การประกอบเซอร์วิซที่หลายระดับความละเอียดโดยการทำนายเชิงคุณภาพในการให้บริการ

นาย นิธิโรจน์ วงศ์สว่างพานิช

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมซอฟต์แวร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2553
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SERVICE COMPOSITION AT VARIOUS GRANULARITY LEVELS WITH QOS-BASED PREDICTION

Mr. Nitirojht Wongsawangpanich

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science Program in Software Engineering

Department of Computer Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2010

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การประกอบเซอร์วิซที่หลายระดับความละเอียดโดยการทำนายเชิงคุณภาพในการให้บริการ

โดย นายนิธิโรจน์ วงศ์สว่างพานิช

สาขาวิชา วิศวกรรมซอฟต์แวร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รองศาสตราจารย์ ดร.ทวิตีย์ เสนีวงศ์ ณ อยุธยา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(อาจารย์ ดร.ยรรยง เต็งอำนวย)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทวิตีย์ เสนีวงศ์ ณ อยุธยา)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ รองวิริยะพานิช)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นิธิโรจน์ วงศ์สว่างพานิช : การประกอบเซอร์วิซที่หลายระดับความละเอียดโดยการทำนายเชิงคุณภาพในการให้บริการ. (SERVICE COMPOSITION AT VARIOUS GRANULARITY LEVELS WITH QOS-BASED PREDICTION) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ. ดร.ทวิตีย์ เสนีวงศ์ ณ อยุธยา , 67 หน้า

การประกอบเซอร์วิซเป็นการสร้างเซอร์วิซใหม่ขึ้นมาจากการทำงานร่วมกันของเซอร์วิซที่มีอยู่แล้ว โดยการกำหนดประเภทของเซอร์วิซหรือเซอร์วิซนามธรรมที่ต้องการให้ทำงานร่วมกันขึ้นมาแล้วเลือกเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่เหมาะสมของแต่ละประเภทเซอร์วิซนามธรรมมาประกอบเป็นเซอร์วิซใหม่ ปัญหาที่เกิดขึ้นในการประกอบเซอร์วิซ ซึ่งในงานวิจัยนี้ให้ความสนใจมีสองประเด็นได้แก่ (1) การเลือกเซอร์วิซอินสแตนซ์ของแต่ละประเภทเซอร์วิซมักพิจารณาจากคุณภาพของการให้บริการหรือคิวโอเอส แต่คิวโอเอสมักเปลี่ยนแปลงตามสภาพการใช้งานหรือช่วงเวลาในการใช้งาน ดังนั้นในการประกอบเซอร์วิซจึงไม่สามารถใช้เพียงค่าคิวโอเอสที่ผู้ให้บริการประกาศไว้มาพิจารณาได้ แต่ต้องคำนึงถึงความเป็นพลวัตของค่าคิวโอเอสด้วย (2) งานวิจัยด้านการประกอบเซอร์วิซจะทำการเลือกเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่ทำงานได้ตรงตามประเภทเซอร์วิซนามธรรมหนึ่งๆมาประกอบกัน แต่หากเซอร์วิซอินสแตนซ์มีขอบเขตการทำงานที่ไม่ตรงตามประเภทเซอร์วิซนามธรรมหนึ่งๆพอดี ก็จะไม่ถูกเลือกมา ทำให้เสียโอกาสในการประกอบเซอร์วิซเนื่องจากเซอร์วิซอินสแตนซ์นั้นอาจมีค่าคิวโอเอสที่ดีก็เป็นได้ งานวิจัยนี้เสนอแนวทางสองประเด็นคือ (1) วิธีการทำนายค่าคิวโอเอสของเซอร์วิซอินสแตนซ์ได้แก่ เวลาตอบกลับ ความเชื่อถือได้ และสภาพพร้อมใช้งาน โดยใช้ข่ายงานประสาทเทียม แล้วนำค่าที่ทำนายได้มาพิจารณาในการประกอบเซอร์วิซสำหรับการใช้งานในช่วงเวลาต่างๆ (2) วิธีการประกอบเซอร์วิซด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมโดยพิจารณากรณีที่เซอร์วิซอินสแตนซ์ที่เลือกมาประกอบมีขนาดใหญ่กว่าหรือมีขอบเขตการทำงานที่กว้างกว่าประเภทเซอร์วิซนามธรรมที่กำหนดไว้ด้วย จากการทดลองพบว่าการทำนายค่าคิวโอเอสเป็นประโยชน์ต่อการประกอบเซอร์วิซ เนื่องจากการประกอบเซอร์วิซ ณ เวลาต่างๆจะได้เซอร์วิซประกอบที่แตกต่างกัน ซึ่งหมายถึงว่าเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่ถูกเลือกมาประกอบจะแตกต่างกัน ณ เวลาที่แตกต่างกัน อีกทั้งการพิจารณาเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่มีขนาดใหญ่กว่าประเภทของเซอร์วิซนามธรรมก็มีประโยชน์เช่นกัน เนื่องจากเซอร์วิซอินสแตนซ์เหล่านี้จะถูกเลือกมาประกอบ จึงเป็นการเพิ่มโอกาสในการที่จะได้ผลลัพธ์ของการประกอบเซอร์วิซที่มีคิวโอเอสที่ดี

ภาควิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา วิศวกรรมซอฟต์แวร์ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

ปีการศึกษา 2553

5170358721 : MAJOR SOFTWARE ENGINEERING

KEYWORDS : QUALITY OF SERVICE / COMPOSITE SERVICE / ARTIFICIAL NEURAL NETWORK / GENETIC ALGORITHM

NITIROJHT WONGSAWANGPANICH : SERVICE COMPOSITION AT VARIOUS GRANULARITY LEVELS WITH QOS-BASED PREDICTION. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. TWITTIE SENIVONGSE Ph.D., 67pp.

Service Composition is a way of constructing new services from existing services by defining a group of service types or abstract services that are to collaborate, and selecting instances of those abstract services to compose into concrete composite services. This research is interested in two composition issues. (1) Quality of service or QoS is often considered in service instance selection but QoS varies due to conditions and time of use. We cannot consider only the QoS published by service providers when composing services but need to concern about QoS dynamics also. (2) Researches in service composition usually select service instances that match individual abstract services. In the case that the service instances have functional scope that does not match exactly that of the abstract services, they will not be selected. This results in a loss of opportunity to obtain good compositions as those service instances may have good QoS. This research proposes two approaches to these issues. (1) QoS prediction using artificial neural network is proposed for service instances, where QoS here includes response time, reliability, and availability. Predicted QoS values then will be used at different time periods of service composition. (2) Service composition using a genetic algorithm is proposed where service instances with granularity coarser than that of abstract services are also considered. The experiments show that QoS prediction is useful because composition at different time periods yields different composite services. Moreover, considering coarse-grained service instances is also beneficial since they are selected as part of the resulting compositions, and hence the opportunity to obtain composite services with good QoS is increased.

Department : Computer Engineering. Student's Signature. Nitirojht Wongsawangpanich

Field of Study : Software Engineering. Advisor's Signature. Twittie Senivongse

Academic Year : 2010

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความอนุเคราะห์อย่างยิ่งของรองศาสตราจารย์ ดร.ทวิตีย์ เสนีวงศ์ ณ อยุธยา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้สละเวลาให้ความช่วยเหลือ ให้คำปรึกษาวิชาความรู้และข้อคิดเห็นต่างๆด้วยความเอาใจใส่เสมอมาทั้งยังกรุณาตรวจสอบทานงานวิทยานิพนธ์นี้ด้วยความอดทนและเสียสละเป็นอย่างยิ่ง จนทำให้การวิจัยในครั้งนี้สำเร็จออกมาด้วยดี

ขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.ยรรยง เต็งอำนวย ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ผศ.ดร.ทรงศักดิ์ รองวิริยะพานิช กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้คำแนะนำอันทรงค่าทั้งในเรื่องวิทยานิพนธ์และเรื่องเหนือจากนั้นอันเป็นประโยชน์สำหรับพัฒนาตนของข้าพเจ้าสืบไป

ขอขอบคุณ อาจารย์ ผศ.ดร.สุกรี สินธุภิญโญ ผู้สละเวลาให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็นและความรู้ต่างๆที่เป็นประโยชน์ในการวิจัยด้วยดีตลอด

กราบขอบพระคุณพ่อแม่ครูอาจารย์ทุกท่าน ผู้ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้แก่ข้าพเจ้าทั้งทางตรงทางอ้อม พร้อมทั้งอบรมนิสัยให้ข้าพเจ้า ได้รู้ ได้มี ดังเช่นทุกวันนี้

ขอกราบขอบพระคุณบิดามารดาผู้ให้การเลี้ยงดูและสนับสนุนข้าพเจ้าเป็นอย่างดียิ่งเสมอมา โดยเฉพาะความรัก ความเข้าใจและกำลังใจที่ท่านทั้งสองมีให้อย่างมิมีประมาณ

ขอบคุณสมาชิกห้องปฏิบัติการวิศวกรรมซอฟต์แวร์ สำหรับความเอื้อเฟื้อและความเมตตาที่มีให้กับข้าพเจ้าอยู่ทุกขณะ การได้ทำวิทยานิพนธ์ของข้าพเจ้าในห้องปฏิบัติการฯแห่งนี้ล้วนเป็นช่วงเวลาที่น่าจดจำ

สุดท้ายนี้คุณงามความดีใดก็ตามที่มีแต่วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ข้าพเจ้าขอยกให้เป็นความดีของบุคคลทุกผู้ที่ได้กล่าวถึงพ้นไปจากนั้น ข้าพเจ้าขอน้อมรับผิดไว้เพียงผู้เดียว

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ
กิตติกรรมประกาศ.....ฉ
สารบัญ.....ช
สารบัญตาราง.....ฌ
สารบัญภาพ.....ญ
บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....3
1.4 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย.....3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....4
1.6 ลำดับขั้นตอนการนำเสนอผลการวิจัย.....4
1.7 ผลงานตีพิมพ์จากวิทยานิพนธ์.....4
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....5
2.1 ทฤษฎีเซอร์วิซประกอบและค่าคิวโอเอส.....5
2.2 ทฤษฎีข่ายงานประสาทเทียม.....5
2.2.1 การเรียนรู้แบบมีผู้สอน.....6
2.2.2 การใช้งานข่ายงานประสาทเทียม.....7
2.2.3 การทดสอบแบบไขว้ข้ามเคพับ.....8
2.2.4 การวัดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์.....8
2.3 ทฤษฎีขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม.....9
2.4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....12
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน.....15
3.1 การกำหนดกระแสงานและระบุเซอร์วิซอินสแตนซ์.....16
3.1.1 การกำหนดกระแสงานของเซอร์วิซนามธรรม.....17
3.1.2 การระบุเซอร์วิซอินสแตนซ์.....18
3.2 การเฝ้าสังเกตและเก็บบันทึกค่าคิวโอเอสของเซอร์วิซอินสแตนซ์.....18

หน้า

3.2.1 เวลาตอบกลับ....18
3.2.2 สภาพพร้อมใช้งาน....19
3.2.3 ความเชื่อถือได้....19
3.3 การเรียนรู้โดยข่ายงานประสาทเทียม....19
3.4 การทำนายค่าคิวโอเอส....19
3.5 การเลือกแผนเซอร์วิซประกอบจากค่าคิวโอเอสโดยรวมด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม....19
3.5.1 การสร้างประชากรเริ่มต้น....21
3.5.2 การจัดกลุ่มเซอร์วิซอินสแตนซ์ซึ่งสามารถเป็นคำตอบได้....22
3.5.3 การประเมินค่าคิวโอเอสของแต่ละคำตอบ....22
3.5.4 การกำหนดตัวแทนและค่าคุณภาพของโครโมโซม....24
3.5.5 การคัดเลือกโครโมโซม....25
3.5.6 การสร้างประชากรรุ่นถัดไป....25
3.5.7 การหยุดวิวัฒนาการ....26
บทที่ 4 การทดลอง....27
4.1 เครื่องมือที่ใช้....27
4.1.1 ฮาร์ดแวร์....27
4.1.2 ซอฟต์แวร์และไลบรารี....27
4.1.3 การพัฒนาโปรแกรมที่ใช้ในงานวิจัย....27
4.2 วิธีการในการทดลอง....29
บทที่ 5 บทสรุป....42
5.1 สรุปผลการวิจัย....42
5.2 ข้อจำกัดของงานวิจัย....42
5.3 ข้อเสนอแนะในการพัฒนาเพิ่มเติม....43
รายการอ้างอิง....45
ภาคผนวก....47
ภาคผนวก ก เซอร์วิซประกอบที่ได้จากการทดลอง....48
ภาคผนวก ข การทดสอบสมมติฐานในการไม่พิจารณาแบนด์วิดท์....61
ภาคผนวก ค การใช้กรอบงานเวกาด้วยเน็ตบีนส์....64
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์....67

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 สูตรการคำนวณคุณภาพการให้บริการสำหรับโครงสร้างกระแสงาน.....23
ตารางที่ 4.1 เซอร์วิซอินสแตนซ์ที่ระดับความละเอียดตรงกับเซอร์วิซนามธรรม.....30
ตารางที่ 4.2 เซอร์วิซอินสแตนซ์ที่ระดับความละเอียดหยาบกว่าเซอร์วิซนามธรรม.....30
ตารางที่ 4.3 ที่ตั้งของเครื่องเซิร์ฟเวอร์ของเซอร์วิซอินสแตนซ์.....31
ตารางที่ 4.4 ตัวอย่างไฟล์สำหรับการเรียนรู้ของข่ายงานประสาทเทียม.....32
ตาราง ที่ 4.5 ค่าความผิดพลาดสำหรับโมเดลเวลาตอบกลับของเซอร์วิซอินสแตนซ์.....34
ตาราง ที่ 4.6 ค่าความผิดพลาดสำหรับโมเดลความเชื่อถือได้ของเซอร์วิซอินสแตนซ์.....35
ตาราง ที่ 4.7 ค่าความผิดพลาดสำหรับโมเดลสภาพพร้อมใช้งานของเซอร์วิซอินสแตนซ์.....36
ตารางที่ 4.8 ตัวอย่างไฟล์สำหรับการทำนายค่าจากข่ายงานประสาทเทียม.....37
ตารางที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการใช้งานและค่าฟิตเนสของแต่ละคำตอบสำหรับการใช้งาน ณ เวลานั้น.....39
ตารางที่ ก-1 – ตารางที่ ก-4 เซอร์วิซประกอบที่ได้จากการทดลอง.....49
ตารางที่ ก-5 – ตารางที่ ก-8 เซอร์วิซประกอบที่ได้จากการทดลอง.....50
ตารางที่ ก-9 – ตารางที่ ก-12 เซอร์วิซประกอบที่ได้จากการทดลอง.....51
ตารางที่ ก-13 – ตารางที่ ก-16 เซอร์วิซประกอบที่ได้จากการทดลอง.....52
ตารางที่ ก-17 – ตารางที่ ก-20 เซอร์วิซประกอบที่ได้จากการทดลอง.....53
ตารางที่ ก-21 – ตารางที่ ก-24 เซอร์วิซประกอบที่ได้จากการทดลอง.....54
ตารางที่ ก-25 – ตารางที่ ก-28 เซอร์วิซประกอบที่ได้จากการทดลอง.....55
ตารางที่ ก-29 – ตารางที่ ก-32 เซอร์วิซประกอบที่ได้จากการทดลอง.....56
ตารางที่ ก-33 – ตารางที่ ก-36 เซอร์วิซประกอบที่ได้จากการทดลอง.....57
ตารางที่ ก-37 – ตารางที่ ก-40 เซอร์วิซประกอบที่ได้จากการทดลอง.....58
ตารางที่ ก-41 – ตารางที่ ก-44 เซอร์วิซประกอบที่ได้จากการทดลอง.....59
ตารางที่ ก-45 – ตารางที่ ก-48 เซอร์วิซประกอบที่ได้จากการทดลอง.....60
ตารางที่ ข-1 ค่าฟิตเนสเฉลี่ยของคำตอบ ณเ วลาต่างๆของการใช้งาน.....62
ตารางที่ ข-2 ผลลัพธ์จากการทดสอบสมมติฐาน.....63

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 ตัวอย่างโครงสร้างข่ายงานประสาทเทียม.....6
รูปที่ 2.2 การทำงานของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม.....11
รูปที่ 3.1 ภาพรวมของระบบ.....16
รูปที่ 3.2 ตัวอย่างของโครงสร้างกระแสงานในแบบต่างๆ.....17
รูปที่ 3.3 ตัวอย่างประเภทของงานและเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่ทำงานแต่ละประเภทได้.....18
รูปที่ 3.4 รูปแบบการประกอบเซอร์วิซเมื่อเซอร์วิซอินสแตนซ์มีระดับความละเอียดที่หลากหลาย.20
รูปที่ 3.5 ตัวอย่างโครโมโซมในประชากรเริ่มต้น.....21
รูปที่ 3.6 กลุ่มเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่เป็นคำตอบ.....22
รูปที่ 3.7 ค่าฟิตเนสตัวแทนของโครโมโซม.....24
รูปที่ 3.8 ตัวอย่างการกลายพันธุ์.....25
รูปที่ 3.9 ตัวอย่างการไขว้เปลี่ยน.....25
รูปที่ 4.1 อัลกอริทึมของโปรแกรมเฝ้าสังเกตุ.....28
รูปที่ 4.2 ไฟล์ที่ได้จากการเฝ้าสังเกต.....28
รูปที่ 4.3 ประเภทของเซอร์วิซที่ใช้ในการทดลอง.....29
รูปที่ 4.4 ตัวอย่างข้อมูลที่ได้จากระบบเฝ้าสังเกต.....32
รูปที่ 4.5 จำนวนครั้งที่เซอร์วิซอินสแตนซ์อยู่ในคำตอบ 5 อันดับแรกของการทำงาน ณ แต่ละเวลา.....38
รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการใช้งานและค่าฟิตเนสของคำตอบสำหรับเวลานั้น.....40
รูปที่ 4.7 จำนวนครั้งที่เซอร์วิซประกอบถูกเลือกเป็นคำตอบ.....41
รูปที่ ค-1 การนำไลบรารีเวกามาใช้ในเน็ตบีนส์.....64
รูปที่ ค-2 ตัวอย่างโค้ดสำหรับการสร้างโมเดล.....64
รูปที่ ค-3 ตัวอย่างโค้ดสำหรับการทำนายค่าจากโมเดล.....65

บทที่ 1

บทนำ

ในบทนำนี้จะแบ่งเป็นเจ็ดหัวข้อย่อย กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ของการวิจัย ขอบเขตของงานวิจัย ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ลำดับขั้นตอนการนำเสนอผลการวิจัยและ ผลงานตีพิมพ์จากวิทยานิพนธ์ ตามลำดับ ดังนี้

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันการสร้างบริการหรือเซอร์วิซเป็นที่น่าสนใจอย่างมากในธุรกิจเกี่ยวกับการให้บริการผ่านระบบสารสนเทศเนื่องจากเป็นการนำระบบเดิมที่มีอยู่แล้วกลับมาใช้ใหม่ได้ แต่ระบบของซอฟต์แวร์ขนาดใหญ่สาหรับองค์กรวิสาหกิจมักจะมีกระบวนการทางธุรกิจที่มีความซับซ้อน การให้บริการอาจจะไม่สามารถเกิดจากระบบที่อยู่ในองค์กรเพียงอย่างเดียวได้ จะต้องนำเซอร์วิซขององค์กรอื่นเพื่อใช้ในการทำงานร่วมประสานกัน (Orchestration) โดยใช้โมเดลทางธุรกิจเป็นตัวขับเคลื่อน การทำงานร่วมประสานกันหรือการประกอบกันของเซอร์วิซไม่เพียงแต่จะช่วยให้งานทางด้านบริการทางระบบสารสนเทศทำงานได้เพียงอย่างเดียวแต่ยังช่วยให้เกิดความหลากหลายในการสร้างงานบริการทางธุรกิจสารสนเทศด้วย

การทำงานประสานกันของเซอร์วิซ (Service Orchestration) จะทำให้เกิดเซอร์วิซประกอบ (Composite Service) [1] ซึ่งจะเกิดจากเซอร์วิซย่อยจำนวนหนึ่งมาทำงานร่วมประสานกันเพื่อให้บรรลุงานที่มีความซับซ้อนโดยจะต้องมีการควบคุมให้เซอร์วิซย่อยทำงานประสานกัน การทำงานร่วมประสานกันจะทำให้ระบบโดยรวมมีคุณภาพเพียงพอหรือไม่นั้น หนึ่งในปัจจัยคือเซอร์วิซย่อยที่นำมาใช้ทำงานร่วมประสานกันต้องมีคุณภาพด้วยเพื่อส่งผลรวมต่อเซอร์วิซประกอบ ดังนั้นเกณฑ์ในการเลือกแผนงานของเซอร์วิซย่อยมาทำงานร่วมกันเพื่อให้ได้เซอร์วิซประกอบที่มีคุณภาพจึงมีความสาคัญอย่างมากเช่นกัน

คุณภาพการให้บริการของเซอร์วิซ (Quality of Service) [2] หรือคิวโอเอส (QoS) มักถูกกล่าวถึงในแง่คุณภาพการให้บริการในระบบเครือข่าย (Network System) และถูกนำมาประยุกต์ใช้งานอย่างกว้างขวางในงานวิจัยและการใช้งานเกี่ยวกับด้านเว็บเซอร์วิซ ซึ่งส่วนมากผู้ใช้บริการจะนำคิวโอเอสมาช่วยในการตัดสินใจในการเลือกเซอร์วิซมาใช้งานหรือประกอบเซอร์วิซจากปัจจัยทางคุณภาพในการให้บริการต่างๆที่มีความสำคัญ เช่น เวลาตอบกลับของเซอร์วิซ (Response Time) สภาพพร้อมใช้งานของเซอร์วิซ (Availability) และความเชื่อถือได้ของเซอร์วิซ (Reliability)

เป็นต้น ซึ่งปัจจัยเชิงคุณภาพต่างๆเหล่านี้มีความเป็นพลวัต (Dynamic) โดยค่าจะเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา ปริมาณการใช้งานเครือข่าย ปริมาณการใช้งานเว็บเซอร์วิซ และการบำรุงรักษาเว็บเซอร์วิซ อย่างไรก็ตามมีงานวิจัยจำนวนมากที่เสนอมาตรวัดเชิงคุณภาพของเว็บเซอร์วิซประกอบซึ่งผู้วิจัยได้มองว่าตัววัดเชิงคุณภาพที่มีประสิทธิภาพเพียงพอจะต้องเกิดขึ้นจากการรวมหลายๆค่าคุณภาพการให้บริการ เช่น เวลาตอบกลับ สภาพพร้อมใช้งาน และความเชื่อถือได้ของเซอร์วิซในการให้บริการ เข้าด้วยกันเป็นต้น

การประกอบเซอร์วิซโดยทั่วไปเริ่มจากการกำหนดประเภทของเซอร์วิซหรือเซอร์วิซนามธรรม (Abstract Service) ซึ่งจะทำงานร่วมกันในเซอร์วิซประกอบ จากนั้นเลือกเซอร์วิซอินสแตนซ์ (Service Instance) ของเซอร์วิซแต่ละประเภทมาทำงานร่วมกันโดยเรียกว่าการวางแผน (Planning) และเนื่องจากแต่ละประเภทของเซอร์วิซอาจมีเซอร์วิซอินสแตนซ์ได้หลายตัว การวางแผนจึงเป็นการเลือกเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่เมื่อทำงานร่วมกันแล้วจะมีคิวโอเอสโดยรวมที่ดี โดยคิวโอเอสของเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่นำมาพิจารณานั้นมักได้มาจากการประกาศของผู้ให้บริการ

จากลักษณะการประกอบเซอร์วิซดังที่กล่าวมาผู้วิจัยเห็นว่า (1) ค่าคิวโอเอสของเซอร์วิซอินสแตนซ์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นกับสภาพแวดล้อมการทำงานและปริมาณการใช้งานของผู้ใช้บริการ ณ เวลาที่แตกต่างกันทำให้การวางแผนเซอร์วิซประกอบโดยอาศัยเพียงค่าคิวโอเอสที่ผู้ให้บริการประกาศไว้อาจจะไม่เหมาะสมนัก (2) เซอร์วิซอินสแตนซ์ที่ให้บริการอยู่อาจจะมีความหลากหลาย เช่น เซอร์วิซอิน สแตนซ์หนึ่งมีขนาดใหญ่และสามารถทำงานครอบคลุมหลายอย่าง (Coarse Granularity) อินสแตนซ์นี้จะไม่ถูกเลือกมาทำงานในแผนเพราะไม่ตรงกับประเภทของเซอร์วิซที่กำหนดไว้ซึ่งมีขอบเขตการทำงานที่เล็กกว่าหรือมีความละเอียดกว่า (Finer Granularity)

ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะเสนอวิธีการประกอบเซอร์วิซโดยคำนึงถึงสองประเด็นข้างต้น กล่าวคือคำนึงถึงพฤติกรรมจริงในอดีตในการให้บริการของเซอร์วิซอินสแตนซ์เพื่อนำมาใช้ทำนายค่าคิวโอเอสสำหรับใช้ในการสร้างเซอร์วิซประกอบได้อย่างเหมาะสมต่อการใช้งานมากยิ่งขึ้น โดยการทำนายค่าคิวโอเอสจะทำบนข้อมูลประสบการณ์การใช้งานในอดีตของผู้ใช้บริการโดยอาศัยข่ายงานประสาทเทียม นอกจากนี้ในการประกอบเซอร์วิซจะคำนึงถึงการให้บริการของเซอร์วิซอินสแตนซ์ซึ่งมีความหยาบกว่าหรือทำงานมากกว่าเซอร์วิซนามธรรมที่กำหนดไว้ด้วย และใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมในการหาแผนที่เหมาะสม

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อเสนอวิธีประกอบเซอร์วิซจากการทำนายค่าคุณภาพการให้บริการของเซอร์วิซ

อินสแตนซ์และรองรับเซอร์วิซอินสแตนซ์ซึ่งมีขอบเขตการทำงานที่หยาบกว่าประเภทของเซอร์วิซนามธรรมที่กำหนดไว้โดยใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1) ค่าคิวโอเอสที่จะทำนายและใช้พิจารณาในการประกอบเซอร์วิซมี 3 ด้านคือ เวลาตอบกลับของเซอร์วิซ สภาพพร้อมใช้งานของเซอร์วิซ และ ความเชื่อถือได้ของเซอร์วิซในการให้บริการ

2) การทำนายค่าคิวโอเอสและการประกอบเซอร์วิซจะทดลองกับประเภทเซอร์วิซจำนวน 5 ประเภทเป็นอย่างน้อย จำนวนเซอร์วิซอินสแตนซ์มี 39 อินสแตนซ์ และมีเซอร์วิซอินสแตนซ์จำนวนหนึ่งที่ครอบคลุมการทำงานมากกว่า 1 ประเภท

3) การทำนายค่าคิวโอเอสทำโดยใช้ข่ายงานประสาทเทียมโดยทำการเรียนรู้อย่างน้อย 1000 รอบ

4) ค่าคิวโอเอสที่ทำนายได้และข้อมูลที่ใช้ในการเรียนรู้ของข่ายงานประสาทเทียมจะเป็นค่าที่ใช้ในช่วงเวลาการทำงานปกติไม่รวมถึงกรณีวันหยุดหรือวันพิเศษ

5) เซอร์วิซอินสแตนซ์ที่ใช้ในการทดลองจะไม่ถูกแก้ไขเปลี่ยนแปลงตลอดการเก็บข้อมูลและทำนายค่าคุณภาพ

6) การประกอบเซอร์วิซทำโดยใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม โดยใช้ประชากรอย่างน้อย 100 รุ่น รุ่นละอย่างน้อย 100 คำตอบ

7) ผู้ประกอบเซอร์วิซเป็นผู้กำหนดร่างกระแสการทำงานของเซอร์วิซพร้อมทั้งกำหนดค่าที่จำเป็นต้องใช้ได้แก่ ความน่าจะเป็นที่จะเกิดในโครงสร้างกระแสงานแบบทางเลือก จำนวนรอบการทำงานของโครงสร้างกระแสงานแบบลูป ค่าน้ำหนักต่างๆของฟิตเนสฟังก์ชัน

8) เซอร์วิซอินสแตนซ์ที่ใช้ประกอบในกระแสงานจะถือว่าไม่มีปัญหาเรื่องความเข้ากันได้ของส่วนต่อประสาน

9) การประกอบเซอร์วิซรองรับการเลือกเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่มีขอบเขตการทำงานที่หยาบกว่าประเภทของเซอร์วิซนามธรรม

1.4 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1) ศึกษาปัจจัยเชิงคุณภาพของเซอร์วิซ

2) ศึกษาทฤษฎีพื้นฐานของเซอร์วิซประกอบ

3) ศึกษาทฤษฎีพื้นฐานของการรวมเซอร์วิซประกอบ

4) ศึกษาทฤษฎีพื้นฐานของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม

5) ศึกษาทฤษฎีพื้นฐานของข่ายงานประสาทเทียม

6) ออกแบบวิธีการประกอบเซอร์วิซและทำการทดลองสร้างแผน

7) ทดสอบวิธีการที่นำเสนอ

8) วิเคราะห์ผลการทดลอง

9) สรุปผลและเรียบเรียงวิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ได้วิธีการในการใช้ข่ายงานประสาทเทียมในการทำนายคิวโอเอสของเซอร์วิซในด้านเวลาตอบกลับของเซอร์วิซ สภาพพร้อมใช้งานของเซอร์วิซ และความเชื่อถือได้ของเซอร์วิซ ซึ่งวิธีการนี้จะเป็นแนวทางในการพิจารณาการทำนายค่าคิวโอเอสในด้านอื่นในอนาคต

2) ได้วิธีการประกอบเซอร์วิซโดยใช้ขั้นตอนวิธีพันธุกรรมซึ่งรองรับการทำนายคิวโอเอสและรองรับการที่เซอร์วิซอินสแตนซ์ที่เลือกมาประกอบมีความสามารถหยาบกว่าที่กำหนด

1.6 ลำดับขั้นตอนการนำเสนอผลการวิจัย

วิทยานิพนธ์นี้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 5 บทดังต่อไปนี้ บทที่ 1 เป็นบทนำซึ่งกล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหารวมถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในงานวิจัยนี้ บทที่ 3 กล่าวถึงขั้นตอนการออกแบบการดำเนินงาน บทที่ 4 กล่าวถึงการทดลองของงานวิจัยนี้ บทที่ 5 กล่าวถึงการวิเคราะห์ผลการทดลองและสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

1.7 ผลงานตีพิมพ์จากวิทยานิพนธ์

ส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์นี้ ได้รับการตีพิมพ์เป็นบทความทางวิชาการในหัวข้อเรื่อง ”Composing Services with Various Granularity Levels Using a Genetic Algorithm” หรือ “การประกอบเซอร์วิซที่มีระดับความละเอียดที่หลากหลายโดยใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม” โดย นิธิโรจน์ วงศ์สว่างพานิช และ ทวิตีย์ เสนีวงศ์ ณ อยุธยา ในงานประชุมวิชาการ The 2010 National Computer Science and Engineering Conference (NCSEC 2010) ในหมวด Computer Software ณ โรงแรม เซ็นทารา ดวงตะวัน จังหวัดเชียงใหม่ ประเทศไทย ระหว่างวันที่ 17-19 ตุลาคม 2553

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้แบ่งเป็นสี่หัวข้อย่อย กล่าวถึงทฤษฎีเซอร์วิซประกอบและค่าคิวโอเอส ทฤษฎีข่ายงานประสาทเทียม ทฤษฎีขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ตามลำดับดังนี้

2.1 ทฤษฎีเซอร์วิซประกอบและค่าคิวโอเอส

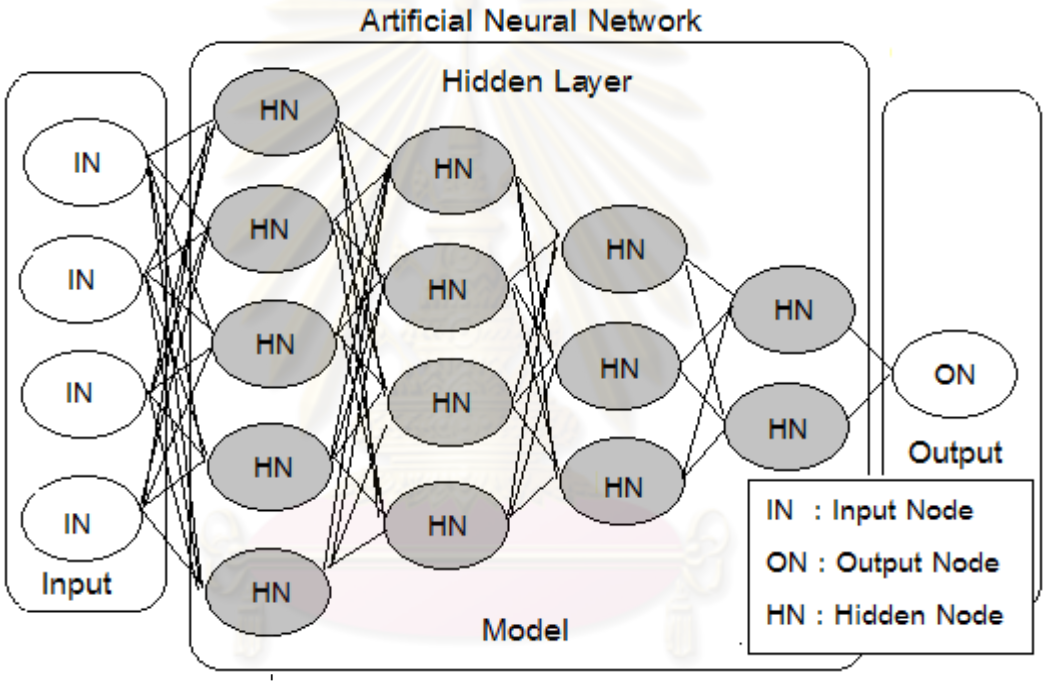
ในปัจจุบันการทำงานใดๆงานหนึ่งอาจมีความซับซ้อนสูง การใช้บริการเว็บเซอร์วิซหนึ่งๆ อาจจะไม่เพียงพอ จึงมีแนวคิดที่เว็บเซอร์วิซหลายๆเว็บเซอร์วิซมาทำงานร่วมประสานกัน ซึ่งเซอร์วิซเหล่านั้นเรียกเซอร์วิซประกอบ

ในการคัดเลือกเซอร์วิซย่อยหนึ่งๆมาทำงานนั้นสามารถพิจารณาได้หลายแง่ ซึ่งงานวิจัยส่วนมากจะใช้ค่าคิวโอเอสในการให้บริการของเซอร์วิซมาตัดสินว่าเซอร์วิซอินสแตนซ์ใดควรถูกเลือกมากกว่ากัน เนื่องจากจะเป็นการบอกถึงคุณภาพในการให้บริการของเซอร์วิซนั้นๆ ไม่ว่าจะเป็นเวลาตอบกลับ ความเชื่อถือได้ของเซอร์วิซ สภาพพร้อมใช้งานของเซอร์วิซ เป็นต้น ซึ่งงานวิจัยส่วนใหญ่จะนำค่าคุณภาพเหล่านี้มาจากค่าที่ผู้ให้บริการประกาศไว้ ซึ่งอาจเป็นค่าที่ไม่ทันสมัยนัก เนื่องจากค่าคุณภาพเหล่านี้จะเปลี่ยนไปตามสภาพการใช้งาน ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงได้สร้างระบบเฝ้าสังเกตค่าเหล่านี้โดยเฉพาะ โดยผู้วิจัยมีความเชื่อว่าค่าคิวโอเอสจะเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพการใช้งาน ณ เวลาต่างๆ

2.2 ทฤษฎีข่ายงานประสาทเทียม

ข่ายงานประสาทเทียม (Artificial Neural Network) [3] เป็นโมเดลทางคณิตศาสตร์หรือเป็นแบบจำลองการทำงานของเครื่องที่ลอกเลียนวิธีการทำงานของโครงข่ายประสาทสมองมนุษย์ โดยการทำงานของสมองมนุษย์นั้นจะประกอบไปด้วยเซลล์ประสาท (Neurons) และจุดประสานงานประสาท (Synapses) ซึ่งแต่ละเซลล์ประสาทประกอบด้วยปลายในการรับกระแสประสาท (Dendrite) และปลายในการส่งกระแสประสาท (Axon) เมื่อมีการ กระตุ้นจากกระแสไฟฟ้าเคมีเข้ามาที่เซลล์ประสาทจะทำให้เกิดการประมวลผลที่เซลล์ประสาทนั้นและส่งต่อไปยังเซลล์ประสาทอื่นจนได้ผลลัพธ์ออกมา ซึ่งข่ายงานประสาทเทียมได้เลียนแบบการทำงานเช่นนี้ดังในรูปที่ 2.1 โดยจะประกอบด้วยเซตของโหนด (Node) ซึ่งอาจจะถูกกำหนดให้เป็นโหนดอินพุต (Input Nodes) โหนดเอาต์พุต (Output Nodes) หรือ โหนดอยู่ชั้นระหว่างกลางซึ่งเรียกว่า โหนดฮิดเดน (Hidden Nodes) มีการเชื่อมต่อระหว่างโหนดโดยกำหนดค่าน้ำหนัก (Weight) กำกับอยู่ที่เส้นเชื่อมทุกเส้น

เมื่อข่ายงานประสาทเทียมเริ่มทำงาน จะมีการกำหนดค่าให้แก่โหนดอินพุต โดยค่าเหล่านี้อาจจะได้มาจากการกำหนดโดยมนุษย์ จากเซนเซอร์ที่วัดค่าต่างๆ หรือผลจากโปรแกรมอื่นๆ จากนั้นโหนดอินพุต จะส่งค่าที่ได้รับ ไปตามเส้นเชื่อมขาออก โดยที่ค่าที่ส่งออกไปจะถูกคูณกับค่าน้ำหนักของเส้นเชื่อม โหนดในชั้นถัดไปจะรับค่า ซึ่งเป็นผลรวมจากโหนดต่างๆ แล้วจึงคำนวณผลอย่างง่ายโดยฟังก์ชันกระตุ้น (Activation Function) แล้วส่งค่าไปยังชั้นถัดไป การคำนวณเช่นนี้จะเกิดขึ้นไปเรื่อยๆ ทีละชั้น จนถึงโหนดเอาต์พุตโดยจัดเป็นการเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Supervised Learning) ประเภทหนึ่ง



รูปที่ 2.1 ตัวอย่างโครงสร้างข่ายงานประสาทเทียม

2.2.1 การเรียนรู้แบบมีผู้สอน

การเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Supervised Learning) เป็นเทคนิคหนึ่งของการเรียนรู้ของเครื่อง ซึ่งสร้างฟังก์ชันจากข้อมูลสอน (Training data) ข้อมูลสอนประกอบด้วยวัตถุเข้า และผลที่ต้องการ ผลจากการเรียนรู้จะเป็นฟังก์ชันที่อาจจะให้ค่าต่อเนื่องซึ่งจะเรียกวิธีการว่า การถดถอย (Regression) หรือ ใช้ทำนายประเภทของวัตถุ เรียกว่า การแบ่งประเภท (Classification) ภารกิจของเครื่องเรียนรู้แบบมีผู้สอนคือการทำนายค่าของฟังก์ชันจากวัตถุเข้าที่ถูกต้องโดยใช้ตัวอย่างสอน (Training Examples) ซึ่งก็คือคู่ของข้อมูลเข้าและผลที่เป็นเป้าหมายเป็นจำนวนน้อย โดยเครื่องเรียนรู้จะต้องวางนัยทั่วไป (Generalize) จากข้อมูลที่มีอยู่ไปยังกรณีที่ไม่เคยพบอย่างมี

เหตุผล

2.2.2 การใช้งานข่ายงานประสาทเทียม

นิยมใช้ในการทำนายค่าที่จะเกิดขึ้นโดยจะประกอบไปด้วยสองขั้นตอนเพื่อใช้งานในการทำนายค่าดังนี้

ขั้นที่หนึ่งจะต้องทำให้ข่ายงานประสาทเทียมทำการเรียนรู้เพื่อสร้างโมเดลทางคณิตศาสตร์ให้เข้ากับอินพุตและเอาต์พุตซึ่งอาจจะต้องเรียนรู้หลายรอบเพื่อปรับโมเดลทางคณิตศาสตร์ให้เข้ากับข้อมูลที่สอนให้มากที่สุด โดยมากจะใช้ ข่ายงานประสาทเทียมแบบเพอร์เซ็ปตรอนหลายชั้น (Multilayer Perceptron) ซึ่งเป็นรูปแบบหนึ่งของข่ายงานประสาทเทียมที่มีโครงสร้างเป็นแบบหลายๆชั้น ใช้สำหรับงานที่มีความซับซ้อนได้ผลเป็นอย่างดี โดยมีกระบวนการเรียนรู้แบบมีผู้สอนและใช้อัลกอริทึมการส่งค่าย้อนกลับ (Backpropagation Algorithm) สำหรับการฝึกฝนกระบวนการส่งค่าย้อนกลับ ประกอบด้วย 2 ส่วนย่อยคือ การส่งผ่านไปข้างหน้า (Forward Pass) การส่งผ่านย้อนกลับ (Backward Pass) สำหรับการส่งผ่านไปข้างหน้า ข้อมูลจะผ่านเข้าข่ายงานประสาทเทียมที่ชั้นข้อมูลเข้า และจะส่งผ่าน จากอีกชั้นหนึ่งไปสู่อีกชั้นหนึ่งจนกระทั่งถึงชั้นข้อมูลออก ส่วนการส่งผ่านย้อนกลับค่าน้ำหนักการเชื่อมต่อจะถูกปรับเปลี่ยนให้สอดคล้องกับกฎการแก้ข้อผิดพลาด (Error Correction) คือผลต่างของผลตอบที่แท้จริง (Actual Response) กับผลตอบเป้าหมาย (Target Response) เกิดเป็นสัญญาณผิดพลาด (Error Signal) ซึ่งสัญญาณผิดพลาดนี้จะถูกส่งย้อนกลับเข้าสู่ข่ายงานประสาทเทียมในทิศทางตรงกันข้ามกับการเชื่อมต่อ และค่าน้ำหนักของการเชื่อมต่อจะถูกปรับจนกระทั่งผลตอบที่แท้จริงเข้าใกล้ผลตอบเป้าหมาย

ขั้นที่สองเป็นการทำนายค่า (Prediction) หรือการใช้งานซึ่งขั้นนี้ต้องใส่ข้อมูลอินพุตเพื่อให้ได้ค่าข้อมูลเอาต์พุตที่ข่ายงานประสาทเทียมได้ทำนายออกมาจากโมเดลที่สร้างได้จากขั้นตอนที่หนึ่ง

การใช้งานข่ายงานประสาทเทียมนั้นจะต้องมีการแบ่งข้อมูลออกเป็นชุดสอนและชุดทดสอบ แต่ในบางครั้งอาจเกิดปัญหาจากการเลือกข้อมูลที่ดีและง่ายมาเป็นข้อมูลชุดทดสอบทำให้ผลการทำนายค่านั้นดีเกินจริง ดังนั้นจึงมีการคิดวิธีการทดสอบแบบไขว้ข้ามเคพับ (k-Fold Cross Validation) ขึ้นมาแก้ปัญหา

การใช้ข่ายงานประสาทเทียมถูกนำมาใช้ในแง่ของการพยากรณ์ค่าต่างๆเนื่องจากมีความแม่นยำสูงแม้เป็นข้อมูลที่มีความซับซ้อนมากก็ตามเช่น การใช้ข่ายงานประสาทเทียมเพื่อพยากรณ์ราคาหุ้น การใช้ข่ายงานประสาทเทียมเพื่อพยากรณ์สภาพอากาศ การใช้ข่ายงานประสาทเทียม

เพื่อพยากรณ์สภาพการจราจร การใช้ข่ายงานประสาทเทียมเพื่อพยากรณ์ราคาทองคำ และการใช้ข่ายงานประสาทเทียมเพื่อพยากรณ์ค่าคิวโอเอส เป็นต้น

2.2.3 การทดสอบแบบไขว้ข้ามเคพับ

การทดสอบแบบไขว้ข้ามเคพับ (k-Fold Cross Validation) เป็นวิธีการที่แบ่งข้อมูลออกเป็นกลุ่มจำนวน k กลุ่ม (k-Fold) ในตอนแรกเลือกข้อมูลกลุ่มที่ 1 เป็นข้อมูลชุดทดสอบ และข้อมูลชุดที่เหลือจะเป็นข้อมูลชุดสอนเพื่อใช้สร้างโมเดล แล้วนำข้อมูลชุดทดสอบไปทำนายค่าและทำการเก็บข้อผิดพลาด (Error) จากโมเดลของข้อมูลชุดสอนนั้นไว้ จากนั้นจะสลับข้อมูลกลุ่มที่ 2 มาเป็นชุดทดสอบและข้อมูลชุดที่เหลือจะเป็นข้อมูลชุดสอนเพื่อสร้างโมเดลและทดสอบและเก็บข้อผิดพลาดซ้ำอีก สลับอย่างนี้ไปเรื่อยๆจนครบ k กลุ่ม ในขั้นตอนสุดท้ายจะหาค่าเฉลี่ยของค่าความถูกต้องในแต่ละกลุ่มจากข้อผิดพลาดที่ได้เก็บไว้ วิธีการนี้ข้อมูลทุกตัวอย่างจะได้เป็นทั้งชุดทดสอบและชุดสอน

2.2.4 การวัดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์

จะคิดจากการวัดความคลาดเคลื่อนของค่าจริงและค่าที่พยากรณ์ได้โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ต่างๆ หรือจำนวนข้อมูลต่างๆ จะพิจารณาจากการที่ค่าจริงใกล้เคียงค่าทำนายที่สุด หรือทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด ย่อมเป็นค่าที่เหมาะสมกับการใช้ทำนายให้ได้ผลลัพธ์ที่แม่นยำ การวัดความคลาดเคลื่อนสามารถวัดได้จากค่าต่างๆ ดังนี้

1) รากกำลังสองเฉลี่ยของค่าผิดพลาด (Root Mean Square Error : RMSE) เป็นวิธีการประเมินความแม่นยำของค่าทำนายกับค่าที่วัดได้จริงโดยค่ายิ่งน้อยแสดงว่ามีความแม่นยำจากข่ายงานประสาทเทียมมากซึ่งสามารถคำนวณได้จาก

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \frac{(x_i - y_i)^2}{n}} \qquad (1)$$

โดยกำหนด

$RMSE$ คือ รากกำลังสองเฉลี่ยของค่าผิดพลาด

n คือ จำนวนข้อมูลจากการเรียนรู้ทั้งหมด

x_i คือค่าที่ทำนายได้จากข่ายงานประสาทเทียม

y_i คือ ค่าจากข้อมูลการเรียนรู้

2). ค่าเฉลี่ยสัมบูรณ์ของค่าผิดพลาด (Mean Absolute Error : MAE) เป็นค่าที่ใช้วัดความแม่นยำจากข่ายงานประสาทเทียมโดยเป็นค่าเฉลี่ยระหว่างค่าที่ทำนายจากข่ายงานประสาทเทียมและค่าเฉลี่ยจากข้อมูลที่ได้ทำการสอนข่ายงาน โดยคำนวณได้จากค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของค่าความคลาดเคลื่อนแต่ละตัว

$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}|x_i - y_i| \qquad (2)$$

โดยกำหนด

MAE คือ ค่าเฉลี่ยสัมบูรณ์ของค่าผิดพลาด

n คือ จำนวนข้อมูลจากการเรียนรู้ทั้งหมด

x_i คือค่าที่ทำนายได้จากข่ายงานประสาทเทียม

y_i คือ ค่าจากข้อมูลการเรียนรู้

ในการทดลองจากงานวิจัยได้เลือกกรอบงานของเวกา (WEKA Framework) เป็นเครื่องมือเพื่อใช้ในการเรียนรู้และทำนายค่าจากข่ายงานประสาทเทียม เนื่องจากเวกาเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองในงานวิจัยเกี่ยวกับ เหมืองข้อมูล (Data Mining) การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) ซึ่งเป็นที่ยอมรับในหมู่นักวิจัย โดยมีวิธีใช้และอัลกอริทึมให้เลือกหลากหลาย ซึ่งรายละเอียดในการทดลองจะกล่าวในบทที่ 3-4 ต่อไป

ในงานวิจัยนี้จะนำข่ายงานประสาทเทียมมาใช้ในการทำนายหาค่าคิวโอเอสโดยมีโหนดอินพุตคือ เวลาขณะขอใช้บริการซึ่งประกอบด้วยชั่วโมงที่ขอใช้บริการ นาทีที่ขอใช้บริการ และวินาทีที่ขอใช้บริการ ส่วนโหนดเอาต์พุตคือ เวลาตอบกลับของการให้บริการ สภาพพร้อมใช้งาน และความเชื่อถือได้ของบริการ

2.3 ทฤษฎีขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม

ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) [4] เป็นหนึ่งในอัลกอริทึมประยุกต์วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตเป็นหนึ่งในวิธีการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) ใช้เพื่อแก้ปัญหาทางคอมพิวเตอร์ศาสตร์โดยเริ่มคิดค้นจากทฤษฎีวิวัฒนาการในทางชีววิทยาซึ่งถือเป็นทฤษฎีแกนหลักซึ่งนำไปสู่การทำความเข้าใจในความเป็นมาของสิ่งมีชีวิต สปีชีส์ถือกำเนิดและสูญพันธ์ได้อย่างไร อะไรก่อให้เกิดความหลากหลายทางชีวภาพ และเหตุใดสิ่งมีชีวิตจึงสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อม

