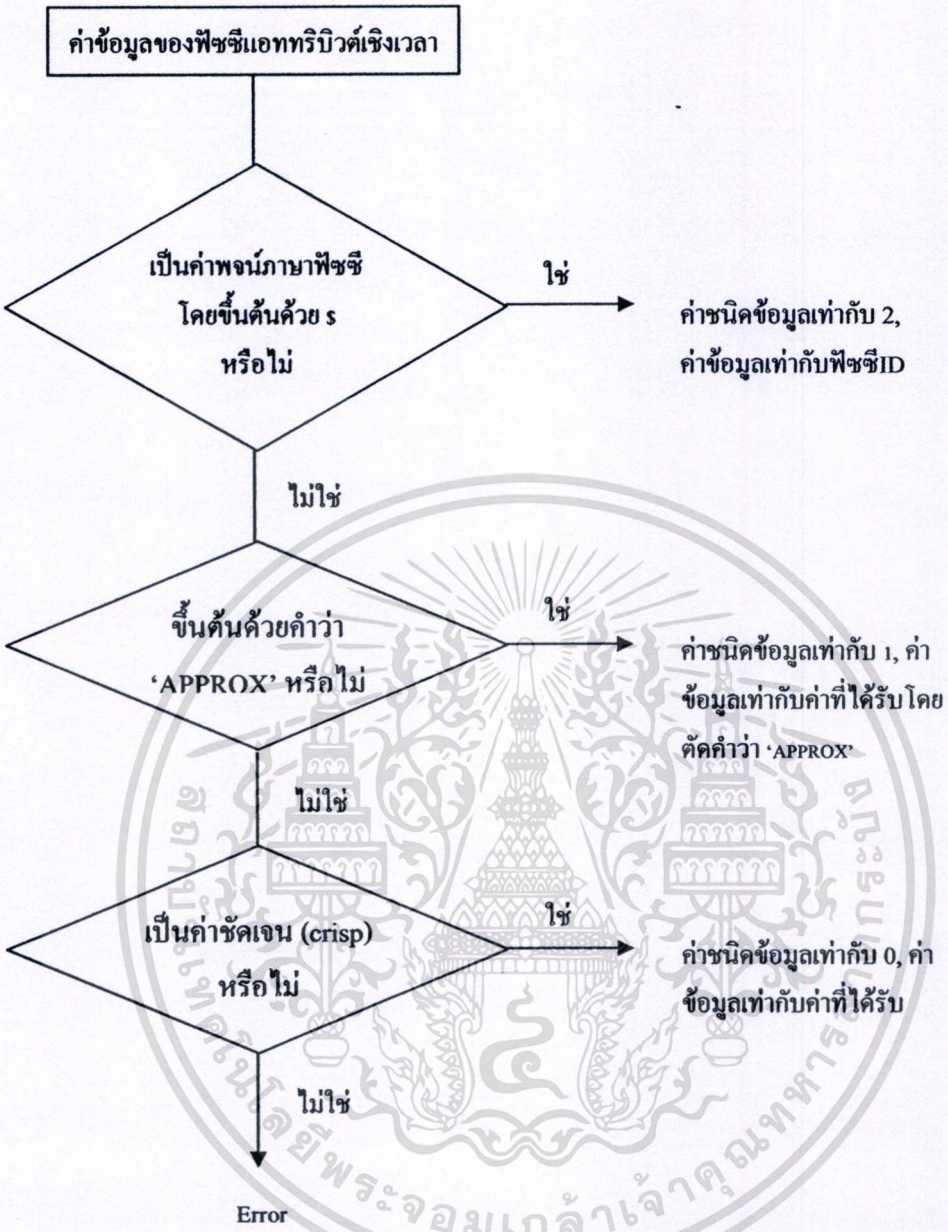
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.16 แสดงผลการ insert ลงฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลาตัวอย่าง

E#	SALARY			
	TYPE	VALUE	VALIDTIME	
			FD	TD
1	2	1	2008/1/1	9999/12/31

ระบบจะตรวจสอบค่าแอททริบิวต์ของตารางที่ระบุมาในประโยคว่าปรากฏฟัซซีแอททริบิวต์เชิงเวลาหรือไม่ ซึ่งในประโยคนี้มีแอททริบิวต์ SALARY เป็นฟัซซีแอททริบิวต์เชิงเวลา ดังนั้นจะทำการตรวจสอบค่าที่กำหนดเข้ามาว่าเป็นค่าชนิดใด ดังแผนภาพรูปที่ 5.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.1 แผนภาพแสดงการตรวจสอบเงื่อนไขของชนิดข้อมูลสำหรับฟัซซีแอททริบิวต์

ซึ่งเขียนเป็น SQL ได้ดังนี้

```
INSERT INTO EMPLOYEE
(E#, ENAME)
VALUES(1,'John');
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
INSERT INTO EMP_SALARY T1
SELECT REF(T2),
        TFTYPE(2,T5.F#,VALIDTIME(TO_DATE('2008/1/1','YYYY/MM/DD'),
        TO_DATE('9999/12/31','YYYY/MM/DD')))
FROM EMPLOYEE_TABLE T2,
        CLASS_TABLE T3,
        ATTRIBUTE_TABLE T4,
        FUZZTERM_TABLE T5
WHERE  T3.CNAME = 'EMPLOYEE'
AND    T4.ATTNAME = 'SALARY'
AND    T5.ATT# = REF(T4)
AND    T5.LABEL = 'MEDIUM'
AND    T2.E# = 1;
```

5.4 Update ข้อมูลของฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลาโดยใช้เงื่อนไขที่มีความชัดเจน

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการ update ข้อมูลโดยใช้เงื่อนไขที่มีความชัดเจนเท่านั้นสำหรับในงานวิจัยนี้ ตัวอย่างที่จะอธิบายต่อไปนี้จะกระทำที่ฟัซซีแอททริบิวต์เชิงเวลา ซึ่งด้านเชิงเวลานั้นมีแนวคิดสำหรับการ update คือ current และ sequenced ดังแผนภาพรูปที่ 2.16 และ 2.17 ตามลำดับ

ตัวอย่าง current update เช่น update ค่าเงินเดือนของพนักงานรหัส 1 ให้เป็น APPROX 24000 โดย now = 2008/7/1

```
UPDATE EMPLOYEE
SET SALARY = APPROX 24000
WHERE E# = 1;
```

จากแผนภาพ current update ดังรูปที่ 2.16 เขียนเป็น SQL ได้ดังต่อไปนี้

```
INSERT INTO EMP_SALARY
SELECT E#, TFTYPE(1, 24000, VALIDTIME('2008/7/1', '9999/12/31'))
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
FROM EMP_SALARY
WHERE E# = (SELECT REF(O) FROM EMPLOYEE O WHERE O.E# = 1 )
        AND SALARY.VALIDTIME.TD > '2008/7/1')

UPDATE EMP_SALARY
SET SALARY.VALIDTIME.TD = '2008/7/1'
WHERE E# = (SELECT REF(O) FROM EMPLOYEE O WHERE O.E# = 1 )
AND    ((SALARY.TYPE <> 1)
        OR (SALARY.TYPE = 1
        AND SALARY.VALUE <> 24000))
AND    SALARY.VALIDTIME.TD > '2008/7/1'
```

ผลลัพธ์การ update แสดงดังตารางที่ 5.17

ตารางที่ 5.17 แสดงผลลัพธ์ของ current update

E#	SALARY			
	TYPE	VALUE	VALIDTIME	
			FD	TD
1	2	1	2008/1/1	2008/7/1
1	1	24000	2008/7/1	9999/12/31

5.5 Delete ข้อมูลของฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลาโดยใช้เงื่อนไขที่มีความชัดเจน

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการ delete ข้อมูลโดยใช้เงื่อนไขที่มีความชัดเจนเท่านั้นสำหรับในงานวิจัยนี้ ตัวอย่างที่จะอธิบายต่อไปนี้จะกระทำที่ฟัซซีแอททริบิวต์เชิงเวลา ซึ่งด้านเชิงเวลานั้นมีแนวคิดสำหรับการ update คือ current และ sequenced ดังแผนภาพรูปที่ 2.18 แสดงแผนภาพกรณี sequenced delete

ตัวอย่าง current delete เช่น delete ค่าเงินเดือนปัจจุบันของพนักงานรหัส 1

```
DELETE FROM EMPLOYEE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WHERE E# = 1;

current delete จะเป็นการ invalid ข้อมูลล่าสุดที่ปรากฏในฐานข้อมูล (สมมติให้ now = 2008/11/1)

UPDATE EMP_SALARY

SET SALARY.VALIDTIME.TODATE = '2008/11/1'

WHERE E# = 1

AND SALARY.VALIDTIME.TODATE >= '2008/11/1'

AND SALARY.VALIDTIME.FROMDATE < '2008/11/1'

DELETE FROM EMP_SALARY

WHERE E# = 1

AND SALARY.VALIDTIME.FROMDATE > '2008/11/1'

ผลลัพธ์การ delete แสดงดังตารางที่ 5.18

ตารางที่ 5.18 แสดงผลลัพธ์ของ current delete

E#	SALARY			
	TYPE	VALUE	VALIDTIME	
			FD	TD
1	2	1	2008/1/1	2008/7/1
1	1	24000	2008/7/1	2008/11/1

5.6 การเรียกดูข้อมูล (Retrieve data)

จุดมุ่งหมายหลักของวิทยานิพนธ์นี้มุ่งเน้นที่การเรียกดูข้อมูลในฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลา ซึ่งใช้แนวคิดทั้งฟัซซีและเชิงเวลาผนวกเข้าไว้ด้วยกัน แน่นอนว่าก่อให้เกิดความยุ่งยากซับซ้อนมากยิ่งขึ้น เนื่องจากฐานข้อมูลที่สร้างขึ้นเป็นฐานข้อมูลเชิงเวลา ที่มีการเรียกดูข้อมูลตามแนวคิดของ current หรือ sequenced นั้นก็เกิดขึ้นหลายกรณีแล้วดังอธิบายในบทที่ 2 และนอกจากนี้แอททริบิวต์เชิงเวลายังเป็นฟัซซีแอททริบิวต์อีกด้วย ทำให้สามารถใส่ค่าชนิดข้อมูลได้มากกว่า 1 ชนิด (คือค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชัดเจน (crisp) ค่าประมาณ และค่าพจน์ภาษาฟัซซี สำหรับงานวิจัยนี้) ซึ่งค่าพจน์ภาษาฟัซซีสำหรับบางแอททริบิวต์ ค่าความหมายหรือค่านิยามยังสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามเวลาที่เปลี่ยนไปได้อีกด้วย ทำให้การเรียกดูข้อมูลโดยมีเงื่อนไขที่เป็นฟัซซีและเงื่อนไขเชิงเวลานั้นเกิดความยุ่งยากมากขึ้น เพราะต้องทำการตรวจสอบช่วงเวลาทั้งในฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลาตัวอย่างและใน Meta-Knowledge Base ให้สอดคล้องกัน และแปลเงื่อนไขฟัซซี ซึ่งไม่จำเป็นที่คำตอบจะต้องถูกต้อง 100% เสมอไป

5.6.1 การแปลความหมายฟัซซีคิวรี่

ฟัซซีคิวรี่พื้นฐานจัดอยู่ในรูป [7],[17] ของ

SELECT XX
FROM RR
WHERE $A\theta Y$ [**THOLD** *threshold*]

โดยที่ XX คือแอททริบิวต์ RR คือรีเลชัน และ $A\theta Y$ คือเงื่อนไขฟัซซี โดยที่ A คือแอททริบิวต์ของรีเลชัน Y คือแอททริบิวต์อื่น ๆ หรือระบุเป็นค่าหนึ่งๆ และ θ คือตัวเปรียบเทียบทางฟัซซีต่าง ๆ แต่ละเงื่อนไขฟัซซี จะแสดงค่า threshold ว่าคำตอบจะต้องผ่านเงื่อนไขนั้น ๆ ด้วยค่าดีกรีความเป็นไปได้ (possibility degree) อย่างน้อยที่สุดเท่ากับค่า threshold ซึ่งมีค่าในช่วง [0,1] โดยใช้คีย์เวิร์ด THOLD เป็นตัวระบุค่า ถ้าไม่ระบุจะมีค่าดีฟอลต์เป็น 1.0

โดยที่จะมี Meta-Knowledge Base (บทที่ 4) เพื่อใช้เก็บข้อมูลของพจน์ภาษาฟัซซี ซึ่งข้อมูลที่จะใช้ในการเปรียบเทียบทางฟัซซีใด ๆ คือข้อมูลของฟังก์ชันสมาชิก (membership function : $\alpha, \beta, \gamma, \delta$) และค่าความคล้ายคลึงระหว่างคู่ค่าพจน์ภาษาฟัซซี (similarity relation) ซึ่งจะใช้ข้อมูลอะไรนั้นขึ้นกับตัวเปรียบเทียบทางฟัซซี ซึ่งจะอธิบายดังต่อไป

การเปรียบเทียบกันระหว่างฟัซซีแอททริบิวต์ด้วยตัวเปรียบเทียบฟัซซีเท่ากับ กับค่าพจน์ภาษาฟัซซีหรือค่าประมาณนั้น หรือการเปรียบเทียบด้วยตัวเปรียบเทียบฟัซซีเท่ากับ (FEQ) ระหว่างฟัซซีแอททริบิวต์ด้วยกันเองนั้นมีความเป็นได้ของกรณีของค่าที่จะนำมาเปรียบเทียบกันคือ

5.6.1.1 พจน์ภาษาฟัซซี (fuzzy linguistic term) กับพจน์ภาษาฟัซซี

ตัวอย่างเงื่อนไข A FEQ Y THOLD t กรณีของ FEQ (Fuzzy Equal) นั้นจะใช้ข้อมูลค่าดีกรีความคล้ายคลึง (similarity degree) ในการเปรียบเทียบกันระหว่างค่าพจน์ภาษาฟัซซีสองค่าใด ๆ [13] ในแอททริบิวต์เดียวกัน ซึ่งวิธีการหาค่าดีกรีความคล้ายคลึง ระหว่าง 2 ฟัซซีเซตใด ๆ อธิบายไว้

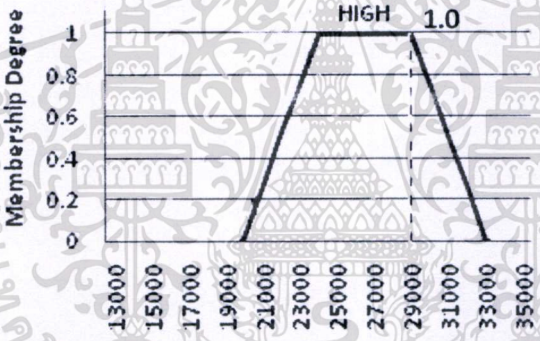
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในบทที่ 2 โดยที่ถ้าค่าดีกรีความคล้ายคลึงระหว่างคู่พจน์ภาษาฟัซซีที่มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่า t (threshold) ที่ระบุก็จะผ่านเงื่อนไขนี้ และเป็นคำตอบของคิวรี่นั้น ๆ ด้วยดีกรีเท่ากับค่าดีกรีของความคล้ายคลึงนั่นเอง

ตัวอย่างเช่น MEDIUM FEQ $HIGH THOLD 0.5 (สมมติอ้างอิงค่าพจน์ภาษาฟัซซีที่เป็นปัจจุบันของแอททริบิวต์ SALARY) ค่าดีกรีความคล้ายคลึง (similarity degree) ระหว่าง MEDIUM กับ HIGH มีค่าเท่ากับ 0.72 (จากตารางที่ 5.14) ซึ่งมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 ดังนั้นผ่านเงื่อนไขนี้ และเป็นคำตอบของคิวรี่นี้ด้วยดีกรีเท่ากับค่าระหว่าง MEDIUM กับ HIGH คือ 0.72

5.6.1.2 ค่าชัดเจน (crisp) กับพจน์ภาษาฟัซซี (fuzzy linguistic term)

สำหรับค่าชัดเจนเปรียบเทียบกับค่าพจน์ภาษาฟัซซีโดยใช้ FEQ จะเปรียบเทียบกันในลักษณะดังกราฟดังรูปที่ 5.2 คือการเปรียบเทียบระหว่างค่า 29000 กับค่า 'HIGH'



รูปที่ 5.2 แสดงการเปรียบเทียบ 'HIGH' กับ 29000

ซึ่งต้องใช้ข้อมูลจากค่าฟังก์ชันสมาชิก (membership function) คือค่า $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ เพื่อทำการหาว่าเมื่อเปรียบเทียบกับค่าชัดเจน (crisp) แล้ว จะอยู่ในระดับดีกรีความเป็นสมาชิกที่ดีกรีเท่าใดของค่าพจน์ภาษาฟัซซีนั้น ๆ จากรูปที่ 5.2 แสดงค่าชัดเจน (crisp) 29000 เทียบกับค่า 'HIGH' ซึ่ง 29000 มีค่าดีกรีความเป็นสมาชิก (membership degree) กับค่า 'HIGH' ที่ค่าดีกรี 1 ซึ่งเขียนเงื่อนไขทั้งหมดได้ดังสมการที่ (5.1)

$$\mu(x:\alpha,\beta,\gamma,\delta) = \begin{cases} 1 & when \quad \beta \le x \le \gamma \\ 0 & when\ x \le \alpha\ or\ x \ge \delta \\ \frac{\alpha - x}{\alpha - \beta} & when \quad \alpha < x < \beta \\ \frac{\delta - x}{\delta - \gamma} & when \quad \gamma < x < \delta \end{cases} \qquad (5.1)\ [18]$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ x คือค่าชัดเจน (crisp) ใด ๆ

ค่าดีกรีความเป็นสมาชิก (membership degree) ของค่าชัดเจน (crisp) ต่อค่าพจน์ภาษาฟัซซีที่คำนวณได้ที่มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่า threshold ก็จะผ่านเงื่อนไข และเป็นคำตอบของคิวรี่ด้วยค่าดีกรีเท่ากับดีกรีความเป็นสมาชิก (membership degree)

5.6.1.3 ค่าประมาณ (Approximate Value) กับพจน์ภาษาฟัซซี

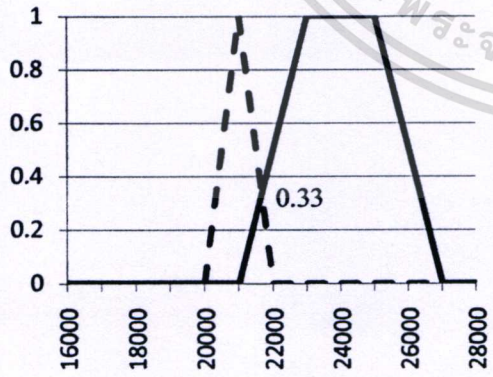
สำหรับค่าประมาณ (APPROX x) นั้นจะนิยามโดยใช้ฟังก์ชันสมาชิกรูปสามเหลี่ยม (triangle membership function) ซึ่งการเปรียบเทียบกับค่าพจน์ภาษาฟัซซีนั้น หาได้จากความสูงของจุดของส่วนซ้อนทับ (intersection) ที่สูงที่สุดของ 2 ฟังก์ชันสมาชิกใด ๆ [18] ดังรูปที่ 5.3 เงื่อนไขทั้งหมดเขียนเป็นสมการได้ดังสมการที่ (5.2)

$$\mu(x,d:\alpha,\beta,\gamma,\delta)=\begin{cases}1 & when \quad \beta\le x\le\gamma\\ 0 & when\ x+d\le\alpha\ or\ x-d\ge\delta\\ \frac{\delta-x+d}{\delta-\gamma+d} & when \quad x>\gamma\ and\ x-d<\delta\\ \frac{x+d-\alpha}{d+\beta-\alpha} & when \quad x<\beta\ and\ x+d>\alpha\\ \max(h_1,h_2) \ ; h_1=\frac{x+d-\alpha}{(\beta-\alpha)+d}, h_2=\frac{\alpha-x-d}{(\beta-\alpha)-d} & when\ (x-d\ge\alpha\ and\ \alpha<x<\beta)\\ \quad or\ h_1=\frac{\delta-x+d}{(\delta-\gamma)+d}, h_2=\frac{\delta-x-d}{(\delta-\gamma)-d} & or(x+d\le\delta\ and\ \gamma<x<\delta)\end{cases} \tag{5.2}$$

โดยที่ x คือค่าที่ระบุเป็นค่าประมาณ ในรูปของ APPROX x เช่น APPROX 20000

d คือค่า margin ของกราฟฟังก์ชันสมาชิกรูปสามเหลี่ยม

ตัวอย่างเช่น



$$degree=\frac{x+d-\alpha}{d+\beta-\alpha}$$

$$=\frac{21000+1000-21000}{1000+23000-21000}$$

$$=0.33$$

รูปที่ 5.3 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง APPROX 21000 กับ HIGH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

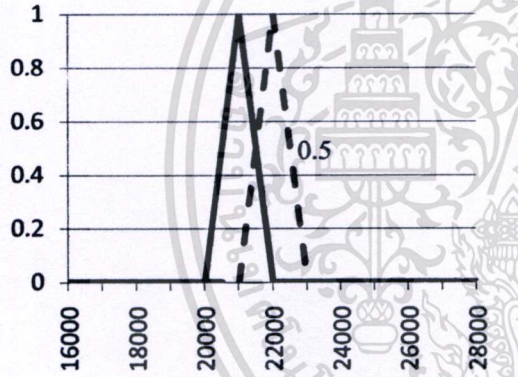
ค่าดีกรีที่คำนวณได้ที่มากกว่าหรือเท่ากับค่า threshold ก็จะผ่านเงื่อนไข และเป็นคำตอบของคิวรี่ด้วยดีกรีนั้น ๆ

5.6.1.4 ค่าประมาณกับค่าประมาณ

หาได้จากความสูงของจุดของส่วนซ้อนทับ (intersection) ที่สูงที่สุดของ 2 ฟังก์ชันสมาชิกใด ๆ ดังเช่นการเปรียบเทียบในข้อ 5.6.1.3 จะได้สมการที่ (5.3)

$$\mu(x_1, d: x_2, d) = \begin{cases} 1 & when \quad x_1 = x_2 \\ 0 & when\ x_1 + d \le x_2 - d\ or\ x_1 - d \ge x_2 + d \\ h = \frac{x_1 - x_2 + 2d}{2d} & when \quad x_2 - d < x_1 + d < x_2 + d \\ h = \frac{x_2 - x_1 + 2d}{2d} & when \quad x_2 - d < x_1 - d < x_2 + d \end{cases} \tag{5.3}$$

ตัวอย่างการเปรียบเทียบระหว่างค่าประมาณกับค่าประมาณแสดงดังรูปที่ 5.4



$$h = \frac{x_2 - x_1 + 2d}{2d}$$

$$= \frac{21000 - 22000 + 2000}{2000}$$

$$= 0.5$$

รูปที่ 5.4 แสดงการเปรียบเทียบ APPROX 22000 กับ APPROX 21000

ค่าดีกรีที่คำนวณได้ที่มากกว่าหรือเท่ากับค่า threshold ก็จะผ่านเงื่อนไข และเป็นคำตอบของคิวรี่ด้วยค่าดีกรีนั้น ๆ

5.6.1.5 ค่าชัดเจน (crisp) กับค่าประมาณ

มีแนวคิดเหมือนกับค่าชัดเจน (crisp) กับค่าประมาณ ประยุกต์จากสมการที่ (5.1) ได้ดังสมการที่ (5.4)

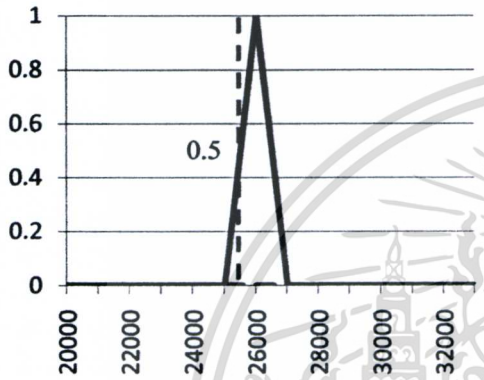
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\mu(x: x_1, d) = \begin{cases} 1 & when \quad x = x_1 \\ 0 & when\ x \le x_1 - d\ or\ x \ge x_1 + d \\ \frac{x+d-x_1}{d} & when \quad x_1 - d < x < x_1 \\ \frac{x_1+d-x}{d} & when \quad x_1 < x < x_1 + d \end{cases} \tag{5.4}$$

โดยที่ x คือค่าชัดเจน (crisp) ใด ๆ

x_1 และ d คือค่าที่อธิบายค่าประมาณ

ตัวอย่างของการเปรียบเทียบค่าชัดเจน (crisp) กับค่าประมาณ ดังรูปที่ 5.5



$$\mu = \frac{x_1 - d - x}{d}$$

$$= \frac{25500 + 1000 - 26000}{1000}$$

$$= \frac{500}{1000} = 0.5$$

รูปที่ 5.5 แสดงการเปรียบเทียบ 25500 กับ APPROX 26000

ค่าดีกรีที่คำนวณได้ที่มากกว่าหรือเท่ากับค่า threshold ก็จะผ่านเงื่อนไข และเป็นคำตอบของคิวรี่ด้วยค่าดีกรีนั้น ๆ

5.6.1.6 ค่าชัดเจน (crisp) กับค่าชัดเจน (crisp)

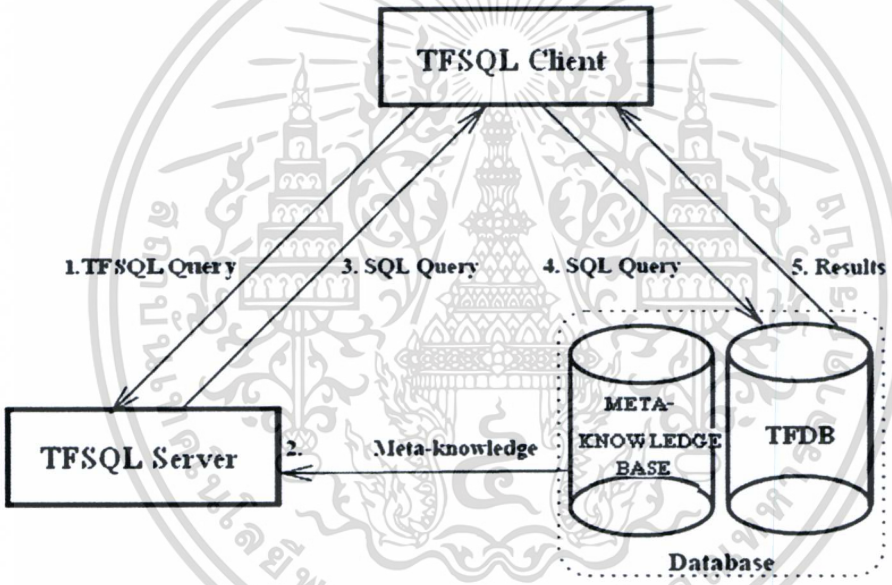
การเปรียบเทียบระหว่างค่าชัดเจน (crisp) ด้วยกันเองนั้น เป็นการเปรียบเทียบเท่ากับ (=) ปกติ

สำหรับเงื่อนไขอื่น ๆ นอกเหนือจาก FEQ เช่น FGT (Fuzzy Greater Than...), FLT (Fuzzy Less Than...) จะใช้ข้อมูลจากฟังก์ชันสมาชิกคือค่า $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ ตามนิยามดังตารางที่ 2.6 ซึ่งสำหรับค่าที่เป็นค่าชัดเจน (crisp) ให้ถือว่า $\alpha = \beta = \gamma = \delta$ และที่เป็นค่าประมาณ คือ $\beta = \gamma$ เพื่อหาค่าดีกรีความเป็นไปได้ (possibility degree) ของเงื่อนไข ถ้ามากกว่าหรือเท่ากับ threshold ก็จะผ่านเงื่อนไขนี้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.6.2 การคิวรี่แบบฟัซซีเชิงเวลา

ในงานวิจัยนี้ได้รวมทั้งความเป็นเชิงเวลาและความเป็นฟัซซีรวมอยู่ด้วยกัน โดยที่ลักษณะของฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลานี้เป็นฐานข้อมูลที่มีฟัซซีแอททริบิวต์ประกอบอยู่ และฟัซซีแอททริบิวต์นั้นเองก็เป็นแอททริบิวต์เชิงเวลาด้วย นอกจากนี้ความหมายของค่าพจน์ภาษาฟัซซีก็ยังสามารถเปลี่ยนแปลงไปได้ตามเวลาอีกเช่นกัน จึงเป็นเชิงเวลาที่ความหมายของค่าพจน์ภาษาฟัซซีด้วย ในการส่งคิวรี่เข้ามาประมวลผลนั้น จำเป็นต้องมีการตรวจสอบคิวรี่ว่ามีเงื่อนไขที่เป็นฟัซซีหรือไม่ และต้องการด้านเชิงเวลาแบบใด และสำหรับด้านความหมายของพจน์ภาษาฟัซซีที่จะเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาได้นั้น ให้ใช้สมมติฐานว่า ให้ fact กับความหมายของพจน์ภาษาฟัซซีไปด้วยกันตามค่า valid time จะต้องมีขั้นตอนแสดงดังรูปที่ 5.6 โดยประยุกต์มาจากงานวิจัย [5]



รูปที่ 5.6 แผนภาพแสดงขั้นตอนการประมวลผลคิวรี่

ขั้นตอนที่ 1: TFSQL Client program เป็นตัวรับคิวรี่จาก user เพื่อส่งไปยัง TFSQL Server

ขั้นตอนที่ 2: TFSQL Server จะทำการวิเคราะห์คิวรี่ โดยตรวจสอบคีย์เวิร์ดเชิงเวลาว่ามีความต้องการแบบ Current , Sequenced หรือ Nonsequenced และมีเงื่อนไขที่เป็นฟัซซีหรือไม่ (ตรวจสอบแอททริบิวต์ที่ระบุในเงื่อนไขว่าเป็นฟัซซีแอททริบิวต์ ซึ่งต้องอาศัยข้อมูลใน Meta-Knowledge Base มีการใช้ฟัซซีโอเปอเรเตอร์และมีโอเปอร์แรนด์เป็นฟัซซี) ถ้ามีเงื่อนไขที่เป็นฟัซซีก็จะทำการแปลงคิวรี่ให้เป็น SQL ตามเงื่อนไขรูปแบบที่เป็นไปได้ ตามสมการต่าง ๆ ที่กล่าวไว้ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้างต้น ซึ่ง SQL ที่ได้มานั้นที่จะต้องมีการคิวรี่เข้าไปทั้งใน Meta table ประกอบกับในฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลา และต้องคำนึงถึงความต้องการด้านเชิงเวลาด้วยว่าเป็นแบบใด เวลาของ fact กับ ค่าข้อมูลใน Meta table ต้องสอดคล้องกัน

ขั้นตอนที่ 3: เมื่อสร้างเป็น SQL โดยสมบูรณ์แล้วจะส่งกลับไปที่ TFSQL Client

ขั้นตอนที่ 4: Client ทำการคิวรี่ไปยังฐานข้อมูล (Meta-Knowledge Base + TFDB)

ขั้นตอนที่ 5: TFSQL Client จะได้รับผลลัพธ์และแสดงผลการคิวรี่ต่อ user

ตัวอย่างของการคิวรี่จะอธิบายดังหัวข้อต่อไปนี้

5.6.2.1 การเรียกดูข้อมูลปัจจุบันโดยใช้เงื่อนไขฟัซซี (Fuzzy Current Retrieve)

คำถามประเภทนี้เป็นคำถามที่ต้องการข้อมูลที่เป็นปัจจุบันล่าสุดในฐานข้อมูล จากตัวอย่างของฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลาตัวอย่าง เช่นถามว่า "ณ ปัจจุบันใครบ้างที่ได้รับเงินเดือนสูง" โดยมีตัวอย่างตารางจาก EMPLOYEE โดยตัดข้อมูลมาแสดงบางส่วน ซึ่งยกตัวอย่างฟัซซีแอททริบิวต์เชิงเวลา SALARY ดังตารางที่ 5.19

ตารางที่ 5.19 ตารางข้อมูลจากฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลาตัวอย่างที่แสดงข้อมูล SALARY ของ EMPLOYEE

E#	SALARY	SALARY_FD	SALARY_TD
1	MEDIUM	2008/1/1	2008/7/1
	APPROX 24000	2008/7/1	2008/11/1
	MEDIUM	2008/11/1	2009/10/1
2	MEDIUM	2008/7/1	2008/8/1
	HIGH	2008 /8/1	9999/12/31
3	LOW	2008/1/1	2008/3/1
	MEDIUM	2008/3/1	2009/1/1
	25000	2009/1/1	9999/12/31
	...		...

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 5.19 แอททริบิวต์ SALARY เป็นฟัซซีแอททริบิวต์เชิงเวลา ในกรณีของการเป็นฟัซซี สามารถใส่ค่าได้ทั้งค่าจริง ค่าที่เป็นพจน์ภาษาฟัซซี (fuzzy term) และค่าประมาณ (Approximate Value)

จากคำถามสามารถนำมาเขียนเป็น TFSQL ซึ่งประกอบมาจาก TSQL [8] และ FSQL [2],[4],[5],[17],[18] ได้เป็น