ชาร์ลส์ ดาร์วิน ตอบคำถามเหล่านี้โดยอธิบายว่าวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตทั้งหลายนั้นเกิด

จากกระบวนการสืบทอดผ่านรุ่นสู่รุ่นและกระบวนการคัดสรรตามธรรมชาติ (Natural Selection Process) โดยเมื่อมีปัจเจก (Individual) หลายตนมารวมกลุ่มกันเป็นประชากรในสภาพแวดล้อมหนึ่ง ปัจเจกที่ไม่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมนั้นจะไม่สามารถสืบเผ่าพันธุ์ของตนได้ ส่งผลให้ประชากรรุ่นต่อไปเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นอย่างนี้รุ่นสู่รุ่นเรื่อยไป นอกจากนี้ความรู้ทางชีววิทยายังบอกเราอีกว่า การเปลี่ยนแปลงของประชากรในแต่ละรุ่นไม่ได้เกิดขึ้นเพียงเพราะการหายไปของปัจเจกที่ไม่เหมาะสมเท่านั้น หากยังเกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมของปัจเจกที่เหลือรอดอีกด้วย ซึ่งทั้งหมดนี้เป็นขั้นตอนวิธีที่มีอยู่ เป็นกลไกในธรรมชาติและเป็นแรงบันดาลใจให้นักคอมพิวเตอร์ศาสตร์คิดขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมขึ้นมา โดยในทางคอมพิวเตอร์ศาสตร์ การแก้ปัญหาส่วนใหญ่จะทำโดยใช้กระบวนการค้นหาเพื่อให้ได้คำตอบที่ดีที่สุดในปริภูมิของคำตอบทั้งหมด ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมจัดเป็นกระบวนการค้นหารูปแบบหนึ่งซึ่งเลียนแบบมาจากทฤษฎีวิวัฒนาการโดยแทนคำตอบแต่ละคำตอบที่เป็นไปได้ในรูปของสายอักขระ อันเปรียบเสมือนสายพันธุกรรมของปัจเจกหนึ่ง ซึ่งในสถานะแต่ละสถานะของการค้นหาจะประกอบด้วยปัจเจกหลายๆตัวรวมกันเป็นประชากร โดยตัวกระทำการจะเป็นได้ทั้งการคัดออกของปัจเจกที่ไม่เหมาะสมและการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมของปัจเจกที่เหมาะสม เช่น การไขว้เปลี่ยน (Crossover) และการกลายพันธุ์ (Mutation)

เมื่อมองในด้านกระบวนการค้นหาอาจกล่าวว่าขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมก็คือรูปแบบหนึ่งของการค้นหาแบบลำแสงอย่างสุ่ม (Random Beam-Search) กล่าวคือเป็นการค้นหาที่เก็บคำตอบในแต่ละครั้งไว้หลายๆคำตอบและการเลือกคำตอบทำแบบสุ่ม ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมมีลักษณะเด่นเหนือกระบวนการค้นหาวิธีอื่นทั่วไปอยู่หลายประการทั้งในเรื่องความง่ายในการนำไปปฏิบัติและความสามารถในการค้นหาจากบริเวณที่หลากหลายในปริภูมิสถานะซึ่งทำให้รับมือกับปัญหาค่าดีที่สุดเฉพาะที่ (Local Optimum) ได้ดีนั่นคืออาจกล่าวว่าขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมเป็นกระบวนการค้นหาที่มีประสิทธิภาพวิธีหนึ่งโดยมีองค์ประกอบหลักๆดังต่อไปนี้

- การแปลงโครโมโซม (Chromosome Encoding) คือขั้นตอนในการแปลงคำตอบที่เป็นไปได้สำหรับการแก้ปัญหาให้อยู่ในรูปแบบของโครโมโซม

- การสร้างประชากรเริ่มต้น (Initial Population) คือการเลือกประชากรเริ่มต้นซึ่งโดยมากได้จากการสุ่มเลือกเพื่อสร้างคำตอบที่เป็นประชากรเริ่มต้นจากประชากรทั้งหมด

- ฟิตเนสฟังก์ชัน (Fitness Function) คือฟังก์ชันที่ใช้สำหรับประเมินค่าความเหมาะสมของโครโมโซมคำตอบโดยโครโมโซมทุกตัวจะมีค่าความเหมาะสมของตัวเองเพื่อใช้ในการพิจารณาว่า โครโมโซมตัวนั้นเหมาะหรือไม่ที่จะใช้สืบทอดพันธุกรรมสำหรับสร้างโครโมโซมรุ่นใหม่ โดยวิธี

การสำหรับคิดค่าความเหมาะสมนั้นจะใช้สมการที่สอดคล้องกับแต่ละปัญหา

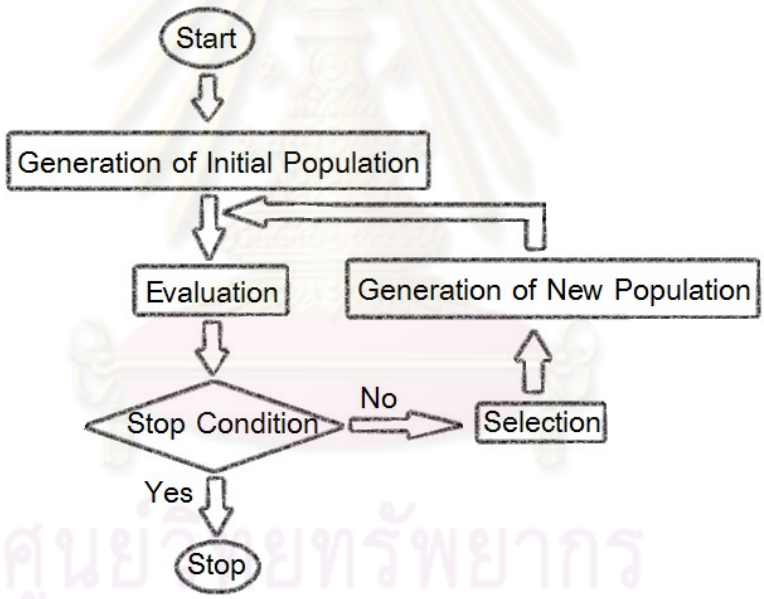
- การดำเนินการต่างๆในขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมเพื่อให้เกิดวิวัฒนาการไปสู่โครโมโซมรุ่นถัดไปเพื่อเข้าใกล้คำตอบที่ดีขึ้นซึ่งได้แก่

1) การไขว้เปลี่ยน (Crossover) คือการจับคู่ของโครโมโซมเพื่อสลับยีนระหว่างกันทำให้ได้โครโมโซมรุ่นใหม่ที่อาจไม่เคยมีมาก่อน ก่อให้เกิดการหาคำตอบแบบก้าวกระโดด

2) การกลายพันธุ์ (Mutation) คือการเปลี่ยนไปของยีนภายในโครโมโซมซึ่งอาจจะได้โครโมโซมรุ่นใหม่ที่ดีขึ้นหรือแย่ลงก็เป็นได้ ก่อให้เกิดการหาคำตอบที่บริเวณใกล้เคียง

3) การคัดเลือก (Selection) คือการคัดสรรโครโมโซมที่เหมาะสมที่สุดเพื่อใช้ในการสืบสายพันธุ์ไปยังรุ่นถัดไป

โดยขั้นตอนการทำงานของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมหรือจีเอจะทำงานตามรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 การทำงานของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม

ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมจะเริ่มจากการสร้างประชากร (Generation of Initial Population) อาจจะด้วยการสุ่ม จากนั้นนำประชากรที่ได้มาประเมินโดยฟิตเนสฟังก์ชัน (Evaluation) และคัดเลือกโครโมโซมที่ดี (Selection) เพื่อใช้สร้างโครโมโซมรุ่นถัดไป (Generation of New Population) โดยทำการไขว้เปลี่ยน (Crossover) และกลายพันธ์ (Mutation) เพื่อหาโครโมโซมที่จะเป็นคำตอบที่เหมาะสมต่อไป

เงื่อนไขการหยุดวิวัฒนาการ (Stop Condition) สามารถกำหนดได้หลากหลายรูปแบบขึ้น

กับปัญหาที่ใช้เช่น ครบรอบการทำงานที่กำหนดไว้แล้ว ได้คำตอบจากปัญหาแล้ว หรือประชากรในแต่ละรุ่นไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นจำนวนติดต่อกัน เป็นต้น

ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมถูกนำมาใช้ในแง่ของการค้นหาคำตอบในกรณีที่มีคำตอบที่เป็นไปได้เป็นจำนวนมาก เนื่องจากใช้การสุ่มหาคำตอบและมีวิธีการปรับคุณภาพของคำตอบที่สุ่มได้ในระหว่างกระบวนการหาคำตอบ จึงใช้เวลารวดเร็วและได้คำตอบที่เหมาะสม การประยุกต์ใช้งานทำได้หลายอย่าง เช่น การใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมในการหาเส้นทางสำหรับทดสอบโปรแกรม การใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมในการออกแบบสินค้า การใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมในการค้นหาเส้นทางในด้านปัญญาประดิษฐ์ต่างๆ และ การใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมในการประกอบกันของเซอร์วิซ เป็นต้น

งานวิจัยนี้ได้นำขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมเพื่อใช้ในการประกอบเซอร์วิซโดยใช้ค่าคิวโอเอสในการคำนวณฟิตเนสฟังก์ชันซึ่งรายละเอียดและวิธีการในการทดลองจะกล่าวในบทที่ 3-4 ต่อไป

2.4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องสามารถแบ่งเป็นหัวข้อต่างๆได้ดังนี้

1) งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประกอบกันของเซอร์วิซ โดยงานวิจัย [5] ที่เสนอโดย Gerardo Canfora, Massimiliano Di Penta, Raffaele Esposito และ Maria Luisa Villani ได้เสนอการใช้อัลกอริทึมทางพันธุกรรมหรือจีเอ ในการประกอบกันของเว็บเซอร์วิซเชิงคุณภาพการให้บริการโดยมีการทดลองเปรียบเทียบกับการใช้กำหนดการเชิงจำนวนเต็ม (Integer Programming) ในการแก้ไขปัญหาเดียวกัน ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าเมื่อจำนวนเว็บเซอร์วิซที่ถูกเรียกใช้มีมากขึ้น (17 เซอร์วิซขึ้นไป) การใช้กำหนดการเชิงจำนวนเต็มมีแนวโน้มที่จะใช้เวลาในการคำนวณเพิ่มมากขึ้นด้วย ส่วนการใช้จีเอนั้นเวลาในการคำนวณมีแนวโน้มคงที่ ซึ่งงานวิจัยนี้ได้แสดงให้เห็นว่าวิธีจีเอสามารถใช้ในการแก้ปัญหาการประกอบกันของเว็บเซอร์วิซเชิงคุณภาพการให้บริการได้อย่างน่าพอใจในกรณีที่มีเซอร์วิซที่ต้องนำมาประกอบเป็นจำนวนมากและสามารถยอมรับการที่เซอร์วิซประกอบที่ได้อาจจะไม่ใช่อันที่มีคุณภาพที่ดีที่สุดได้

งานวิจัย [6] ที่เสนอโดย สันติ สวนศรี ดวงดาว วิชาดากุล และ ดวงแก้ว สวามิภักดิ์ นำเสนอการประกอบกันของเซอร์วิซอย่างอัตโนมัติในเชิงของการเลือกอินสแตนซ์ในขั้นตอนการวางแผน โดยทำการทดลองในสองสภาพแวดล้อม ได้แก่ เมื่ออินสแตนซ์ทุกตัวทำงานได้และเมื่ออินสแตนซ์บางตัวทำงานไม่ได้ โดยมีการทดลองเทียบระหว่างการประกอบเว็บเซอร์วิซด้วยวิธีจีเอ วิธีสุ่ม และวิธี FCFS (First Come First Serve) โดยใช้เว็บเซอร์วิซ 5 ชนิดประกอบกัน แต่ละชนิดมีอินสแตนซ์ 5 ตัว ซึ่งพบว่าวิธีจีเอใช้เวลาน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับอีกสองวิธีที่เหลือทั้งแบบอินสแตนซ์

ทำงานทุกตัวและทำงานบางตัว นอกจากนี้การทดลองยังแตกต่างจากงานวิจัยอื่นตรงที่มีการใช้สภาพแวดล้อมการทำงานของเว็บเซอร์วิซผ่านทางระบบเครือข่ายจริง แต่ยังพิจารณาเฉพาะการประกอบเซอร์วิซในขั้นตอนวางแผนซึ่งไม่รองรับเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่มีขอบเขตการทำงานที่หยาบกว่าประเภทของเซอร์วิซนามธรรม

งานวิจัย [7] ที่เสนอโดย Koramit Pichanaharee และ Twittie Senivongse ได้เพิ่มเติมจากงานวิจัย [5] โดยได้เพิ่มค่าคุณภาพการให้บริการคือ ระดับการให้บริการของเซอร์วิซ (Service Rating) และปรับเปลี่ยนการใช้อัลกอริทึมให้เป็นอัลกอริทึมการประมาณการกระจายหรือ อีดีเอ (Estimation of Distribution Algorithm) ซึ่งเป็นเทคนิคหนึ่งของอัลกอริทึมทางพันธุกรรมหรือจีเอ

ผู้วิจัยเห็นว่าการนำอัลกอริทึมจีเอและอีดีเอมาใช้ในการเลือกแผนจะช่วยในการลดระยะเวลาในการค้นหาแผน ทำให้ไม่จำเป็นต้องหาแผนในการประกอบเซอร์วิซทั้งหมด แต่ค่าคุณภาพการให้บริการที่นำมาจากการประกาศของผู้ให้บริการอาจเปลี่ยนแปลงได้ในกรณีการใช้บริการจริง ผู้วิจัยจึงได้ใช้ข้อมูลพฤติกรรมในอดีตมาใช้ทำนายแทนค่าที่ได้จากผู้ให้บริการ

2) งานวิจัยที่เกี่ยวกับการทำนายค่าคุณภาพการให้บริการของเซอร์วิซ งานวิจัย [8] ที่เสนอโดย Zhengdong Gao และ Gengfeng Wu ได้เสนอกรอบงานการทำนายค่าคุณภาพการให้บริการของเซอร์วิซโดยการใช้ข่ายงานประสาทเทียมเข้ามาช่วยทำให้มีความสามารถในการทำนายด้านสมรรถนะโดยอาศัยข้อมูลที่เคยใช้งานมาร่วมกับข้อมูลปัจจุบัน และใช้อัลกอริทึมส่งค่าย้อนกลับเนื่องจากมีประสิทธิภาพสูงและพิสูจน์แล้วว่าสามารถคาดการณ์ในปัญหาที่ซับซ้อนได้ อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้คำนึงถึงการทำนายคุณภาพการให้บริการของเว็บเซอร์วิซเฉพาะด้านสมรรถนะในการให้บริการเพียงอย่างเดียวซึ่งอาจจะยังไม่เพียงพอที่ใช้ตัดสินใจเลือกเซอร์วิซในเว็บเซอร์วิซประกอบและยังไม่ได้ได้คำนึงถึงคุณภาพการให้บริการโดยรวมของเว็บเซอร์วิซประกอบทำให้เมื่อนำไปใช้งานจริงจะต้องเพิ่มวิธีการในการเลือกเพื่อให้คำนึงถึงคุณภาพการให้บริการโดยรวมของเว็บเซอร์วิซประกอบด้วย อย่างไรก็ตามผู้วิจัยได้นำแนวคิดเรื่องข่ายงานประสาทเทียมของงานวิจัยนี้มาประยุกต์เพิ่มเติมโดยเพิ่มปัจจัยเชิงคุณภาพในการให้บริการที่ต้องพิจารณาและนำมาใช้ในการประกอบกันของเซอร์วิซย่อยให้เกิดเป็นเว็บเซอร์วิซประกอบ

งานวิจัย [9] ที่เสนอโดย Le-Hung Vu, Manfred Hauswirth และ Karl Aberer ได้เสนอการประเมินคุณภาพการให้บริการของเว็บเซอร์วิซในด้านชื่อเสียงและความน่าเชื่อถือของผู้ให้บริการโดยใช้เหมืองข้อมูล (Data Mining) จากข้อมูลเดิมที่เคยใช้บริการ อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ยังมีปัญหาด้านการประเมินผู้ให้บริการใหม่ๆเนื่องจากยังไม่มีชื่อเสียงทำให้ผลการประเมินที่ได้ยังไม่เพียงพอ เช่นเดียวกับ งานวิจัย [10] ที่เสนอโดย Mourad Ouzzani และ Athman Bouguettaya ได้ใช้ความไว้วางใจที่ผู้ใช้บริการมีต่อเว็บเซอร์วิซในเชิงพฤติกรรมในการให้บริการ โดยแทนความไว้

วางใจด้วยระดับการให้บริการของเว็บเซอร์วิซซึ่งคำนวณโดยการวัดค่าอัตราความแม่นยำของคุณภาพการให้บริการของเซอร์วิซ หากค่าคุณภาพการใช้งานจริงเบี่ยงเบนในทางที่ดีก็จะให้รางวัลโดยระดับการให้บริการจะสูงขึ้นแต่หากเบี่ยงเบนในทางที่ไม่ดีก็จะถูกลงโทษโดยระดับการให้บริการจะมีค่าลดลง

งานวิจัย [11] ที่เสนอโดย Laddawan Kulnarat และ Songsak Rongviriyapanich ได้เสนอแบบจำลองคุณภาพการให้บริการซึ่งประกอบด้วย เวลาตอบสนอง สภาพพร้อมใช้งานและความน่าเชื่อถือ ซึ่งวัดจากข้อมูลการใช้งานในอดีตที่ผ่านผู้ใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกเว็บเซอร์วิซโดยใช้วิธีการทดสอบที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ แล้วคำนวณค่าคิวโอเอสของแต่ละเว็บเซอร์วิซจากการรวมค่าลำดับของคิวโอเอสแต่ละด้านโดยใช้สมการถ่วงน้ำหนัก จากนั้นทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าคิวโอเอสแล้วทำการคัดเลือกเว็บเซอร์วิซที่มีค่าคิวโอเอสสูงที่สุด ทั้งนี้การจัดลำดับเว็บเซอร์วิซใช้การทดสอบสมมติฐานโดยใช้การทดสอบของแมนวิทนีย์ (Mann-Whitney Test) และการทดสอบของครัสคาลและวอลลิส (The Kruskal-Wallis One-Way Analysis of Variance By Ranks Test) งานวิจัยนี้ยังไม่ได้นำเสนอในเรื่องการประยุกต์ใช้กับเว็บเซอร์วิซจริงและความแม่นยำของวิธีการ

งานวิจัยต่างๆ ข้างต้นมีความสอดคล้องกันในเรื่องการใช้ข้อมูลจริงในอดีตมาประกอบการพิจารณาคิวโอเอสของเซอร์วิซเนื่องจากข้อมูลที่ให้บริการเปรียบเสมือนผลงานที่ผู้ให้บริการได้สร้างขึ้นและผู้ใช้บริการต่างรายอาจมีประสบการณ์ที่แตกต่างกันต่อเซอร์วิซเดียวกันก็ได้ ผู้วิจัยเสนอการใช้ข่ายงานประสาทเทียมโดยเรียนรู้จากข้อมูลจริงในอดีตเพื่อใช้ในการทำนายค่าคิวโอเอส เนื่องจากเป็นวิธีการที่สามารถเรียนรู้ข้อมูลจำนวนมากและมีวิธีทดสอบความแม่นยำจึงเป็นที่นิยมใช้ในการทำนายค่าข้อมูล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

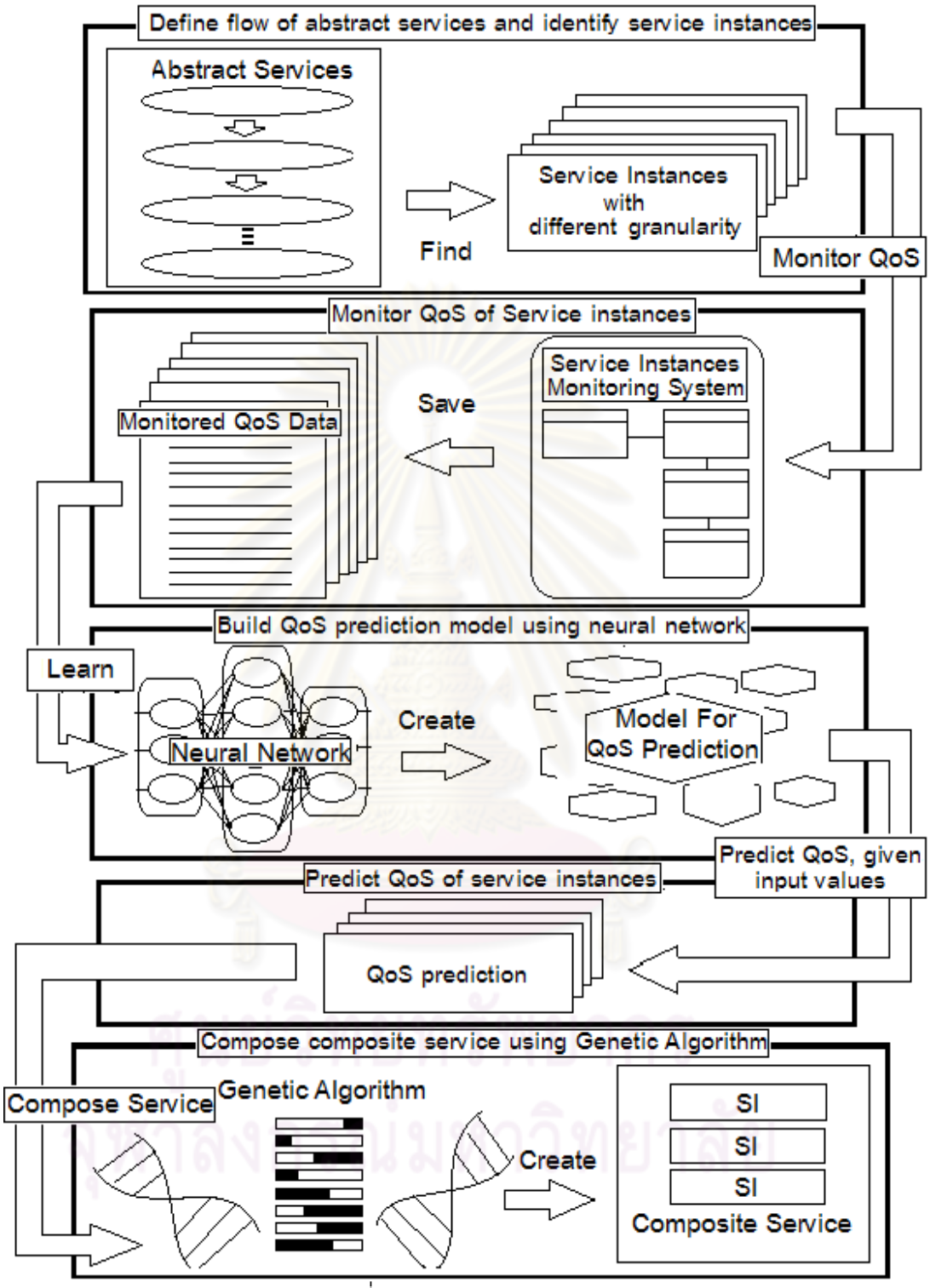
บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

งานวิจัยนี้มีแนวคิดในการนำพฤติกรรมการให้บริการในอดีตของเซอร์วิซอินสแตนซ์มาใช้ทำนายค่าคิวโอเอสจากการให้บริการด้วยข่ายงานประสาทเทียม และมีความเชื่อว่าเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่มีขอบเขตการทำงานที่หยาบกว่าประเภทของเซอร์วิซนามธรรมมีความสำคัญในการประกอบเซอร์วิซ

ขั้นตอนการดำเนินงานในการประกอบเซอร์วิซของงานวิจัยนี้ประกอบด้วย การกำหนดกระแสงานของเซอร์วิซนามธรรมและระบุเซอร์วิซอินสแตนซ์ การเฝ้าสังเกตและเก็บบันทึกค่าคิวโอเอสของเซอร์วิซอินสแตนซ์ การเรียนรู้โดยข่ายงานประสาทเทียม การทำนายค่าคิวโอเอส และการเลือกแผนที่มีความเหมาะสมจากค่าคิวโอเอสโดยรวมด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม โดยมีภาพรวมดังรูปที่ 3.1 และรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนมีดังนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