```
SELECT    E#,SALARY
FROM      EMP_SALARY
WHERE     SALARY FEQ $HIGH THOLD 0.7
```

ซึ่งคำถามแบบ Current นั้นจะไม่มีการระบุคีย์เวิร์ดเชิงเวลา (VALIDTIME) ในการพิจารณาข้อมูลทั้งในฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลาตัวอย่างและใน Meta table ก็จะใช้แต่ข้อมูลปัจจุบัน (todate = '9999/12/31')

ในส่วนของเงื่อนไข คือ ได้รับเงินเดือนสูง ซึ่งก็คือ SALARY FEQ $HIGH THOLD 0.7 ค่า threshold ที่ระบุเข้ามาเพื่อบอกว่าเงื่อนไขนั้น ๆ จะต้องเป็นที่ยอมรับได้ด้วยค่าดีกรีน้อยที่สุดเท่ากับค่า threshold ซึ่งค่า threshold นั้นจะอยู่ในช่วง [0,1] ดังนั้นในเงื่อนไขจากตัวอย่างนี้ก็คือระดับในการยอมรับว่าเป็นเงินเดือนสูงด้วยค่าระดับดีกรีที่ถือว่าเป็นเงินเดือนสูง น้อยที่สุดต้องเท่ากับ 0.7 จึงจะมาเป็นคำตอบของคำถามนี้

สำหรับเงื่อนไข SALARY FEQ $HIGH THD 0.7 โอเปอร์แรนด์เป็นค่าพจน์ภาษาฟัซซี ดังนั้นโอกาสของกรณีต่าง ๆ ที่จะพบในการเปรียบเทียบกันเป็นดังนี้

- พจน์ภาษาฟัซซีเปรียบเทียบกับพจน์ภาษาฟัซซี
- ค่าชัดเจน (crisp) เปรียบเทียบกับพจน์ภาษาฟัซซี
- ค่าประมาณเปรียบเทียบกับพจน์ภาษาฟัซซี

<u>กรณีที่ 1</u> พจน์ภาษาฟัซซีเปรียบเทียบกับพจน์ภาษาฟัซซี ค่าพจน์ภาษาฟัซซี 2 ค่าใด ๆ เปรียบเทียบกันด้วย FEQ จะใช้ข้อมูลค่าดีกรีความคล้ายคลึง (similarity degree) ซึ่งอยู่ใน Meta-Knowledge Base

จะอธิบายขั้นตอนต่อไปนี้ด้วยภาษา Algebra ดังนี้

$$A1 \leftarrow \Pi_{T1.ATT\#,T1.ATTNAME}(\rho_{T1}ATTRIBUTE)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรเจคต์เฉพาะข้อมูลที่จำเป็นใน meta table ATTRIBUTE คือต้องการหาแอททริบิวต์ที่ระบุมาในเงื่อนไข คือแอททริบิวต์ 'SALARY' แสดงดังตารางที่ 5.20 ผลแสดงดังตารางที่ 5.21

ตารางที่ 5.20 ATTRIBUTE

ATT#	ATTNAME	ATT_TYPE	DOMAIN
..		...	
6	SALARY	3	
..		...	

ตารางที่ 5.21 A1

ATT#	ATTNAME
..	...
6	SALARY
...	...

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$B \leftarrow \rho_{T2} FUZZYTERM$

เลือก meta table ที่เก็บค่าคุณสมบัติพจน์ภาษาฟัซซีของฟัซซีแอททริบิวต์คือ FUZZYTERM ดังตารางที่ 5.22

ตารางที่ 5.22 FUZZTERM และ B

F#	ATT#	LABEL	TYPE	POSSIBILTY_DISTRIBUTION				VALIDTIME	
				ALPHA	BETA	GAMMA	DELTA	FD	TD
..		…						…	
0	6	LOW	Trapezoidal	10000	13000	15000	18000	2008/1/1	2008/6/1
				10000	13000	16000	19000	2008/6/1	2009/6/1
				13000	15000	19000	21000	2009/6/1	9999/12/31
1	6	MEDIUM	Trapezoidal	15000	18000	20000	23000	2008/1/1	2008/6/1
				16000	19000	22000	25000	2008/6/1	2009/6/1
				15000	20000	23000	28000	2009/6/1	9999/12/31
2	6	HIGH	Trapezoidal	19000	21000	25000	27000	2008/1/1	2008/6/1
				21000	23000	25000	27000	2008/6/1	2008/10/1
				20000	23000	25000	28000	2009/1/1	2009/6/1
				20000	24000	29000	33000	2009/6/1	9999/12/31
..		…						…	

$C1 \leftarrow \sigma_{T1.ATTNAME='SALARY'} \ (A1 \bowtie_{T1.ATT\#=T2.ATT\#} B)$

เลือกค่าพจน์ภาษาฟัซซีที่อยู่ในแอททริบิวต์ 'SALARY' ซึ่งในที่นี้มี 'LOW', 'MEDIUM', 'HIGH' ซึ่งจะเห็นว่าแต่ละค่าพจน์ภาษาฟัซซีนั้น มีการเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลา ผลแสดงดังตารางที่ 5.23

ตารางที่ 5.23 C1

T1.ATT#	T1.ATTNAME	T2.F#	T2.ATT#	T2.LABEL	T2.TYPE	T2.POSSIBILTY_DISTRIBUTION				T2.VALIDTIME	
						ALPHA	BETA	GAMMA	DELTA	FD	TD
6	SALARY	0	6	LOW	Trapezoidal	10000	13000	15000	18000	2008/1/1	2008/6/1
						10000	13000	16000	19000	2008/6/1	2009/6/1
						13000	15000	19000	21000	2009/6/1	9999/12/31
6	SALARY	1	6	MEDIUM	Trapezoidal	15000	18000	20000	23000	2008/1/1	2008/6/1
						16000	19000	22000	25000	2008/6/1	2009/6/1
						15000	20000	23000	28000	2009/6/1	9999/12/31
6	SALARY	2	6	HIGH	Trapezoidal	19000	21000	25000	27000	2008/1/1	2008/6/1
						21000	23000	25000	27000	2008/6/1	2008/10/1
						20000	23000	25000	28000	2009/1/1	2009/6/1
						20000	24000	29000	33000	2009/6/1	9999/12/31

$D \leftarrow \Pi_{T2.F\#,T2.LABEL}(\sigma_{T2.LABEL='HIGH'}C1)$

เลือกค่าพจน์ภาษาฟัซซีที่ระบุเป็นโอเปอร์แรนด์ในเงื่อนไข ซึ่งก็คือค่าพจน์ภาษาฟัซซี 'HIGH' ผลแสดงดังตารางที่ 5.24

ตารางที่ 5.24 D

T2.F#	T2.LABEL
2	HIGH

$E \leftarrow \rho_{T3}FUZZYTERM$

เลือก meta table ที่เก็บค่าพจน์ภาษาฟัซซีคือ FUZZYTERM ดังตารางที่ 5.22 เป็นอีกตารางหนึ่งเพื่อไว้คาทีเซียนโปรดัคกันเองเพื่อจับคู่ค่าพจน์ภาษาฟัซซีในการเปรียบเทียบความคล้ายคลึงกันในแต่ละคู่ค่า

$F \leftarrow \Pi_{T3.F\#,T3.LABEL}(E)$

เลือกพจน์ภาษาฟัซซีทั้งหมดที่อยู่ในแอททริบิวต์ 'SALARY' ซึ่ง F จะปรากฏดังเช่นตารางที่ 5.25

ตารางที่ 5.25 F

T3.F#	T3.LABEL
0	LOW
1	MEDIUM
2	HIGH

$G \leftarrow D \times F$

นำมาคาทีเซียนโปรดัคกันจะได้การเปรียบเทียบพจน์ภาษาฟัซซีเป็นคู่ ๆ ผลแสดงดังตารางที่ 5.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.26 G

T2.F#	T2.LABEL	T3.F#	T3.LABEL
2	HIGH	0	LOW
2	HIGH	1	MEDIUM
2	HIGH	2	HIGH

$$H \leftarrow \sigma_{\substack{T4.SIMILARITY_DEGREE.VALUE \geq 0.7 \\ \wedge T4.SIMILARITY_DEGREE.VALIDTIME.TODATE \\ = '9999/12/31'}} \left(G \bowtie_{\substack{(T2.F\#=T4.F1\# \wedge T3.F\#=T4.F2\#) \\ \vee (T2.F\#=T4.F2\# \wedge T3.F\#=T4.F1\#)}} \rho_{T4} SIMILARITY \right)$$

นำผลการคาทีเชียนโปรดัคมาเปรียบเทียบข้อมูลใน meta table SIMILARITY ดังตารางที่ 5.27 ที่เก็บค่าดีกรีความคล้ายคลึง (similarity degree) ของแต่ละคู่ค่าพจน์ภาษาฟัซซีเอาไว้ โดยจะเก็บเฉพาะคำที่ต่างกัน (คำที่เหมือนกันจะมีค่าดีกรีความคล้ายคลึง (similarity degree)เป็น 1 เสมอ) และโปรเจคเฉพาะค่าที่เป็นปัจจุบันและมีค่าดีกรีความคล้ายคลึง (similarity degree) มากกว่าหรือเท่ากับค่าที่ระบุเข้ามาในเงื่อนไข ผลแสดงดังตารางที่ 5.28

ตารางที่ 5.27 SIMILARITY

F1#	F2#	SIMILARITY_DEREE		
		VALUE	FD	TD
..			…	
0	1	0.18	2008/1/1	2008/6/1
		0.14	2008/6/1	2009/6/1
		0.47	2009/6/1	9999/12/31
0	2	0.0	2008/1/1	2008/6/1
		0.01	2008/6/1	9999/12/31
1	2	0.41	2008/1/1	2008/6/1
		0.47	2008/6/1	2008/10/1
		0.61	2009/1/1	2009/6/1
		0.72	2009/6/1	9999/12/31
..			…	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.28 H

T2.F #	T2. LABEL	T3.F #	T3. LABEL	T4.F1 #	T4.F2 #	T4.SIMILARITY _DEGREE.VALUE	T4.SIMILARITY _DEGREE.VALI DTIME. FD	T4.SIMILARITY _DEGREE.VALI DTIME .TD
2	HIGH	1	MEDIUM	1	2	0.72	2009/6/1	9999/12/31

$I \leftarrow \Pi_{T3.LABEL,T4.SIMILARITY_DEGREE.VALUE}(H)$

โปรเจคต์เฉพาะข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ ผลแสดงดังตารางที่ 5.29

ตารางที่ 5.29 I

T3.LABEL	T4.SIMILARITY_DEGREE.VALUE
MEDIUM	0.72

จาก A-I จะเป็นการแปลความหมายเงื่อนไขที่เป็นฟัซซีกระทำใน Meta Table ผลลัพธ์สุดท้ายที่ได้มาคือค่าพจน์ภาษาฟัซซีค่าที่ความคล้ายคลึงกันกับค่าที่ระบุมาในเงื่อนไข ('HIGH') โดยที่มีค่าดีกรีมากกว่าหรือเท่ากับค่า threshold ที่ระบุมาในเงื่อนไขด้วย ในตัวอย่างนี้ได้ค่าพจน์ภาษาฟัซซี 'MEDIUM'

$$J \leftarrow \Pi_{\substack{T5.E\#,T3.LABEL,\\ T4.DEGREE.VALUE}}\left(I \bowtie_{(T3.F\#=T5.SALARY.VALUE)} \sigma_{\substack{T6.SALARY.VALIDTIME.TODATE(\rho_{T5}EMPLOYEE \bowtie_{T5.E\#=T6.E\#} \rho_{T6}EMP_SALARY)\\ ='9999/12/31' \wedge \\ T6.SALARY.TYPE=2}}\right)$$

นำผลลัพธ์ที่ได้จากข้างต้นมาตรวจสอบค่าในฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลาตัวอย่าง ซึ่งในข้อนี้เป็นการตรวจสอบเฉพาะค่าพจน์ภาษาฟัซซีอื่น ๆ ที่ไม่ใช่ค่าที่ระบุมาในเงื่อนไข จากตัวอย่างนี้ผู้ที่ได้เงินเดือน 'MEDIUM' ก็จะเป็นคำตอบของคิวรี่ด้วยค่าดีกรี 0.72 ผลลัพธ์แสดงดังตารางที่ 5.30

ตารางที่ 5.30 J

T5.E#	T3.LABEL	T4.SIMILARITY_DEGREE.VALUE
1	MEDIUM	0.72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$K \leftarrow \Pi_{T5.E\#,'HIGH',1}\left(\sigma_{\substack{T6.SALARY.VALUE=T2.F\# \\ \wedge T6.SALARY.TYPE=1 \\ \wedge T6.SALARY.VALIDTIME.TODATE \\ ='9999/12/31'}}\left(\rho_{T5}EMPLOYEE \bowtie_{T5.E\#=T6.E\#} \rho_{T6}EMP_SALARY\right)\right)$$

ในขั้นตอนนี้จะทำการตรวจสอบค่าพจน์ภาษาฟัซซีที่ตรงตามที่ระบุในเงื่อนไข จะเป็นคำตอบด้วยดีกรีเท่ากับ 1 ผลลัพธ์แสดงดังตารางที่ 5.31

ตารางที่ 5.31 K

T5.E#	T2.LABEL	1
2	HIGH	1

$result \leftarrow J \cup K$

ค่าพจน์ภาษาฟัซซีที่จะผ่านเงื่อนไข SALARY FEQ $HIGH THD 0.7 นั้นคือค่า 'HIGH' ด้วยดีกรีเท่ากับ 1 และ 'MEDIUM' ด้วยดีกรีเท่ากับ 0.72 ดังนั้นผลลัพธ์สำหรับพจน์ภาษาฟัซซีเปรียบเทียบกับพจน์ภาษาฟัซซีแสดงดังตารางที่ 5.32

ตารางที่ 5.32 ผลลัพธ์สำหรับพจน์ภาษาฟัซซีเปรียบเทียบกับพจน์ภาษาฟัซซี

T5.E#	SALARY	DEGREE
1	MEDIUM	0.72
2	HIGH	1

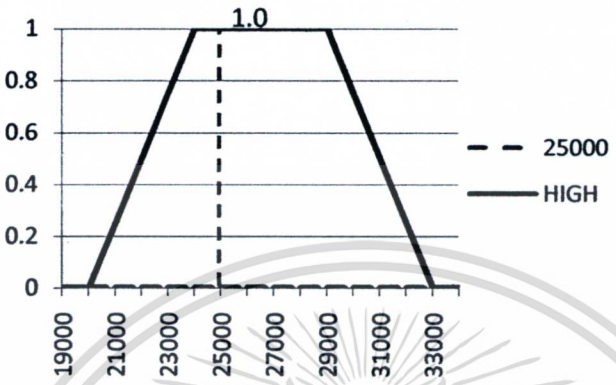
กรณีที่ 2 ค่าชัดเจน (crisp) เปรียบเทียบกับค่าพจน์ภาษาฟัซซี ต้องอาศัยข้อมูลจากค่าที่อธิบายค่าฟังก์ชันสมาชิก (membership function) คือค่า Alpha, Beta, Gamma และ Delta ที่เป็นค่าที่ใช้ ณ ปัจจุบัน และในที่นี้เทียบกับค่าพจน์ภาษาฟัซซี 'HIGH' จากตารางที่ 5.33 ซึ่งตัดมาจากตารางที่ 5.23 เฉพาะค่าปัจจุบัน

ตารางที่ 5.33 แสดงค่าต่าง ๆ ของ membership function 'HIGH' ในแอททริบิวต์ 'SALARY' เฉพาะค่าปัจจุบัน

F#	ATT#	LABEL	TYPE	POSSIBILITY_DISTRIBUTION				VALIDTIME	
				ALPHA	BETA	GAMMA	DELTA	FD	TD
2	6	HIGH	Trapezoidal	20000	24000	29000	33000	2009/6/1	9999/12/31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตัวอย่างตาราง ค่าปัจจุบันที่ปรากฏค่าจริงคือ E# = 3, SALARY.VALUE = 25000 เมื่อเทียบกับค่า 'HIGH' ในความหมายปัจจุบันอยู่ในช่วง ALPHA ถึง BETA ของค่า 'HIGH' ดังนั้น 25000 คือค่าพจน์ภาษาฟัซซี 'HIGH' ด้วยค่า possibility degree = 1 ดังรูปที่ 5.7



รูปที่ 5.7 membership function ของ 'HIGH' เทียบกับค่าชัดเจน (crisp) '25000'

นำมาเข้ากรณีดังสมการที่ (5.1) โดยที่ x คือค่าชัดเจน (crisp) ที่ปรากฏในฐานข้อมูล ก็จะได้ค่า possibility degree ของค่าชัดเจน (crisp) นั้นต่อค่าพจน์ภาษาฟัซซีนั้น ๆ ซึ่งในที่นี้คือ μ(29000:20000,24000,29000,33000) = 1

เพราะฉะนั้น 25000 ผ่านเงื่อนไขด้วยดีกรีเท่ากับ 1 ซึ่งมากกว่าหรือเท่ากับค่า threshold ที่ระบุมาในเงื่อนไข จึงเป็นคำตอบของคิวรี่นี้

ในส่วนนี้เขียนเป็น algebra ได้ 3 กรณีตามสมการ (5.1) (ตัดกรณีที่จะคำนวณค่าดีกรีได้เท่ากับ 0 ออกไป เนื่องจากว่า ความหมายของดีกรีเป็น 0 คือจะไม่ผ่านเงื่อนไข 100%) ซึ่งต้องนำมาทำการยูเนียนกันทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$L1 \leftarrow \pi_{T5.E\#,CAST(T6.SALARY.VALUE\ AS\ VARCHAR2(20)),1}\left(C \bowtie_{\substack{T2.LABEL='HIGH'\wedge T6.SALARY.VALUE\geq T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.BETA \\ \wedge T6.SALARY.VALUE\leq T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.GAMMA \\ \wedge T2.VALIDTIME.TODATE='9999/12/31' \\ \wedge T6.SALARY.VALIDTIME.TODATE='9999/12/31'}} (\rho_{T5}EMPLOYEE \bowtie_{T5.E\#=T6.E\#} \rho_{T6}EMP_SALARY)\right)$$

$$L3 \leftarrow \pi_{\substack{T5.E\#,CAST(T6.SALARY.VALUE\ AS\ VARCHAR2(20)), \\ (T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.ALPHA-T6.SALARY.VALUE)/ \\ (T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.ALPHA-T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.BETA)}}\left(C \bowtie_{\substack{T2.LABEL='HIGH'\wedge T6.SALARY.VALUE>T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.ALPHA \\ \wedge T6.SALARY.VALUE<T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.BETA \\ \wedge T2.VALIDTIME.TODATE='9999/12/31' \\ \wedge T6.SALARY.VALIDTIME.TODATE='9999/12/31' \\ \wedge (T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.ALPHA-T6.SALARY.VALUE)/ \\ (T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.ALPHA-T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.BETA)\geq 0.7}} (\rho_{T5}EMPLOYEE \bowtie_{T5.E\#=T6.E\#} \rho_{T6}EMP_SALARY)\right)$$

$$L4 \leftarrow \pi_{\substack{T5.E\#,CAST(T6.SALARY.VALUE\ AS\ VARCHAR2(20)), \\ (T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.DELTA-T6.SALARY.VALUE)/ \\ (T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.DELTA-T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.GAMMA)}}\left(C \bowtie_{\substack{T2.LABEL='HIGH'\wedge T6.SALARY.VALUE>T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.GAMMA \\ \wedge T6.SALARY.VALUE<T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.DELTA \\ \wedge T2.VALIDTIME.TODATE='9999/12/31' \\ \wedge T6.SALARY.VALIDTIME.TODATE='9999/12/31' \\ \wedge (T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.DELTA-T6.SALARY.VALUE)/ \\ (T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.DELTA-T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.GAMMA)\geq 0.7}} (\rho_{T5}EMPLOYEE \bowtie_{T5.E\#=T6.E\#} \rho_{T6}EMP_SALARY)\right)$$

ผลลัพธ์ของค่าชัดเจน (crisp) เปรียบเทียบกับค่าพจน์ภาษาฟัซซี คือ

$result \leftarrow L1 \cup L3 \cup L4$ แสดงดังตารางที่ 5.34

ตารางที่ 5.34 ผลลัพธ์ของค่าชัดเจน (crisp) เปรียบเทียบกับค่าพจน์ภาษาฟัซซี

T5.E#	SALARY	DEGREE
3	25000	1

กรณีที่ 3 ค่าประมาณเปรียบเทียบกับค่าพจน์ภาษาฟัซซี ต้องอาศัยข้อมูลจากค่าที่อธิบายฟังก์ชันสมาชิก (membership function) คือค่า Alpha, Beta, Gamma และ Delta ของค่าพจน์ภาษาฟัซซี 'HIGH' ที่เป็นค่าที่ใช้ ณ ปัจจุบัน จากตารางที่ 5.33 และค่าที่นิยามความหมายของคำว่า APPROX ค่าปัจจุบันของแอททริบิวต์ SALARY ซึ่งมีค่าปรากฏดัง meta table ATT_APPROX_DEF ดังตารางที่ 5.35

$$A2 \leftarrow \Pi_{T1.ATT\#,T1.ATTNAME,C1.APPROX_DEF.VALUE}\sigma_{\substack{T1.ATTNAME='SALARY' \wedge \\ C1.APPROX_DEF.VALIDTIME.TODATE \\ ='9999/12/31'}}(\rho_{T1}ATTRIBUTE \bowtie_{T1.ATT\#=C1.ATT\#} \rho_{C1}ATT_APPROX_DEF)$$

ผลลัพธ์แสดงดังตารางที่ 5.36

ตารางที่ 5.35 APPROX_DEF

ATT#	APPROX_DEF	VALIDTIME	
		FD	TD
6	1000	2008/1/1	9999/12/31
7	5	2008/1/1	9999/12/31
14	10000	2008/1/1	9999/12/31
...		...	

ตารางที่ 5.36 A2

T1.ATT#	T1.ATTNAME	C1.APPROX_DEF.VALUE
6	SALARY	1000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งกรณีต่าง ๆ ของการเปรียบเทียบค่าประมาณกับค่าพจน์ภาษาฟัซซี ได้ 6 กรณีตามสมการ (5.2) (ตัดกรณีที่จะคำนวณค่าดีกรีได้เท่ากับ 0 ออกไป เนื่องจากว่า ความหมายของดีกรีเป็น 0 คือจะไม่ผ่านเงื่อนไข 100%) ซึ่งต้องนำมาทำการยูเนียนกันทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$M1 \leftarrow \pi_{T5.E\#,CONCAT('APPROX',CAST(T6.SALARY.VALUE\ AS\ VARCHAR2(20))),1}\left(C \bowtie_{\substack{T2.LABEL='HIGH' \wedge T6.SALARY.VALUE \geq T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.BETA \\ \wedge T6.SALARY.VALUE \leq T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.GAMMA \\ \wedge T2.VALIDTIME.TODATE='9999/12/31' \\ \wedge T6.SALARY.VALIDTIME.TODATE='9999/12/31'}} (\rho_{T5}EMPLOYEE \bowtie_{T5.E\#=T6.E\#} \rho_{T6}EMP_SALARY)\right)$$

$$M3 \leftarrow \pi_{T5.E\#,CONCAT('APPROX',CAST(T6.SALARY.VALUE\ AS\ VARCHAR2(20))),(T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.DELTA-T6.SALARY.VALUE-C1.APPROX_DEF.VALUE)/(T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.DELTA-T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.GAMMA+C1.APPROX_DEF.VALUE)}\left(C \bowtie_{\substack{T2.LABEL='HIGH' \wedge C1.APPROX_DEF.VALIDTIME.TODATE='9999/12/31' \wedge \\ T6.SALARY.VALUE>T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.GAMMA \\ \wedge T6.SALARY.VALUE-C1.APPROX_DEF.VALUE<T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.DELTA \\ \wedge T2.VALIDTIME.TODATE='9999/12/31' \\ \wedge T6.SALARY.VALIDTIME.TODATE='9999/12/31' \\ \wedge (T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.DELTA \\ -T6.SALARY.VALUE-C1.APPROX_DEF.VALUE)/ \\ (T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.DELTA- \\ T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.GAMMA+ \\ C1.APPROX_DEF.VALUE) \geq 0.7}} (\rho_{T5}EMPLOYEE \bowtie_{T5.E\#=T6.E\#} \rho_{T6}EMP_SALARY)\right)$$

$$M4 \leftarrow \pi_{T5.E\#,CONCAT('APPROX',CAST(T6.SALARY.VALUE\ AS\ VARCHAR2(20))),(T6.SALARY.VALUE+C1.APPROX_DEF.VALUE-T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.ALPHA)/(C1.APPROX_DEF.VALUE+T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.BETA-T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.ALPHA)}\left(C \bowtie_{\substack{T2.LABEL='HIGH' \wedge C1.APPROX_DEF.VALIDTIME.TODATE='9999/12/31' \wedge \\ T6.SALARY.VALUE<T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.BETA \\ \wedge T6.SALARY.VALUE+C1.APPROX_DEF.VALUE>T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.ALPHA \\ \wedge T2.VALIDTIME.TODATE='9999/12/31' \\ \wedge T6.SALARY.VALIDTIME.TODATE='9999/12/31' \\ \wedge (T6.SALARY.VALUE+C1.APPROX_DEF.VALUE \\ -T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.ALPHA)/ \\ (C1.APPROX_DEF.VALUE+ \\ T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.BETA- \\ T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.ALPHA) \geq 0.7}} (\rho_{T5}EMPLOYEE \bowtie_{T5.E\#=T6.E\#} \rho_{T6}EMP_SALARY)\right)$$

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือนำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากเจ้าของลิขสิทธิ์ ขอสงวนสิทธิ์ในการใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น

$$M5 \leftarrow \pi_{\substack{T5.E\#,CONCAT('APPROX',\\ CAST(T6.SALARY.VALUE\\ AS\ VARCHAR2(20))),\\ (T6.SALARY.VALUE+C1.APPROX_DEF.VALUE-\\ T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.ALPHA)/\\ (T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.BETA-\\ T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.ALPHA+\\ C1.APPROX_DEF.VALUE)}} \left(C \bowtie_{\substack{T2.LABEL='HIGH' \wedge \\ C1.APPROX_DEF.VALIDTIME.TODATE='9999/12/31' \wedge \\ T6.SALARY.VALUE-C1.APPROX_DEF.VALUE> \\ T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.ALPHA \\ \wedge T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.ALPHA<T6.SALARY.VALUE \\ \wedge T6.SALARY.VALUE<T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.BETA \\ \\ \wedge T2.VALIDTIME.TODATE='9999/12/31' \\ \wedge T6.SALARY.VALIDTIME.TODATE='9999/12/31' \\ \\ \wedge(T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.DELTA- \\ T6.SALARY.VALUE-C1.APPROX_DEF.VALUE)/ \\ (T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.DELTA- \\ T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.GAMMA+ \\ C1.APPROX_DEF.VALUE)\geq \\ (T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.DELTA- \\ T6.SALARY.VALUE+C1.APPROX_DEF.VALUE)/ \\ (T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.DELTA- \\ T2.POSSIBILIT_DISTRIBUTION.GAMMA- \\ C1.APPROX_DEF.VALUE) \\ \\ (T6.SALARY.VALUE+C1.APPROX_DEF.VALUE- \\ T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.ALPHA)/ \\ \wedge \quad (T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.BETA- \\ T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.ALPHA+ \\ C1.APPROX_DEF.VALUE)\geq 0.7}} (\rho_{T5} EMPLOYEE \bowtie_{T5.E\#=T6.E\#} \rho_{T6} EMP_SALARY) \right)$$

$$
M6 \leftarrow \pi_{\substack{T5.E\#,CONCAT('APPROX',\\ CAST(T6.SALARY.VALUE\\ AS\ VARCHAR2(20))),\\ \\ (T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.DELTA-\\ T6.SALARY.VALUE+C1.APPROX_DEF.VALUE)/\\ (T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.DELTA-\\ T2.POSSIBILIT_DISTRIBUTION.GAMMA-\\ C1.APPROX_DEF.VALUE)}} \left(C \bowtie_{\substack{T2.LABEL='HIGH'\wedge\\ C1.APPROX_DEF.VALIDTIME.TODATE='9999/12/31'\wedge\\ T6.SALARY.VALUE-C1.APPROX_DEF.VALUE>T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.ALPHA\\ \wedge T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.ALPHA<T6.SALARY.VALUE\\ \wedge T6.SALARY.VALUE<T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.BETA\\ \\ \wedge T2.VALIDTIME.TODATE='9999/12/31'\\ \wedge T6.SALARY.VALIDTIME.TODATE='9999/12/31'\\ \\ \wedge(T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.DELTA-\\ T6.SALARY.VALUE-C1.APPROX_DEF.VALUE)/\\ (T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.DELTA-\\ T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.GAMMA+\\ C1.APPROX_DEF.VALUE)<\\ (T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.DELTA-\\ T6.SALARY.VALUE+C1.APPROX_DEF.VALUE)/\\ (T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.DELTA-\\ T2.POSSIBILIT_DISTRIBUTION.GAMMA-\\ C1.APPROX_DEF.VALUE)\\ (T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.DELTA-\\ T6.SALARY.VALUE+C1.APPROX_DEF.VALUE)/\\ (T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.DELTA-\\ T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.GAMMA-\\ C1.APPROX_DEF.VALUE)\geq 0.7}} (\rho_{T5}EMPLOYEE \bowtie_{T5.E\#=T6.E\#} \rho_{T6}EMP_SALARY) \right).
$$

$$M7 \leftarrow \pi_{\substack{T5.E\#,CONCAT('APPROX',\\ CAST(T6.SALARY.VALUE\\ AS\ VARCHAR2(20))),\\ (T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION_DELTA-\\ T6.SALARY.VALUE+C1.APPROX_DEF.VALUE)/\\ (T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.DELTA-\\ T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.GAMMA+\\ C1.APPROX_DEF.VALUE)}} \left(C \bowtie_{\substack{T2.LABEL='HIGH'\wedge\\ C1.APPROX_DEF.VALIDTIME.TODATE='9999/12/31'\wedge\\ T6.SALARY.VALUE+C1.APPROX_DEF.VALUE<\\ T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.DELTA\\ \wedge T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.GAMMA<T6.SALARY.VALUE\\ \wedge T6.SALARY.VALUE<T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.DELTA\\ \wedge T2.VALIDTIME.TODATE='9999/12/31'\\ \wedge T6.SALARY.VALIDTIME.TODATE='9999/12/31'\\ \wedge(T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.DELTA-\\ T6.SALARY.VALUE+C1.APPROX_DEF.VALUE)/\\ (T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.DELTA-\\ T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.GAMMA+\\ C1.APPROX_DEF.VALUE)\geq\\ (T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.DELTA-\\ T6.SALARY.VALUE-C1.APPROX_DEF.VALUE)/\\ (T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.DELTA-\\ T2.POSSIBILIT_DISTRIBUTION.GAMMA-\\ C1.APPROX_DEF.VALUE)\\ \wedge\ (T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION_DELTA-\\ T6.SALARY.VALUE+C1.APPROX_DEF.VALUE)/\\ (T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.DELTA-\\ T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.GAMMA+\\ C1.APPROX_DEF.VALUE)\geq 0.7}} (\rho_{T5} EMPLOYEE \bowtie_{T5.E\#=T6.E\#} \rho_{T6} EMP_SALARY) \right)$$

$$M8 \leftarrow \pi_{\substack{T5.E\#,CONCAT('APPROX ',\\ CAST(T6.SALARY.VALUE\\ AS\ VARCHAR2(20))),\\ (T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION_DELTA-\\ T6.SALARY.VALUE-C1.APPROX_DEF.VALUE)/\\ (T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.DELTA-\\ T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.GAMMA-\\ C1.APPROX_DEF.VALUE)}} \left(C \bowtie_{\substack{T2.LABEL='HIGH'\wedge\\ C1.APPROX_DEF.VALIDTIME.TODATE='9999/12/31'\wedge\\ T6.SALARY.VALUE+C1.APPROX_DEF.VALUE<\\ T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.DELTA\\ \wedge T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.GAMMA<T6.SALARY.VALUE\\ \wedge T6.SALARY.VALUE<T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.DELTA\\ \wedge T2.VALIDTIME.TODATE='9999/12/31'\\ \wedge T6.SALARY.VALIDTIME.TODATE='9999/12/31'\\ \wedge(T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.DELTA-\\ T6.SALARY.VALUE+C1.APPROX_DEF.VALUE)/\\ (T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.DELTA-\\ T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.GAMMA+\\ C1.APPROX_DEF.VALUE)<\\ (T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.DELTA-\\ T6.SALARY.VALUE-C1.APPROX_DEF.VALUE)/\\ (T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.DELTA-\\ T2.POSSIBILIT_DISTRIBUTION.GAMMA-\\ C1.APPROX_DEF.VALUE)\\ \wedge\ (T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION_DELTA-\\ T6.SALARY.VALUE-C1.APPROX_DEF.VALUE)/\\ (T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.DELTA-\\ T2.POSSIBILITY_DISTRIBUTION.GAMMA-\\ C1.APPROX_DEF.VALUE)\geq 0.7}} (\rho_{T5}EMPLOYEE \bowtie_{T5.E\#=T6.E\#} \rho_{T6}EMP_SALARY) \right)$$

ผลลัพธ์ของการคิวรี่นี้ทั้งหมดคือ

$result \leftarrow J \cup K \cup LUM$ แสดงดังตารางที่ 5.37

ตารางที่ 5.37 ผลลัพธ์ของ current retrieve

E#	SALARY	DEGREE
1	MEDIUM	0.72
2	HIGH	1
3	25000	1

ในตัวอย่างข้างต้นเป็นคำถามที่มีเงื่อนไขเปรียบเทียบแบบ FEQ(Fuzzy Equal) ซึ่งต้องอาศัยค่าดีกรีความคล้ายคลึง (similarity degree) ในการหาคำตอบ แต่ถ้าใช้ตัวเปรียบเทียบทางฟัซซีอื่น ๆ เช่น FGT(Fuzzy Greater Than…), FLT(Fuzzy Less Than…) เป็นต้น ซึ่งนิยามดังตารางที่ 2.6

จะเห็นว่าข้อมูลที่ใช้ในการเปรียบเทียบค่าพจน์ภาษาฟัซซี 2 ค่าใด ๆ คือค่า Alpha, Beta, Gamma และ Delta ของค่าพจน์ภาษาฟัซซีนั้น ๆ ซึ่งค่าเหล่านี้คือค่าที่อธิบายกราฟฟังก์ชันสมาชิก (membership function) ของค่าพจน์ภาษาฟัซซีใด ๆ ดังรูปที่ 2.10

ตัวอย่างของคำถามที่อาจเกิดขึ้นเช่นถามว่า “ณ ปัจจุบันใครบ้างที่ได้รับเงินเดือนที่ถือว่าอยู่ในระดับมากกว่าปานกลาง”

เขียนเป็น TFSQL ได้ดังนี้

```
SELECT    E#, SALARY
FROM      EMP_SALARY
WHERE     SALARY FGT $MEDIUM THOLD 0.8
```

ในส่วนของเงื่อนไข คือ ได้รับเงินเดือนมากกว่าระดับปานกลาง (SALARY FGT $MEDIUM THOLD 0.8) ค่า threshold ที่ระบุเข้ามาเพื่อเป็นระดับในการยอมรับว่าการเป็นเงินเดือนมากกว่าระดับปานกลางด้วยค่าระดับดีกรีน้อยที่สุดต้องเท่ากับ 0.8 จึงจะมาเป็นคำตอบของคำถามนี้

สำหรับตัวเปรียบเทียบ FGT นั้นต้องอาศัยข้อมูลจากกราฟฟังก์ชันสมาชิก (membership function) ของค่าพจน์ภาษาฟัซซีต่าง ๆ ในแอททริบิวต์ SALARY ซึ่งต้องเป็นข้อมูลปัจจุบันด้วย เนื่องจากเป็นคำถามที่เรียกดูข้อมูล ณ ปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในเงื่อนไขนี้ค่าพจน์ภาษาฟัซซีใด ๆ ต้องนำมาเปรียบเทียบว่า FGT กับ 'MEDIUM' ด้วยค่าดีกรีเท่าไหร่นั้น คำนวณจากนิยามดังตารางที่ 2.6 แสดงผลการคำนวณดังตารางที่ 5.38

ตารางที่ 5.38 แสดงค่าดีกรีของการเปรียบเทียบค่าพจน์ภาษาใด ๆ กับค่า 'MEDIUM' โดยโอเปอเรชัน FGT

	MEDIUM
HIGH	1
MEDIUM	0.5
LOW	0

จะเห็นว่าค่าพจน์ภาษาฟัซซีที่จะผ่านเงื่อนไข SALARY FGT $MEDIUM THOLD 0.8 นั้นคือค่า 'HIGH' ด้วยดีกรีเท่ากับ 1

และสำหรับค่าข้อมูลที่ปรากฏเป็นค่าชัดเจน (crisp) คือ E#=3 มี SALARY = 25000 นำค่า 25000 เปรียบเทียบด้วยตัวเปรียบเทียบทางฟัซซี FGT กับค่า 'MEDIUM' ในความหมายปัจจุบัน $(\alpha = 15000, \beta = 20000, \gamma = 23000, \delta = 28000)$ โดยใช้สูตรจากตารางที่ 2.6 ดังสมการที่ (5.5) ที่แสดงต่อไปนี้ โดยสำหรับค่าชัดเจน (crisp) นั้น ก็คือค่า $\alpha = \beta = \gamma = \delta = 25000$

$$degree = \begin{cases} 1 & \text{ถ้า } \gamma_A \geq \delta_B \\ \frac{\delta_A - \gamma_B}{(\delta_B - \gamma_B) - (\gamma_A - \delta_A)} & \text{ถ้า } \gamma_A < \delta_B \ \& \ \delta_A > \gamma_B \\ 0 & \text{อื่น ๆ} \end{cases} \quad (5.5)$$

เพราะฉะนั้น degree = (25000-23000)/(28000-23000-25000+25000)=0.4 ตามเงื่อนไขที่ 2 ในสมการ (5.5)

คำตอบทั้งหมดแสดงดังตารางที่ 5.39

ตารางที่ 5.39 ผลลัพธ์ของการคิวรี่

E#	SALARY	DRGREE
2	HIGH	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.6.2.2 การเรียกดูข้อมูลตามช่วงเวลาที่กำหนดโดยใช้เงื่อนไขฟัซซี (Fuzzy Sequenced Retrieve)

คำถามแบบ Sequenced Retrieve คือต้องการคำตอบทุกช่วงเวลาที่กำหนด ยกตัวอย่าง เช่น "ใครบ้างที่เคยหรือกำลังได้รับเงินเดือนสูง" สำหรับคำถามนี้ต้องการข้อมูลของผู้ที่ได้รับเงินเดือนที่ถือว่าเป็นเงินเดือนสูง ตั้งแต่อดีตเป็นต้นมา

ใช้คีย์เวิร์ด VALIDTIME ระบุหน้า SELECT เพื่อเป็นการบ่งบอกว่าเป็นคำถามแบบ Sequenced แบบต้องการคำตอบทุกช่วงเวลาที่ปรากฏในฐานข้อมูล

VALIDTIME SELECT E#, SALARY
FROM EMPLOYEE
WHERE SALARY FEQ $HIGH **THOLD** 0.5

เงื่อนไขของคิวรี่นี้คือพนักงานต้องได้รับเงินเดือนที่ถือว่าเป็นเงินเดือนสูง เพราะฉะนั้นใช้ตัวเปรียบเทียบทางฟัซซี FEQ คือ SALARY FEQ $HIGH และมีการกำหนดค่า threshold คือ 0.5 เป็นการบ่งบอกว่าพนักงานที่ไม่ได้มีค่าเงินเดือนเป็นค่าพจน์ภาษาฟัซซี 'HIGH' ตรง ๆ ก็สามารถเป็นคำตอบของคิวรี่นี้ได้ โดยคำตอบนั้นต้องมีค่าดีกรีของความเป็นคำตอบมากกว่าหรือเท่ากับค่า threshold ที่กำหนด โดยคำนวณได้จากเงื่อนไขที่ระบุเข้ามา

จากคิวรี่สามารถแปลงเป็น Algebra ได้ตามขั้นตอนต่อไปนี้

<u>กรณีที่ 1</u> พจน์ภาษาฟัซซีเปรียบเทียบกับพจน์ภาษาฟัซซี ค่าพจน์ภาษาฟัซซี 2 ค่าใด ๆ เปรียบเทียบกันด้วย FEQ จะใช้ข้อมูลดีกรีความคล้ายคลึง (similarity degree) ซึ่งอยู่ใน Meta-Knowledge Base

ขั้นตอน A-G เหมือนกับใน Current retrieve

$$H \leftarrow G \bowtie_{\substack{(T2.F\#=T4.F1\#\wedge T3.F\#=T4.F2\#) \\ \vee(T2.F\#=T4.F2\#\wedge T3.F\#=T4.F1\#)}} \rho_{T4}SIMILARITY$$

นำผลการคาทีเซียนโปรดัคมาเปรียบเทียบข้อมูลใน meta table SIMILARITY ดังตารางที่ 5.27 ที่เก็บค่าดีกรีความคล้ายคลึง (similarity degree) ของแต่ละคู่ค่าพจน์ภาษาฟัซซีเอาไว้ โดยจะเก็บเฉพาะคำที่ต่างกัน (คำที่เหมือนกันจะมีค่า similarity degree เป็น 1 เสมอ) ผลแสดงดังตารางที่ 5.40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.40 H

T2.F#	T2.LABEL	T3.F#	T3.LABEL	T4.F1#	T4.F2#	T4.SIMILARITY_DEGREE		
						VALUE	FD	TD
2	HIGH	0	LOW	2	0	0.0	2008/1/1	2008/6/1
2	HIGH	0	LOW	2	0	0.01	2008/6/1	9999/12/31
2	HIGH	1	MEDIUM	2	1	0.41	2008/1/1	2008/6/1
2	HIGH	1	MEDIUM	2	1	0.47	2008/6/1	2008/10/1
2	HIGH	1	MEDIUM	2	1	0.61	2009/1/1	2009/6/1
2	HIGH	1	MEDIUM	2	1	0.72	2009/6/1	9999/12/31

$I \leftarrow \Pi_{T2.LABEL,T3.LABEL,T4.DEGREE.VALUE,T4.DEGREE.VALIDTIME.FROMDATE,T4.DEGREE.VALIDTIME.TODATE}(H)$

โปรเจคต์เฉพาะค่าที่จำเป็นขึ้นมา ผลแสดงดังตารางที่ 5.41

ตารางที่ 5.41 I

T3.LABEL	T4.SIMILARITY_ DEGREE.VALUE	T4.SIMILARITY_DEGREE. VALIDTIME.FD	T4.SIMILARITY_DEGREE. VALIDTIME.TD
LOW	0.0	2008/1/1	2008/6/1
LOW	0.01	2008/6/1	9999/12/31
MEDIUM	0.41	2008/1/1	2008/6/1
MEDIUM	0.47	2008/6/1	2008/10/1
MEDIUM	0.61	2009/1/1	2009/6/1
MEDIUM	0.72	2009/6/1	9999/12/31

จากขั้นตอน A-I เป็นขั้นตอนเพื่อให้ได้มาซึ่งค่าของพจน์ภาษาฟัซซีอื่น ๆ ที่ไม่ใช่ค่าเดียวกับที่ระบุมาในเงื่อนไข ('HIGH') ว่าเปรียบเทียบกับพจน์ภาษาฟัซซี 'HIGH' แล้วมีค่าดีกรีความคล้ายคลึง (similarity degree) เท่าไหร่ ณ ช่วงเวลาไหน ซึ่งผลแสดงดัง relation I ซึ่งต้องนำ relation I นี้เองมาตรวจสอบกับค่าข้อมูลในฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลาตัวอย่าง (EMP_SALARY)

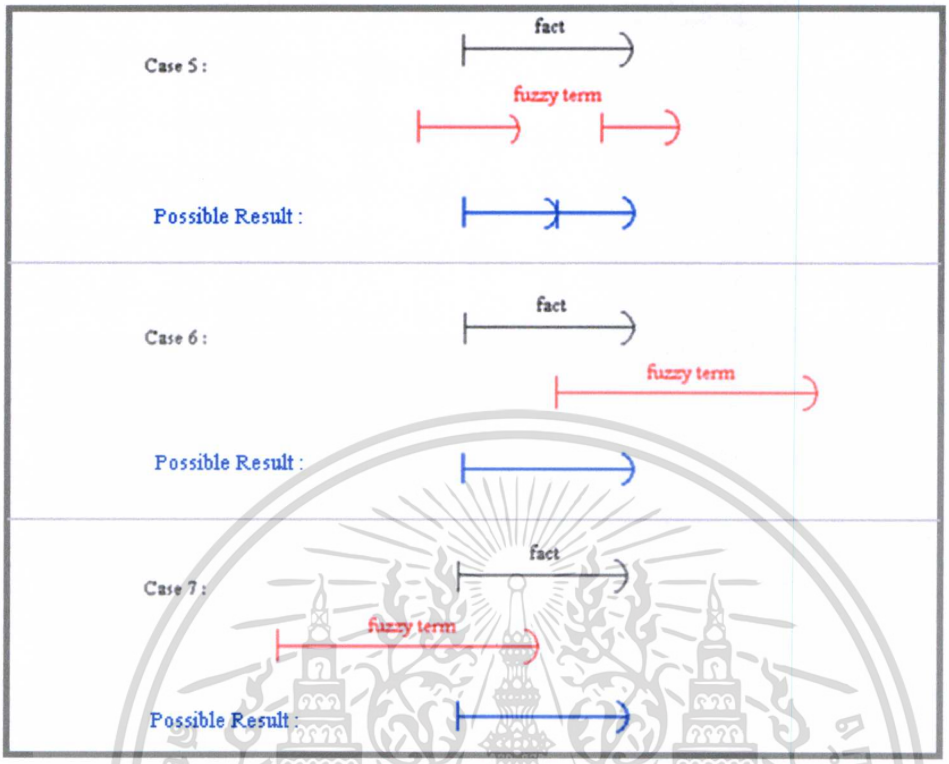
ต่อมาเป็นขั้นตอนนำข้อมูลที่แปลความหมายเงื่อนไขฟัซซีเรียบร้อยแล้วมาตวรจสอบกับค่าข้อมูลในฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลาตัวอย่าง ซึ่งจะเห็นว่าค่าดีกรีความคล้ายคลึง (similarity degree) ของพจน์ภาษาฟัซซีมีหลาย ๆ ช่วงเวลาด้วยกันที่ผ่านเงื่อนไขของค่า threshold ซึ่งจากตัวอย่างคำถาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

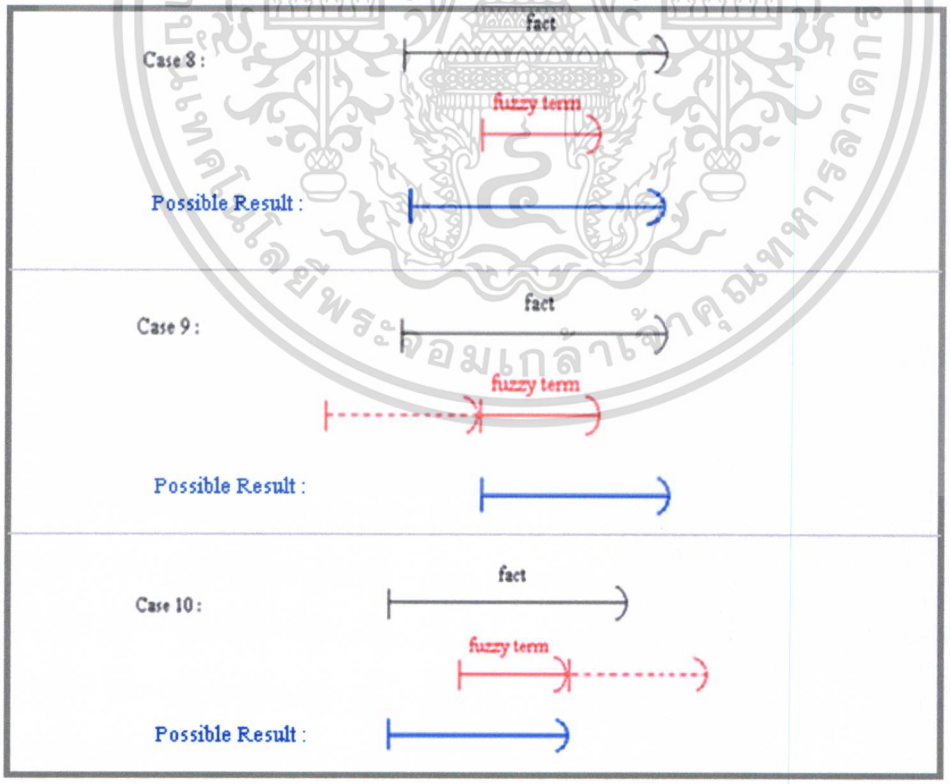
แบบ sequenced นั้นต้องการคำตอบทุกช่วงเวลาที่ปรากฏในฐานข้อมูล ดังนั้นในการเปรียบเทียบค่าดีกรีความคล้ายคลึง (similarity degree) ในช่วงเวลาต่าง ๆ กับค่าข้อมูลในช่วงเวลาต่าง ๆ ของฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลาตัวอย่าง นั้นอาจจะเกิดการซ้อนทับกันของเวลาเป็นหลายรูปแบบซึ่งเขียนออกมาเป็นแผนภาพกรณีออกมาได้ดังแสดงในรูปที่ 5.8

จากรูปที่ 5.8 แสดงไดอะแกรมของกรณีต่าง ๆ ของการซ้อนทับกันของเวลาของ fact ในฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลาตัวอย่าง ซึ่งในที่นี้คือ EMP_SALARY กับช่วงเวลาของการเกิดค่าดีกรีความคล้ายคลึง (similarity degree) ซึ่งใน 4 กรณีแรก (รูปที่ 5.8 a) นี้จะเกิดขึ้นกับกรณีที่ข้อมูลของค่าดีกรีความคล้ายคลึง (similarity degree) นั้นเป็นข้อมูลที่ต่อเนื่อง แต่ 6 กรณีหลัง (รูปที่ 5.8 b-c) เกิดกับกรณีที่ข้อมูลค่าดีกรีความคล้ายคลึง (similarity degree) เกิดขาดช่วง ซึ่งถ้าข้อมูลนี้เกิดขาดช่วงขึ้นมาระบบจะทำการประเมินค่าดีกรีความคล้ายคลึง (similarity degree) จากข้อมูลใกล้เคียงอย่างอัตโนมัติเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ตามช่วงเวลาที่ต้องการครบถ้วน นอกจากข้อมูลของ fact จะต้องตรวจสอบ ณ ช่วงเวลาเดียวกับค่าดีกรีความคล้ายคลึง (similarity degree) แล้ว ข้อมูลที่จะดึงมาเป็นคำตอบนั้นต้องมีค่าดีกรีของเงื่อนไข ซึ่งจากตัวอย่างนี้ดูได้จากค่าดีกรีความคล้ายคลึง (similarity degree) นั่นเอง มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่า threshold ที่ระบุเข้ามาในคิวรี่ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(b)



(c)

รูปที่ 5.8 แสดงแผนภาพของการซ้อนทับกันของเวลาระหว่าง fact กับ พจน์ภาษาฟัซซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

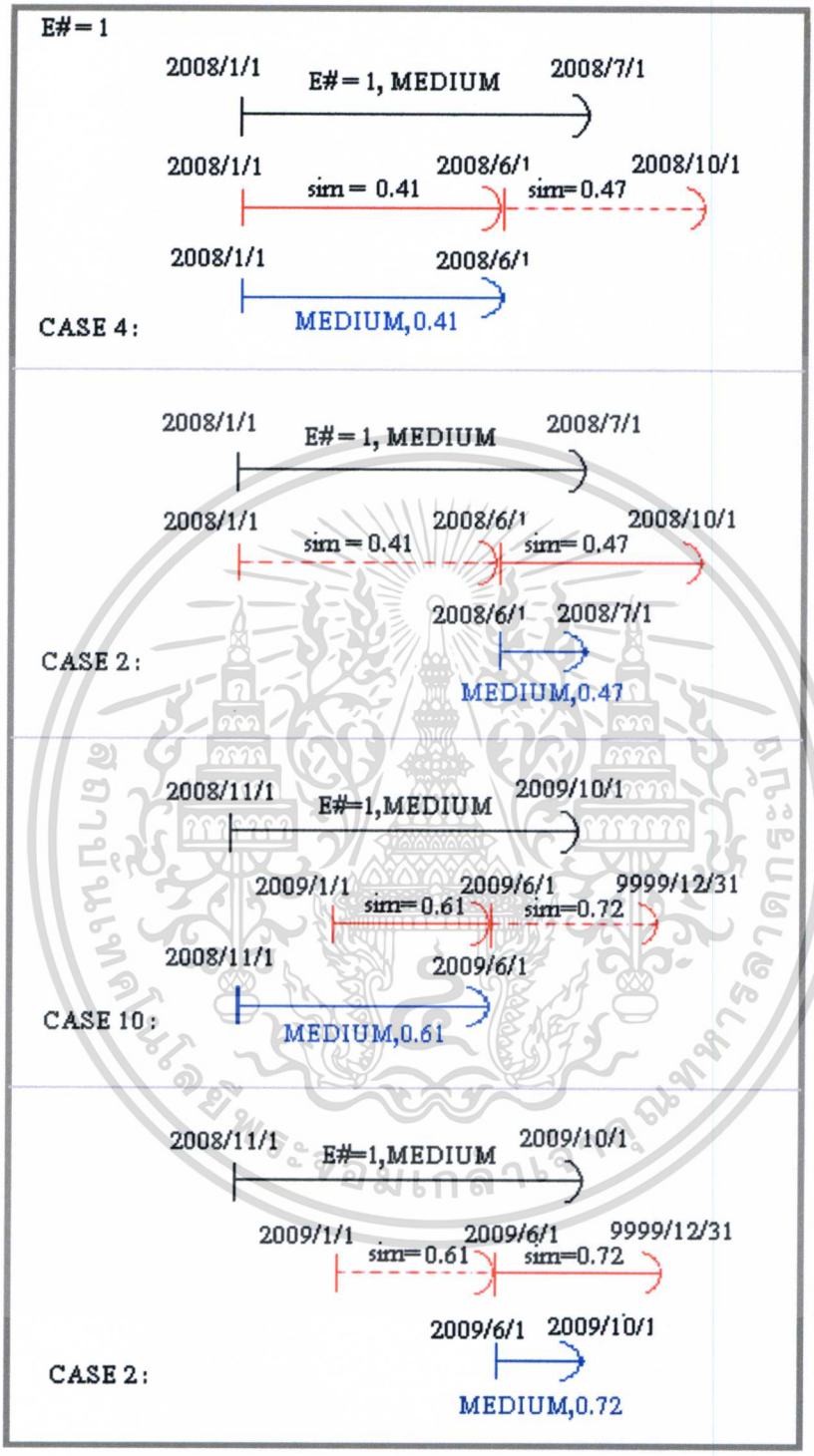
ตัวอย่างคิวรี่ จะขอใช้ตารางจากฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลาตัวอย่าง จากข้อมูลในตาราง EMP_SALARY ที่ตัดมาเฉพาะ E# = 1 ดังตารางที่ 5.42

ตารางที่ 5.42 ตัวอย่างตารางฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลาตัวอย่าง

E#	SALARY	SALARY_FD	SALARY_TD
1	MEDIUM	2008/1/1	2008/7/1
1	APPROX 24000	2008/7/1	2008/11/1
1	MEDIUM	2008/11/1	2009/10/1
1	HIGH	2009/10/1	9999/12/31
...		...	

ในขั้นแรกจะตรวจสอบค่าที่เป็นพจน์ภาษาฟัซซีที่ไม่ใช่ค่าเดียวกับที่ระบุมาในเงื่อนไข (ค่าพจน์ภาษาฟัซซีที่เป็นค่าเดียวกับเงื่อนไข จะมีค่าดีกรีความคล้ายคลึง (similarity degree) เป็น 1 ทุกช่วงเวลา จึงไม่มีปัญหาการซ้อนทับกันของ fact กับค่าดีกรีความคล้ายคลึง (similarity degree) เหล่านี้จะมีค่าดีกรีของเงื่อนไขเป็น 1 เสมอตามช่วงเวลาของ fact) และเป็นค่าที่มีค่าดีกรีความคล้ายคลึง (similarity degree) กับค่า 'HIGH' มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 ซึ่งก็คือค่า 'MEDIUM' ซึ่งปรากฏในหลายช่วงเวลา แต่มีแค่บางช่วงเวลาเท่านั้นที่มีค่าดีกรีความคล้ายคลึง (similarity degree) มากกว่าเท่ากับ 0.5 ผลลัพธ์จะแสดงดังไดอะแกรมรูปที่ 5.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.9 ตัวอย่างการเข้ากรณีของตารางจากฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลาตัวอย่างของ E#=1 กรณีพจน์ภาษาฟัซซีเปรียบเทียบกับพจน์ภาษาฟัซซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับกรณีของค่าพจน์ภาษาฟัซซีเปรียบเทียบกับค่าพจน์ภาษาฟัซซี จะได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 5.43

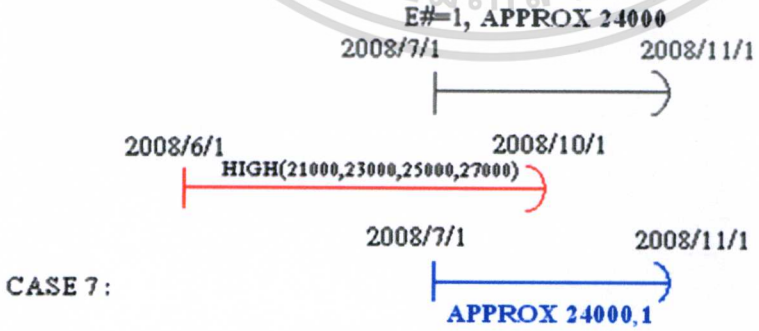
ตารางที่ 5.43 ผลลัพธ์ของค่าพจน์ภาษาฟัซซีเปรียบเทียบกับพจน์ภาษาฟัซซี

E#	SALARY	DEGREE	FD	TD
1	MEDIUM	0.61	2008/11/1	2009/6/1
1	MEDIUM	0.72	2009/6/1	2009/10/1
1	HIGH	1	2009/10/1	9999/12/31
...			...	

กรณีที่ 2 ค่าชัดเจน (crisp) เปรียบเทียบกับค่าพจน์ภาษาฟัซซี ต้องอาศัยข้อมูลจากค่าที่อธิบายฟังก์ชันสมาชิก (membership function) คือค่า Alpha, Beta, Gamma และ Delta ตามช่วงเวลาที่เป็นจริงตามช่วงเวลาที่ปรากฏ fact ณ ตัวอย่างนี้ไม่ปรากฏค่าชัดเจน (crisp) ดังนั้นกรณีนี้จึงไม่เกิด

กรณีที่ 3 ค่าประมาณเปรียบเทียบกับค่าพจน์ภาษาฟัซซี

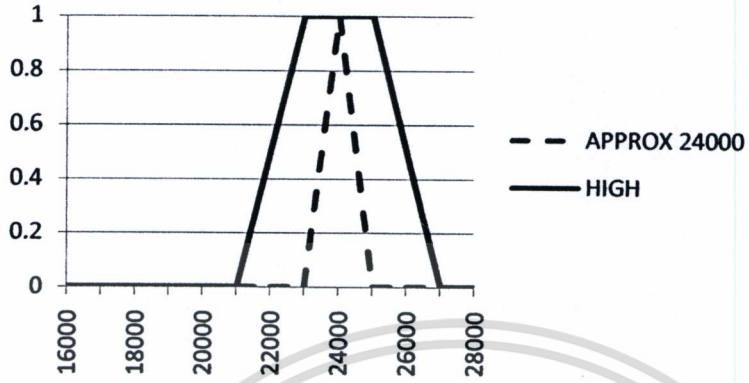
เงินเดือน APPROX 24000 ในช่วงเวลา [2008/7/1,2008/11/1) ใช้นิยามค่าประมาณ โดย APPROX_DEF(d) = 1000 ในช่วงเวลา [2008/1/1,9999/12/31) ตรงกับพจน์ภาษาฟัซซี 'HIGH' ที่ช่วงเวลา [2008/6/1,2009/10/1) ซึ่งต้องขยายช่วงเวลาความจริงของค่าฟังก์ชันสมาชิก (membership function) ออกไปตามไดอะแกรมรูปที่ 5.8 กรณีที่ 7 ให้ครอบคลุมเป็น [2008/6/1,2009/11/1) แสดงดังรูปที่ 5.10



รูปที่ 5.10 ตัวอย่างการเข้ากรณีของตารางของฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลาตัวอย่างของ E#=1 กรณีค่าประมาณเปรียบเทียบกับพจน์ภาษาฟัซซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการหาค่าดีกรีของการผ่านเงื่อนไขเป็นคำตอบ ดูได้จากรูปที่ 5.11



$\mu = 1$

รูปที่ 5.11 การเปรียบเทียบระหว่าง APPROX 24000 กับ 'HIGH'

วิธีการหาค่าความคล้ายคลึงระหว่างพจน์ภาษาฟัซซีกับค่าประมาณ หาได้จากความสูงของจุด ของส่วนซ้อนทับ (intersection) ที่สูงที่สุดของ 2 ฟังก์ชันสมาชิก (membership function) ดังนั้นจึงคล้ายคลึงกับ 'HIGH' ด้วยดีกรีเท่ากับ 1

ผลลัพธ์ทั้งหมดสรุปได้ดังตารางที่ 5.44

ตารางที่ 5.44 ผลลัพธ์ของ Sequenced Retrieve

E#	SALARY	DEGREE	FD	TD
1	APPROX 24000	1	2008/7/1	2008/11/1
1	MEDIUM	0.61	2008/11/1	2009/10/1
1	MEDIUM	0.72	2009/6/1	2009/10/1
1	HIGH	1	2009/10/1	9999/12/31
…			…	

สำหรับคำถามประเภท temporal join นั้นยกตัวอย่างคำถามเช่น "ใครบ้างที่เคยหรือกำลังได้รับเงินเดือนพอ ๆ กัน" ในที่นี้ต้องหาพนักงาน 2 คนใด ๆ ที่ได้เงินเดือนค่าหนึ่ง ๆ ณ ช่วงเวลาเดียวกัน แล้วจากนั้นนำค่าเงินเดือน 2 ค่าใด ๆ นั้นมาเปรียบเทียบกันว่าถือว่าเป็นเงินเดือนที่มีค่าพอ ๆ กันหรือไม่

VALIDTIME SELECT T1.E#, T2.E#, T1.SALARY, T2.SALARY

FROM EMP_SALARY T1, EMP_SALARY T2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WHERE T1.E# < T2.E#

AND T1.SALARY FEQ T2.SALARY **THOLD** 0.5

โดยที่ในส่วนของเงื่อนไขการ join นั้นคือรหัสพนักงานของพนักงานคนที่ 1 น้อยกว่าคนที่ 2 เพื่อที่จะเปรียบเทียบระหว่าง 2 คนใด ๆ ที่ไม่ใช่คนเดียวกัน และเลือกเฉพาะช่วงเวลาที่เกิดเหตุการณ์พร้อมกัน และมีค่าเงินเดือนที่ถือว่าพอ ๆ กัน คือ M1.SALARY FEQ M2.SALARY THOLD 0.5 มีการกำหนดค่า threshold คือ 0.5 คือคำตอบนั้นต้องมีค่าดีกรีของความเป็นคำตอบมากกว่าหรือเท่ากับค่า threshold ที่กำหนด โดยคำนวณได้จากเงื่อนไขที่ระบุเข้ามา

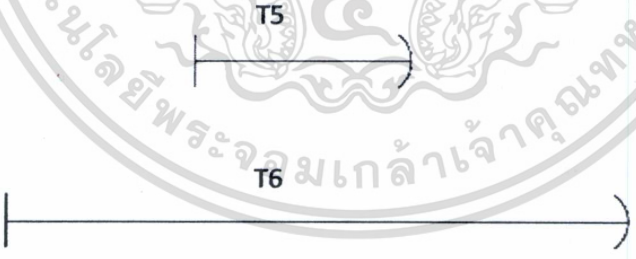
จากคิวรี่สามารถแปลงเป็น Algebra ได้ตามขั้นตอนต่อไปนี้

อันดับแรก หาข้อมูลของพนักงาน 2 คนใด ๆ ที่มีค่าเงินเดือนใด ๆ ในช่วงเวลาเดียวกัน (temporal join ระหว่างตารางที่แสดงข้อมูล SALARY จากตารางที่ 5.19 join กันเอง)

ซึ่งการซ้อนทับกันของเวลาแบ่งเป็น 4 กรณีดังต่อไปนี้

กรณีที่ 1 แสดงดังไดอะแกรมรูปที่ 5.12 (a)

$$I1 \leftarrow \Pi_{\substack{T5.E\#,T5.SALARY.VALUE,\\ T6.E\#.T6.SALARY.VALUE,\\ T5.SALARY.VALIDTIME.FROMDATE,\\ T5.SALARY.VALIDTIME.TODATE}} \left(\rho_{T5}EMP_SALARY \bowtie_{\substack{T5.E\#<T6.E\#\\ \wedge T6.SALARY.VALIDTIME.FROMDATE\\ \leq T5.SALARY.VALIDTIME.TODATE\\ \wedge T5.SALARY.VALIDTIME.TODATE\\ \leq T6.SALARY.VALIDTIME.TODATE}} \rho_{T6}EMP_SALARY \right)$$



รูปที่ 5.12 (a) การซ้อนทับของเวลากรณีที่ 1

ผลลัพธ์จากตารางของฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลาตัวอย่างตารางที่ 5.19 มาเข้ากรณีที่ 1 แสดงผลลัพธ์ดังตารางที่ 5.45

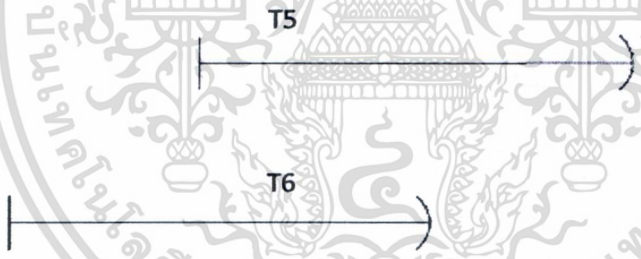
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.45 I1

T5.E#	SALARY1	T6.E#	SALARY2	T5.SALARY.VALIDTIME.FD	T5.SALARY.VALIDTIME.TD
1	MEDIUM	2	HIGH	2008/11/1	2009/10/1
1	HIGH	2	HIGH	2009/10/1	9999/12/31
1	APPROX 24000	3	MEDIUM	2008/7/1	2008/11/1
1	HIGH	3	25000	2009/10/1	9999/12/31
2	MEDIUM	3	MEDIUM	2008/7/1	2008/8/1

กรณีที่ 2 แสดงดังไดอะแกรมรูปที่ 5.12 (b)

$$I2 \leftarrow \Pi_{\substack{T5.E\#,T5.SALARY.VALUE,\\ T6.E\#,T6.SALARY.VALUE,\\ T5.SALARY.VALIDTIME.FROMDATE,\\ T6.SALARY.VALIDTIME.TODATE}} \left(\rho_{T5}EMP_SALARY \bowtie_{\substack{T5.E3<T6.E\# \\ \wedge T5.SALARY.VALIDTIME.FROMDATE \\ >T6.SALARY.VALIDTIME.FROMDATE \\ \wedge T6.SALARY.VALIDTIME.TODATE \\ <T5.SALARY.VALIDTIME.TODATE \\ \wedge T5.SALARY.VALIDTIME.FROMDATE \\ >T6.SALARY.VALIDTIME.TODATE}} \rho_{T6}EMP_SALARY \right)$$



รูปที่ 5.12 (b) การซ้อนทับของเวลากรณีที่ 2

ผลลัพธ์จากตารางของฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลาตัวอย่างตารางที่ 5.19 มาเข้ากรณีที่ 2 แสดงผลลัพธ์ดังตารางที่ 5.46

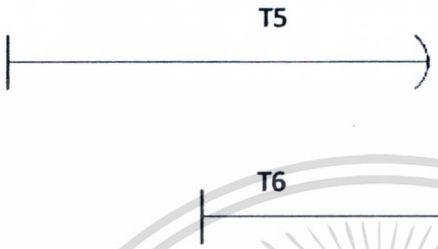
ตารางที่ 5.46 I2

T5.E#	SALARY1	T6.E#	SALARY2	T5.SALARY.VALIDTIME.FD	T6.SALARY.VALIDTIME.TD
1	MEDIUM	3	MEDIUM	2008/11/1	2009/1/1
2	HIGH	3	MEDIUM	2008/8/1	2009/1/1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีที่ 3 แสดงดังไดอะแกรมรูปที่ 5.12 (c)

$$I3 \leftarrow \Pi_{\substack{T5.E\#,T5.SALARY.VALUE,\\ T6.E\#,T6.SALARY.VALUE,\\ T6.SALARY.VALIDTIME.FROMDATE,\\ T5.SALARY.VALIDTIME.TODATE}} \left(\rho_{T5}EMP_SALARY \bowtie_{\substack{T5.E\#<T6.E\#\\ \wedge T6.SALARY.VALIDTIME.FROMDATE\\ >T5.SALARY.VALIDTIME.FROMDATE\\ \wedge T5.SALARY.VALIDTIME.TODATE\\ <T6.SALARY.VALIDTIME.TODATE\\ \wedge T6.SALARY.VALIDTIME.FROMDATE\\ <T5.SALARY.VALIDTIME.TODATE}} \rho_{T6}EMP_SALARY \right)$$



รูปที่ 5.12 (c) การซ้อนทับของเวลากรณีที่ 3

ผลลัพธ์จากตารางของฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลาตัวอย่างตารางที่ 5.19 มาเข้ากรณีที่ 3 แสดงผลลัพธ์ดังตารางที่ 5.47

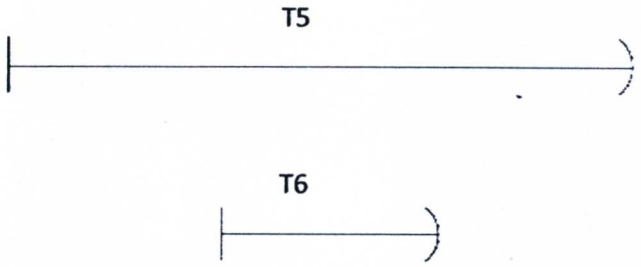
ตารางที่ 5.47 I3

T5.E#	SALARY1	T6.E#	SALARY2	T6.SALARY.VALIDTIME.FD	T5.SALARY.VALIDTIME.TD