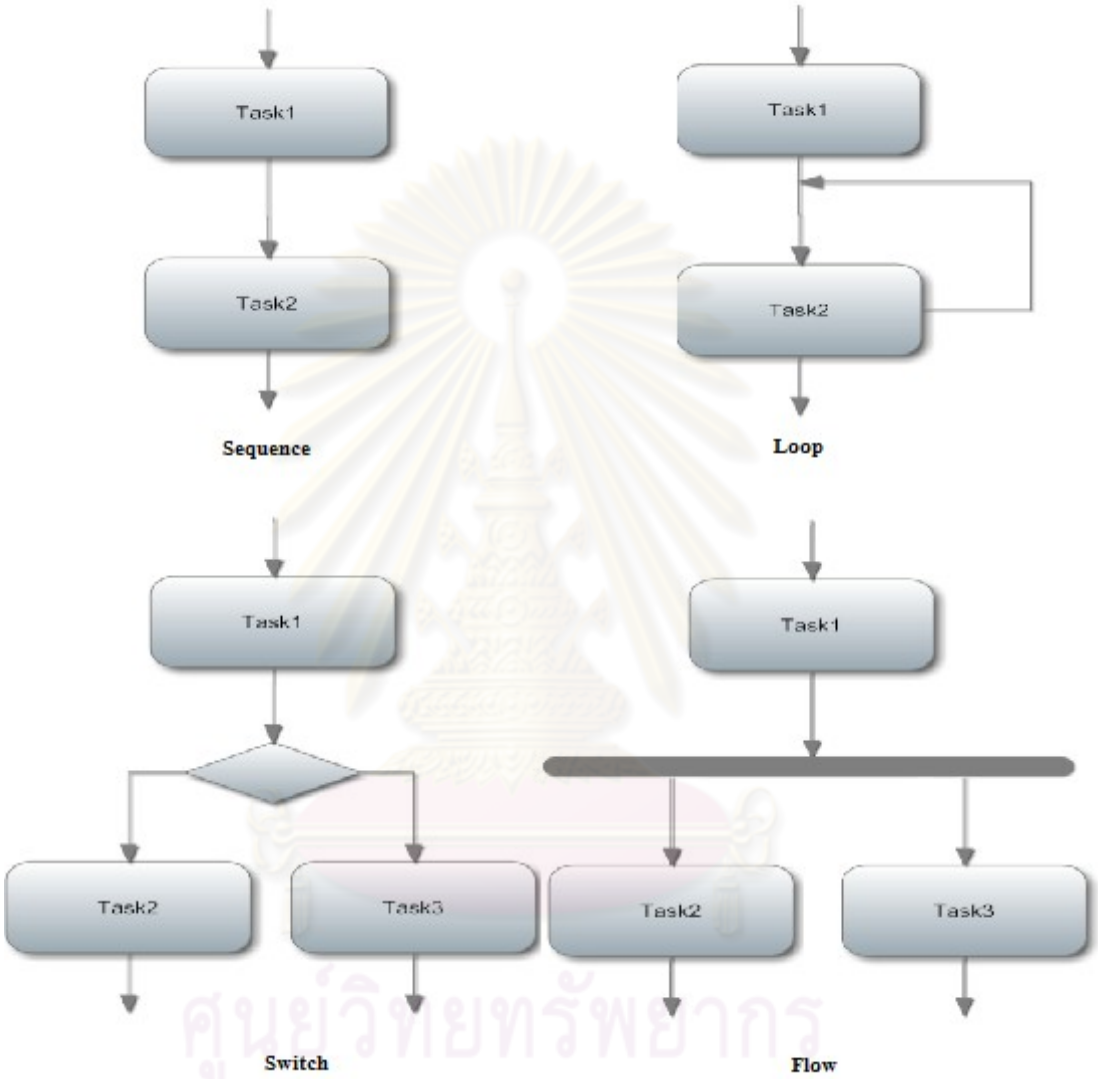
รูปที่ 3.1 ภาพรวมของระบบ

3.1 การกำหนดกระแสงานและระบุเซอร์วิซอินสแตนซ์

ขั้นตอนนี้ ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนย่อยดังนี้

3.1.1 การกำหนดกระแสงานของเซอร์วิซนามธรรม

ทำการแบ่งโมเดลการทำงานทางธุรกิจออกให้อยู่ในรูปแบบของกระแสงานตามโครงสร้างกระแสงานในแบบต่างๆดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ตัวอย่างของโครงสร้างกระแสงานในแบบต่างๆ

จากรูปที่ 3.2 กำหนด

Task แทนการทำงานอย่างหนึ่งในกระแสงานซึ่งหมายรวมถึงการทำงานของเซอร์วิซนามธรรม (Abstract Service) ประเภทหนึ่ง

Sequence แทนโครงสร้างกระแสงานแบบลำดับ

Loop แทนโครงสร้างกระแสงานแบบวนซ้ำ

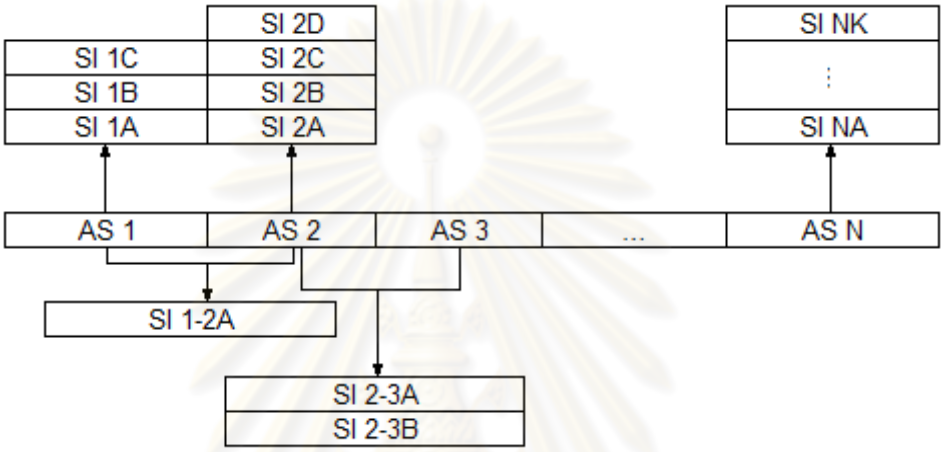
Switch แทนโครงสร้างกระแสงานแบบทางเลือก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Flow แทนโครงสร้างกระแสงานแบบขนาน

3.1.2 การระบุเซอร์วิซอินสแตนซ์

ทำการระบุเซอร์วิซอินสแตนซ์สำหรับแต่ละประเภทเซอร์วิซนามธรรมในกระแสงานดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ตัวอย่างประเภทเซอร์วิซนามธรรมและเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่ทำงานแต่ละประเภทได้

จากรูปที่ 3.3 กำหนด

AS แทนประเภทของเซอร์วิซนามธรรมที่ทำงานอย่างหนึ่งในกระแสงาน

SI แทนเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่สามารถทำงานตามประเภทของเซอร์วิซนามธรรมได้

หากพิจารณาจากรูปจะเห็นว่าการทำงานหรือประกอบเซอร์วิซจะเกี่ยวข้องกับเซอร์วิซนามธรรมทั้งหมด N ประเภท ซึ่งแต่ละประเภทจะมีเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่ทำงานนั้นๆได้เช่น ประเภทที่ AS 1 จะมีเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่สามารถทำงานประเภทนี้ได้คือ SI 1A, SI 1B และ SI 1C นอกจากนี้บางเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่มีให้บริการอยู่สามารถครอบคลุมงานได้หลายประเภท เช่นเซอร์วิซอินสแตนซ์ SI 1-2A สามารถทำงานครอบคลุมเซอร์วิซนามธรรม AS 1 และ AS 2 เป็นต้น

3.2 การเฝ้าสังเกตและเก็บบันทึกค่าคิวโอเอสของเซอร์วิซอินสแตนซ์

ก่อนทำการคำนวณเพื่อทำนายค่าคิวโอเอส ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาระบบเฝ้าสังเกตขึ้นมาและทำการเก็บบันทึกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับค่าคิวโอเอสต่างๆดังนี้

3.2.1 เวลาตอบกลับ

สำหรับเวลาตอบกลับของเซอร์วิซอินสแตนซ์ในการให้บริการ (Response Time) จะ

เป็นการหาผลต่างระหว่างเวลาที่เรียกใช้บริการเซอร์วิซอินสแตนซ์กับเวลาที่ได้คำตอบกลับมาโดยข้อมูลที่บันทึกจากการเฝ้าสังเกตได้แก่ เวลาที่เรียกใช้บริการเซอร์วิซอินสแตนซ์ และเวลาตอบกลับ

3.2.2 **สภาพพร้อมใช้งาน**

สำหรับสภาพพร้อมใช้งานของเซอร์วิซอินสแตนซ์ (Availability) จะบันทึกเวลาที่ใช้เรียกบริการเซอร์วิซอินสแตนซ์ และการได้รับการตอบกลับจากเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่เรียกใช้หรือไม่ โดยให้ค่า 1 หรือ 0 สำหรับการได้รับการตอบกลับและไม่ได้รับการตอบกลับตามลำดับ

3.2.3 **ความเชื่อถือได้**

สำหรับความเชื่อถือได้ของเซอร์วิซอินสแตนซ์ (Reliability) จะพิจารณาจากการที่เซอร์วิซอินสแตนซ์ให้คำตอบที่ถูกต้องในกรอบเวลาที่กำหนดเมื่อมีการเรียกใช้หรือไม่ โดยข้อมูลที่บันทึกได้แก่ เวลาที่เรียกใช้บริการเซอร์วิซอินสแตนซ์และความเชื่อถือได้เป็น 1 หรือ 0 ซึ่ง 1 หมายถึงเซอร์วิซอินสแตนซ์ให้บริการได้ถูกต้องภายในกรอบเวลาที่กำหนด ไม่เช่นนั้นจะเป็น 0

3.3 **การเรียนรู้โดยข่ายงานประสาทเทียม**

จากค่าคุณภาพที่ได้บันทึกไว้จะใช้เป็นข้อมูลสอนสำหรับข่ายงานประสาทเทียมเพื่อให้ได้โมเดลสำหรับทำนายด้วยอัลกอริทึมส่งค่าย้อนกลับ โดยกำหนดค่าการเรียนรู้สำหรับข่ายงานประสาทเทียมไว้ได้แก่ ค่าอัตราการเรียนรู้ (Learning Rate) ค่าโมเมนตัม (Momentum) จำนวนรอบในการฝึกสอน (Epoch) ชั้นฮิดเดนหรือชั้นซ่อน (Hidden Layer) และโหนดแฝง (Hidden Nodes) ค่าเวลาตอบกลับ ค่าความเชื่อถือได้ และ ค่าสภาพพร้อมใช้งาน

3.4 **การทำนายค่าคิวโอเอส**

เมื่อได้ทำการสอนข่ายงานประสาทเทียมจากค่าคุณภาพที่เก็บมาแล้วจะได้โมเดลทางคณิตศาสตร์มา โดยโมเดลที่ได้นี้จะสร้างจากความสัมพันธ์ของค่าคุณภาพที่เก็บมาโดยสามารถใช้ทำนายค่าจากการใส่ข้อมูลสำหรับสอบถาม จากนั้นโมเดลจะทำการหาตัวเลขที่เข้ากับข้อมูลอินพุตที่ใส่เข้ามาและทำนายค่าเอาต์พุตออกมาเป็นคำตอบ ซึ่งในที่นี้คือค่าเวลาตอบกลับ ค่าความเชื่อถือได้ และ ค่าสภาพพร้อมใช้งานของเซอร์วิซอินสแตนซ์ ในงานวิจัยนี้การทดลองจะใช้กรอบงานของเวกาในการทำนายค่าคุณภาพ

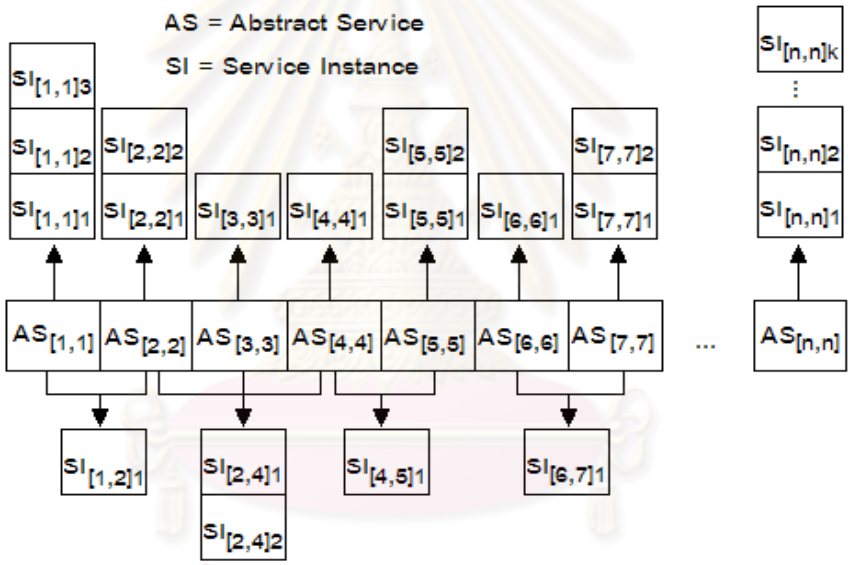
3.5 **การเลือกแผนเซอร์วิซประกอบจากค่าคิวโอเอสโดยรวมด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม**

เมื่อมีการเก็บบันทึกข้อมูลและทำนายค่าคิวโอเอสของเซอร์วิซอินสแตนซ์แต่ละตัวแล้ว จะ

นำเซอร์วิซอินสแตนซ์มาประกอบเพื่อสร้างแผนที่ทำงานตามกระแสงาน โดยจะใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมในการหาแผน เนื่องจากเป็นวิธีที่สามารถหาคำตอบที่เหมาะสมได้โดยไม่จำเป็นต้องหาแผนที่เป็นไปได้ทั้งหมด ทำให้เหมาะในการใช้งานจริง

การใช้ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมนั้นจำเป็นต้องแปลงปัญหาให้อยู่ในรูปแบบของโครโมโซม เรียกว่าการเข้ารหัสโครโมโซม ซึ่งในงานวิจัยนี้จะเข้ารหัสโครโมโซมเพื่อแก้ไขปัญหาการประกอบเซอร์วิซจากเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่มีระดับความละเอียดที่หลากหลาย กล่าวคือหยาบกว่าที่กำหนดโดยเซอร์วิซนามธรรมด้วย

รูปแบบการประกอบเซอร์วิซโดยเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่มีระดับความละเอียดที่หลากหลายเป็นดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 รูปแบบการประกอบเซอร์วิซเมื่อเซอร์วิซอินสแตนซ์มีระดับความละเอียดที่หลากหลาย

จากรูปที่ 3.4 จะมีการกำหนดเซอร์วิซนามธรรมของแผนไว้ แสดงด้วย $AS_{[i,j]}$ โดยที่ $[i,j]$ หมายถึงขอบเขตของงานในแผน ซึ่งในรูปแบบหรือสกีมเบื้องต้นจะกำหนดให้เซอร์วิซนามธรรมหนึ่งตัวทำงานหนึ่งอย่าง (เช่น $AS_{[1,1]}$ หมายถึงงานชิ้นที่ 1)

ส่วนเซอร์วิซอินสแตนซ์จะแสดงด้วย $SI_{[m,n]k}$ โดยที่ [m,n] หมายถึงระดับความละเอียดหรือขอบเขตของงานตามเซอร์วิซนามธรรมที่เซอร์วิซอินสแตนซ์นั้นครอบคลุม ได้แก่ $AS_{[m,m]}$ ถึง $AS_{[n,n]}$ ส่วน k คือหมายเลขของเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่ทำงานครอบคลุมช่วงดังกล่าว ดังนั้นจะมีเซอร์วิซอินสแตนซ์จำนวนหนึ่งที่มีระดับความละเอียดพอดีกับเซอร์วิซนามธรรมที่กำหนด (เช่น $SI_{[1,1]1}$ ทำงานครอบคลุม $AS_{[1,1]}$) แต่จำนวนหนึ่งระดับความละเอียดจะหยาบ

กว่า (เช่น $SI_{[2,4]1}$ ทำงานครอบคลุม $AS_{[2,2]}$ ถึง $AS_{[4,4]}$)

ตัวอย่างเช่นหากกำหนดให้มีเซอร์วิซนามธรรม 7 ตัว ในแผนเซอร์วิซประกอบที่ได้อาจเป็นการประกอบกันของ $SI_{[1,1]1}SI_{[2,2]1}SI_{[3,3]1}SI_{[4,4]1}SI_{[5,5]1}SI_{[6,6]1}SI_{[7,7]1}$ ซึ่งเป็นไปตามสกีม $AS_{[1,1]}AS_{[2,2]}AS_{[3,3]}AS_{[4,4]}AS_{[5,5]}AS_{[6,6]}AS_{[7,7]}$ หรืออาจเป็นการประกอบกันของ $SI_{[1,1]1}SI_{[2,4]1}SI_{[5,5]1}SI_{[6,7]1}$ ซึ่งเป็นไปตามสกีม $AS_{[1,1]}AS_{[2,4]}AS_{[5,5]}AS_{[6,7]}$ เป็นต้น หรืออาจจะเป็นการประกอบกันของเซอร์วิซอื่นตามสกีมอื่นที่แตกต่างไป

ในจีเอความยาวของโครโมโซมคำตอบจะคงที่แต่เมื่อมีรูปแบบหรือสกีมของเซอร์วิซนามธรรมได้หลายแบบดังที่อธิบายข้างต้นจะทำให้ความยาวของโครโมโซมของคำตอบไม่คงที่ ดังนั้นการกำหนดความยาวของโครโมโซมคำตอบให้มีขนาดคงที่เมื่อมีสกีมที่เป็นไปได้หลายแบบ จะเป็นการกำหนดความยาวที่มากที่สุดที่สามารถรองรับเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่ละเอียดที่สุด โดยคำนวณได้จาก

$$CL = \frac{ASL}{SIL} \qquad (3)$$

โดยที่ CL คือความยาวของสายอักขระโครโมโซม ASL คือจำนวนเซอร์วิซนามธรรมในสกีมเบื้องต้นและ SIL คือจำนวนงานตามเซอร์วิซนามธรรมในสกีมเบื้องต้นที่เซอร์วิซอินสแตนซ์ที่มีระดับความละเอียดที่สุดสามารถทำได้ เช่นในรูปที่ 3.4 หากสกีมเบื้องต้นมีเซอร์วิซนามธรรม 7 ตัว $(ASL = 7)$ และจำนวนงานตามเซอร์วิซนามธรรมในสกีมเบื้องต้นที่เซอร์วิซอินสแตนซ์ที่มีระดับความละเอียดที่สุด (คือ $SI_{[1,1]k}$, … , $SI_{[7,7]k}$) สามารถทำได้ คือ 1 $(SIL = 1)$ ดังนั้นความยาวของโครโมโซมคือ 7 เป็นต้น

จากรูปที่ 2.3 ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมจะมีขั้นตอนต่างๆที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ

3.5.1 การสร้างประชากรเริ่มต้น

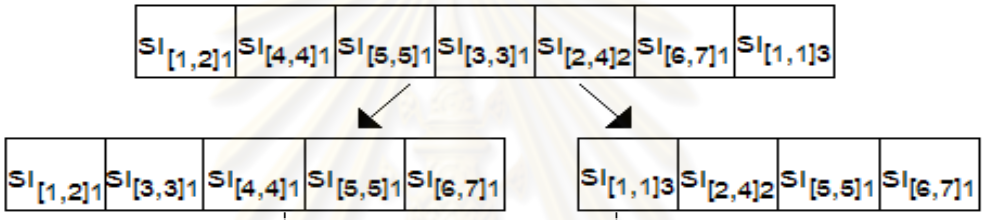
การสร้างประชากรเริ่มต้น (Generation of Initial Population) เป็นการสุ่มสร้างโครโมโซมที่แทนคำตอบที่เป็นไปได้ตามขนาดประชากรที่กำหนด การสร้างแต่ละโครโมโซมทำโดยการสุ่มเลือกเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่มีอยู่เป็นจำนวนเท่ากับความยาวของโครโมโซม เช่น 7 ตัว มาไว้ที่สายอักขระโครโมโซมดังรูปที่ 3.5

$SI_{[1,2]1}$	$SI_{[4,4]1}$	$SI_{[5,5]1}$	$SI_{[3,3]1}$	$SI_{[2,4]2}$	$SI_{[6,7]1}$	$SI_{[1,1]3}$

รูปที่ 3.5 ตัวอย่างโครโมโซมในประชากรเริ่มต้น

3.5.2 การจัดกลุ่มเซอร์วิซอินสแตนซ์ซึ่งสามารถเป็นคำตอบได้

จากการที่เซอร์วิซอินสแตนซ์มีระดับความละเอียดที่หลากหลาย ทำให้ผลการสุ่มสร้างโครโมโซมข้างต้น อาจยังไม่ใช่คำตอบที่เป็นไปได้ ดังนั้นจึงต้องทำการจัดกลุ่มเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่สามารถร่วมกันเป็นคำตอบได้เสียก่อน โดยจะจัดกลุ่มเซอร์วิซอินสแตนซ์ซึ่งเป็นไปตามสกีมใดๆที่สามารถครอบคลุมสกีมพื้นฐานทั้งหมด จากรูปที่ 3.5 สามารถจัดกลุ่มเซอร์วิซอินสแตนซ์ได้ 2 กลุ่ม ดังรูปที่ 3.6 ซึ่งเป็นไปตามสกีม $AS_{[1,2]}AS_{[3,3]}AS_{[4,4]}AS_{[5,5]}AS_{[6,7]}$ และสกีม $AS_{[1,1]}AS_{[2,4]}AS_{[5,5]}AS_{[6,7]}$ ดังนั้นการสุ่มเลือกเซอร์วิซอิน สแตนซ์จากรูปที่ 3.5 จึงถือเป็นการสุ่มเลือกสกีมที่จะพิจารณาไปด้วย



รูปที่ 3.6 กลุ่มเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่เป็นคำตอบ

3.5.3 การประเมินค่าคิวโอเอสของแต่ละคำตอบ

ในงานวิจัยนี้จะพิจารณาค่าค่าคิวโอเอส 3 ค่าได้แก่ ค่าเวลาตอบกลับ ค่าความเชื่อถือได้ และ ค่าสภาพพร้อมใช้งานของเซอร์วิซอินสแตนซ์ ซึ่งค่าเหล่านี้ของเซอร์วิซอินสแตนซ์ได้จากการทำนายคิวโอเอส ณ เวลาที่ประกอบเซอร์วิซ หรือ ณ เวลาที่คาดว่าจะใช้งานเซอร์วิซประกอบโดยอาศัยโมเดลจากข่ายงานประสาทเทียม จากนั้นทำการคำนวณค่าคุณภาพแต่ละประเภทโดยรวมสำหรับคำตอบ ในที่นี้หากเซอร์วิซนามธรรมในสกีมมีการทำงานร่วมกันในลักษณะโครงสร้างกระแสงานสามารถใช้สูตรที่เสนอโดย [5] ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 สูตรการคำนวณคุณภาพการให้บริการสำหรับโครงสร้างกระแสงาน

QoS Attr.	Sequence	Switch	Flow	Loop
ResponseTime(T)	$\sum_{i=1}^{m} T(t_i)$	$\sum_{i=1}^{n} Pai \times T(t_i)$	$Max\{T(t_i)_{i\in 1..p}\}$	$k \times T(t)$
Availability(A)	$\prod_{i=1}^{m} A(t_i)$	$\sum_{i=1}^{n} Pai \times A(t_i)$	$\prod_{i=1}^{p} A(t_i)$	$A(t)^k$
Reliability(R)	$\prod_{i=1}^{m} R(t_i)$	$\sum_{i=1}^{n} Pai \times R(t_i)$	$\prod_{i=1}^{p} R(t_i)$	$R(t)^k$