1	APPROX 24000	2	HIGH	2008/8/1	2008/11/1
1	MEDIUM	3	MEDIUM	2008/3/1	2008/7/1
1	MEDIUM	3	25000	2009/1/1	2009/10/1

กรณีที่ 4 แสดงดังไดอะแกรมรูปที่ 5.12 (d)

$$I4 \leftarrow \Pi_{\substack{T5.E\#,T5.SALARY.VALUE,\\ T6.E\#,T6.SALARY.VALUE,\\ T6.SALARY.VALIDTIME.FROMDATE,\\ T6.SALARY.VALIDTIME.TODATE}} \left(\rho_{T5}EMP_SALARY \bowtie_{\substack{T5.E\#<T6.E\#\\ \wedge T6.SALARY.VALIDTIME.FROMDATE\\ >T5.SALARY.VALIDTIME.FROMDATE\\ \wedge T6.SALARY.VALIDTIME.TODATE\\ <T5.SALARY.VALIDTIME.TODATE}} \rho_{T6}EMP_SALARY \right)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.12 (d) การซ้อนทับของเวลากรณีที่ 4

ผลลัพธ์จากตารางของฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลาตัวอย่างตารางที่ 5.19 มาเข้ากรณีที่ 4 แสดงผลลัพธ์ดังตารางที่ 5.48

ตารางที่ 5.48 I4

T5.E #	SALARY1	T6.E #	SALARY2	T6.SALARY.VALIDTIME.FD	T6.SALARY.VALIDTIME.TD
1	APPROX 24000	2	MEDIUM	2008/7/1	2008/8/1
1	MEDIUM	3	LOW	2008/1/1	2008/3/1
2	HIGH	3	25000	2009/1/1	9999/12/31

$J \leftarrow I1 \cup I2 \cup I3 \cup I4$ ดังตารางที่ 5.49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.49 J ผลลัพธ์การ join กันระหว่าง Employee 2 ใด ๆ ที่เวลาซ้อนทับกัน

T5.E#	SALARY1	T6.E#	SALARY2	FD	TD
1	APPROX 24000	2	MEDIUM	2008/7/1	2008/8/1
1	APPROX 24000	2	HIGH	2008/8/1	2008/11/1
1	MEDIUM	2	HIGH	2008/11/1	2009/10/1
1	HIGH	2	HIGH	2009/10/1	9999/12/31
1	MEDIUM	3	LOW	2008/1/1	2008/3/1
1	MEDIUM	3	MEDIUM	2008/3/1	2008/7/1
1	APPROX 24000	3	MEDIUM	2008/7/1	2008/11/1
1	MEDIUM	3	MEDIUM	2008/11/1	2009/1/1
1	MEDIUM	3	25000	2009/1/1	2009/10/1
1	HIGH	3	25000	2009/10/1	9999/12/31
2	MEDIUM	3	MEDIUM	2008/7/1	2008/8/1
2	HIGH	3	MEDIUM	2008/8/1	2009/1/1
2	HIGH	3	25000	2009/1/1	9999/12/31

จาก 4 กรณีข้างต้นที่ได้ผลลัพธ์มาเป็นการ join กันของตารางที่แสดงค่า SALARY โดยมีเงื่อนไขว่า E# ของตารางแรกน้อยกว่าตารางที่สอง เพื่อเป็นการเปรียบเทียบ employee คนหนึ่งกับคนอื่นๆที่ไม่ใช่ตัวเอง และ VALIDTIME ของ employee สองคนมีส่วนที่ทับกันอยู่ เพราะคิวรี่ต้องการผู้ที่เคยได้เงินเดือนเท่ากัน คือได้เงินเดือนพอกัน ๆ กัน ในช่วงเวลาเดียวกัน ดังตารางที่ 5.49

<u>กรณีที่ 1</u> พจน์ภาษาฟัซซีเปรียบเทียบกับพจน์ภาษาฟัซซี

นำขั้นตอนจาก A-F (จาก Current Retrieve) โดยที่เลือกค่าพจน์ภาษาฟัซซีทั้งหมดในแอททริบิวต์ SALARY ทำเหมือนกันทั้งสองตาราง เพราะจากคำถามนี้มีความเป็นไปได้ที่จะเกิดการเปรียบเทียบระหว่างค่าพจน์ภาษาฟัซซี 2 ค่าใด ๆ ทุกแบบ

$G \leftarrow D \times F$

นำมาคาทีเชียนโปรดัคกันจะได้การเปรียบเทียบพจน์ภาษาฟัซซีเป็นคู่ ๆ ผลแสดงดังตารางที่ 5.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.50 G

T2.F#	T2.LABEL	T3.F#	T3.LABEL
0	LOW	0	LOW
0	LOW	1	MEDIUM
0	LOW	2	HIGH
1	MEDIUM	0	LOW
1	MEDIUM	1	MEDIUM
1	MEDIUM	2	HIGH
2	HIGH	0	LOW
2	HIGH	1	MEDIUM
2	HIGH	2	HIGH

$$H \leftarrow G \bowtie_{(T2.F\#=T4.F1\#\wedge T3.F\#=T4.F2\#)\ \vee(T2.F\#=T4.F2\#\wedge T3.F\#=T4.F1\#)} \rho_{T4} SIMILARITY$$

นำผลการคาทีเซียนโปรดัคมาเปรียบเทียบข้อมูลใน meta table SIMILARITY ดังตารางที่ 5.27 ที่เก็บค่า similarity degree ของแต่ละคู่ค่าพจน์ภาษาฟัซซีเอาไว้ โดยจะเก็บเฉพาะคำที่ต่างกัน (คำที่เหมือนกันจะมีค่าดีกรีความคล้ายคลึง (similarity degree) เป็น 1 เสมอ)

จะได้ค่าดีกรีความคล้ายคลึง (similarity degree) ของแต่ละคู่พจน์ภาษาฟัซซีที่ไม่ใช่คำเดียวกัน แสดงดังในรีเลชัน H ทุกช่วงเวลาที่กำหนดในดิวรี่ดังตารางที่ 5.51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.51 H

T2.F#	T2. LABEL	T3.F#	T3. LABEL	T4.F1#	T4.F2#	T4.SIMILARITY_DEGREE.VALUE	T4.SIMILARITY_DEGREE.VALIDTIME.FD	T4.SIMILARITY_DEGREE.VALIDTIME.TD
0	LOW	1	MEDIUM	0	1	0.18	2008/1/1	2008/6/1
0	LOW	1	MEDIUM	0	1	0.14	2008/6/1	2009/6/1
0	LOW	1	MEDIUM	0	1	0.47	2009/6/1	9999/12/31
0	LOW	2	HIGH	0	2	0.0	2008/1/1	2008/6/1
0	LOW	2	HIGH	0	2	0.01	2008/6/1	9999/12/31
1	MEDIUM	2	HIGH	1	2	0.41	2008/1/1	2008/6/1
1	MEDIUM	2	HIGH	1	2	0.47	2008/6/1	2008/10/1
1	MEDIUM	2	HIGH	1	2	0.61	2009/1/1	2009/6/1
1	MEDIUM	2	HIGH	1	2	0.72	2009/6/1	9999/12/31

ต่อมาเป็นการเอาคำตอบจากช่วงที่ 1 ที่แปลความหมายเงื่อนไขฟัซซีเรียบร้อยแล้วมาตรวจสอบกับค่าข้อมูลในฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลาตัวอย่าง ซึ่งในที่นี้เป็นคำถามแบบ temporal join จึงใช้ตารางของฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลาตัวอย่างที่ join เรียบร้อยแล้วจากช่วงที่ 2

ต่อไปนี้จะเป็นการตรวจสอบว่าเงินเดือนของพนักงานสองคนถือว่าพอ ๆ กันหรือไม่ ซึ่งประกอบไปด้วย 10 กรณีของรูปแบบการซ้อนทับกันของเวลาดังรูปที่ 5.8 ในข้างต้น และส่วนที่จะดึงมาเป็นคำตอบนั้นต้องมีค่าดีกรีความคล้ายคลึง (similarity degree) มากกว่าหรือเท่ากับค่า threshold ที่ระบุมาในคิวรี่ ผลลัพธ์แสดงดังตารางที่ 5.52

ตารางที่ 5.52 แสดงผลลัพธ์ของพจน์ภาษาฟัซซีเปรียบเทียบกับพจน์ภาษาฟัซซีที่ไม่ใช่ค่าเดียวกัน

T5.E#	SALARY1	T6.E#	SALARY2	T4.SIMILARITY_DEGREE.VALUE	FD	TD
1	MEDIUM	2	HIGH	0.61	2008/11/1	2009/6/1
1	MEDIUM	2	HIGH	0.71	2009/6/1	2009/10/1
1	MEDIUM	3	LOW	0.18	2008/1/1	2008/3/1
2	HIGH	3	MEDIUM	0.47	2008/8/1	2009/1/1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อีกกรณีต่อไปนี้ คือกรณีของคู่พจน์ภาษาที่จะนำมาเปรียบเทียบกันเป็นค่าเดียวกัน โดยคำตอบเหล่านี้จะเป็นคำตอบที่มีดีกรีเป็น 1

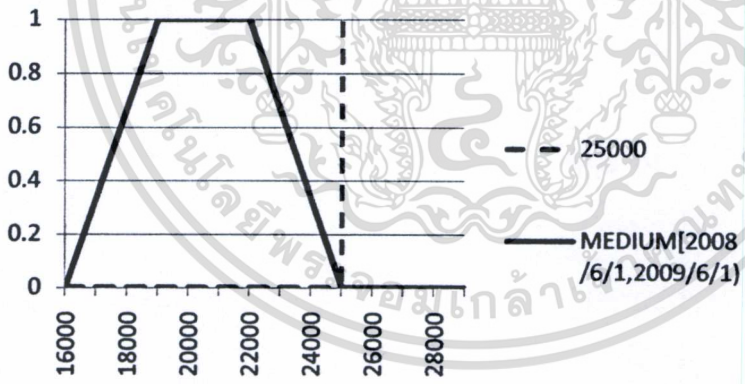
$$L \leftarrow \Pi_{\substack{T5.E\#,T5.SALARY.VALUE,(\sigma_{T5.SALARY.VALUE=T6.SALARY.VALUE}J) \\ T6.E\#,T6.SALARY.VALUE, \\ 1,FD,TD}}$$

ผลแสดงดังตารางที่ 5.53

ตารางที่ 5.53 L

T5.E#	SALARY1	T6.E#	SALARY2	1	FD	TD
1	HIGH	2	HIGH	1	2009/10/1	9999/12/31
1	MEDIUM	3	MEDIUM	1	2008/3/1	2008/7/1
1	MEDIUM	3	MEDIUM	1	2008/11/1	2009/1/1
2	MEDIUM	3	MEDIUM	1	2008/7/1	2008/8/1

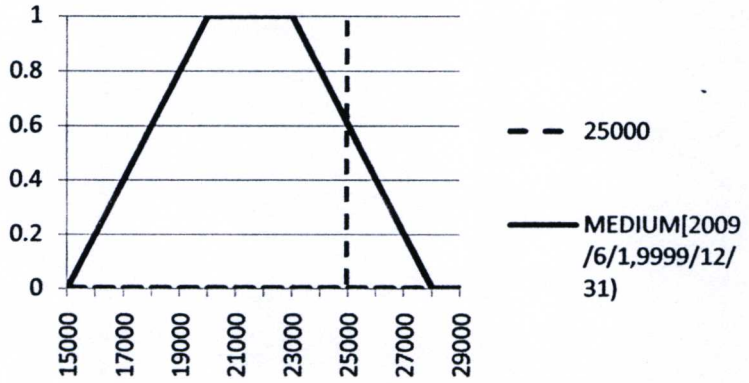
กรณีที่ 2 ค่าชัดเจน (crisp) เปรียบเทียบกับค่าพจน์ภาษาฟัซซี จากข้อมูลในตารางที่ 5.49 แสดงการเปรียบเทียบได้ดังรูปที่ 5.13-5.16



$\mu = 0$

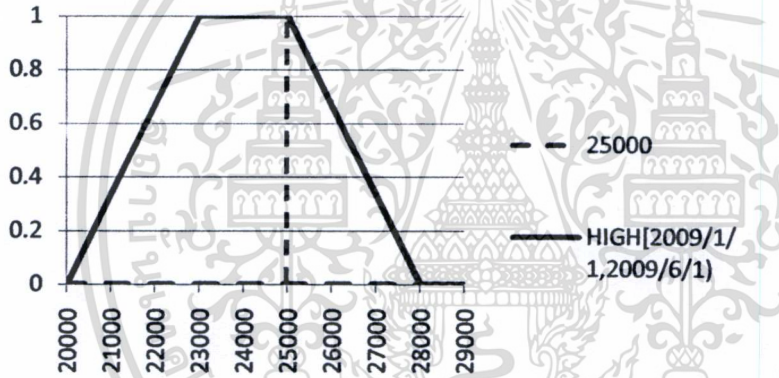
รูปที่ 5.13 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าพจน์ภาษาฟัซซี 'MEDIUM' ณ ช่วงเวลา [2008/6/1,2009/6/1) กับค่าชัดเจน (crisp) 25000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



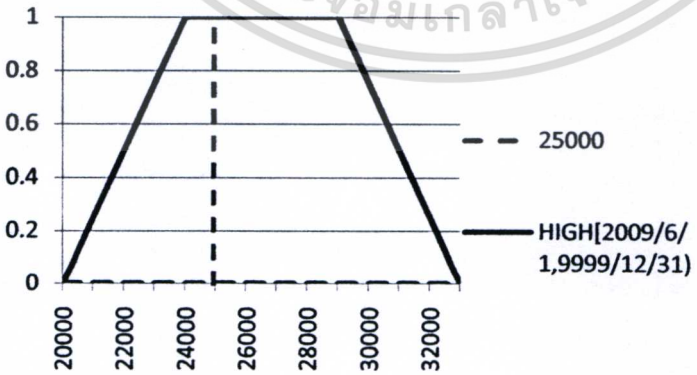
$$\mu = \frac{28000-25000}{28000-23000} = 0.6$$

รูปที่ 5.14 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าพจน์ภาษาฟัซซี 'MEDIUM' ณ ช่วงเวลา [2009/6/1,9999/12/31) กับค่าชัดเจน (crisp) 25000



$$\mu = 1$$

รูปที่ 5.15 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าพจน์ภาษาฟัซซี 'HIGH' ณ ช่วงเวลา [2009/1/1,2009/6/1) กับค่าชัดเจน (crisp) 25000



$$\mu = 1$$

รูปที่ 5.16 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าพจน์ภาษาฟัซซี 'HIGH' ณ ช่วงเวลา [2009/6/1,9999/12/31) กับค่าชัดเจน (crisp) 25000

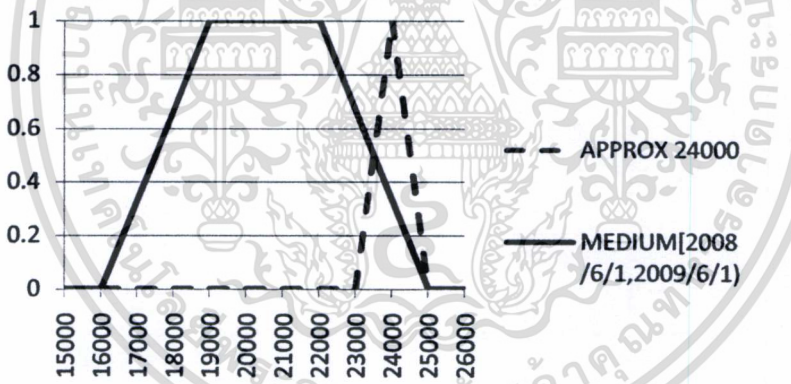
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลลัพธ์แสดงดังตารางที่ 5.54

ตารางที่ 5.54 ผลลัพธ์ของการเปรียบเทียบระหว่างค่าชัดเจน (crisp) กับค่าพจน์ภาษาฟัซซี

T5.E#	SALARY1	T6.E#	SALARY2	DEGREE	FD	TD
1	MEDIUM	3	25000	0	2009/1/1	2009/6/1
1	MEDIUM	3	25000	0.6	2009/6/1	2009/10/1
1	HIGH	3	25000	1	2009/10/1	9999/12/31
2	HIGH	3	25000	1	2009/1/1	2009/6/1
2	HIGH	3	25000	1	2009/6/1	9999/12/31

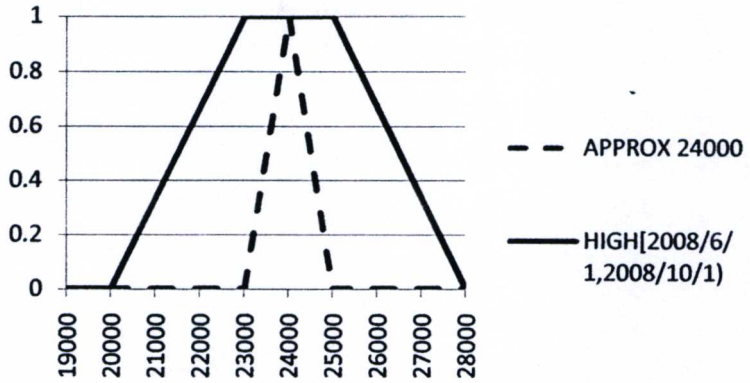
กรณีที่ 3 ค่าประมาณเปรียบเทียบกับค่าพจน์ภาษาฟัซซี จากข้อมูลในตารางที่ 5.49 แสดงการเปรียบเทียบได้ดังรูปที่ 5.17-5.18 โดยใช้นิยามค่าประมาณตามช่วงเวลาที่ปรากฏตรงกับการปรากฏค่าพจน์ภาษาฟัซซีด้วย



$$\mu=\frac{\delta-x-d}{\delta-\gamma+d}=\frac{25000-24000+1000}{25000-22000+1000}=\frac{2}{4}=0.5 \quad when \quad x>\gamma \; and \; x-d\leq\delta$$

รูปที่ 5.17 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าพจน์ภาษาฟัซซี 'MEDIUM' ณ ช่วงเวลา [2008/6/1,2009/6/1) กับค่าประมาณ APPROX 24000 [2008/7/1,2008/11/1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



$\mu = 1$

รูปที่ 5.18 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าพจน์ภาษาฟัซซี 'HIGH' ณ ช่วงเวลา [2008/6/1,2008/10/1) กับประมาณ APPROX 24000 [2008/7/1,2008/11/1)

ผลลัพธ์แสดงดังตารางที่ 5.55

ตารางที่ 5.55 ผลลัพธ์ของการเปรียบเทียบกันระหว่างค่าประมาณกับค่าพจน์ภาษาฟัซซี

T5.E#	SALARY1	T6.E#	SALARY2	DEGREE	FD	TD
1	APPROX 24000	2	MEDIUM	0.5	2008/7/1	2008/8/1
1	APPROX 24000	2	HIGH	1	2008/8/1	2008/11/1
1	APPROX 24000	3	MEDIUM	0.5	2008/7/1	2008/11/1

นำผลลัพธ์ทั้งหมดมาทำการยูเนียนกัน และเลือกเฉพาะคำตอบที่ผ่านเงื่อนไขมาด้วยดีกรีที่มากกว่าหรือเท่ากับค่า threshold ที่ระบุมาในเงื่อนไข คือ 0.5 ซึ่งคำตอบทั้งหมดแสดงดังตารางที่ 5.56 โดยเรียงลำดับจากคำตอบที่มีดีกรีมากไปดีกรีน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.56 ผลลัพธ์ของการคิวรี่แบบ temporal join

T5.E#	SALARY1	T6.E#	SALARY2	DEGREE	FD	TD
1	APPROX 24000	2	HIGH	1	2008/8/1	2008/11/1
1	HIGH	2	HIGH	1	2009/10/1	9999/12/31
1	MEDIUM	3	MEDIUM	1	2008/3/1	2008/7/1
1	MEDIUM	3	MEDIUM	1	2008/11/1	2009/1/1
1	HIGH	3	25000	1	2009/10/1	9999/12/31
2	MEDIUM	3	MEDIUM	1	2008/7/1	2008/8/1
2	HIGH	3	25000	1	2009/6/1	9999/12/31
1	MEDIUM	2	HIGH	0.71	2009/6/1	2009/10/1
1	MEDIUM	2	HIGH	0.61	2008/11/1	2009/6/1
1	MEDIUM	3	25000	0.6	2009/6/1	2009/10/1
1	APPROX 24000	2	MEDIUM	0.5	2008/7/1	2008/8/1
1	APPROX 24000	3	MEDIUM	0.5	2008/7/1	2008/11/1

5.7 แนวทางการ sequenced update และ delete โดยที่ใช้เงื่อนไขฟัซซี

แนวทางการ sequenced update และ delete โดยที่ใช้เงื่อนไขฟัซซี สำหรับในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ขอเสนอแนวทางไว้เพื่อการพัฒนาต่อไป ไว้ดังนี้

5.7.1 SEQUENCED UPDATE

ยกตัวอย่างเช่น "ปรับเงินเดือนของพนักงานที่ได้เงินเดือนน้อย ณ ช่วงเวลา 1 January 2008 ถึง 1 June 2008 ให้เป็นเงินเดือนสูง"

VALIDTIME **PERIOD** [2008/1/1 – 2008/6/1)
UPDATE EMP_SALARY
SET SALARY = HIGH
WHERE SALARY FEQ $LOW **THOLD** 0.15

ในแต่ละ fact ช่วงเวลาหนึ่ง ๆ ที่มีส่วนซ้อนทับกับช่วงเวลาที่จะทำการ update ดังรูปที่ 2.17 นั้น ก็อาจจะมีความเกี่ยวข้องกับอีกหลาย ๆ ช่วงเวลาของดีกรีความคล้ายคลึง (Similarity Degree) ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บางช่วงเวลาของดีกรีความคล้ายคลึง (Similarity Degree) อาจไม่จำเป็นต้องเกิดการ update ดังนั้นจะทำการแตกย่อย fact ตามช่วงเวลาของดีกรีความคล้ายคลึง (Similarity Degree) แสดงดังตารางที่ 5.57 ดังขั้นตอนต่อไปนี้

ตารางที่ 5.57 แสดงค่าดีกรีความคล้ายคลึง (Similarity Degree) ระหว่าง LOW กับค่าพจน์ภาษาฟัซซีใด ๆ ในแอททริบิวต์ SALARY ณ ช่วงเวลาต่าง ๆ

T2.F#	T2.LABEL	T3.F#	T3. LABEL	T4.F1#	T4.F2#	T4.SIMILARITY_DEGREE		
						VALUE	FROM DATE	TODATE
0	LOW	1	MEDIUM	0	1	0.18	2008/1/1	2008/6/1
0	LOW	1	MEDIUM	0	1	0.14	2008/6/1	2009/6/1
0	LOW	1	MEDIUM	0	1	0.47	2009/6/1	9999/12/31
0	LOW	2	HIGH	0	2	0.0	2008/1/1	2008/6/1
0	LOW	2	HIGH	0	2	0.01	2008/6/1	9999/12/31

ขั้นตอนที่ 1 หา fact ในตารางตัวอย่างที่แสดงค่าเงินเดือนของพนักงานตามช่วงเวลาต่าง ๆ จากตารางที่ 5.58 ที่คาบเกี่ยวกับช่วงเวลาที่กำหนดจะ update ซึ่งไม่ใช่ค่าเดียวกับในเงื่อนไข เนื่องจากถ้าข้อมูลในตารางเป็นค่าเดียวกับในเงื่อนไข จะถือว่าผ่านเงื่อนไขด้วยดีกรีเท่ากับ 1 ซึ่งไม่จำเป็นต้องแตกย่อย fact

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่5.58 ตารางตัวอย่างที่แสดงค่าเงินเดือนของพนักงานตามช่วงเวลาต่าง ๆ

E#	SALARY	FROMDATE	TODATE
1	MEDIUM	2008/1/1	2008/7/1
1	APPROX 24000	2008/7/1	2008/11/1
1	MEDIUM	2008/11/1	2009/10/1
1	HIGH	2009/10/1	9999/12/31
2	MEDIUM	2008/7/1	2008/8/1
2	HIGH	2008 /8/1	9999/12/31
3	LOW	2008/1/1	2008/3/1
3	MEDIUM	2008/3/1	2009/1/1
3	25000	2009/1/1	9999/12/31
	…		…

$$I \leftarrow \sigma_{\begin{pmatrix} T5.FROMDATE \geq '2008/1/1' \\ \wedge T5.TODATE \leq '2008/6/1' \end{pmatrix} \vee \begin{pmatrix} T5.FROMDATE < '2008/1/1' \\ \wedge T5.TODATE < '2008/6/1' \\ \wedge T5.TODATE > '2008/1/1' \end{pmatrix} \vee \begin{pmatrix} T5.FROMDATE > '2008/1/1' \\ \wedge T5.TODATE > '2008/6/1' \\ \wedge T5.FROMDATE < '2008/6/1' \end{pmatrix} \vee \begin{pmatrix} T5..FROMDATE < '2008/1/1' \\ \wedge T5.TODATE > '2008/6/1' \end{pmatrix}} \rho_{T5} EMP_SALARY$$

แสดงผลดังตารางที่ 5.59

ตารางที่ 5.59 I

E#	SALARY	FROMDATE	TODATE
1	MEDIUM	2008/1/1	2008/7/1
3	MEDIUM	2008/3/1	2009/1/1

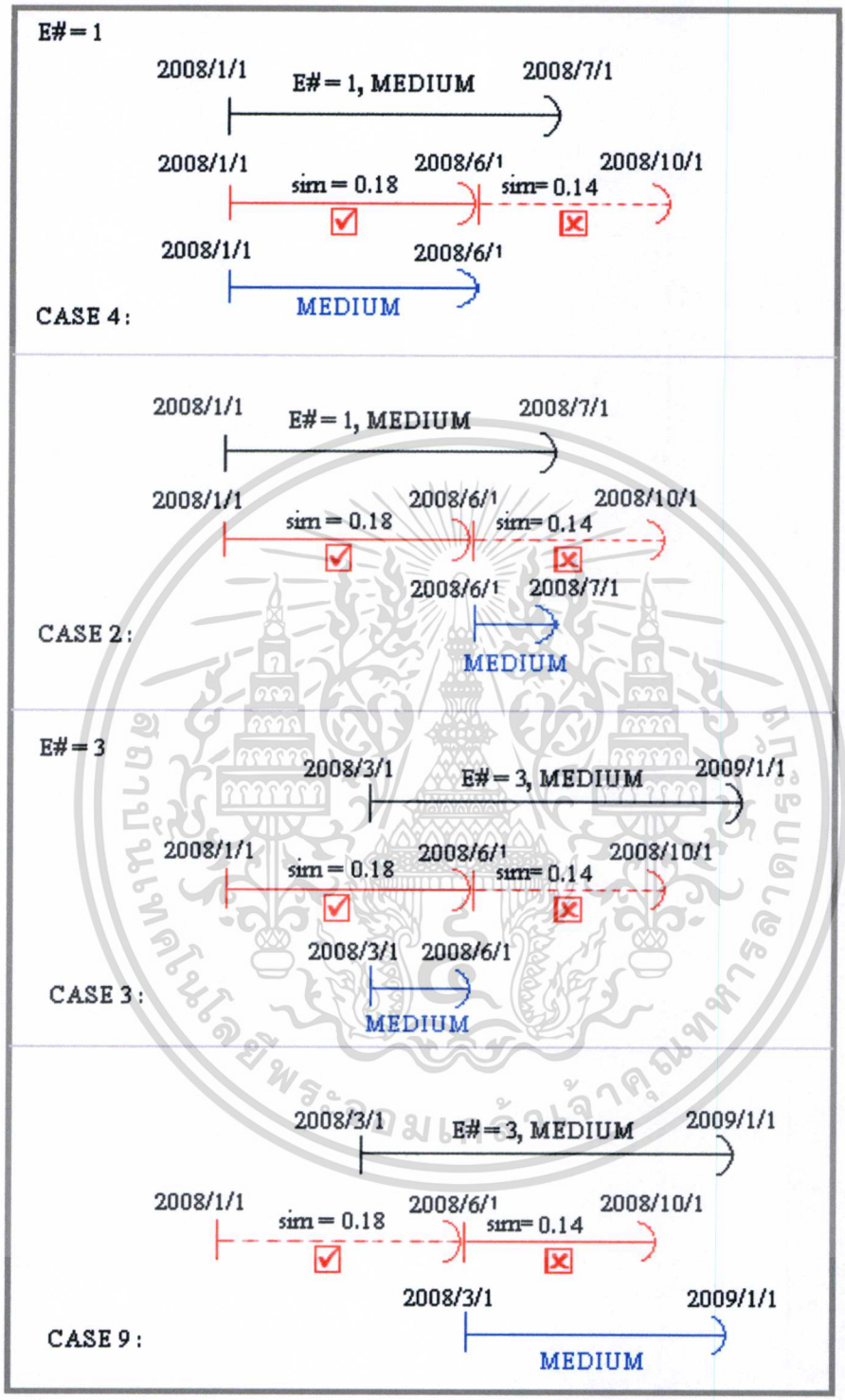
<u>ขั้นตอนที่ 2</u> แตก row ตาม validtime ของค่าดีกรีความคล้ายคลึง (Similarity Degree) เพิ่มผลลัพธ์จากตารางที่ 5.59 เข้าไปในตารางตัวอย่างที่แสดงค่าเงินเดือนของพนักงานตามช่วงเวลาต่าง ๆ ดังแผนภาพรูปที่ 5.19 และ ลบข้อมูลดั้งเดิมออกไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Note จากแผนภาพรูปที่ 5.19 จะทำการแตกย่อย fact ก็ต่อเมื่อช่วงเวลาของดีกรีความคล้ายคลึง (Similarity Degree) ที่อยู่ติดกันมีค่าดีกรีความคล้ายคลึง (Similarity Degree) มากกว่าหรือเท่ากับค่า threshold ที่กำหนด และอีกช่วงไม่ผ่านค่า threshold ที่กำหนด เพราะ fact นั้นจะไม่ถูก update ตลอดทั้ง fact จำเป็นต้องแตกย่อย fact ก่อนนำไปเข้ากรณีของ sequenced update เพื่อที่ fact ที่นำมาเข้ากรณีของ sequenced update นั้น ผ่านหรือไม่ผ่านค่า threshold ตลอดทั้ง fact

แต่ถ้าผ่านทั้งคู่ ก็ถือว่าทั้ง fact นั้นผ่านค่า threshold ตลอดทั้ง fact ก็จะนำมาเข้ากรณีในแผนภาพ sequenced update ได้เลย หรือไม่ผ่านค่า threshold ทั้งคู่ ก็คือ fact นั้นไม่ผ่านค่า threshold ตลอดทั้ง fact ก็จะไม่ update fact นั้นเลย เพราฉะนั้นไม่จำเป็นต้องแตกย่อย fact

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.19 แผนภาพแสดงการแตกย่อย fact ตามช่วงเวลาของดีกรีความคล้ายคลึง (Similarity Degree)

☑ คือผ่านค่า threshold ที่กำหนดในเงื่อนไข

☒ คือไม่ผ่านค่า threshold ที่กำหนดในเงื่อนไข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลลัพธ์ของ fact ที่แตกย่อยแสดงดังตารางที่ 5.60

ตารางที่ 5.60 fact ที่ถูกแตกย่อยจาก fact เดิม

E#	SALARY	SALARY.VALIDTIME.FD	SALARY.VALIDTIME.TD
1	MEDIUM	2008/1/1	2008/6/1
1	MEDIUM	2008/6/1	2008/7/1
3	MEDIUM	2008/3/1	2008/6/1
3	MEDIUM	2008/6/1	2009/1/1

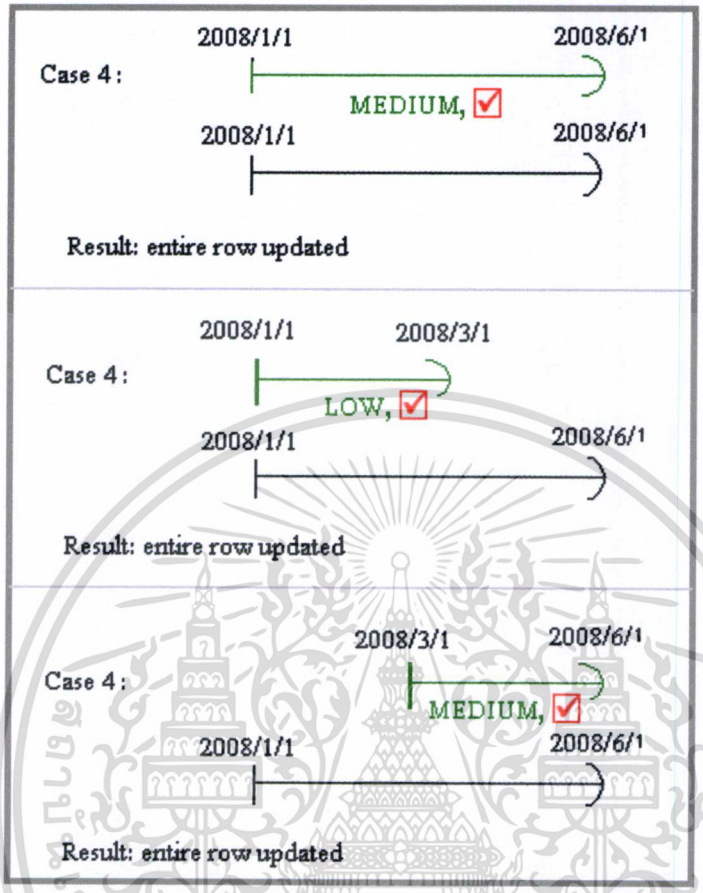
ขั้นตอนที่ 3 นำ fact ที่แตกย่อยเหล่านี้เพิ่มเข้าไปในตารางตัวอย่างที่แสดงค่าเงินเดือนของพนักงานตามช่วงเวลาต่าง ๆ แล้วลบ fact เดิมทิ้ง เพื่อไม่ให้ซ้ำซ้อน ผลลัพธ์แสดงดังตารางที่ 5.61

ตารางที่ 5.61 แสดงตารางตัวอย่างที่แสดงค่าเงินเดือนของพนักงานตามช่วงเวลาต่าง ๆ หลังจากที่เพิ่ม fact ที่แตกย่อยและลบ fact เดิมออก

E#	SALARY	FROMDATE	TODATE
1	MEDIUM	2008/1/1	2008/6/1
1	MEDIUM	2008/6/1	2008/7/1
1	APPROX 24000	2008/7/1	2008/11/1
1	MEDIUM	2008/11/1	2009/10/1
1	HIGH	2009/10/1	9999/12/31
2	MEDIUM	2008/7/1	2008/8/1
2	HIGH	2008 /8/1	9999/12/31
3	LOW	2008/1/1	2008/3/1
3	MEDIUM	2008/3/1	2008/6/1
3	MEDIUM	2008/6/1	2009/1/1
3	25000	2009/1/1	9999/12/31
	...		...

ขั้นตอนที่ 4 fact ในตารางตัวอย่างที่แสดงค่าเงินเดือนของพนักงานตามช่วงเวลาต่าง ๆ ก็พร้อมที่เข้ากรณีของ sequenced update ดังรูปที่ 2.17 แสดงผลลัพธ์การเข้ากรณีดังรูปที่ 5.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.20 แสดงการเข้ากรณี sequenced update

ผลลัพธ์แสดงดังตารางที่ 5.62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.62 ผลลัพธ์หลังจากการเข้ากรณี sequenced update