จากตารางที่ 3.1 นิยามสัญลักษณ์ต่างๆไว้ดังนี้

$T(t_i)$ ฟังก์ชันคืนค่าเวลาที่เซอร์วิซอินสแตนซ์ t_i ใช้ในการตอบกลับการให้บริการ

$A(t_i)$ ฟังก์ชันคืนค่าสภาพพร้อมใช้งานของบริการจากเซอร์วิซอินสแตนซ์ t_i

$R(t_i)$ ฟังก์ชันคืนค่าความเชื่อถือได้ของบริการจากเซอร์วิซอินสแตนซ์ t_i

k ค่าประมาณจำนวนรอบการทำซ้ำของลูป

P_{ai} ความน่าจะเป็นที่ทางเลือกจะถูกเลือก

m จำนวนงาน (Task) บนโครงสร้างกระแสงานแบบลำดับ

n จำนวนทางเลือกทั้งหมดบนโครงสร้างกระแสงานแบบทางเลือก

p จำนวนกระแสงานย่อยที่ทำงานแบบขนาน ณ จุดที่พิจารณา

งานวิจัย [5] ได้กำหนดให้มีการปรับค่าคุณภาพการให้บริการของเซอร์วิซให้เป็นบรรทัดฐาน (Normalize) ในรูปแบบสเกล (Scale) เดียวกันก่อน คือมีค่าอยู่ระหว่าง [0, 1] ในที่นี้ค่าคุณภาพการให้บริการที่จะต้องทำการปรับสเกลคือค่าเวลาตอบกลับในการให้บริการโดยปรับปรุงสูตรจากงานวิจัย [12] ดังนี้

$$q.value = \frac{q.value - q.min}{q.max - q.min} \qquad (4)$$

โดยกำหนดค่า q แทนค่าคุณภาพการให้บริการที่ต้องการปรับสเกล ค่าคุณภาพการให้บริการที่ได้อยู่ในช่วง [0, 1] สำหรับนำมาใช้ในการคำนวณค่าคุณภาพการให้บริการโดยรวมต่อไป

เมื่อได้ค่าคุณภาพการให้บริการในด้านต่างๆสำหรับแต่ละแผนที่ทำการปรับบรรทัดฐานเดียวกันแล้ว การเปรียบเทียบเซอร์วิซประกอบในแผนที่ต่างกันจะทำได้โดยการคำนวณ (Evaluation) ค่าฟิตเนสฟังก์ชันโดยอิงคุณภาพการให้บริการรวมที่เสนอโดย [5] เพื่อใช้เปรียบ

เทียบและเลือกแผนที่มีค่าที่เหมาะสมที่สุดดังนี้

$$F(p)=\frac{w1*Normalized\ Response\ Time(p)}{w2*Availability(p)+w3*Reliability(p)} \qquad (5)$$

โดยกำหนด

p แทนแผนหรือคำตอบที่เป็นไปได้หนึ่งๆ

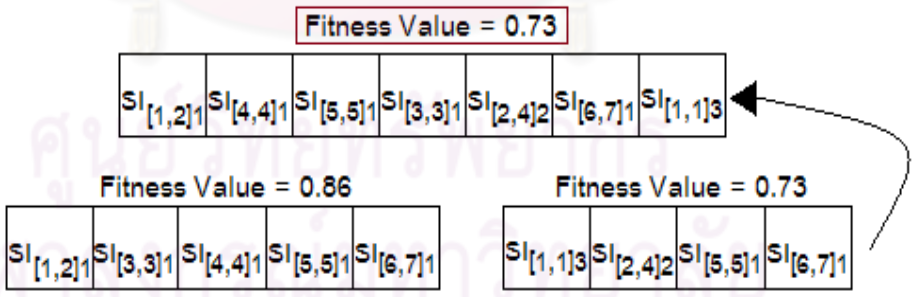
$F(p)$ แทนค่าฟิตเนสฟังก์ชันโดยอิงคุณภาพการให้บริการโดยรวมของกลุ่มของเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่อยู่ในกระแสงาน

w_i แทนค่าน้ำหนักที่ผู้ประกอบเซอร์วิซกำหนดล่วงหน้าเป็นค่าจำนวนจริง

เป้าหมายของการคำนวณค่าฟิตเนสฟังก์ชันนี้คือ การหาแผนสำหรับเซอร์วิซประกอบที่ทำให้ค่าฟังก์ชันน้อยที่สุด กล่าวคือแผนที่มีค่าเวลาตอบกลับน้อยและค่าสภาพพร้อมใช้งานกับค่าความเชื่อถือได้มีค่ามากจะเป็นแผนที่ดี

3.5.4 การกำหนดตัวแทนและค่าคุณภาพของโครโมโซม

เมื่อได้ค่าฟิตเนสฟังก์ชันจากการคำนวณแล้วให้ใช้คำตอบที่มีค่าฟิตเนสของโครโมโซมน้อยที่สุดเป็นฟิตเนสตัวแทนของโครโมโซม เช่นในรูปที่ 3.7 ใช้คำตอบที่มีค่าฟิตเนสเป็น 0.73 เป็นตัวแทนของโครโมโซมที่สุ่มมาได้ในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.7 ค่าฟิตเนสตัวแทนของโครโมโซม

ในกรณีที่โครโมโซมที่สุ่มมาได้จากขั้นตอนการสร้างประชากร ไม่สามารถนำไปหาคำตอบที่ทำงานครอบคลุมสกีมพื้นฐานได้เลย จะกำหนดให้โครโมโซมนั้นมีค่าฟิตเนสตัวแทนเป็น 1.5 เพื่อให้โครโมโซมเส้นนี้ไม่ถูกเลือกในขั้นตอนต่อไป

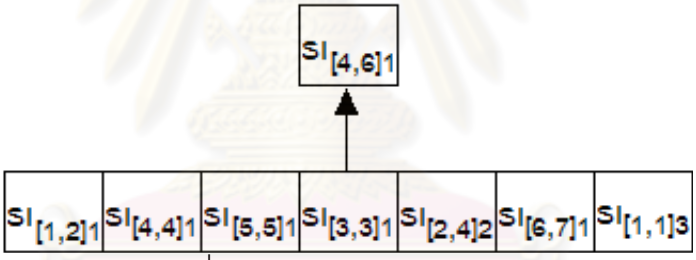
3.5.5 การคัดเลือกโครโมโซม

การคัดเลือกโครโมโซม (Selection) จะทำการเลือกโครโมโซมที่มีคุณภาพดีเอาไว้เพื่อสืบสายพันธุ์สำหรับสร้างประชากรรุ่นถัดไปโดยจะใช้วิธีเก็บโครโมโซมที่มีค่าฟิตเนสดีที่สุดในรุ่นก่อนหน้าไว้ (Elitism) โดยพิจารณาจากฟิตเนสที่มีค่าน้อย และสุ่มเลือกโครโมโซมพ่อแม่เพื่อมาใช้สร้างประชากรรุ่นถัดไป

3.5.6 การสร้างประชากรรุ่นถัดไป

การสร้างประชากรรุ่นถัดไป (Generation of New Population) จากโครโมโซมพ่อแม่ในประชากรรุ่นก่อนหน้า ทำโดยเลือกระหว่างการกลายพันธุ์ กับ การไขว้เปลี่ยนของโครโมโซม ด้วยความน่าจะเป็นที่ผู้ประกอบเซอร์วิซกำหนด

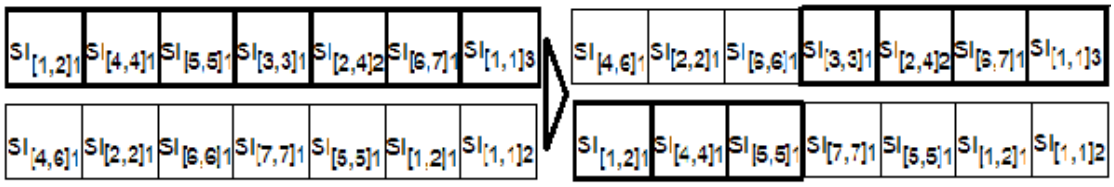
1) การกลายพันธุ์ (Mutation) ทำได้โดยการสุ่มตำแหน่งในสายอักขระโครโมโซม จากนั้นสุ่มเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่มีอยู่ไปใส่ในตำแหน่งของสายอักขระที่สุ่มมาจากประชากรทั้งหมดโดยไม่ซ้ำกับอินสแตนซ์เดิมดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 ตัวอย่างการกลายพันธุ์

จากรูปที่ 3.8 ซึ่งแสดงถึงการกลายพันธุ์ของโครโมโซมโดยสุ่มเปลี่ยนอินสแตนซ์ในตำแหน่งที่ 4 จากนั้นจะทำซ้ำข้อที่ 3.5.2 – 3.5.4 เพื่อให้ได้คำตอบตัวแทนและค่าฟิตเนสตัวแทนสำหรับโครโมโซมใหม่

2) การไขว้เปลี่ยน (Crossover) ระหว่างสองโครโมโซมทำได้โดยสุ่มตำแหน่งของสายอักขระจากนั้นไขว้เปลี่ยนกันที่ตำแหน่งนั้น ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 ตัวอย่างการไขว้เปลี่ยน

รูปที่ 3.9 เป็นตัวอย่างการไขว้เปลี่ยนกันของ 2 โครโมโซมที่ตำแหน่งสายอักขระที่ 3และได้สองโครโมโซมใหม่ทางด้านขวา จากนั้นจะทำซ้ำข้อที่ 3.5.2 – 3.5.4 เพื่อให้ได้คำตอบตัวแทนและค่าฟิตเนสตัวแทนสำหรับโครโมโซมใหม่

3.5.7 การหยุดวิวัฒนาการ

เงื่อนไขการหยุดวิวัฒนาการ (Stop Condition) ในที่นี้จะใช้การทำงานครบกำหนดตามจำนวนรุ่นประชากรที่กำหนดไว้ในการทดลอง

เมื่อทำขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมจนเสร็จแล้วจะได้เซอร์วิซประกอบที่เกิดจากการคัดเลือกเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่มีระดับความละเอียดหลากหลายผ่านการทำนายค่าคุณภาพในการให้บริการ โดยจะกล่าวรายละเอียดเกี่ยวกับการทดลองในบทต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

การทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการดำเนินการทดลองโดยประกอบไปด้วย เครื่องมือที่ใช้ วิธีการทดลอง และผลการทดลอง ตามลำดับดังนี้

4.1 เครื่องมือที่ใช้

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยนี้สำหรับการพัฒนาโปรแกรมและการทดลองมีรายละเอียดดังนี้

4.1.1 ฮาร์ดแวร์

ฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลที่มีหน่วยประมวลผลกลาง 2.26 GHz หน่วยความจำ 2 GB ใช้เนื้อที่สำหรับบันทึกผลการทดลองและโปรแกรมรวม 346 MB

4.1.2 ซอฟต์แวร์และไลบรารี

งานวิจัยนี้ได้ใช้ซอฟต์แวร์และไลบรารีสำหรับการพัฒนาและการวิเคราะห์ผลดังต่อไปนี้

1). กรอบงานเวกา (Weka) 3.6.2 [13] ใช้ในการสร้างโมเดลและทำนายค่าคิวโอเอสจากข่ายงานประสาทเทียม

2). โปรแกรมเน็ตบีนส์ (NetBeansIDE) 6.7.1 ในการพัฒนาโปรแกรมด้วยภาษาจาวา (Java) 1.6 และภาษาพีเอชพี (PHP) 5 สำหรับสร้างเว็บเซอร์วิซ

3). โปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล (Microsoft Excel) 2007 ในการสร้างกราฟเพื่อวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.1.3 การพัฒนาโปรแกรมที่ใช้ในงานวิจัย

การพัฒนาโปรแกรมที่ใช้ในงานวิจัยประกอบด้วย การเฝ้าสังเกต การใช้งานข่ายงานประสาทเทียม และการใช้งานขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมเป็นหลักโดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

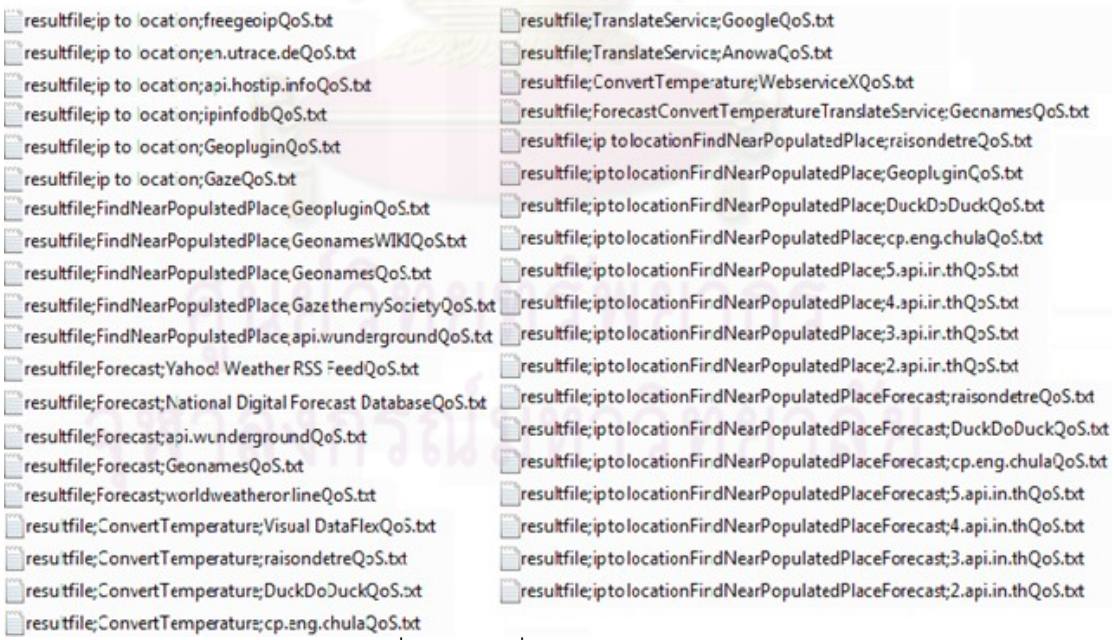
1) การเฝ้าสังเกต ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาระบบเฝ้าสังเกตคิวโอเอสเพื่อใช้ในการเก็บบันทึกพฤติกรรมการให้บริการในอดีตของเซอร์วิซอินสแตนซ์ โดยเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่เฝ้าสังเกตจะเป็น เซอร์วิซชนิดเรสต์ (REST) ทั้งหมดมีจำนวน 39 อินสแตนซ์และทำการเฝ้าสังเกตด้วยอัลกอริทึมดังรูปที่ 4.1

```
1  listServices[] = createAllServices();
2  while(true)
3  {
4      time = System.currentTimeMillis();
5      MonitorService(listServices[currentIndex]);
6      writeFileQoS(filename,time+dataMonitored);
7      UpdateIndex();
8      Sleep(TimeForSleep);
9  }
```

รูปที่ 4.1 อัลกอริทึมของโปรแกรมเฝ้าสังเกต

จากรูปที่ 4.1 มีขั้นตอนการทำงานหลักๆคือ บรรทัดที่ 1 จะทำการสร้างเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่ต้องการเฝ้าสังเกตทั้งหมด จากนั้นจะทำการวนลูปเพื่อเฝ้าสังเกตเซอร์วิซแต่ละตัว โดยในบรรทัดที่ 4 จะเก็บเวลาที่จะเฝ้าสังเกตไว้ จากนั้นในบรรทัดที่ 5 จะทำการเฝ้าสังเกตค่าคิวโอเอส ในบรรทัดที่ 6 จะทำการบันทึกค่าคิวโอเอสที่และเวลาเฝ้าสังเกตลงไฟล์ จากนั้น ในบรรทัดที่ 7 จะทำการเปลี่ยนเซอร์วิซอินสแตนซ์เป็นตัวต่อไปและในบรรทัดที่ 8 จะหน่วงเวลาไว้

เมื่อทำการรันโปรแกรมสำหรับเฝ้าสังเกตแล้วจะได้ไฟล์ออกมาจำนวน 39 ไฟล์เท่ากับจำนวนเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่ได้เฝ้าสังเกตดังรูปที่ 4.2 ส่วนรายละเอียดจะกล่าวถึงในหัวข้อที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ไฟล์ที่ได้จากการเฝ้าสังเกต

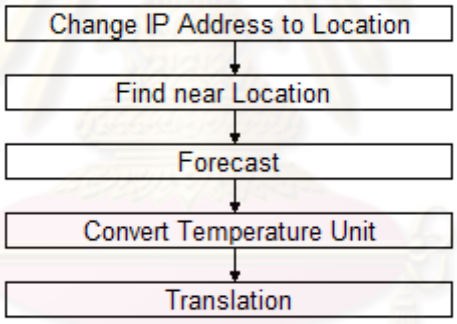
2) การใช้งานข่ายงานประสาทเทียม ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาการสร้างโมเดลการทำนายค่าคิวโอเอสของเซอร์วิซอิสแตนซ์จากข่ายงานประสาทเทียมแบบเพอร์เซ็ปตรอนหลายชั้น

โดยใช้อัลกอริทึมการส่งค่าย้อนกลับและการทดสอบแบบไขว้ข้ามสิบพับด้วยกรอบงานของเวกา โดยใช้ภาษาจาวาซึ่งมีรายละเอียดการใช้งานในภาคผนวก ค และมีค่าความผิดพลาดของโมเดลดังตารางที่ 4.5 – 4.7

3) การใช้งานขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาวิธีการประกอบเซอร์วิซที่มีระดับความละเอียดที่หยาบกว่าเซอร์วิซนามธรรมด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมซึ่งมีอัลกอริทึมดังรูปที่ 2.2 และมีรายละเอียดการทำงานในการประกอบเซอร์วิซในหัวข้อที่ 3.5 โดยใช้ภาษาจาวา ซึ่งเมื่อประกอบเซอร์วิซแล้วจะได้คำตอบในภาคผนวก ก

4.2 วิธีการในการทดลอง

ในการทดลองผู้วิจัยได้แบ่งเซอร์วิซนามธรรมออกเป็น 5 เซอร์วิซนามธรรมที่ทำงานร่วมกันเกี่ยวกับการพยากรณ์อากาศสำหรับบริเวณสถานที่ตามเลขที่อยู่ไอพี โดยทำงานตามกระแสงานแบบลำดับดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 ประเภทของเซอร์วิซที่ใช้ในการทดลอง

จากรูปที่ 4.3 กำหนด

Change IP Address to Location คือประเภทของงานที่เซอร์วิซอินสแตนซ์ทำการเปลี่ยนค่า IP Address เป็นที่อยู่

Find near Location คือประเภทของงานที่เซอร์วิซอินสแตนซ์ทำการค้นหาสถานที่ใกล้เคียงกับที่อยู่ที่ได้จากการเปลี่ยนค่า IP Address

Forecast คือประเภทของงานที่เซอร์วิซอินสแตนซ์ทำการพยากรณ์อุณหภูมิและสภาพอากาศจากที่อยู่ที่ได้จากประเภทของงานของเซอร์วิซที่ทำมาแล้ว

Convert Temperature Unit คือประเภทของงานที่เซอร์วิซอินสแตนซ์ทำการเปลี่ยนหน่วยอุณหภูมิเป็นหน่วยที่ต้องการ

Translation คือประเภทของงานที่เซอร์วิซอินสแตนซ์ทำการแปลงภาษาให้เป็นตามประเทศตามที่อยู่ที่ได้มา

เมื่อกำหนดเซอร์วิซนามธรรมแล้วผู้วิจัยได้ทำการค้นหาเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่สามารถทำงานได้ตรงตามเซอร์วิซนามธรรมดังตารางที่ 4.1 และที่มีความหยาบกว่าเซอร์วิซนามธรรมดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 เซอร์วิซอินสแตนซ์ที่ระดับความละเอียดตรงกับเซอร์วิซนามธรรม

Abstract Service	Instance Name
Change IP Address To Location	api.hostip.info
Change IP Address To Location	en.utrace.de
Change IP Address To Location	geoplugin
Change IP Address To Location	gaze
Change IP Address To Location	ipinfodb
Change IP Address To Location	freegeoip
Find near Location	geoplugin
Find near Location	geonames
Find near Location	geonamesWIKI
Find near Location	gaze-the mySociety
Find near Location	api.wunderground
Forecast	National Digital Forecast Database (NDFD)
Forecast	Yahoo! Weather
Forecast	Geonames
Forecast	wunderground
Forecast	worldweatheronline
Convert Temperature Unit	duckdoduck
Convert Temperature Unit	Visual DataFlex
Convert Temperature Unit	raisondetre
Convert Temperature Unit	cp.eng.chula
Translation	Google
Translation	Anowa
Translation	dict.tu

ตารางที่ 4.2 เซอร์วิซอินสแตนซ์ที่ระดับความละเอียดหยาบกว่าเซอร์วิซนามธรรม

Abstract Service	Instance Name
Forecast+Convert Temperature Unit+Translation	Geonames
Change IP Address To Location+Find near Location	Geoplugin
Change IP Address To Location+Find near Location	DuckDoDuck
Change IP Address To Location+Find near Location	2.api.in.th
Change IP Address To Location+Find near Location	3.api.in.th
Change IP Address To Location+Find near Location	4.api.in.th
Change IP Address To Location+Find near Location	5.api.in.th
Change IP Address To Location+Find near Location	raisondetre
Change IP Address To Location+Find near Location	cp.eng.chula
Change IP Address To Location+Find near Location+Forecast	DuckDoDuck
Change IP Address To Location+Find near Location+Forecast	2.api.in.th
Change IP Address To Location+Find near Location+Forecast	3.api.in.th
Change IP Address To Location+Find near Location+Forecast	4.api.in.th
Change IP Address To Location+Find near Location+Forecast	5.api.in.th
Change IP Address To Location+Find near Location+Forecast	raisondetre
Change IP Address To Location+Find near Location+Forecast	cp.eng.chula

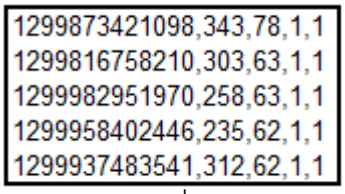
เซอร์วิซอินสแตนซ์ทั้ง 39 อินสแตนซ์ดังตารางทั้งสองมีโฮสต์อยู่ ณ สถานที่แตกต่างกันดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ที่ตั้งของเครื่องเซิร์ฟเวอร์ของเซอร์วิซอินสแตนซ์

Service Name	IP Address	City	Country	Continent
api.hostip.info	174.129.200.54	Seattle	United States	North America
en.utrace.de	88.198.156.18	Gunzenhausen	Germany	Europe
Geoplugin	94.23.155.96	London	United Kingdom	Europe
Gaze	89.238.145.69	Manchester	United Kingdom	Europe
ipinfodb	67.212.74.82	Laval	Canada	North America
freegeoip	209.85.229.141	Mountain View	United States	North America
NDFD	140.90.113.200	Silver Spring	United States	North America
Yahoo! Weather	69.147.76.210	Sunnyvale	United States	North America
Geonames	188.40.62.8	Gunzenhausen	Germany	Europe
api.wunderground	38.102.136.138	Washington	United States	North America
worldweatheronline	109.108.143.93	Manchester	United Kingdom	Europe
DuckDoDuck	203.146.26.63	Bangkok	Thailand	Asia
Visual DataFlex	87.249.122.96	Enschede	Netherlands	Europe
raisondetre	173.236.155.140	Brea	United States	North America
cp.eng.chula	161.200.80.212	Bangkok	Thailand	Asia
Geoplugin	87.98.187.238	Roubaix	France	Europe
GeonamesWIKI	188.40.62.8	Gunzenhausen	Germany	Europe
Google	209.85.229.95	Mountain View	United States	North America
Anowa	83.142.228.137	Maidenhead	United Kingdom	Europe
dict.tu	134.109.133.9	Chemnitz	Germany	Europe
2.api.in.th	203.146.26.63	Bangkok	Thailand	Asia
3.api.in.th	122.155.13.138	Bangkok	Thailand	Asia
4.api.in.th	61.19.248.97	Bangkok	Thailand	Asia
5.api.in.th	61.19.246.36	Bangkok	Thailand	Asia

จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการเฝ้าสังเกตพฤติกรรมของเซอร์วิซอินสแตนซ์ดังกล่าวโดยเก็บข้อมูลเวลาที่เรียกใช้งาน เวลาตอบกลับ (วัดจากระยะเวลาตั้งแต่เริ่มร้องขอจนได้คำตอบ) ความเชื่อถือได้ (มีค่าเท่ากับ 1 เมื่อมีคำตอบจากผู้ให้บริการที่ถูกต้องภายในกรอบเวลาที่คาดหวังและ มีค่าเท่ากับ 0 เมื่อไม่มีคำตอบจากผู้ให้บริการหรือคำตอบที่ได้ใช้เวลาเกินกรอบเวลาที่คาดหวัง โดยกำหนดกรอบเวลาที่คาดหวังไว้ 10 วินาที) และสภาพพร้อมใช้งาน (มีค่าเท่ากับ 1 เมื่อมีการตอบกลับจากผู้ให้บริการ มีค่าเท่ากับ 0 เมื่อไม่มีการตอบกลับ) ของเซอร์วิซอินสแตนซ์ ทุกๆ 5 นาทีเป็นเวลาหนึ่งเดือนโดยประมาณ ข้อมูลที่เก็บได้เป็นดังรูปที่ 4.4 (นอกจากนี้ยังได้ทดลองเก็บข้อมูลแบนด์วิดท์เพิ่มเติมด้วย*)

* ในส่วนหนึ่งของการทดลอง ผู้วิจัยได้ทดลองเก็บค่าแบนด์วิดท์เพื่อนำมาใช้ในการเรียนรู้ของข่ายงานประสาทเทียมด้วย แต่จากการเฝ้าสังเกตพบว่า ค่าแบนวิดท์มีความไม่แน่นอนมากจึงได้ทำการทดสอบสถิติดังภาคผนวก ข และสรุปว่าการประกอบเซอร์วิซโดยใช้ค่าแบนด์วิดท์ร่วมด้วยไม่ได้ส่งผลให้ค่าฟิตเนสเฉลี่ยของเซอร์วิซประกอบที่เป็นคำตอบดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญกว่าเมื่อไม่ใช้ สุดท้ายจึงไม่ได้นำแบนด์วิดท์มาพิจารณา



รูปที่ 4.4 ตัวอย่างข้อมูลที่ได้จากระบบเฝ้าสังเกต

จากรูปที่ 4.4 ตัวเลขที่ระบบเฝ้าสังเกตได้บันทึกมาคือ เวลาที่เรียกใช้งาน แบนด์วิดท์ (หน่วยเป็นไบต์ต่อวินาที) เวลาตอบกลับ (หน่วยเป็นวินาที) ความน่าเชื่อถือได้ และสภาพพร้อมใช้งานของเซอร์วิซอินสแตนซ์ ตามลำดับ จากนั้นนำข้อมูลเหล่านี้มาแปลงเป็นข้อมูลอินพุตให้ข่ายงานประสาทเทียมของกรอบงานเวกาทำการเรียนรู้ในรูปแบบดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ตัวอย่างไฟล์สำหรับการเรียนรู้ของข่ายงานประสาทเทียม

Response Time (arff)	Reliability (arff)	Availability (arff)
@relation service_qos	@relation service_qos	@relation service_qos
@attribute HOUR numeric	@attribute HOUR numeric	@attribute HOUR numeric
@attribute MIN numeric	@attribute MIN numeric	@attribute MIN numeric
@attribute SEC numeric	@attribute SEC numeric	@attribute SEC numeric
@attribute RES numeric	@attribute REL numeric	@attribute AVL numeric
@data	@data	@data
13,57,26,78.0	13,57,26,1	13,57,26,1
15,12,11,63.0	15,12,11,1	15,12,11,1
15,22,57,63.0	15,22,57,1	15,22,57,1
15,33.0,50,62.0	15,33,50,1	15,33,50,1
15,44,44,62.0	15,44,44,1	15,44,44,1

จากตารางที่ 4.4 ตัวอย่างไฟล์สำหรับการเรียนรู้ของข่ายงานประสาทเทียมแบ่งเป็น 3 คอลัมน์ ซึ่งบอกถึง 3 ไฟล์ตัวอย่างคือไฟล์สำหรับสอนโมเดลเวลาตอบกลับ ไฟล์สำหรับสอนโมเดลความเชื่อถือได้ และ ไฟล์สำหรับสอนโมเดลสภาพพร้อมใช้งานของเซอร์วิซอินสแตนซ์ตามลำดับ

จากตัวอย่างข้อมูลบางส่วนของไฟล์ประกอบด้วย @relation คือชื่อความสัมพันธ์จากโมเดล @attribute คือชื่อแอตทริบิวต์โดยกำหนดเป็นประเภทค่าตัวเลข (numeric) ส่วน @data คือข้อมูลที่ใช้ในการสอนข่ายงานประสาทเทียมจนได้เป็นโมเดล

เมื่อทำการแปลงข้อมูลแล้วจะทำการสอนข่ายงานประสาทเทียมแบบ เพอร์เซ็ปตรอนหลายชั้น ด้วยอัลกอริทึมย้อนกลับเพื่อสร้างโมเดลทำนายค่าเวลาตอบกลับ โมเดลทำนายค่าความเชื่อถือได้ และโมเดลทำนายค่าสภาพพร้อมใช้งาน สำหรับแต่ละเซอร์วิซอินสแตนซ์ในจำนวนทั้งหมด 39 อินสแตนซ์ ดังนั้นจะมีโมเดลในการทดลองเป็นจำนวนทั้งหมด $39 \times 3 = 117$ โมเดล ในการสอนโมเดลต่างๆกำหนดค่าพารามิเตอร์ดังนี้

สำหรับการสอนโมเดลทำนายค่าเวลาตอบกลับกำหนด ค่าอัตราการเรียนรู้ (Learning Rate) เป็น 0.27573 ค่าโมเมนตัม (Momentum) เป็น 0.1391 จำนวนรอบในการฝึกสอน (Epoch) เป็น 1500 รอบโดยมีชั้นฮิดเดนหรือชั้นซ่อน (Hidden layer) 4 ชั้นและมีโหนดแฝงเป็น 5,4,3,2 ตามลำดับ

สำหรับการสอนโมเดลทำนายค่าความเชื่อถือได้และสภาพพร้อมใช้งานกำหนด ค่าอัตราการเรียนรู้ (Learning Rate) เป็น 0. 277 ค่าโมเมนตัม (Momentum) เป็น 0.137 จำนวนรอบในการฝึกสอน (Epoch) เป็น 1500 รอบโดยมีชั้นฮิดเดนหรือชั้นซ่อน (Hidden layer) 4 ชั้นและมีโหนดแฝงเป็น 4,4,3,3 ตามลำดับ

เมื่อทำการสอนและทดสอบด้วยวิธีไขว้ข้ามสิบพับ (10-Fold Cross Validation) จะได้โมเดลออกมาโดยมีค่าผิดพลาดของแต่ละโมเดลดังตารางที่ 4.5-4.7 โดยกำหนด

Abstract Service แทน เซอร์วิซนามธรรมหรืองานที่เซอร์วิซอินสแตนซ์ได้ทำ

Service Instance แทน เซอร์วิซอินสแตนซ์

RMSE แทน รากกำลังสองเฉลี่ยของค่าผิดพลาด (Root Mean Square Error)

MAE แทน ค่าเฉลี่ยสัมบูรณ์ของค่าผิดพลาด (Mean Absolute Error)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.5 ค่าความผิดพลาดสำหรับโมเดลเวลาตอบกลับของเซอร์วิซอินสแตนซ์

Abstract Service	Service Instance	RMSE	MAE
IP Address to Location	api.hostip.info	0.3612	0.2223
IP Address to Location	en.utrace.de	0.6742	0.2774
IP Address to Location	freegeoip	0.1926	0.0905
IP Address to Location	Gaze	0.1302	0.0277
IP Address to Location	Geoplugin	0.2706	0.1398
IP Address to Location	ipinfodb	0.4232	0.1209
Find Near Location	wunderground	1.0589	0.6653
Find Near Location	Gaze-the mySociety	1.258	0.4286
Find Near Location	Geonames	1.226	0.7772
Find Near Location	GeonamesWiKi	1.5989	1.2095
Find Near Location	Geoplugin	0.3242	0.1548
Forecast	wunderground	0.687	0.2105
Forecast	Geonames	0.9143	0.5458
Forecast	NDFD	0.5365	0.2237
Forecast	worldweatheronline	0.9265	0.4245
Forecast	Yahoo! Weather	0.3202	0.1752
Convert Temperature	cp.eng.chula	0.6016	0.1902
Convert Temperature	duckdoduck	0.232	0.0482
Convert Temperature	raisondetre	0.1701	0.0626
Convert Temperature	Visual DataFlex	0.1599	0.0689
Translation	Anowa	0.2474	0.1554
Translation	dict.tu	0.3776	0.1843
Translation	google	0.2608	0.0902
IP Address to Location,Find Near Location	2.api.in.th	2.2054	1.4311
IP Address to Location,Find Near Location	3.api.in.th	2.7558	1.9571
IP Address to Location,Find Near Location	4.api.in.th	2.8138	2.0449
IP Address to Location,Find Near Location	5.api.in.th	2.5874	1.8109
IP Address to Location,Find Near Location	cp.eng.chula	1.6891	0.7822
IP Address to Location,Find Near Location	duckdoduck	2.2083	1.5549
IP Address to Location,Find Near Location	Geoplugin	0.3426	0.1603
IP Address to Location,Find Near Location	raisondetre	1.9423	1.1089
IP Address to Location,Find Near Location,Forecast	2.api.in.th	2.8249	1.592
IP Address to Location,Find Near Location,Forecast	3.api.in.th	3.4296	2.0161
IP Address to Location,Find Near Location,Forecast	4.api.in.th	3.3741	2.0762
IP Address to Location,Find Near Location,Forecast	5.api.in.th	2.6113	1.4838
IP Address to Location,Find Near Location,Forecast	cp.eng.chula	3.5916	2.0383
IP Address to Location,Find Near Location,Forecast	duckdoduck	3.1516	2.3203
IP Address to Location,Find Near Location,Forecast	raisondetre	2.4413	1.2175
Forecast,Convert Temperature,Translation	Geonames	1.8992	0.7527

ตารางที่ 4.6 ค่าความผิดพลาดสำหรับโมเดลความเชื่อถือได้ของเซอร์วิซอินสแตนซ์

Abstract Service	Service Instance	RMSE	MAE
IP Address to Location	api.hostip.info	0.0952	0.0387
IP Address to Location	en.utrace.de	0.2203	0.0503
IP Address to Location	freegeoip	0.2572	0.0672
IP Address to Location	Gaze	0.0165	0.0003
IP Address to Location	Geoplugin	0.1131	0.0128
IP Address to Location	ipinfodb	0.1934	0.0435
Find Near Location	wunderground	0.4479	0.3217
Find Near Location	Gaze-the mySociety	0.5563	0.4309
Find Near Location	Geonames	0.3829	0.2776
Find Near Location	GeonamesWiKi	0.4412	0.3959
Find Near Location	Geoplugin	0.117	0.0138
Forecast	wunderground	0.1679	0.0332
Forecast	Geonames	0.2775	0.0897
Forecast	NDFD	0.1415	0.0402
Forecast	worldweatheronline	0.2884	0.1035
Forecast	Yahoo! Weather	0.0523	0.0027
Convert Temperature	cp.eng.chula	0.3136	0.1016
Convert Temperature	duckdoduck	0.0702	0.0049
Convert Temperature	raisondetre	0.0331	0.0011
Convert Temperature	Visual DataFlex	0.0331	0.0011
Translation	Anowa	0.0406	0.0016
Translation	dict.tu	0.1445	0.0209
Translation	google	0.0469	0.0022
IP Address to Location,Find Near Location	2.api.in.th	0.3827	0.3439
IP Address to Location,Find Near Location	3.api.in.th	0.5832	0.4724
IP Address to Location,Find Near Location	4.api.in.th	0.4634	0.4361
IP Address to Location,Find Near Location	5.api.in.th	0.4418	0.3841
IP Address to Location,Find Near Location	cp.eng.chula	0.3701	0.187
IP Address to Location,Find Near Location	duckdoduck	0.4452	0.2246
IP Address to Location,Find Near Location	Geoplugin	0.1087	0.012
IP Address to Location,Find Near Location	raisondetre	0.3304	0.22
IP Address to Location,Find Near Location,Forecast	2.api.in.th	0.4155	0.2588
IP Address to Location,Find Near Location,Forecast	3.api.in.th	0.4107	0.2428
IP Address to Location,Find Near Location,Forecast	4.api.in.th	0.4353	0.3904
IP Address to Location,Find Near Location,Forecast	5.api.in.th	0.3108	0.1564
IP Address to Location,Find Near Location,Forecast	cp.eng.chula	0.4989	0.4693
IP Address to Location,Find Near Location,Forecast	duckdoduck	0.4996	0.4871
IP Address to Location,Find Near Location,Forecast	raisondetre	0.2504	0.0744
Forecast,Convert Temperature,Translation	Geonames	0.1895	0.0379

ตารางที่ 4.7 ค่าความผิดพลาดสำหรับโมเดลสภาพพร้อมใช้งานของเซอร์วิซอินสแตนซ์

Abstract Service	Service Instance	RMSE	MAE
IP Address to Location	api.hostip.info	0.0521	0.0027
IP Address to Location	en.utrace.de	0.0233	0.0005
IP Address to Location	freegeoip	0.2551	0.0661
IP Address to Location	Gaze	0.0939	0.0725
IP Address to Location	Geoplugin	0.0948	0.009
IP Address to Location	ipinfodb	0.1789	0.0322
Find Near Location	wunderground	0.1671	0.0378
Find Near Location	Gaze-the mySociety	0.0406	0.0016
Find Near Location	Geonames	0.2618	0.121
Find Near Location	GeonamesWiKi	0.277	0.1367
Find Near Location	Geoplugin	0.0993	0.0099
Forecast	wunderground	0.0721	0.0052
Forecast	Geonames	0.1587	0.0256
Forecast	NDFD	0.064	0.0041
Forecast	worldweatheronline	0.2103	0.0644
Forecast	Yahoo! Weather	0.0165	0.0003
Convert Temperature	cp.eng.chula	0.2676	0.073
Convert Temperature	duckdoduck	0.0523	0.0027
Convert Temperature	raisondetre	0.0234	0.0005
Convert Temperature	Visual DataFlex	0.0234	0.0005
Translation	Anowa	0.0287	0.0008
Translation	dict.tu	0.0234	0.0005
Translation	google	0.0235	0.0006
IP Address to Location,Find Near Location	2.api.in.th	0.2669	0.2404
IP Address to Location,Find Near Location	3.api.in.th	0.2408	0.094
IP Address to Location,Find Near Location	4.api.in.th	0.2528	0.0644
IP Address to Location,Find Near Location	5.api.in.th	0.2356	0.0971
IP Address to Location,Find Near Location	cp.eng.chula	0.2835	0.1304
IP Address to Location,Find Near Location	duckdoduck	0.2174	0.0489
IP Address to Location,Find Near Location	Geoplugin	0.0937	0.0088
IP Address to Location,Find Near Location	raisondetre	0.1843	0.035
IP Address to Location,Find Near Location,Forecast	2.api.in.th	0.1808	0.0446
IP Address to Location,Find Near Location,Forecast	3.api.in.th	0.2133	0.0508
IP Address to Location,Find Near Location,Forecast	4.api.in.th	0.2124	0.1277
IP Address to Location,Find Near Location,Forecast	5.api.in.th	0.178	0.0465
IP Address to Location,Find Near Location,Forecast	cp.eng.chula	0.3017	0.0986
IP Address to Location,Find Near Location,Forecast	duckdoduck	0.2016	0.0782
IP Address to Location,Find Near Location,Forecast	raisondetre	0.1691	0.0403
Forecast,Convert Temperature,Translation	Geonames	0.1171	0.0151

ในการทดลอง ผู้วิจัยได้ทำการปรับค่าพารามิเตอร์ต่างๆในการสอนข่ายงานประสาทเทียม จนได้ค่ารากกำลังสองเฉลี่ยของค่าผิดพลาด และค่าเฉลี่ยสัมบูรณ์ของค่าผิดพลาดเป็นดังตารางที่ 4.5-4.7 ข้างต้น ค่าทั้งสองเป็นค่าที่แสดงความแม่นยำของค่าที่โมเดลทำนายได้เมื่อเทียบกับค่าจริงของข้อมูลชุดทดสอบ ซึ่งหากเข้าใกล้ 0 แสดงว่าการทำนายค่าคิวโอเอสของโมเดลมีความแม่นยำ

จากข้อจำกัดเรื่องจำนวนโมเดลในการทดลองมีจำนวนมาก และในการสอนโมเดลหนึ่งๆใช้เวลานาน ผู้วิจัยเห็นว่าการปรับพารามิเตอร์ช่วยให้ได้ค่าผิดพลาดเฉลี่ยทั้งสองที่ค่อนข้างใกล้เคียง 0 แล้วจึงยอมรับโมเดลที่ได้ ว่ามีความเหมาะสม

เมื่อได้โมเดลการทำนายจากการสอนข่ายงานประสาทเทียมแล้ว จะนำโมเดลเหล่านี้มาทำนายค่าคิวโอเอสของแต่ละเซอร์วิซอินสแตนซ์โดยใส่ค่าสำหรับการทำนายในรูปแบบสำหรับกรอบงานของเวกาดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ตัวอย่างไฟล์สำหรับการทำนายค่าจากข่ายงานประสาทเทียม

Response Time (arff)	Reliability (arff)	Availability (arff)
@relation service_qos	@relation service_qos	@relation service_qos
@attribute HOUR numeric	@attribute HOUR numeric	@attribute HOUR numeric
@attribute MIN numeric	@attribute MIN numeric	@attribute MIN numeric
@attribute SEC numeric	@attribute SEC numeric	@attribute SEC numeric
@attribute RES numeric	@attribute REL numeric	@attribute AVL numeric
@data	@data	@data
21,52,16,?	21,52,16,?	21,52,16,?
17,32,51,?	17,32,51,?	17,32,51,?
15,32,7,?	15,32,7,?	15,32,7,?
9,13,53,?	9,13,53,?	9,13,53,?
3,21,34,?	3,21,34,?	3,21,34,?

จากตารางที่ 4.8 ตัวอย่างไฟล์สำหรับการทำนายค่าจากข่ายงานประสาทเทียมแบ่งเป็น 3 คอลัมน์ ซึ่งบอกถึง 3 ไฟล์ตัวอย่างคือไฟล์สำหรับสอบถามโมเดลเวลาตอบกลับ ไฟล์สำหรับสอบถามโมเดลความเชื่อถือได้ และ ไฟล์สำหรับสอบถามโมเดลสภาพพร้อมใช้งานของเซอร์วิซอินสแตนซ์ ตามลำดับ

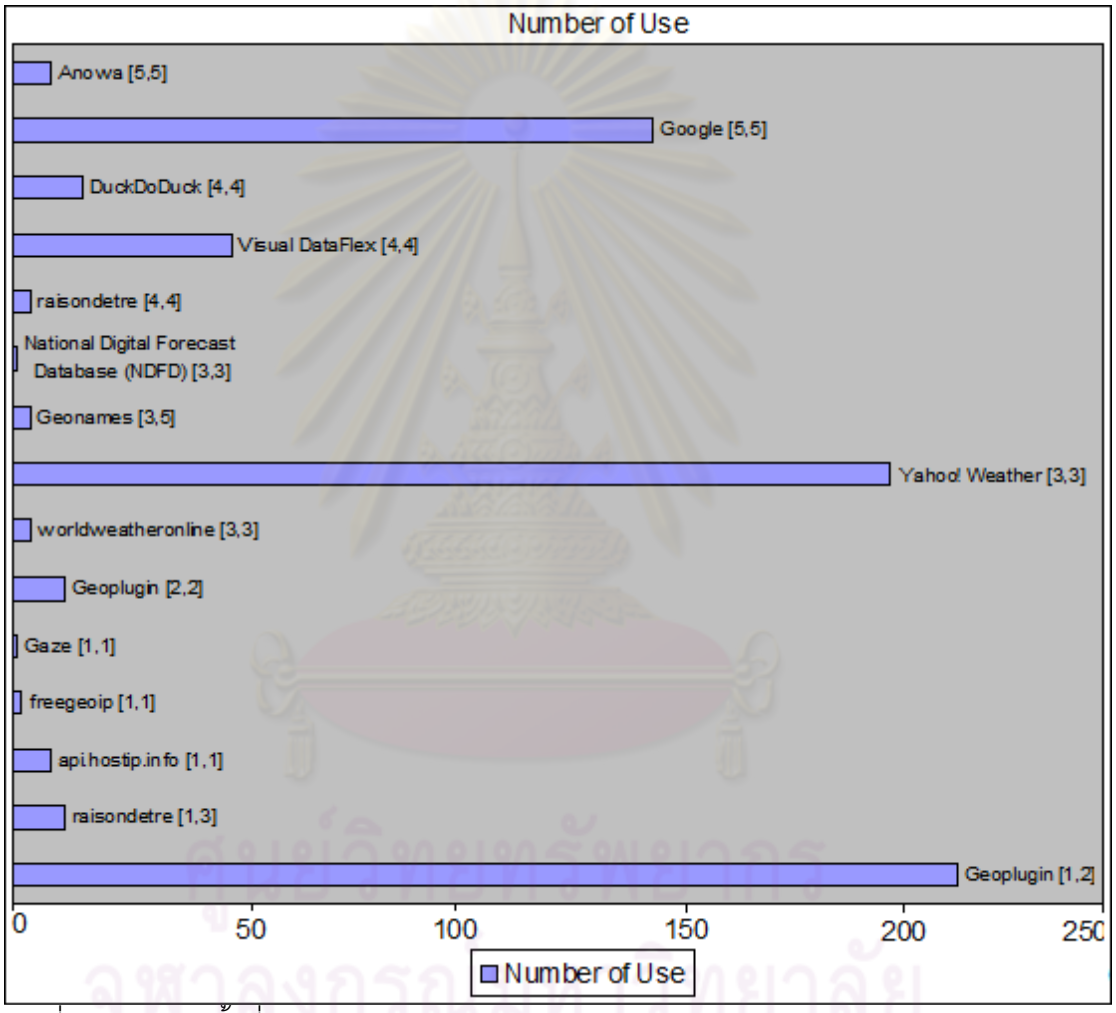
จากตัวอย่าง ข้อมูลบางส่วนของไฟล์ประกอบด้วย @relation คือชื่อความสัมพันธ์จากโมเดล @attribute คือชื่อแอตทริบิวต์โดยกำหนดเป็นประเภท numeric ส่วน @data คือข้อมูลที่ใช้สอบถามโดยใส่ค่าข้อมูลอินพุตเป็นตัวเลขตามที่ระบุไว้ในค่าแอตทริบิวต์ที่กำหนดไว้ ส่วนข้อมูลเอาต์พุตหรือค่าที่ต้องการจากการทำนายจะใส่ค่าเป็น ? ไว้

เมื่อทำการทำนายค่าคิวโอเอสจากข้อมูลอินพุตดังตัวอย่างแล้ว จะนำค่าคุณภาพที่ได้จากการทำนายและเซอร์วิซอินสแตนซ์มาประกอบเป็นเซอร์วิซประกอบ ด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม

โดยกำหนด

ค่าน้ำหนัก w_i สำหรับฟิตเนสฟังก์ชันในสมการ (5) เป็น 1 และจะได้เซอร์วิซประกอบที่เหมาะสมในการทำงาน ณ แต่ละเวลาดังภาคผนวก ก

จากภาคผนวก ก พบว่าเซอร์วิซประกอบที่ได้ 5 ลำดับแรก ณ แต่ละเวลาของการทำงานมีการนำเซอร์วิซอินสแตนซ์ไปใช้ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 จำนวนครั้งที่เซอร์วิซอินสแตนซ์อยู่ในคำตอบ 5 อันดับแรกของการทำงาน ณ แต่ละเวลา

จากรูปที่ 4.5 พบว่ามีการใช้เซอร์วิซอินสแตนซ์ที่มีระดับความละเอียดที่หยาบกว่าเซอร์วิซนามธรรม และ เซอร์วิซอินสแตนซ์ที่ทำงานพอดีกับเซอร์วิซนามธรรม ควบคู่กันไป ซึ่งหากดูจากผลการทดลองในภาคผนวก ก ควบคู่ไปด้วยจะพบว่าคำตอบหรือเซอร์วิซประกอบที่ได้ไม่มีเซอร์วิซประกอบตัวใดที่เกิดจากการประกอบของเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่ทำงานพอดีกับเซอร์วิซนามธรรมอย่างเดียวเลย ตัวอย่างเช่นคำตอบที่ดีที่สุด ณ เวลา 0:14:07 (ตารางที่ ก-1) จะประกอบด้วยเซอร์

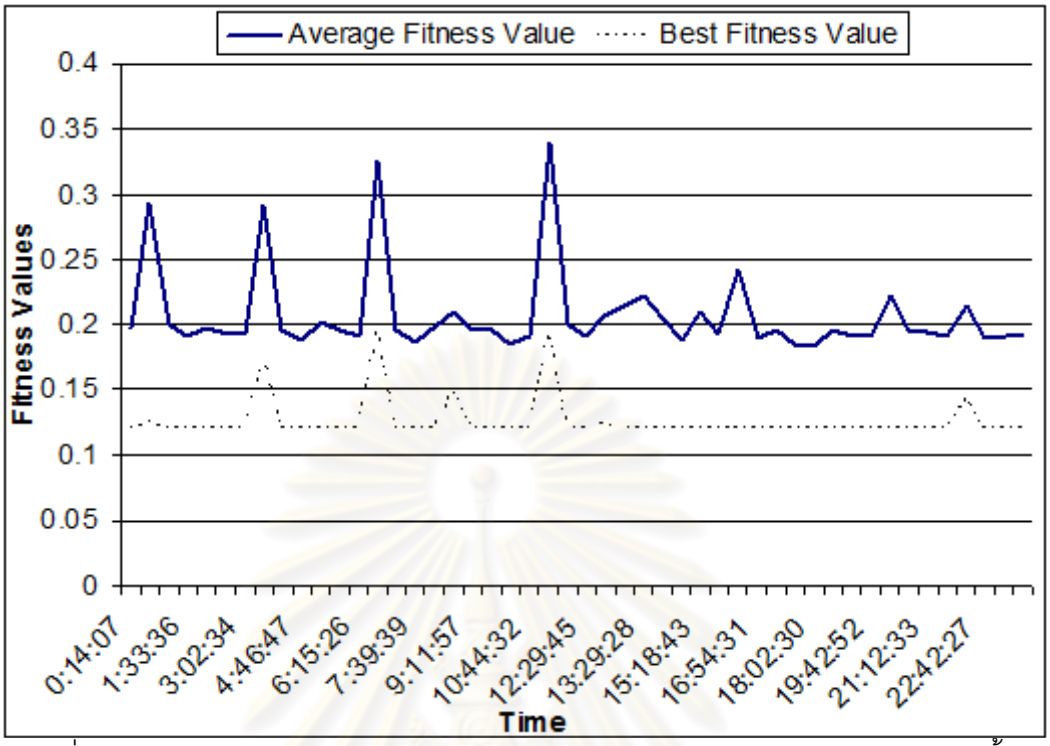
วิซอินสแตนซ์ Geoplugin ซึ่งมีระดับความละเอียดเป็น [1,2] และคำตอบที่ดีที่สุด ณ เวลา 6:48:43 (ตาราง ก-14) จะประกอบด้วยเซอร์วิซอินสแตนซ์ raisondetre ซึ่งมีระดับความละเอียดเป็น [1,3] เป็นต้น