E#	SALARY	FROMDATE	TODATE
1	HIGH	2008/1/1	2008/6/1
1	MEDIUM	2008/6/1	2008/7/1
1	APPROX 24000	2008/7/1	2008/11/1
1	MEDIUM	2008/11/1	2009/10/1
1	HIGH	2009/10/1	9999/12/31
2	MEDIUM	2008/7/1	2008/8/1
2	HIGH	2008 /8/1	9999/12/31
3	HIGH	2008/1/1	2008/3/1
3	HIGH	2008/3/1	2008/6/1
3	MEDIUM	2008/6/1	2009/1/1
3	25000	2009/1/1	9999/12/31
	…		…

ขั้นตอนที่ 5 รวมแถวที่มีค่าเหมือนกันที่อยู่ติดกัน คือ ตารางที่ 5.63

ตารางที่ 5.63 แสดงแถวที่มีค่าเหมือนกันที่จะทำการรวมกัน

3	HIGH	2008/1/1	2008/3/1
3	HIGH	2008/3/1	2008/6/1

ได้ผลลัพธ์สุดท้ายดังตารางที่ 5.64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.64 ผลลัพธ์ของ Sequenced Update

E#	SALARY	FROMDATE	TODATE
1	HIGH	2008/1/1	2008/6/1
1	MEDIUM	2008/6/1	2008/7/1
1	APPROX 24000	2008/7/1	2008/11/1
1	MEDIUM	2008/11/1	2009/10/1
1	HIGH	2009/10/1	9999/12/31
2	MEDIUM	2008/7/1	2008/8/1
2	HIGH	2008 /8/1	9999/12/31
3	HIGH	2008/1/1	2008/6/1
3	MEDIUM	2008/6/1	2009/1/1
3	25000	2009/1/1	9999/12/31
	...		...

5.7.2 SEQUENCED DELETE

ยกตัวอย่างเช่น "ลบข้อมูลของผู้ที่ได้เงินเดือนน้อยในช่วงเวลา 1 April 2008 ถึง 1 February 2009"

VALIDTIME PERIOD [2008/4/1 ,2009/2/1)
DELETE FROM EMP_SALARY
WHERE SALARY FEQ $HIGH **THOLD** 0.45

ซึ่งต้องทำการแตก fact ตามเวลาของค่าดีกรีความคล้ายคลึง (Similarity Degree) หรือค่าฟังก์ชันสมาชิก (membership function) เช่นเดียวกับการ update

ขั้นตอนที่ 1 หา fact ในตารางตัวอย่างที่แสดงค่าเงินเดือนของพนักงานตามช่วงเวลาต่าง ๆ จากตารางที่ 5.58 ที่ซ้อนทับกับช่วงเวลาที่กำหนดจะ delete ซึ่งไม่ใช่ค่าเดียวกับในเงื่อนไข ได้ผลดังตารางที่ 5.65

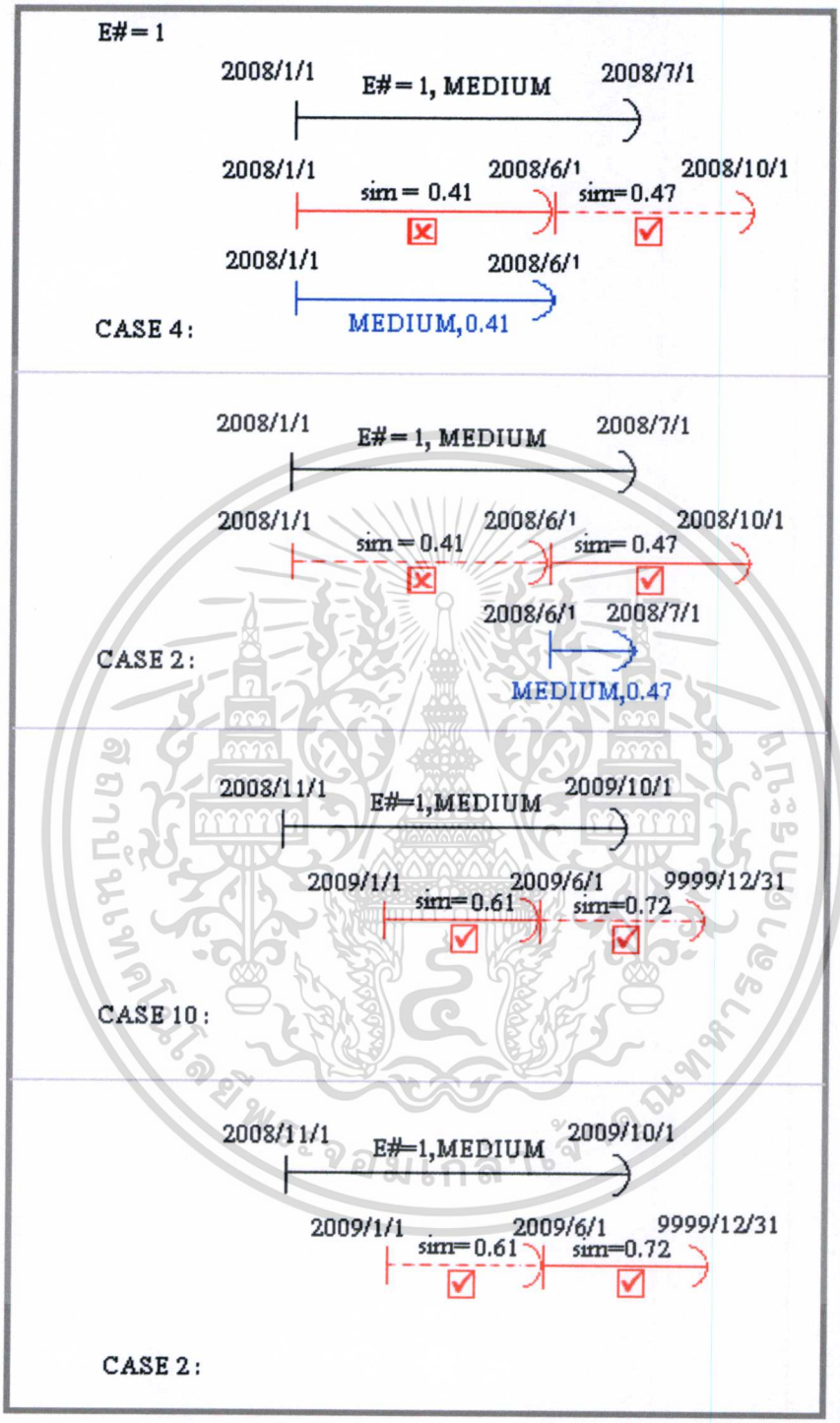
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.65 แสดงข้อมูลที่คาบเกี่ยวกับเวลาที่จะทำการ delete

E#	SALARY	FROMDATE	TODATE
1	MEDIUM	2008/1/1	2008/7/1
1	APPROX 24000	2008/7/1	2008/11/1
1	MEDIUM	2008/11/1	2009/10/1
2	MEDIUM	2008/7/1	2008/8/1
2	HIGH	2008/8/1	9999/12/31
3	LOW	2008/1/1	2008/3/1
3	MEDIUM	2008/3/1	2009/1/1
3	25000	2009/1/1	9999/12/31
…		…	

ขั้นตอนที่ 2 แตกข้อมูลตาม validtime ของค่าดีกรีความคล้ายคลึง (Similarity Degree) ดังแผนภาพรูปที่ 5.21 โดยทำเฉพาะค่าที่ต่างจากในเงื่อนไข เนื่องจากถ้าข้อมูลในตารางเป็นค่าเดียวกับในเงื่อนไข จะถือว่าผ่านเงื่อนไขด้วยดีกรีเท่ากับ 1 ซึ่งไม่จำเป็นต้องแตกย่อย fact

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.21 แผนภาพแสดงการแตกย่อย fact ตามช่วงเวลาของดีกรีความคล้ายคลึง (Similarity Degree) ของ E# =1

☑ คือผ่านค่า threshold ที่กำหนดในเงื่อนไข

☒ คือไม่ผ่านค่า threshold ที่กำหนดในเงื่อนไข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลลัพธ์ของ fact ที่แตกย่อยแสดงดังตารางที่ 5.66

ตารางที่ 5.66 fact ที่ถูกแตกย่อยจาก fact เดิม

E#	SALARY	FROMDATE	TODATE
1	MEDIUM	2008/1/1	2008/6/1
1	MEDIUM	2008/6/1	2008/7/1
3	MEDIUM	2008/3/1	2008/6/1
3	MEDIUM	2008/6/1	2009/1/1

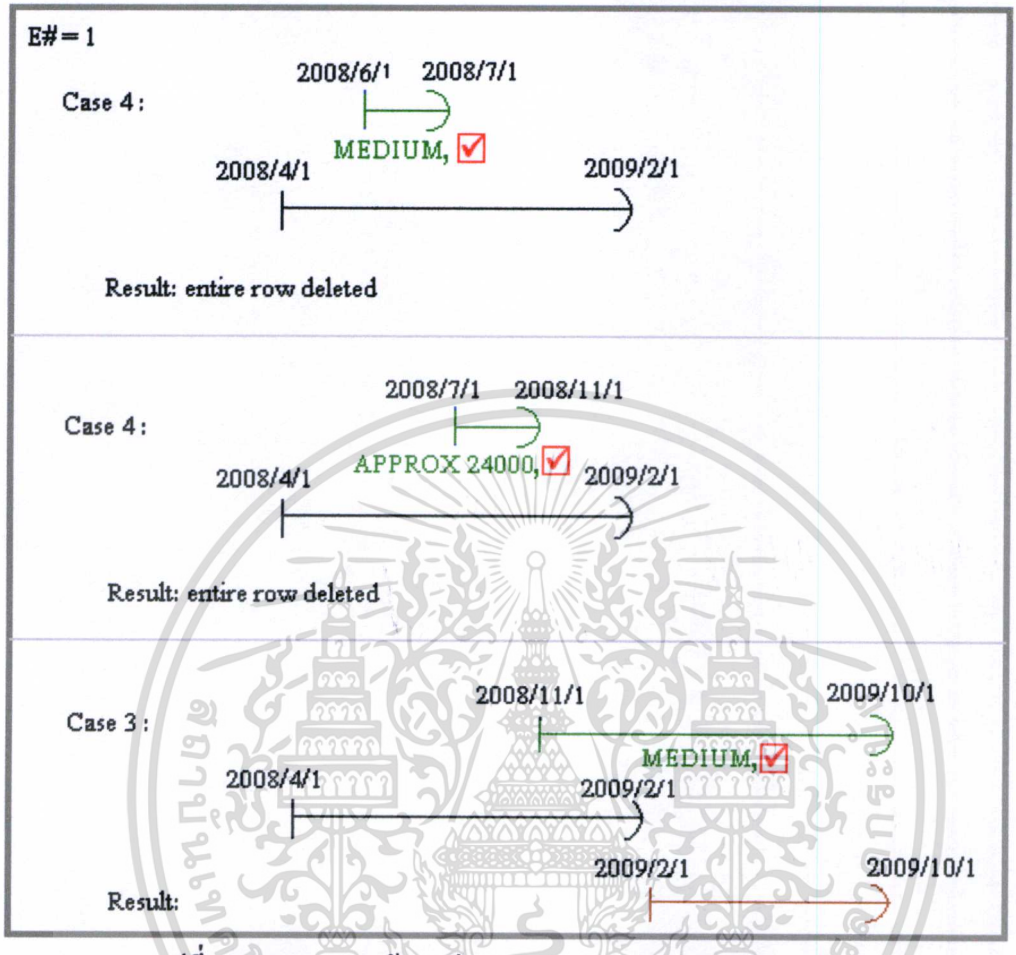
ขั้นตอนที่ 3 นำ fact ที่แตกย่อยเหล่านี้เพิ่มเข้าไปในตารางตัวอย่างที่แสดงค่าเงินเดือนของพนักงานตามช่วงเวลาต่าง ๆ แล้วลบ fact เดิมทิ้ง เพื่อไม่ให้ซ้ำซ้อน ผลลัพธ์แสดงดังตารางที่ 5.67

ตารางที่ 5.67 แสดงตารางตัวอย่างที่แสดงค่าเงินเดือนของพนักงานตามช่วงเวลาต่าง ๆ หลังจากที่เพิ่ม fact ที่แตกย่อยและลบ fact เดิมออก

E#	SALARY	FROMDATE	TODATE
1	MEDIUM	2008/1/1	2008/6/1
	MEDIUM	2008/6/1	2008/7/1
	APPROX 24000	**2008/7/1**	**2008/11/1**
	MEDIUM	**2008/11/1**	**2009/10/1**
	HIGH	**2009/10/1**	**2009/12/1**
2	**MEDIUM**	**2008/7/1**	**2008/8/1**
	HIGH	**2008 /8/1**	**2009/12/1**
3	**LOW**	**2008/1/1**	**2008/3/1**
	MEDIUM	2008/3/1	2008/6/1
	MEDIUM	2008/6/1	2009/1/1
	25000	**2009/1/1**	**2009/12/1**
	...		...

ขั้นตอนที่ 4 fact ในตารางตัวอย่างที่แสดงค่าเงินเดือนของพนักงานตามช่วงเวลาต่าง ๆ ก็พร้อมที่เข้ากรณีของ sequenced delete ดังรูปที่ 2.18 แสดงผลลัพธ์การเข้ากรณีดังรูปที่ 5.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.22 แสดงการเข้ากรณีของ sequenced delete ของ E# =1

ผลลัพธ์แสดงดังตารางที่ 5.68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.68 ผลลัพธ์ของ Sequenced Delete

E#	SALARY	FROMDATE	TODATE
1	MEDIUM	2008/1/1	2008/6/1
1	MEDIUM	2009/2/1	2009/10/1
1	HIGH	2009/10/1	2009/12/1
2	MEDIUM	2008/7/1	2008/8/1
2	HIGH	2009/2/1	9999/12/1
3	LOW	2008/1/1	2008/3/1
3	MEDIUM	2008/3/1	2008/6/1
3	25000	2009/2/1	2009/12/1
...		...	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอแนวคิดของฐานข้อมูลชนิดใหม่ คือฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลาที่มีความหมายของค่าฟัซซีเป็นเชิงเวลาด้วย เนื่องจากข้อมูลนั้นต้องการการจัดเก็บในลักษณะของเชิงเวลา และฟัซซีอยู่ด้วยกัน เช่นข้อมูลเงินเดือน ที่สามารถมีการเปลี่ยนแปลงได้เมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงไป และอาจจะเกิดกรณีของการไม่รู้แน่นอนว่าเงินเดือนเป็นเท่าไร ณ เวลาที่จะเก็บข้อมูล ก็อาจใส่เป็นค่าประมาณ (APPROX 20000 เป็นต้น) หรือค่าพจน์ภาษาฟัซซี (HIGH, MEDIUM, LOW เป็นต้น) แทนได้ ค่าข้อมูลที่สามารถใช้ได้สำหรับแอททริบิวต์ที่เป็นฟัซซีแอททริบิวต์สำหรับงานวิจัยนี้ได้แก่ ค่าชัดเจน (crisp value) ค่าประมาณ (approximate value) และค่าพจน์ภาษาฟัซซี (fuzzy linguistic term) ดังนั้นโครงสร้างข้อมูลจะต้องรองรับกับการจัดเก็บค่าได้หลายชนิด ซึ่งได้ปรับให้เป็นการเก็บชนิดข้อมูลและค่าข้อมูลประกอบกัน และถ้ายังเป็นแอททริบิวต์เชิงเวลาอีกด้วย ก็จะต้องมีข้อมูลเชิงเวลากำกับ และเนื่องจากพจน์ฟัซซีที่จะนำมาใช้เป็นค่าข้อมูลนั้นสามารถมีหลายความหมายตามช่วงเวลาที่แตกต่างกัน (จากตัวอย่างได้ยกตัวอย่างเรื่องเงิน ซึ่งค่าของเงินนั้นมีการเปลี่ยนแปลงไปตามกาลเวลา) ซึ่งได้แก่ค่าดีกรีความคล้ายคลึง (Similarity Degree) ค่าฟังก์ชันสมาชิก (Membership Function) และค่านิยามค่าประมาณ (Approximate Definition) จะเก็บใน Meta Table ที่มีลักษณะเป็นฐานข้อมูลเชิงเวลาอีกด้วย ในงานวิจัยนี้ก็ได้นำเสนอในส่วนของการออกแบบ Meta-Knowledge Base สำหรับฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลาชนิดนี้ไว้ด้วย ค่าเหล่านี้ใช้สำหรับอ้างอิงในการประมวลผลคำสั่งต่าง ๆ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอภาษาสำหรับจัดการข้อมูลไว้คือภาษา TFSQL พร้อมคำสั่งต่าง ๆ ที่ใช้จัดการกับค่าฟัซซีที่เกิดขึ้น ให้ผู้ใช้งานสามารถสร้างฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลาและจัดการกับค่าข้อมูลต่าง ๆ ทั้งในด้านเชิงฟัซซีและเชิงเวลาได้พร้อมกันโดยสะดวก ซึ่งถ้าผู้ใช้งานใช้ภาษา SQL โดยตรงจะเกิดความยุ่งยากซับซ้อนมากทั้งในการจัดการกับความเป็นฟัซซี และความเป็นเชิงเวลาที่มีทั้งในฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลาและใน Meta Table เอง ซึ่งจะต้องจัดการให้สอดคล้องกัน ดังเช่น sequenced retrieve นั้นก็มีหลายกรณีของการซ้อนทับกันของเวลาระหว่าง fact กับค่านิยามของค่าฟัซซี ดังนั้นการพัฒนาภาษา TFSQL จึงเป็นตัวช่วยสำหรับผู้ใช้งานฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลาต่อไปในอนาคต ซึ่งสิ่งที่วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอนั้นจะสามารถเป็นต้นแบบพื้นฐานสำหรับการพัฒนาต่อ ๆ ไปที่ซับซ้อนมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 ข้อเสนอแนะ

ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอในส่วนของการเรียกดูข้อมูล (Select) ซึ่งมีความยุ่งยากซับซ้อนอยู่มาก จากที่เห็นเมื่อพัฒนาเป็นภาษา SQL จะต้องครอบคลุมทุกกรณีทำให้มีความซับซ้อนมาก ข้อเสนอแนะแรกคือการปรับปรุงประสิทธิภาพของคิวรี่ให้ดีขึ้น เพื่อความรวดเร็วของการประมวลผล จากนั้นเพิ่มในส่วนของเงื่อนไขให้สามารถรองรับเงื่อนไขที่ซับซ้อนเพิ่มมากขึ้นได้โดยการเชื่อม AND/OR เป็นต้น

การ update และ delete ซึ่งมีความยุ่งยากซับซ้อนกว่าการ select มาก และค่อนข้างต้องดูแลมากกว่า เนื่องจากเป็นการแก้ไขข้อมูล ซึ่งต้องกระทำการเปลี่ยนแปลงข้อมูล การใช้เงื่อนไขฟัซซีนั้นอาจจะต้องทำความเข้าใจอย่างมาก เพราะเงื่อนไขฟัซซีที่เกิดขึ้นนั้นอาจจะไม่ใช่ร้อยเปอร์เซ็นต์ ต้องทำความเข้าใจว่าถ้าไม่ผ่านเงื่อนไขร้อยเปอร์เซ็นต์จะแก้ไขข้อมูลหรือไม่ นอกเหนือจากนั้น ถ้ามีด้านเชิงเวลามาเกี่ยวข้องอีก เช่น Sequenced Update หรือ Sequenced Delete นั้น ก็มีความซับซ้อนในเรื่องการจัดการด้านเวลา ซึ่งมีเสนอการจัดการด้านเวลาไว้ที่งานวิจัย [8] ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้เสนอแนวทางการพัฒนา Sequenced update และ Sequenced Delete แบบที่มีเงื่อนไขฟัซซีไว้ในหัวข้อสุดท้ายของบทที่ 5 ซึ่งจะต้องทำการตรวจสอบทั้งในเงื่อนไขที่เวลาของ fact กับความหมายฟัซซีที่ซ้อนทับกันแล้ว ยังต้องนำมาตรวจสอบกับเวลาที่จะแก้ไขข้อมูลด้วย ซึ่งเหมือนกับการตรวจสอบเวลาเพิ่มเข้ามาอีกชั้นหนึ่ง จึงยุ่งยากกว่าการ select อย่างแน่นอน เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] Jose' Galindo, **Introduction and Trends to Fuzzy Logic and Fuzzy Databases**, In Galindo, J. (Ed.), Handbook of Research on Fuzzy Information Processing in Databases, Vol. 1, pp. 1-33. Hershey, PA, USA: Information Science Reference (http://www.info-sci-ref.com), 2008

[2] Punam Bedi, Harmeet Kaur, and Ankit Malhotra, **Fuzzy Dimension to Databases**, the 37th National Convention of Computer Society of India, Bangalore, India, November 2002.

[3] J. M. Medina, M. A. Vila and J. C. Cubero and O. Pons, **Towards the implementation of a generalized fuzzy relational database model**, Fuzzy Sets and Systems, Vol.75, Issue 3, pp. 273-289, November 1995.

[4] Jose' Galindo, **New Characteristics in FSQL, a Fuzzy SQL for Fuzzy Databases**, 4th WSEAS International Conference on Artificial Intelligence, Knowledge Engineering Data Bases, No.4, Salzburg, Austria, 2005.

[5] Jose' Galindo, Juan M. Medina, Olga Pons and Juan C. Cobero, **A Server for Fuzzy SQL Queries**, the 3rd International Conference on Flexible Query Answering Systems, pp. 164-174, 1998.

[6] Rita A. Ribeiro and Ana M. Moreira, **Fuzzy Query Interface for Business Database**, International Journal of Human-Computer Studies, Vol. 58, Issue 4, pp. 363-391, April 2003.

[7] Murat Koyuncu and Adnan Yazici, **IFOOD : An Intelligent Fuzzy Object-Oriented Database Architecture**, IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, Vol. 15, No. 5, pp. 1137-1154, September/October 2003.

[8] Richard T. Snodgrass, **Managing Temporal Data A Five-Part Series**, A TIMECENTER Technical Report, June-October 1998.

[9] Werasak Kurutach, **Handling Fuzziness in Temporal Databases**, IEEE International Conference on System, Man, and Cybernetics, Sandiego, CA, USA, Vol. 3, pp. 2762-2767, October 1998,.

[10] J. Campana, M. C. Garrido, N. Marin and O.Pons, **A Fuzzy Set-Based Approach to Temporal Databases**, Scalable Uncertainty Management, pp. 31-44, 2007.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[11] Werasak Kurutach and James Franklin, **On Temporal-fuzziness in Temporal Fuzzy Databases**, 4th International conference on Database and Expert Systems Applications, pp. 154-165, 1993.

[12] ดร. ศันย์สนีย์ เอื้อพันธ์วิริยะกุล, **กระบวนวิชาหัวข้อพิเศษสำหรับวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ 1 (ทฤษฎีฟัซซีเซต)**, 2547

[13] Min-You Chen and D.A. Linkens, **Rule-Base Self-Generation and Simplification for Data-Driven Fuzzy Models**, Fuzzy Sets and Systems 142, pp. 243-265, 2004.

[14] นิติศักดิ์ มูลตรีศรี, กัญฐิพัศภ์ ภิรมย์ธรรม, **การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนฐานข้อมูลเชิงเวลา**, 2549.

[15] A. Yazici, E. Gocmen, B.P. Buckles, R. George and F.E. Petry, **An Integrity Constraint for a Fuzzy Relational Database**, the Second IEEE International Conference on Fuzzy Systems, Vol 1, pp. 496-499, San Francisco, CA, USA, 1993

[16] Putsadee Pornphol and Suphamit Chittayasothorn, **A Temporal Relational and Object Relational Database Design**, IEEE SoutheastCon, pp. 54-59, March 2004.

[17] Z.M Ma and Li Yan, **Generalization of strategies for fuzzy query translation in classical relational database**, Information and Software Technology, Vol. 49, Issue 2, pp. 172-180, February 2007.

[18] Qi Yang, Weining Zhang, Chengwen Liu, Jing Wu, Clement Yu, Hiroshi Nakajima and Naphtali David Rishe, **Efficient Processing of Nested Fuzzy SQL Queries in a Fuzzy Database**, IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, Vol. 13, No. 6, pp 884-901, November/December 2001.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

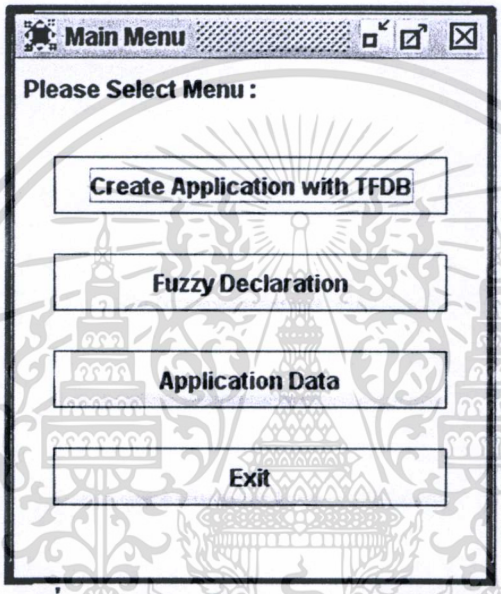
คู่มือโปรแกรมสำหรับจัดการข้อมูลโดยมีพื้นฐานของฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมนี้แบ่งการทำงานเป็น 3 ส่วน คือ

1. การสร้างฐานข้อมูลที่มีพื้นฐานของฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลา
2. การจัดการค่าเกี่ยวกับค่าฟัซซีต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้นในฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลา
3. การจัดการข้อมูลของฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลา

โดยหน้าแสดงเมนูหลักแสดงดังรูปที่ ก-1



รูปที่ ก-1 แสดงหน้าเมนูหลักของโปรแกรม

1. การสร้างฐานข้อมูลที่มีพื้นฐานของฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลา คลิกที่เมนู "Create Application with TFDB"

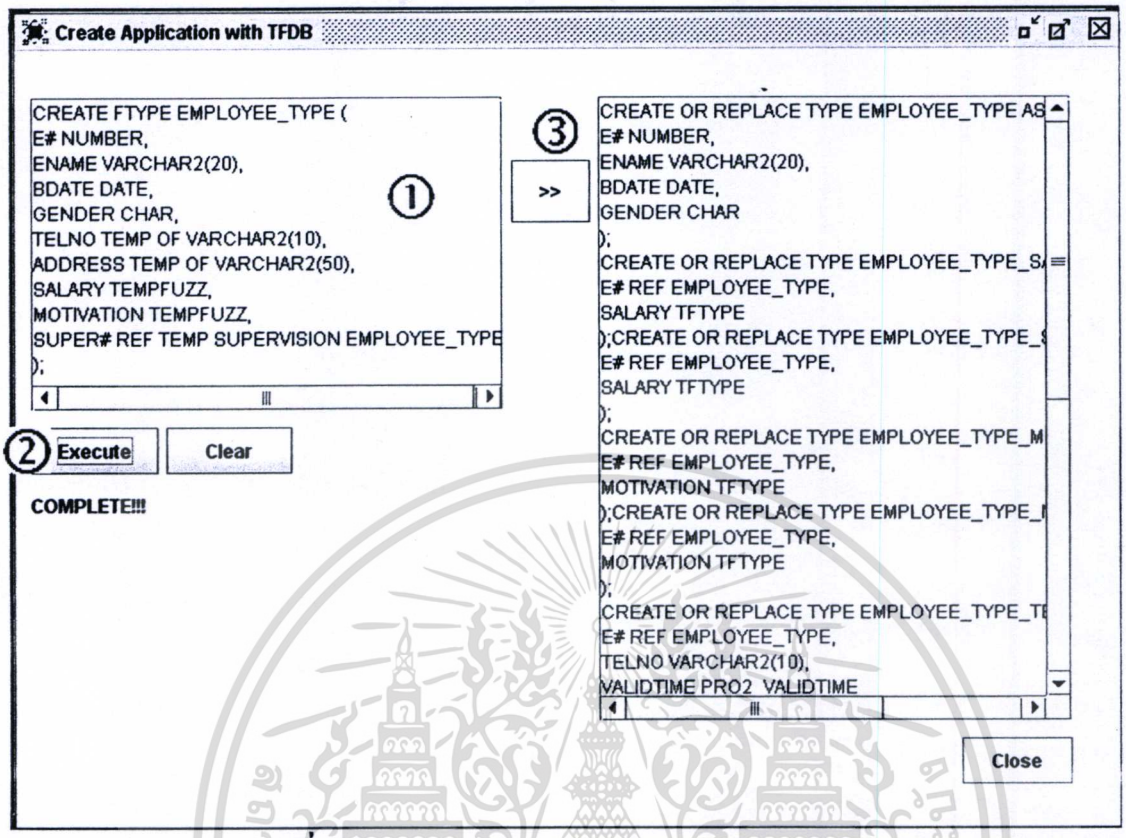
   1.1 สร้าง FTYPE สำหรับฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลา ในที่นี้คือ EMPLOYEE_TYPE

   1.2 คลิกปุ่ม Execute เพื่อทำการประมวลผลคำสั่ง

   1.3 ถ้าต้องการดูโค้ดภาษา SQL ที่ทำงานกับฐานข้อมูลจริง ๆ คลิกที่ >>

   โดยถ้าระบบสร้าง FTYPE สำเร็จจะขึ้น COMPLETE!!! แสดงดังรูปที่ ก-2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก-2 แสดงการสร้าง FTYPE EMPLOYEE_TYPE

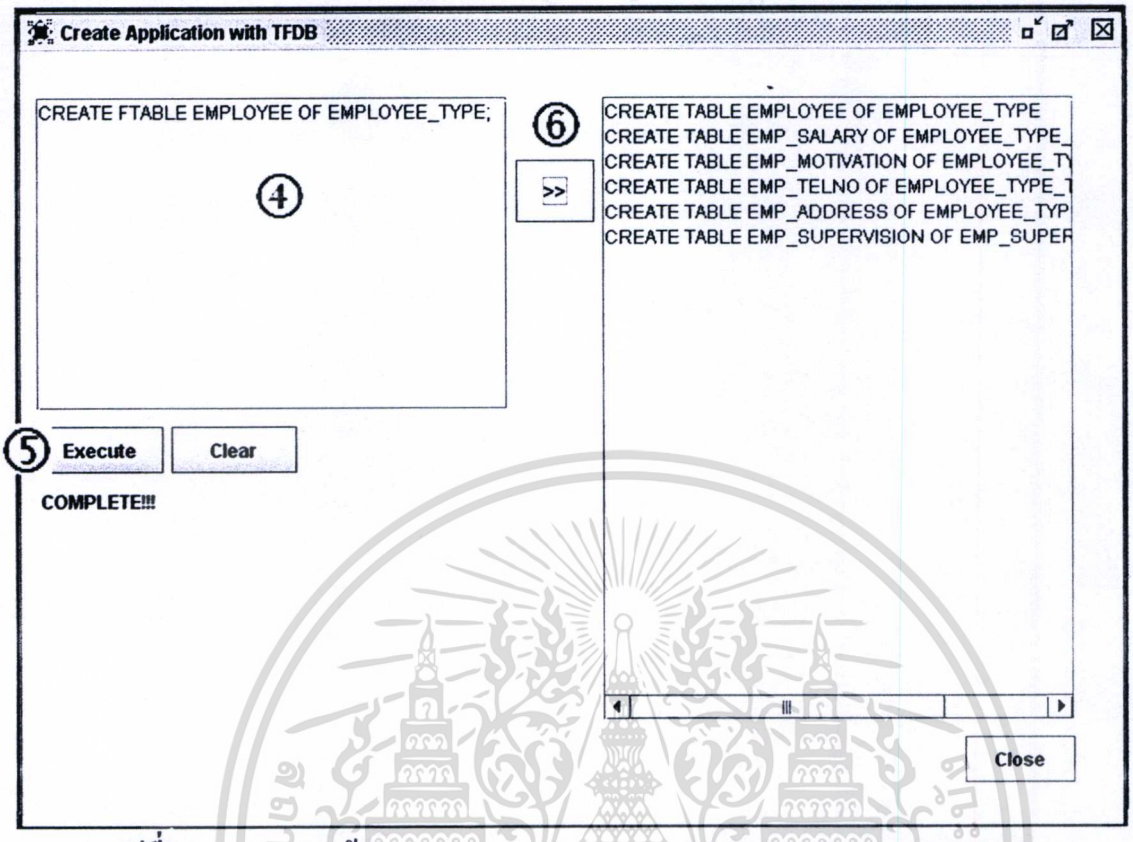
1.4 สร้าง FTABLE เพื่อสร้างตารางสำหรับ FTYPE ในตัวอย่างนี้คือสร้างตาราง EMPLOYEE จาก FTYPE EMPLOYEE_TABLE

1.5 คลิกปุ่ม Execute เพื่อทำการประมวลผลคำสั่ง

1.6 ถ้าต้องการดูโค้ดภาษา SQL ที่ทำงานกับฐานข้อมูลจริง ๆ คลิกที่ >>

โดยถ้าระบบสร้าง FTABLE สำเร็จจะขึ้น COMPLETE!!! แสดงดังรูปที่ ก-3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



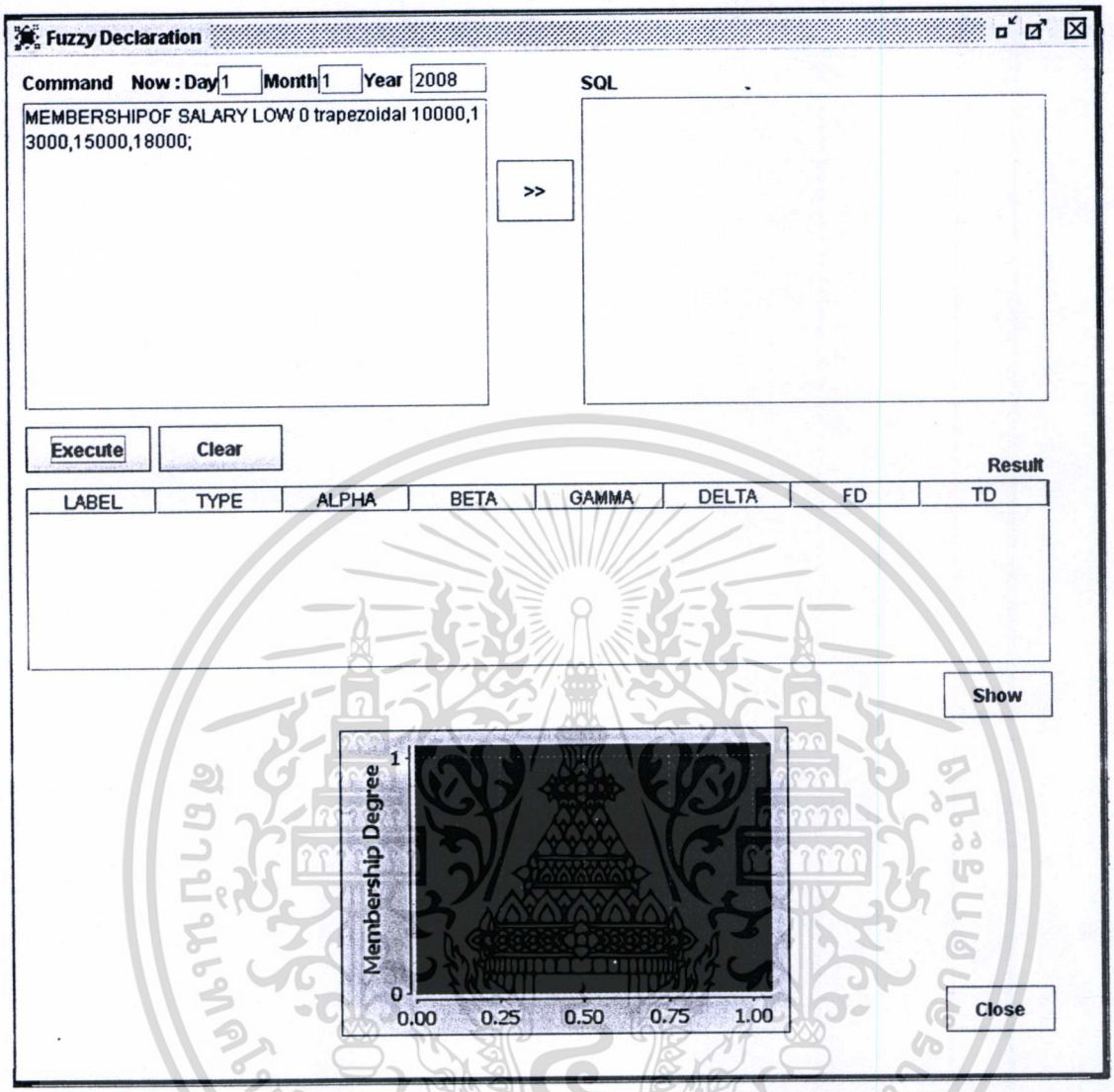
รูปที่ ก-3 แสดงการสร้าง FTABLE EMPLOYEE จาก FTYPE EMPLOYEE_TYPE

2. การจัดการค่าฟัซซีต่าง ๆ คลิกที่เมนู "Fuzzy Declaration"

ในระบบฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลา ซึ่งข้อมูลบางข้อมูลสามารถใส่ค่าที่เป็นค่าฟัซซีแทนค่าชัดเจน (crisp) ได้ ซึ่งในระบบนี้สามารถใส่เป็นค่าพจน์ภาษาฟัซซี หรือค่าประมาณได้ ทำให้ต้องมีการกำหนดนิยามให้กับค่าฟัซซีเหล่านั้น ซึ่งคำสั่งทั้งหลายแสดงอยู่ในบทที่ 3

ตัวอย่างการกำหนดนิยามของค่าพจน์ภาษาฟัซซี ซึ่งก็คือการให้ค่าฟังก์ชันสมาชิก (membership function) แสดงดังรูปที่ ก-4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

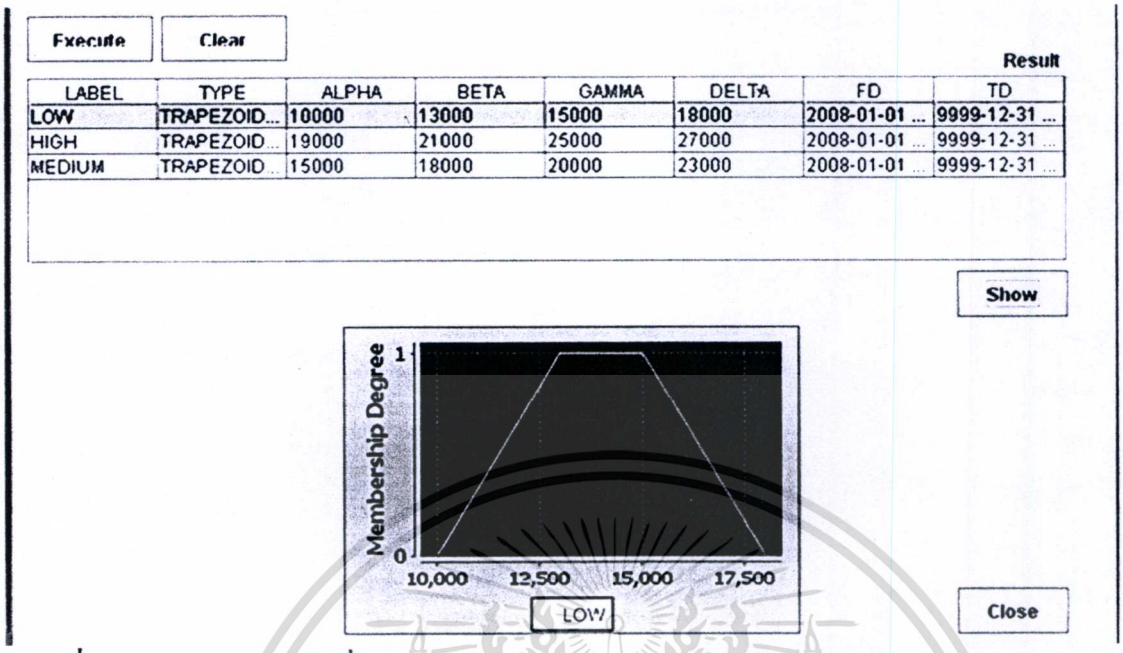


รูปที่ ก-4 แสดงหน้าต่างของ "Fuzzy Declaration" และคำสั่งการกำหนดค่าฟังก์ชันสมาชิก (membership function) ให้กับค่าพจน์ภาษาฟัซซี 'LOW'

เมื่อใช้คำสั่งสำหรับแสดงค่าพจน์ภาษาฟัซซีของแอททริบิวต์ เช่น

SHOW MEMBERSHIPOF SALARY; จะแสดงผลดังรูปที่ ก-5 ซึ่งเมื่อคลิกที่ row ใด ๆ แล้วคลิก Show จะแสดงกราฟฟังก์ชันสมาชิกของค่าใน row นั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก-5 แสดงผลการใช้คำสั่งแสดงค่านิยามของค่าพจน์ภาษาฟัซซี (membership function) และแสดงกราฟฟังก์ชันสมาชิก

เมื่อกำหนดค่าฟังก์ชันสมาชิกค่าต่าง ๆ สำหรับฟัซซีแอททริบิวต์หนึ่ง ๆ เป็นที่เรียบร้อยแล้ว ใช้คำสั่งในคำนวณค่าดีกรีความคล้ายคลึงระหว่างคู่ค่าพจน์ภาษาฟัซซีใด ๆ ตัวอย่างเช่น

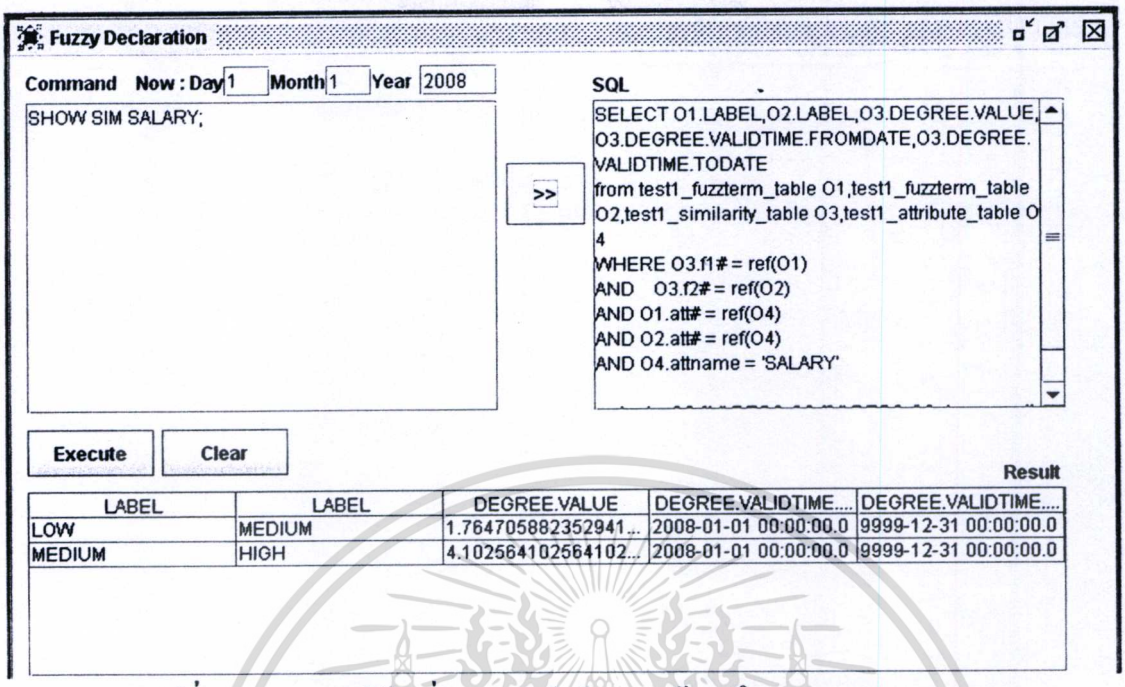
CALCULATE SIM SALARY;

ระบบจะทำการคำนวณค่าดีกรีความคล้ายคลึงระหว่างคู่ค่าพจน์ภาษาฟัซซีในฟัซซีแอททริ-บิวต์ SALARY โดยถ้าต้องการดูค่าใช้คำสั่ง

SHOW SIM SALARY;

แสดงผลลัพธ์ดังรูปที่ ก-6

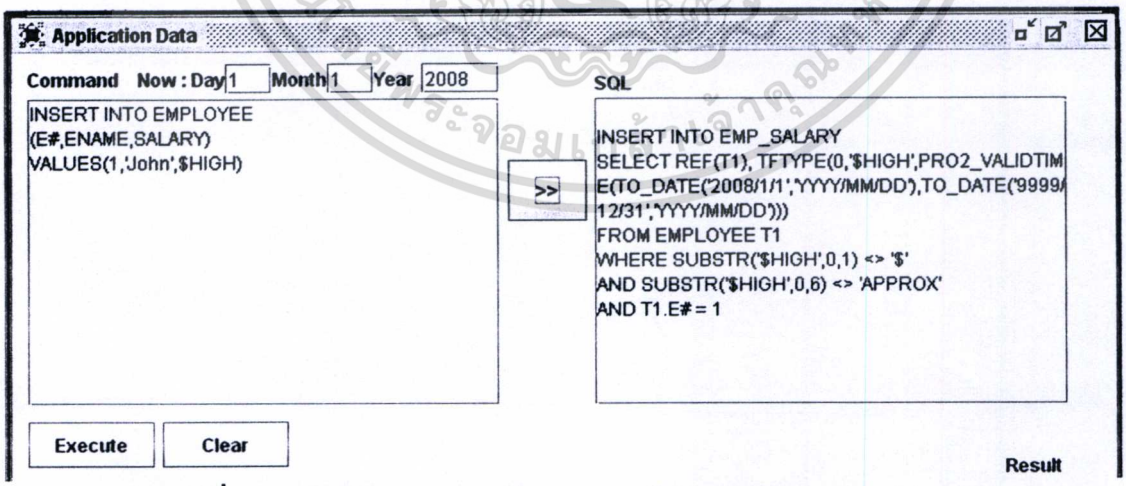
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก-6 แสดงการใช้คำสั่งแสดงค่าดีกรีความคล้ายคลึง (similarity degree)

3. การจัดการข้อมูลในส่วนของฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลาตัวอย่างประกอบไปด้วยการ SELECT, INSERT, UPDATE และ DELETE โดยใช้รูปแบบของภาษา TFSQL

ตัวอย่างเช่นการ INSERT ข้อมูลของ EMPLOYEE โดย INSERT ค่ารหัสพนักงาน ชื่อพนักงาน และค่าเงินเดือนได้ดังรูปที่ ก-7



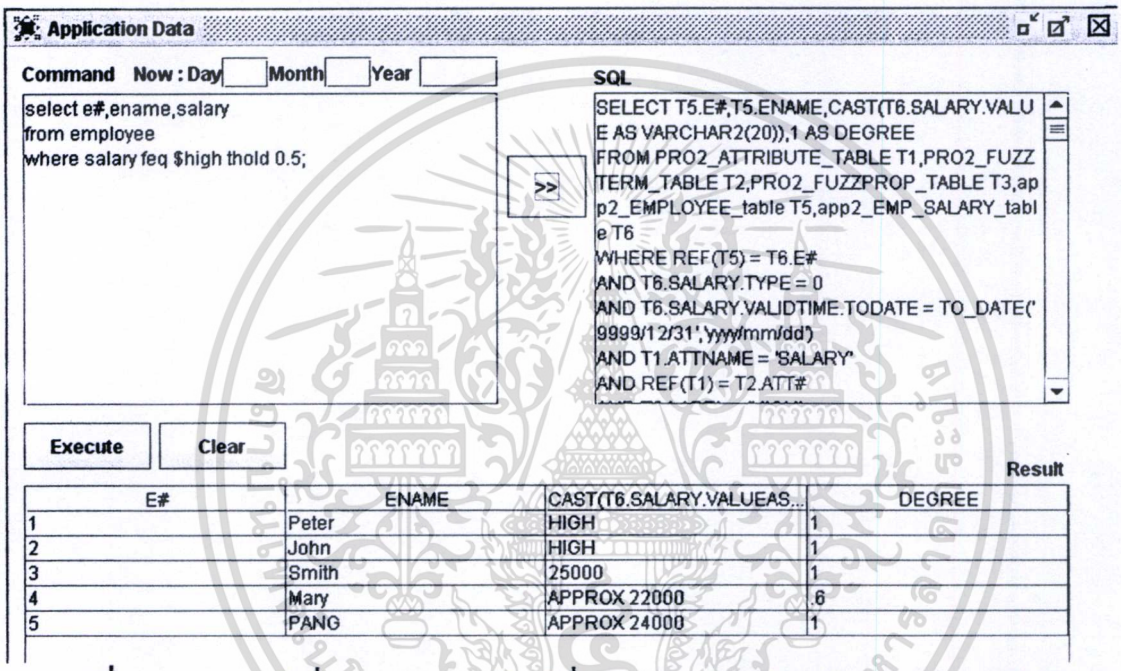
รูปที่ ก-7 แสดงการ INSERT ข้อมูลลงฐานข้อมูลฟัซซีเชิงเวลาตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการ UPDATE และ DELETE นั้นสามารถดูรูปแบบภาษาได้ในบทที่ 3 โดยที่เงื่อนไขของการ UPDATE และ DELETE ในระบบนี้จะสามารถใส่เอนไขเป็นเงื่อนไขที่ชัดเจนเท่านั้น

สำหรับการ SELECT จะเป็นไปตามแนวคิดของฟัซซีและเชิงเวลา คือสามารถใส่เงื่อนไขฟัซซีได้ และสามารถเรียกดูข้อมูลตามแนวคิด Current และ Sequenced ได้ซึ่งรูปแบบภาษาสามารถศึกษาได้ในบทที่ 3

ตัวอย่างของ Current Retrieve แสดงดังรูปที่ ก-8



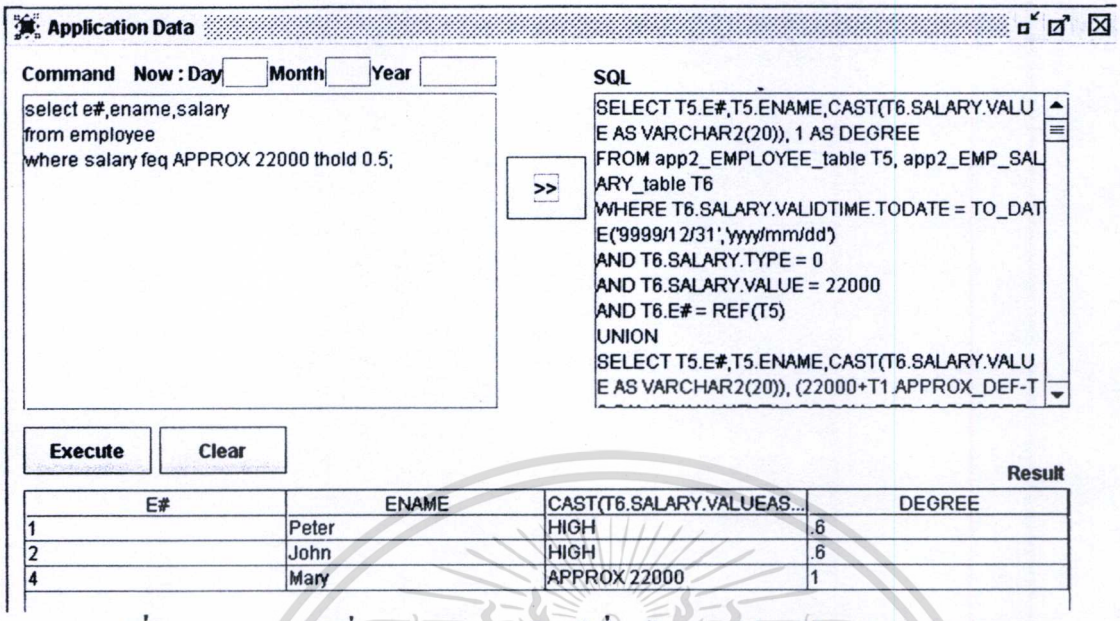
รูปที่ ก-8 แสดงการคิวรี่ Current Select โดยมีเงื่อนไขการเปรียบเทียบกับค่าพจน์ภาษาฟัซซี

จะเห็นว่าคำตอบที่แสดงออกมานั้นจะเป็นไปตามค่า threshold ที่กำหนดมาสำหรับเงื่อนไขฟัซซี คือต้องมากกว่าหรือเท่ากับค่า threshold จึงจะเป็นคำตอบของคิวรี่ได้

ตัวอย่างข้างต้นเป็นเงื่อนไขฟัซซีที่เปรียบเทียบกับค่าพจน์ภาษาฟัซซี ซึ่งในระบบนั้นสามารถเปรียบเทียบได้ทั้งค่าชัดเจน (crisp) ค่าประมาณ และค่าพจน์ภาษาฟัซซี

ตัวอย่างรูปที่ ก-9 แสดง Current Retrieve ที่เปรียบเทียบกับค่าประมาณ

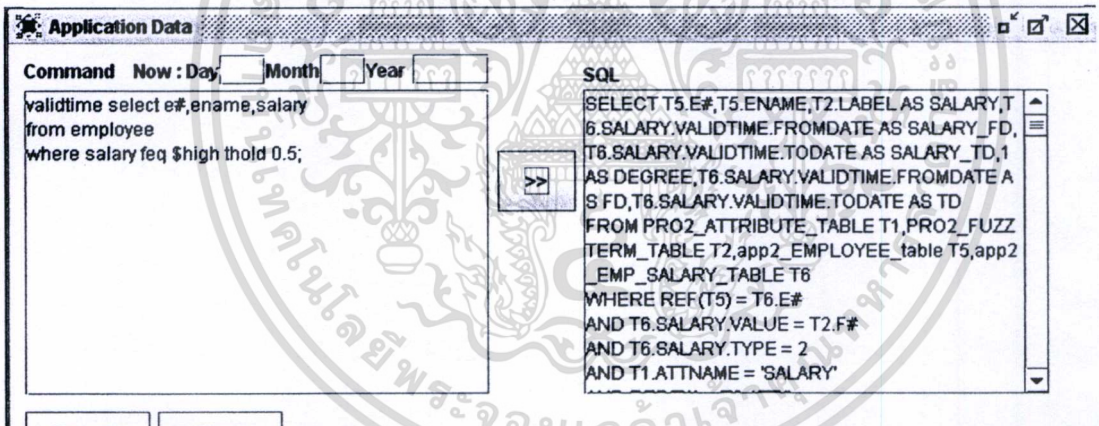
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



E#	ENAME	CAST(T6.SALARY.VALUEAS...	DEGREE
1	Peter	HIGH	.6
2	John	HIGH	.6
4	Mary	APPROX 22000	1

รูปที่ ก-9 แสดงการคิวรี่ Current Select โดยมีเงื่อนไขการเปรียบเทียบกับค่าประมาณ

ตัวอย่างของ Sequenced Retrieve แสดงดังรูปที่ ก-10



E#	ENAME	SALARY	SALARY_FD	SALARY_TD	DEGREE	FD	TD
1	Peter	APPROX 24...	2008-07-01 ...	2008-11-01 ...	1	2008-07-01 ...	2008-11-01 ...
1	Peter	HIGH	2009-10-01 ...	9999-12-31 ...	1	2009-10-01 ...	9999-12-31 ...
1	Peter	MEDIUM	2008-11-01 ...	2009-10-01 ...	.61	2008-11-01 ...	2009-06-01 ...
1	Peter	MEDIUM	2008-11-01 ...	2009-10-01 ...	.71	2009-06-01 ...	2009-10-01 ...
2	John	HIGH	2008-08-01 ...	9999-12-31 ...	1	2008-08-01 ...	9999-12-31 ...
3	Smith	25000	2009-01-01 ...	9999-12-31 ...	1	2009-01-01 ...	2009-06-01 ...
3	Smith	25000	2009-01-01 ...	9999-12-31 ...	1	2009-06-01 ...	9999-12-31 ...
4	Mary	APPROX 22...	2009-01-01 ...	9999-12-31 ...	.6	2009-06-01 ...	9999-12-31 ...
4	Mary	APPROX 22...	2009-01-01 ...	9999-12-31 ...	.75	2009-01-01 ...	2009-06-01 ...
5	PANG	APPROX 24...	2009-06-01 ...	9999-12-31 ...	1	2009-06-01 ...	9999-12-31 ...
5	PANG	MEDIUM	2009-01-01 ...	2009-06-01 ...	.61	2009-01-01 ...	2009-06-01 ...

รูปที่ ก-10 แสดงการคิวรี่ Sequenced Select

ผลลัพธ์ของคิวรี่จะแสดงเวลากำกับทั้งฟิซซีแอททริบิวต์และค่าดีกรีของผลลัพธ์

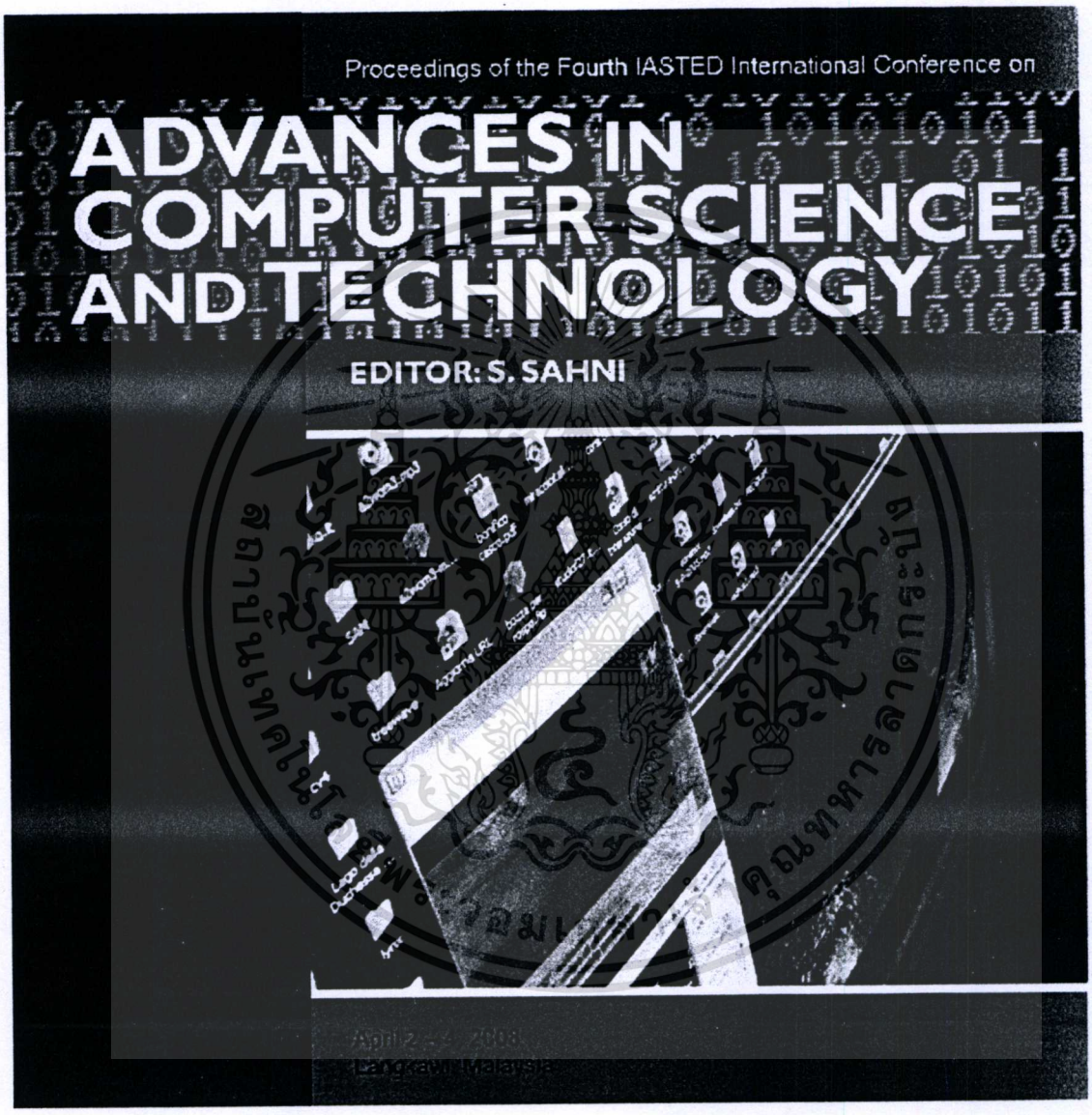
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

1. **S. Soysangwarn** and S. Chittayasothorn, **"Toward a Temporal Object Database Workbench"** The Fourth IASTED International Conference on Advances in Computer Science and Technology (ACST 2008), pp. 129-134, Langkawi, Malaysia, April 2–4, 2008.
2. **S. Soysangwarn** and S. Chittayasothorn, **"Toward Fuzzy Temporal Databases with Temporal Fuzzy Linguistic Terms"** The Second International Conference on the Application of Digital Information and Web Technologies (ICADIWT 2009), pp. 8-13, London, UK, August 4-6, 2009.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Proceedings of the Fourth IASTED International Conference
Advances in Computer Science and Technology (ACST 2008)
April 2-4, 2008 Langkawi, Malaysia
ISBN CD: 978-0-88986-730-7

TOWARD A TEMPORAL OBJECT DATABASE WORKBENCH

Sureeporn Soysangwarn, Suphamit Chittayasothorn
Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering,
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand
s0060708@kmitl.ac.th,suphamit@kmitl.ac.th

ABSTRACT
Nowadays the application of temporal databases in modern information systems becomes more and more popular. Time-varying information with valid time, transaction time or both are required by typical applications such as human resource management, medical information systems, agriculture and farm management. Also, the object-oriented paradigm is now the standard paradigm for software development. Object databases are widely available commercially. However, the concept of temporal database is still not included as a standard feature and the users have to implement them at the application level. This paper presents temporal object database implementation techniques. The techniques can accommodate attribute timestamping both at the object class and the association between object classes. A software tool based on the proposed techniques is developed.

KEY WORDS
Temporal Database, Object Database, Temporal Objects, Software Tool

1. Introduction

Database technology plays important roles as an underlying technology that supports information systems. Various data models have been developed. However, the simplicity of the relational data model and its high productivity languages such as SQL makes it the most popular one nowadays.

The relational database model is suitable for some types of application but for some other applications that require complex data handling, the object-oriented data models are proved to be more suitable. Object-oriented system analysis and design methodologies such as the UML [1], the object-relational database model and the object database model gain more and more popularity and are believed to replace the relational database model in the near future.

It is now well accepted in the database community that there need to be a special treatment for time-varying data using the so-called temporal database. A temporal database is a database that supports some aspects of time, not counting user-defined time (an uninterpreted attribute domain of date and time) [2]. There are three major categories based on the relational model, namely, the valid time state table, transaction time state table and bitemporal tables. The most widely used one is the valid time state table. It keeps facts which are not only currently true, but also true in the past and in the future as well.

As far as we know, temporal data management is fundamentally done with two temporal aspects of data, valid time and transaction time [2], by either the tuple-timestamping or attribute-timestamping scheme. The first one regards the timestamp as a special attribute(s) of a temporal relation scheme and hence is part of every tuple while as part of attributes and not of the whole tuple for the second [3]. The choice of a timestamping scheme depends on the data model from which temporal structures will be defined. Each scheme suffers from several certain problems up to its own nature. The tuple timestamping is simpler to guarantee the first normal form relations of the relational data model [4] while attribute timestamping is more complex, but more expressive, more natural and closer to user thought process with less data redundancy as all time-varying data of an attribute of interest are modeled together in a tuple (object). Furthermore, the first scheme produces temporal data anomalies, namely vertical and horizontal [5] due to the spreading of data of a single real world entity. Overcoming such anomalies, the second scheme shifts the timestamping onto a finer attribute level. This leads to so-called temporal attributes and violating the first normal form (1NF) relations. It is one of the reasons for the use of the nested relational, object and object relational (OR) data models to deal with temporal data using the second scheme.

In this research work, we propose an attribute timestamping implementation approach for the object database model. We first briefly present the concept of temporal database and then the implementation approach is presented.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Temporal Databases

In conventional databases, facts which are known to be true or valid at present are kept in the database. These facts will be replaced by new facts after update activities hence the old facts are lost. In some applications, old facts are still required as well as the new ones. For examples in human resource management, all facts including the past ones about an employee should be known. In a health care system, a question such as "List all patients who used to share a hospital room with John" is a very useful and common query. Using only a normal relational database with an inner join, one would obtain a list of patient names that are staying or used to stay in the rooms that John is staying or used to stay but with different period of time or the same period of time. This is called a "nonsequence" query.

What if only the patients that are staying in the same room as John does now are required? This type of queries is called the "current" query. Finally, in the case that only those patients who are or were in the same room at the same period of time as John now or in the past. How should we do? This last type of query is called the "sequence" query. Valid time is then introduced to show the validity of each fact.

The introduction of the validtime with "to date" and "from date" to relational databases sounds very simple to most people including early pioneer researchers. However, after some SQL programming attempts, it is now accepted that database operations on temporal databases are not straight forward. The "sequence" version of the insert, update and delete operations are very complicated. Even a "current" one as shown is not easy. Figure 1 shows a diagram for the current update case [2]. A logical update at the time point "now" has to be translated into three possible cases. The first case is the case when the "to date" of the fact is before "now" thus requires no action. The second case is a logical update that requires a physical update of the "to date" to be "now" and the insertion of a new value with the "from date" equals to "now" and "to date" is equal to the old "to date". The third case is the update of the value to be the one in the future.

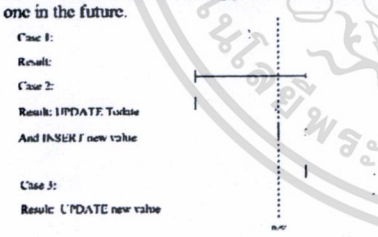


Figure 1 Current UPDATE Case [2]

3. Basic Temporal Object Database Operations

As mentioned in the previous section, temporal database operations are classified into 3 categories namely current, sequence and nonsequence each of which comprises insert, delete and update operations. Since the object database model preserves the encapsulation property and only allows methods to be called by the applications, therefore for each temporal data item, there needs to be at least nine basic methods for temporal operations.

After more investigations into object database class diagrams, we found that there are three different kinds of temporal data items based on the role they play in the class diagram. The first one is the temporal attribute (or property) of an object class. The second one is the temporal property of a relationship class between object classes and the third one is the temporal attribute of the association. Based on this categorization, there are now at lease twenty seven basic methods for temporal operations. More methods such as the temporal join operation can be added to an item if required.

In this section, we describe these temporal database operations. Our presentation is based on the class diagram as shown in Figure 2. A class which is used for validtime is explicitly declared and this class will be referred to by all temporal properties that exist in the class diagram. Instances of this class are validtime that are referred to by their object identifiers.

3.1 Operations on Temporal Attributes

This is the case where an attribute of an object class is a temporal attribute. Based on the class diagram of Figure 2, the object class Employee has two temporal attributes wage and telNo both of which have validtime array data type. Figure 3 shows instances of Employee with wage and telNo values. Validtime instances are referred to by object identifiers.

- **Insert** Insertion of temporal attribute values can be done only when an object instance already exists. An instance of the main object class needs to be inserted first together with other non-temporal attributes. The temporal attribute is defined as an array of (main_object_classID, temporal_attribute_value, validtime_objectID). From the example in Figure 3, the main object class is the class EMPLOYEE. To insert the wage of an employee,the instance of an employee must be available first. Then a validtime instance with the Fromdate = now and Todate = 12/31/9999 (infinity) is created.
The wage instance that comprises the employee object identifier, the wage value and the validtime object identifier can then be inserted. Corresponding OQL codes for this current insert operation are shown below:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

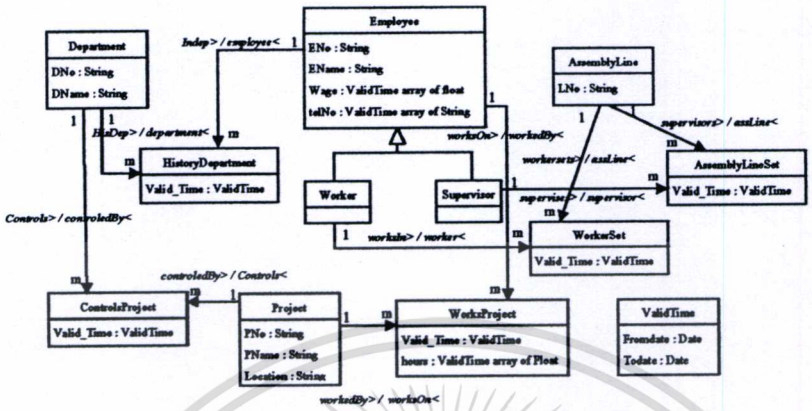


Figure 2 A Company Class Diagram with Temporal Properties

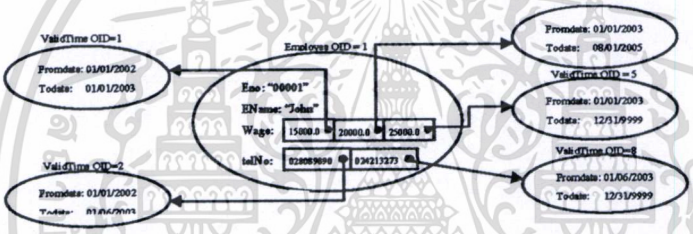


Figure 3 Temporal Attributes

```
ClassMethod insertWage (IDE As %String, wage As
%Float) [ SqlProc ] {
&sql(    INSERT INTO
         Company.Employee_wage(Employee,element
         _key,wage)
VALUES (Company.Employee_selectOIDEm(:IDE),
Company.ValidTime_insertValidTime(),:wage) ) }
```

Company.Employee_selectOIDEm(:IDE) is the method that select the OID of Employee by using ENo .

```
ClassMethod selectOIDEm  (ID As %String) As %String
[ SqlProc ] {
&sql(    SELECT  %ID INTO :OID
         FROM    Company.Employee
         WHERE  ENo = :ID    )
         QUIT OID }
```

Company.ValidTime_insertValidTime() is the method that inserts the Validtime and returns the OID of the newly created Validtime.

```
ClassMethod insertValidTime()  As %String [ SqlProc ]
{
&sql(    INSERT INTO ValidTime (Fromdate, Todate)
          VALUES (CURRENT_DATE,'9999-12-31') )
         QUIT %ROWID }
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

• **Delete** The delete operation in temporal database is not simply to remove facts from the database but to terminate the validity of the facts. For simplicity, we assume that all currently true facts have the Todate = 9999-12-31 which is infinity. In a more general scenario, there could be facts which are planned to be true in the future and the current deletion could also lead to the removal of other future facts which are related to the deleted fact. The following program extract shows how to mark the Todate of the current wage invalid.

```
ClassMethod deleteWage (IDE As %String) [ SqlProc]
{  &sql(UPDATE Company.ValidTime
        SET     Todate = CURRENT_DATE
        WHERE   %ID IN (SELECT C2.%ID
        FROM    Company.Employee_wage As C1,
                Company.ValidTime As C2
        WHERE   C1.Employee =
        Company.Employee_selectOIDEm(:IDE)
          AND   C2.%ID = C1.element_key
          AND   C2.Todate = '9999-12-31') )
```

• **Update** Temporal update operation is a complex operation. As previously shown in Figure 1, a current update could involve the termination of an existing fact (to mark the fact invalid now) and the insertion of the new value whose validity begins now and end at the current todate. Future facts about the temporal attribute may have to be replaced by the new value. The sequence version of the temporal update is so complicated that the steps involved and the corresponding codes have to be presented separately in the Appendix.

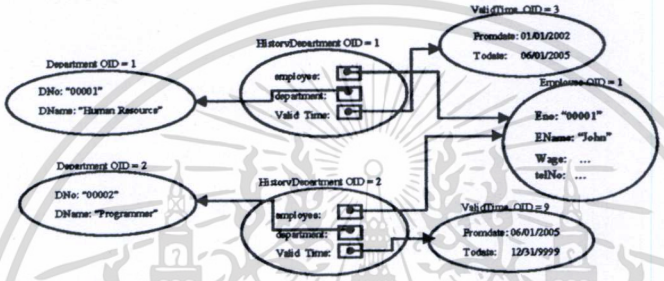


Figure 4 Temporal Relationship between Employee and Department

3.2 Temporal Operations on Relationship Classes

Classes that represent relationships between other classes could also be temporal and have validtime attached to its instances. These instances requires temporal insert, update and delete operations as well. Figure 4 shows relationship instances with their valid time.

The HistoryDepartment class actually represents the many-to-many relationship between Department and Employee. It can be implemented using only reference pointers that pont to instances of Employee and Department with a pointer that points to Validtime. Temporal insert, delete and update operations mainly deal with pointer manipulations.

3.3 Temporal Operations on Properties of Relationship Classes

There are some relationship classes that have properties. In the case that these properties or attributes are temporal, temporal database operations also need to be defined. Figure 5 shows this kind of temporal property. The WorkProject object class is a class that represents relationships between Employee and Project. There is a property hours which is temporal. An employee may spend more hours in a project than what he did last year. This type of temporal property requires its own pattern of temporal insert, delete, update operations.

4. A Temporal Object Workbench

In practice, the implementation of a temporal database application involves many temporal data items that are in one of the previously mentioned temporal categories. For each data item, separate methods need to be defined for each of them. This method declaration becomes a tedious job for programmers involved.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

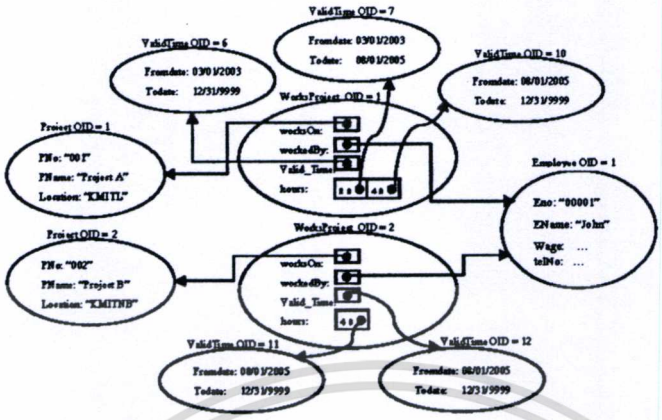


Figure 5 Temporal Properties in Relationship Classes

A temporal object database workbench that exploits the idea from the categorization of temporal objects is developed to help generate basic temporal operations for each temporal data item based on its own category. The tool allows users to input object classes, relationships and properties. It then automatically generates SQL statements for current or sequence operations. The user can choose the temporal operations which are to be generated (insert, delete, update, select). A selected screen of the tool is shown in Figure 6.

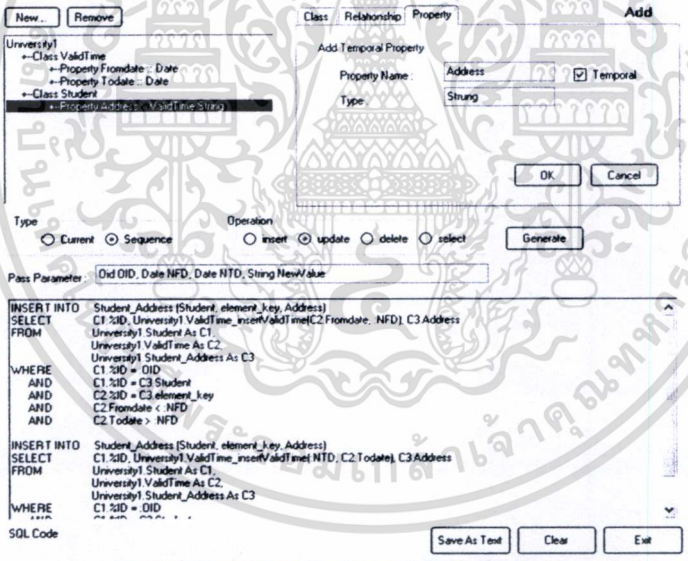


Figure 6 A Screen from The Temporal Object Workbench

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. Conclusion

Temporal object database operations are classified. It is found that the temporal database operations are long and tedious. Insert, delete, update and select operations are enhanced by the concepts of current and sequence operations. These operations work at the attribute level. A prototype software tool that helps reduce the temporal object database operation implementation burden from programmers is developed. It is based on the operation classification mentioned in the early part of this paper.

References

[1] M. Priestley, *Practical Object-oriented Design with UML 2nd Edition* (NY:McGraw Hill, 2004).

[2] R. T. Snodgrass, Managing Temporal Data A Five-Part Series, *A TIMECENTER Technical Report*, 1998.

[3] D. Dey, T. M. Barron, and V. C. Storey, A complete temporal relational algebra, *The VLDB Journal*, 5(3), 1996, 167–180.

[4] E. F. Codd, A relational model for large shared data banks, *Communications of the ACM*, New York, NY, 1970, 377-387.

[5] S. K. Gadia, A homogeneous relational model and query languages for temporal databases, *ACM Transactions on Database Systems*, New York, NY, 1988, 418-448.

[6] InterSystem Cache, *Using Cache Object* (InterSystems Corporation,2007). http://www.intersystems.com/cache/downloads/documentation/2007_1/pdfs/GOBJ.pdf

[7] InterSystems Cache, *Using Cache SQL* (InterSystems Corporation,2007). http://www.intersystems.com/cache/downloads/documentation/2007_1/pdfs/GSQL.pdf

[8] InterSystem Cache, *Using Java with Cache* (InterSystems,Corporation,2006). http://www.intersystems.com/cache/downloads/documentation/cache52/PDFS/GBJV.pdf

Appendix : The sequence update program on temporal attributes

```
ClassMethod SequencedUpdateWage (IDE As %String, NFD
As %Date, NTD As %Date, newWage As %Float) [ SqlProc ] {
&sql(     INSERT INTO Employee_wage
          ( Employee,element_key,wage )
          SELECT C1.%ID,
          Company.ValidTime_insertValidTime
          (C2.Fromdate,:NFD),C3.wage
          FROM    Company.Employee As C1,
                  Company.ValidTime As C2,
                  Company.Employee_wage As C3
          WHERE   C1.%ID =
Company.Employee_selectOIDEm(:IDE)
            AND C1.%ID = C3.Employee
            AND C2.%ID = C3.element_key
            AND C2.Fromdate < :NFD
            AND C2.Todate > :NFD )
&sql(     INSERT INTO Employee_wage
          (Employee,element_key,wage)
          SELECT C1.%ID,
          Company.ValidTime_insertValidTime
          (:NTD,C2.Todate),C3.wage
          FROM    Company.Employee As C1,
                  Company.ValidTime As C2,
                  Company.Employee_wage As C3
          WHERE C1.%ID =
          Company.Employee_selectOIDEm(:IDE)
            AND C1.%ID = C3.Employee
            AND C2.%ID = C3.element_key
            AND C2.Fromdate < :NTD
            AND C2.Todate > :NTD )
&sql(     UPDATE Employee_wage
          SET       wage = :newWage
          WHERE  element_key IN (
            SELECT C2.%ID
            FROM Employee_wage As C1,
                 ValidTime As C2
            WHERE       C1.Employee =
          Company.Employee_selectOIDEm(:IDE)
                AND     C1.element_key = C2.%ID
                AND     C2.Fromdate < :NTD
                AND     C2.Todate > :NFD))
&sql(     UPDATE          Company.ValidTime
          SET       Fromdate = :NFD
          WHERE %ID IN ( SELECT C2.%ID
                FROM    Employee_wage As C1,
                        ValidTime As C2
                WHERE C1.Employee =
                Company.Employee_selectOIDEm(:IDE)
                  AND C1.element_key = C2.%ID
                  AND C2.Fromdate < :NFD
                  AND C2.Todate > :NFD)          )
&sql(     UPDATE  Company.ValidTime
          SET       Todate = :NTD
          WHERE %ID IN (
            SELECT          C2.%ID
            FROM            Employee_wage As C1,
                            ValidTime As C2
            WHERE           C1.Employee =
          Company.Employee_selectOIDEm(:IDE)
                AND         C1.element_key = C2.%ID
                AND         C2.Fromdate < :NTD
                AND         C2.Todate > :NTD))          }
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The Second International Conference on the Applications of Digital Information and Web Technologies (ICADIWT 2009)

August 4 - 6, 2009

Technical co-sponsorship by IEEE UK & RI Section

London Metropolitan Business School, London Metropolitan University, UK

MESSAGE FROM THE CHAIRS

The Second International Conference on the Applications of Digital Information and Web Technologies (ICADIWT 2009- Technically Co-sponsored by IEEE UK & RI) is organized and hosted by the London Metropolitan University of London, UK in association with the Digital Information Research Foundation, India. The ICADIWT 2009 is planned as a major event in the Computer and Information Sciences and serves as a forum for scientists and engineers to meet and present their latest research results, ideas, and papers in the diverse areas of Web and Internet Technologies, Computer Science, and Information Technology.

The conference has recorded the receipt of 386 papers, out of which 156 were accepted, resulting an acceptance rate of 39 %. These accepted papers are authored by researchers from many countries covering many significant areas of Web Applications. Each paper is evaluated by a minimum of three reviewers.

Finally, we hope that the conference fulfill your expectations and hope that the proceedings document the best research in the studied areas. We express our thanks to the London Metropolitan University, IEEE UK & RI, the authors and the organization of the conference.

Proceedings chairs ICADIWT2009

Pit Pichappan, AISB University, Saudi Arabia

Eyas El-Qawasmeh, Jordan University of Science and Technology, Jordan

© 2009 IEEE. Personal use of this material is permitted. However, permission to reprint/republish this material for advertising or promotional purposes or for creating new collective works for resale or redistribution to servers or lists, or to reuse any copyrighted component of this work in other works must be obtained from the IEEE.

IEEE Catalog Number: CFPO976E-CDR

ISBN: 987-1-4244-4457-1

Library of Congress: 2009903186

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Toward Fuzzy Temporal Databases with Temporal Fuzzy Linguistic Terms

Sureeporn Soysangwarn
Department of Computer Engineering,
Faculty of Engineering,
King Mongkut's Institute of Technology
Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand
s0060708@kmitl.ac.th

Suphamit Chittayasothorn
Department of Computer Engineering,
Faculty of Engineering,
King Mongkut's Institute of Technology
Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand
suphamit@kmitl.ac.th

Abstract

Fuzzy databases have been proposed by many researchers for handling fuzziness in databases. Fuzzy linguistic terms are used instead of crisp values. They find applications in areas where exact or crisp values cannot always be obtained. In another database research area, temporal databases find applications where facts which are true in the past, as well as facts that will be true in the future are recorded together with current facts. There are also cases where fuzzy databases are also temporal. In most other works, fuzzy facts are temporal or the time itself is fuzzy. This paper presents the concept of a different fuzzy database where fuzzy linguistic terms are temporal. Sample queries and meta tables for temporal similarity degrees and temporal possibility distribution are also presented.

Key Words: fuzzy database, temporal database, temporal fuzzy terms

1. Introduction

At present, most applications refer to precise information especially in science and engineering. Database systems which have been developed during the past many years are mostly catered for the required precise information. However, in practice, there are times when the precise information cannot be obtained. The handling of missing information is a big issue and also an interesting research topic on its own. In some cases, the data are not completely missing but the values are imprecise and fuzzy linguistic terms are therefore introduced. A special kind of database is required if we would like to keep such imprecise (although acceptable) information such as "John is a tall young man whose intelligence is about average.", "David's temperature is a bit high.", or "Heavy trucks are driven slowly."

The fuzzy linguistic terms "tall", "high", "heavy", "slow" are used naturally in daily life. There values are not precise or crisp. Fuzzy databases such as those proposed by [1],[2],[3],[4],[5] are introduced to handle them. Queries can be made on the fuzzy databases that contain both crisp values and fuzzy terms.

From a different area, time is also another issue that requires a special kind of database. The introduction of valid time, the time that a fact is valid and the transaction time, the time that a fact is recorded to a relational database creates processing difficulties as well as data redundancy [6]. Despite these problems, such database systems can provide answers to temporal queries on past, present and future recorded facts. These temporal facts are essentials to many mission critical applications.

What if a query refers to both time and fuzzy terms? It is possible to have queries in real-world applications such as "List all employees who have high salary at present." or "List employees who earned low salary during 2005 and 2008." An interesting point regarding such fuzzy temporal queries is that the fuzzy linguistic terms themselves may refer to different values over different periods of time. In 2005 the salary of $30K could be considered as "low" when the same amount may be considered as "medium" in 2008. This paper presents the handling of a temporal fuzzy database whose fuzzy linguistic terms are also temporal.

2. Related Works

The most straight forward form of temporal fuzzy database is a valid time fuzzy database where a fuzzy database table has the valid time from date and to date attached to each tuple. An example is shown in Table 1. The attribute SALARY is a fuzzy attribute. Its values can be either a crisp or fuzzy term. For example, an employee N. Brooks had a salary of "middle" from Jan 1, 1997 until Dec 31, 1999. His

978-1-4244-4457-1/09/$25.00 ©2009 IEEE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

salary increased to $65K on January 1, 2000 and remains unchanged until now (or infinity).

Table 1. A sample fuzzy temporal database with valid times.

NAME	SALARY	FROMDATE	TODATE
N.Brooks	Middle	1-1-1997	1-1-2000
T.Jones	$50K	1-3-1997	1-1-1999
J.Neil	$35K	1-6-1997	1-1-1998
J.Neil	$35K	1-1-1998	31-12-9999
T.Jones	high	1-1-1999	31-12-9999
N.Brooks	$65K	1-1-2000	31-12-9999

This kind of fuzzy temporal database assumes that the valid time is precisely known. In the case that the valid time is not known precisely, a special kind of fuzzy temporal database with fuzzy valid time [7],[8],[9] needs to be employed.

There are applications that time cannot be known precisely. An example is crime information systems. The time that crimes take place normally cannot be specified precisely. Fuzzy terms such as "early morning" and "late afternoon" are often used. Moreover, in reality, recorded time that looks like a precise time is not really precise. For example, a recorded fact that states that David started working at 8.00am this morning does not always mean that he started working precisely at 8.00am. It could actually be 7.55 or 8.05. A query processing system should be able to accommodate such flexibilities.

Table 2. A fuzzy time temporal database example.

A_r	Name	Temp	A_s	A_e	A_l	A_u
1	John	35.0	0	~6	5	8
1	Jim	High	45	~50	5	7
1	Max	Medium	47	51	5	5
1	Nick	High	~50	~50	1	1
2	John	39.0	~25	~30	6	6

Attribute A_r is the reincarnation attribute, A_s is the starting time attribute, A_e is the ending time attribute, A_l is the lower bound attribute, and A_u is the upper bound attribute.

Table 2 shows a FuzzTime [7] temporal database table. If day 0 is assumed to be May 1, 2009, then ~6 is around May 7. The first tuple shows that John's temperature is 35 during the time between May 1, 2009 and around May 7, 2009, and the number of days that he had the temperature is between 5 and 8 days inclusive. His temperature is also recorded later in the last tuple.

3. Temporal Fuzzy Terms

As mentioned earlier, fuzzy terms can be temporal. For example, the fuzzy term "High" may have different meaning during different periods of time. This concept was first mentioned in [10].The work also proposes that fuzzy information which has different meaning over different periods of time be kept in separate tables. In this paper, we use the conventional valid time state table format to represent a temporal fuzzy database with temporal fuzzy terms. We pay attention to the case where the membership functions and similarity degree which are associated with the fuzzy terms are also temporal. Queries on the temporal fuzzy table are also demonstrated.

The temporal fuzzy table in Table 3 shows employees with different salaries during different periods of time. The SALARY attribute can have both crisp and fuzzy values. The TODATE value of 9999/12/31 denotes infinity. Tuples whose TODATE is equal to infinity are the tuples which are true now. Note that it is possible that during the time that a tuple is valid, the membership function and similarity degree may no longer be valid.

Table 3. A sample temporal fuzzy database table EMP_SALARY with temporal fuzzy terms.

E#	SALARY	FROMDATE	TODATE
1	MEDIUM	2008/1/1	2008/7/1
1	24000	2008/7/1	2008/11/1
1	MEDIUM	2008/11/1	2009/10/1
1	HIGH	2009/10/1	9999/12/31
2	HIGH	2008/7/1	2008/8/1
2	MEDIUM	2008/8/1	9999/12/31
3	LOW	2008/1/1	2008/3/1
3	MEDIUM	2008/3/1	2009/1/1
3	29000	2009/1/1	9999/12/31
	...		...

Current queries (queries on tuples which are true now) such as "Who are employees which have high salary?" can be made using a language that combine the temporal aspect such as TSQL [6] and the fuzzy aspect such as FSQL [11],[12]. This query in "Temporal Fuzzy SQL (TFSQL)" can be formulated as:

```
SELECT  E#, SALARY
FROM    EMP_SALARY
WHERE   SALARY FEQ 'HIGH' THOLD 0.7
```

The search condition contains a threshold value of 0.7. Threshold values range from 0 to 1. This value can be found in a similarity degree meta table which is also temporal. The table which shows similarity

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

degrees of fuzzy terms of the attribute SALARY is shown in Table 4. According to this query, an acceptable value for 'HIGH' salary is at least 0.7. The values that satisfy the condition are HIGH (similarity degree 1) and MEDIUM (similarity degree 0.72). Notice also that this TFSQL statement does not refer to any time period since it is a "current" request.

The similarity degree of any 2 fuzzy terms can be calculated by referring to membership functions of the fuzzy terms. Examples of common membership functions are shown in Figure 1.

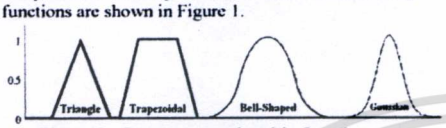


Figure 1. Common membership functions.

The similarity of any 2 fuzzy sets can be found in [13]. The similarity of a pair of fuzzy terms in this paper uses this technique. For any 2 fuzzy sets A and B, the similarity of A and B is

$$S_{AB} = \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|} = \frac{|A \cap B|}{|A| + |B| - |A \cap B|}$$

The symbols ∩ and ∪ are intersection and union of A and B respectively, and |.| is the size of the fuzzy sets.

For the Gaussian and Bell-shaped functions, the calculation of the size of the intersection of 2 set is complicated since they are non-linear shapes. A trapezoidal function is used to approximate the radial functions (including Gaussian and Bell-shaped functions) and the values $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ are the boundary points of the trapezoidal membership function. Figure 2 shows the approximation of a Gaussian function to a triangle function which is a special case of a trapezoidal function ($\beta = \gamma$). It also shows the approximation of a Bell-Shaped function to a trapezoidal function. In this paper, we refer to membership functions based on the trapezoidal membership function and calculate the similarity of any 2 functions using parameters of a trapezoidal membership function.

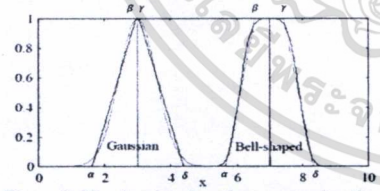


Figure 2. Membership functions approximation.

The similarity of two fuzzy terms A1 and A2 based on trapezoidal membership functions and reference points $\alpha_i, \beta_i, \gamma_i, \delta_i$ (i =1,2) is shown in Figure 3.

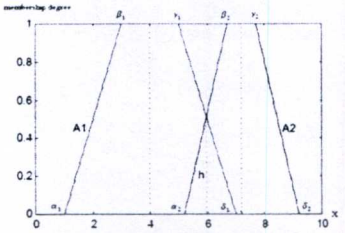


Figure 3. Similarity of two fuzzy terms.

The similarity degree (S) between 2 fuzzy sets can be obtained as follows:

$$S = h/\left(\frac{w_1 + w_2}{\delta_1 - \alpha_2} - h\right)$$

$$where\ h = \frac{\delta_1 - \alpha_2}{\delta_1 - \gamma_1 + \delta_2 - \gamma_2},$$

$$w_i = w_{b_i} + w_{t_i}\ ; i = 1,2\ ,$$

$$bottom\ width\ w_{b_i} = \frac{(\delta_i - \alpha_i)}{2}, top\ width\ w_{t_i} = \frac{(\gamma_i - \beta_i)}{2}$$

The similarity degree S of fuzzy terms of SALAY are calculated and shown in Table 4.

Table 4. A table which shows the similarity degree of fuzzy terms of SALARY.

	HIGH	MEDIUM	LOW
HIGH	1	0.72	0.01
MEDIUM	0.72	1	0.58
LOW	0.01	0.58	1

In the case that the value in the attribute SALARY is a crisp value, the value has to be evaluated if it satisfies the search condition. A membership function as shown in Figure 4 is required. Information about membership functions and their corresponding Alpha, Beta, Gamma, and Delta values are also kept in a meta table as shown in Table 5. Note also that this table must also be temporal.

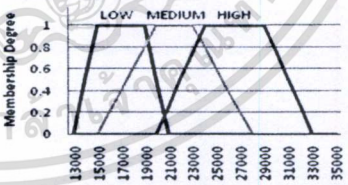


Figure 4. A membership function graph of a fuzzy term.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The result of the current query "Who are employees that currently have high salary?" is shown in Table 6.

Table 5. A snapshot of the meta table that contains possibility distribution of fuzzy terms of SALARY.

LABEL	TYPE	Possibility Distribution			
		ALPHA	BETA	GAMMA	DELTA
HIGH	Trapezoidal	20000	24000	29000	33000
MEDIUM	Trapezoidal	15000	20000	23000	28000
LOW	Trapezoidal	13000	15000	19000	21000

Table 6. Result of the current query "Who are employees that currently have high salary?"

E#	SALARY	DEGREE
1	HIGH	1
2	MEDIUM	0.72
3	29000	1

4. Temporal Sequence Queries

Temporal queries that refer to facts which are true in the past, present and future are called sequence queries [6]. In the case where fuzzy terms are temporal, the valid time of each fact must be checked against the valid time of the fuzzy terms and also corresponding similarity degrees and membership functions. Table 7 shows a meta table that keeps the similarity degrees of fuzzy terms of the attribute SALARY for every valid time periods.

A query such as "Who have had high salaries since Jan 1, 2008?" is a good example of sequence queries. A TFSQL statement for this query refers to the table EMP_SALARY in Table 3. It is as follows:

```
VALIDTIME   [2008/1/1-9999/12/31)
SELECT      E#, SALARY
FROM        EMP_SALARY
WHERE       SALARY FEQ 'HIGH' THOLD 0.4
```

The evaluation of the condition "WHERE SALARY FEQ 'HIGH' THOLD 0.4" requires information about validity periods of similarity degrees of SALARY from Table 7 and also the validity of the possibility distribution. The fuzzy term HIGH satisfies the search condition since the similarity degree is 1 for the validity period of the query. Even the fuzzy term MEDIUM satisfies the condition since the similarity degrees of MEDIUM are higher than 0.4 for all periods of validity. In fact, the validity of the facts must be checked if it corresponds with the validity of the similarity degrees.

Table 7. A meta table that keeps similarity degrees of temporal fuzzy terms.

Label1	Label2	Similarity degree	From date	To date
HIGH	HIGH	1	2008/1/1	9999/12/31
HIGH	MEDIUM	0.41	2008/1/1	2008/6/1
HIGH	MEDIUM	0.47	2008/6/1	2008/10/1
HIGH	MEDIUM	0.61	2009/1/1	2009/6/1
HIGH	MEDIUM	0.72	2009/6/1	9999/12/31
HIGH	LOW	0.0	2008/1/1	2008/6/1
HIGH	LOW	0.01	2008/6/1	9999/12/31

Figure 5 shows cases that compare the validity periods of the fact and the validity period of the similarity degrees. The result of the query is the union of the results from all these cases. They are common cases where the validity of fuzzy terms is continuous. More cases can be found in the Appendix. Case 1, for example, simply shows that if the valid time of the fact is within the valid time of the fuzzy term then the result can be evaluated from the fuzzy term and corresponding similarity degree. Cases 2 and 3 show the cases where the validity period of the fact partially overlaps the validity of the fuzzy term. The evaluation of the result against the fact must therefore consider the interpretation of fuzzy terms from both cases. Case 4 is the case where the validity period of the fuzzy term is a subset of the validity period of the fact.

The result of the query: "Who have had high salaries since Jan 1, 2008?" mentioned above includes the employee "E1". The meta table that shows the possibility distribution together with the corresponding valid time is shown in Table 8. Employee E1 salary is found to satisfy the search condition of HIGH with the threshold value of 0.4. There are 3 cases that are considered in the evaluation as shown in Figure 6.

In the evaluation of the query, the SALARY fuzzy values which are not the same as the one in the search condition but have valid similarity degrees greater than the threshold are checked. The crisp values such as 24000 during [2008/7/1,2008/11/1) for E1 has to be converted into a fuzzy term according to the possibility distribution as shown in Table 8. The corresponding fuzzy term for 24000 during the period is HIGH. The result for the query is shown in Table 9.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

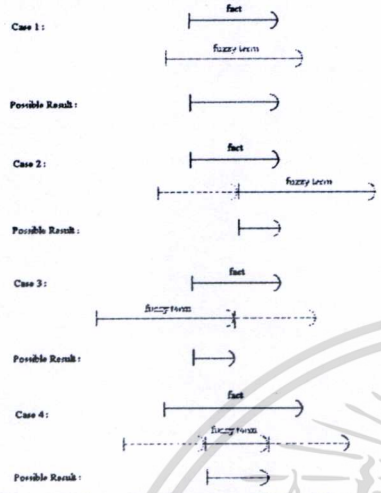


Figure 5. Cases that show the validity of fact and validity of fuzzy terms

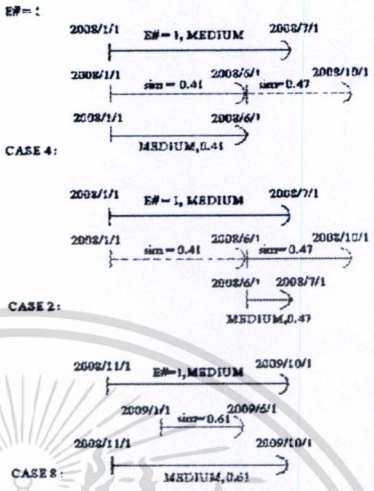


Figure 6. Cases which are applicable to the salary of employee E1.

Table 8. A meta table that shows the possibility distribution of fuzzy terms in SALARY together with the corresponding valid time

Label	TYPE	Possibility_Distribution				FROMDATE	TODATE
		ALPHA	BETA	GAMMA	DELTA		
HIGH	Trapezoidal	19000	21000	25000	27000	2008/1/1	2008/6/1
HIGH	Trapezoidal	21000	23000	25000	27000	2008/6/1	2008/10/1
HIGH	Trapezoidal	20000	23000	25000	28000	2009/1/1	2009/6/1
HIGH	Trapezoidal	20000	24000	29000	33000	2009/6/1	9999/12/31
MEDIUM	Trapezoidal	15000	18000	20000	23000	2008/1/1	2008/6/1
MEDIUM	Trapezoidal	16000	19000	22000	25000	2008/6/1	2009/6/1
MEDIUM	Trapezoidal	15000	20000	23000	28000	2009/6/1	9999/12/31
LOW	Trapezoidal	10000	13000	15000	18000	2008/1/1	2008/6/1
LOW	Trapezoidal	10000	13000	16000	19000	2008/6/1	2009/6/1
LOW	Trapezoidal	13000	15000	19000	21000	2009/6/1	9999/12/31

Table 9. A partial result of the sample query.

E#	SALARY	DEGREE	FD	TD
1	MEDIUM	0.41	2008/1/1	2008/6/1
1	MEDIUM	0.47	2008/6/1	2008/7/1
1	24000	1	2008/7/1	2008/11/1
1	MEDIUM	0.61	2008/11/1	2009/10/1
1	HIGH	1	2009/10/1	9999/12/31
...			...	

5. Conclusions

This paper presents the concept of temporal fuzzy linguistic terms. Facts with fuzzy terms are introduced to valid time state tables. Since the fuzzy terms may have different meanings during different periods of time. Corresponding similarity degrees and possibility distributions need to be kept in temporal meta database tables for references during query evaluations. Valid time of the temporal facts and valid time of fuzzy terms may not be the same and different cases of validity checking are shown. Sample temporal queries and corresponding results are also shown.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. References

[1] Jose' Galindo, "Introduction Trends to Fuzzy Logic and Fuzzy Databases", In Galindo, J. (Ed.), *Handbook of Research on Fuzzy Information Processing in Databases*, Vol. Fuzzy Databases I, 2008, pp. 1-33. Hershey, PA, USA: Information Science Reference (http://www.info-sci-ref.com).

[2] Punam Bedi, Harmeet Kaur, and Ankit Malhotra, "Fuzzy Dimension to Databases", *Published at the 37th National Convention of Computer Society of India*, Bangalore, India, November 2002.

[3] J. M. Medina, M. A. Vila and J. C. Cubero and O. Pons,"Towards the implementation of a generalized fuzzy relational database model", *Fuzzy Sets and Systems*, Vol.75,Issue 3, November 1995, pp. 273-289.

[4] K.K. Phang, Mashkuri Hj. Yaacob and T.C. Ling, "Development of Fuzzy Database Systems", *Malaysian Journal of Computer Science*, Vol. 10, No. 1, June 1997, pp. 42-46.

[5] Murat Koyuncu and Adnan Yazici, "IFOOD: An Intelligent Fuzzy Object-Oriented Database Architecture", *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, Vol. 15, No. 5, September/October 2003, pp. 1137-1154.

[6] Richard T. Snodgrass, "Managing Temporal Data A Five-Part Series", *A TIMECENTER Technical Report*, June-October 1998.

[7] Werasak Kurutach, "Handling Fuzziness in Temporal Databases", *IEEE International Conference on System, Man, and Cybernetics*, Sandiego, CA, USA, Vol. 3, October 1998, pp. 2762-2767.

[8] Werasak Kurutach, "Modeling Fuzzy Interval-based Temporal Information: A Temporal Database Perspective", *4th IEEE International Conference on Fuzzy Systems and 2nd International Fuzzy Engineering Symposium*, Vol. 2, 1995, pp. 741-748.

[9] J. Campana, M. C. Garrido, N. Marin and O.Pons, "A Fuzzy Set-Based Approach to Temporal Databases", *Scalable Uncertainty Management*, 2007, pp. 31-44.

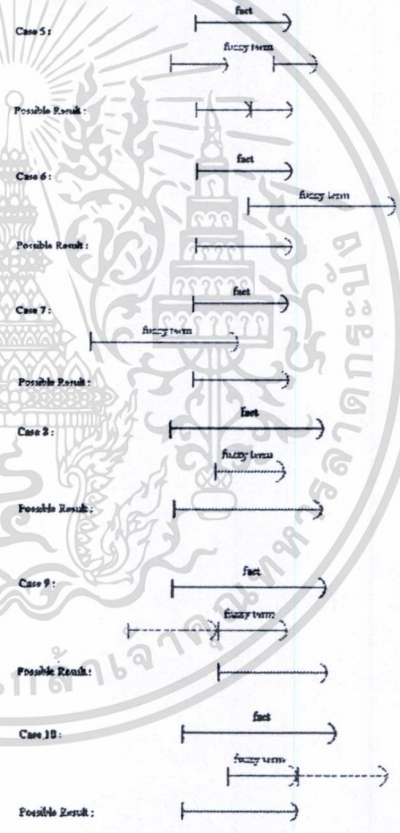
[10] Werasak Kurutach and James Franklin, "On Temporal-fuzziness in Temporal Fuzzy Databases", *4th International conference on Database and Expert Systems Applications*, 1993, pp. 154-165.

[11] Jose' Galindo, "New Characteristics in FSQL, a Fuzzy SQL for Fuzzy Databases", *4th WSEAS International Conference on Artificial Intelligence, Knowledge Engineering Data Bases*, Salzburg, Austria, No.4, 2005.

[12] Jose' Galindo, Juan M. Medina, Olga Pons and Juan C. Cobero, "A Server for Fuzzy SQL Queries", *3rd International Conferrence on Flexible Query Answering Systems*, 1998, pp. 164-174.

[13] Min-You Chen and D.A. Linkens, "Rule-Base Self-Generation and Simplification for Data-Driven Fuzzy Models", *Fuzzy Sets and Systems 142*, 2004, pp. 243-265.

Appendix: Addional cases that show the validity of the fact and the validity of the fuzzy terms.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นางสาวสุรีพร สร้อยสังวาลย์

วัน เดือน ปีเกิด 3 กันยายน 2527

ที่อยู่ 56 ซอยเพชรเกษม 79 ถนนเพชรเกษม แขวงหนองค้างพลู เขตหนองแขม กทม. 10160

ประวัติการศึกษา

เข้าศึกษาต่อระดับปริญญาโท หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2550

2549 เกียรตินิยมอันดับ 1 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้