เนื่องจากคำตอบหรือเซอร์วิซประกอบที่ได้จากขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมในการทดลองจะถือว่าเป็นเซอร์วิซประกอบที่มีค่าคิวโอเอสรวมที่เหมาะสมและเซอร์วิซประกอบที่ได้มีเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่มีระดับความละเอียดที่หยาบกว่าเซอร์วิซนามธรรมร่วมด้วย ดังนั้นทำให้สรุปได้ว่าเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่มีระดับความละเอียดที่หยาบกว่าเซอร์วิซนามธรรมมีบทบาทสำคัญในการนำมาพิจารณาประกอบเซอร์วิซ

เมื่อนำค่าเวลาการใช้งานเป็นจำนวน 48 เวลาและค่าฟิตเนสจากการประกอบเซอร์วิซสำหรับการใช้งาน ณ เวลานั้นมาพิจารณาเพื่อหาความสัมพันธ์โดยมีข้อมูลดังตารางที่ 4.9 จะได้กราฟความสัมพันธ์ดังรูปที่ 4.6

ตารางที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการใช้งานและค่าฟิตเนสของแต่ละคำตอบสำหรับการใช้งาน ณ เวลานั้น

Time	Average Fitness Value	Best Fitness Value	Time	Average Fitness Value	Best Fitness Value
0:14:07	0.19715873	0.120264588	12:29:45	0.192063347	0.120292412
0:51:17	0.293628176	0.124820421	12:52:52	0.207275989	0.124897065
1:12:44	0.200830016	0.120265221	13:05:47	0.215219432	0.120290103
1:33:36	0.191679135	0.120269386	13:29:28	0.222129251	0.120295141
2:47:32	0.197228823	0.120274283	14:12:33	0.204847936	0.120294035
2:53:30	0.193243611	0.120275447	14:45:26	0.188468404	0.120300302
3:02:34	0.192852115	0.120268055	15:18:43	0.210422238	0.120297008
3:35:45	0.291056349	0.171707232	15:32:22	0.192600578	0.120300248
4:15:52	0.195951084	0.120272089	16:29:39	0.241120588	0.120301336
4:46:47	0.188036993	0.120277985	16:54:31	0.189347023	0.120306107
5:19:21	0.201867662	0.120276014	17:33:36	0.194886535	0.120304339
5:29:33	0.195663857	0.120277485	17:44:32	0.185531397	0.120306457
6:15:26	0.191801002	0.120277301	18:02:30	0.183307013	0.120301017
6:48:43	0.324627892	0.194485191	18:56:34	0.195605766	0.120310705
7:22:27	0.195751299	0.120280758	19:09:43	0.191994385	0.120304075
7:39:39	0.186601586	0.12028351	19:42:52	0.192806593	0.1203098
8:04:31	0.198982546	0.120279479	20:05:47	0.222059903	0.120305388
8:54:47	0.210441557	0.148583258	20:49:21	0.195770207	0.120314217
9:11:57	0.195296224	0.120282137	21:12:33	0.194092286	0.120309297
9:42:44	0.195002863	0.120288269	21:35:26	0.192070185	0.120313712
10:33:36	0.185025112	0.120289063	22:18:41	0.215051159	0.14380589
10:44:32	0.191619368	0.120291202	22:42:27	0.189639848	0.120317102
11:22:30	0.340215566	0.192734394	23:29:39	0.190582556	0.120316542
11:56:34	0.201323003	0.120295488	23:34:17	0.190395328	0.12031815



รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการใช้งานและค่าฟิตเนสของคำตอบสำหรับเวลานั้น

จากรูปที่ 4.6 พบว่าค่าฟิตเนสที่ดีที่สุด(Best Fitness Value) และค่าฟิตเนสเฉลี่ย (Average Fitness Value) ไปในทิศทางเดียวกัน แต่ในช่วงเวลา 13:30 – 21:30 จะพบว่าค่าฟิตเนสที่ดีที่สุดจะมีค่าคงที่แต่ค่าฟิตเนสเฉลี่ยไม่คงที่ ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากคำตอบอื่นในช่วงดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงของค่าคุณภาพทำให้เส้นกราฟไม่คงที่

หากพิจารณาเซอร์วิซประกอบที่ดีที่สุดที่ได้จากการทดลองในแต่ละเวลาทั้งหมด 48 เวลา ดังรูปที่ 4.7 จะพบว่า

เซอร์วิซอินสแตนซ์ Geoplugin ,Yahoo , DuckDoDuck และ Google จะถูกประกอบเป็นคำตอบที่ดีที่สุดเป็นจำนวน 41 ครั้ง

เซอร์วิซอินสแตนซ์ Geoplugin ,Yahoo , DuckDoDuck และ Anowa จะถูกประกอบเป็นคำตอบที่ดีที่สุดเป็นจำนวน 2 ครั้ง

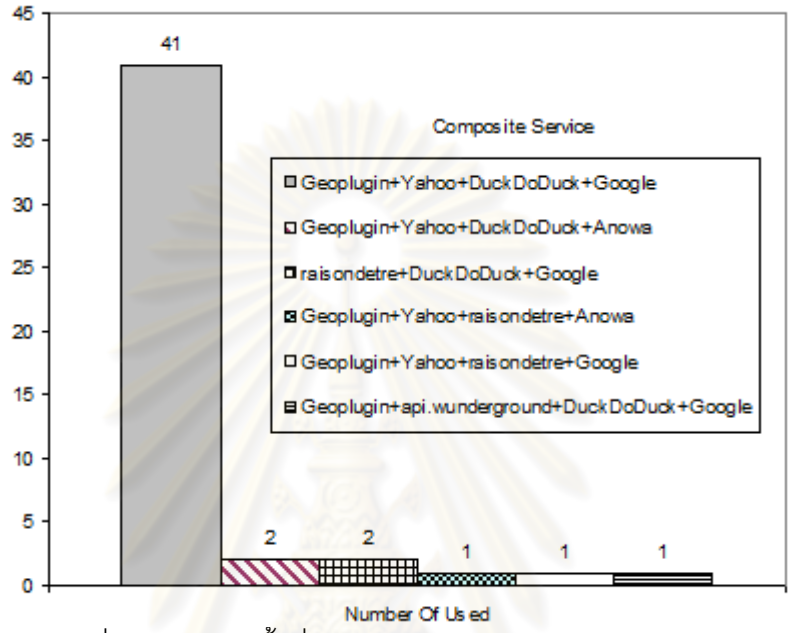
เซอร์วิซอินสแตนซ์ raisondetre , DuckDoDuck และ Google จะถูกประกอบเป็นคำตอบที่ดีที่สุดเป็นจำนวน 2 ครั้ง

เซอร์วิซอินสแตนซ์ Geoplugin ,Yahoo , raisondetre และ Anowa จะถูกประกอบเป็นคำตอบที่ดีที่สุดเป็นจำนวน 1 ครั้ง

เซอร์วิซอินสแตนซ์ Geoplugin ,Yahoo , raisondetre และ Google จะถูกประกอบเป็น

คำตอบที่ดีที่สุดเป็นจำนวน 1 ครั้ง

เซอร์วิซอินสแตนซ์ Geoplugin ,api.wunderground , DuckDoDuck และ Google จะถูกประกอบเป็นคำตอบที่ดีที่สุดเป็นจำนวน 1 ครั้ง



รูปที่ 4.7 จำนวนครั้งที่เซอร์วิซประกอบถูกเลือกเป็นคำตอบ

จากรูปที่ 4.7 พบว่าเซอร์วิซประกอบที่ถูกเลือกเป็นคำตอบส่วนมากเกิดจากเซอร์วิซอินสแตนซ์ Geoplugin, Yahoo, DuckDoDuck และ Google โดยถูกประกอบเป็นจำนวน 41 ครั้ง จากทั้งหมด 48 ครั้งคิดเป็นร้อยละ 85.4 จากทั้งหมด อย่างไรก็ตามมีบางช่วงเวลาที่เซอร์วิซอินสแตนซ์เหล่านี้ไม่ถูกเลือกร่วมกันเป็นคำตอบโดยคิดเป็นร้อยละ 14.6 จากทั้งหมด ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าช่วงเวลาของการใช้งานมีผลต่อการคัดเลือกเซอร์วิซอินสแตนซ์เพื่อมาประกอบเป็นเซอร์วิซประกอบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

บทสรุป

ในบทนี้จะกล่าวถึง สรุปผลการวิจัย ข้อจำกัดของงานวิจัย และข้อเสนอแนะในการพัฒนาเพิ่มเติม ตามลำดับดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เสนอวิธีการประกอบเซอร์วิซโดยพิจารณาค่าคิวโอเอสของเซอร์วิซอินสแตนซ์ โดยใช้ตัวทดลอง 39 เซอร์วิซอินสแตนซ์ที่ได้จากการทำนายค่าโดยใช้ข่ายงานประสาทเทียม ซึ่งสนับสนุนเซอร์วิซนามธรรมด้าน การเปลี่ยนไอพีแอดเดรสเป็นที่อยู่ การหาสถานที่ใกล้เคียงจากที่อยู่นั้น การพยากรณ์อากาศ การแปลงหน่วยอุณหภูมิ และการแปลภาษา โดยที่เซอร์วิซอินสแตนซ์อาจมีระดับความละเอียดที่หยาบกว่างานของเซอร์วิซนามธรรมหนึ่งๆ และใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมเป็นอัลกอริทึมในการเลือกเซอร์วิซประกอบที่ดี

จากการทดลองในบทที่ผ่านมาพบว่าเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่มีระดับความละเอียดที่หยาบกว่าเซอร์วิซนามธรรมที่กำหนดไว้มีผลต่อการเลือกเพื่อใช้ในการประกอบเซอร์วิซ เนื่องจากเซอร์วิซประกอบที่ได้จากเซอร์วิซอินสแตนซ์เหล่านี้มีค่าฟิตเนสที่ดี ทำให้ควรนำเซอร์วิซอินสแตนซ์เหล่านี้มาพิจารณาร่วมในการประกอบด้วย นอกจากนี้การทดลองยังพบว่าเวลาที่เรียกใช้เซอร์วิซอินสแตนซ์มีผลต่อค่าคิวโอเอสโดยเมื่อเวลาเปลี่ยนไป ค่าคิวโอเอสที่ได้ก็จะเปลี่ยนไปด้วย แต่บางเซอร์วิซอินสแตนซ์เวลาที่ใช้อาจไม่มีผลต่อค่าคุณภาพก็เป็นได้ ค่าคุณภาพที่เปลี่ยนไปนี้ ส่งผลต่อผลลัพธ์ของการประกอบเซอร์วิซเช่นกัน

5.2 ข้อจำกัดของงานวิจัย

1) จำนวนตัวอย่างของเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่ได้นำมาทดลองมีทั้งหมด 39 เซอร์วิซอินสแตนซ์ ในการทดลองถือว่าเซอร์วิซอินสแตนซ์สามารถทำงานด้วยกันได้โดยปราศจากปัญหา ซึ่งในความเป็นจริงอาจพบปัญหาความเข้ากันได้ของเซอร์วิซอินสแตนซ์ ซึ่งทำให้คุณภาพในการให้บริการของเซอร์วิซประกอบแตกต่างจากค่าฟิตเนสที่คำนวณได้จากการทดลอง เนื่องจากอาจต้องเสียเวลาในการแปลงข้อมูลเอาต์พุตของเซอร์วิซอินสแตนซ์หนึ่งไปเป็นข้อมูลอินพุตของอีกเซอร์วิซอินสแตนซ์หนึ่งก็เป็นได้ ซึ่งจะส่งผลต่อคุณภาพการให้บริการของเซอร์วิซประกอบโดยรวม

2) ในการทำการทดลองผู้วิจัยได้ทำการนำค่าคุณภาพที่ได้จากการเฝ้าสังเกตเซอร์วิซ

อินสแตนซ์มาสอนให้กับข่ายงานประสาทเทียม ซึ่งพบว่าการปรับค่าต่างๆไม่ว่าจะเป็น ค่าอัตราการเรียนรู้ (Learning Rate) ค่าโมเมนตัม (Momentum) จำนวนรอบในการฝึกสอน (Epoch) ชั้นฮิดเดนหรือชั้นซ่อน (Hidden layer) และโหนดแฝง (Hidden Nodes) ล้วนมีผลต่อความแม่นยำในการทำนายของข่ายงานประสาทเทียมทั้งสิ้น ทำให้จำเป็นต้องปรับค่าเหล่านี้เรื่อยๆเพื่อให้ได้โมเดลที่เหมาะสม แต่เนื่องจากการสร้างโมเดลจากไลบรารีของเวกาแต่ละโมเดลต้องใช้เวลามาก และจำนวนโมเดลที่ได้จากการเรียนรู้จากข่ายงานประสาทเทียมมีจำนวนมาก ทำให้การปรับค่าอาจจะทำได้ไม่ทั่วถึง รวมถึงข้อมูลที่ได้จากการเฝ้าสังเกตเซอร์วิซอินสแตนซ์อาจจะยังไม่เพียงพอ ทำให้โมเดลที่ได้อาจขาดความแม่นยำ

5.3 ข้อเสนอแนะในการพัฒนาเพิ่มเติม

แนวทางในการพัฒนาต่อที่ได้จากงานวิจัยมีดังต่อไปนี้

1) จากการทดลองผู้วิจัยสนใจในปัจจัยเชิงคุณภาพเพียง 3 ปัจจัยคือ เวลาตอบกลับ ความเชื่อถือได้และสภาพพร้อมใช้งาน ซึ่งหากเพิ่มการพิจารณาคุณภาพในด้านอื่นร่วมด้วยอาจจะได้การประกอบเซอร์วิซที่เหมาะสมกว่าเดิมยิ่งขึ้น

2) ในงานวิจัยนี้ผู้ประกอบเซอร์วิซจะต้องเป็นผู้ระบุว่าเซอร์วิซอินสแตนซ์ใดมีขอบเขตการทำงานที่ตรงกับหรือครอบคลุมงานของเซอร์วิซนามธรรมใดบ้าง หากมีการอธิบายเชิงความหมาย (Semantics) ของเซอร์วิซเพิ่มเติม เช่นการใช้ออนโทโลจีในการอธิบายเซอร์วิซนามธรรมและเซอร์วิซอินสแตนซ์ จะสามารถพิจารณาความครอบคลุมในเชิงความหมายของการทำงานได้อย่างอัตโนมัติมากขึ้น

3) การประกอบเซอร์วิซเมื่อเซอร์วิซอินสแตนซ์มีขอบเขตการทำงานที่เล็กกว่าหรือละเอียดกว่าเซอร์วิซนามธรรม สามารถทำได้ในทำนองเดียวกันแต่จะซับซ้อนขึ้นโดยต้องหาสกีมพื้นฐานที่ประกอบด้วยงานที่มีความละเอียดที่สุดที่เป็นไปได้ก่อน

4) เนื่องจากการทำนายค่าจากการเรียนรู้ของเครื่องมีหลายวิธี จึงควรมีการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำนายค่าคิวโอเอสด้วยข่ายงานประสาทเทียมกับวิธีอื่นในการนำมาใช้ประกอบเซอร์วิซ เช่นต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) และ ซับพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine) เป็นต้น

5) งานวิจัยนี้ได้มีสมมติฐานว่าค่าคิวโอเอสมักเปลี่ยนแปลงตามสภาพการใช้งานหรือช่วงเวลาในการใช้งาน โดยใช้ค่าพฤติกรรมการให้บริการในอดีตมาเป็นข้อมูลเพื่อใช้ทำนายค่าคิวโอเอสแต่ยังไม่ได้เปรียบเทียบกับการใช้ค่าคิวโอเอสจากผู้ให้บริการโดยตรง หากมีการเปรียบเทียบระหว่างการใช้ค่าคิวโอเอสทั้งสองแบบนี้เพื่อใช้ในการประกอบเซอร์วิซจะทำให้การทดสอบ

สมมติฐานของงานวิจัยนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

6) เนื่องจากงานวิจัยนี้ได้เสนอเพียงการทดลองการเรียนรู้จากค่าคิวโอเอสที่บันทึกไว้ในช่วงเวลาเพียงช่วงเดียว เท่านั้นทำให้โมเดลที่ใช้ในการทำนายค่าคิวโอเอสอาจจะไม่รองรับค่าคิวโอเอสที่เปลี่ยนไปตามเวลา แต่หากทำการพัฒนาเพิ่มเติมเป็นกรอบงานสำหรับการเฝ้าสังเกตเพื่อรองรับค่าคิวโอเอสที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาและสร้างโมเดลทางข่ายงานประสาทเทียมได้อย่างอัตโนมัติจะทำให้การทำนายมีความแม่ยำยิ่งขึ้น ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการประกอบเซอร์วิซต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

[1] Erl, T. (2008), Principles of Service Design, PRENTICE HALL Copyright 2008 SOA System, Inc

[2] World Wide Web Consortium (W3C) (2003). *QoS for Web Services: Requirements and Possible Approaches. W3C Working Group Note 25 November 2003* Availible from :http://www.w3c.or.kr/kr-office/TR/2003/ws-qos/

[3] Anthony, M., and Bartlett, P.L. (1999), *Neural Network Learning : Theoretical Foundations.*, Cambridge, UK

[4] Mitchell, T.M. (1997), *Machine Learning*, The McGraw-Hill Companies, Inc, Singapore

[5] Canfora, G., Penta, M.P., & Esposito, R., Villani, M.L. (2005) *An Approach for QoS-aware Service Composition based on Genetic Algorithms* Proceedings of Genetic and Evolutionary Computation Conference (GECCO 2005), Washington DC, USA, June, pp.1069-1075

[6] สันติ สวนศรี ,ดวงดาว วิชาดากุล และ ดวงแก้ว สวามิภักดิ์. เจนเนติกอัลกอริทึมสำหรับการประกอบกันของเว็บเซอร์วิซอย่างอัตโนมัติ. *วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศ* 2(1) (2548): 38-43

[7] Pichanaharee, K., Senivongse, T. (2008) *QoS-Based Service Provision Schemes and Plan Durability in Service Composition*, in R. Meier and S. Terzis (Eds.) : DAIS 2008, LNCS 5053, IFIP International Federation for Information Processing 2008 ,pp. 58-71

[8] Gao, Z., and Wu, G. (2005) *Combining Qos-based Service Selection with Performance Prediction* In Proceedings of the 2005 IEEE International Conference on e-Business Engineering (ICEBE'05), October, pp. 611-614

[9] Vu, L.H., Hauswirth, M. and Aberer, K. (2005) Qos-based Service Selection and Ranking with Trust and Reputation Management. *Springer Berlin / Heidelberg* Volume 3760/2005 pp. 466-483

[10] Bouguettaya, A. and Ouzzani, M. (2004), Efficient Access to Access to Web Service *IEEE Internet Computing* 2004, March-April, pp. 34-44

[11] Kulnarat, L. and Rongviriyapanich, S. (2009). A Client Perceived QoS Model for Web Services Selection. *Proceedings of Computer Information Technologies* , p. 66-71

[12] Huang, A.F.M., Lan, C.W., Yang, S.J.H. (2009) *An optimal Qos-based Web service selection scheme* In Proceeding of Information Sciences Volume 179, Issue 19, 9 September 2009, pp. 3309-3322

[13] Hall, M., Frank, E., Holmes, G., Pfahringer, B., Reutemann, P., and Witten, I. H. The WEKA Data Mining Software: An Update, *SIGKDD Explorations* vol.11 no.1 (2009): 10-18.

[14] "Weka 3: Data Mining Software in Java.". [Online]. Availible: http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka 2009.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก
เซอร์วิซประกอบที่ได้จากการทดลอง

ในภาคผนวก ก จะอธิบายถึงรายละเอียดของเซอร์วิซประกอบที่ได้จากการทดลองทำนายค่าคิวโอเอสโดยจะประกอบไปด้วย 48 ตาราง ในแต่ละตารางจะระบุถึงเวลาของการทำงานที่ใช้ทำนาย ค่าฟิตเนสฟังก์ชันของคำตอบ 5 อันดับแรกสำหรับเวลานั้น ชื่อของเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่นำมาประกอบ และระดับความละเอียดของเซอร์วิซอินสแตนซ์ดังตารางที่ ก-1 ถึง ก-48

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก-1 - ตารางที่ ก-4

เวลา 0:14:07								
Fitness Value	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity
0.120264588	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Google	[5,5]
0.124783461	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.144067003	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Google	[5,5]
0.148585875	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.150956886	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	Visual DataFlex	[4,4]	Google	[5,5]

เวลา 0:51:17								
Fitness Value	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity
0.124820421	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.196484119	Geoplugin	[1,2]	Geonames	[3,5]				
0.196560996	raisondetre	[1,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Google	[5,5]		
0.201110809	raisondetre	[1,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Anowa	[5,5]		
0.204282678	Geoplugin	[1,2]	National Digital Forecast Database	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Google	[5,5]

เวลา 1:12:44								
Fitness Value	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity
0.120265221	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Google	[5,5]
0.124789443	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.144071501	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Google	[5,5]
0.148595722	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.150974653	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	Visual DataFlex	[4,4]	Google	[5,5]

เวลา 1:33:36										
Fitness Value	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity
0.120269386	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Google	[5,5]		
0.144073435	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Google	[5,5]		
0.150945041	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	Visual DataFlex	[4,4]	Google	[5,5]		
0.158170747	api.hostip.info	[1,1]	Geoplugin	[2,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Google	[5,5]
0.169497446	freegeoip	[1,1]	Geoplugin	[2,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Google	[5,5]

49

ตารางที่ ก-5 - ตารางที่ ก-8

เวลา 2:47:32								
Fitness Value	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity
0.120274283	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Google	[5,5]
0.124829543	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.144063017	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Google	[5,5]
0.150935088	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	Visual DataFlex	[4,4]	Google	[5,5]
0.155490348	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	Visual DataFlex	[4,4]	Anowa	[5,5]

เวลา 2:53:30								
Fitness Value	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity
0.120275447	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Google	[5,5]
0.124835355	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.144063687	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Google	[5,5]
0.148623594	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.15092669	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	Visual DataFlex	[4,4]	Google	[5,5]

เวลา 3:02:34								
Fitness Value	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity
0.120268055	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Google	[5,5]
0.124791418	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.144039293	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Google	[5,5]
0.148562656	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.151005878	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	Visual DataFlex	[4,4]	Google	[5,5]

เวลา 3:35:45								
Fitness Value	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity
0.171707232	Geoplugin	[1,2]	api.wunderground	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Google	[5,5]
0.194873749	raisondetre	[1,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Google	[5,5]		
0.19548694	Geoplugin	[1,2]	api.wunderground	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Google	[5,5]
0.196475	Geoplugin	[1,2]	Geonames	[3,5]				
0.19942496	raisondetre	[1,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Anowa	[5,5]		

ตารางที่ ก-9 - ตารางที่ ก-12

เวลา 4:15:52								
Fitness Value	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity
0.120272089	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Google	[5,5]
0.124811297	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.14403898	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Google	[5,5]
0.148578187	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.151000538	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	Visual DataFlex	[4,4]	Google	[5,5]

เวลา 4:46:47										
Fitness Value	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity
0.120277985	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Google	[5,5]		
0.124841632	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Anowa	[5,5]		
0.1509578	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	Visual DataFlex	[4,4]	Google	[5,5]		
0.155521447	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	Visual DataFlex	[4,4]	Anowa	[5,5]		
0.158182006	api.hostip.info	[1,1]	Geoplugin	[2,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Google	[5,5]

เวลา 5:19:21								
Fitness Value	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity
0.120276014	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Google	[5,5]
0.124819882	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.144012802	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Google	[5,5]
0.14855667	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.155543999	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	Visual DataFlex	[4,4]	Anowa	[5,5]

เวลา 5:29:33								
Fitness Value	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity
0.120277485	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Google	[5,5]
0.124830342	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.144021317	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Google	[5,5]
0.148574173	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.150988361	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	Visual DataFlex	[4,4]	Google	[5,5]

51

ตารางที่ ก-13 - ตารางที่ ก-16

เวลา 6:15:26								
Fitness Value	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity
0.120277301	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Google	[5,5]
0.12482235	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.144001518	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Google	[5,5]
0.148546567	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.151015865	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	Visual DataFlex	[4,4]	Google	[5,5]

เวลา 6:48:43						
Fitness Value	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity
0.194485191	raisondetre	[1,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Google	[5,5]
0.196485205	Geoplugin	[1,2]	Geonames	[3,5]		
0.218223905	raisondetre	[1,3]	raisondetre	[4,4]	Google	[5,5]
0.222797326	raisondetre	[1,3]	raisondetre	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.22975301	raisondetre	[1,3]	Visual DataFlex	[4,4]	Anowa	[5,5]

เวลา 7:22:27								
Fitness Value	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity
0.120280758	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Google	[5,5]
0.124835477	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.143991353	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Google	[5,5]
0.148546072	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.151016125	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	Visual DataFlex	[4,4]	Google	[5,5]

เวลา 7:39:39								
Fitness Value	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity
0.12028351	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Google	[5,5]
0.124852838	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.144001862	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Google	[5,5]
0.14857119	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.150994879	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	Visual DataFlex	[4,4]	Google	[5,5]

52

ตารางที่ ก-17 - ตารางที่ ก-20

เวลา 8:04:31								
Fitness Value	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity
0.120279479	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Google	[5,5]
0.124824083	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.143975583	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Google	[5,5]
0.148520187	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.173445143	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Google	[5,5]

เวลา 8:54:47										
Fitness Value	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity
0.148583258	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Anowa	[5,5]		
0.155571305	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	Visual DataFlex	[4,4]	Anowa	[5,5]		
0.16278281	api.hostip.info	[1,1]	Geoplugin	[2,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.172520212	freegeoip	[1,1]	Geoplugin	[2,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.186491912	api.hostip.info	[1,1]	Geoplugin	[2,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Anowa	[5,5]

เวลา 9:11:57										
Fitness Value	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity
0.120282137	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Google	[5,5]		
0.124838455	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Anowa	[5,5]		
0.148533802	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Anowa	[5,5]		
0.158194017	api.hostip.info	[1,1]	Geoplugin	[2,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Google	[5,5]
0.162750335	api.hostip.info	[1,1]	Geoplugin	[2,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Anowa	[5,5]

เวลา 9:42:44								
Fitness Value	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity
0.120288269	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Google	[5,5]
0.124868372	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.143979886	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Google	[5,5]
0.148559989	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.151010723	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	Visual DataFlex	[4,4]	Google	[5,5]

53

ตารางที่ ก-21 - ตารางที่ ก-24

เวลา 10:33:36								
Fitness Value	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity
0.120289063	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Google	[5,5]
0.124865277	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.143960824	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Google	[5,5]
0.148537037	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.151031286	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	Visual DataFlex	[4,4]	Google	[5,5]

เวลา 10:44:32								
Fitness Value	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity
0.120291202	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Google	[5,5]
0.124875904	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.143961972	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Google	[5,5]
0.148546675	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.151015823	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	Visual DataFlex	[4,4]	Google	[5,5]

เวลา 11:22:30						
Fitness Value	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity
0.192734394	raisondetre	[1,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Google	[5,5]
0.196495162	Geoplugin	[1,2]	Geonames	[3,5]		
0.216389811	raisondetre	[1,3]	raisondetre	[4,4]	Google	[5,5]
0.234544146	api.hostip.info	[1,1]	Geoplugin	[2,2]	Geonames	[3,5]
0.240441388	Gaze	[1,1]	Geoplugin	[2,2]	Geonames	[3,5]

เวลา 11:56:34								
Fitness Value	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity
0.120295488	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Google	[5,5]
0.124893942	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.143953616	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Google	[5,5]
0.14855207	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.151009446	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	Visual DataFlex	[4,4]	Google	[5,5]

54

ตารางที่ ก-25 - ตารางที่ ก-28

เวลา 12:29:45								
Fitness Value	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity
0.120292412	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Google	[5,5]
0.124874115	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.143938644	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Google	[5,5]
0.148520347	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.151057062	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	Visual DataFlex	[4,4]	Google	[5,5]

เวลา 12:52:52								
Fitness Value	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity
0.124897065	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.148549237	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.151027083	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	Visual DataFlex	[4,4]	Google	[5,5]
0.15562778	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	Visual DataFlex	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.176886198	Geoplugin	[1,2]	api.wunderground	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Anowa	[5,5]

เวลา 13:05:47								
Fitness Value	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity
0.120290103	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Google	[5,5]
0.124856715	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.148486661	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.155665478	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	Visual DataFlex	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.173667107	Geoplugin	[1,2]	api.wunderground	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Google	[5,5]

เวลา 13:29:28								
Fitness Value	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity
0.120295141	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Google	[5,5]
0.151064099	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	Visual DataFlex	[4,4]	Google	[5,5]
0.17355171	Geoplugin	[1,2]	api.wunderground	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Google	[5,5]
0.178135995	Geoplugin	[1,2]	api.wunderground	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.182977399	Geoplugin	[1,2]	worldweatheronline	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Google	[5,5]

55

ตารางที่ ก-29 - ตารางที่ ก-32

เวลา 14:12:33								
Fitness Value	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity
0.120294035	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Google	[5,5]
0.124869086	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.14390243	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Google	[5,5]
0.148477481	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.151096996	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	Visual DataFlex	[4,4]	Google	[5,5]

เวลา 14:45:26								
Fitness Value	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity
0.120300302	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Google	[5,5]
0.124901206	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.143908406	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Google	[5,5]
0.148509311	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.151051798	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	Visual DataFlex	[4,4]	Google	[5,5]

เวลา 15:18:43								
Fitness Value	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity
0.120297008	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Google	[5,5]
0.143896251	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Google	[5,5]
0.151099847	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	Visual DataFlex	[4,4]	Google	[5,5]
0.155684502	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	Visual DataFlex	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.173704792	Geoplugin	[1,2]	api.wunderground	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Google	[5,5]

เวลา 15:32:22								
Fitness Value	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity
0.120300248	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Google	[5,5]
0.124894387	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.143889978	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Google	[5,5]
0.148484117	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.151078175	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	Visual DataFlex	[4,4]	Google	[5,5]

56

ตารางที่ ก-33 - ตารางที่ ก-36

เวลา 16:29:39								
Fitness Value	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity
0.120301336	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Google	[5,5]
0.180740291	Geoplugin	[1,2]	worldweatheronline	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Google	[5,5]
0.185339982	Geoplugin	[1,2]	worldweatheronline	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.185850387	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	cp.eng.chula	[4,4]	Google	[5,5]
0.191321596	raisondetre	[1,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Google	[5,5]		

เวลา 16:54:31										
Fitness Value	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity
0.120306107	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Google	[5,5]		
0.124922549	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Anowa	[5,5]		
0.14388787	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Google	[5,5]		
0.148504312	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Anowa	[5,5]		
0.158225373	api.hostip.info	[1,1]	Geoplugin	[2,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Google	[5,5]

เวลา 17:33:36								
Fitness Value	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity
0.120304339	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Google	[5,5]
0.124908369	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.143871545	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Google	[5,5]
0.148475574	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.151097717	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	Visual DataFlex	[4,4]	Google	[5,5]

เวลา 17:44:32								
Fitness Value	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity
0.120306457	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Google	[5,5]
0.124918953	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.143872731	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Google	[5,5]
0.148485227	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.15108247	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	Visual DataFlex	[4,4]	Google	[5,5]

57

ตารางที่ ก-37 - ตารางที่ ก-40

เวลา 18:02:30								
Fitness Value	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity
0.120301017	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Google	[5,5]
0.12488371	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.143846974	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Google	[5,5]
0.148429666	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.151147047	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	Visual DataFlex	[4,4]	Google	[5,5]

เวลา 18:56:34								
Fitness Value	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity
0.120310705	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Google	[5,5]
0.124936902	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.143864362	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Google	[5,5]
0.14849056	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.151076148	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	Visual DataFlex	[4,4]	Google	[5,5]

เวลา 19:09:43								
Fitness Value	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity
0.120304075	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Google	[5,5]
0.124897412	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.143842542	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Google	[5,5]
0.148435878	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.151148907	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	Visual DataFlex	[4,4]	Google	[5,5]

เวลา 19:42:52								
Fitness Value	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity
0.1203098	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Google	[5,5]
0.124930255	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.143856384	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Google	[5,5]
0.148476839	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.151106802	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	Visual DataFlex	[4,4]	Google	[5,5]

58

ตารางที่ ก-41 - ตารางที่ ก-44

เวลา 20:05:47								
Fitness Value	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity
0.120305388	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Google	[5,5]
0.124899821	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.174498355	Geoplugin	[1,2]	api.wunderground	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Google	[5,5]
0.17909279	Geoplugin	[1,2]	api.wunderground	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.179227187	Geoplugin	[1,2]	worldweatheronline	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Google	[5,5]

เวลา 20:49:21								
Fitness Value	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity
0.120314217	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Google	[5,5]
0.12494166	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.143830499	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Google	[5,5]
0.148457941	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.151102471	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	Visual DataFlex	[4,4]	Google	[5,5]

เวลา 21:12:33								
Fitness Value	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity
0.120309297	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Google	[5,5]
0.12491214	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.143813023	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Google	[5,5]
0.151162021	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	Visual DataFlex	[4,4]	Google	[5,5]
0.155764865	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	Visual DataFlex	[4,4]	Anowa	[5,5]

เวลา 21:35:26								
Fitness Value	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity
0.120313712	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Google	[5,5]
0.124934351	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.14381619	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Google	[5,5]
0.148436829	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.151131038	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	Visual DataFlex	[4,4]	Google	[5,5]

59

ตารางที่ ก-45 - ตารางที่ ก-48

เวลา 22:18:41								
Fitness Value	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity
0.14380589	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Google	[5,5]
0.148418148	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.151164467	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	Visual DataFlex	[4,4]	Google	[5,5]
0.155776725	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	Visual DataFlex	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.185355822	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	cp.eng.chula	[4,4]	Google	[5,5]

เวลา 22:42:27								
Fitness Value	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity
0.120317102	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Google	[5,5]
0.124947354	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.143805955	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Google	[5,5]
0.148436207	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.151131246	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	Visual DataFlex	[4,4]	Google	[5,5]

เวลา 23:29:39								
Fitness Value	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity
0.120316542	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Google	[5,5]
0.124941368	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.143795351	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Google	[5,5]
0.148420176	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.151159095	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	Visual DataFlex	[4,4]	Google	[5,5]

เวลา 23:34:17								
Fitness Value	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity	Service Name	Granularity
0.12031815	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Google	[5,5]
0.124945139	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	DuckDoDuck	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.143786153	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Google	[5,5]
0.148413142	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	raisondetre	[4,4]	Anowa	[5,5]
0.151149593	Geoplugin	[1,2]	Yahoo! Weather	[3,3]	Visual DataFlex	[4,4]	Google	[5,5]

ภาคผนวก ข
การทดสอบสมมติฐานในการไม่พิจารณาแบนด์วิดท์

เนื่องจากบางช่วงเวลาแบนด์วิดท์ที่ได้จากระบบเฝ้าสังเกตมีค่าไม่แน่นอนอย่างมากในแต่ละเวลาที่ทำการวัด ซึ่งหากนำข้อมูลนี้ไปสอนข่ายงานประสาทเทียมอาจทำให้คำตอบที่ได้อาจผิดเพี้ยนไป ผู้วิจัยต้องการตัดค่าแบนด์วิดท์ออกจากการนำข้อมูลไปสอนในข่ายงานประสาทเทียม จึงทำการทดสอบสมมติฐานว่าค่าแบนด์วิดท์มีผลต่อค่าฟิตเนสเฉลี่ยของคำตอบที่ได้จากการประกอบเซอร์วิซสำหรับแต่ละเวลาการใช้งานหรือไม่ โดยใช้การทดสอบความแตกต่างแบบจับคู่ (Paired Difference Tests หรือ Paired t-Test) ข้อมูลสำหรับการทดสอบเป็นดังตาราง ข-1 มีทั้งหมด 48 เวลาที่ทำการทำนายค่าคิวโอเอส แต่ละเวลาจะมีข้อมูลค่าฟิตเนสเฉลี่ยของคำตอบที่ได้สำหรับการใช้งาน ณ เวลานั้น ทั้งในกรณีที่การทำนายค่าคิวโอเอสใช้เวลาที่เรียกใช้งานเป็นข้อมูลอินพุตของการสอบถามแต่เพียงอย่างเดียวและในกรณีที่ใช้เวลาที่เรียกใช้งานร่วมกับแบนด์วิดท์เป็นข้อมูลอินพุต

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-1 ค่าฟิตเนสเฉลี่ยของคำตอบ ณ เวลาต่างๆของการใช้งาน

ค่าฟิตเนสเฉลี่ยเมื่อ ไม่ใช้ค่าแบนด์วิดท์เป็นข้อมูลอินพุต	ค่าฟิตเนสเฉลี่ยเมื่อ ใช้ค่าแบนด์วิดท์เป็นข้อมูลอินพุต
0.19715873	0.203169805
0.293628176	0.20424299
0.200830016	0.208171618
0.191679135	0.187815826
0.197228823	0.152306457
0.193243611	0.196179409
0.192852115	0.192322531
0.291056349	0.215567393
0.195951084	0.193652752
0.188036993	0.272774937
0.201867662	0.259308803
0.195663857	0.154826703
0.191801002	0.251977485
0.324627892	0.143617668
0.195751299	0.184534818
0.186601586	0.139781447
0.198982546	0.159851054
0.210441557	0.207619566
0.195296224	0.189419686
0.195002863	0.193673158
0.185025112	0.211863952
0.191619368	0.206333539
0.340215566	0.200864974
0.201323003	0.157638691
0.192063347	0.198847196
0.207275989	0.18102467
0.215219432	0.175421404
0.222129251	0.145685878
0.204847936	0.185840361
0.188468404	0.191965497
0.210422238	0.158531923
0.192600578	0.188842743
0.241120588	0.150220883
0.189347023	0.182563067
0.194886535	0.177582818
0.185531397	0.18019578
0.183307013	0.188602707
0.195605766	0.229436289
0.191994385	0.279778227
0.192806593	0.185845057
0.222059903	0.219249395
0.195770207	0.18635566
0.194092286	0.206671996
0.192070185	0.179450259
0.215051159	0.182417787
0.189639848	0.263861736
0.190582556	0.186062391
0.190395328	0.172167089

โดยตั้งสมมติฐานของการทดสอบดังนี้

H_0 : ค่าฟิตเนสเฉลี่ยของเซอร์วิซประกอบที่เป็นคำตอบไม่แตกต่างกันเมื่อใช้และไม่ใช้ค่า แบนด์วิดท์

H_1 : ค่าฟิตเนสเฉลี่ยของเซอร์วิซประกอบที่เป็นคำตอบแตกต่างกันเมื่อใช้และไม่ใช้ค่าแบนด์วิดท์

เมื่อทำการทดสอบสมมติฐานแบบ 2 ข้างด้วยความเชื่อมั่น 95 % $(\alpha=0.05)$ ได้ผลดังตารางที่ ข-2

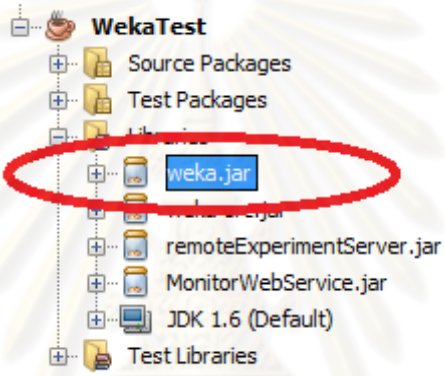
ตารางที่ ข-2 ผลลัพธ์จากการทดสอบสมมติฐาน

t-Test: Paired Two Sample for Means		
	With Bandwidth	Without Bandwidth
Mean	0.207357761	0.19342
Variance	0.001180038	0.001039
Observations	48	48
Pearson Correlation	-0.125275954	
Hypothesized Mean Difference	0	
Df	47	
t Stat	1.932673247	
P(T<=t) one-tail	0.029657463	
t Critical one-tail	1.677926722	
P(T<=t) two-tail	0.059314926	
t Critical two-tail	2.01174048	

พิจารณาค่า $P-value(P(T\leq t)two-tail)=0.059314926$ ซึ่งมากกว่า 0.05 หรือพิจารณาค่า $t\,Stat=1.932673247$ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า $t\,Critical\,two-tail=2.01174048$ ดังนั้นยอมรับสมมติฐานหลัก H_0 และสรุปว่าการใช้ค่าแบนด์วิดท์เป็นข้อมูลอินพุตของการทำนายไม่ได้ส่งผลให้ค่าฟิตเนสเฉลี่ยของคำตอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ภาคผนวก ค
การใช้กรอบงานเวกาด้วยเน็ตบีนส์

งานวิจัยนี้ได้ใช้กรอบงานเวกาเพื่อใช้ข่ายงานประสาทเทียมโดยมีวิธีการใช้งานดังนี้ ดาวน์โหลดกรอบงานเวกา [14] จากนั้นเปิดเน็ตบีนส์ทำการอิมพอร์ตไลบรารีเข้าในโปรเจ็คโดยการเลือก Project Properties>Libraries>Add Jar/Folder แล้วเลือกไปที่ไลบราลีเวกาที่โหลดมาจะได้ดังรูปที่ ค-1



รูปที่ ค-1 การนำไลบรารีเวกามาใช้ในเน็ตบีนส์

การใช้งานข่ายงานประสาทเทียมของเวกาจะมีขั้นตอนต่างๆที่สำคัญคือ สร้างโมเดลและการทำนายค่า รูปที่ ค-2 จะเป็นตัวอย่างโค้ดการสร้างโมเดล

```
1 BufferedReader br = new BufferedReader(new FileReader("arff file"));
2 Instances data = new Instances(br);
3 data.setClassIndex(3);
4 Classifier c = new weka.classifiers.functions.MultilayerPerceptron();
5 String options = ["-L","0.3","-M","0.2","-N","1500","-H","a"];
6 c.setOptions(options);
7 c.buildClassifier(data);
```

รูปที่ ค-2 ตัวอย่างโค้ดสำหรับการสร้างโมเดล

จากรูปที่ ค-2 กรอบงานเวกาต้องการข้อมูลสำหรับเรียนรู้ในรูปแบบของอ็อบเจกต์ Instances เนื่องจากเป็นข้อมูลสำหรับสอนโมเดลทำให้ข้อมูลอาจมีขนาดใหญ่จึงต้องสร้างจากไฟล์ซึ่งอยู่ในรูปแบบ arff ซึ่งจะมีรูปแบบเหมือนตารางที่ 4.4 ดังโค้ดตัวอย่างบรรทัดที่ 1 และบรรทัดที่ 2 จากนั้นในบรรทัดที่ 3 จะทำการกำหนดขนาดข้อมูลสำหรับสอน เช่น ข้อมูลสอนมีค่า

อินพุต 3 ตัวและเอาต์พุต 1 ตัวทำให้มีจำนวนคลาสตั้งแต่ 0 จนถึง 3 นั่นเอง บรรทัดที่ 4 คือการสร้างอ็อบเจกต์ Classifier ให้เป็นชนิดข่ายงานประสาทเทียมหลายชั้นซึ่งสามารถสร้างให้เป็นชนิดอื่นได้เช่นกันโดยสร้างอ็อบเจกต์ที่แตกต่างกันออกไป บรรทัดที่ 5-6 คือการกำหนดพารามิเตอร์ในการสอนข่ายงานประสาทเทียมโดยจากบรรทัดที่ 5 -L คือ Learning Rate ซึ่งกำหนดค่าให้เท่ากับ 0.3 -M คือ Momentum ซึ่งกำหนดค่าให้เท่ากับ 0.2 -N คือจำนวนรอบที่ใช้สอนซึ่งกำหนดค่าให้เท่ากับ 1500 -H คือค่าฮิดเดนเลเยอร์ซึ่งกำหนดค่าให้เท่ากับ a หมายถึงกำหนดไว้อย่างอัตโนมัติ หากต้องการกำหนดเองจะใส่เป็น 4,3,3,2 จะหมายถึงมีทั้งหมด 4 ชั้น ส่วนตัวเลขต่างๆคือแต่ละชั้นจะประกอบไปด้วย 4 โหนด 3 โหนด 3 โหนด และ 2 โหนดตามลำดับ จากนั้นจะเซ็ตค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวไว้ในอ็อบเจกต์ Classifier ในบรรทัดที่ 6 ในบรรทัดที่ 7 คือการสร้างโมเดลซึ่งต้องใช้เวลา เมื่อทำตามโค้ดตัวอย่างแล้วจะได้โมเดลมาในรูปของอ็อบเจกต์ Classifier ซึ่งพร้อมใช้งานในการทำนายค่าแล้ว

แต่เนื่องจากการสร้างโมเดลนั้นใช้เวลานานทำให้นิยมเก็บโมเดลที่สร้างเสร็จแล้วลงไฟล์ไว้ก่อนเพื่อใช้งานในครั้งต่อไปโดยไม่ต้องสร้างใหม่ การเก็บโมเดลหรือออบเจ็กของโมเดลไว้ที่ไฟล์นั้นสามารถใช้การซีเรียลไลซ์ (Serialize) ซึ่งการซีเรียลไลซ์นี้จะทำการเปลี่ยนอ็อบเจกต์ให้อยู่ในรูปแบบสตรีมแล้วนำสตรีมนั้นลงไฟล์อีกที โดยเวกาไลบรารีมีฟังก์ชันสำหรับการซีเรียลไลซ์มาให้ซึ่งสามารถเรียกใช้ได้จาก weka.core.SerializationHelper.write(“modelFileName”, modelObject) ส่วนการนำไฟล์ที่บันทึกไว้มาสร้างเป็นอ็อบเจกต์นี้เรียกว่า ดีซีเรียลไลซ์ (DeSerialize) ซึ่งจะเป็นการแปลงจากสตรีมที่ได้จากไฟล์มาเป็นอ็อบเจกต์ โดยเวกาไลบรารีมีฟังก์ชันสำหรับการดีซีเรียลไลซ์มาให้ซึ่งสามารถเรียกใช้ได้จาก weka.core.SerializationHelper.read(“modelFileName”)

อย่างไรก็ตามเมื่อมีโมเดลที่ใช้ในการทำนายค่าของเวกาแล้วจะมีตัวอย่างการใช้งานตามโค้ดดังรูปที่ ค-3

```
1 BufferedReader br = new BufferedReader(new FileReader("arff file"));
2 Instances dataPredicts = new Instances(br);
3 dataPredicts.setClassIndex(3);
4 for(int i = 0;i<dataPredicts.numInstances();i++)
5 {
6     double classifyValue = c.classifyInstance(dataPredicts.instance(i));
7     //save or print or do something with classifyValue
8 }
```

รูปที่ ค-3 ตัวอย่างโค้ดสำหรับการทำนายค่าจากโมเดล

จากรูปที่ ค-3 บรรทัดที่ 1-2 จะเป็นการโหลดไฟล์ arff ซึ่งเป็นไฟล์สำหรับทำนายค่าดังตัวอย่างในตารางที่ 4.8 จากนั้นในบรรทัดที่ 3 จะต้องทำการกำหนดข้อมูลสำหรับทำนายว่าใช้กี่ตัวเช่นเดิม เนื่องด้วยไฟล์ arff หนึ่งๆสามารถทำนายค่าได้มากกว่าหนึ่งค่าแต่การทำนายต้องทำนายทีละค่าดังนั้นจึงต้องวนลูปดังนั้นในบรรทัดที่ 4-6 เพื่อทำนายค่าโดยค่าที่ใช้ในการทำนายจะอยู่ในรูปแบบอ็อบเจกต์ instance และค่าที่ทำนายได้จะเป็นค่าชนิด double ดังตัวอย่างในบรรทัดที่ 6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายนิธิโรจน์ วงศ์สว่างพานิช เกิดเมื่อวันที่ 4 เมษายน พ.ศ. 2527 ที่ จังหวัด อุบลราชธานี สำเร็จการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาศาสตร์คอมพิวเตอร์ จากภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ในปีการศึกษา 2548 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมซอฟต์แวร์ ที่ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2551

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย