



รายงานการวิจัย

แบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์โดยใช้คุณภาพของการให้บริการสำหรับ
ระบบแอลทีอี

Quality of Experience Model Using Quality of Service for LTE Systems



ได้รับทุนอุดหนุนการทำวิจัยจาก
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว



รายงานการวิจัย

แบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์โดยใช้คุณภาพของการให้บริการสำหรับ
ระบบเอลทีอี

Quality of Experience Model Using Quality of Service for LTE Systems

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

รองศาสตราจารย์ ดร. พีระพงษ์ อุฑารสกุล

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2560

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

พฤษภาคม 2562

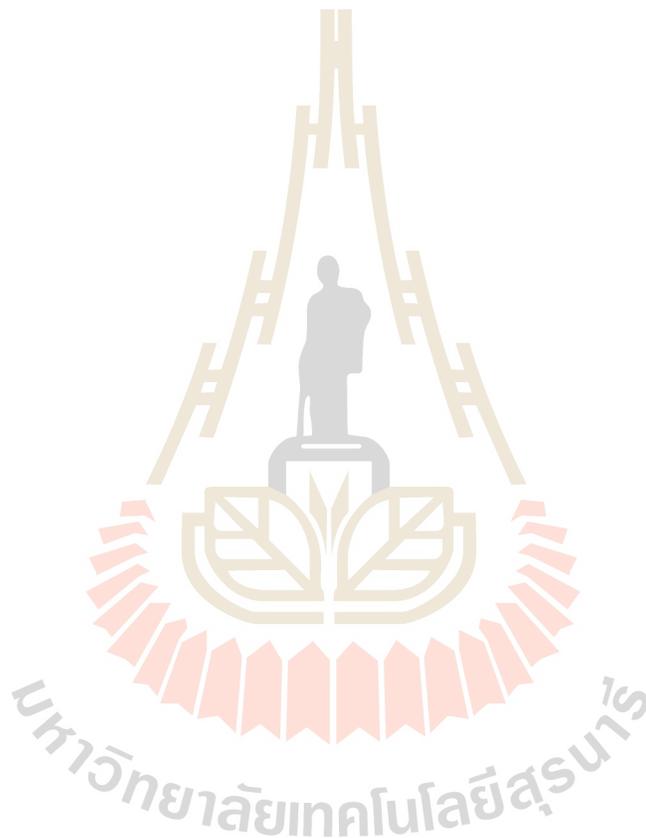
ก

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ได้ให้การสนับสนุนทุนวิจัยสำหรับโครงการวิจัยนี้
ขอขอบคุณนักศึกษาในที่ปรึกษาของผู้วิจัยที่ช่วยเก็บผลการทดลอง นายปรีกร อันชื่นและขอขอบคุณ รอง
ศาสตราจารย์ ดร. มนต์ทิพย์ภา อูฑารสกุล สำหรับคำแนะนำในเชิงวิชาการที่เป็นประโยชน์

ผู้วิจัย

พฤษภาคม 2562



บทคัดย่อ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่เอ็ลทีอี (LTE Mobile Networks) มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและมีจำนวนของผู้ใช้งานเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ในการเข้าถึงบริการมัลติมีเดียต่าง ๆ ซึ่งก่อให้เกิดมูลค่าทางเศรษฐกิจสำหรับผู้ให้บริการ จึงทำให้เกิดการแข่งขันระหว่างผู้ให้บริการด้วยกัน ปัจจัยหนึ่งที่จะเป็นตัวชี้วัดที่สำคัญของผู้ให้บริการนั้นคือความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่ได้รับจากการใช้บริการ ซึ่งในอดีตที่ผ่านมาคุณภาพของบริการ (Quality of Service) เป็นผลการดำเนินงานที่สำคัญของทุกเครือข่ายเพราะมันสามารถวัดได้จริงและช่วยให้วิศวกรปรับปรุงการให้บริการเครือข่าย อย่างไรก็ตาม ปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ (QoS Parameters) สะท้อนให้เห็นคุณภาพภายในเครือข่ายโดยไม่ได้ระบุถึงความพึงพอใจของผู้ใช้งาน (Opinion Score) แต่อย่างไร ผู้ใช้บางคนอาจจะได้สัมผัสกับการบริการที่ไม่ดีเนื่องจากการเข้าถึงเครือข่ายที่มีผู้ใช้งานหนาแน่นแม้ความแรงของสัญญาณจะยังคงดีก็ตาม ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้นำเสนอการสร้างแบบจำลองเพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ในแง่ของคุณภาพของประสบการณ์ (Quality of Experience) ที่เป็นผลมาจากปัจจัยด้านคุณภาพของบริการแทนการวัดความพึงพอใจจากผู้ใช้งานโดยตรง

จากการสำรวจปริทรรศน์วรรณกรรมที่ผ่านมาพบว่ายังไม่ม้งานวิจัยใดที่หารูปแบบความสัมพันธ์สำหรับเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ ซึ่งปัจจัยด้านคุณภาพของบริการของเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่มีความแตกต่างจากเครือข่ายอื่น โดยเฉพาะค่าปัจจัยด้านคุณภาพของบริการที่ได้รับอิทธิพลมาจาก การเฟดของช่องสัญญาณ ถึงแม้ว่าจะมีบางงานวิจัยที่พยายามหาความสัมพันธ์แต่ก็ยังไม่ได้รับข้อสรุปใด ๆ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำเสนอแบบจำลองที่ใช้ประเมินคุณภาพของประสบการณ์จากคุณภาพของบริการด้วยการใช้โครงข่ายประสาทเทียม ผลของความพึงพอใจของผู้ใช้งานจึงเป็นเรื่องที่ผู้ให้บริการควรให้ความสำคัญ ซึ่งผลสำเร็จจากงานวิจัยนี้จะสะท้อนให้เห็นถึงคุณภาพของประสบการณ์ที่ผู้ใช้งานได้รับจากบริการเพื่อให้ผู้ให้บริการนำไปปรับปรุงคุณภาพของบริการที่จะรักษาและดึงดูดผู้ใช้งาน

Abstract

At present, LTE mobile networks are constantly evolving and the number of users is constantly increasing in access to multimedia services, which are contributing to the economic value of service providers. Therefore, the competition between the service providers. The factors that will be a key indicator of the service provider is the user satisfaction gained from using the service. In the past, the Quality of Service (QoS) was the key performance of every network because it could be really measured and helped engineers to improve the network services. However, QoS parameters reflect only the network performances which do not directly indicate the satisfaction of users. Some users experience a bad service due to crowd accessibility even though the signal strength is still good. Hence, this research offers modeling to assess user satisfaction in terms of Quality of Experience resulting from Quality of Service instead of directly measuring user satisfaction.

From the recent literature survey, no research has found any form of correlation for mobile networks. There are some specific QoS parameters of cellular networks which are different from other networks. These parameters are influenced by the propagation fading channel that is special for mobile networks. Then, the value of QoS parameters based on the same services might be different between mobile and wifi networks. Although there are some researchers that try to find a relationship but have not received any conclusions. Therefore, this research provides a model to evaluate the Quality of Experience (QoE) based on the Quality of Service by using Artificial Neural Networks (ANN). The result of user satisfaction is that the service provider should. The success of this research will reflect the quality of the experience the user receives from the service so that service providers will improve the quality of the service to maintain and attract users.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ.....	ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญรูปภาพ.....	ช
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญ ที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของ โครงการวิจัย.....	2
1.3 แนวทางการดำเนินการวิจัย.....	2
1.4 ผลสำเร็จของ โครงการ.....	3
1.5 การสำรวจปริทรรศน์วรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัย.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและความรู้ที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 กล่าวนำ.....	6
2.2 โครงข่ายประสาทเทียม.....	6
2.3 หลักการของโครงข่ายประสาทเทียม.....	7
2.4 การทำงานของโครงข่ายประสาทเทียม.....	8
2.5 ประเภทของการเรียนรู้สำหรับโครงข่ายประสาทเทียม.....	9
2.5.1 การเรียนรู้แบบไม่มีครูสอน (Unsupervised Learning Algorithm).....	9
2.5.2 การเรียนรู้แบบมีครูสอน (Supervised Learning Algorithm).....	11
2.6 คุณสมบัติและความสามารถที่เป็นประโยชน์ของโครงข่ายประสาทเทียม.....	12
2.7 ลักษณะของปัญหาที่เหมาะสมกับโครงข่ายประสาทเทียม.....	12
2.8 สถาปัตยกรรมของโครงข่ายประสาทเทียม.....	13
2.9 โครงสร้างพื้นฐานของโครงข่ายประสาทเทียม.....	14
2.9.1 แบบป้อนไปข้างหน้า (Feed Forward Network).....	14
2.9.2 แบบมีการป้อนไปเวียนกลับ (Feedback Network).....	14

2.10	ประเภทของโครงข่ายประสาทเทียม	15
2.10.1	โครงข่ายประสาทเทียมที่มีเซลล์ประสาทชั้นเดียว (Single layer Neural Network)	15
2.10.2	โครงข่ายประสาทเทียมที่มีเซลล์ประสาทหลายชั้น (Multi-layer Neural Network)	18
2.11	การวิเคราะห์ข้อมูลปัจจัยด้านคุณภาพของบริการก่อนใช้ในการสร้างแบบจำลอง	21
2.11.1	การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยด้านคุณภาพของบริการกับคะแนนความพึงพอใจจากผู้ใช้งาน.....	21
2.11.2	การคัดเลือกตัวแปรทำนายของปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ	22
2.12	กล่าวท้ายบท.....	23
บทที่ 3	การออกแบบแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์.....	24
3.1	กล่าวนำ	24
3.2	ปัญหาและความเป็นมาของงานวิจัย	24
3.3	ข้อมูลจากอุปกรณ์สมาร์ทโฟน	26
3.4	วิธีการประเมินคุณภาพของประสบการณ์	29
3.5	การเก็บรวบรวมข้อมูลของบริการและการออกแบบการทดลอง	30
3.5.1	การเก็บรวบรวมข้อมูลของบริการ.....	31
3.5.2	การออกแบบการทดลอง	33
3.6	อัลกอริทึมนิเวศน์เน็ตเวิร์คที่ใช้ในงานวิจัย.....	34
3.6.1	การเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม	35
3.6.2	การทดสอบโครงข่ายประสาทเทียม	41
3.6.3	รายละเอียดเพิ่มเติมของโครงข่ายประสาทเทียม.....	43
3.7	โครงสร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์การนำแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์...44	
3.7.1	การสร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ (Create QoE Model)	44
3.7.2	การประเมินคุณภาพของประสบการณ์ (Estimate QoE).....	45
3.8	กล่าวท้ายบท	46
บทที่ 4	แบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์และการวิเคราะห์.....	47
4.1	กล่าวนำ	47
4.2	ข้อตกลงในการสร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์.....	48
4.3	การสร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์	48
4.3.1	การเลือกปัจจัยด้านคุณภาพบริการที่ส่งผลต่อความพึงพอใจ	50

4.3.2	แบบจำลองคุณภาพประสบการณ์จากปัจจัยโดยรวมด้านคุณภาพของบริการ	57
4.3.3	การสังเคราะห์ปัจจัยด้านคุณภาพของบริการด้วยวิธี โครงข่ายประสาทเทียม.....	58
4.4	การเปรียบเทียบแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ที่ถูกสร้างขึ้นจากพื้นที่ที่แตกต่างกัน.....	67
4.4.1	การเลือกปัจจัยด้านคุณภาพบริการที่ส่งผลต่อความพึงพอใจในพื้นที่ที่แตกต่างกัน	69
4.5	การเปรียบเทียบคุณภาพของประสบการณ์จากกลุ่มตัวอย่างที่แตกต่างกัน.....	85
4.5.1	การเลือกปัจจัยด้านคุณภาพบริการที่ส่งผลต่อความพึงพอใจในการเปรียบเทียบความแตกต่างจากกลุ่มตัวอย่าง.....	85
4.5.2	การสังเคราะห์ปัจจัยด้านคุณภาพของบริการด้วยวิธี โครงข่ายประสาทเทียมในการเปรียบเทียบความแตกต่างจากกลุ่มตัวอย่าง.....	89
4.5.3	การนำแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ที่ไปใช้ประเมินคุณภาพของประสบการณ์จากการไต่รถทดสอบ (Drive Test) เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบความแตกต่างจากกลุ่มตัวอย่าง.....	93
4.6	กล่าวท้ายบท.....	95
บทที่ 5	สรุปและข้อเสนอแนะ	97
5.1	สรุป.....	97
5.2	ปัญหาข้อเสนอแนะ	98
5.3	แนวทางการพัฒนาในอนาคต.....	99
บรรณานุกรม.....		100
ภาคผนวก ก การเผยแพร่ผลงานวิจัย.....		103
ภาคผนวก ข บททความวิจัยที่ตีพิมพ์เผยแพร่.....		104
ประวัติผู้วิจัย.....		110

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 แบบจำลองของโครงข่ายประสาทในสมองมนุษย์ [Maureen Candill, 1989]7

รูปที่ 2.2 แบบจำลองของโครงข่ายประสาทเทียม8

รูปที่ 2.3 การแยกแยะระหว่างสี่เหลี่ยมและสามเหลี่ยม [<http://alaska.reru.ac.th/text/ann.pdf>].....9

รูปที่ 2.4 การเรียนรู้แบบไม่มีครูสอน (Unsupervised Learning Algorithm) 10

รูปที่ 2.5 การเรียนรู้แบบมีครูสอน (Supervised Learning Algorithm) [<http://alaska.reru.ac.th/text/ann.pdf>] 11

รูปที่ 2.6 สถาปัตยกรรมของ Feed forward network [<http://alaska.reru.ac.th/text/ann.pdf>] 14

รูปที่ 2.7 สถาปัตยกรรมของ Feedback network [<http://alaska.reru.ac.th/text/ann.pdf>] 15

รูปที่ 2.8 โครงข่ายประสาทเทียมแบบที่มีเซลล์ประสาทชั้นเดียว 15

รูปที่ 2.9 ฟังก์ชันการกระตุ้นของนิวรอน 16

รูปที่ 2.10 โครงข่ายประสาทเทียมแบบที่มีเซลล์ประสาท 3 ชั้น 18

รูปที่ 3.1 ผู้ใช้งานได้รับบริการที่ไม่ดีแม้ความแรงของสัญญาณ โดยรอบอยู่ในระดับที่ดี26

รูปที่ 3.2 บริการที่ใช้ในการทดสอบความพึงพอใจ 26

รูปที่ 3.3 แสดง Radio Parameters และ Data Parameters ในระบบ 3G (WCDMA) และ 4G (LTE).....28

รูปที่ 3.4 ขอบเขตของบริการที่กำหนดในโปรแกรม AZENQOS.....28

รูปที่ 3.5 วิธีการประเมินคุณภาพของประสบการณ์ 30

รูปที่ 3.6 ระดับคะแนนของความพึงพอใจที่มีต่อบริการที่ผู้ใช้งานได้รับ 31

รูปที่ 3.7 โครงข่ายประสาทเทียมที่มีเซลล์ประสาท 3 ชั้น 35

รูปที่ 3.8 การประมวลผลของโครงข่ายประสาทเทียม 36

รูปที่ 3.9 การแพร่กระจายแบบย้อนกลับของชั้นเอาต์พุตไปยังชั้นซ่อน 39

รูปที่ 3.10 การแพร่กระจายแบบย้อนกลับของชั้นซ่อนไปยังอินพุต..... 40

รูปที่ 3.11 กราฟแสดงตัวอย่างพฤติกรรมการเรียนรู้ของระบบโครงข่ายประสาทเทียม..... 41

รูปที่ 3.12 ผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม 42

รูปที่ 3.13 แบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม 44

รูปที่ 4.1 แผนผังมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี 49

รูปที่ 4.2	แผนผังเส้นทางการเก็บผลไคร์ฟเทสของพื้นที่ตัวอย่างในจังหวัดนครราชสีมา	65
รูปที่ 4.3	แผนที่คะแนนคุณภาพของประสบการณ์บริการ Web Browser บนระบบ 3G (WCDMA).....	65
รูปที่ 4.4	ช่วงคะแนนคุณภาพของประสบการณ์เทียบกับสีที่กำหนด.....	66
รูปที่ 4.5	แผนที่คะแนนคุณภาพของประสบการณ์บริการ Web Browser บนระบบ 3G (WCDMA) ที่มี คะแนนคุณภาพของประสบการณ์ต่ำกว่า 3.75	67
รูปที่ 4.6	แบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์เพื่อใช้เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างพื้นที่.....	68
รูปที่ 4.7	แบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ในพื้นที่กรุงเทพมหานครและจังหวัดนครราชสีมา	69
รูปที่ 4.8	แผนผังการเปรียบเทียบแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์	80
รูปที่ 4.9	กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่า Duration Time เทียบกับคะแนนคุณภาพของประสบการณ์ใน บริการ Web Browser บนระบบ 4G (LTE) ของกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาชั้นปี 4 คณะวิศวกรรมศาสตร์สาขา โทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีการศึกษา 2559.....	90
รูปที่ 4.10	การเก็บผลไคร์ฟเทส (Drive Test) บนรถไฟฟ้ายุวมวิท	93
รูปที่ 4.11	การประเมินคุณภาพของประสบการณ์จากแบบจำลองที่แตกต่างกัน.....	94

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญ ที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

เทคโนโลยีด้านระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ในประเทศไทยกำลังก้าวสู่ยุคที่ 4 ซึ่งเป็นระบบเอลทีอี (Long Term Evolution : LTE) ซึ่งให้อัตราการส่งข้อมูลสูง มีความสามารถในการเชื่อมต่อข้อมูล ภาพ เสียง และสื่อมัลติมีเดียทุกรูปแบบ ทำให้กลายเป็นเครือข่ายหลักสำหรับประชาชนในการดำรงชีวิต อย่างไรก็ตาม สำหรับการใช้งานจริงนั้นประสิทธิภาพของระบบเพียงอย่างเดียวไม่สามารถสะท้อนภาพเครือข่ายที่ดีได้ ตัวอย่างเช่น ถ้าเครือข่ายสามารถให้บริการพื้นที่หนึ่งด้วยความเร็วสูง แต่ในพื้นที่นั้นมีจำนวนผู้ใช้บริการมาก ผลที่เกิดขึ้นคือการรับส่งข้อมูลก็จะช้า หรือไม่เต็มประสิทธิภาพ เมื่อเทียบกับพื้นที่ที่มีความเร็วปานกลาง แต่มีผู้ใช้บริการเพียงคนเดียว ผู้ใช้บริการนั้นก็จะส่งข้อมูลได้เต็มประสิทธิภาพและเร็วกว่าในกรณีแรก ดังนั้นคุณภาพของการให้บริการ (Quality of Service) ไม่ได้สะท้อนภาพไปที่ความพึงพอใจของผู้ใช้งานเสมอไป ดังนั้นจึงเป็นผลกระทบที่ควรเร่งพิจารณาเพราะถ้าเราไม่สามารถประเมินความพึงพอใจจากเครือข่ายที่ให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ ผู้ใช้บริการจะเสียค่าใช้จ่ายแบบเหมาจ่ายในสิ่งที่ไม่ตรงตามความหวังที่ควรจะเป็น

เพื่อแก้ปัญหานี้ได้มีนักวิจัยนำเสนอปัจจัยใหม่ที่น่าสนใจนำมาใช้วัดความพอใจของผู้ใช้บริการเรียกว่า คุณภาพของประสบการณ์ (Quality of Experience) ซึ่งสามารถวัดความพอใจของผู้ใช้บริการออกมาเป็นคะแนนหรือที่เรียกว่าคะแนน MOS (Mean Opinion Score) แต่คุณภาพของประสบการณ์นี้เป็นค่าที่ขึ้นกับปัจจัยต่างๆ ทั้งที่เป็นรูปธรรม เช่น ความแรงของเครือข่าย จำนวนผู้ใช้บริการ และที่เป็นนามธรรม เช่น ความรู้สึกชอบในบริษัทที่ให้บริการ อารมณ์ ลักษณะนิสัยของผู้ใช้เอง อย่างไรก็ตามการพิจารณาความพอใจนั้นสะท้อนจากผลลัพธ์ของการได้รับบริการเป็นสำคัญ ดังนั้นจึงมีความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพของการให้บริการกับคุณภาพของประสบการณ์อยู่ ซึ่งยังไม่มียานวิจัยใดที่สามารถกำหนดความสัมพันธ์เหล่านี้ออกมาเป็นแบบจำลองได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับระบบเอลทีอี ดังนั้นโครงการวิจัยนี้จึงเสนอแนวทางที่จะสร้างแบบจำลองเพื่อทำนายค่าคุณภาพของประสบการณ์โดยใช้ข้อมูลจากคุณภาพของการให้บริการในระบบเอลทีอี โดยจะนำค่าปัจจัยหลักที่ใช้ในการพิจารณาคุณภาพของการให้บริการในระบบเอลทีอีมาเป็นตัวแปรหลักเพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่เกณฑ์ในการพิจารณาความพอใจของผู้ใช้บริการเพื่อสะท้อนเป็นปัจจัยต่างๆ ที่สามารถวัด

ค่าได้ เช่น ในการเปิดใช้งานเวปควรมีระยะเวลาในการรอเท่าใด หรือการส่งภาพหรือวิดีโอควรมีคุณภาพที่ระดับใด เป็นต้น

จากการสำรวจปริทรรศน์วรรณกรรมที่ผ่านมาพบว่ายังไม่มีงานวิจัยใดที่จะศึกษาและแก้ปัญหานี้ เพราะงานวิจัยส่วนใหญ่ในระบบเอลทีอีจะพิจารณาคุณภาพของการให้บริการเป็นหลักโดยยังไม่คำนึงถึงคุณภาพของประสบการณ์จากผู้ใช้บริการ ถึงแม้ว่าจะมีบางงานวิจัยที่หาความสัมพันธ์บางอย่างระหว่างคุณภาพของการให้บริการและคุณภาพของประสบการณ์ แต่เป็นระบบเชื่อมต่อแบบมีสายเท่านั้น ไม่ใช่ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ซึ่งมีปัจจัยแตกต่างอยู่มาก ดังนั้นการทำวิจัยเรื่องนี้จึงเป็นเรื่องที่น่าจะให้ความสำคัญเร่งด่วนเพราะสามารถสร้างองค์ความรู้ทันกับการพัฒนาประเทศและเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในปัจจุบัน ทำให้เพิ่มโอกาสแข่งขันในระดับสากลมากขึ้น ซึ่งผลสำเร็จจากการวิจัยนี้จะช่วยให้เครือข่ายหลักในชีวิตดีขึ้น และสามารถสร้างนวัตกรรมที่เป็นฝีมือของคนไทย ทำให้งานวิจัยนี้สอดคล้องกับนโยบายและยุทธศาสตร์การวิจัยของ และยังสอดคล้องกับแผนงานวิจัยกับยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาองค์ความรู้ของการหาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพของประสบการณ์และคุณภาพของการให้บริการในระบบเอลทีอี
2. เพื่อสร้างแบบจำลองทำนายค่าคุณภาพของประสบการณ์โดยใช้คุณภาพของการให้บริการ

1.3 แนวทางการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวกับคุณภาพของประสบการณ์ ณ ห้องปฏิบัติการ F4 ศูนย์เครื่องมือฯ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
2. ศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวกับคุณภาพของการให้บริการในระบบเอลทีอี ณ ห้องปฏิบัติการ F4 ศูนย์เครื่องมือฯ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
3. หาความสัมพันธ์ที่เป็นไปได้ระหว่างคุณภาพของประสบการณ์และคุณภาพของการให้บริการในระบบเอลทีอี ด้วยโปรแกรม MATLAB ณ ห้องปฏิบัติการ F4 ศูนย์เครื่องมือฯ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
4. พัฒนาแบบจำลองเพื่อทดสอบความสัมพันธ์ที่คิดไว้ ณ ห้องปฏิบัติการ F4 ศูนย์เครื่องมือฯ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

5. ทดสอบแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ จากข้อมูลของคุณภาพในการให้บริการ ณ ศูนย์เครื่องมือฯ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
6. วัดค่าคุณภาพของการให้บริการในพื้นที่จริงเพื่อนำไปทดสอบกับแบบจำลองที่พัฒนาขึ้น ณ พื้นที่บริเวณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
7. วิเคราะห์ผลการทดสอบ และเปรียบเทียบกับแนวทางที่เสนอไว้ในงานวิจัยอื่นๆ
8. พัฒนา ปรับปรุง แก้ไข เพื่อให้ได้ผลตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้
9. เสนอบทความในงานประชุมวิชาการ
10. นำข้อเสนอแนะในงานประชุมวิชาการมาปรับปรุงงานวิจัย
11. สรุปผลสำเร็จของโครงการและทำรายงานโครงการ

1.4 ผลสำเร็จของโครงการ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับคือการเผยแพร่ผลงานวิจัยนี้ในงานประชุมวิชาการระดับนานาชาติ 1 บทความ ซึ่งเป็นการนำองค์ความรู้ที่ได้จากงานวิจัยนี้เผยแพร่แก่นักวิจัยที่ทำงานใกล้เคียงกัน ทำให้สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดสำหรับงานวิจัยอื่นๆ ได้ ซึ่งหน่วยงานวิจัยทางโทรคมนาคมในประเทศไทยสามารถนำผลงานดังกล่าวไปใช้ได้

1.5 การสำรวจปริทรรศน์วรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัย

จากทฤษฎีที่กล่าวไปในหัวข้อก่อนหน้านี้ โดยทำการสำรวจปริทรรศน์วรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยได้พอสังเขป ได้ดังนี้ จากการสำรวจปริทรรศน์วรรณกรรมงานวิจัยของ M. Fiedler, T. Hossfeld, and P. Tran-Gia, 2010 ได้ศึกษาเกี่ยวกับแนวคิดของการใช้วิธีการของสมการเอกซ์โพเนนเชียล เพื่อใช้ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพของประสบการณ์กับคุณภาพของการบริการที่เป็นผลมาจากการวัดเชิงปริมาณของปัจจัยด้านคุณภาพของบริการเพียงหนึ่งปัจจัย พบว่ามีประสิทธิภาพที่ดีกว่าการหาความสัมพันธ์จากวิธีการใช้สมการลอการิทึม ซึ่งเป็นวิเคราะห์จากตัวแปรต้น (ตัวแปรต้น หมายถึง ค่าปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ) เพียงหนึ่งตัวแปรที่ส่งผลต่อตัวแปรตาม (ตัวแปรตาม หมายถึง คะแนนความพึงพอใจ) ในความเป็นจริงอาจจะมีมากกว่าหนึ่งตัวแปรที่ส่งผลต่อตัวแปรตาม โดยจะถูกนำไปใช้กับบริการของ Voice Over IP และ Web browser จากการสำรวจปริทรรศน์วรรณกรรมของ H. J. Kim and S. G. Choi, 2010 การใช้วิธีการของสมการเอกซ์โพเนนเชียล เพื่อใช้ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพของประสบการณ์กับคุณภาพของการบริการที่เป็นผลมาจากการวัดเชิงปริมาณของปัจจัยด้านคุณภาพของการบริการหลายปัจจัย เมื่อเทียบ

กับ M. Fiedler, T. Hossfeld, and P. Tran-Gia ที่ใช้ตัวแปรต้นเพียง 1 ตัว แต่ก็มีความซับซ้อนของระดับน้ำหนักของตัวแปรต้นแต่ละตัวที่ใช้ในการประเมินคุณภาพของประสบการณ์และไม่มีรูปแบบที่อ้างอิงได้

จากการสำรวจปริทัศน์วรรณกรรมงานวิจัยของ Wang Tianyi, Pervez Anjum and Zou Hua, 2010 ซึ่งเป็นการแมปปีง (Mapping) ความสัมพันธ์ของแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ที่ใช้ปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ โดยตัวชี้วัดคุณภาพวิดีโอสำหรับบริการสตรีมมิ่งวิดีโอซึ่งปริทัศน์วรรณกรรมนี้ไม่ได้ระบุถึงประสิทธิภาพของแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์และยังมีขั้นตอนในการวิเคราะห์ที่ยุ่งยากซับซ้อนจากการหาค่าถ่วงน้ำหนักของตัวแปรต้นแต่ละตัวเพื่อได้มาซึ่งสมการทางคณิตศาสตร์ในการใช้ทำนายคะแนนคุณภาพของประสบการณ์

จากการสำรวจปริทัศน์วรรณกรรมของ F. Agboma and A. Liotta, 2008 ซึ่งเป็นวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยด้านคุณภาพของบริการกับคะแนนความพึงพอใจที่ได้จากผู้ใช้งานในบริการวิดีโอสตรีมมิ่ง (Video Streaming) โดยวิธีการของการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อนำไปใช้ในการคาดการณ์คะแนนคุณภาพของประสบการณ์จากการใช้ปัจจัยด้านคุณภาพของบริการเพื่อช่วยให้ผู้ประกอบการนำไปใช้จัดสรรทรัพยากรของเครือข่าย ซึ่งแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ด้วยวิธีการนี้มีความสัมพันธ์ค่อนข้างต่ำ

จากการสำรวจปริทัศน์วรรณกรรมของ Du and Haiqing, 2009 ซึ่งเป็นงานวิจัยที่สร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์จากการใช้วิธีการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine learning) โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks) เพื่อสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนจากกระบวนการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียมโดยใช้ปัจจัยด้านคุณภาพของบริการสำหรับบริการวิดีโอสตรีมมิ่งในการทำนายคะแนนคุณภาพของประสบการณ์ซึ่งแบบจำลองที่ได้นั้นก็มีความซับซ้อนในกระบวนการสร้างแบบจำลองนำไปสู่ประสิทธิภาพที่ดี จากการสำรวจปริทัศน์วรรณกรรมของ Kaiyu Wang, Yumei Wang and Lin Zhang, 2014 แบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ถูกสร้างขึ้นด้วยวิธีการโครงข่ายประสาทเทียมซึ่งได้มาซึ่งสมการทางคณิตศาสตร์ที่มีความซับซ้อนนั้นมีประสิทธิภาพกว่าวิธีการใช้สมการเชิงเส้นถดถอยในการทำนายคะแนนคุณภาพของประสบการณ์จากการใช้ปัจจัยด้านคุณภาพของบริการสำหรับบริการวิดีโอสตรีมมิ่งในเครือข่ายไร้สาย (Wireless Network) ซึ่งยังไม่ได้นำมาประยุกต์ใช้กับเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ซึ่งปัจจัยด้านคุณภาพของบริการของเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่มีความแตกต่างจากเครือข่ายอื่น โดยเฉพาะค่าปัจจัยเหล่านี้ที่ได้รับอิทธิพลมาจากการเฟดของช่องสัญญาณ (Propagation Fading Channel) ถึงแม้ว่าจะมีบางงานวิจัยที่มีการศึกษาหาความสัมพันธ์สำหรับการให้บริการวิดีโอบนเครือข่ายไร้สาย จากการสำรวจปริทัศน์วรรณกรรมของ Zheng and Kan, 2015 ใช้วิธีการโครงข่ายประสาทเทียมในการหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านคุณภาพของบริการกับคะแนนความพึงพอใจโดยการประยุกต์ใช้ในบริการวิดีโอบนเครือข่าย LTE แต่ไม่ได้รับข้อสรุปใด ๆ ที่เป็นรูปแบบการประมาณคุณภาพของประสบการณ์

จากปรีทัศน์วรรณกรรมเหล่านี้ยังไม่มีงานวิจัยใดที่หารูปแบบความสัมพันธ์สำหรับเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ถึงแม้ว่าจะมีบางงานวิจัยที่พยายามหาความสัมพันธ์แต่ก็ยังไม่ได้รับข้อสรุปใด ๆ จึงเป็นแนวคิดของงานวิจัยที่จะสร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ในเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ในยุคปัจจุบันที่มีผู้ใช้งานจำนวนมากที่เข้าใช้งานบริการมัลติมีเดียต่าง ๆ ซึ่งผู้ให้บริการได้เล็งเห็นถึงการพัฒนาเครือข่ายเพื่อตอบสนองต่อความพึงพอใจผู้ใช้งานจากปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ โดยวิธีการโครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งผลสำเร็จจากงานวิจัยสามารถเป็นตัวชี้วัดถึงความสำเร็จในการให้บริการ

เนื่องด้วยโครงข่ายประสาทเทียมเป็นแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพและมีโครงสร้างและหลักการทำงานคล้ายกับสมองมนุษย์ [McCulloch, 1943.] ซึ่งจะมีการจำลองกระบวนการเรียนรู้ภายในของข้อมูลระหว่างตัวแปรต้นและเป้าหมายภายในที่เพื่อให้ได้มาซึ่งสมการทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนในการนำไปใช้คาดการณ์ตัดสินใจหรือประเมินที่มีการตัดสินใจคล้ายกับกลุ่มตัวอย่างของมนุษย์ที่เป็นผู้ประเมินความพึงพอใจ ผลของระดับความพึงพอใจจากผู้ใช้งานจึงเป็นเรื่องที่ผู้ให้บริการควรจะให้ความสำคัญ เพื่อให้ผู้ให้บริการนำไปปรับปรุงคุณภาพของบริการที่จะรักษาและดึงดูดผู้ใช้บริการ รวมไปถึงก่อให้เกิดผลดีต่อการแข่งขันระหว่างผู้ให้บริการและเป็นผลดีต่อผู้ใช้บริการที่จะได้รับบริการที่มีคุณภาพที่ตอบสนองต่อความต้องการ



บทที่ 2 ทฤษฎีและความรู้ที่เกี่ยวข้อง

2.1 กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยฉบับนี้ซึ่งประกอบด้วยทั้งหมด 13 ส่วน โดยส่วนแรกจะเป็นการกล่าวนำเข้าสู่เนื้อหา ส่วนที่สองจะกล่าวถึงโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ในส่วนที่สามจะกล่าวถึงหลักการของโครงข่ายประสาทเทียมซึ่งเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีความซับซ้อน ในส่วนที่สี่จะกล่าวถึงการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียม ในส่วนที่ห้าจะกล่าวถึงประเภทของการเรียนรู้สำหรับโครงข่ายประสาทเทียม ในส่วนที่หกจะกล่าวถึงคุณสมบัติและความสามารถที่เป็นประโยชน์ของโครงข่ายประสาทเทียม ในส่วนที่เจ็ดจะกล่าวถึงลักษณะของปัญหาที่เหมาะสมกับโครงข่ายประสาทเทียม ในส่วนที่แปดจะกล่าวถึงสถาปัตยกรรมของโครงข่ายประสาทเทียม ในส่วนที่เก้าจะกล่าวถึงโครงสร้างพื้นฐานของโครงข่ายประสาทเทียม ในส่วนที่สิบจะกล่าวถึงประเภทของโครงข่ายประสาทเทียม ในส่วนที่สิบเอ็ดจะกล่าวถึงการวิเคราะห์ข้อมูลปัจจัยด้านคุณภาพของบริการก่อนใช้ในการสร้างแบบจำลอง ในส่วนที่สิบสองจะกล่าวถึงการสำรวจปริทัศน์วรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย และส่วนสุดท้ายในส่วนที่สิบสามจะเป็นการสรุปเนื้อหาทั้งหมดในบทนี้ โดยฐานข้อมูลที่ใช้ในการค้นงานวิจัยนี้เป็นฐานข้อมูลที่มีชื่อเสียงและได้รับการยอมรับกันอย่างกว้างขวาง เช่น ฐานข้อมูล The Institute of Electrical and Electronics Engineers หรือ IEEE นอกจากนี้ยังได้ทำการสืบค้นงานวิจัยจากแหล่งอื่น ๆ เช่น จากห้องสมุดของมหาวิทยาลัยต่าง ๆ จากหน่วยงานผู้ให้บริการด้านโทรศัพท์เคลื่อนที่ ผลการสืบค้นที่ได้จะใช้เป็นแนวทางในการดำเนินการวิจัยต่อไป

2.2 โครงข่ายประสาทเทียม

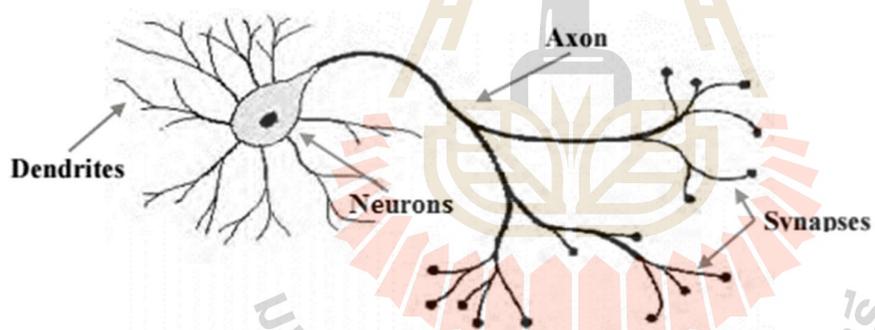
โครงข่ายประสาทเทียม คือ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีการประมวลผลด้วยการคำนวณแบบคอนเนกชันนิสต์ (Connectionist) เพื่อจำลองการทำงานที่คล้ายกับระบบประสาทในสมองมนุษย์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเครื่องมือ ซึ่งมีความสามารถในการเรียนรู้การจดจำแบบรูป (Pattern Recognition) และการอุปมาความรู้อื่น (Knowledge deduction) เช่นเดียวกับความสามารถที่มีในสมองมนุษย์ [วิชา พรพัชร

พงศ์, 2551] แนวคิดของเทคนิคนี้ได้มาจากการศึกษาข่ายงานไฟฟ้าชีวภาพ (Bioelectric Network) ในสมอง ซึ่งประกอบด้วย

- 1) นิวรอน (Neurons) หรือ เซลล์ประสาท
- 2) ไซแนป (Synapses) หรือ จุดประสานประสาทในแต่ละเซลล์ประสาท
- 3) เดนไดรต์ (Dendrites) หรือ ปลายการรับกระแสประสาท ซึ่งในแต่ละเซลล์ประสาทจะมีเดนไดรต์จำนวนมาก เป็นจุดที่รับกระแสประสาทเข้ามาจากเซลล์ประสาท

4) แอกซอน (Axon) หรือ ปลายในการส่งกระแสประสาท ส่วนปลายของแอกซอนจะแตกออกเป็นกิ่งก้าน และที่ส่วนปลายของแต่ละกิ่งก้านเหล่านี้ ลักษณะเป็นปม และจะไปเชื่อมต่อกับปลายของเดนไดรต์ของเซลล์ประสาทเซลล์อื่น เพื่อเป็นจุดที่ส่งกระแสประสาทของเซลล์ประสาทออกไป

เซลล์ประสาทเหล่านี้จะทำงานด้วยปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี เมื่อมีการกระตุ้นด้วยสิ่งเร้าภายนอก หรือ กระตุ้นจากเซลล์ด้วยกัน กระแสประสาทจะวิ่งผ่านเดนไดรต์เข้าสู่นิวเคลียส ซึ่งจะเป็นส่วนที่ตัดสินใจได้ว่า ต้องกระตุ้นเซลล์อื่น ๆ ต่อ ถ้ากระแสประสาทมีความแรงมากเพียงพอ นิวรอนก็จะกระตุ้นไปยังเซลล์อื่น ๆ ต่อไปผ่านทางแอกซอน ดังรูปที่ 2.1

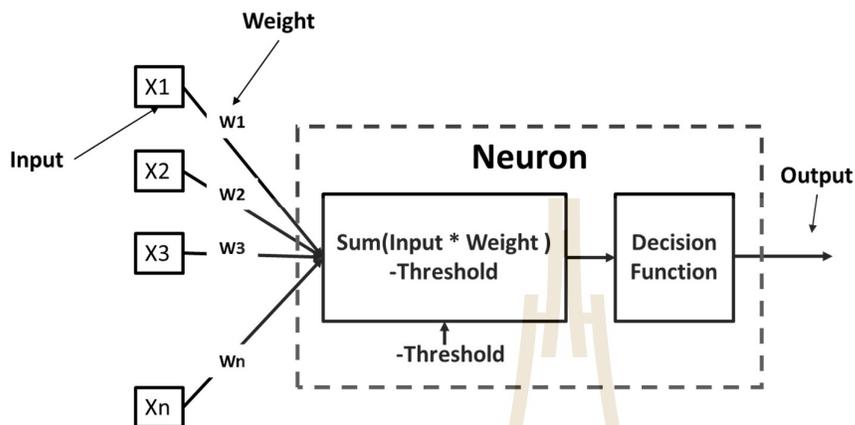


รูปที่ 2.1 แบบจำลองของโครงข่ายประสาทในสมองมนุษย์ [Maureen Candill, 1989]

2.3 หลักการของโครงข่ายประสาทเทียม

นักวิจัยส่วนใหญ่เห็นตรงกันว่า โครงข่ายประสาทเทียมมีโครงสร้างแตกต่างจากโครงข่ายในสมองแต่ก็ยิ่งเหมือนสมองมนุษย์ในแง่ที่ว่าโครงข่ายประสาทเทียม คือ การรวมกลุ่มแบบขนานของหน่วยประมวลผลย่อย ๆ และการเชื่อมต่อนี้เป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดสติปัญญาของโครงข่ายประสาทเทียม เมื่อพิจารณาขนาดแล้ว สมองมีขนาดใหญ่กว่าโครงข่ายประสาทเทียมอย่างมาก รวมทั้งเซลล์ประสาทยังมีความซับซ้อน

กว่าหน่วยย่อยของโครงข่ายประสาทเทียม อย่างไรก็ตามก็คือน้ำหนักที่สำคัญของสมอง เช่น การเรียนรู้ยังคงสามารถถูกจำลองขึ้นอย่างง่ายด้วยโครงข่ายประสาทเทียมนี้



รูปที่ 2.2 แบบจำลองของโครงข่ายประสาทเทียม

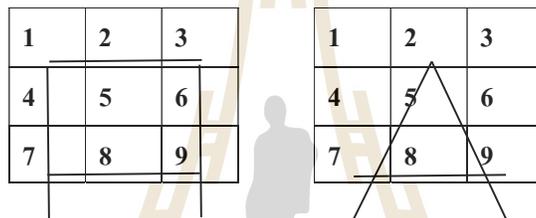
สำหรับโครงข่ายประสาทเทียมในคอมพิวเตอร์ นิวรอน (Neurons) ประกอบด้วย ส่วนการนำเข้าหรืออินพุต (Input) และส่วนในการส่งออกหรือเอาต์พุต (Output) เหมือนกัน โดยจำลองให้อินพุตแต่ละอันมีค่าถ่วงน้ำหนักเป็นตัวกำหนดน้ำหนักของอินพุต โดยนิวรอน (Neuron) แต่ละหน่วยจะมีค่าขีดแบ่งเป็นตัวกำหนดว่าน้ำหนักรวมของอินพุตต้องมากขนาดไหน จึงจะสามารถส่ง เอาต์พุต ไปยังนิวรอนตัวอื่นได้ เมื่อนำนิวรอนแต่ละหน่วยมาต่อกันให้ทำงานร่วมกันการทำงานนี้ในทางตรรกะแล้วก็จะเหมือนกับปฏิกิริยาเคมีที่เกิดในสมองเพียงแต่ในคอมพิวเตอร์ทุกอย่างเป็นตัวเลข

2.4 การทำงานของโครงข่ายประสาทเทียม

การทำงานของโครงข่ายประสาทเทียม คือ เมื่อมีอินพุตเข้ามายังโครงข่ายจะถูกนำมาคูณกับ ค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละขาและรวมผลเพื่อเปรียบเทียบกับค่าขีดแบ่งที่กำหนดไว้ ถ้าผลรวมมีค่ามากกว่าค่าขีดแบ่งแล้วจะถูกนำไปคำนวณค่าเพื่อส่งเอาต์พุตออกไป เอาต์พุตนี้ก็จะถูกส่งไปยังอินพุตของนิวรอนอื่น ๆ ที่เชื่อมกันในโครงข่าย ถ้าค่าน้อยกว่าค่าขีดแบ่งก็จะไม่เกิดเอาต์พุต ซึ่งเขียนออกมาได้ดังนี้

If (sum (input * weight) > threshold) then output

สิ่งสำคัญคือ เราต้องทราบค่าถ่วงน้ำหนักและค่าขีดแบ่งสำหรับสิ่งที่เราต้องการ เพื่อให้คอมพิวเตอร์ รู้จำ ซึ่งเป็นค่าที่ไม่แน่นอน แต่สามารถกำหนดให้คอมพิวเตอร์ปรับค่าเหล่านั้นได้โดยการสอนให้ระบบรู้จัก รูปแบบของสิ่งที่เราต้องการ ให้ระบบรู้จำด้วยการใส่รูปแบบข้อมูลสำหรับฝึกให้แก่เครือข่ายในแต่ละครั้ง แล้ว ค่าเอาต์พุตจากเครือข่ายจะถูกนำไปเปรียบเทียบกับผลที่คาดหวัง แล้วทำการคำนวณหาค่าความผิดพลาด ซึ่งค่าความผิดพลาดนี้จะถูกส่งกลับเข้าสู่เครือข่าย เพื่อใช้แก้ไขค่าถ่วงน้ำหนักเครือข่าย เช่น จะรู้จำ รูปสามเหลี่ยมกับรูปสี่เหลี่ยม เราอาจแบ่งอินพุตเป็น 9 ตัว คือเป็นตาราง 3x3 ถ้าวาดรูปสี่เหลี่ยมหรือ สามเหลี่ยมให้เต็มกรอบ 3x3 สี่เหลี่ยมจะมีส่วนของขอบอยู่ในช่อง 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9 โดยสมมติให้น้ำหนัก ตรงช่องเหล่านี้มีค่ามาก ถ้ามีเส้นขีดผ่านก็เอามาคูณกับค่าถ่วงน้ำหนัก แล้วก็เอามารวมกัน ตั้งค่าให้พอเหมาะ ก็จะสามารแยกแยะระหว่างสี่เหลี่ยมกับสามเหลี่ยมได้ นี่คือหลักการของโครงข่ายประสาทเทียม



รูปที่ 2.3 การแยกแยะระหว่างสี่เหลี่ยมและสามเหลี่ยม [<http://alaska.reru.ac.th/text/ann.pdf>]

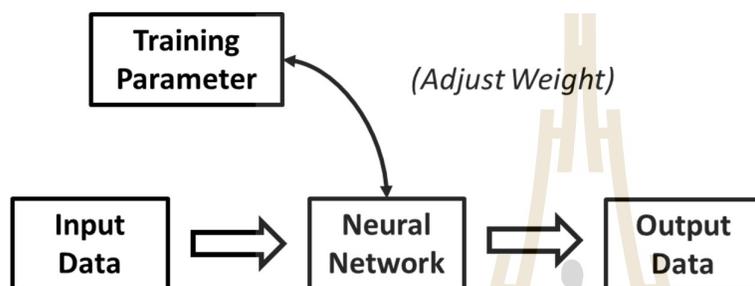
2.5 ประเภทของการเรียนรู้สำหรับโครงข่ายประสาทเทียม

เป้าหมายหลักของการนำโครงข่ายประสาทเทียมมาใช้งานด้านวิศวกรรมและวิทยาการคอมพิวเตอร์ นั้น คือการพัฒนากระบวนการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) ให้มีประสิทธิภาพสูง การนำโครงข่ายประสาทเทียมมาใช้งานแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนหลัก คือ ขั้นตอนการฝึกหัด (Training) หรือเรียนรู้ (Learning) และขั้นตอนการทดสอบ (Testing) หรือใช้งาน (Working) โดยในขั้นตอนของการเรียนรู้ (Learning) นั้นยังสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มหลัก คือ

2.5.1 การเรียนรู้แบบไม่มีครูสอน (Unsupervised Learning Algorithm)

ในปี พ.ศ.2486 ได้ถือว่าเป็นปีแห่งการกำเนิดของสาขาโครงข่ายประสาทเทียมในวงการวิทยาศาสตร์ [Garson, 1998] ที่สามารถทำงานร่วมกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้ ซึ่งต่อมาโดนัลด์ เฮบบ์

(Donald Hebb) ได้เสนอกฎการเรียนรู้ของเฮบบ์ (Hebb's rule) ทำให้โครงข่ายประสาทเทียมสามารถเรียนรู้ปัญหาแบบง่าย ๆ ได้สำเร็จซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มของการเรียนรู้แบบไม่มีครูสอน ซึ่งก็คือการเรียนรู้แบบไม่มีผู้แนะนำ ไม่มีการตรวจคำตอบว่าถูกหรือผิด โครงข่ายประสาทเทียมจะจัดเรียงโครงสร้างด้วยตัวเองตามลักษณะของข้อมูล ผลลัพธ์ที่ได้โครงข่ายประสาทเทียมจะสามารถจัดหมวดหมู่ของข้อมูลได้ หากเปรียบเทียบกับมนุษย์ เช่น การที่เราสามารถแยกแยะพันธุ์พืช พันธุ์สัตว์ตามลักษณะรูปร่างของระบบได้เอง โดยไม่มีใครสอน สามารถแสดงส่วนต่าง ๆ ได้ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 การเรียนรู้แบบไม่มีครูสอน (Unsupervised Learning Algorithm)

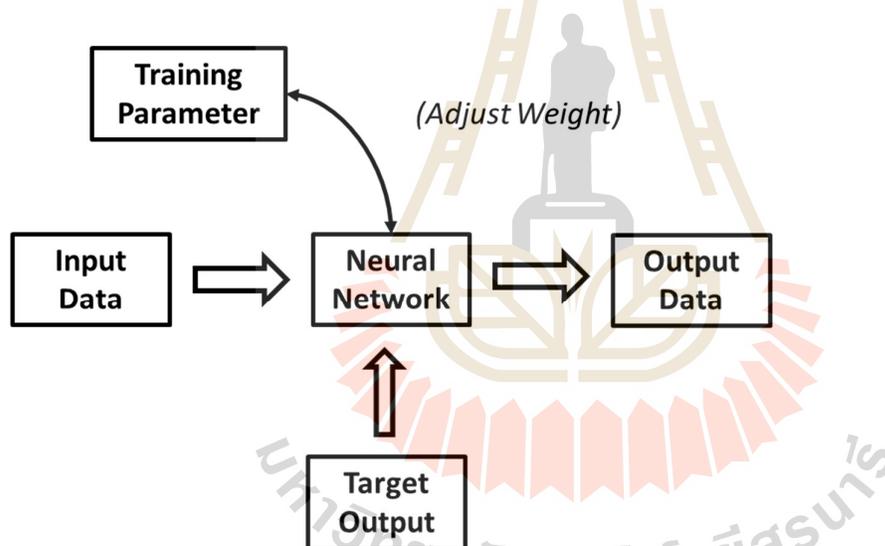
[<http://alaska.reru.ac.th/text/ann.pdf>]

การเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอนนั้น ไม่จำเป็นต้องมีค่าเป้าหมายของแต่ละข้อมูลตัวอย่าง ในระหว่างการเรียนรู้ โครงข่ายประสาทเทียมจะได้รับข้อมูลกระตุ้นในรูปแบบต่าง ๆ และทำการจัดกลุ่มรูปแบบต่าง ๆ เหล่านั้นตามต้องการ ผลของโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้การเรียนรู้แบบไม่มีการสอนนี้จะเป็นการระบุกลุ่มของข้อมูลที่ใส่เข้าไปโดยจะอิงจากวิธีการจัดกลุ่มซึ่งได้เรียนรู้จากข้อมูลที่โครงข่ายเคยพบมา และเนื่องจากขั้นตอนการเรียนรู้แบบไม่มีการสอนนี้จะมีการระบุกลุ่มของข้อมูลตัวอย่างก่อน เมื่อตัดสินใจได้แล้วว่าข้อมูลใหม่มีลักษณะที่ควรจัดรวมเข้ากลุ่มใด (หรืออาจจะถือเป็นกลุ่มใหม่ในกรณีที่ไม่ควรจัดเข้ากลุ่มใดเลย) หลังจากนั้นจึงมีการปรับคุณลักษณะของกลุ่มโดยการนำลักษณะของข้อมูลใหม่นี้มาช่วยกำหนดแนวทางการจัดด้วย ในการตัดสินใจว่าข้อมูลใหม่นี้ควรจัดรวมเข้ากลุ่มใด ในโครงข่ายประสาทเทียมบางชนิด อาจจะใช้วิธีการแข่งขันกันของกลุ่มต่าง ๆ ว่ากลุ่มใดควรได้ข้อมูลดังกล่าวไป การเรียนรู้ในลักษณะนี้จะถูกเรียกว่า การเรียนรู้แบบการแข่งขันกัน (Competitive Learning) ซึ่งอีกแง่มุมหนึ่งนับจากจุดเริ่มต้นของการเรียนรู้ซึ่งไม่มีการจัดกลุ่มข้อมูลในแบบใด ๆ เลยจนถึงเวลาที่มีการจัดเสร็จสิ้นแล้ว จะพบว่าการจัดกลุ่มข้อมูลเกิดขึ้นตามคุณลักษณะบางอย่างของข้อมูลตัวอย่าง ซึ่งการจัดกลุ่มนี้เกิดจากการที่โครงข่ายประสาทเทียม

ประเมินข้อมูลต่างที่ถูกป้อนเข้าไปในระหว่างการเรียนรู้ จนสร้างเป็นวิธีการจัดกลุ่มขึ้นมาได้ ดังนั้น การเรียนรู้ในลักษณะดังกล่าวจึงถูกเรียกว่า การเรียนรู้แบบจัดตัวเอง (Self-Organizing) ด้วย

2.5.2 การเรียนรู้แบบมีครูสอน (Supervised Learning Algorithm)

ในปี พ.ศ.2501 [Garson, 1998] แฟรงค์ โรเซ็นแบลทท์ (Frank Rosenblatt) ได้พัฒนาโครงข่ายประสาทเทียมรวมทั้งเสนอวิธีการเรียนรู้แบบใหม่ซึ่งมีการเรียนรู้จัดอยู่ในแบบมีครูสอน ซึ่งก็คือการเรียนรู้แบบที่มีการตรวจคำตอบเพื่อให้โครงข่ายประสาทเทียมปรับตัว ชุดข้อมูลที่ใช้สอนโครงข่ายประสาทเทียมจะมีคำตอบไว้คอยตรวจดูว่าโครงข่ายประสาทเทียมให้คำตอบที่ถูกหรือไม่ ถ้าตอบไม่ถูก โครงข่ายประสาทเทียมก็จะปรับตัวเองเพื่อให้ได้คำตอบที่ดีขึ้น หากเปรียบเทียบกัมนุษย์ก็เหมือนกับการสอนนักเรียน โดยมีครูผู้สอนคอยให้คำแนะนำ สามารถแสดงส่วนต่าง ๆ ได้ดังรูป 2.5



รูปที่ 2.5 การเรียนรู้แบบมีครูสอน (Supervised Learning Algorithm) [<http://alaska.reru.ac.th/text/ann.pdf>]

รูปแบบการเรียนรู้แบบมีการสอนจะเริ่มด้วยการส่งสิ่งเร้าที่ใช้ในการสอนเข้าไปเป็นอินพุตในโครงข่ายประสาทเทียม เพื่อให้โครงข่ายประสาทเทียมสร้างเอาต์พุตออกมา ซึ่งเอาต์พุตจะเป็นอย่างไร ก็ขึ้นอยู่กับสถานะในตอนเริ่มเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม เอาต์พุตดังกล่าวจะถูกนำมาเปรียบเทียบกับผลตอบเป้าหมาย (Target Output) ซึ่งผู้สอน (Teacher) จะเป็นผู้สร้างขึ้น หากผลลัพธ์ทั้งสองมีความแตกต่างกัน นั่นคือมีความคลาดเคลื่อน (Error) เกิดขึ้น ความคลาดเคลื่อนดังกล่าวจะถูกนำไปคำนวณเพื่อการปรับแต่งค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight) ต่าง ๆ ในโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อลดความคลาดเคลื่อนลงให้เหลือน้อย

ที่สุด การปรับแต่งค่าถ่วงน้ำหนักโดยพิจารณาจากความคลาดเคลื่อนนี้จะขึ้นอยู่กับกฎการเรียนรู้หรือขั้นตอนการคำนวณซึ่งเรียกว่า อัลกอริทึม (Algorithm) ที่แตกต่างกัน โดยแต่ละอัลกอริทึมจะมีคุณลักษณะ และสมรรถนะแตกต่างกัน

ตัวอย่างของการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับการประยุกต์ใช้งานแต่ละแบบ เช่นถ้าต้องการให้คอมพิวเตอร์สามารถระบุผู้พูดเมื่ออินพุตคือเสียงพูดเสียงหนึ่ง ในขั้นตอนของการเรียนรู้เราก็ต้องเตรียมข้อมูลคู่อินพุตและคู่เอาต์พุต ของแต่ละเสียงพูดไว้ นั่นคือเก็บเพิ่มเสียงพูดเป็น อินพุต และเอาต์พุตก็เป็นชื่อหรือรหัสของผู้พูดคนนั้น ๆ คู่ของ อินพุต-เอาต์พุต ทั้งหมดจะถูกส่งเข้าไปในโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อทำการเรียนรู้ ซึ่งงานลักษณะนี้เหมาะที่จะเลือกใช้การเรียนรู้แบบมีครูสอน (Supervised Learning Algorithm) เพราะเวลาทำการสอนเราจะสอนให้โครงข่ายประสาทเทียมรู้ว่า สำหรับอินพุตหนึ่งใด ๆ เอาต์พุตที่สอดคล้องกับอินพุตนั้นควรจะเป็นเอาต์พุตใด แต่ถ้าเปลี่ยนเป็นงานประยุกต์ที่ว่ามียกกลุ่มคนอยู่ 10,000 คน ซึ่งเราต้องการแบ่งออกเป็นกลุ่มย่อย ๆ โดยที่เราก็ไม่ทราบว่าจะแบ่งด้วยกฎเกณฑ์อย่างไร ปัญหาลักษณะนี้ก็จะเหมาะกับการเรียนรู้แบบไม่มีครูสอน (Unsupervised Learning Algorithm) เป็นอย่างยิ่ง นั่นคือมีเฉพาะค่าอินพุตเท่านั้น ส่วนเอาต์พุตนั้นโครงข่ายประสาทเทียมจะต้องเป็นผู้ระบุให้เราอย่างนี้เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีบางรูปแบบที่เป็นการผสมผสานทั้ง 2 รูปแบบ เข้ามาใช้ในงานร่วมกัน รวมทั้งยังมีการนำเอาโครงข่ายประสาทเทียม ไปใช้งานร่วมกับแขนงอื่น ๆ ในงานทางด้านปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence : AI) เช่น นำเอาฟัซซีลอจิก (Fuzzy Logic) มาใช้งานร่วมกับโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks) เป็นแบบจำลองใหม่ที่เรียกกันว่า ฟัซซีนิวรอน (Fuzzy-Neuro) เป็นต้น

2.6 คุณสมบัตินี้และความสามารถที่เป็นประโยชน์ของโครงข่ายประสาทเทียม

- 1) มีความยืดหยุ่นสูงจนสามารถจำลองขบวนการของปัญหาใด ๆ ได้
- 2) มีความสามารถในการจำลองชุดของคู่ อินพุต-เอาต์พุต ที่มีความซับซ้อนมากจนไม่สามารถจำลองแบบในเชิงความน่าจะเป็นได้
- 3) มีความสามารถในการปรับตัวเข้ากับการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม
- 4) มีความสามารถในการตอบสนองต่อข้อมูลที่ไม่เคยเห็น

2.7 ลักษณะของปัญหาที่เหมาะสมกับโครงข่ายประสาทเทียม

- 1) ตัวอย่างข้อมูลสำหรับการฝึกหัดประกอบด้วย ลักษณะเฉพาะหลาย ๆ ค่า

- 2) เอาต์พุต ที่ต้องการสามารถเป็นค่าจำนวนเต็มหรือจำนวนจริง หรือเป็นเวกเตอร์ (Vector) ของจำนวนเต็มหรือจำนวนจริงก็ได้
- 3) ตัวอย่างข้อมูลสามารถมีความผิดพลาดปะปนอยู่ได้
- 4) ไม่มีปัญหาเกี่ยวกับขั้นตอนการฝึกหัดซึ่งอาจใช้เวลานานมาก
- 5) ไม่ต้องการเข้าใจวิธีการแก้ปัญหา ต้องการเพียงแค่ให้ปัญหาได้รับการแก้ไขเท่านั้น

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบระหว่างประสาทในสมองมนุษย์กับโครงข่ายประสาทเทียม

โครงข่ายประสาท	โครงข่ายประสาทเทียม
นิวรอน	นิวรอน
เดนไดรท์	อินพุต
แอกซอน	เอาต์พุต
ไซแนป	ค่าถ่วงน้ำหนัก

2.8 สถาปัตยกรรมของโครงข่ายประสาทเทียม

การเชื่อมโยงเซลล์ประสาทเทียมจำนวนหนึ่งเข้าด้วยกันเป็นโครงข่ายประสาทเทียมนั้นสามารถเชื่อมโยงแบบใดก็ได้โดยไม่มีขอบเขตจำกัด อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติแล้วเทคนิคการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียมมักจะถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้กับสถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียมที่มีลักษณะเฉพาะเท่านั้น สถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียมที่พบทั่วไป ซึ่งจะมีลักษณะหลัก ๆ คือ

1) จำนวนชั้น จะประกอบด้วยชั้นต่าง ๆ คือ ชั้นนำเข้า (Input Layer) ชั้นส่งออก (Output Layer) และชั้นซ่อน (Hidden Layer) ซึ่งจะอยู่ระหว่างชั้นนำเข้าและชั้นส่งออกในโครงข่ายประสาทเทียมอาจมีชั้นซ่อนได้หลายชั้น

2) การเชื่อมต่อระหว่างชั้น ทุก ๆ โหนด (node) ในชั้นนำเข้าจะส่งสัญญาณไปยังทุก ๆ โหนดในชั้นซ่อนชั้นแรก และทุก ๆ โหนดในชั้นซ่อนชั้นแรกจะส่งสัญญาณไปยังทุก ๆ โหนดในชั้นถัดไปจนในที่สุดทุก ๆ โหนดในชั้นซ่อนชั้นสุดท้ายจะส่งสัญญาณไปยังทุก ๆ โหนดในชั้นส่งออก

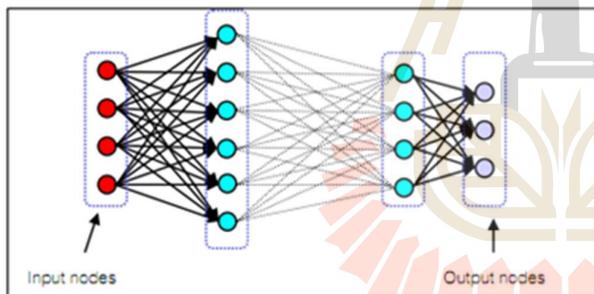
3) การทำงานของชั้นต่าง ๆ ชั้นนำเข้าไม่มีการประมวลผลทำหน้าที่รับสัญญาณเข้าแล้วกระจายออกไปยังแต่ละโหนดในชั้นถัดไปเท่านั้น แต่ส่วนชั้นซ่อน และชั้นนำออกนั้นจะมีการประมวลผลก่อนกระจายออกไปยังโหนดชั้นถัดไป

2.9 โครงสร้างพื้นฐานของโครงข่ายประสาทเทียม

โครงสร้างพื้นฐานของโครงข่ายประสาทเทียมจะมีลักษณะเป็นการประกอบกันของรูปแบบโครงข่าย ดังต่อไปนี้

2.9.1 แบบป้อนไปข้างหน้า (Feed Forward Network)

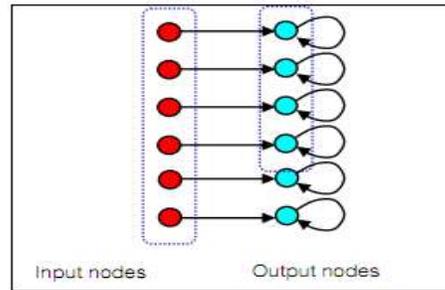
ข้อมูลที่ประมวลผลในโครงข่ายประสาทเทียมจะถูกส่งไปในทิศทางเดียวจากชั้นนำเข้าสู่ส่งต่อมาเรื่อย ๆ จนถึงชั้นส่งออก โดยไม่มีการย้อนกลับของข้อมูล หรือแม้แต่โหนด (Node) ในชั้นเดียวกันก็ไม่มี การเชื่อมต่อระหว่างกัน อาจจัดได้เป็น 2 แบบย่อย คือ แบบมีชั้นของเซลล์ประสาทชั้นเดียว (Single Layer) และแบบมีชั้นของเซลล์ประสาทหลายชั้น (Multilayer) โดยปกติแล้วการเชื่อมโยงจะถูกกำหนดขึ้นระหว่างชั้นที่ติดกัน โดยจะมีการเชื่อมโยงระหว่างเซลล์ประสาทเทียมทุกตัวจากชั้นหนึ่ง ๆ ไปยังเซลล์ประสาทเทียมทุกตัวในชั้นต่อไป ซึ่งในบางสถาปัตยกรรมอาจมีการเชื่อมโยงข้ามชั้นก็ได้ ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 สถาปัตยกรรมของ Feed forward network [<http://alaska.reru.ac.th/text/ann.pdf>]

2.9.2 แบบมีการป้อนไปเวียนกลับ (Feedback Network)

ข้อมูลที่ประมวลผลในโครงข่ายประสาทเทียมจะมีการเชื่อมโยงที่ถูกกำหนดขึ้นระหว่างเซลล์ประสาทเทียมในชั้นหนึ่ง ๆ ย้อนกลับไปยังชั้นอื่น ๆ ก่อนหน้านั้น หรือแม้แต่ภายในชั้นเดียวกันเอง จะมีการป้อนกลับเข้าไปยังโครงข่ายประสาทเทียมหลาย ๆ ครั้งจนกระทั่งได้คำตอบออกมาบางที่เรียกว่า Recurrent Network ดังรูปที่ 2.7



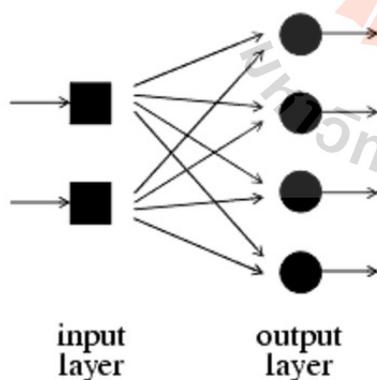
รูปที่ 2.7 สถาปัตยกรรมของ Feedback network [<http://alaska.reru.ac.th/text/ann.pdf>]

2.10 ประเภทของโครงข่ายประสาทเทียม

เราสามารถจำแนกตามจำนวนชั้น (Layer) ออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

2.10.1 โครงข่ายประสาทเทียมที่มีเซลล์ประสาทชั้นเดียว (Single layer Neural Network)

มีค่าถ่วงน้ำหนักเชื่อมต่อเพียงชั้นเดียว โหนดชั้นอินพุต (Input Layer Node) จะแยกออกจากกัน และรับสัญญาณมาจากภายนอก ส่วนโหนดชั้นเอาต์พุต (Output Layer Node) จะเป็นผลตอบสนองจากโครงข่ายประสาทเทียม โดยโหนดชั้นอินพุตจะทำการเชื่อมต่อกับหน่วยเอาต์พุตทั้งหมด แต่ไม่เชื่อมต่อกับโหนดอินพุตอื่น ๆ และโหนดชั้นเอาต์พุตจะไม่เชื่อมต่อกับโหนดเอาต์พุตอื่น ๆ เช่นกันดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 โครงข่ายประสาทเทียมแบบที่มีเซลล์ประสาทชั้นเดียว

[http://engineeronadisk.com/notes_software/neural.html]

หลักการปรับตัวของโครงข่ายประสาทเทียมที่มีเซลล์ประสาทชั้นเดียวแบบจำลองของ แมคคัลลอค และพิตส์ (McCulloch and Pitts) ในยุคแรกแสดงไว้ดังสมการที่ 2.1

$$X = \sum_{i=1}^n x_i w_i \tag{2.1}$$

โดยที่ X คือ ผลรวมระหว่างค่าถ่วงน้ำหนักกับอินพุต

x_i คือ อินพุตตัวที่ i

w_i คือ ค่าถ่วงน้ำหนักตัวที่ i

ฟังก์ชันการกระตุ้น (Activation Function) จะถูกเรียกว่า Sign Function หรือ Sigmoid Function ดังนั้นเราสามารถแสดง Actual เอาต์พุตของนิวรอนที่ใช้ Sign Activation Function ได้ดังนี้

$$y = \text{sign}[\sum_{i=1}^n x_i w_i - \theta] \tag{2.2}$$

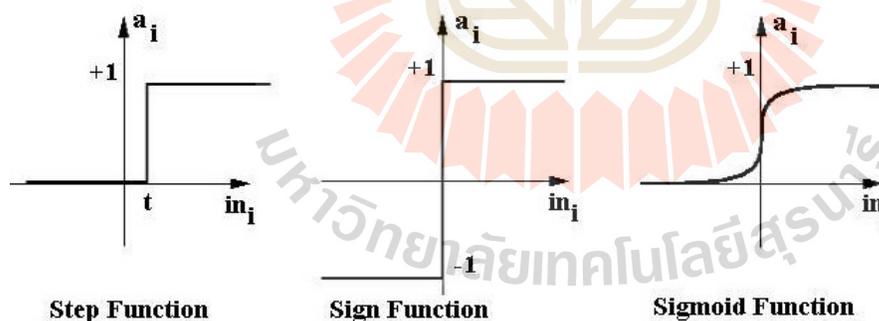
โดยที่ y คือ ค่า Actual เอาต์พุต

θ คือ ค่าขีดแบ่ง

x_i คือ อินพุตตัวที่ i

w_i คือ ค่าถ่วงน้ำหนักตัวที่ i

ฟังก์ชันการกระตุ้นของนิวรอนที่นิยมใช้แสดงได้ดังรูปที่ 2.9



$$\square \square \square \square = \begin{cases} 1, & \square \square \square \geq 0 \\ 0, & \square \square \square < 0 \end{cases} \quad \square \square \square \square = \begin{cases} +1, & \square \square \square \geq 0 \\ -1, & \square \square \square < 0 \end{cases} \quad \square \square \square \square \square \square = \frac{1}{1 + \square^{-\square}}$$

รูปที่ 2.9 ฟังก์ชันการกระตุ้นของนิวรอน

ขั้นตอนการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียมที่มีเซลล์ประสาทชั้นเดียว (Linear Perceptron)

ขั้นตอนที่ 1 : Initialization

กำหนดค่าถ่วงน้ำหนักเริ่มต้น (Initial weights) w_1, w_2, \dots, w_n และค่าขีดแบ่ง (Threshold : θ) ให้มีค่าแบบสุ่ม (random)

ขั้นตอนที่ 2 : Activation

ทำการ Activate the Perceptron โดยการป้อนอินพุต $x_1(p), x_2(p), \dots, x_n(p)$ เพื่อทำการคำนวณค่า Actual เอาต์พุตที่ Iteration เท่ากับ 1 โดยใช้สมการดังนี้

$$Y(p) = \text{step}[\sum_{i=1}^n x_i(p)w_i(p) - \theta] \quad (2.3)$$

โดยที่ $Y(p)$ คือ ค่า Actual เอาต์พุต

$w_i(p)$ คือ ค่าถ่วงน้ำหนัก

$x_i(p)$ คือ ค่าอินพุต

θ คือ ค่าขีดแบ่ง

n คือ จำนวนของชุดข้อมูลอินพุต

ขั้นตอนที่ 3 : Weight Training

ทำการอัปเดต (update) ค่าถ่วงน้ำหนักของ perceptron ดังสมการ

$$w_i(p+1) = w_i(p) + \Delta w_i(p) \quad (2.4)$$

โดยที่ $w_i(p+1)$ คือ ค่าถ่วงน้ำหนักใหม่

$w_i(p)$ คือ ค่าถ่วงน้ำหนัก

$\Delta w_i(p)$ คือ ค่าถ่วงน้ำหนักที่เปลี่ยนไป

$$\Delta w_i(p) = \alpha \times x_i(p) \times e(p) \quad (2.5)$$

โดยที่ $\Delta w_i(p)$ คือ ค่าถ่วงน้ำหนักที่เปลี่ยนไป

α คือ อัตราการเรียนรู้ (Learning Rate)

$x_i(p)$ คือ ค่าอินพุต

$e(p)$ คือ ค่าความผิดพลาด

$$e(p) = Y_d(p) - Y(p) \quad (2.6)$$

โดยที่ $e(p)$ คือ ค่าความผิดพลาด (error)

$Y_d(p)$ คือ ค่าเอาต์พุตที่ต้องการ

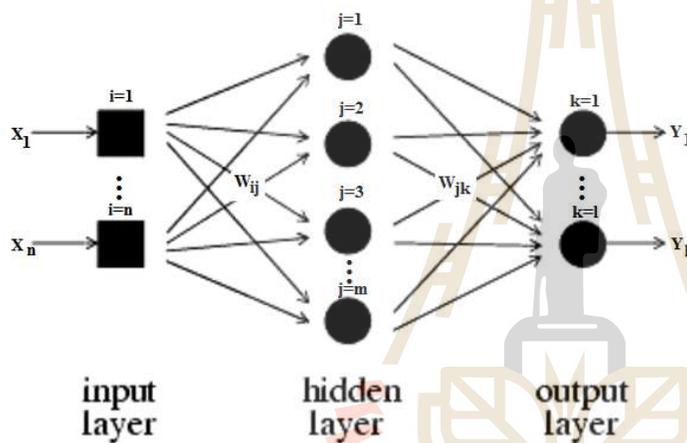
$Y(p)$ คือ ค่าเอาต์พุตที่ได้

ขั้นตอนที่ 4 : Iteration

ทำการเพิ่ม Iteration p ไปอีก 1 จากนั้นกลับไปทำใน step ที่ 2 และ repeat process ทั้งหมดจนกระทั่งระบบเข้าสู่สภาวะของการลู่เข้า

2.10.2 โครงข่ายประสาทเทียมที่มีเซลล์ประสาทหลายชั้น (Multi-layer Neural Network)

เป็นโครงข่ายประสาทเทียมประกอบด้วยเซลล์ประสาทหลายชั้น ซึ่งอาจจะมีชั้นซ่อน 1 ชั้น หรือมากกว่าก็ได้ โดยในแต่ละชั้นจะประกอบด้วยโหนด (Node) หรือเปรียบได้กับเซลล์ประสาท และมีการเชื่อมต่อโดยมีค่าถ่วงน้ำหนักของเส้นที่เชื่อมต่อระหว่างโหนดของแต่ละชั้น ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 โครงข่ายประสาทเทียมแบบที่มีเซลล์ประสาท 3 ชั้น

[http://engineeronadisk.com/notes_software/neural.html]

- i, j และ k หมายถึงนิวรอนในชั้นอินพุต, ชั้นซ่อน และชั้นเอาต์พุต ตามลำดับ

- ชุดข้อมูลอินพุต x_1, x_2, \dots, x_n จะถ่ายทอดผ่านโครงข่ายจากซ้ายไปขวา

- ชุดข้อมูลค่าความผิดพลาด e_1, e_2, \dots, e_l จะถ่ายทอดย้อนกลับจากขวาไปซ้าย

ชุดข้อมูลค่าความผิดพลาดเริ่มจากชั้นเอาต์พุตและทำงานย้อนกลับมายังชั้นซ่อน ชุดข้อมูลค่าความผิดพลาดที่เอาต์พุตของนิวรอน k คำนวณได้จากสมการที่ 2.7

$$e_k(p) = y_{d,k}(p) - y_k(p) \quad (2.7)$$

โดยที่ $e_k(p)$ คือ ค่าความผิดพลาดของ neuron k

$y_{d,k}(p)$ คือ เอาต์พุตเป้าหมายของ neuron k

$y_k(p)$ คือ เอาต์พุตของ neuron k

ดังนั้น เราจะใช้สมการในการอัปเดตค่าถ่วงน้ำหนักของชั้นเอาต์พุต ดังนี้

$$w_{jk}(p+1) = w_{jk}(p) + \Delta w_{jk}(p) \quad (2.8)$$

โดยที่ $w_{jk}(p+1)$ คือ ค่าถ่วงน้ำหนักใหม่ระหว่างชั้นซ่อนกับชั้นเอาต์พุต

$w_{jk}(p)$ คือ ค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างชั้นซ่อนกับชั้นเอาต์พุต

$\Delta w_{jk}(p)$ คือ ค่าถ่วงน้ำหนักที่เปลี่ยนไประหว่างชั้นซ่อนกับชั้นเอาต์พุต

$$\Delta w_{jk}(p) = \alpha \times y_j(p) \times \delta_k(p) \quad (2.9)$$

โดยที่ $\Delta w_{jk}(p)$ คือ ค่าถ่วงน้ำหนักที่เปลี่ยนไประหว่างชั้นซ่อนกับชั้นเอาต์พุต

α คือ อัตราการเรียนรู้

$y_j(p)$ คือ เอาต์พุตของ neuron j

$\delta_k(p)$ คือ error gradient ที่ neuron k

ในชั้นเอาต์พุต error gradient สามารถหาได้จากการอนุพันธ์ของ activation function คูณกับค่าความผิดพลาดของ neuron เอาต์พุต ดังนั้น สำหรับ neuron k ในชั้นเอาต์พุตจะได้

$$\delta_k(p) = \frac{\partial y_k(p)}{\partial X_k(p)} \times e_k(p) \quad (2.10)$$

โดยที่ $\delta_k(p)$ คือ error gradient ที่ neuron k ในชั้นเอาต์พุต

$y_k(p)$ คือ เอาต์พุตของ neuron k

$X_k(p)$ คือ อินพุตของ neuron k

$e_k(p)$ คือ ค่าความผิดพลาดของชั้น neuron k

จาก sigmoid activation สมการที่ (2.12) สามารถแทนได้ดังนี้

$$\delta_k(p) = \frac{d\left\{\frac{1}{1 + \exp[-X_k(p)]}\right\}}{dX_k(p)} \times e_k(p) = \frac{\exp[-X_k(p)]}{\{1 + \exp[-X_k(p)]\}^2} \times e_k(p) \quad (2.11)$$

ดังนั้น จะได้

$$\delta_k(p) = y_k(p) \times [1 - y_k(p)] \times e_k(p) \quad (2.12)$$

ถ้าต้องการหาค่าถ่วงน้ำหนักที่เปลี่ยนไประหว่างชั้นอินพุตกับชั้นซ่อนเราสามารถหาได้จากสมการเดียวกัน คือ

$$\Delta w_{ij}(p) = \alpha \times x_i(p) \times \delta_j(p) \quad (2.13)$$

โดยที่ $\Delta w_{ij}(p)$ คือ ค่าถ่วงน้ำหนักที่เปลี่ยนไประหว่างชั้นอินพุตกับชั้นซ่อน

α คือ อัตราการเรียนรู้

$x_i(p)$ คือ อินพุตของ neuron i

$\delta_j(p)$ คือ error gradient ที่ neuron j ในชั้นซ่อน

$$\delta_j(p) = y_j(p) \times [1 - y_j(p)] \times \sum_{k=1}^l \delta_k(p) w_{jk}(p) \quad (2.14)$$

โดยที่ $\delta_j(p)$ คือ error gradient ที่ neuron j ในชั้นซ่อน

$y_j(p)$ คือ เอาต์พุตของ neuron j

$\delta_k(p)$ คือ error gradient ที่ neuron k ในชั้นเอาต์พุต

$w_{jk}(p)$ คือ ค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างชั้นซ่อนกับชั้นเอาต์พุต

l คือ จำนวนของนิวรอนในชั้นเอาต์พุต

$$y_j(p) = \frac{1}{1 + e^{-X_j(p)}}; \quad X_j(p) = \sum_{i=1}^n x_i(p) \times w_{ij}(p) - \theta_j \quad (2.15)$$

ขั้นตอนการเรียนรู้แบบโครงข่ายประสาทเทียมที่มีเซลล์ประสาทหลายชั้น

ขั้นตอนที่ 1 : Initialization

กำหนดค่าถ่วงน้ำหนักและค่าขีดแบ่งแบบสุ่มตัวเลขและกระจายค่าให้อยู่ในช่วงดังนี้

$$\left(-\frac{2.9}{m}, +\frac{2.9}{m} \right) \quad (2.16)$$

โดยที่ m = จำนวนอินพุตของนิวรอน

ขั้นตอนที่ 2 : Activation

คำนวณ actual เอาต์พุตของนิวรอนในชั้นซ่อน

$$y_j(p) = \text{sigmoid} \left[\sum_{i=1}^n x_i(p) \times w_{ij}(p) - \theta_j \right] \quad (2.17)$$

คำนวณ actual เอาต์พุตของนิวรอนในชั้นเอาต์พุต

$$y_k(p) = \text{sigmoid} \left[\sum_{j=1}^m x_{jk}(p) \times w_{jk}(p) - \theta_k \right] \quad (2.18)$$

ขั้นตอนที่ 3 : Weight Training

การปรับค่าถ่วงน้ำหนักในกระบวนการ back-propagation

คำนวณค่า error gradient ของ neurons ในชั้นเอาต์พุต

$$\delta_k(p) = y_k(p) \times [1 - y_k(p)] \times e_k(p) \quad (2.19)$$

โดยที่ $e_k(p) = y_{d,k}(p) - y_k(p)$

ค่าถ่วงน้ำหนักที่เปลี่ยนไประหว่างชั้นซ่อนกับชั้นเอาต์พุต

$$\Delta w_{jk}(p) = \alpha \times y_j(p) \times \delta_k(p) \quad (2.20)$$

ค่าถ่วงน้ำหนักใหม่ระหว่างชั้นซ่อนกับชั้นเอาต์พุต

$$w_{jk}(p+1) = w_{jk}(p) + \Delta w_{jk}(p) \quad (2.21)$$

คำนวณค่า error gradient ของ neurons ในชั้นซ่อน

$$\delta_j(p) = y_j(p) \times [1 - y_j(p)] \times \sum_{k=1}^l \delta_k(p) w_{jk}(p) \quad (2.22)$$

ค่าถ่วงน้ำหนักที่เปลี่ยนไประหว่างชั้นอินพุตกับชั้นซ่อน

$$\Delta w_{ij}(p) = \alpha \times x_i(p) \times \delta_j(p) \quad (2.23)$$

ค่าถ่วงน้ำหนักใหม่ระหว่างชั้นอินพุตกับชั้นซ่อน

$$w_{ij}(p+1) = w_{ij}(p) + \Delta w_{ij}(p) \quad (2.24)$$

ขั้นตอนที่ 4 : Iteration

ทำการเพิ่ม Iteration p ไปอีก 1 จากนั้นกลับไปทำในขั้นตอนที่ 2 และ repeat process ทั้งหมดจนกระทั่งไม่เกิดความผิดพลาดอีก

2.11 การวิเคราะห์ข้อมูลปัจจัยด้านคุณภาพของบริการก่อนใช้ในการสร้างแบบจำลอง

ปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ (QoS Parameter) และคะแนนความพึงพอใจ (Opinion Score) ที่ถูกเก็บรวบรวมจะนำมาวิเคราะห์เพื่อเลือกค่าปัจจัยด้านคุณภาพของบริการนำมาใช้ในการทำนายคะแนนคุณภาพประสบการณ์ (QoE Score) ซึ่งต้องมีความสัมพันธ์กับคะแนนความพึงพอใจที่ผู้ใช้งานได้ประเมินดังนั้น จึงมีกระบวนการวิเคราะห์ค่าปัจจัยด้านคุณภาพของบริการจากการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ซึ่งเป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นก็คือปัจจัยด้านคุณภาพของบริการกับคะแนนความพึงพอใจของผู้ใช้งานซึ่งค่าสหสัมพันธ์ที่คำนวณได้ เรียกว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) และการวิเคราะห์ความเชื่อมั่นระหว่างตัวแปรดังนี้

2.11.1 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยด้านคุณภาพของบริการกับคะแนนความพึงพอใจจากผู้ใช้งาน

ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ (QoS Paramters) กับคะแนนความพึงพอใจของผู้ใช้งาน (Opinion Score) ซึ่งค่าปัจจัยด้านคุณภาพของบริการในแต่ละบริการการจะมีค่าที่แตกต่างกัน โดยที่ในแต่ละบริการจะถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ โดยใช้กำหนดเกณฑ์ความสัมพันธ์จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพื่อนำไปใช้ในการสร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ ดังสมการ 2.25

$$r_i = \frac{\sum (y - \bar{y})(x_i - \bar{x}_i)}{\sqrt{\sum (y - \bar{y})^2} \sqrt{\sum (x_i - \bar{x}_i)^2}} \quad (2.25)$$

r_i คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความพึงพอใจกับค่าปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ ตัวที่ i

y คือ คะแนนความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

x_i คือ ค่าปัจจัยด้านคุณภาพของบริการตัวที่ i

ทิศทางของความสัมพันธ์ (Direction of the Relationship) ในการหาลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรนั้นมีทิศทางของความสัมพันธ์ได้ 3 แบบ คือ

1. สหสัมพันธ์ทางบวก (Positive Correlations) ซึ่งหมายความว่า เมื่อตัวแปรตัวหนึ่งเพิ่มหรือลดลง อีกตัวแปรหนึ่งก็จะเพิ่มขึ้นหรือลดลงไปด้วย

2. สหสัมพันธ์ทางลบ (Negative Correlations) หมายถึงเมื่อตัวแปรตัวหนึ่งมีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลง อีกตัวหนึ่งจะมีค่าเพิ่มหรือลดลงตรงข้ามเสมอ

3. สหสัมพันธ์เป็นศูนย์ (Zero Correlations) หมายถึงตัวแปรสองตัวไม่มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน

2.11.2 การคัดเลือกตัวแปรทำนายของปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ

ในการคัดเลือกตัวแปรของปัจจัยด้านคุณภาพของบริการเพื่อนำไปใช้สร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์นั้นจะทดสอบระหว่างปัจจัยด้านคุณภาพของบริการกับคะแนนความพึงพอใจมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ เป็นการทดสอบว่าตัวแปรสองตัวมีความสัมพันธ์ ซึ่งเราจะใช้ตัวอักษรภาษากรีก คือ ρ (rho) ซึ่งเขียนเป็นสมมติฐานทางสถิติ ได้ดังนี้

$H_0 : \rho = 0$ (ตัวแปรสองตัวไม่มีความสัมพันธ์กัน)

$H_1 : \rho \neq 0$ (ตัวแปรสองตัวมีความสัมพันธ์กัน)

เมื่อคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จากสมการ (2.25) แล้วต้องทราบว่าค่าสหสัมพันธ์ที่คำนวณได้นั้นมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่สามารถทำได้โดยคำนวณค่าสถิติทีเทส (t-test) จากสมการดังนี้

$$t_i = \frac{|r_i| \sqrt{N-1}}{\sqrt{1-r_i^2}} \quad (2.26)$$

N คือ จำนวนชุดข้อมูล

r_i คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างระหว่างคะแนนความพึงพอใจกับค่าปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ ตัวที่ i

ค่า t ที่คำนวณได้นำไปเทียบกับค่าวิกฤตของที่ได้จากตารางวิกฤตหรือสามารถเทียบได้กับตารางค่าวิกฤตของค่าสหสัมพันธ์เพียร์สัน โดยถ้าค่า t ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าค่าวิกฤตแสดงว่ามีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่

$t_{คำนวณ} > t_{วิกฤต}$ ปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1 (ตัวแปรสองตัวมีความสัมพันธ์กัน)

$t_{คำนวณ} < t_{วิกฤต}$ ปฏิเสธ H_1 ยอมรับ H_0 (ตัวแปรสองตัวไม่มีความสัมพันธ์กัน)

โดยงานวิจัยนี้กำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 หรือที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2.12 กล่าวท้ายบท

ในเนื้อหาทั้งหมดของบทที่สองได้กล่าวถึงโครงข่ายประสาทเทียม หลักการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียม คุณสมบัติความสามารถและลักษณะของข้อมูลที่เหมาะสมของโครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งจะอธิบายถึงหลักการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียมจากสมการทางคณิตศาสตร์ในการป้อนข้อมูลที่เป็นตัวเลขและเป้าหมายที่ต้องการให้โครงข่ายประสาทเทียมเรียนรู้เพื่อให้ได้มากซึ่งค่าเกณฑ์ในการนำไปใช้ทำนายผลจากการป้อนข้อมูลตัวแปรต้นของงานวิจัย ซึ่งมีความยืดหยุ่นสูงจนสามารถจำลองขบวนการของปัญหาของกลุ่มข้อมูล อินพุต-เอาต์พุต ที่มีความซับซ้อนมากจนไม่สามารถจำลองแบบในเชิงน่าจะเป็นได้ ซึ่งในบทนี้กล่าวถึงการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติที่ถูกนำมาใช้ในงานวิจัยเพื่อคัดเลือกตัวแปรที่มีความสัมพันธ์จากการวิเคราะห์ความเชื่อมั่น พิจารณาถึงค่าสหสัมพันธ์และแนวโน้มของปัจจัยด้านคุณภาพของประสบการณ์กับคะแนนความพึงพอใจ ในส่วนสุดท้ายเป็นการกล่าวถึงการสำรวจปรัทัศน์วรรณกรรมที่ได้ทำการสำรวจมา จากทฤษฎีและการสำรวจปรัทัศน์วรรณกรรมนี้จะนำไปทำการออกแบบเพื่อสร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ที่มีความยืดหยุ่นและนำไปใช้ประโยชน์กับผู้ประกอบการในบริการต่างๆ สำหรับโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคปัจจุบัน

บทที่ 3 การออกแบบแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์

3.1 กล่าวนำ

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึง การออกแบบแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์เพื่อใช้ประเมินคุณภาพของประสบการณ์และสังเคราะห์ปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ ด้วยวิธีการ โครงข่ายประสาทเทียม ในกระบวนการวิเคราะห์และสังเคราะห์ในงานวิจัย โดยในส่วนแรกจะเป็นการกล่าวนำหัวข้อของบทนี้ ส่วนที่สองจะเป็นการกล่าวถึงปัญหาและความเป็นมาของงานวิจัยในการสร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ ในส่วนที่สามจะกล่าวถึงข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์สมาร์ตโฟนที่ใช้ในการเก็บผลปัจจัยด้านคุณภาพของบริการในแต่ละบริการ ส่วนที่สี่จะกล่าวถึงวิธีการประเมินคุณภาพของประสบการณ์ ส่วนที่ห้าจะกล่าวถึงการเก็บรวบรวมข้อมูลและการออกแบบการทดลองในงานวิจัยจากการสร้างแบบจำลองที่ได้จากสองกลุ่มตัวอย่างสองพื้นที่ในการเก็บข้อมูล ส่วนที่หกจะกล่าวถึงอัลกอริทึมโครงข่ายประสาทเทียมที่ถูกนำมาใช้ในงานวิจัย ส่วนที่เจ็ดจะเป็น โครงสร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ และส่วนสุดท้ายจะกล่าวถึงการสรุปท้ายบท

3.2 ปัญหาและความเป็นมาของงานวิจัย

ในปัจจุบันเทคโนโลยีโครงข่ายไร้สาย (Mobile Network) มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องในการให้บริการข้อมูลความเร็วสูง ซึ่งมีผู้ใช้งานจำนวนมากเข้าใช้งานบริการในรูปแบบต่าง ๆ เกิดผลที่ตามมาด้วยมูลค่าทางเศรษฐกิจที่เพิ่มขึ้นของผู้ให้บริการเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ ทำให้เกิดการแข่งขันระหว่างผู้ประกอบการหรือผู้ให้บริการโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ ซึ่งสิ่งที่จะดึงดูดและรักษาจำนวนผู้ใช้งานได้ จำเป็นต้องเข้าถึงความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อบริการจากเครือข่ายของผู้ให้บริการได้มอบให้ ซึ่งปัจจัยที่ส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้งานได้แก่ ปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ ปัจจัยด้านราคาของบริการ ปัจจัยความคุ้มค่า ปัจจัยความชื่นชอบของผู้ใช้งาน และปัจจัยอื่น ๆ ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ล้วนส่งผลต่อจำนวนผู้ใช้งานและการเติบโตเศรษฐกิจที่ผู้ประกอบการทุกรายต้องการ ซึ่งในอดีตที่ผ่านมาปัจจัยด้านคุณภาพของบริการเป็นผลการดำเนินงานที่สำคัญของทุกเครือข่ายเพราะมันสามารถวัดได้จริงและช่วยให้วิศวกรสามารถปรับปรุงเครือข่าย

อย่างไรก็ตาม ปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ (QoS Parameters) เพียงสะท้อนในมุมมองของเครือข่ายเท่านั้น ซึ่งไม่ได้ระบุนความพึงพอใจของผู้ใช้งานแต่อย่างใด ผู้ใช้งานบางกลุ่มได้สัมผัสกับการบริการที่ไม่ดี เนื่องจากการเข้าถึงของจำนวนผู้ใช้งานในพื้นที่ที่มากเกินไป แม้ความแรงของสัญญาณจะดีก็ตาม ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องเข้าถึงผู้ใช้งานด้วยการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน บริการมัลติมีเดียบนเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ซึ่งบริการเหล่านี้จำเป็นต้องมีการส่งข้อมูลความเร็วสูง บนพื้นฐานของเทคโนโลยีในปัจจุบันเช่น WCDMA หรือ LTE-A ดังนั้นเพื่อเพิ่มและรักษาจำนวนผู้ใช้ที่ผู้ประกอบการมีความกังวลจึงมีพารามิเตอร์ใหม่ที่เป็นตัวแทนของความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ที่เรียกว่า คุณภาพของประสบการณ์ (Quality of Experience) ซึ่งเป็นผลมาจากตัวชี้วัดปัจจัยด้านคุณภาพของบริการที่ได้จากการวัดผลในเครือข่ายของผู้ให้บริการ โดยที่ปัจจัยด้านคุณภาพของบริการของเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่มีความแตกต่างจากเครือข่ายอื่น โดยเฉพาะช่องสัญญาณในระบบสื่อสารเคลื่อนที่จะได้รับอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อมที่อยู่รอบ ๆ ไม่ว่าจะเป็นสัญญาณรบกวน สัญญาณแทรกสอด [พีระพงษ์, 2556.] หรืออิทธิพลจากการเฟดของช่องสัญญาณ (Propagation Fading Channel) และจำนวนของผู้ใช้งานที่เพิ่มขึ้น ซึ่งจะก่อให้เกิดความล่าช้าในการรับส่งข้อมูลอันเป็นผลกระทบต่อความพึงพอใจในการใช้บริการ ซึ่งระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งานนั้นจะถูกแบ่งออกทั้งหมด 5 ระดับตามมาตรฐานของ ITU-T P.800 ประกอบไปด้วย น้อยมาก น้อย พอใช้ ดี และดีมาก โดยมีคะแนนตั้งแต่ 1 ถึง 5 ตามลำดับ หากผู้ใช้งานมีระดับความพึงพอใจที่ไม่ดีจะส่งผลต่อการยกเลิกการใช้บริการและเลือกใช้เครือข่ายใหม่ที่ตอบสนองความต้องการหรือใช้บริการที่ดีกว่า ซึ่งถ้าหากผู้ประกอบการสามารถที่รับรู้ความพึงพอใจของผู้ใช้งานนั้นได้ก่อนก็จะสามารถที่จะรักษาผู้ใช้งานเดิมและดึงดูดผู้ใช้งานรายใหม่ได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้เสนอวิธีการในการประเมินความพึงพอใจในแง่ของคุณภาพของประสบการณ์ (Quality of Experience) เป็นแนวทางการจัดการอย่างหนึ่งของคุณภาพของบริการ (Quality of Service) ซึ่งเป็นคุณภาพโดยรวมของระบบจากมุมมองของผู้ใช้และยังเป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพการทำงานแบบ End-to-End ในการเข้าถึงระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ซึ่งสามารถบ่งชี้ถึงความสำเร็จในการให้บริการที่จะใช้เป็นเครื่องมือในการแข่งขันของผู้ให้บริการ



รูปที่ 3.1 ผู้ใช้งานได้รับบริการที่ไม่ดีแม้ความแรงของสัญญาณ โดยรอบอยู่ในระดับที่ดี

3.3 ข้อมูลจากอุปกรณ์สมาร์ตโฟน

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์สมาร์ตโฟนที่ใช้ในการเก็บผลค่าปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ (QoS Parameters) จากโปรแกรม AZENQOS ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ติดตั้งบนอุปกรณ์สมาร์ตโฟนที่ผู้ให้บริการส่วนใหญ่ใช้งานในการเก็บผลจากการ ไดรฟ์เทส (Drive test) และ วอล์กเทส (Walk test) ในงานวิจัยนี้จะนำมาใช้ในการเก็บผลข้อมูลของปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ (QoS Parameters) และให้ผู้ใช้งานทำการประเมินความพึงพอใจจากขอบเขตของแต่ละบริการที่กำหนดในโปรแกรม AZENQOS ที่นำมาประยุกต์เพื่อใช้ในงานวิจัยนี้ โดยมีบริการที่ประกอบไปด้วย Call Youtube Facebook Line และ Web browser จะถูกเก็บรวบรวมข้อมูลค่าปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ (QoS Parameters) เพื่อนำไปใช้ในการสร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์



รูปที่ 3.2 บริการที่ใช้ในการทดสอบความพึงพอใจ

ข้อมูลที่ได้จากโปรแกรม AZENQOS ที่ประกอบไปด้วยบริการ Call Youtube Facebook Line และ Web browser ในเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบ WCDMA และ LTE ซึ่งค่าปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ

(QoS Parameters) ที่ได้จากโปรแกรมมีอยู่ 3 ส่วนสำหรับงานวิจัยนี้ประกอบด้วย End Parameters Radio Parameters และ Data Parameters โดยขอบเขตของแต่ละบริการจากการกำหนดค่าในโปรแกรม AZENQOS ทั้งนี้เพื่อให้ผู้ใช้งานประเมินความพึงพอใจจากการ ดำเนินการในโปรแกรม AZENQOS เพื่อเก็บข้อมูลปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ (QoS Parameters) ในแต่ละบริการ โดยที่ชื่อแต่ต่างในแต่ละบริการในส่วนของ End Parameters ที่แตกต่างกันจากโปรแกรม AZENQOS ได้ดังนี้

บริการ Call ประกอบด้วย

Setup Duration (ms.)

MM_CM_SERVICE_REQUEST to CC_SETUP duration (ms.)

CC_SETUP to CC_ALERTING duration (ms.)

CSFB-EMM_ExtendedServiceRequest to MM_CM_SERVICE_REQUEST duration (ms.) ซึ่งมีเฉพาะใน
ขณะที่อุปกรณ์กำลังจับสัญญาณ 4G

บริการ Youtube ประกอบด้วย

Throughput_Download_App (Kbps.)

YouTube_Duration_To_First_Play (s.)

YouTube_Buffering_Count (n.)

YouTube_Buffering_Duration (s.)

บริการ Facebook ประกอบด้วย

Post_photo_duration_time (s.)

Download_photo_duration_time (s.)

Throughput post photo (Kbps.)

Throughput download photo (Kbps.)

บริการ Line ประกอบด้วย

LINE_Send_Time (ms.)

LINE_Send_Duration (s.)

LINE_Load_Photo_Result_Time (ms.)

LINE_Load_Photo_Duration (ms.)

บริการ Web browser ประกอบด้วย

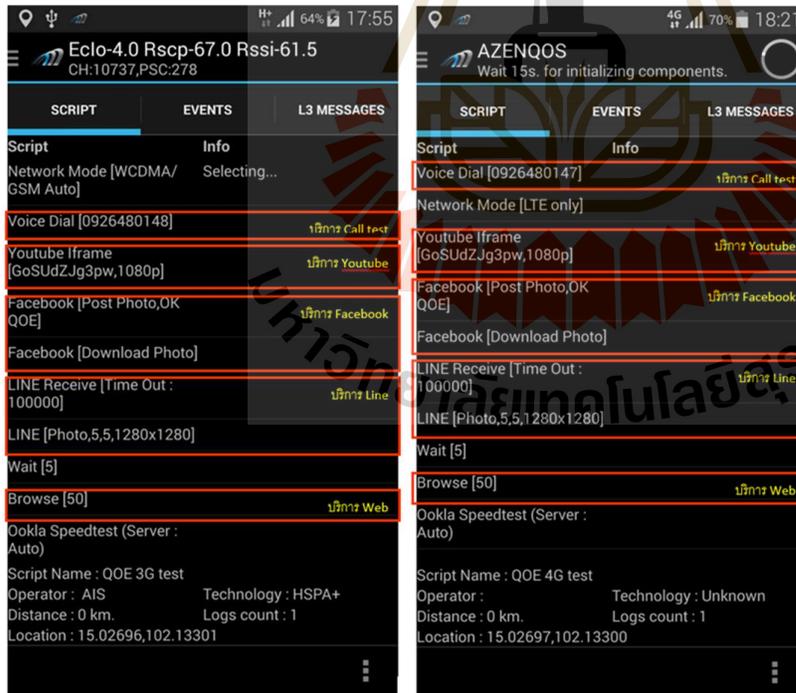
Web_Duration_Time (s.)

Web_Throughput_Download_App (Kbps.)

สำหรับในส่วนของ Radio Parameters และ Data Parameters ในแต่ละระบบจะแตกต่างกันตามเทคโนโลยีของสถาปัตยกรรมเครือข่ายซึ่งปัจจัยด้านคุณภาพของบริการแสดงดังได้รูปที่ 3.3

3G Parameters		4G Parameters	
RADIO PARAMETER	DATA PARAMETER	RADIO PARAMETER	DATA PARAMETER
EcIo	HSDPA Scheduled Rate	RSRP	CQI CW
RSCP	Data HSDPA ServedRate	RSRQ	L1 PDSCH TP
WCDMA RSSI	Data HSDPA Throughput	SINR[0,1]	LTE BLER
WCDMA Tx Power	HSDPA SBLE	RSSI	LTE MCS index
	HSDPANum Codes Used	Tx Power	PDSCH Stream Block Size
	BLER Average Percent		PDSCH Stream Modulation
	HSDPAMOD QPSK Percent		PDSCH Traffic To Pilot Ratio
	HSDPAMOD 16QAM Percent		PUCCH
	Data HSPAPMOD 64QAM Percent		PUSCH
	Data HSPAPCQIDC		
	Data_HSUPA_P_DTX		
	Data_HSUPA_Avg_Raw_Throughput		
	Data_HSUPA_Avg_Scheduled_Throughput		
	Data_HSUPA_Total_E_DPDCH_Throughput		
	Data_HSUPA_P_Happy_bit_TTI		
	Data_HSUPA_P_Serving_RGCH_Up		
	Data_HSUPA_P_Serving_RGCH_Down		
	Data_HSUPA_P_Serving_RGCH_Hold		

รูปที่ 3.3 แสดง Radio Parameters และ Data Parameters ในระบบ 3G (WCDMA) และ 4G (LTE)



รูปที่ 3.4 ขอบเขตของบริการที่กำหนดในโปรแกรม AZENQOS

จากรูปที่ 3.4 ซึ่งจะเป็นส่วน โปรแกรมภายในบริการที่กำหนดของโปรแกรม AZENQOS ที่ประกอบไปด้วยบริการที่ได้กำหนดไว้เพื่อใช้ในการเก็บผลและประเมินความพึงพอใจจากผู้ใช้งานซึ่งประกอบไปด้วยบริการ Call Youtube Facebook Line และ Web browser บนระบบ WCDMA ด้านซ้ายของรูปที่ 3.4 และระบบ LTE ที่ด้านขวา

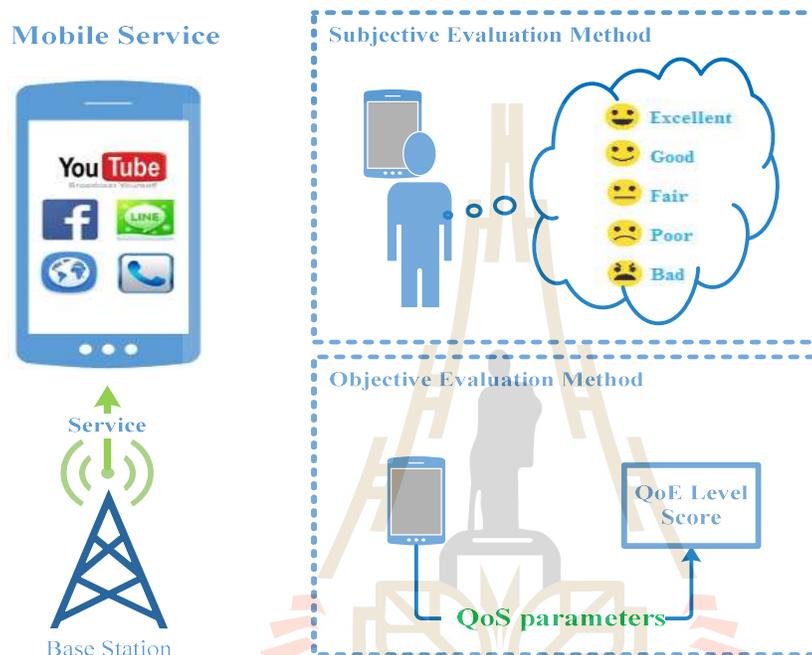
3.4 วิธีการประเมินคุณภาพของประสบการณ์

ปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ (QoS Parameters) เป็นตัวชี้วัดคุณภาพรูปแบบหนึ่งในมุมมองของเครือข่ายเพราะสามารถสะท้อนให้เห็นถึงประสิทธิภาพหรือนำไปใช้เป็นตัวชี้วัดในการปรับปรุงเครือข่ายของผู้ให้บริการ ซึ่งค่าปัจจัยต่าง ๆ นั้นสามารถวัดได้จากอุปกรณ์ที่ใช้เฉพาะเพื่อให้ทราบและเข้าถึงข้อมูลเชิงปริมาณหรือข้อมูลเชิงคุณภาพที่แสดงให้ทราบถึงค่าปัจจัยเหล่านั้นจากมุมมองของเครือข่าย

งานวิจัยนี้ได้ใช้อุปกรณ์สมาร์ตโฟนเป็นเครื่องมือที่ใช้เพื่อการทดสอบและประเมินผลความพึงพอใจจากผู้ใช้งาน โดยค่าปัจจัยด้านคุณภาพของบริการจากอุปกรณ์สมาร์ตโฟนที่ใช้โปรแกรม AZENQOS ซึ่งค่าปัจจัยด้านคุณภาพของบริการในส่วนที่ผู้ใช้งานได้รับจากบริการบนอุปกรณ์สมาร์ตโฟนจากขอบเขตที่กำหนดในงานวิจัยที่ได้แก่บริการ Call Youtube Facebook Line และ Web Browser ที่ใช้ในการทดสอบความพึงพอใจของผู้ใช้งาน เพื่อนำไปสร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์

ด้วยวิธีการประเมินคุณภาพของประสบการณ์เพื่อสะท้อนให้เห็นถึงระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งานในงานวิจัยนี้ประกอบไปด้วย 2 วิธีการ ก็คือ วิธีการประเมินผลอัตนัย (Subjective Evaluation Method) ซึ่งจะเป็นการประเมินความพึงพอใจจากกลุ่มตัวอย่างผู้ใช้งาน โดยนำคะแนนความพึงพอใจเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง หรือที่เรียกว่า (Mean Opinion Score : MOS) ดังที่ระบุไว้ตาม [ITU-T P.800, 2006.] มาเป็นภาพสะท้อนให้เห็นถึงระดับคุณภาพของประสบการณ์ของเครือข่ายผู้ให้บริการ โดยวิธีการนี้มีข้อดีที่สะท้อนถึงระดับความพึงพอใจของผู้ใช้บริการได้อย่างแม่นยำไม่ซับซ้อนแต่ใช้เวลานานและมีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูงเพื่อเข้าถึงเพียงแค่พื้นที่และกลุ่มตัวอย่างที่สนใจเท่านั้น และวิธีการที่สองเรียกว่า วิธีการประเมินผลวัตถุประสงค์ (Objective Evaluation Method) ที่ได้เสนอใน [ITU-T P.862, 2001.] และ [ITU-T G.107, 2005.] ซึ่งจะเป็นวิธีการประเมินคุณภาพของประสบการณ์จากปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ (QoS Parameters) ที่ได้จากโปรแกรม AZENQOS มาเป็นภาพสะท้อนให้เห็นถึงระดับความพึงพอใจในแง่ของคะแนนคุณภาพของประสบการณ์ (QoE Score) ซึ่งมีข้อดีที่ช่วยลดเวลาและค่าใช้จ่ายในการเข้าถึงความพึงพอใจจากผู้ใช้งานในแง่ของคะแนนคุณภาพของประสบการณ์แต่ก็มีความซับซ้อนของแบบจำลองเพื่อให้

ได้มาซึ่งประสิทธิภาพที่ดีซึ่งเป็นวิธีการที่จะต้องใช้วิธีการประเมินผลอัตนัย (Subjective Evaluation Method) ควบคู่ไปกับการเก็บรวบรวมค่าปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ (QoS Parameters) เพื่อนำข้อมูลไปใช้สร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ให้ได้มาซึ่งแบบจำลองที่ใช้เพียงค่าปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ (QoS Parameters) เพื่อใช้ในการประเมินความพึงพอใจในแง่ของคุณภาพของประสบการณ์



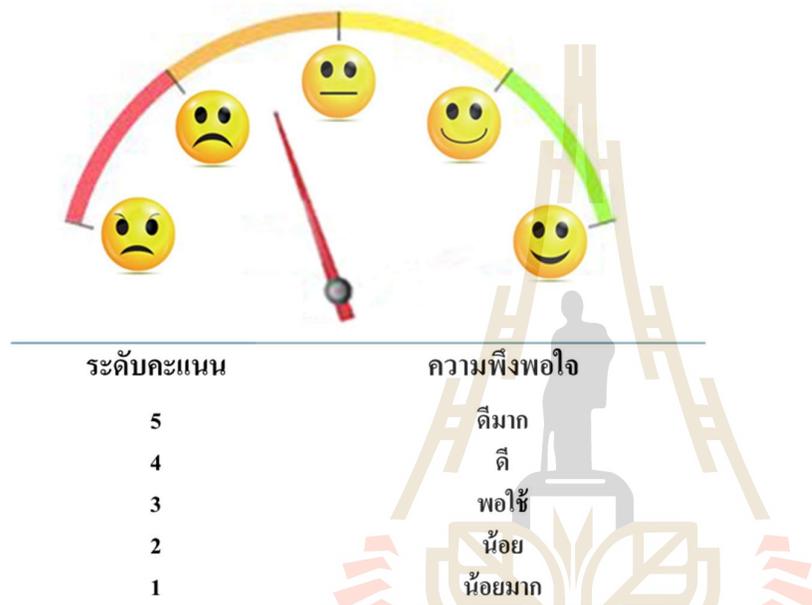
รูปที่ 3.5 วิธีการประเมินคุณภาพของประสบการณ์

3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูลของบริการและการออกแบบการทดลอง

การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์โดยการกำหนดกลุ่มตัวอย่างที่สนใจและทดสอบในพื้นที่ที่จะกำหนด เพื่อศึกษาอิทธิพลที่ส่งผลความพึงพอใจจากค่าปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ (QoS Parameters) ที่ได้จากโปรแกรม AZENQOS ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ถูกติดตั้งบนสมาร์ตโฟนที่จะถูกนำมาประยุกต์ใช้งานวิจัยนี้ โดยมีปัจจัยด้านคุณภาพของบริการประกอบไปด้วย 3 ส่วน ได้แก่ End-Parameters Radio-Parameters และ Data-Parameters ซึ่งทั้งสามส่วนนี้ในงานวิจัยจะเรียกว่า All-Parameters ซึ่งเป็นปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ (QoS Parameters) ที่ได้จากอุปกรณ์สมาร์ตโฟนที่

ผู้ใช้งานจากกลุ่มตัวอย่างทำการทดสอบตามบริการที่ได้กำหนดเพื่อประเมินความพึงพอใจของแต่ละบริการในโทรศัพท์สมาร์ทโฟนบนระบบ WCDMA และ LTE

การกำหนดระดับของความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อบริการต่าง ๆ นั้นจะถูกแปลงข้อมูลเชิงคุณภาพเป็นของมูลเชิงปริมาณหรือตัวเลข ซึ่งกำหนดระดับคะแนนของความพึงพอใจตามมาตรฐานใน ITU-P.800 ซึ่งแต่ละระดับแสดงได้ในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 ระดับคะแนนของความพึงพอใจที่มีต่อบริการที่ผู้ใช้งานได้รับ

3.5.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลของบริการ

การเก็บรวบรวมข้อมูลของแต่ละบริการผู้ใช้งานจะทำการใช้บริการต่าง ๆ ที่ได้กำหนดจากโทรศัพท์สมาร์ทโฟนที่ติดตั้งโปรแกรม AZENQOS โดยมี Script ที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการทดสอบความพึงพอใจของผู้ใช้งานสำหรับการประยุกต์ใช้ในงานวิจัยนี้โดยเฉพาะ ซึ่งในส่วนของค่าปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ (QoS Parameters) โปรแกรมจะทำการจัดการเก็บข้อมูลและรวบรวมตามแทร็ค (Track) ที่ได้บันทึกไว้โดยอัตโนมัติ ในส่วนของคะแนนความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่ประเมินในแต่ละบริการ ในขั้นตอนของการประเมินผลจากการทดสอบประกอบไปด้วย

ให้ผู้ทดสอบทำการทดสอบจากการใช้เครื่องมือที่กำหนดให้โดยจะมีบริการต่าง ๆ ประกอบด้วย Call Youtube Facebook Line และ Web Browser บนระบบ WCDMA และ LTE

ในแต่ละบริการผู้ทดสอบจะต้องทราบข้อมูลเบื้องต้นในการประเมินความพึงพอใจของแต่ละบริการได้แก่ Call ระยะเวลาในการโทรติดหลังจากได้รับสัญญาณแจ้งเตือน ซึ่งเวลาที่มากไปจะส่งผลกระทบต่อระดับความพึงพอใจที่ไม่ดี ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับผู้ทดสอบซึ่งความพึงพอใจของแต่ละคนอาจจะไม่เหมือนกัน

Youtube การเล่นวิดีโอในขณะที่โปรแกรมทำงานได้แก่ การเริ่มเล่นวิดีโอ การกระตุกของวิดีโอ ซึ่งทั้งนี้ระดับความพึงพอใจต่อบริการของแต่ละคนก็อาจจะแตกต่างกัน โดยกำหนดความละเอียดของวิดีโอไว้ที่ 1080p

Facebook ระยะเวลาในการอัปโหลด ดาวน์โหลด รูปภาพ ดูจากพารามิเตอร์ภายในโปรแกรม AZENQOS ในระหว่างโปรแกรมทำงาน ซึ่งเวลาที่มากไปจะส่งผลกระทบต่อระดับความพึงพอใจที่ไม่ดี

Line ระยะเวลาในการส่งรูปภาพรับรูปภาพในขณะที่ทำโปรแกรมทำงาน

Web Browser ระยะเวลาในการโหลดหน้าเว็บซึ่งจะส่งผลถึงระดับความพึงพอใจที่ดีเมื่อมีระยะเวลาที่ต่ำ โดยดูจากพารามิเตอร์ภายในโปรแกรม AZENQOS

หลังจากการโปรแกรม AZENQOS ทำงานเสร็จเรียบร้อยแล้ว ผู้ใช้งานจะต้องทำการประเมินความพึงพอใจของแต่ละบริการและกรอกข้อมูลเชิงเทคนิคในการติดตาม (Track) เพื่อใช้ในการรวบรวมข้อมูลจากผู้ใช้งาน ประเมินกับค่าปัจจัยของระบบที่ได้จากโปรแกรม

ข้อมูลที่ได้จากแบบทดสอบในส่วนของคะแนนความพึงพอใจจากผู้ใช้งาน (Opinion Score) และข้อมูลที่ได้จากโปรแกรม AZENQOS ในขณะที่ผู้ใช้งานทำการทดสอบก็คือ ปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ (QoS Parameters) จะเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นชุดข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการเก็บผลการประเมินความพึงพอใจในพื้นที่ที่กำหนด จากนั้นก็จะถูกนำไปใช้ในการวิเคราะห์ค่าปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ (QoS Parameters) ที่ส่งผลกระทบต่อคะแนนความพึงพอใจ (Opinion Score) ที่ผู้ใช้งานได้ทำการทดสอบ เพื่อนำค่าปัจจัยด้านคุณภาพของ ที่ส่งผลกระทบต่อความพึงพอใจ โดยมีค่าความเชื่อมั่นและค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์เพื่อเลือกไปใช้สร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม และนำไปใช้ในการสังเคราะห์ถึงค่าปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระดับคะแนนคุณภาพของประสบการณ์เพื่อนำไปใช้ในการปรับปรุงเครือข่ายต่อไป

3.5.2 การออกแบบการทดลอง

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยที่เก็บผลและการทดลองจริงในพื้นที่ที่กำหนดจากกลุ่มตัวอย่างที่สนใจบนอุปกรณ์สมาร์ตโฟนที่ทำการติดตั้งโปรแกรมเพื่อวัดค่าปัจจัยต่าง ๆ ของเครือข่ายในระหว่างการใช้บริการซึ่งเปรียบเสมือนกับการที่ผู้ใช้งานได้ทดสอบจากการใช้อุปกรณ์สมาร์ตโฟนที่ใช้งานอยู่ประจำเพียงแต่การบริการที่ถูกกำหนดขึ้นเพื่อใช้ในการสอบนั้นเป็นการกำหนดจากผู้ให้บริการเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่มีการจัดเก็บข้อมูลของบริการเหล่านั้นอยู่ประจำจากการที่มีจำนวนที่มีผู้ใช้บริการใช้งานกันอย่างแพร่หลาย

พื้นที่และกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยโดยพื้นที่ทำการเก็บผลเพื่อสร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ในการศึกษาแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ที่จะนำไปพัฒนานั้นในส่วนแรก ใช้กลุ่มตัวอย่างนักศึกษาชั้นปีที่ 4 ที่อยู่ในขอบเขตช่วงอายุ 18 – 25 ปี ที่กำลังศึกษาในระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เก็บผลการประเมินความพึงพอใจในบริเวณพื้นที่เขตมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เพื่อศึกษาและออกแบบการสร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมจากการใช้ปัจจัยด้านคุณภาพของบริการในการใช้ประเมินคะแนนความพึงพอใจในแง่ของคุณภาพของประสบการณ์

ในส่วนที่สองจะเลือกกลุ่มตัวอย่างเป็นตัวแทนนักศึกษามัธยมศึกษา สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เพื่อเก็บข้อมูลในการสร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานครและนครราชสีมาในการศึกษาถึงปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ (QoS Parameters) ในแต่ละพื้นที่ ที่ส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ทั้งนี้ค่าปัจจัยที่ประกอบไปด้วย End Parameters Radio Parameters และ Data Parameters จะนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของค่าปัจจัยเหล่านี้ โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเดียวกัน ทดสอบใช้บริการแต่มีพื้นที่แตกต่างกันในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการเก็บผลในกรุงเทพมหานครและจังหวัดนครราชสีมาถึงค่าปัจจัยที่ส่งผลต่อความพึงพอใจ ที่จะหาข้อสรุปถึงผลที่เกิดจากการสร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์มีความเหมือนที่แตกต่างกันในด้านของปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ ซึ่งพื้นที่ในการเก็บผลดังนี้

กรุงเทพมหานคร พื้นที่ในการเก็บผล ได้แก่ สยาม, ประตูน้ํา, ตลาดนัดจตุจักร, แยกราชประสงค์, ลาดพร้าว ฯลฯ

นครราชสีมา พื้นที่ในการเก็บผล ได้แก่ ห้างสรรพสินค้าเดอะมอลล์นครราชสีมา, ในเขตตัวเมืองนครราชสีมา, ลานอนุสาวรีย์ท้าวสุรนารี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ฯลฯ

ในส่วนที่สามจะเป็นการเปรียบเทียบความพึงพอใจของผู้ใช้งานในกลุ่มตัวอย่างตัวแทนนักศึกษามัธยมศึกษา สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี กับกลุ่มตัวอย่างของบุคคลวัยทำงานเพื่อหาข้อสรุปถึงค่าปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ (QoS Parameters) ที่แตกต่างกันเมื่อกำหนดเกณฑ์คุณภาพของประสบการณ์เพื่อที่จะใช้เข้าไปปรับปรุงเครือข่าย ทั้งนี้กลุ่มตัวแทนของบุคคลวัยทำงานจะทำการ

เก็บข้อมูลเฉพาะในพื้นที่กรุงเทพมหานครในบริเวณ เช่นเดียวกันกลุ่มตัวแทนของนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ดังนั้นในส่วนแรกที่ทำกรเก็บผลเพื่อศึกษาและพัฒนากระบวนการภายในแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ในการที่จะนำไปใช้งาน ในส่วนที่สองจะเป็นการศึกษาผลกระทบของค่าปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ (QoS Parameters) โดยการที่จะสร้างแบบจำลองจากส่วนของ End Parameters และ All Parameters เพื่อให้ได้ข้อสรุปถึงค่าปัจจัยเหล่านี้ และในส่วนที่สามจะเป็นการศึกษาระดับความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่แตกต่างกันโดยใช้ค่าปัจจัยที่ได้ข้อสรุปจากส่วนที่สอง ภายในค่าปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อคะแนนคุณภาพของประสบการณ์ด้วยการกำหนดเกณฑ์ระดับคุณภาพของประสบการณ์ในการสะท้อนถึงค่าปัจจัยเหล่านี้ เพื่อระบุความต้องการของกลุ่มตัวอย่างที่แตกต่างกันและนำไปใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงเครือข่ายต่อไป

3.6 อัลกอริทึมนิวรอนเน็ตเวิร์คที่ใช้ในงานวิจัย

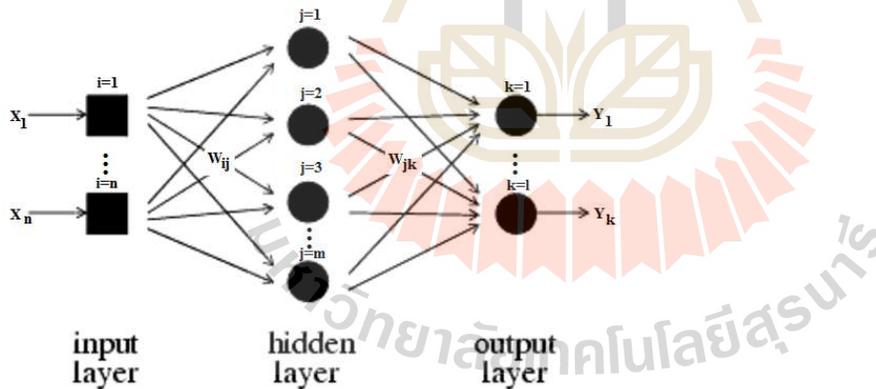
จากการศึกษาปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการออกแบบสร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมนั้นเนื่องจากมีความสามารถในการจำลองพฤติกรรมทางกายภาพของระบบที่มีความซับซ้อนจากข้อมูลที่ป้อนเข้าระหว่างปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ (QoS Parameters) และเป้าหมายของการเรียนรู้ก็คือคะแนนความพึงพอใจจากผู้ใช้งาน (Opinion Score) โดยสำหรับงานวิจัยนี้จะใช้โครงข่ายประสาทเทียมที่มีการเรียนรู้แบบแพร่กระจายย้อนกลับ (Feed-Forward Neural Networks) จะมีการใช้อัลกอริทึมแบบแบ็คพรอพาเกชัน (Back Propagation Algorithm) เพื่อใช้ในการปรับปรุงค่าถ่วงน้ำหนักของเครือข่าย (Network Weight) หลังจากป้อนข้อมูลสำหรับเรียนรู้ให้แก่เครือข่ายในแต่ละครั้งแล้วค่าที่ส่งออก (Output) จากเครือข่ายจะถูกนำไปเปรียบเทียบกับผลที่คาดหวัง แล้วทำการคำนวณหาค่าความผิดพลาด ซึ่งค่าความผิดพลาดนี้ส่งกลับเข้าสู่เครือข่ายเพื่อใช้แก้ไขค่าถ่วงน้ำหนักภายในเครือข่ายต่อไป

เนื่องด้วยอัลกอริทึมแบ็คพรอพาเกชันเป็นสมการในการเรียนรู้ที่ง่ายที่สุดจากการแพร่กระจายข้อมูลแบบย้อนกลับซึ่งเป็นอัลกอริทึมที่ใช้ฝึกให้โครงข่ายประสาทเทียมเรียนรู้ความสัมพันธ์ของข้อมูลระหว่างค่าอินพุต (Input) และเป้าหมาย (Target) ที่ต้องการ โดยมีหลักการคล้ายกับสมองมนุษย์ในแง่ของโครงข่ายประสาทเทียม คือ การรวมกลุ่มแบบขนานของหน่วยประมวลผลย่อย ๆ และการเชื่อมต่อนี้เป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดสติปัญญาของโครงข่าย เมื่อพิจารณาขนาดของสมองมีขนาดใหญ่กว่าโครงข่ายประสาทเทียมอย่างมาก รวมทั้งเซลล์ประสาทในสมองยังมีความซับซ้อนกว่าหน่วยย่อยของโครงข่ายประสาทเทียม อย่างไรก็ตาม

หน้าที่สำคัญของสมอง เช่น การเรียนรู้ยังคงสามารถถูกจำลองขึ้นอย่างง่ายด้วยโครงข่ายประสาทนี้ ซึ่งหมายถึงกลุ่มตัวอย่างที่ประเมินความพึงพอใจของบริการจะแทนด้วยการนำค่าปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ (QoS Parameters) ใช้ป้อนเข้าแบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมจึงทำให้คะแนนความพึงพอใจในแง่ของคุณภาพของประสบการณ์จากการทำนายของแบบจำลองเหมือนกับการทำนากลุ่มตัวอย่างที่ประเมินความพึงพอใจ

3.6.1 การเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม

หลักการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียมแบบป้อนไปข้างหน้าที่มีการเรียนรู้แบบแพร่ย้อนกลับ (Feed-forward Backpropagation Neural Network) เป็นการเรียนรู้จากข้อมูลจะใช้สร้างแบบจำลองโดยคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้า (Input) และผลลัพธ์ (Output) ซึ่งโครงข่ายประสาทเทียมที่มีเซลล์ประสาทหลายชั้น (Multi-layer Neural Network) เป็นโครงข่ายประสาทเทียมประกอบด้วยหลายชั้น ซึ่งอาจจะมีชั้นซ่อน 1 ชั้น หรือมากกว่าก็ได้ โดยในแต่ละชั้นจะประกอบด้วยโหนด (Node) หรือเปรียบได้กับตัวเซลล์ประสาท และมีการเชื่อมต่อโดยมีค่าน้ำหนักของเส้นที่เชื่อมต่อระหว่างโหนดของแต่ละชั้น ดังรูปที่ 3.7

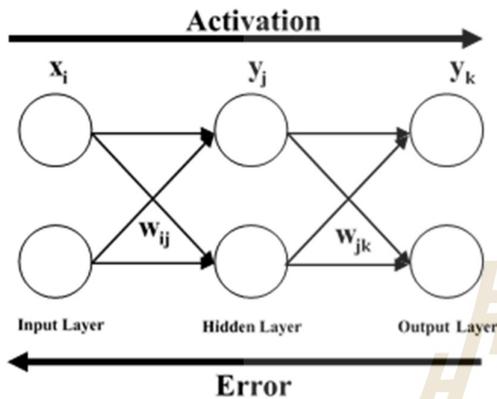


รูปที่ 3.7 โครงข่ายประสาทเทียมที่มีเซลล์ประสาท 3 ชั้น

[http://engineeronadisk.com/notes_software/neural.html]

i, j และ k หมายถึง นิวรอนในชั้นอินพุต, ชั้นซ่อน และชั้นเอาต์พุต ตามลำดับ
 m, n กล่าวถึง จำนวนของนิวรอนในชั้นอินพุต, ชั้นซ่อน
 ชุดข้อมูลอินพุตจะถ่ายทอดผ่าน โครงข่ายจากซ้ายไปขวา
 ชุดข้อมูลค่าความผิดพลาดจะถ่ายทอดย้อนกลับจากขวาไปซ้าย

โครงข่ายประสาทเทียมแบบป้อนไปข้างหน้าที่มีการเรียนรู้แบบแพร่ย้อนกลับ (Feed-forward Backpropagation Neural Network) ซึ่งในส่วนขั้นตอนของการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียมนั้น จะเป็นการป้อนข้อมูลไปข้างหน้าโดยการ Activation เพื่อหาค่าความผิดพลาด (Error) ระหว่างเป้าหมายที่ใช้สอนกับค่าเอาต์พุตที่ได้จากการ Activation และทำการปรับค่าถ่วงน้ำหนักย้อนกลับ โดยทำการปรับค่าถ่วงน้ำหนักชั้นเอาต์พุตไปชั้นซ่อน และปรับค่าถ่วงน้ำหนักชั้นซ่อนไปยังชั้นนำเข้าหรือเรียกว่าชั้นอินพุต (Input)



รูปที่ 3.8 การประมวลผลของโครงข่ายประสาทเทียม

ฟังก์ชันที่ใช้ในการตัดสินใจในการ Activation ของนิวรอนที่นิยมใช้แสดงได้ดังรูปที่ 2.9 โดยงานวิจัยนี้ได้มุ่งเน้นไปที่ Sigmoid Function ที่ช่วงของโดเมนตั้งแต่ ลบอินฟินิตี้ถึงอินฟินิตี้ โดยที่ ช่วงเรนจ์มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 เท่านั้น ซึ่งในเซลล์ประสาทของงานวิจัยซึ่งเป็นค่าเป้าหมายที่ใช้ในการตัดสินใจในชั้นส่งออกหรือที่เรียกว่าเอาต์พุตซึ่งแต่ละ โหนดนั้นจะกำหนด 0 หรือ 1 ตามเงื่อนไขของระดับความพึงพอใจในขั้นตอนของการเรียนรู้จะประกอบไปด้วย

ขั้นตอนที่ 1 : Initialization

เริ่มจากการสุ่มค่าถ่วงน้ำหนักภายในโครงข่ายประสาทที่เชื่อมกันระหว่างนิวรอนในชั้นนำเข้าเชื่อมกับนิวรอนในชั้นซ่อนและนิวรอนในชั้นซ่อนเชื่อมต่อกับนิวรอนในชั้นส่งออก โดยแต่ละเส้น เรียกว่าลิงก์เวท (Link Weight) และสุ่มค่าขีดแบ่งภายในนิวรอนของแต่ละชั้น ค่าขีดแบ่งมีการสุ่มตัวเลขและกระจายค่าให้อยู่ในช่วง -2.9 ต่อจำนวนนิวรอนในชั้นนำเข้า ถึง 2.9 ต่อจำนวนนิวรอนในชั้นนำเข้าที่ได้จากการหาอนุพันธ์ของ Sigmoid Function ซึ่งเป็นฟังก์ชันที่ใช้ในการตัดสินใจในโครงข่ายประสาทเทียมที่อัตราการเรียนรู้ที่

0.05 ซึ่งเป็นการกำหนดค่าที่เหมาะสมในการสุ่มช่วงตัวเลขของค่าถ่วงน้ำหนักและค่าขีดแบ่งในการเรียนรู้ของข้อมูลดังสมการที่ 3.1

$$\left(-\frac{2.9}{m}, +\frac{2.9}{m} \right) \quad (3.1)$$

การกำหนดระดับความพึงพอใจที่จะถูกใช้เป็นเป้าหมาย (Target) ในขั้นตอนของการเรียนรู้ โดยในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบจำนวนนิวรอนในชั้นส่งออกหรือที่เรียกว่า Output Node เท่ากับ 5 โหนด จากระดับความพึงพอใจที่มีอยู่ 5 ระดับ ได้แก่ น้อยมากมีคะแนนความพึงพอใจเท่ากับ 1 น้อยมีคะแนนความพึงพอใจเท่ากับ 2 พอใช้มีคะแนนความพึงพอใจเท่ากับ 3 ดีมีคะแนนความพึงพอใจเท่ากับ 4 และดีมากมีคะแนนความพึงพอใจเท่ากับ 5 ซึ่งคะแนนความพึงพอใจแต่ละระดับกำหนดเป้าหมายให้แต่ละโหนดในชั้นส่งออกของโครงข่ายประสาทเทียมในตารางที่ 3.1 ดังนี้ เมื่อมีความพึงพอใจที่ต่ำมาก โหนดที่ 5 จะมีค่าเท่ากับ 0 โหนดที่ 4 จะมีค่าเท่ากับ 0 โหนดที่ 3 จะมีค่าเท่ากับ 0 โหนดที่ 2 จะมีค่าเท่ากับ 0 และโหนดที่ 1 จะมีค่าเท่ากับ 1 สำหรับความพึงพอใจที่ดีมากจะกำหนดให้ โหนดที่ 5 จะมีค่าเท่ากับ 1 โหนดที่ 4 จะมีค่าเท่ากับ 0 โหนดที่ 3 จะมีค่าเท่ากับ 0 โหนดที่ 2 จะมีค่าเท่ากับ 0 และโหนดที่ 1 จะมีค่าเท่ากับ 0 ทั้งนี้การกำหนดเป้าหมายเริ่มต้นในแต่ละโหนดจะมีเพียงแต่ค่า 0 หรือ 1 เท่านั้น เพื่อให้เหมาะสมต่อการใช้ Sigmoid Function ที่ใช้ในการตัดสินใจภายในโครงข่ายประสาทเทียมนี้

ตารางที่ 3.1 ตารางกำหนดค่าเป้าหมายของโครงข่ายประสาทเทียมในชั้นส่งออก

ความพึงพอใจ	ระดับคะแนน	กำหนดเป้าหมายของ Neurons ในชั้นส่งออก				
		โหนด 5	โหนด 4	โหนด 3	โหนด 2	โหนด 1
น้อยมาก	1	0	0	0	0	1
น้อย	2	0	0	0	1	0
พอใช้	3	0	0	1	0	0
ดี	4	0	1	0	0	0
ดีมาก	5	1	0	0	0	0

ขั้นตอนที่ 2 : Activation

การป้อนข้อมูลไปข้างหน้าโดยการ Activation เพื่อหาค่าเอาต์พุต โดยการป้อนค่าปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ (QoS Parameters) คูณกับค่าถ่วงน้ำหนักที่เชื่อมระหว่างเซลล์ประสาทและลบด้วยค่าขีดแบ่งเพื่อหาค่า เอาต์พุตของนิวรอนในชั้นซ่อน (Hidden Layer) และเอาต์พุตของนิวรอนในชั้นเอาต์พุต (Output Layer) ตามลำดับจากซ้ายไปขวาดังรูปที่ 3.8 ดังสมการที่ 2.15 ในแต่ละชั้นของการคำนวณ actual เอาต์พุตของนิวรอน

การคำนวณ Actual เอาต์พุตของนิวรอนในชั้นซ่อน (Hidden Layer)

$$y_j(p) = \text{sigmoid} \left[\sum_{i=1}^n x_i(p) \times w_{ij}(p) - \theta_j \right] \quad (3.2)$$

คำนวณ Actual เอาต์พุตของนิวรอนในเอาต์พุต (Output Layer)

$$y_j(p) = \text{sigmoid} \left[\sum_{i=1}^n x_i(p) \times w_{ij}(p) - \theta_j \right] \quad (3.3)$$

ขั้นตอนที่ 3 : Weight Learning

ซึ่งเป็นการปรับค่าถ่วงน้ำหนักในกระบวนการแบ็คพรอพาคชัน (Back-Propagation) โดยที่ Gradient Descent on Error ซึ่งแสดงได้ดังสมการที่ 3.4

$$E = \frac{1}{2} \sum_k (t_k - y_k)^2 \quad (3.4)$$

โดยที่ t_k คือ ค่าเป้าหมายของนิวรอนในชั้นเอาต์พุต โหนดที่ k

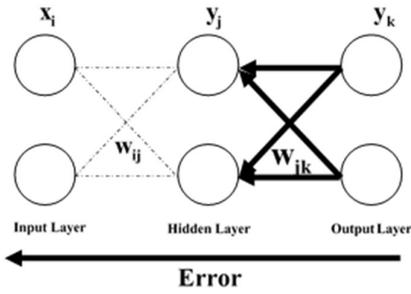
y_k คือ ค่าเอาต์พุตของนิวรอนในชั้นเอาต์พุต โหนดที่ k

ความสัมพันธ์ในการปรับค่าถ่วงน้ำหนัก w_{ij} และ w_{jk} เพื่อลดข้อผิดพลาดโดยรวมของโครงข่ายประสาทเทียม คือ การเปลี่ยนแปลงของค่าถ่วงน้ำหนักแปรผันตรงกับอนุพันธ์ของ Gradient Descent on Error เทียบกับค่าถ่วงน้ำหนัก โดยที่สามารถแสดงได้ดังสมการที่ 3.5

$$\Delta W \propto - \frac{\partial E}{\partial W}$$

$$\Delta W = -\varepsilon \frac{\partial E}{\partial W} \quad (3.5)$$

ที่มาของกระบวนการเรียนรู้ค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight Learning) ในการปรับค่าน้ำหนักที่เชื่อมต่อระหว่างนิวรอนชั้นเอาต์พุตกับชั้นซ่อน w_{jk} ดังนี้



รูปที่ 3.9 การแพร่กระจายแบบย้อนกลับของชั้นเอาต์พุตไปยังชั้นซ่อน

$$\Delta w_{jk} \propto -\frac{\partial E}{\partial w_{jk}} \quad (3.6)$$

การปรับค่าถ่วงน้ำหนักจากกฎของ Chain Rule ดังสมการ 3.7

$$\Delta w_{jk} = -\varepsilon \frac{\partial E}{\partial y_k} \frac{\partial y_k}{\partial net_k} \frac{\partial net_k}{\partial w_{jk}} \quad (3.7)$$

โดยที่ Derivative of the error with respect to the activation $\frac{\partial E}{\partial y_k}$ จะได้

$$\frac{\partial E}{\partial y_k} = \frac{\partial \left(\frac{1}{2} \sum_k (t_k - y_k)^2 \right)}{\partial y_k} = -(t_k - y_k) = -e_k \quad (3.8)$$

ซึ่ง Derivative of the activation with respect to the net input $\frac{\partial y_k}{\partial net_k}$ จะได้

$$\frac{\partial y_k}{\partial net_k} = \frac{\partial (1 + e^{-net_k})^{-1}}{\partial net_k} = \frac{e^{-net_k}}{(1 + e^{-net_k})^2} \quad (3.9)$$

เมื่อ $y_k = \frac{1}{(1 + e^{-net_k})}$ มาจาก Sigmoid Function ที่ใช้ในการตัดสินใจจะได้ว่า

$$\frac{\partial y_k}{\partial net_k} = y_k (1 - y_k) \quad (3.10)$$

Derivative of the net input with respect to a weight $\frac{\partial net_k}{\partial w_{jk}}$ จะได้

$$\frac{\partial net_k}{\partial w_{jk}} = \frac{\partial (y_j w_{jk} - \theta_k)}{\partial w_{jk}} = y_j \quad (3.11)$$

เพราะฉะนั้น Weight change rule for a hidden to output weight จะเท่ากับ

$$\Delta w_{jk} = -\varepsilon [-e_k][y_k(1-y_k)][y_j] = \varepsilon e_k y_k (1-y_k) y_j \quad (3.12)$$

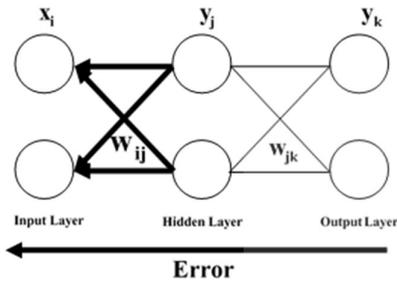
โดยสมการที่ใช้ปรับค่าน้ำหนักระหว่างชั้นเอาต์พุตที่เชื่อมต่อกับชั้นซ่อนจะได้ว่า

$$\Delta w_{jk} = \varepsilon \delta_k y_j \quad (3.13)$$

ซึ่งค่าน้ำหนักใหม่ที่เชื่อมต่อระหว่างชั้นเอาต์พุตกับชั้นซ่อนจะได้ว่า

$$w_{jk}(p+1) = w_{jk}(p) + \Delta w_{jk}(p) \quad (3.14)$$

ที่มาของกระบวนการ Weight Learning ในการปรับค่าน้ำหนักที่เชื่อมต่อระหว่าง นิวรอนชั้นเอาต์พุตกับชั้นซ่อน w_{ij} ดังนี้



Weight Learning

รูปที่ 3.10 การแพร่กระจายแบบย้อนกลับของชั้นซ่อน ไปยังอินพุต

$$\Delta w_{ij} \propto - \left[\sum_k \frac{\partial E}{\partial y_k} \frac{\partial y_k}{\partial net_k} \frac{\partial net_k}{\partial y_j} \right] \frac{\partial y_j}{\partial net_j} \frac{\partial net_j}{\partial w_{ij}} \quad (3.15)$$

เพราะฉะนั้น Weight change rule for a input to hidden weight จะเท่ากับ

$$\Delta w_{ij} = \varepsilon \left[\sum_k \overbrace{e_k y_k (1 - y_k)}^{\delta_k} w_{jk} \right] y_j (1 - y_j) x_i \quad (3.16)$$

$$\Delta w_{ij} = \varepsilon \left[\sum_k \overbrace{\delta_k w_{jk}}^{\delta_j} \right] y_j (1 - y_j) x_i \quad (3.17)$$

โดยสมการที่ใช้ปรับค่าน้ำหนักระหว่างชั้นซ่อนที่เชื่อมต่อกับชั้นอินพุตจะได้ว่า

$$\Delta w_{ij} = \varepsilon \delta_j x_i \quad (3.18)$$

ซึ่งค่าน้ำหนักใหม่ที่เชื่อมต่อระหว่างชั้นซ่อนกับชั้นอินพุตจะได้ว่า

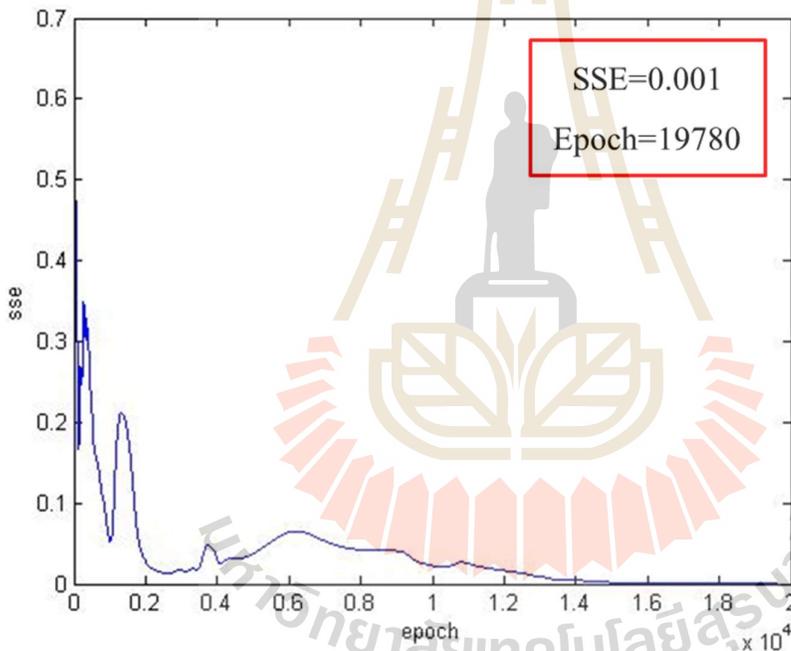
$$w_{ij}(p+1) = w_{ij}(p) + \Delta w_{ij}(p) \quad (3.19)$$

ขั้นตอนที่ 4 : Iteration

ทำการเพิ่ม Iteration p ไปอีก 1 จากนั้นกลับไปทำในขั้นตอนที่ 2 จนครบตามจำนวนชุดข้อมูลที่ใช้ในกระบวนการเรียนรู้และ Repeat Process ทั้งหมดจนกระทั่งเหลือความผิดพลาดเท่าที่สามารถยอมรับได้โดยที่ความผิดพลาดที่สามารถยอมรับดังที่แสดงในสมการที่ 3.20

$$SSE = \sum_{p=1}^{dataset} \sum_1^5 e_k(p)^2 \quad (3.20)$$

ในขั้นตอนสุดท้ายของการเรียนรู้โครงข่ายประสาทเทียมนั้นกำหนดจากผลบวกของค่าความผิดพลาด (Error) กำลังสอง (Sum of Square Error : SSE) โดยที่ค่า SSE จะมีค่าลดลงเรื่อย ๆ ตามจำนวนครั้งของการ Repeat Process (Epoch) ในการนำชุดข้อมูลที่ใช้ในกระบวนการเรียนรู้ครบทุกตัว ดังที่แสดงในรูปที่ 3.11 เมื่อกำหนดค่าความผิดพลาดที่สามารถยอมรับในกระบวนการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม $SSE = 0.001$ จะเห็นได้ว่า เริ่มต้นนั้นค่า SSE จะมีการแกว่งไปมาเล็กน้อยและมีค่าลดลงเรื่อย ๆ ตาม Epoch ที่เพิ่มขึ้น เมื่อค่า SSE ลดลงจนถึงค่าที่ยอมรับได้ตามที่กำหนดไว้ จะได้ว่าจำนวนของ Epoch เท่ากับ 19780 ครั้ง ทั้งนี้จำนวนครั้งจะขึ้นอยู่กับค่าที่ยอมรับได้ของการเรียนรู้ในโครงข่ายประสาทเทียมซึ่งยังมีค่าลดลงจะทำให้จำนวนครั้ง Epoch ในการเรียนรู้มีการเพิ่มขึ้น และค่าของ Epoch จะขึ้นกับการกำหนดโครงสร้างภายในของโครงข่ายประสาทเทียมและความแปรปรวนของข้อมูลที่นำมาใช้ในกระบวนการเรียนรู้



รูปที่ 3.11 กราฟแสดงตัวอย่างพฤติกรรมการเรียนรู้ของระบบโครงข่ายประสาทเทียม

3.6.2 การทดสอบโครงข่ายประสาทเทียม

หลังจากที่โครงข่ายประสาทเทียมได้รับการฝึกสอนเพื่อเรียนรู้ความสัมพันธ์ของข้อมูลเสร็จเรียบร้อยแล้ว ผลลัพธ์ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมจะได้มาซึ่งค่าถ่วงน้ำหนักและค่า ชิดแบ่งที่เหมาะสมที่แสดงดังรูปที่ 3.12

$$w_{ij} = \begin{bmatrix} w_{11} & w_{12} & \dots & w_{1j} \\ w_{21} & w_{22} & \dots & w_{2j} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_{i1} & w_{i2} & \dots & w_{ij} \end{bmatrix} \quad w_{jk} = \begin{bmatrix} w_{11} & w_{12} & \dots & w_{1j} \\ w_{21} & w_{22} & \dots & w_{2j} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_{i1} & w_{i2} & \dots & w_{jk} \end{bmatrix} \quad \theta_j = \begin{bmatrix} \theta_1 \\ \theta_2 \\ \dots \\ \theta_j \end{bmatrix} \quad \theta_k = \begin{bmatrix} \theta_1 \\ \theta_2 \\ \dots \\ \theta_k \end{bmatrix}$$

รูปที่ 3.12 ผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม

นำข้อมูลที่ได้จากกระบวนการเรียนรู้มาป้อนเข้าสมการที่ 3.2 และ 3.3 โดยมีค่าถ่วงน้ำหนักและค่าขีดแบ่งตามผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการเรียนรู้ และทำการถ่วงน้ำหนักเอาต์พุตทั้ง 5 โหนด ดังสมการที่ 2.30 โดยค่าที่ได้จากเอาต์พุตทั้ง 5 โหนด ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ของคะแนนคุณภาพของประสบการณ์ที่อยู่ในช่วงระหว่าง 1 ถึง 5

$$QoE = \frac{\sum_{k=1}^5 ky_k}{\sum_{k=1}^5 y_k} \quad (3.20)$$

ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะถูกนำไปทดสอบประสิทธิภาพของโครงข่ายประสาทเทียมจากการป้อนข้อมูลที่ใช้ในการเรียนรู้เพื่อทำนายเอาต์พุตที่ได้แล้วเปรียบเทียบกับค่าสัมพันธระหว่างเป้าหมายที่ต้องการดังสมการที่ 3.21

$$Corre_Model = \frac{\sum_{p=1}^P (OS_p - \overline{OS})(QoE_p - \overline{QoE})}{\sqrt{\sum_{p=1}^P (OS_p - \overline{OS})^2} \sqrt{\sum_{p=1}^P (QoE_p - \overline{QoE})^2}} \quad (3.21)$$

โดยค่า (Correlation Coefficient) นี้จะเป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพของแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์แทนการทดสอบการทำนายแบบถูกผิดซึ่งผลลัพธ์ของงานวิจัยนี้จะได้ค่าตัวเลขที่ได้จากการทำนายของแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมจากการสร้างแบบจำลองโดยกลุ่มตัวอย่างที่ทดสอบใช้บริการในการประเมินความพึงพอใจซึ่งเปรียบเสมือนการนำกลุ่มตัวอย่างไปประเมินความพึงพอใจที่ใช้เพียงค่าปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ (QoS Parameters) เท่านั้น ทั้งนี้กลุ่มตัวอย่างที่ทดสอบสำหรับงานวิจัยอาจจะมีเกณฑ์ความพึงพอใจต่อบริการที่ได้รับที่แตกต่างกันซึ่งจะต้องทำการเก็บข้อมูลจำนวนมากเพื่อใช้ในการเรียนรู้ในโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อดำเนินการหาความสัมพันธ์และประมาณค่าความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างแทนรายบุคคล

3.6.3 รายละเอียดเพิ่มเติมของโครงข่ายประสาทเทียม

โครงข่ายประสาทเทียมเป็นวิธีการเลียนแบบการทำงานของสมองมนุษย์ซึ่งเหมาะในการแก้ไขปัญหาที่ซับซ้อนวิธีหนึ่ง ด้วยการเรียนรู้ความสัมพันธ์ของปัจจัยนำเข้า (Input) และผลลัพธ์ (Output) โดยปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของโครงข่ายประสาทเทียมประกอบด้วย

การเลือกปัจจัยนำเข้า (Input) การเลือกปัจจัยนำเข้ามีความสัมพันธ์กับผลลัพธ์ที่จะทำให้โครงข่ายประสาทเทียมมีประสิทธิภาพในกระบวนการเรียนรู้ และทดสอบ การตรวจสอบระหว่างความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้ากับผลลัพธ์สามารถทำได้โดยการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) โดยเบื้องต้นนั้นเงื่อนไขในการวิเคราะห์จะต้องมีความเชื่อมั่นมากกว่า 95%

จำนวนชั้นซ่อน (Number of Hidden Layer Nodes) [Panchal, 2011] ซึ่งจำนวนชั้นซ่อนแต่ละชั้นเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของโครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งจะต้องมีความเหมาะสมไม่มากหรือน้อยเกินไป ถ้ามากกว่าเกินไปจะเกิดปัญหา Overfitting แต่ถ้าน้อยเกินไปจะเกิด Underfitting ซึ่งทั้ง 2 เป็นปัญหาทำให้ประสิทธิภาพของโครงข่ายประสาทเทียมลดลงจากการทดสอบสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ระหว่างผลที่ได้จากค่าเอาต์พุตและเป้าหมาย

จำนวนข้อมูลที่ใช้ฝึกโครงข่ายประสาทเทียมในกระบวนการเรียนรู้ (Data Set of Learning) โครงข่ายประสาทเทียมมีประสิทธิภาพภายในขอบเขตของข้อมูลที่ได้รับการฝึกสอน ซึ่งถ้าหากข้อมูลที่ใช้ฝึกสอนมีการกระจายตัวดีภายในขอบเขตก็จะส่งผลให้ประสิทธิภาพของโครงข่ายประสาทเทียมดีขึ้น

การ Normalization ของข้อมูลที่ใช้ฝึกสอน ซึ่งจะต้องปรับข้อมูลให้มีค่าในช่วงที่เหมาะสมก่อนป้อนเข้าสู่โครงข่ายประสาทเทียมเพื่อประสิทธิภาพที่ดี

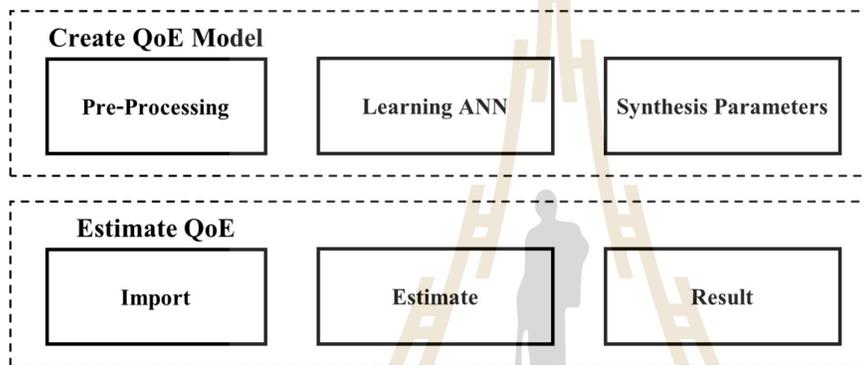
ค่าเริ่มต้นของค่าถ่วงน้ำหนัก (Initialization Weight) จะมีผลต่อการเข้าใกล้จุด Local Minimum หรือ Global Minimum ของผลลัพธ์ที่ได้ ดังนั้นควรกำหนดค่าที่ยอมรับได้ (SSE) ในกระบวนการเรียนรู้ที่ต่ำ ๆ เพื่อเกิดการปรับค่าน้ำหนักที่เหมาะสมมากอันจะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของโครงข่ายประสาทเทียม

จำนวนรอบการฝึกสอน (Epoch) ถ้ามีค่ามากไปจะทำให้การเรียนรู้มีช้าลงและถ้าหากน้อยไปอาจจะทำให้ประสิทธิภาพลดลง ทั้งนี้ขึ้นกับการกำหนดค่า SSE ควบคู่ ถ้าหาก SSE มีค่าต่ำ ๆ และ Epoch ที่น้อยเกินไปอาจจะทำให้โครงข่ายประสาทเทียมหยุดการเรียนรู้ก่อนที่จะถึงเป้าหมายได้ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพที่แยกลง

ชนิดของฟังก์ชันที่ใช้ในการตัดสินใจ (Decision Function) ที่เหมาะสมจะส่งผลต่อการเรียนรู้และผลลัพธ์ที่ดี

3.7 โครงสร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์การนำแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์

แบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมจากการใช้ปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ (QoS Parameters) ในการประเมินความพึงพอใจของบริการ โดยมีโครงสร้างของแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ที่ประกอบไปด้วย 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ (Create QoE Model) และส่วนที่ใช้ในการประเมินคุณภาพของประสบการณ์ (Estimate QoE) ซึ่งแสดงโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 แบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม

3.7.1 การสร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ (Create QoE Model)

ส่วนที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ (Create QoE Model) และใช้ในการสังเคราะห์ถึงปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ (QoS Parameters) ที่ส่งผลต่อระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งาน โดยแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ที่สร้างขึ้นด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมที่มีกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนจากการเรียนรู้ของเครื่องจักรที่มีรูปแบบการทำงานคล้ายกับสมองมนุษย์เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เป็นค่าถ่วงน้ำหนักและค่าขีดแบ่งในรูปแบบของสมการทางคณิตศาสตร์ที่จะถูกนำมาใช้ในการประเมินคะแนนคุณภาพของประสบการณ์

หลังจากที่ได้เก็บรวบรวมข้อมูลปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ (QoS Parameters) และคะแนนความพึงพอใจจากผู้ใช้งาน (Opinion Score) ของกลุ่มตัวอย่างเป้าหมายแล้ว ชุดข้อมูลจะเก็บรวบรวมเพื่อที่จะนำไปสร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ (QoE Model) ในแต่ละบริการ โดยในส่วนของ การสร้าง

แบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ประกอบด้วย กระบวนการก่อนเริ่ม (Pre-Processing) วิเคราะห์ข้อมูลก่อนสร้างแบบจำลอง กระบวนการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียมให้เกิดการเรียนรู้ข้อมูลเพื่อสร้างแบบจำลอง และกระบวนการสังเคราะห์ปัจจัย (Synthesis Parameters) ที่เป็นการสังเคราะห์ผลที่ได้จากผลตอบสนองของปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ (QoS Parameters) ต่อคะแนนคุณภาพของประสบการณ์ (QoE Score)

3.7.2 การประเมินคุณภาพของประสบการณ์ (Estimate QoE)

ส่วนที่ใช้ในการประเมินคุณภาพของประสบการณ์แทนการประเมินความพึงพอใจจากผู้ใช้งาน โดยใช้เพียงปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ (QoS Parameters) ที่ได้จากการเก็บผลการวัดบนอุปกรณ์สมาร์ทโฟนที่ติดตั้งโปรแกรม AZENQOS หลังจากที่ได้สร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์เรียบร้อยแล้ว จะเก็บค่าน้ำหนักค่าเกณฑ์ต่างค่า ๆ เพื่อนำมาใช้งานจากการเก็บผล จากการทำไดรฟ์เทส (Drive test) และหรือวอล์กเทส (Walk test) ในสถานที่ต่าง ๆ ที่ต้องการทราบถึงความพึงพอใจของผู้ใช้งานเพื่อใช้ในการนำไปปรับปรุงระบบ ในส่วนของโปรแกรมที่ใช้ในการประเมินคุณภาพของประสบการณ์ประกอบด้วย ส่วนของการนำเข้าข้อมูล (Import) ซึ่งจะเป็นการนำเข้าข้อมูลของค่าปัจจัยด้านคุณภาพของบริการตำแหน่งแผนที่ทำการเก็บผล และนำเข้าข้อมูลของแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ (QoE Model) ที่สร้างขึ้นจากส่วนที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ (Create QoE Model)

ในส่วนของประเมินคะแนนคุณภาพประสบการณ์ (Estimate QoE) ซึ่งจะเป็นการประเมินค่าคุณภาพของประสบการณ์ โดยที่ผลที่ได้จะเป็นค่าคะแนนคุณภาพของประสบการณ์จากการป้อนค่าปัจจัยด้านคุณภาพของบริการและตำแหน่งของพื้นที่ที่เก็บผล และในส่วนนี้จะมีการสังเคราะห์ผลที่ได้จากผลตอบสนองของปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ (QoS Parameters) ต่อคะแนนคุณภาพของประสบการณ์ (QoE Score) เมื่อมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้เพื่อระบุถึงจุดที่ทำให้ค่า QoS Parameter ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่จะบ่งบอกได้ถึงปัญหาเบื้องต้นจากการที่มี QoE Score ต่ำกว่าเกณฑ์ที่ได้ตั้งไว้ และส่วนสุดท้ายนั้นจะเป็นการแสดงผล (Result) โดยประกอบไปด้วยแผนที่ (Map) ในการเก็บผลในพื้นที่ที่เก็บผล ข้อมูลปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ (QoS Parameters) และคะแนนคุณภาพของประสบการณ์ (QoE Score) ระบุถึงสาเหตุเพื่อนำไปปรับปรุงระบบ

การนำแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ไปใช้งานจากการเก็บผลค่าปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ (QoS Parameters) จากโปรแกรม AZENQOS ที่จะได้จากการเก็บข้อมูลของแต่ละบริการจากการทำ

ไคร์ฟเทสหรือวอล์กเทส ตามพื้นที่ที่ต้องการทราบผลเพื่อนำสะท้อนถึงระดับความพึงพอใจในแง่ของคุณภาพของประสบการณ์

3.8 กล่าวท้ายบท

ในบทนี้ผู้วิจัยได้แสดงวิธีการออกแบบแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์เพื่อใช้ประเมินคุณภาพของประสบการณ์โดยการใช้ค่าปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ (QoS Parameters) ที่ได้จากการเก็บผลบนอุปกรณ์สมาร์ตโฟนที่ติดตั้งโปรแกรม AZENQOS ที่ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยเพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลและทดสอบจากกลุ่มตัวอย่างและสมมุติฐานที่ได้ตั้งไว้จากพื้นที่ที่แตกต่างกันและกลุ่มตัวอย่างที่แตกต่างกันในบริการที่ใช้งาน ได้แก่ Call Youtube Facebook Line และ Web Browser บนระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ WCDMA และ LTE โดยแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ถูกสร้างขึ้นจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีการทำงานคล้ายกับสมองมนุษย์เพื่อวิเคราะห์เรียนรู้จากข้อมูลของค่าปัจจัยที่ถูกป้อนเข้าแบบจำลองเทียบกับคะแนนความพึงพอใจที่ผู้ใช้งานได้ประเมินจากกลุ่มตัวอย่าง

แบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมมีโครงสร้างหลักในการทำงานสองส่วนที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ (Create QoE Model) และใช้ในการประเมินคะแนนคุณภาพของประสบการณ์ (Estimate QoE) โดยทั้งนี้ในแต่ละส่วนจะมีกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลก่อนสร้างแบบจำลองและการสังเคราะห์ถึงสาเหตุของค่าปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ (QoS Parameters) ที่ส่งผลต่อระดับคะแนนคุณภาพของประสบการณ์ (QoE Score) จากการตั้งเกณฑ์คะแนนขั้นต่ำเพื่อนำไปใช้เป็นค่าอ้างอิงในการปรับปรุงระบบเครือข่ายให้ตอบสนองต่อความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ซึ่งการนำแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ไปใช้งานในการประเมินนั้นจะต้องใช้โปรแกรม AZENQOS ในการเก็บผล ไคร์ฟเทส (Drive Test) หรือ วอล์กเทส (Walk Test) ตามพื้นที่ที่ต้องการทราบ และนำเอาข้อมูลมาป้อนเข้าแบบจำลองเพื่อทำนายค่าโดยไม่ต้องใช้กลุ่มผู้ทดสอบไปประเมินในพื้นที่ที่ต้องการทราบผลความพึงพอใจ จากที่กล่าวมานี้จะเป็นการออกแบบของงานวิจัยซึ่งในบทถัดไปจะเป็นผลของการวิจัย

บทที่ 4 แบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์และการวิเคราะห์

4.1 กล่าวนำ

เนื้อหาในบทนี้จะเป็นการนำเสนอผลของการสร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์และการวิเคราะห์จากการเก็บผลทดสอบความพึงพอใจของผู้ใช้งานในพื้นที่และกลุ่มตัวอย่างที่ได้ออกแบบไว้ในบทที่ 3 โดยถูกนำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ในบริการที่กำหนดและสังเคราะห์สาเหตุของปัจจัยด้านคุณภาพของบริการที่ส่งผลต่อคะแนนคุณภาพของประสบการณ์ซึ่งจะถูกตั้งเกณฑ์คะแนนเพื่อสะท้อนให้เห็นค่าปัจจัยต่าง ๆ ในการพิสูจน์ถึงการนำแบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นไปใช้งานในการประเมินคุณภาพของประสบการณ์ในพื้นที่ต่าง ๆ นั้นจะต้องทำการเปรียบเทียบจากการสร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ที่สร้างขึ้นจากการเก็บผลการทดสอบความพึงพอใจจากกลุ่มตัวอย่างเดียวกันในพื้นที่แตกต่างกันซึ่งงานวิจัยนี้จะเก็บผลในพื้นที่กรุงเทพมหานครและจังหวัดนครราชสีมา เพื่อใช้เปรียบเทียบความแตกต่างของแบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นจากการเลือกใช้ค่าปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ (QoS Parameters) ที่แตกต่างกันได้แก่ ส่วนของ End Parameters และส่วน All Parameters ซึ่งในส่วนนี้ประกอบไปด้วย End Parameters Radio Parameters และ Data Parameters จะได้แบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ที่ถูกสร้างขึ้นจากการเก็บผลในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมาที่ประกอบไปด้วย 2 แบบจำลอง คือแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ที่ใช้เพียง End Parameters ในการประเมินคุณภาพของประสบการณ์และแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ที่ใช้ค่าปัจจัยทั้งหมดที่ได้จากโปรแกรม AZENQOS คือ All Parameters ในการประเมินคุณภาพของประสบการณ์ และสำหรับแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ที่ได้จากการเก็บผลในพื้นที่กรุงเทพมหานครที่ประกอบไปด้วย 2 แบบจำลอง ได้แก่ แบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา โดยจะนำแบบจำลองเหล่านี้มาเปรียบเทียบความแตกต่างในพื้นที่ของการเก็บผลทดสอบความพึงพอใจที่ต่างกัน จากนั้นจะเป็นการพิสูจน์ความแตกต่างของแบบจำลองที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างที่แตกต่างกันในพื้นที่เดียวกัน เพื่อที่จะเข้าถึงกลุ่มผู้ใช้งานในแต่ละกลุ่ม ทั้งนี้แบบจำลองในงานวิจัยนั้นได้สร้างเพื่อพิสูจน์ถึงวิธีการที่ได้ออกแบบไว้จากการเก็บผลการทดสอบความพึงพอใจจากผู้ใช้งานในกลุ่มตัวอย่างที่แตกต่างกันในพื้นที่ที่แตกต่างกันเพื่อสะท้อนให้เห็นถึงคะแนนคุณภาพของประสบการณ์และสังเคราะห์ถึงค่าปัจจัยด้านคุณภาพของบริการที่ส่งผลต่อระดับคุณภาพของประสบการณ์ที่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้และยังสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงเครือข่าย

4.2 ข้อตกลงในการสร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์

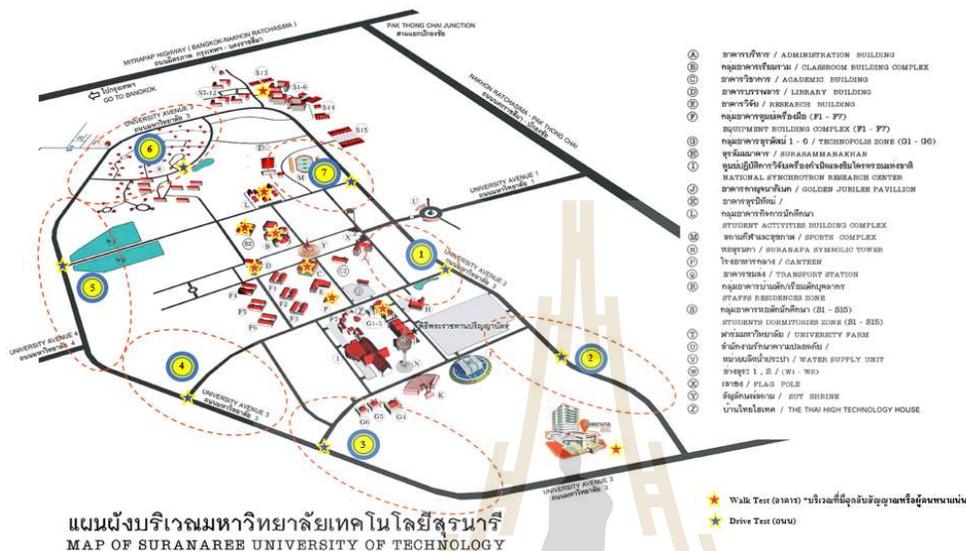
ในการสร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมจะใช้โปรแกรมแมทแลป เพื่อสร้างแบบจำลองและใช้โปรแกรม AZENQOS ในการทดสอบความพึงพอใจและเก็บผลค่าบ่งชี้ด้านคุณภาพของบริการ หลังจากได้ข้อสรุปของการวิจัยแล้วจะทำการพัฒนาแบบจำลองเพื่อให้ง่ายต่อการนำไปใช้งานจากการเก็บผลไดรฟ์เทส (Drive test) จากโปรแกรม AZENQOS ในการประเมินคุณภาพของประสบการณ์และวิเคราะห์ผลของบ่งชี้ด้านคุณภาพของบริการที่จะนำไปใช้ในเป็นข้อมูลในการปรับปรุงเครือข่าย

4.3 การสร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์

จากการออกแบบงานวิจัยของการสร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งทำการกำหนดกลุ่มของผู้ใช้งาน เพื่อสร้างแบบจำลองคุณภาพประสบการณ์ โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างของนักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์สาขาโทรคมนาคม ชั้นปีที่ 4 อยู่ในขอบเขตช่วงอายุ 18 – 25 ปี ที่กำลังศึกษาในระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในบริเวณพื้นที่เขตมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ประกอบไปด้วย 16 โซน ได้แก่ อาคารเรียนรวม 1, อาคารเรียนรวม 2, อาคารวิชาการ 1, อาคารบรรณาสาร, อาคารกิจการนักศึกษา, โรงอาหารกลาง, อาคารสุรพัฒน์, กลุ่มอาคารหอพักนักศึกษา, โรงพยาบาล มทส., Road Zone 1, Road Zone 2, Road Zone 3, Road Zone 4, Road Zone 5, Road Zone 6 และ Road Zone 7 ที่แสดงดังรูปที่ 4.1 โดยมีจำนวนนักศึกษาที่เข้ารับการทดสอบ 92 คน โดยแบ่งเป็น 16 กลุ่ม ทำการประเมินตามโซนที่แต่ละกลุ่มได้เลือก ซึ่งนักศึกษาแต่ละคนต้องประเมินจากผลจากทุกอุปกรณ์ที่ได้รับทั้งหมดคนละไม่ต่ำกว่า 12 ครั้ง ในบริการพื้นที่ที่กำหนด

จากการออกแบบการทดลองจะต้องทดสอบจากอุปกรณ์สมาร์ตโฟนที่ติดตั้งโปรแกรม AZENQOS ที่มีบริการ Call Youtube Facebook Line และ Web Browser บนระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ 3G (WCDMA) และ 4G (LTE) ด้วยการประเมินความพึงพอใจจากการดำเนินการที่ถูกลำมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยนี้ ซึ่งแต่ละครั้งที่ทำการประเมินทำให้ได้มาซึ่งข้อมูลสองส่วนด้วยกัน ได้แก่ บ่งชี้ด้านคุณภาพของบริการ (QoS Parameters) สำหรับโปรแกรมที่ใช้งานในแต่ละบริการจะมีทั้งหมดอยู่ 3 ส่วน ได้แก่ End Parameters ซึ่งค่าบ่งชี้ในแต่ละบริการจะแตกต่างกัน และส่วนของ Radio Parameters และ Data Parameters ซึ่งทั้งสองส่วนนี้จะมีค่าบ่งชี้ในแต่ละบริการที่เหมือนกันแต่จะแตกต่างกันตามเทคโนโลยี ซึ่งสามารถแสดงดังรูปที่ 3.3 ในส่วนของค่าบ่งชี้ Radio Parameters และ Data Parameters ในระบบ 3G (WCDMA) และ 4G (LTE) ซึ่งค่าบ่งชี้ที่ได้จากโปรแกรม AZENQOS ทั้งหมดจะเรียกว่า All Parameters และในข้อมูลส่วนที่สองจะเป็น

ข้อมูลของคะแนนความพึงพอใจที่ผู้ใช้งานทำการประเมินในแต่ละบริการ หลังจากที่ทำการดำเนินการ เพื่อให้ผู้ใช้งานประเมินความพึงพอใจแล้ว ข้อมูลทั้งสองส่วนนี้จะเก็บรวบรวมตามบริการและเทคโนโลยีที่ใช้งาน เพื่อนำไปสร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์



รูปที่ 4.1 แผนที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลที่ได้จากการเก็บข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างนั้นจะต้องมีระดับความพึงพอใจที่ผู้ใช้งานประเมินครบทั้ง 5 ระดับ ได้แก่ น้อยมาก น้อย พอใช้ ดี และดีมาก ซึ่งพื้นที่ในการทดลองนั้นจะต้องครอบคลุมจุดที่มีผู้ใช้งานจำนวนมากเข้าใช้งานพร้อม ๆ กัน จุดอ้างอิงภายในอาคาร จุดทั่วไปที่เหมาะสมตามความสะดวกของผู้ใช้งาน ฯลฯ ทั้งนี้ในพื้นที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ซึ่งจากการเก็บผลของกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์สาขาโทรคมนาคม ชั้นปีที่ 4 นี้มีจำนวนชุดข้อมูลทั้งหมดกว่า 500 ชุดข้อมูลในแต่ละบริการ ได้แก่ Call Youtube Facebook Line และ Web Browser และแต่ละระบบบนเทคโนโลยี 3G (WCDMA) และ 4G (LTE) ซึ่งข้อมูลที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างจะถูกนำไปใช้ในการวิเคราะห์และสร้างแบบจำลองซึ่งค่าปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ (QoS Parameters) ที่มีทั้ง 3 ส่วน ได้แก่ End Parameters Radio Parameters และ Data Parameters จะถูกนำไปวิเคราะห์ความสัมพันธ์และความเชื่อมั่น เพื่อคัดเลือกปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้งานในสร้างแบบจำลอง

4.3.1 การเลือกปัจจัยด้านคุณภาพบริการที่ส่งผลต่อความพึงพอใจ

ค่าปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ (QoS Parameters) ในส่วนต่าง ๆ ได้อธิบายไว้ในบทที่ 3 หัวข้อที่ 3.3 ซึ่งข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากการเก็บรวบรวมจะนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ (QoS Parameters) กับคะแนนความพึงพอใจของผู้ใช้งาน (Opinion Score) ทั้งนี้ เพื่อที่จะกำจัดค่าปัจจัยที่เกินความจำเป็นที่จะถูกนำมาใช้ในการทำนายคะแนนคุณภาพของประสบการณ์ เนื่องจากไม่มีความสัมพันธ์ต่อความพึงพอใจของผู้ใช้งาน และยังสามารถที่จะเลือกเฉพาะในส่วนของค่าปัจจัยที่ประกอบด้วย End Parameters Radio Parameters และ Data Parameters เพื่อแยกส่วนของการสร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์โดยส่วนนี้จะนำข้อมูลที่ได้ทั้งสามส่วน All Parameters มาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Correlation) โดยนำค่าพารามิเตอร์ทั้งหมดที่ได้เก็บผลของแต่ละบริการมาหาความสัมพันธ์กับระดับความพึงพอใจ โดยพิจารณาที่ค่านัยสำคัญ (Significant) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ของแต่ละปัจจัย (สำหรับงานวิจัยนี้กำหนด Sig<0.05 หรือระดับความเชื่อมั่นมากกว่า 95%) โดยเลือกใช้เฉพาะปัจจัยที่เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด เพื่อใช้ในการประเมินคุณภาพของประสบการณ์ (Quality of Experience) จากปัจจัยด้านคุณภาพบริการ (QoS Parameters) ในแต่ละบริการโดยเลือกค่าปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับคะแนนความพึงพอใจซึ่งผลจากชุดข้อมูลกลุ่มตัวอย่างสรุปได้ ดังนี้

ตารางที่ 4.1 ปัจจัยที่ส่งผลต่อความพึงพอใจในบริการ Call 3G

QoS Parameters	Correlation Coefficient
setup_duration	-0.462
MM_CM_SERVICE_REQUEST to CC_SETUP duration	-0.127
CC_SETUP to CC_ALERTING duration	-0.409
Ec/Io Average.	0.119
RSCP Average.	0.090
WCDMA Tx Power	-0.103
***กำหนดให้ Correlation >0.09	

ตารางที่ 4.2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อความพึงพอใจในบริการ Youtube 3G

QoS Parameters	Correlation Coefficient
Throughput_Download_App	0.592
YouTube_Duration_To_First_Play	-0.446
YouTube_Buffering_Duration	-0.578
Ec/Io Average.	0.214
BLER Average Percent	0.246
Data HSDPA Served Rate	0.520
Data HSDPA Throughput	9.573
HSDPA SBLER on 1st transmission	-0.219
HSDPA Num Codes Used Avg.	0.207
HSDPA MOD QPSK Percent	0.226
HSDPA MOD 16QAM Percent	-0.276
Data_HSUPA_P_Happy_bit_TTIs	0.224
Data_HSUPA_P_Serving_RGCH_Up	-0.392
Data_HSUPA_P_Serving_RGCH_Hold	0.267
Data_HSUPA_P_DTX	0.358
Data_HSUPA_Avg_Raw_Throughput	0.362
Data_HSUPA_Avg_Scheduled_Throughput	0.365
Data_HSUPA_Total_E_DPDCH_Throughput	0.246
***กำหนดให้ $ \text{Correlation} > 0.20$	

ตารางที่ 4.3 ปัจจัยที่ส่งผลต่อความพึงพอใจในบริการ Facebook 3G

QoS Parameters	Correlation Coefficient
post_photo_duration_time	-0.375
download_photo_duration_time	-0.235
throughput post photo	0.349
throughput download photo	0.296
Ec/Io Average.	0.249
HSDPA Num Codes Used Avg.	0.200
Data_HSUPA_P_Happy_bit_TTIs	0.210
Data_HSUPA_P_Serving_RGCH_Up	-0.215
Data_HSUPA_P_Serving_RGCH_Hold	0.206
Data_HSUPA_P_DTX	0.374
Data_HSUPA_Avg_Raw_Throughput	0.278
Data_HSUPA_Avg_Scheduled_Throughput	0.292
Data_HSUPA_Total_E_DPDCH_Throughput	0.263
***กำหนดให้ Correlation >0.20	

ตารางที่ 4.4 ปัจจัยที่ส่งผลต่อความพึงพอใจในบริการ Line 3G

QoS Parameters	Correlation Coefficient
LINE_Load_Photo_Result_Time_MS	-0.171
Ec/Io Average.	0.170
HSDPA Scheduled Rate	0.141
Data HSDPA Served Rate	0.141
Data HSDPA Throughput	0.146
HSDPA SBLER on 1st transmission	-0.185
HSDPA SBLER	-0.185
HSDPA Num Codes Used Avg.	0.154
Data_HSUPA_Avg_Raw_Throughput	0.206
Data_HSUPA_Avg_Scheduled_Throughput	0.199
Data_HSUPA_Total_E_DPDCH_Throughput	0.160
***กำหนดให้ Correlation >0.10	



ตารางที่ 4.5 ปัจจัยที่ส่งผลต่อความพึงพอใจในบริการ Web Browser 3G

QoS Parameters	Correlation Coefficient
Ec/Io Average.	0.202
BLER Average Percent	-0.110
HSDPA Scheduled Rate	-0.124
HSDPA MOD 16QAM Percent	-0.154
Data_HSUPA_P_Happy_bit_TTIs	0.139
Data_HSUPA_P_Serving_RGCH_Up	-0.195
Data_HSUPA_P_Serving_RGCH_Hold	0.172
Data_HSUPA_P_DTX	0.113
Data_HSUPA_Avg_Raw_Throughput	0.204
Data_HSUPA_Avg_Scheduled_Throughput	0.224
***กำหนดให้ Correlation >0.10	

ตารางที่ 4.6 ปัจจัยที่ส่งผลต่อความพึงพอใจในบริการ Call test 4G (CSFB Base on 3G)

QoS Parameters	Correlation Coefficient
setup_duration	-0.400
CSFB - EMM_ExtendedServiceRequest to MM_CM_SERVICE_REQUEST duration	-0.197
CC_SETUP to CC_ALERTING duration	-0.369
Ec/Io Average.	0.144
***กำหนดให้ Correlation >0.10	

ตารางที่ 4.7 ปัจจัยที่ส่งผลต่อความพึงพอใจในบริการ Youtube 4G

QoS Parameters	Correlation Coefficient
Throughput_Download_App	0.363
YouTube_Duration_To_First_Play	-0.381
YouTube_Buffering_Duration	-0.632
Avg RSRP	0.128
Avg RSRQ	0.203
Avg RSSI	0.127
PDSCH Traffic To Pilot Ratio arg(1)	0.123
lte l1 pdsch throughput all carriers mbps arg(1)	0.375
***กำหนดให้ Correlation >0.10	

ตารางที่ 4.8 ปัจจัยที่ส่งผลต่อความพึงพอใจในบริการ Facebook 4G

QoS Parameters	Correlation Coefficient
post_photo_duration_time	-0.305
download_photo_duration_time	-0.173
throughput post photo	-0.171
throughput download photo	0.130
Avg RSRP	0.162
Avg RSRQ	0.135
Avg RSSI	0.159
CQI CW[0] arg(1)	0.112
PDSCH Stream[0] Block Size arg(1)	0.146
PDSCH Traffic To Pilot Ratio arg(1)	0.102
PDSCH Stream[1] Block Size arg(1)	0.145
LTE PUSCH Tx Power	-0.109
***กำหนดให้ Correlation >0.10	

ตารางที่ 4.9 ปัจจัยที่ส่งผลต่อความพึงพอใจในบริการ Line 4G

QoS Parameters	Correlation Coefficient
Avg RSRP	0.091
Avg RSSI	0.087
PDSCH Traffic To Pilot Ratio arg(1)	0.098
lte mcs index arg(1)	0.079
***กำหนดให้ $ \text{Correlation} > 0.06$	

ตารางที่ 4.10 ปัจจัยที่ส่งผลต่อความพึงพอใจในบริการ Web Browser 4G

QoS Parameters	Correlation Coefficient
Duration_Time	-0.535
Avg RSSI	0.098
PDSCH Traffic To Pilot Ratio arg(1)	0.178
LTE BLER arg(1)	-0.142
lte mcs index arg(1)	0.094
***กำหนดให้ $ \text{Correlation} > 0.09$	

หลังจากนำข้อมูลที่ถูกเก็บรวบรวมจากกลุ่มตัวอย่างในแต่ละบริการแต่ละระบบเรียบร้อยแล้ว จะนำปัจจัยเหล่านี้ไปใช้ในการสร้างแบบจำลองด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม เพื่อให้ได้มาซึ่งแบบจำลองที่ใช้เพียงค่าปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ (QoS Parameters) ในการประเมินความพึงพอใจในแง่ของคุณภาพของประสบการณ์ที่เปรียบเสมือนการนำกลุ่มตัวอย่างไปประเมินความพึงพอใจ

ปัจจัยที่ถูกวิเคราะห์สามารถนำไปใช้ในการสร้างแบบจำลองแต่ละปัจจัยจะถูกนำไปใช้ในกระบวนการเรียนรู้ความสัมพันธ์ในโครงข่ายประสาทเทียม เพื่อสังเคราะห์ถึงค่าปัจจัยด้านคุณภาพของบริการแต่ละปัจจัยที่ส่งผลต่อคะแนนคุณภาพของประสบการณ์โดยทำการกำหนดเกณฑ์คะแนนคุณภาพของประสบการณ์ เพื่อที่จะใช้ในการสะท้อนและเป็นข้อมูลในการพัฒนาเครือข่ายต่อไป เพื่อให้ได้คะแนนคุณภาพของประสบการณ์ในระดับที่สูงขึ้น

4.3.2 แบบจำลองคุณภาพประสบการณ์จากปัจจัยโดยรวมด้านคุณภาพของบริการ

การสร้างแบบจำลองด้วยวิธีการ โครงข่ายประสาทเทียมแบ่งออกเป็นสองขั้นตอนได้แก่ ขั้นตอนการเรียนรู้ และขั้นตอนการทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างผลลัพธ์ที่เกิดจากการป้อนค่าปัจจัยด้านคุณภาพบริการเข้าแบบจำลองเทียบกับผลการประเมินความพึงพอใจ ซึ่งหากมีค่า Correlation Coefficient เข้าใกล้ 1 จะส่งผลให้แบบจำลองนั้นมีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด ผลจากการสร้างแบบจำลองของกลุ่มตัวอย่างสามารถอธิบายได้ดังนี้

ในตารางที่ 4.11 และ 4.12 แสดงค่าสหสัมพันธ์ที่ได้จากกระบวนการทดสอบด้วยข้อมูลที่ถูกใช้ในการฝึกสอน โครงข่ายประสาทเทียมในแต่ละบริการของระบบ 3G (WCDMA) และ 4G (LTE) ตามลำดับ โดยที่ค่าสหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) จะเป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพของแบบจำลองจากการนำชุดข้อมูลที่ได้เก็บรวบรวมเพื่อใช้ในการเรียนรู้หลังจากสิ้นสุดกระบวนการนี้ แบบจำลองที่ได้ถูกทดสอบด้วยข้อมูลที่ใช้ในการฝึกโครงข่ายประสาทเทียมซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ถูกเปรียบเทียบความสัมพันธ์กับค่าเป้าหมายที่ได้ในสมการที่ 3.21 ซึ่งเป็นสมการที่ใช้ในการหาค่าสหสัมพันธ์ของแบบจำลองที่ได้จากข้อมูลที่นำไปใช้ในขั้นตอนการเรียนรู้ ทั้งนี้ข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างที่ทดสอบใช้บริการในการประเมินความพึงพอใจซึ่งเปรียบเสมือนการนำกลุ่มตัวอย่างไปประเมินความพึงพอใจที่ใช้เพียงค่าปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ (QoS Parameters) เท่านั้น กลุ่มตัวอย่างที่ทดสอบสำหรับงานวิจัยในแต่ละคนอาจจะมีเกณฑ์ความพึงพอใจต่อบริการที่ได้รับที่แตกต่างกันซึ่งต้องทำการเก็บข้อมูลจำนวนมาก เพื่อใช้ในการเรียนรู้ในโครงข่ายประสาทเทียม เพื่อดำเนินการหาความสัมพันธ์และประเมินความพึงพอใจในนามของกลุ่มตัวอย่างแทนรายบุคคล

ตารางที่ 4.11 ค่าสหสัมพันธ์ของแบบจำลองของแต่ละบริการในระบบ 3G (WCDMA)

SERVICE	Call	Youtube	Facebook	Line	Web
CORRELATION	0.7576	0.9637	0.9044	0.8505	0.8315

ตารางที่ 4.12 ค่าสหสัมพันธ์ของแบบจำลองของแต่ละบริการในระบบ 4G (LTE)

SERVICE	Call test	Youtube	Facebook	Line	Web
CORRELATION	0.5834	0.8371	0.7985	0.3732	0.8032

4.3.3 การสังเคราะห์ปัจจัยด้านคุณภาพของบริการด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม

เพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของแต่ละค่าปัจจัยด้านคุณภาพบริการ (QoS Parameter) ที่ส่งผลกระทบต่อระดับความพึงพอใจ (Opinion Score) ซึ่งเป็นการกำหนดค่าเกณฑ์ในแต่ละพารามิเตอร์เทียบกับระดับคุณภาพประสบการณ์ โดยกำหนดให้คะแนนคุณภาพของประสบการณ์เท่ากับ 3.75 เพื่อหาความสัมพันธ์ในแต่ละปัจจัยที่ทำให้คะแนนคุณภาพของประสบการณ์ (QoE Score) มากกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ในการที่จะนำไปปรับปรุงระบบให้คะแนนคุณภาพของประสบการณ์สูงขึ้น โดยค่าที่เข้าใกล้ 5 ซึ่งหมายถึงระดับความพึงพอใจที่ดีมาก

หลังจากที่ได้เลือกปัจจัยด้านคุณภาพบริการที่ส่งผลกระทบต่อความพึงพอใจในเบื้องต้นแล้วนำปัจจัยเหล่านี้เข้ามาหาความสัมพันธ์ เพื่อสังเคราะห์ค่าปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อคะแนนคุณภาพของประสบการณ์ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม ในการหาแนวโน้มและค่าของปัจจัยที่ต้องเพิ่มขึ้นหรือลดลง เพื่อนำไปปรับปรุงเครือข่ายให้ได้คะแนนคุณภาพของประสบการณ์สูงกว่าเกณฑ์ที่ได้ตั้งไว้ทั้งนี้จากการเก็บข้อมูลของนักศึกษาชั้นปีที่ 4 ซึ่งสามารถแสดงดังนี้

สำหรับระบบ 3G (WCDMA) ในแต่ละบริการแสดงได้ดังตารางที่ 4.13 ถึง 4.17 และระบบ 4G (LTE) ในแต่ละบริการแสดงได้ดังตารางที่ 4.18 ถึง 4.22 ซึ่งปัจจัยเหล่านี้จะถูกนำไปใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงเครือข่ายซึ่งแสดงดังตารางด้านล่างนี้

ตารางที่ 4.13 การสังเคราะห์ค่าปัจจัยด้านคุณภาพของบริการในบริการ Call 3G

ปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ	ค่าเกณฑ์	แนวโน้ม
setup_duration	5523	(-) ต้องน้อยกว่า
MM_CM_SERVICE_REQUEST to CC_SETUP duration	1276	(-) ต้องน้อยกว่า
CC_SETUP to CC_ALERTING duration	4686	(-) ต้องน้อยกว่า
Ec/Io Average.	-7.84	(+) ต้องมากกว่า
RSCP Average.	-84.67	(+) ต้องมากกว่า
WCDMA Tx Power	-2.18	(-) ต้องน้อยกว่า
***กำหนดค่าเกณฑ์ของ QoE Score มีค่ามากกว่า 3.75		

ตารางที่ 4.14 การสังเคราะห์ค่าปัจจัยด้านคุณภาพของบริการในบริการ Youtube 3G

ปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ	ค่าเกณฑ์	แนวโน้ม
Throughput_Download_App	1610	(+) ต้องมากกว่า
YouTube_Duration_To_First_Play	3.60	(-) ต้องน้อยกว่า
YouTube_Buffering_Duration	2.10	(-) ต้องน้อยกว่า
Ec/Io Average	-8.14	(+) ต้องมากกว่า
BLER Average Percent	1.08	(+) ต้องมากกว่า
Data HSDPA Served Rate	2618	(+) ต้องมากกว่า
Data HSDPA Throughput	2400	(+) ต้องมากกว่า
HSDPA SBLER on 1st transmission	23.25	(-) ต้องน้อยกว่า
HSDPA Num Codes Used Avg.	9.25	(-) ต้องน้อยกว่า
HSDPA MOD QPSK Percent	34.68	(+) ต้องมากกว่า
HSDPA MOD 16QAM Percent	39.32	(-) ต้องน้อยกว่า
Data_HSUPA_P_Happy_bit_TTIs	83.84	(+) ต้องมากกว่า
Data_HSUPA_P_Serving_RGCH_Up	1.67	(-) ต้องน้อยกว่า
Data_HSUPA_P_Serving_RGCH_Hold	86.13	(+) ต้องมากกว่า
Data_HSUPA_P_DTX	61.04	(+) ต้องมากกว่า
Data_HSUPA_Avg_Raw_Throughput	149.13	(+) ต้องมากกว่า
Data_HSUPA_Avg_Scheduled_Throughput	133.57	(+) ต้องมากกว่า
Data_HSUPA_Total_E_DPDCH_Throughput	53.00	(+) ต้องมากกว่า
**กำหนดค่าเกณฑ์ของ QoE Score มีค่ามากกว่า 3.75		

ตารางที่ 4.15 การสังเคราะห์ค่าปัจจัยด้านคุณภาพของบริการในบริการ Facebook 3G

ปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ	ค่าเกณฑ์	แนวโน้ม
post_photo_duration_time	5.18	(-) ต้องน้อยกว่า
download_photo_duration_time	1.43	(-) ต้องน้อยกว่า
throughput post photo	54.39	(+) ต้องมากกว่า
throughput download photo	203.04	(+) ต้องมากกว่า
Ec/Io Average.	N.A.	N.A.
HSDPA Num Codes Used Avg.	N.A.	N.A.
Data_HSUPA_P_Happy_bit_TTIs	51.15	(+) ต้องมากกว่า
Data_HSUPA_P_Serving_RGCH_Up	N.A.	N.A.
Data_HSUPA_P_Serving_RGCH_Hold	N.A.	N.A.
Data_HSUPA_P_DTX	52.02	(+) ต้องมากกว่า
Data_HSUPA_Avg_Raw_Throughput	400.40	(+) ต้องมากกว่า
Data_HSUPA_Avg_Scheduled_Throughput	469.65	(+) ต้องมากกว่า
Data_HSUPA_Total_E_DPDCH_Throughput	237.99	(+) ต้องมากกว่า
***กำหนดค่าเกณฑ์ของ QoE Score มีค่ามากกว่า 3.75		

ตารางที่ 4.16 การสังเคราะห์ค่าปัจจัยด้านคุณภาพของบริการในบริการ Line 3G

ปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ	ค่าเกณฑ์	แนวโน้ม
LINE_Load_Photo_Result_Time_MS	4697	(-) ต้องน้อยกว่า
Ec/Io Average.	-12.50	(+) ต้องมากกว่า
HSDPA Scheduled Rate	141.57	(+) ต้องมากกว่า
Data HSDPA Served Rate	N.A.	N.A.
Data HSDPA Throughput	N.A.	N.A.
HSDPA SBLER on 1st transmission	37.26	(-) ต้องน้อยกว่า
HSDPA SBLER	36.66	(-) ต้องน้อยกว่า
HSDPA Num Codes Used Avg.	1.13	(+) ต้องมากกว่า
Data_HSUPA_Avg_Raw_Throughput	209.55	(+) ต้องมากกว่า
Data_HSUPA_Avg_Scheduled_Throughput	191.47	(+) ต้องมากกว่า
Data_HSUPA_Total_E_DPDCH_Throughput	36.43	(+) ต้องมากกว่า
***กำหนดค่าเกณฑ์ของ QoE Score มีค่ามากกว่า 3.75		

ตารางที่ 4.17 การสังเคราะห์ค่าปัจจัยด้านคุณภาพของบริการในบริการ Web Browser 3G

ปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ	ค่าเกณฑ์	แนวโน้ม
Ec/Io Average. (dB)	-6.30	(+) ต้องมากกว่า
BLER Average Percent	1.08	(-) ต้องน้อยกว่า
HSDPA Scheduled Rate	7022	(+) ต้องมากกว่า
HSDPA MOD 16QAM Percent	39.71	(-) ต้องน้อยกว่า
Data_HSUPA_P_Happy_bit_TTIs	84.93	(+) ต้องมากกว่า
Data_HSUPA_P_Serving_RGCH_Up	0.20	(-) ต้องน้อยกว่า
Data_HSUPA_P_Serving_RGCH_Hold	N.A.	N.A.
Data_HSUPA_P_DTX	49.38	(+) ต้องมากกว่า
Data_HSUPA_Avg_Raw_Throughput	354.32	(+) ต้องมากกว่า
Data_HSUPA_Avg_Scheduled_Throughput	323.19	(+) ต้องมากกว่า
***กำหนดค่าเกณฑ์ของ QoE Score มีค่ามากกว่า 3.75		

ตารางที่ 4.18 การสังเคราะห์ค่าปัจจัยด้านคุณภาพของบริการในบริการ Call test 4G (CSFB on 3G)

ปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ	ค่าเกณฑ์	แนวโน้ม
setup_duration (ms.)	5500	(-) ต้องน้อยกว่า
CSFB - EMM_ExtendedServiceRequest to MM_CM_SERVICE_REQUEST duration	1382	(-) ต้องน้อยกว่า
CC_SETUP to CC_ALERTING duration	3870	(-) ต้องน้อยกว่า
Ec/Io Average. (dB)	-8.02	(+) ต้องมากกว่า
***กำหนดค่าเกณฑ์ของ QoE Score มีค่ามากกว่า 3.75		

ตารางที่ 4.19 การสังเคราะห์ค่าปัจจัยด้านคุณภาพของบริการในบริการ Youtube 4G

ปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ	ค่าเกณฑ์	แนวโน้ม
Throughput_Download_App	1560	(+) ต้องมากกว่า
YouTube_Duration_To_First_Play	3.33	(-) ต้องน้อยกว่า
YouTube_Buffering_Duration	1.73	(-) ต้องน้อยกว่า
Avg RSRP	N.A.	N.A.
Avg RSRQ	-11.41	(+) ต้องมากกว่า
Avg RSSI	N.A.	N.A.
PDSCH Traffic To Pilot Ratio arg(1)	N.A.	N.A.
lte l1 pdsch throughput all carriers mbps arg(1)	2.25	(+) ต้องมากกว่า
***กำหนดค่าเกณฑ์ของ QoE Score มีค่ามากกว่า 3.75		

ตารางที่ 4.20 การสังเคราะห์ค่าปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ ในบริการ Facebook 4G

ปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ	ค่าเกณฑ์	แนวโน้ม
post_photo_duration_time (s)	5.710	(-) ต้องน้อยกว่า
download_photo_duration_time (s)	5.770	(-) ต้องน้อยกว่า
throughput post photo (kbps)	31.28	(-) ต้องน้อยกว่า
throughput download photo (kbps)	166.10	(+) ต้องมากกว่า
Avg RSRP	N.A.	N.A.
Avg RSRQ	N.A.	N.A.
Avg RSSI	N.A.	N.A.
CQI CW[0] arg(1)	5.23	(+) ต้องมากกว่า
PDSCH Stream[0] Block Size arg(1)	N.A.	N.A.
PDSCH Traffic To Pilot Ratio arg(1)	N.A.	N.A.
PDSCH Stream[1] Block Size arg(1)	N.A.	N.A.
LTE PUSCH Tx Power	N.A.	N.A.
***กำหนดค่าเกณฑ์ของ QoE Score มีค่ามากกว่า 3.75		

ตารางที่ 4.21 การสังเคราะห์ค่าปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ ในบริการ Line 4G

ปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ	ค่าเกณฑ์	แนวโน้ม
Avg RSRP	N.A.	N.A.
Avg RSSI	N.A.	N.A.
PDSCH Traffic To Pilot Ratio arg(1)	N.A.	N.A.
lte mcs index arg(1)	N.A.	N.A.
***กำหนดค่าเกณฑ์ของ QoE Score มีค่ามากกว่า 3.75		

ตารางที่ 4.22 การสังเคราะห์ค่าปัจจัยด้านคุณภาพของบริการในบริการ Web Browser 4G

ปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ	ค่าเกณฑ์	แนวโน้ม
Duration_Time(S)	5.57	(-) ต่ำน้อยกว่า
Avg RSSI	N.A.	N.A.
PDSCH Traffic To Pilot Ratio arg(1)	N.A.	N.A.
LTE BLER arg(1)	N.A.	N.A.
lte mcs index arg(1)	3.68	(+) ต้องมากกว่า
***กำหนดค่าเกณฑ์ของ QoE Score มีค่ามากกว่า 3.75		

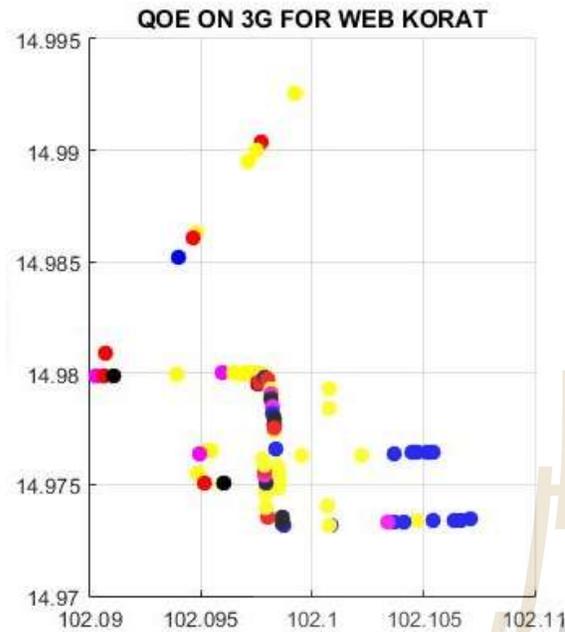
จากการสังเคราะห์ปัจจัยด้านคุณภาพของบริการที่ส่งผลต่อคะแนนคุณภาพของประสบการณ์ที่กำหนดคะแนนคุณภาพของประสบการณ์เท่ากับ 3.75 ซึ่งผลที่ได้จากข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างนักศึกษานี้ จะนำไปใช้สร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม เพื่อใช้ในการประเมินคะแนนคุณภาพของประสบการณ์จากค่าปัจจัยด้านคุณภาพของบริการที่วัดได้จากอุปกรณ์สมาร์ทโฟนในโปรแกรม AZENQOS ทั้งนี้หลังจากสร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ก็จะถูกนำแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ไปใช้งาน ซึ่งแบบจำลองนี้เปรียบเสมือนการนำกลุ่มตัวอย่างไปประเมินทั้งนี้ได้นำไปประยุกต์ใช้การการไคร์ฟเทส (Drive Test) เพื่อประเมินคุณภาพของประสบการณ์ ซึ่งจากรูปที่ 4.2 เป็นการออกแบบเส้นทางการเก็บผลของค่าปัจจัยด้านคุณภาพของประสบการณ์ โดยการใช้โปรแกรม AZENQOS ในการทำไคร์ฟเทสเพื่อนำค่าปัจจัยเหล่านี้ในแต่ละบริการไปประเมินคะแนนคุณภาพของประสบการณ์

$QoE < 1.4$
$1.4 \leq QoE < 2.1$
$2.1 \leq QoE < 2.8$
$2.8 \leq QoE < 3.5$
$3.5 \leq QoE < 4.2$
$4.2 \leq QoE < 5$

รูปที่ 4.4 ช่วงคะแนนคุณภาพของประสบการณ์เทียบกับสีที่กำหนด

ผลของคะแนนคุณภาพของประสบการณ์จากการเก็บผลโด้รฟ์เทส (Drive Test) ของพื้นที่ตัวอย่างจังหวัดนครราชสีมาดังรูปที่ 4.3 ในบริการ Web Browser บนระบบ WCDMA มีค่าคะแนนคุณภาพของประสบการณ์เฉลี่ยเท่ากับ 4.054 จากการเก็บผลทั้งหมด 475 จุดในพื้นที่ตัวอย่างนี้ซึ่งหมายถึงมีช่วงคะแนนอยู่ในระดับที่ดีในมุมมองของผู้ใช้งาน ทั้งนี้จากเกณฑ์ของคะแนนคุณภาพของประสบการณ์ที่ตั้งไว้เท่ากับ 3.75 หมายถึง ในพื้นที่ที่ทำการเก็บผลนั้นมีจุดที่ทำการป้อนค่าปัจจัยด้านคุณภาพของบริการแล้วทำให้ได้คะแนนคุณภาพของประสบการณ์ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 4.5 ในบริการ Web Browser บนระบบ WCDMA ซึ่งมี 113 จุด จากทั้งหมด 475 จุด มีค่าเท่ากับ 23.79 เปอร์เซนต์ หมายถึงในพื้นที่ทำการประเมินคะแนนคุณภาพของประสบการณ์ที่ตั้งเกณฑ์คะแนนคุณภาพของประสบการณ์ไว้ที่ 3.75 คิดเป็น 76.21 เปอร์เซนต์ ที่มีคะแนนคุณภาพของประสบการณ์สูงกว่าเกณฑ์ที่ถูกต้องไว้

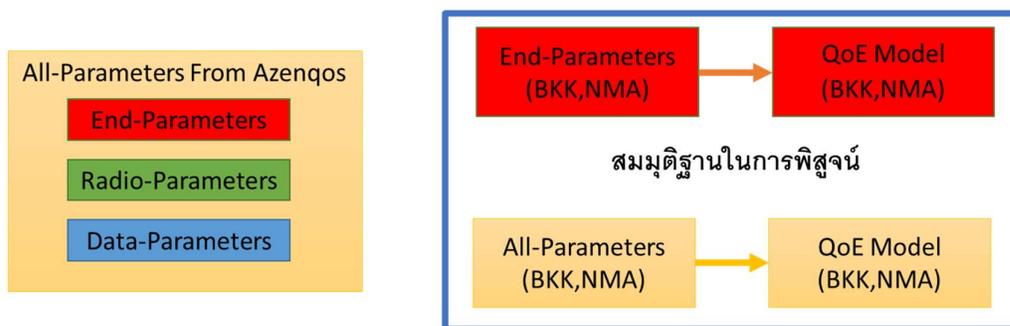
ในส่วนของจุดที่มีคะแนนคุณภาพของประสบการณ์ที่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่ได้ตั้งไว้ ค่าปัจจัยด้านคุณภาพของประสบการณ์ที่ใช้ในการประเมินถูกนำไปวิเคราะห์ที่ละเอียด เพื่อหาสาเหตุของปัญหาที่ทำให้คะแนนคุณภาพของประสบการณ์ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ด้วยการสังเคราะห์ปัจจัยด้านคุณภาพของบริการด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม ดังหัวข้อที่ 4.3.3 ในการนำข้อมูลเหล่านี้ไปปรับปรุงเครือข่าย เพื่อให้คะแนนคุณภาพของบริการมีค่าที่ดีขึ้นจากเดิม จะทำให้ผู้ใช้งานได้รับบริการที่ดีที่สุดจากผู้ให้บริการ



รูปที่ 4.5 แผนที่จะแนบคุณภาพของประสบการณ์บริการ Web Browser บนระบบ 3G (WCDMA) ที่มีคะแนนคุณภาพของประสบการณ์ต่ำกว่า 3.75

4.4 การเปรียบเทียบแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ที่ถูกสร้างขึ้นจากพื้นที่ที่แตกต่างกัน

แบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ที่ได้สร้างขึ้นจากกลุ่มตัวอย่าง เพื่อใช้เป็นตัวแทนของกลุ่มตัวอย่างในการประเมินคุณภาพของประสบการณ์เท่านั้น ทั้งนี้งานวิจัยนี้ยังได้ศึกษาผลกระทบของแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ที่สร้างขึ้นในพื้นที่ที่แตกต่างกัน เพื่อใช้ในการพิสูจน์ถึงความแตกต่างของค่าปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ (QoS Parameters) ซึ่งใช้กลุ่มตัวอย่างของตัวแทนนักศึกษามัธยมศึกษาที่มีช่วงอายุ 18-25 ปี ทำการเก็บผล เพื่อสร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ในพื้นที่กรุงเทพมหานครและจังหวัดนครราชสีมา ซึ่งเป็นการเลือกจุดพื้นที่ต่าง ๆ ดังที่อธิบายไว้ในบทที่ 3 ในการออกแบบ เพื่อเก็บรวบรวมผลในการสร้างแบบจำลอง ทั้งสองพื้นที่ที่ได้เก็บผล เพื่อสร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ และใช้พิสูจน์ถึงผลกระทบของค่าปัจจัยที่ส่งผลต่อความพึงพอใจที่แตกต่างกัน โดยนำแบบจำลองที่ได้สร้างขึ้นในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ไปใช้ในการประเมินคุณภาพของประสบการณ์ในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมาจากข้อมูลที่ได้เก็บผล เพื่อสร้างแบบจำลองและในขณะเดียวกันแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ที่ได้สร้างขึ้นในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมาไปใช้ในการประเมินคุณภาพของประสบการณ์ในพื้นที่กรุงเทพมหานครจากข้อมูลที่ได้เก็บผลเพื่อสร้างแบบจำลอง

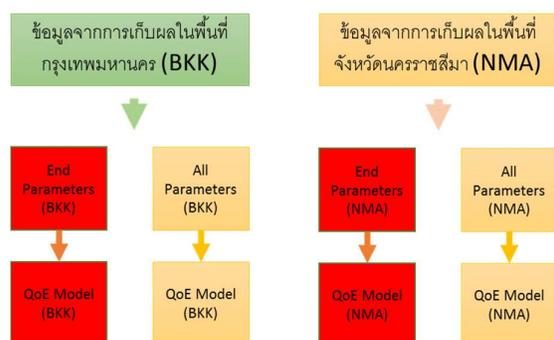


รูปที่ 4.6 แบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์เพื่อใช้เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างพื้นที่

การสร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์นี้ เพื่อพิสูจน์ถึงการนำแบบจำลองที่สร้างในพื้นที่แตกต่างกันไปใช้งานในแต่ละพื้นที่ที่ทำการวิจัย ซึ่งได้แบ่งปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ (QoS Parameters) ออกเป็นสองส่วนด้วยกัน โดยที่ส่วนแรกใช้ End Parameters ในการสร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ ทั้งนี้ End Parameters เป็นปัจจัยที่สามารถเข้าถึงความรู้สึกของผู้ใช้งานได้โดยตรง เช่น ความรู้สึกของเวลาในการใช้บริการ ความรู้ถึงความเร็วที่ได้รับจากบริการ ฯลฯ และในส่วนที่สองใช้ All Parameters ซึ่งประกอบด้วย End Parameters Radio Parameters และ Data Parameters ดังที่แสดงได้ในรูปที่ 4.6 ในการสร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ ซึ่งทั้งสองส่วนนี้มาเปรียบเทียบ เพื่อพิสูจน์ถึงกระบวนการในการสร้างแบบจำลองเพื่อที่จะนำไปใช้สร้างแบบจำลองที่สามารถใช้ประเมินคุณภาพของประสบการณ์ในทุกพื้นที่ได้ ดังนั้น ตัวชี้วัดที่จะใช้ในการพิสูจน์ความเหมือนความต่างของแบบจำลอง คือ ค่าความผิดพลาดเฉลี่ย (Mean Absolute Deviation) ของข้อมูลที่ได้จากการประเมินคุณภาพของประสบการณ์ทั้งสองพื้นที่ ดังที่แสดงในสมการที่ 4.1

$$MAD = \frac{\sum |QoE_A - QoE_B|}{n} \quad (4.1)$$

หลังจากรวบรวมข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาบัณฑิตศึกษาที่ทำการทดสอบใช้บริการที่กำหนดเพื่อประเมินความพึงพอใจในพื้นที่กรุงเทพมหานครและจังหวัดนครราชสีมา ซึ่งจะนำข้อมูลที่ได้ของทั้งสองพื้นที่มาใช้สร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ที่แสดงได้ดังรูปที่ 4.7 ซึ่งข้อมูลที่ได้ทั้งสองพื้นที่สามารถนำมาสร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ที่ใช้ในส่วนของ End Parameters ในพื้นที่กรุงเทพมหานครและจังหวัดนครราชสีมา แบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ที่ใช้ในส่วนของ All Parameters ในพื้นที่กรุงเทพมหานครและจังหวัดนครราชสีมา



รูปที่ 4.7 แบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ในพื้นที่กรุงเทพมหานครและจังหวัดนครราชสีมา

4.4.1 การเลือกปัจจัยด้านคุณภาพบริการที่ส่งผลต่อความพึงพอใจในพื้นที่ที่แตกต่างกัน

การสร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ด้วยวิธีการโครงข่ายประสาทเทียมมีกระบวนการการเลือกปัจจัยด้านคุณภาพบริการที่ส่งผลต่อความพึงพอใจ โดยกำหนดความสัมพันธ์จากค่าสหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) เพื่อใช้ในการเลือกปัจจัยเหล่านี้ ซึ่งในพื้นที่ที่แตกต่างกันอาจมีปัจจัยที่ส่งผลต่อความพึงพอใจแตกต่างกันดังที่แสดงได้จากผลการวิจัยในแต่ละพื้นที่และบริการดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.23 ปัจจัยที่มีส่งผลต่อความพึงพอใจจากพื้นที่กรุงเทพมหานครและจังหวัดนครราชสีมาในบริการ Call 3G ในส่วนของ End Parameters และ All Parameters

QoS Parameters	Correlation Coefficient	
	BKK TRAIN	NMA TRAIN
End Parameters		
setup_duration	-0.73	-0.67
All Parameters		
setup_duration	0.73	0.67
MM_CM_SERVICE_REQUEST to CC_SETUP duration		-0.21
CC_SETUP to CC_ALERTING duration	0.69	0.63
Ec/lo	0.15	0.26
RSCP		0.41
WCDMA Tx Power	-0.15	-0.36
WCDMA RSSI		0.38

ตารางที่ 4.24 ปัจจัยที่มีส่งผลต่อความพึงพอใจจากพื้นที่กรุงเทพมหานครและจังหวัดนครราชสีมาในบริการ YouTube 3G ในส่วนของ End Parameters และ All Parameters

QoS Parameters	Correlation Coefficient	
	BKK TRAIN	NMA TRAIN
End Parameters		
YouTube_Duration_To_First_Play	-0.66	-0.70
YouTube_Buffering_Count	-0.73	-0.81
YouTube_Buffering_Duration	-0.77	-0.76
All Parameters		
Throughput_Download_App	0.37	0.60
YouTube_Duration_To_First_Play	-0.66	-0.70
YouTube_Buffering_Count	-0.73	-0.81
YouTube_Buffering_Duration	-0.77	-0.76
EcIo		0.45
RSCP		0.40
WCDMA Tx Power		-0.41
WCDMA RSSI		0.34
BLER Average Percent		0.35
HSDPA Scheduled Rate		0.42
Data HSDPA Served Rate	0.49	0.65
Data HSDPA Throughput	0.50	0.68
HSDPA SBLER on 1st transmission	-0.21	-0.32
HSDPA SBLER	-0.23	
HSDPA Num Codes Used Avg.		-0.30
HSDPA MOD QPSK Percent		0.39
HSDPA MOD 16QAM Percent		-0.55
Data_HSUPA_P_Happy_bit_TTIs		
Data_HSUPA_P_Serving_RGCH_Up	-0.45	-0.33
Data_HSUPA_P_Serving_RGCH_Hold		0.28
Data_HSUPA_P_DTX	0.23	0.37
Data_HSUPA_Avg_Raw_Throughput	0.21	0.35
Data_HSUPA_Avg_Scheduled_Throughput	0.21	0.34
Data_HSUPA_Total_E_DPDCH_Throughput	0.25	
Data HSPAP MOD 64QAM Percent		0.38

ตารางที่ 4.25 ปัจจัยที่มีส่งผลกระทบต่อความพึงพอใจจากพื้นที่กรุงเทพมหานครและจังหวัดนครราชสีมาในบริการ Facebook 3G ในส่วนของ End Parameters และ All Parameters

QoS Parameters	Correlation Coefficient	
	BKK TRAIN	NMA TRAIN
End Parameters		
post_photo_duration_time	-0.45	-0.22
All Parameters		
post_photo_duration_time	-0.45	-0.22
download_photo_duration_time		-0.25
throughput download photo	0.20	0.17
Ec/lo	0.17	
WCDMA Tx Power		-0.18
Data HSDPA Served Rate		-0.24
Data HSDPA Throughput		-0.24
HSDPA SBLER on 1st transmission	-0.16	
HSDPA SBLER	-0.16	
HSDPA MOD QPSK Percent		0.21
Data_HSUPA_P_DTX	0.20	

ตารางที่ 4.26 ปัจจัยที่มีส่งผลต่อความพึงพอใจจากพื้นที่กรุงเทพมหานครและจังหวัดนครราชสีมาในบริการ Line 3G ในส่วนของ End Parameters และ All Parameters

QoS Parameters	Correlation Coefficient	
	BKK TRAIN	NMA TRAIN
End Parameters		
LINE_Load_Photo_Duration_MS	-0.35	-0.23
All Parameters		
LINE_Send_Duration		-0.35
LINE_Load_Photo_Duration_MS	-0.35	-0.23
Ec/lo	0.15	0.20
WCDMA Tx Power		-0.19
Data HSDPA Served Rate		0.24
Data HSDPA Throughput		0.27
HSDPA SBLER on 1st transmission		-0.18
HSDPA SBLER		-0.22
HSDPA Num Codes Used Avg.		0.19
Data_HSUPA_P_Serving_RGCH_Up		-0.16
Data_HSUPA_P_DTX	0.20	0.23
Data_HSUPA_Avg_Raw_Throughput	0.18	0.17
Data_HSUPA_Avg_Scheduled_Throughput	0.21	0.14
Data HSPAP MOD 64QAM Percent	0.15	

ตารางที่ 4.27 ปัจจัยที่มีส่งผลต่อความพึงพอใจจากพื้นที่กรุงเทพมหานครและจังหวัดนครราชสีมาในบริการ Web Browser 3G ในส่วนของ End Parameters และ All Parameters

QoS Parameters	Correlation Coefficient	
	BKK TRAIN	NMA TRAIN
End Parameters		
Duration_Time	-0.48	-0.61
All Parameters		
Duration_Time	-0.480	-0.611
Throughput_Download_App	0.609	0.606
Ec/lo arg(1)	0.269	0.307
RSCP arg(1)		0.275
WCDMA Tx Power		-0.242
WCDMA RSSI		0.235
BLER Average Percent		-0.222
HSDPA Scheduled Rate	0.354	0.449
Data HSDPA Served Rate	0.456	0.461
Data HSDPA Throughput	0.479	0.468
HSDPA SBLER on 1st transmission	-0.233	
HSDPA SBLER	-0.239	
HSDPA Num Codes Used Avg.		0.249
HSDPA MOD QPSK Percent	-0.334	
HSDPA MOD 16QAM Percent		-0.269
Data_HSUPA_P_Happy_bit_TTIs		0.304
Data_HSUPA_P_Serving_RGCH_Up		-0.237
Data_HSUPA_P_Serving_RGCH_Hold		0.213
Data_HSUPA_P_DTX		0.220
Data_HSUPA_Avg_Raw_Throughput	0.237	0.469
Data_HSUPA_Avg_Scheduled_Throughput	0.240	0.491
Data_HSUPA_Total_E_DPDCH_Throughput	0.533	0.508
Data HSPAP MOD 64QAM Percent	0.325	0.342

ตารางที่ 4.28 ปัจจัยที่มีส่งผลต่อความพึงพอใจจากพื้นที่กรุงเทพมหานครและจังหวัดนครราชสีมาในบริการ

Call test 4G (CSFB Base on 3G) ในส่วนของ End Parameters และ All Parameters

QoS Parameters	Correlation Coefficient	
	BKK TRAIN	NMA TRAIN
End Parameters		
setup_duration	-0.76	-0.66
All Parameters		
setup_duration	-0.76	-0.66
CSFB duration	-0.35	-0.42
MM_CM_SERVICE_REQUEST to CC_SETUP duration	-0.19	
CC_SETUP to CC_ALERTING duration	-0.71	-0.56
Ec/lo	0.17	
RSCP		0.25
WCDMA Tx Power	-0.25	-0.32
WCDMA RSSI		0.26



ตารางที่ 4.29 ปัจจัยที่มีส่งผลต่อความพึงพอใจจากพื้นที่กรุงเทพมหานครและจังหวัดนครราชสีมาในบริการ YouTube 4G ในส่วนของ End Parameters และ All Parameters

QoS Parameters	Correlation Coefficient	
	BKK TRAIN	NMA TRAIN
End Parameters		
YouTube_Duration_To_First_Play	-0.69	-0.57
YouTube_Buffering_Count	-0.78	-0.81
YouTube_Buffering_Duration	-0.80	-0.83
All Parameters		
Throughput_Download_App	0.30	0.56
YouTube_Duration_To_First_Play	-0.69	-0.57
YouTube_Buffering_Count	-0.78	-0.81
YouTube_Buffering_Duration	-0.80	-0.83
Avg RSRQ	0.13	
Avg RSSI		0.15
PDSCH Stream 0 Block Size	-0.32	
PDSCH Traffic To Pilot Ratio		0.14
PDSCH Stream 1 Block Size	-0.26	-0.13
LTE BLER		-0.18
Ite mcs index	-0.19	
Ite I1 pdsch throughput all carriers mbps	0.30	0.45
LTE PUCCH Tx Power	-0.11	

ตารางที่ 4.30 ปัจจัยที่มีส่งผลต่อความพึงพอใจจากพื้นที่กรุงเทพมหานครและจังหวัดนครราชสีมาในบริการ Facebook 4G ในส่วนของ End Parameters และ All Parameters

QoS Parameters	Correlation Coefficient	
	BKK TRAIN	NMA TRAIN
End Parameters		
post_photo_duration_time	-0.23	-0.17
All Parameters		
post_photo_duration_time	-0.23	-0.17
PDSCH Traffic To Pilot Ratio		0.19

ตารางที่ 4.31 ปัจจัยที่มีส่งผลต่อความพึงพอใจจากพื้นที่กรุงเทพมหานครและจังหวัดนครราชสีมาในบริการ Line 4G ในส่วนของ End Parameters และ All Parameters

QoS Parameters	Correlation Coefficient	
	BKK TRAIN	NMA TRAIN
End Parameters		
LINE_Load_Photo_Duration_MS	-0.37	-0.23
All Parameters		
LINE_Send_Duration		-0.34
LINE_Load_Photo_Duration_MS	-0.37	-0.23
Avg RSRP	0.15	
Avg RSSI	0.15	
PDSCH Stream[0] Block Size	0.19	0.18
PDSCH Traffic To Pilot Ratio		0.21
PDSCH Stream[1] Block Size	0.18	
lte tx power	-0.17	
lte mcs index	0.22	
LTE PUCCH Tx Power	-0.18	
LTE PUSCH Tx Power	-0.20	

ตารางที่ 4.32 ปัจจัยที่มีส่งผลกระทบต่อความพึงพอใจจากพื้นที่กรุงเทพมหานครและจังหวัดนครราชสีมาในบริการ Web Browser 4G ในส่วนของ End Parameters และ All Parameters

QoS Parameters	Correlation Coefficient	
	BKK TRAIN	NMA TRAIN
End Parameters		
Duration_Time	-0.52	-0.53
All Parameters		
Duration_Time	-0.52	-0.53
Throughput_Download_App	0.62	0.50
Avg RSRP		0.14
Avg RSRQ		
Avg RSSI	0.10	0.18
SINR Rx[0]	0.11	
SINR Rx[1]	0.10	
PDSCH Stream[0] Block Size	0.33	0.24
PDSCH Traffic To Pilot Ratio		0.14
PDSCH Stream[1] Block Size	0.21	
lte tx power	-0.12	
lte sinr	0.11	
lte mcs index	0.24	0.23
lte l1 pdsch throughput all carriers mbps	0.50	0.44
LTE PUCCH Tx Power	-0.19	
LTE PUSCH Tx Power	-0.14	

ผลที่ได้จากตารางที่ 4.23 ถึง 4.32 แสดงค่าปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ (QoS Parameters) ที่มีผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ซึ่งค่าที่บ่งชี้ถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยกับคะแนนความพึงพอใจที่แสดงได้จากค่าสหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ของปัจจัยต่าง ๆ ซึ่งหากมีค่าเข้าใกล้ 1 จะส่งผลให้

แบบจำลองนั้นมีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด ค่าปัจจัยเหล่านี้จากตารางจะนำไปใช้ในการสร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์และทำการเปรียบเทียบความเหมือนความแตกต่างของแบบจำลอง

หลังจากการสร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ด้วยวิธีการ โครงข่ายประสาทเทียมในลำดับถัดไปจะเป็นขั้นตอนการทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างผลลัพธ์ที่เกิดจากการป้อนค่าปัจจัยด้านคุณภาพบริการเข้าแบบจำลองเทียบกับผลการประเมินความพึงพอใจ ผลจากการสร้างแบบจำลองของกลุ่มตัวอย่างสามารถอธิบายในแต่ละส่วนของการสร้างแบบจำลองได้ดังตารางที่ 4.33 ถึง 4.40

ตารางที่ 4.33 ค่าสหสัมพันธ์ของแบบจำลองของแต่ละบริการในระบบ 3G (WCMDA) จากพื้นที่กรุงเทพมหานครในส่วนของ End Parameter

SERVICE	Call	Youtube	Facebook	Line	Web
CORRELATION	0.746	0.842	0.447	0.413	0.693

ตารางที่ 4.34 ค่าสหสัมพันธ์ของแบบจำลองของแต่ละบริการในระบบ 3G (WCMDA) จากพื้นที่กรุงเทพมหานครในส่วนของ ALL Parameter

SERVICE	Call	Youtube	Facebook	Line	Web
CORRELATION	0.826	0.965	0.837	0.775	0.941

ตารางที่ 4.35 ค่าสหสัมพันธ์ของแบบจำลองของแต่ละบริการในระบบ 4G (LTE) จากพื้นที่กรุงเทพมหานครในส่วนของ End Parameter

SERVICE	Call	Youtube	Facebook	Line	Web
CORRELATION	0.759	0.898	0.265	0.500	0.705

ตารางที่ 4.36 ค่าสหสัมพันธ์ของแบบจำลองของแต่ละบริการในระบบ 4G (LTE) จากพื้นที่กรุงเทพมหานครในส่วนของ All Parameter

SERVICE	Call	Youtube	Facebook	Line	Web
CORRELATION	0.835	0.946	0.267	0.884	0.954

ตารางที่ 4.37 ค่าสหสัมพันธ์ของแบบจำลองของแต่ละบริการในระบบ 3G (WCMDA) จากพื้นที่จังหวัด นครราชสีมาในส่วนของ End Parameter

SERVICE	Call	Youtube	Facebook	Line	Web
CORRELATION	0.634	0.919	0.301	0.388	0.787

ตารางที่ 4.38 ค่าสหสัมพันธ์ของแบบจำลองของแต่ละบริการในระบบ 3G (WCMDA) จากพื้นที่จังหวัด นครราชสีมาในส่วนของ All Parameter

SERVICE	Call	Youtube	Facebook	Line	Web
CORRELATION	0.855	0.997	0.937	0.991	0.955

ตารางที่ 4.39 ค่าสหสัมพันธ์ของแบบจำลองของแต่ละบริการในระบบ 4G (LTE) จากพื้นที่จังหวัด นครราชสีมาในส่วนของ End Parameter

SERVICE	Call	Youtube	Facebook	Line	Web
CORRELATION	0.686	0.943	0.204	0.344	0.759

ตารางที่ 4.40 ค่าสหสัมพันธ์ของแบบจำลองของแต่ละบริการในระบบ 4G (LTE) จากพื้นที่จังหวัด นครราชสีมาในส่วนของ All Parameter

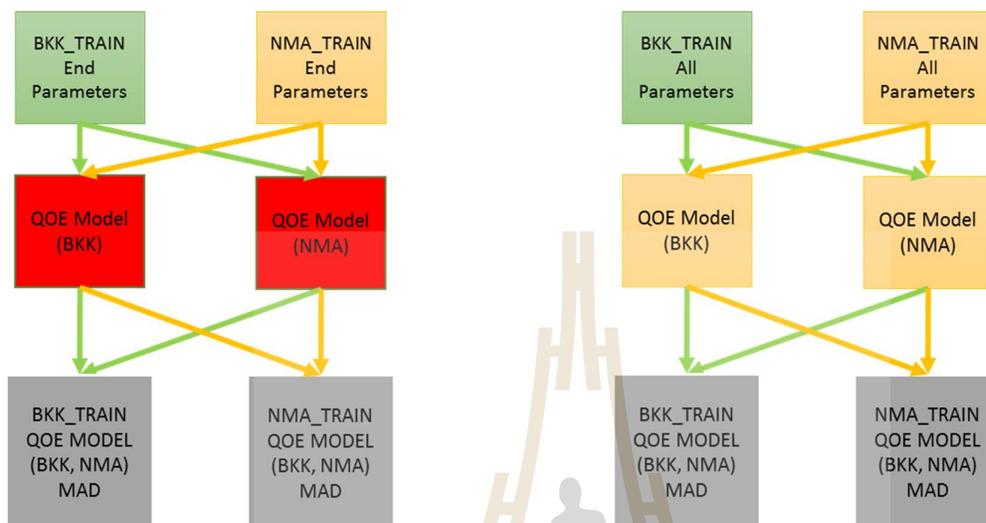
SERVICE	Call	Youtube	Facebook	Line	Web
CORRELATION	0.909	0.970	0.356	0.873	0.956

จากข้อมูลที่แสดงจะเห็นได้ว่าค่าสหสัมพันธ์ของแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ในบาง บริการมีค่าที่ต่ำสุดเท่ากับ 0.204 และมีค่าสูงสุด 0.997 ซึ่งบริการที่มีค่าสหสัมพันธ์ของแบบจำลองคุณภาพ ของประสบการณ์ที่ต่ำนั้นเป็นผลมาจากจำนวนของปัจจัยที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองและความสัมพันธ์ ระหว่างค่าปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่ต่ำ ดังนั้นในการเลือกปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ จะต้องคำนึงถึงค่าสหสัมพันธ์และปัจจัยที่ต้องการจะศึกษาเพื่อใช้ในการประเมินคุณภาพของประสบการณ์

4.4.2 การเปรียบเทียบความเหมือนความต่างของแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์

แบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ที่สร้างขึ้นจากข้อมูลที่เก็บรวบรวมในพื้นที่กรุงเทพมหานคร และจังหวัดนครราชสีมา แบ่งออกเป็นสองกลุ่ม โดยแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ที่ใช้ End Parameters และแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ที่ใช้ All Parameters ในการประเมินคะแนนคุณภาพ

ของประสบการณ์ ซึ่งจะแสดงได้ดังรูปที่ 4.8 ในการใช้ตัวชี้วัดจากสมการที่ 4.1 ในการเปรียบเทียบความเหมือนความแตกต่างของแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ที่ถูกสร้างจากพื้นที่ที่แตกต่างกัน



รูปที่ 4.8 แผนผังการเปรียบเทียบแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์

จากรูปที่ 4.8 ข้อมูลที่ได้จากการเก็บผลในพื้นที่กรุงเทพมหานครที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ก็คือ BKK TRAIN และข้อมูลที่ได้จากการเก็บผลในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมาเพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ก็คือ NMA TRAIN ทั้งนี้หลังจากที่ได้แบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ใช้ End Parameters และแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ที่ใช้ All Parameters ในการประเมินคะแนนคุณภาพของประสบการณ์ ข้อมูลที่ได้จากการเก็บผลของทั้งสองพื้นที่จะนำไปป้อนเข้าแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์โดยการป้อนข้อมูลที่สร้างแบบจำลองของพื้นที่จังหวัดนครราชสีมาเข้าแบบจำลองที่สร้างจากการเก็บผลในพื้นที่กรุงเทพมหานคร และในขณะเดียวกันข้อมูลที่ใช้สร้างแบบจำลองในพื้นที่กรุงเทพมหานครป้อนเข้าแบบจำลองถูกสร้างจากการเก็บผลในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา ผลของเปรียบเทียบแบบจำลองสามารถแสดงได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.41 เปรียบเทียบแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์บนระบบ 3G (WCMDA) จากปัจจัยด้านคุณภาพของบริการในส่วนของ End Parameters

CALL 3G

QOE MODEL	MAD BKK,NMA	%ERROR
BKK	0.187	4%
NMA	0.182	4%

YOUTUBE 3G

QOE MODEL	MAD BKK,NMA	%ERROR
BKK	0.081	2%
NMA	0.088	2%

FACEBOOK 3G

QOE MODEL	MAD BKK,NMA	%ERROR
BKK	0.100	2%
NMA	0.113	2%

LINE 3G

QOE MODEL	MAD BKK,NMA	%ERROR
BKK	0.341	7%
NMA	0.324	6%

WEB BROWSER 3G

QOE MODEL	MAD BKK,NMA	%ERROR
BKK	0.257	5%
NMA	0.271	5%

ตารางที่ 4.42 เปรียบเทียบแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์บนระบบ 3G (WCMDA) จากปัจจัยด้านคุณภาพของบริการในส่วนอง All Parameters

CALL 3G

QOE MODEL	MAD BKK,NMA	%ERROR
BKK	0.622	12%
NMA	0.512	10%

YOUTUBE 3G

QOE MODEL	MAD BKK,NMA	%ERROR
BKK	2.331	47%
NMA	0.688	14%

FACEBOOK 3G

QOE MODEL	MAD BKK,NMA	%ERROR
BKK	0.356	7%
NMA	0.463	9%

LINE 3G

QOE MODEL	MAD BKK,NMA	%ERROR
BKK	0.560	11%
NMA	0.604	12%

WEB BROWSER 3G

QOE MODEL	MAD BKK,NMA	%ERROR
BKK	0.714	14%
NMA	0.728	15%

ตารางที่ 4.43 เปรียบเทียบแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์บนระบบ 4G (LTE) จากปัจจัยด้านคุณภาพของบริการในส่วนของ End Parameters

CALL 4G (BASE ON 3G)

QOE MODEL	MAD BKK,NMA	%ERROR
BKK	0.211	4%
NMA	0.097	2%

YOUTUBE 4G

QOE MODEL	MAD BKK,NMA	%ERROR
BKK	0.080	2%
NMA	0.086	2%

FACEBOOK 4G

QOE MODEL	MAD BKK,NMA	%ERROR
BKK	0.149	3%
NMA	0.147	3%

LINE 4G

QOE MODEL	MAD BKK,NMA	%ERROR
BKK	0.105	2%
NMA	0.120	2%

WEB BROWSER 4G

QOE MODEL	MAD BKK,NMA	%ERROR
BKK	0.290	6%
NMA	0.306	6%



ตารางที่ 4.44 เปรียบเทียบแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์บนระบบ 4G (LTE) จากปัจจัยด้านคุณภาพของบริการในส่วนของ All Parameters

CALL 4G (BASE ON 3G)

QOE MODEL	MAD BKK,NMA	%ERROR
BKK	0.712	14%
NMA	0.564	11%

YOUTUBE 4G

QOE MODEL	MAD BKK,NMA	%ERROR
BKK	0.182	4%
NMA	0.182	4%

FACEBOOK 4G

QOE MODEL	MAD BKK,NMA	%ERROR
BKK	2.027	41%
NMA	0.226	5%

LINE 4G

QOE MODEL	MAD BKK,NMA	%ERROR
BKK	0.405	8%
NMA	0.449	9%

WEB BROWSER 4G

QOE MODEL	MAD BKK,NMA	%ERROR
BKK	0.713	14%
NMA	0.807	16%

ผลที่ได้จากการเปรียบเทียบแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ที่แสดงได้ดังตารางที่ 4.41 เปรียบเทียบกับ ตารางที่ 4.42 บนระบบ 3G (WCDMA) และ ตารางที่ 4.43 เปรียบเทียบกับ ตารางที่ 4.44 บนระบบ 4G (LTE) พบว่าแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ที่สร้างจากพื้นที่กรุงเทพมหานครกับแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ที่สร้างขึ้นจากพื้นที่จังหวัดนครราชสีมามีความสัมพันธ์ที่ใกล้เคียงกันมากจากกลุ่มผู้ใช้เดียวกัน ซึ่งผลการทดสอบพบว่า เมื่อใช้เฉพาะส่วนของ End Parameters ในการสร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์และทดสอบให้ความน่าเชื่อถือของแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ที่สูงมากซึ่งมีค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดประมาณ 1 ถึง 7 เปอร์เซ็นต์

เมื่อใช้ปัจจัยด้านคุณภาพของประสบการณ์ในส่วนของ All Parameters ซึ่งประกอบด้วย End Parameters Radio Parameters และ Data Parameters ในการสร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์และทดสอบให้ค่าความผิดพลาดที่สูงกว่าและการเลือกปัจจัยเหล่านี้ขึ้นอยู่กับพื้นที่ในการประเมินความพึงพอใจ

4.5 การเปรียบเทียบคุณภาพของประสบการณ์จากกลุ่มตัวอย่างที่แตกต่างกัน

จากหัวข้อที่ 4.4.2 นั้นเราได้ข้อสรุปในการสร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ที่จะสามารถนำไปใช้งานได้ทุกพื้นที่จากกลุ่มตัวอย่างเดียวทั้งนี้ปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ (QoS Parameters) ที่ได้จากโปรแกรม AZENQOS นั้น ในส่วนของการเลือกใช้ End Parameters ให้ค่าความผิดพลาดที่ต่ำกว่าการเลือกใช้จาก All Parameters เนื่องจากในบางพื้นที่มีสภาพทางกายภาพที่แตกต่างกัน จึงส่งผลทำให้ค่าปัจจัยในส่วนของ Radio Parameters มีความสัมพันธ์ที่แตกต่างกันกับความพึงพอใจของผู้ใช้งานและมีความสัมพันธ์ที่แตกต่างกันระหว่าง End Parameters กับ Radio Parameters ในพื้นที่กรุงเทพมหานครและจังหวัดนครราชสีมา ดังนั้น ข้อสรุปของการใช้ End Parameters จะนำไปพิจารณาในการเปรียบเทียบคุณภาพของประสบการณ์จากกลุ่มตัวอย่างที่แตกต่างกันทั้งนี้ ค่าปัจจัยในส่วนของ Radio Parameters และ Data Parameters สามารถที่จะนำไปใช้สร้างแบบจำลองเพื่อประเมินคุณภาพของประสบการณ์เฉพาะในส่วนในพื้นที่ที่ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งในหัวข้อนี้จะใช้เพียงค่าปัจจัยเพียงส่วนของ End Parameters ในแต่ละบริการเท่านั้น

จากที่ได้ออกแบบการเก็บผลวิจัยเพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของประสบการณ์จากกลุ่มตัวอย่างที่ต่างกันในบทที่ 3 ผู้วิจัยได้เลือกกลุ่มตัวอย่างจากตัวแทนนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาและบุคลากรวัยทำงานที่เก็บผลในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ซึ่งเป็นการเก็บผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานจากกลุ่มตัวอย่างที่ต่างกันในพื้นที่เดียวกัน เพื่อหาข้อสรุปถึงระดับคุณภาพของประสบการณ์ในแต่ละกลุ่มตัวอย่างต้องการเมื่อเทียบกับค่าปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ (QoS Parameters) ในส่วนของ End Parameters ของแต่ละบริการ ทั้งนี้ผู้วิจัยเลือกพื้นที่กรุงเทพมหานครในการเก็บผลนี้ที่ประกอบไปด้วย สยาม, ประตูน้ํา, จตุจักร, แยกราชประสงค์, ลาดพร้าว ฯลฯ ซึ่งข้อมูลที่ได้จากทั้งสองกลุ่มตัวอย่างในแต่ละบริการมีจำนวนมากกว่า 500 ชุด ข้อมูลเพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลองและเปรียบเทียบคุณภาพของประสบการณ์จากกลุ่มตัวอย่างที่ต่างกัน

4.5.1 การเลือกปัจจัยด้านคุณภาพบริการที่ส่งผลต่อความพึงพอใจในการเปรียบเทียบความแตกต่างจากกลุ่มตัวอย่าง

การเลือกปัจจัยด้านคุณภาพบริการที่ส่งผลต่อความพึงพอใจโดยถูกกำหนดความสัมพันธ์จากค่าสหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) เพื่อใช้ในการเลือกปัจจัยเหล่านี้จากค่าปัจจัยในส่วน End

Parameters จากทั้งสองกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งแสดงการเลือกใช้ค่าปัจจัยในแต่ละบริการของแต่ละกลุ่มตัวอย่างได้ ดังตารางที่ 4.45 ในระบบ WCDMA และในตารางที่ 4.46 ในระบบ LTE

ตารางที่ 4.45 ปัจจัยที่มีส่งผลกระทบต่อความพึงพอใจจากของกลุ่มตัวอย่างตัวแทนนักศึกษามัธยมศึกษาและบุคคลวัยทำงานในระบบ 3G (WCDMA) ในส่วนของ End Parameters

ปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ	Correlation Coefficient	
	บัณฑิต	วัยทำงาน
Call 3G		
Setup_Duration (ms.)	-0.73	-0.55
CC_SETUP to CC_ALERTING duration (ms.)	-0.69	-0.50
Youtube 3G		
Throughput_Download_App (kbps)	0.37	0.77
YouTube_Duration_To_First_Play (s)	-0.66	-0.63
YouTube_Buffering_Count (n)	-0.73	-0.77
YouTube_Buffering_Duration (s)	-0.77	-0.85
Facebook 3G		
post_photo_duration_time (s)	-0.45	-0.57
download_photo_duration_time (s)	-0.10	-0.63
throughput post photo (kbps)	0.12	0.10
throughput download photo (kbps)	0.20	0.18
Line 3G		
LINE_Send_Duration (s)	-0.12	-0.13
LINE_Load_Photo_Duration_MS (ms.)	-0.35	-0.28
Web 3G		
Duration_Time (s)	-0.48	-0.85
Throughput_Download_App (kbps)	0.61	0.78

ตารางที่ 4.46 ปัจจัยที่มีส่งผลกระทบต่อความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างตัวแทนนักศึกษามัธยมศึกษาและบุคคลวัยทำงานบนระบบ 4G (LTE) ในส่วนของ End Parameters

ปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ	Correlation Coefficient	
	บัณฑิต	วัยทำงาน
Call 4G (CSFB Base on 3G)		
Setup_Duration (ms.)	-0.76	-0.64
CSFB (ms.)	-0.35	-0.24
MM_CM_SERVICE_REQUEST to CC_SETUP duration (ms.)	-0.19	-0.21
CC_SETUP to CC_ALERTING duration (ms.)	-0.71	-0.58
Youtube 4G		
Throughput_Download_App (kbps)	0.30	0.89
YouTube_Duration_To_First_Play (s)	-0.69	-0.61
YouTube_Buffering_Count (n)	-0.78	-0.84
YouTube_Buffering_Duration (s)	-0.80	-0.83
Facebook 4G		
post_photo_duration_time (s)	-0.23	-0.31
download_photo_duration_time (s)	-0.10	-0.35
Line 4G		
LINE_Send_Duration (s)	-0.11	-
LINE_Load_Photo_Duration_MS (ms.)	-0.37	-0.45
Web 4G		
Duration_Time (s)	-0.52	-0.91
Throughput_Download_App (kbps)	0.62	0.84

หลังจากที่การเลือกใช้ค่าปัจจัยเพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์และใช้ในการนำไปเปรียบเทียบระดับคุณภาพของประสบการณ์จากของกลุ่มตัวอย่าง

ในลำดับถัดไปเป็นขั้นตอนการทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างผลลัพธ์ที่เกิดจากการป้อนค่าปัจจัยด้านคุณภาพบริการเข้าแบบจำลองเทียบกับผลการประเมินความพึงพอใจ ซึ่งหากมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) เข้าใกล้ 1 จะส่งผลให้แบบจำลองนั้นมีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด ผลจากการสร้างแบบจำลองของแต่ละกลุ่มตัวอย่างสามารถอธิบายในแต่ละส่วนของการสร้างแบบจำลองได้ดังตารางที่ 4.46 ถึง 4.49

ตารางที่ 4.47 ค่าสหสัมพันธ์ของแบบจำลองของแต่ละบริการในระบบ 3G (WCMDA) จากตัวแทนนักศึกษามัธยมศึกษาที่เก็บผลในพื้นที่กรุงเทพมหานคร

SERVICE	Call	Youtube	Facebook	Line	Web
CORRELATION	0.772	0.881	0.615	0.546	0.720

ตารางที่ 4.48 ค่าสหสัมพันธ์ของแบบจำลองของแต่ละบริการในระบบ 4G (LTE) จากตัวแทนนักศึกษามัธยมศึกษาที่เก็บผลในพื้นที่กรุงเทพมหานคร

SERVICE	Call	Youtube	Facebook	Line	Web
CORRELATION	0.801	0.891	0.437	0.641	0.730

ตารางที่ 4.49 ค่าสหสัมพันธ์ของแบบจำลองของแต่ละบริการในระบบ 3G (WCMDA) จากตัวแทนบุคคลวัยทำงานที่เก็บผลในพื้นที่กรุงเทพมหานคร

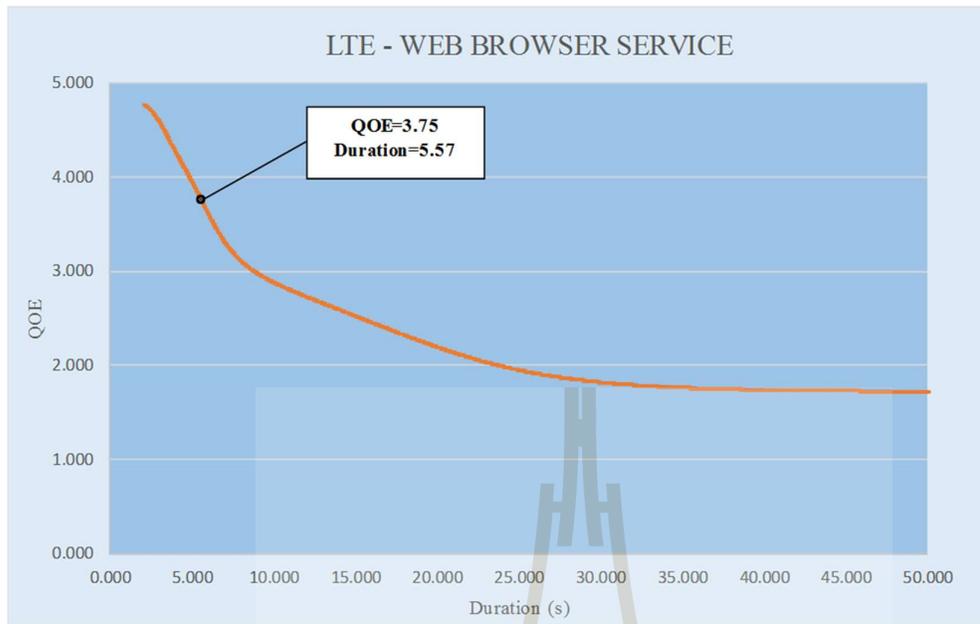
SERVICE	Call	Youtube	Facebook	Line	Web
CORRELATION	0.644	0.959	0.878	0.500	0.872

ตารางที่ 4.50 ค่าสหสัมพันธ์ของแบบจำลองของแต่ละบริการในระบบ 4G (LTE) จากตัวแทนบุคคลวัยทำงานที่เก็บผลในพื้นที่กรุงเทพมหานคร

SERVICE	Call	Youtube	Facebook	Line	Web
CORRELATION	0.728	0.931	0.543	0.691	0.943

4.5.2 การสังเคราะห์ปัจจัยด้านคุณภาพของบริการด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมในการเปรียบเทียบความแตกต่างจากกลุ่มตัวอย่าง

เพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของแต่ละค่าปัจจัยด้านคุณภาพบริการ (QoS parameter) ที่ส่งผลต่อระดับความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่แตกต่างกัน ซึ่งเป็นการกำหนดค่าเกณฑ์ในแต่พารามิเตอร์เทียบกับระดับคุณภาพประสบการณ์ โดยกำหนดให้ คะแนนคุณภาพของประสบการณ์เท่ากับ 3.75 ทั้งนี้ทั้งสองกลุ่มตัวอย่างจะตั้งเกณฑ์ไว้เพื่อเปรียบเทียบค่าปัจจัยด้านคุณภาพของบริการในแต่ละปัจจัยที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลเทียบกับคะแนนคุณภาพของประสบการณ์ เพื่อใช้ในการนำไปปรับปรุงเครือข่ายและศึกษาผลของปัจจัยเหล่านี้ในกลุ่มตัวอย่างที่แตกต่างกัน จากรูปที่ รูปที่ 4.9 เป็นการแสดงข้อมูลกราฟเพื่อที่จะนำไปใช้เป็นข้อมูลในการสะท้อนและปรับปรุงเครือข่ายในบริการ Web Browser บนระบบ 4G (LTE) จากกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์สาขาโทรคมนาคม ชั้นปีที่ 4 ที่อยู่ในขอบเขตช่วงอายุ 18 – 25 ปี ที่กำลังศึกษาในระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จากค่า Duration Time ดังที่ได้แสดงในตารางที่ 4.22 ซึ่งเป็นค่าปัจจัยที่ระบุถึงระยะเวลาในการ โหลดหน้าเว็บสำเร็จที่มีหน่วยของเวลาเป็นวินาที จากตัวอย่างนี้ผู้วิจัยกำหนดให้เกณฑ์ QoE Score มีค่าเท่ากับ 3.75 เพื่อนำไปเทียบกับค่าปัจจัยที่แสดงดังรูปนี้ จะเห็นได้ว่าที่คะแนนคุณภาพของประสบการณ์มีค่าเท่ากับ 3.75 โดยมีค่าปัจจัย Duration Time เท่ากับ 5.57 วินาที ซึ่งกราฟมีความชันเป็นลบหรือที่เรียกว่ามีแนวของค่าปัจจัยในทิศทางตรงข้ามกับคะแนนคุณภาพของประสบการณ์ ทั้งนี้ถ้าหากต้องการให้มีค่าคะแนนคุณภาพของประสบการณ์ที่มากกว่า 3.75 จะต้องปรับปรุงเครือข่ายให้มีค่า Duration Time น้อยกว่า 5.57 วินาที เพื่อที่จะทำให้คะแนนคุณภาพของประสบการณ์ตอบสนองต่อความต้องการในกลุ่มตัวอย่างนี้ได้ดีกว่าเดิม



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่า Duration Time เทียบกับคะแนนคุณภาพของประสบการณ์ในบริการ Web Browser บนระบบ 4G (LTE) ของกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาชั้นปี 4 คณะวิศวกรรมศาสตร์สาขาโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีการศึกษา 2559

จากการเลือกปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ (QoS Parameters) ในแต่ละบริการดังตารางที่ 4.44 และ 4.45 แล้วนั้น ค่าปัจจัยที่ส่งผลต่อคะแนนคุณภาพของประสบการณ์จะนำไปสังเคราะห์ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม ในการหาแนวโน้มและค่าของปัจจัยที่ต้องเพิ่มหรือลด เพื่อนำไปปรับปรุงเครือข่ายให้ได้คะแนนคุณภาพของประสบการณ์สูงกว่าเกณฑ์ที่ได้ตั้งไว้และเปรียบเทียบระดับความแตกต่างของกลุ่มตัวอย่าง ดังแสดงตามตารางที่ 4.49 และ 4.50 ซึ่งเป็นการสังเคราะห์ค่าปัจจัยด้านคุณภาพของบริการในบริการของกลุ่มตัวอย่างที่แตกต่างกันในระบบ 3G (WCDMA) และ 4G (LTE) ตามลำดับ

ตารางที่ 4.51 การสังเคราะห์ค่าปัจจัยด้านคุณภาพของบริการในบริการในระบบ 3G (WCDMA)

ปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ	บันทึก	วัยทำงาน	แนวโน้ม
Call 3G			
Setup_Duration (ms.)	5013	NA	(-) ต้องน้อยกว่า
CC_SETUP to CC_ALERTING duration (ms.)	4402	NA	(-) ต้องน้อยกว่า
Youtube 3G			
Throughput_Download_App (kbps)	1631	1477	(+) ต้องมากกว่า
YouTube_Duration_To_First_Play (s)	3.46	4.37	(-) ต้องน้อยกว่า
YouTube_Buffering_Count (n)	2	3	(-) ต้องน้อยกว่า
YouTube_Buffering_Duration (s)	9	4.29	(-) ต้องน้อยกว่า
Facebook 3G			
post_photo_duration_time (s)	NA	NA	(-) ต้องน้อยกว่า
download_photo_duration_time (s)	NA	NA	(-) ต้องน้อยกว่า
throughput post photo (kbps)	60	NA	(+) ต้องมากกว่า
throughput download photo (kbps)	39	116	(+) ต้องมากกว่า
Line 3G			
LINE_Send_Duration (s)	3.71	NA	(-) ต้องน้อยกว่า
LINE_Load_Photo_Duration_MS (ms.)	1690	NA	(-) ต้องน้อยกว่า
Web 3G			
Duration_Time (s)	NA	15.8	(-) ต้องน้อยกว่า
Throughput_Download_App (kbps)	NA	1763	(+) ต้องมากกว่า
***กำหนดค่าเกณฑ์ของ QOE มีค่ามากกว่า 3.75			

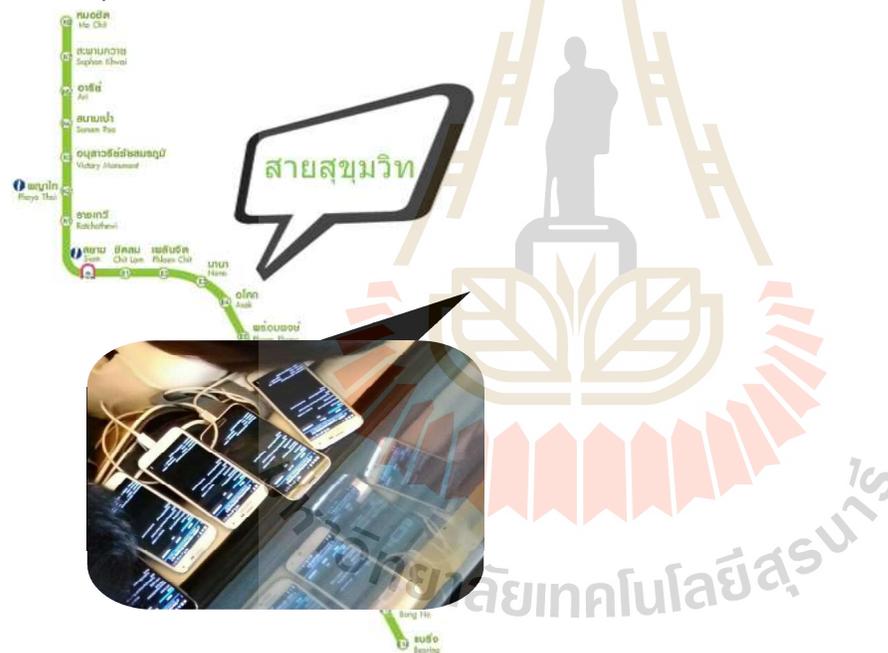
ตารางที่ 4.52 การสังเคราะห์ค่าปัจจัยด้านคุณภาพของบริการในบริการในระบบ 4G (LTE)

ปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ	บันทึก	วัยทำงาน	แนวโน้ม
Call 4G (CSFB Base on 3G)			
Setup_Duration (ms.)	5370	NA	(-) ต้องน้อยกว่า
CSFB (ms.)	1117	NA	(-) ต้องน้อยกว่า
MM_CM_SERVICE to CC_SETUP duration (ms.)	117	NA	(-) ต้องน้อยกว่า
CC_SETUP to CC_ALERTING duration (ms.)	3715	NA	(-) ต้องน้อยกว่า
Youtube 4G			
Throughput_Download_App (kbps)	1696	1588	(+) ต้องมากกว่า
YouTube_Duration_To_First_Play (s)	3.6	4.67	(-) ต้องน้อยกว่า
YouTube_Buffering_Count (n)	6	4	(-) ต้องน้อยกว่า
YouTube_Buffering_Duration (s)	13.58	5.63	(-) ต้องน้อยกว่า
Facebook 4G			
post_photo_duration_time (s)	NA	NA	(-) ต้องน้อยกว่า
download_photo_duration_time (s)	NA	NA	(-) ต้องน้อยกว่า
Line 4G			
LINE_Send_Duration (s)	NA	-	(-) ต้องน้อยกว่า
LINE_Load_Photo_Duration_MS (ms.)	5920	NA	(-) ต้องน้อยกว่า
Web 4G			
Duration_Time (s)	5.64	14.21	(-) ต้องน้อยกว่า
Throughput_Download_App (kbps)	NA	1830	(+) ต้องมากกว่า
***กำหนดค่าเกณฑ์ของ QOE มีค่ามากกว่า 3.75			

4.5.3 การนำแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ที่ไปใช้ประเมินคุณภาพของประสบการณ์จากการ

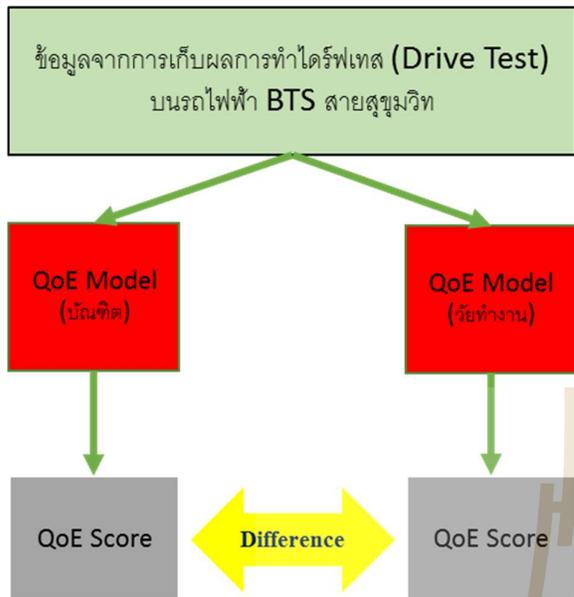
ไคร์ฟเทส (Drive Test) เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบความแตกต่างจากกลุ่มตัวอย่าง

หลังจากกระบวนการสร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์จากกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาบัณฑิตศึกษาและบุคคลวัยทำงานเสร็จเรียบร้อยแล้ว แบบจำลองที่สร้างขึ้นจะถูกนำไปงานจากการเก็บผลไคร์ฟเทส (Drive Test) ทั้งนี้ได้ทดสอบกับการเก็บผลในเส้นทางรถไฟฟ้ามหานคร BTS สายสุขุมวิท จากสถานีหมอชิตถึงสถานีบางรี ซึ่งได้ทำการเก็บข้อมูลจากการดำเนินการในแต่ละบริการจากโปรแกรม AZENQOS ในการเก็บค่าปัจจัยด้านคุณภาพของบริการและข้อมูลตำแหน่งพิกัดที่ทำการเก็บข้อมูล จากนั้นนำข้อมูลที่ได้นำไปใช้ป้อนเข้าแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ที่สร้างในพื้นที่กรุงเทพมหานครจากกลุ่มตัวอย่างตัวแทนนักศึกษบัณฑิตศึกษา และแบบจำลองที่สร้างจากกลุ่มบุคคลวัยทำงานในการประเมินคะแนนคุณภาพของประสบการณ์



รูปที่ 4.10 การเก็บผลไคร์ฟเทส (Drive Test) บนรถไฟฟ้ามหานครสายสุขุมวิท

ข้อมูลที่ได้จากการเก็บผล Drive Test นำไปป้อนเข้าแบบจำลอง เพื่อใช้ประเมินคุณภาพของประสบการณ์ ดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 การประเมินคุณภาพของประสบการณ์จากแบบจำลองที่แตกต่างกัน

ผลที่ได้จากการประเมินคะแนนคุณภาพของประสบการณ์ในแต่ละบริการแต่ละระบบสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.53 และ 4.54

ตารางที่ 4.53 ผลการประเมินคุณภาพของประสบการณ์ในระบบ 3G (WCMDA)

แบบจำลองคุณภาพ ของประสบการณ์	QoE Score Average				
	Call	Youtube	Facebook	Line	Web Browser
บ้านติด	4.076	4.681	4.731	3.748	2.549
บุคคลวัยทำงาน	4.903	4.795	4.951	4.815	4.415

ตารางที่ 4.54 ผลการประเมินคุณภาพของประสบการณ์ในระบบ 4G (LTE)

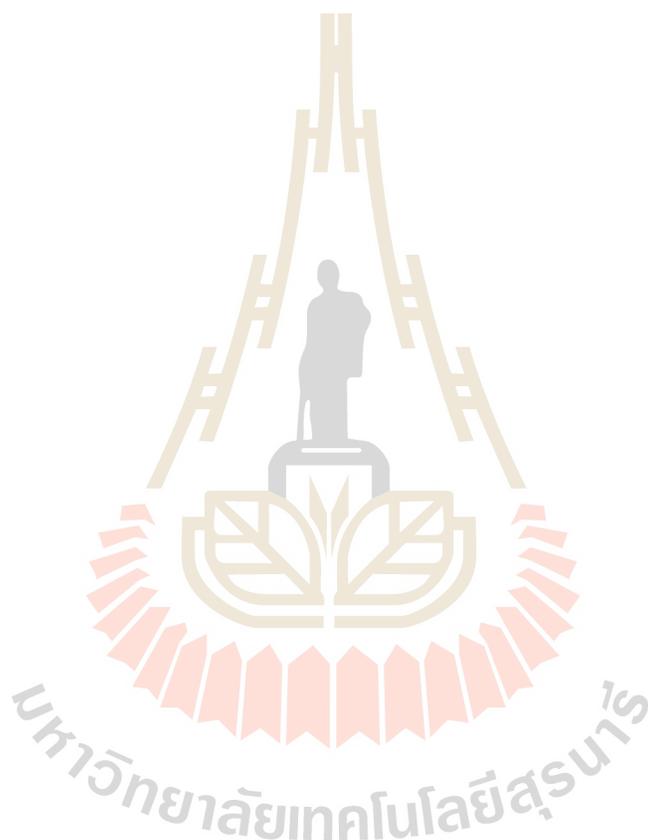
แบบจำลองคุณภาพ ของประสบการณ์	QoE Score Average				
	Call	Youtube	Facebook	Line	Web Browser
บ้านติด	4.109	4.897	4.953	4.697	3.403
บุคคลวัยทำงาน	4.833	4.958	4.996	4.847	4.786

จากผลการประเมินคุณภาพของประสบการณ์ พบว่าแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์จากกลุ่มตัวอย่างบุคคลวัยทำงานมีคะแนนคุณภาพของประสบการณ์สูงกว่าแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์จากกลุ่มตัวแทนนักศึกษาบัณฑิตศึกษาในทุกบริการทุกระบบ ซึ่งหมายความว่า ผู้ใช้งานในกลุ่มตัวอย่างของบุคคลวัยทำงานมีความพึงพอใจที่มีเกณฑ์ในการประเมินต่ำกว่ากลุ่มตัวแทนนักศึกษาบัณฑิตศึกษา ทั้งนี้แบบจำลองที่สร้างจากกลุ่มตัวอย่างที่แตกต่างกันย่อมส่งผลคะแนนคุณภาพของประสบการณ์ที่แตกต่างกันจากมุมมองของงานวิจัยนี้ ในการเลือกใช้แบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ในมุมมองของการนำไปใช้งานอาจจะต้องมองถึงกลุ่มตัวอย่างที่มีการใช้งานในเครือข่ายของผู้ประกอบการและผลประกอบการจากผู้ใช้งานในแต่ละกลุ่ม ทั้งนี้สำหรับการนำไปใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงเครือข่ายนั้น ควรเลือกแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ที่สร้างจากกลุ่มตัวอย่างที่มีค่าเกณฑ์ที่สูง ทั้งนี้เพื่อให้คะแนนคุณภาพของประสบการณ์ที่สะท้อนออกจากกลุ่มตัวอย่างนี้ที่ส่งผลกระทบต่อกลุ่มในทุกกลุ่มตัวอย่าง

4.6 กล่าวท้ายบท

เนื้อหาในบทนี้เป็นการสร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์และการวิเคราะห์ตามที่ได้ออกแบบไว้ในบทที่ 3 ที่มีการออกแบบแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์และขั้นตอนการทดลองเพื่อพิสูจน์สมมติฐานต่าง ๆ ซึ่งเริ่มจากการพัฒนาแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์จากกลุ่มตัวอย่างนักศึกษา 92 คน ที่กำลังศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีการศึกษา 2559 ในพื้นที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีจากการเก็บผลการทดสอบความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างนี้ จะนำไปใช้พัฒนาแบบจำลองในกระบวนการต่าง ๆ ซึ่งเป็นเพียงแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ที่ใช้เป็นตัวแทนเพียงกลุ่มนักศึกษาในกลุ่มนี้เท่านั้น แต่ในความเป็นจริงในการสร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์พื้นที่ในการเก็บผลของแบบจำลองย่อมทำให้ค่าปัจจัยด้านคุณภาพของบริการบางปัจจัยส่งผลกระทบต่อความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่แตกต่างกัน ในขั้นถัดไปได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อสร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ในพื้นที่กรุงเทพมหานครและจังหวัดนครราชสีมาจากกลุ่มตัวอย่างของนักศึกษابัณฑิตศึกษา สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี ซึ่งผลที่ได้จากการเก็บผลสร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์มีความคล้ายกันเมื่อนำเพียงปัจจัยด้านบริการในส่วนของ End Parameters มาใช้ในการสร้างแบบจำลอง เมื่อได้ข้อสรุปของแบบจำลองนี้ในขั้นถัดไปจะเป็นการศึกษาเปรียบเทียบกลุ่มตัวอย่างที่แตกต่างกันจากกลุ่มตัวอย่างตัวแทนนักศึกษابัณฑิตศึกษาที่ได้ทำการเก็บข้อมูลในพื้นที่กรุงเทพมหานครและกลุ่มตัวอย่างตัวแทนของบุคคลวัยทำงาน เก็บผลในพื้นที่เดียวกัน ซึ่งผลที่ได้พบว่ากลุ่มตัวอย่างที่แตกต่างกันส่งผลกระทบต่อระดับความพึงพอใจที่แตกต่างกัน โดยจากผลการเปรียบเทียบสองกลุ่มตัวอย่างพบว่ากลุ่มตัวแทนนักศึกษابัณฑิตศึกษามีเกณฑ์ที่สูงกว่ากลุ่มตัวแทนจากวัยทำงาน

ข้อมูลที่สร้างจากงานวิจัยเพื่อหาข้อพิสูจน์จากสมมติฐานต่าง ๆ ได้พิสูจน์ให้เห็นถึงความแตกต่างของพื้นที่ความแตกต่างของกลุ่มตัวอย่าง จนได้ข้อสรุปและนำไปพัฒนาแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ที่จะสามารถนำไปใช้จริงกับผู้ให้บริการเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่



บทที่ 5 รูปและข้อเสนอแนะ

5.1 รูป

จากที่มาและความสำคัญของปัญหาที่ได้กล่าวมาในบทที่ 1 เทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่มีการพัฒนาในด้านความเร็วที่สูงขึ้นและบริการมัลติมีเดียต่าง ๆ จึงทำให้มีผู้ใช้งานบริการเหล่านี้บนเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและทำให้เกิดการขยายเครือข่ายการให้บริการของผู้ประกอบการเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ ด้วยจำนวนผู้ใช้งานและผลตอบแทนทางธุรกิจที่ผู้ให้บริการได้รับ จึงทำให้เกิดการแข่งขันระหว่างผู้ให้บริการด้วยกัน ซึ่งในอดีตคุณภาพของบริการ (Quality of Service) เป็นผลการดำเนินงานที่สำคัญของทุกเครือข่ายเพราะสามารถวัดค่าได้และช่วยให้วิศวกรปรับปรุงการให้บริการเครือข่ายให้ตอบสนองต่อจำนวนของผู้ใช้งานที่เพิ่มขึ้นแต่ก็ไม่ได้ระบุถึงความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อเครือข่าย ผู้ใช้งานบางคนได้รับบริการที่ไม่ดีเนื่องจากมีผู้เข้าใช้จำนวนมากถึงแม้ว่าความแรงของสัญญาณยังคงดีก็ตาม ผู้ให้บริการต้องการที่จะเข้าถึงความพึงพอใจของผู้ใช้งานจึงทำให้เกิดตัวชี้วัดใหม่เรียกว่าคุณภาพของประสบการณ์ (Quality of Experience)

สำหรับงานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการสร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ที่ใช้ปัจจัยด้านคุณภาพของบริการ (QoS Parameters) แทนการประเมินความพึงพอใจจากผู้ใช้งานเพื่อลดเวลาและค่าใช้จ่ายในกระบวนการที่ให้ทราบถึงข้อมูลนี้ด้วยการนำเอาอัลกอริทึมโครงข่ายประสาทเทียมที่มีคุณสมบัติในการทำงานคล้ายกับสมองมนุษย์ในการสร้างแบบจำลองเพื่อประเมินคุณภาพของประสบการณ์ควบคู่ไปกับกระบวนการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยที่นำไปใช้สร้างแบบจำลองด้วยการกำหนดเกณฑ์จากการเปรียบเทียบกับความพึงพอใจที่ผู้ใช้งานประเมิน ซึ่งการบริการที่ใช้การสร้างแบบจำลองในงานวิจัยนี้ประกอบด้วยบริการ Call Youtube Facebook Line และ Web Browser ด้วยการออกแบบและพัฒนาแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์จากการเก็บข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในพื้นที่ภายในมหาวิทยาลัยในการพัฒนาแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ ซึ่งเป็นเพียงแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ที่ใช้เป็นตัวแทนเพียงกลุ่มนักศึกษาในกลุ่มนี้เท่านั้น จึงได้มีการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อสร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ในพื้นที่กรุงเทพมหานครและจังหวัดนครราชสีมาจากกลุ่มตัวอย่างของนักศึกษามัธยมศึกษาสาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ผลที่ได้จากการเก็บผลสร้างแบบจำลอง

คุณภาพของประสบการณ์มีความคล้ายคลึงกัน เมื่อนำปัจจัยด้านบริการในส่วนของ End Parameters มาใช้ในการสร้างแบบจำลอง เพื่อให้ได้ข้อสรุปของแบบจำลองนี้ จึงทำการศึกษาเปรียบเทียบกลุ่มตัวอย่างที่แตกต่างกันจากกลุ่มตัวอย่างตัวแทนนักศึกษาบัณฑิตศึกษาที่ได้ทำการเก็บข้อมูลในพื้นที่กรุงเทพมหานคร และกลุ่มตัวอย่างตัวแทนของบุคคลวัยทำงานที่มีช่วงอายุ 26-40 ปี ในการเก็บผลในพื้นที่เดียวกัน ซึ่งผลที่ได้พบว่ากลุ่มตัวอย่างที่แตกต่างกันส่งผลต่อระดับความพึงพอใจที่แตกต่างกัน โดยจากผลการเปรียบเทียบสองกลุ่มตัวอย่างพบว่ากลุ่มตัวแทนนักศึกษามหาวิทยาลัยบัณฑิตศึกษาจะมีเกณฑ์ที่สูงกว่ากลุ่มตัวแทนจากวัยทำงาน

จากงานวิจัยนี้ได้ข้อสรุปที่จะใช้ในการพัฒนาเพื่อสร้างโปรแกรม ทำให้ง่ายต่อการนำไปใช้งานด้วยการออกแบบโปรแกรมเฉพาะในการสร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์และการประเมินคุณภาพของประสบการณ์จากการใช้ปัจจัยด้านคุณภาพของบริการที่ได้จากโปรแกรม AZENQOS

จากผลการวิจัยนี้ที่ได้นำเสนอในนี้มีความมุ่งหวังว่าผู้ให้บริการด้านโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่จะนำแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ไปใช้ประเมินคุณภาพของประสบการณ์เพื่อสะท้อนให้ผู้ให้บริการนำข้อมูลที่ได้ไปปรับปรุงเครือข่ายของตนเพื่อดึงดูดและครองใจผู้ใช้งานในการเพิ่มจำนวนลูกค้าของตนในยุคที่มีการแข่งขันระหว่างผู้ให้บริการเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่

5.2 ปัญหาข้อเสนอแนะ

เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นการสร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ด้วยการใช้ข้อมูลที่ได้จากการเก็บผลในพื้นที่จริง ซึ่งในการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณ โดยใช้กลุ่มตัวอย่างที่แตกต่างกันในพื้นที่แตกต่างกันที่ประกอบด้วยพื้นที่กรุงเทพมหานครและพื้นที่จังหวัดนครราชสีมาซึ่งเป็นขั้นตอนที่ใช้เวลานานในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อสร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ เนื่องจากงานวิจัยนี้ต้องเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างในพื้นที่ที่แตกต่างกันผู้ทดสอบอาจเหนื่อยล้าจากการเก็บผลได้ ซึ่งปัญหาในงานวิจัยได้นำไปสู่การสร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ที่ใช้ปัจจัยด้านคุณภาพของบริการประเมินคุณภาพของประสบการณ์แทนผู้ใช้งานเพื่อช่วยลดค่าใช้จ่ายและเวลาในการที่จะเข้าถึงความพึงพอใจในทอมของคุณภาพของประสบการณ์

แบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ในมุมมองของการนำไปใช้งานต้องเล็งเห็นถึงกลุ่มตัวอย่างที่มีการใช้งานในเครือข่ายของผู้ประกอบการและผลประกอบการจากผู้ใช้งานในแต่ละกลุ่ม ทั้งนี้สำหรับการนำไปใช้เพื่อประเมินคุณภาพของประสบการณ์ให้ได้มาซึ่งข้อมูลในการปรับปรุงเครือข่ายนั้นควรเลือกแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ที่ถูกสร้างจากกลุ่มตัวอย่างที่มีค่าเกณฑ์ที่สูงทั้งนี้เพื่อให้คะแนนคุณภาพของประสบการณ์ที่สะท้อนออกจากกลุ่มตัวอย่างนี้ที่จะส่งผลได้ครอบคลุม

5.3 แนวทางการพัฒนาในอนาคต

ในงานวิจัยนี้ นำเสนอวิธีการสร้างแบบจำลองคุณภาพของประสบการณ์ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมจากการใช้ปัจจัยด้านคุณภาพของบริการที่ได้จากอุปกรณ์สมาร์ตโฟนที่ตั้งโปรแกรม AZENQOS เท่านั้น ซึ่งเป็นการโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมาในการสร้างและประเมินคุณภาพของประสบการณ์การจากบริการ Call Youtube Facebook Line และ Web Browser บนระบบ 3G (WCDMA) และ 4G (LTE) เท่านั้น ซึ่งในอนาคตการพัฒนามัลติมีเดียต่าง ๆ รวมทั้งสถาปัตยกรรมโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่มีความเร็วและมีรองรับจำนวนผู้ใช้งานได้มากขึ้น ก็สามารถที่จะพัฒนาแบบจำลองเพื่อใช้ในการประเมินคุณภาพของประสบการณ์จากบริการต่าง ๆ ที่จะเข้ามาในอนาคต ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลของปัจจัยด้านคุณภาพของบริการที่จะพัฒนาให้รองรับกับบริการและระบบต่าง ๆ ในอนาคตอีกด้วย

สำหรับขั้นตอนการวิเคราะห์ค่าปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อคะแนนคุณภาพของประสบการณ์จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการวิเคราะห์ที่สามารถระบุได้ว่าต้องปรับปรุงปัจจัยตัวใดบ้างที่จะทำให้มีคะแนนคุณภาพของประสบการณ์มีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ซึ่งอาจจะนำไปสู่การพัฒนากระบวนการในการปรับปรุงคุณภาพของบริการจากอุปกรณ์ภายในเครือข่ายเพื่อให้ตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งานมากที่สุด



บรรณานุกรม

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิระพงษ์ อุฑารสกุล. 2556. "ระบบสื่อสารเคลื่อนที่." สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

M. Fiedler, T. Hossfeld, and P. Tran-Gia. "A generic quantitative relationship between quality of experience and quality of service." *IEEE Network*, 2010, vol. 24, no. 2, pp. 36–41.

H. J. Kim and S. G. Choi. "A study on a QoS/QoE correlation model for QoE evaluation on IPTV service." In *Proceedings of the 12th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT '10)*, 2010, pp. 1377–1382.

Wang, Tianyi, Anjum Pervez, and Hua Zou. "VQM-based QoS/QoE mapping for streaming video." *Broadband Network and Multimedia Technology (IC-BNMT)*, 2010 3rd IEEE International Conference on. IEEE, 2010. p. 807-812.

F. Agboma and A. Liotta. "QoE-aware QoS management." *Proceedings of the 6th International Conference on Advances in Mobile Computing and Multimedia*, 2008, pp. 111-116.

Du, Haiqing, et al. "Research on relationship between QoE and QoS based on BP Neural Network." *Network Infrastructure and Digital Content*, 2009. IC-NIDC 2009. IEEE International Conference on. IEEE, 2009.

Kaiyu, Wang, Wang Yumei, and Zhang Lin. "A new three-layer QoE modeling method for HTTP video streaming over wireless networks." *Network Infrastructure and Digital Content (IC-NIDC)*, 2014 4th IEEE International Conference on. IEEE, 2014.

Zheng, Kan, et al. "Quality-of-experience assessment and its application to video services in LTE networks." *IEEE Wireless Communications* 22.1 (2015): 70-78.

ITU-T P.800. "Mean Opinion Score (MOS) terminology." July 2006.

ITU-T P.862, "Perceptual evaluation of speech quality (PESQ)." Feb 2001.

ITU-T G.107, "The E-model, a computational model for use in transmission planning." Mar 2005

Maureen Candill. "Neural Network Primer." *AI Expert Part 1*, 1989.

Garson and G. David. "Neural networks: An introductory guide for social scientists." Sage, 1998.

Panchal, G., et al. "Review on methods of selecting number of hidden nodes in artificial neural network." *International Journal of Computer Theory and Engineering* 3.2 (2011): 332-337.

McCulloch WS and Pitts WH. "A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity." Bull Math Biophys 1943; 5:115–133.

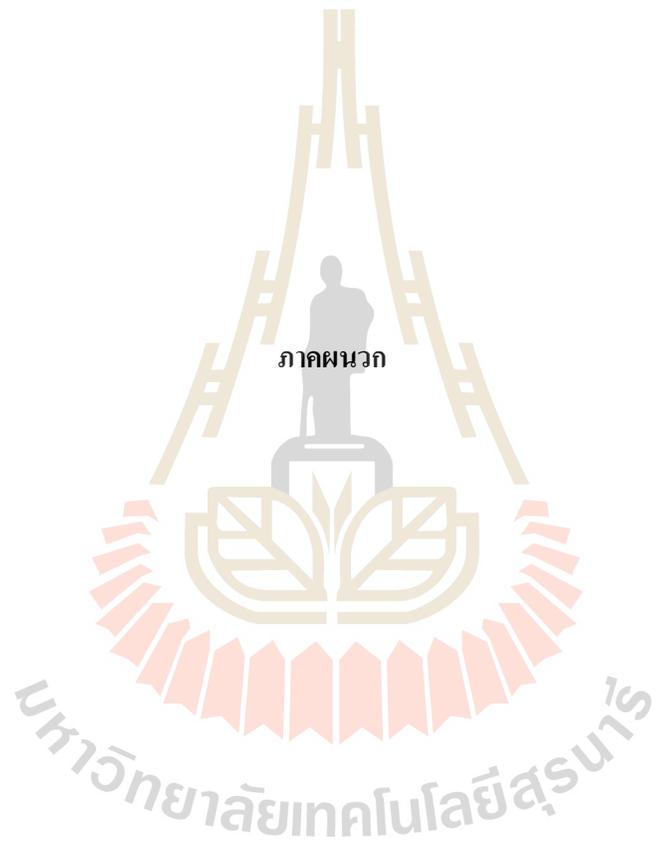
แหล่งที่มาออนไลน์

<https://www.gotoknow.org/posts/163433> วิทยา พรพัชรพงศ์, 2551

<http://alaska.reru.ac.th/text/ann.pdf> Alaska. อ้างอิงรูป

http://engineeronadisk.com/notes_software/neural.html อ้างอิงรูป



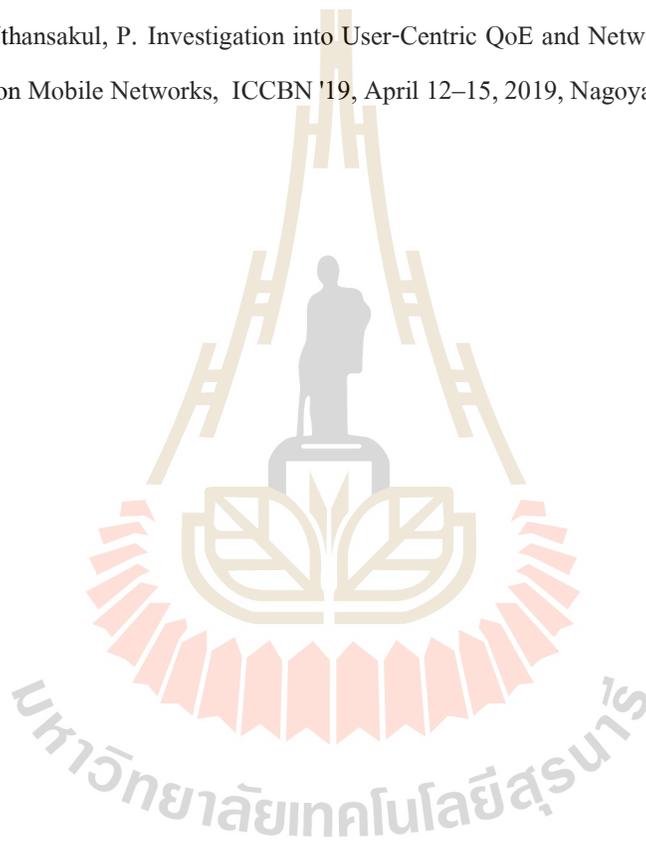


ภาคผนวก ก

การเผยแพร่ผลงานวิจัย

บทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในงานประชุมวิชาการนานาชาติ

Anchuen, P.; Uthansakul, P. Investigation into User-Centric QoE and Network-Centric Parameters for YouTube Service on Mobile Networks, ICCBN '19, April 12–15, 2019, Nagoya, Japan.



ภาคผนวก ข

บทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์



Investigation into User-Centric QoE and Network-Centric Parameters for YouTube Service on Mobile Networks

Patikom Anchuen
School of Telecommunication Engineering, Suranaree
University of Technology
Nakhon Ratchasima, Thailand
+66856351074
d6040178@g.sut.ac.th

Peerapong Uthansakul
School of Telecommunication Engineering, Suranaree
University of Technology
Nakhon Ratchasima, Thailand
+6644224603
uthansakul@sut.ac.th

ABSTRACT

The number of users on mobile networks has continuously increased due to many attractive multimedia services. According to this reason, the service operators have to regularly improve their networks in order to retain the need of existing users and also attract the expectation of new users. Nowadays, the operators concern Quality of Experience (QoE) metric as the key performance index to evaluate the networks rather than Quality of Service (QoS) metric. However, the QoE metric is based on the viewpoints of domain's experiences which the experiences from users and networks might not be correlated. Therefore, in this paper, the demonstration of user-centric and network-centric viewpoints based on QoS measurement via Drive Tests on mobile networks is presented. The difference viewpoints of QoE derived from user-centric and QoS parameters achieved by network-centric have been investigated through mobile networks of top three operators in Thailand. The results indicate that only some QoS parameters can provide the same trend as QoE. It implies that the operators should set some parameters as the higher priority for improving the network quality if they want to satisfy the experience of users.

CCS Concepts

Human-centered computing → Field studies → Mobile devices

Keywords

User-centric; Quality of Experience; Network-centric; Quality of Service; Drive Tests; Long-Term Evolution.

1. INTRODUCTION

The number of users that access multimedia services on mobile networks has steadily increased [1]. For this reason, mobile operators must constantly improve their networks to support the increase in traffic for responding users. User-centric is the key for enabling operators to retain existing users and attracting new users which can provide benefits to mobile communication [2]. The operators certainly need to adjust their perspectives by accessing Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee. Request permissions from Permissions@acm.org.

ICCBN '19, April 12–15, 2019, Nagoya, Japan.

Copyright 2019 ACM ISBN 978-1-4503-6247-4/190012...\$15.00.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/12345.67890>

user satisfaction in term of Quality of Experience (QoE). The QoE is the degree of delight or annoyance of user which is resulted from the fulfillment of user expectations with respecting the enjoyment of service on the light of the user's personality [3]. Also, it can be used as a measurement factor to indicate the network success. In the network optimization, operators must rely on QoS measurements to reflect the perspective of network-centric. These data are used as information for engineers to improve the networks. Therefore, QoE and QoS need to map the relationship to create a QoE model. Based on previous research surveys, we have found that the QoE model was created using different methods and different QoS indicators as described in [4]. There is no particular rule for QoE model as it just depends on the requirement of operators who decide the QoS parameters of interest to estimate QoE score. Usually, we can measure QoS from many parts of the networks while, if focusing on user-centric, QoS measurements should be focused on the end-device. It is well known that when operators need to improve their networks, the main process is to measure QoS at the end-device with Drive or Walk Tests [5]. The operators give the importance on many parameters that are the key used for improving the networks. Improving network performance by adjusting Electrical Tilt (E-Tilt) and Mechanical Tilt (M-Tilt) and adjusting the appropriate power antenna has been described in [6][7][8]. These researches aimed at increasing the Signal to Interference and Noise Ratio (SINR) which is the Radio parameter in LTE networks affecting the downlink transfer of information between Evolved Node B (eNodeB) and User Equipment (UE) more efficiently. The SINR is a parameter that operators really concern, which can be used to predict QoE by the model that has been created [9][10]. In fact, Radio parameters may not be able to reach user satisfaction because QoE is an end-user indicator [11]. End parameters are the parameters that users can recognize such as respond time, speed, jerk of video clips, etc. Radio parameters are the parameters that involves air interface. Hence, we use the End parameters and Radio parameters to evaluate the QoE from the model created using the methodology of our research presented previously [12]. It is a QoE modeling with an Artificial Neural Networks (ANN) method which is an effective and flexible way to choose QoS parameters for evaluating QoE.

However, it is the fact that the viewpoints of QoE from users might not be the same as networks viewpoints. Therefore, in this paper, the demonstration of QoE difference between user-centric and network-centric viewpoints is presented. By collecting QoS parameters with Drive Tests for YouTube service on mobile

networks, the QoE model can be created and used to evaluate the network performances [12]. The measurements have been performed through the mobile networks of top three operators in Thailand. Then this paper compares the results from three operators to measure the success of network based on user-centric using QoE metric and network-centric using QoS metric. The results are preliminary data for operators to improve the network and be important information for the deeper study of QoE research in the near future.

The remainder of this article is organized as follows: The QoS parameters and QoE model are explained in Section 2. Section 3 presents the design and methodology of the conducted research. The experimental results are discussed in Section 4, and Section 5 concludes the paper.

2. QOS PARAMETERS AND QOE MODEL

2.1 QoS parameters

In this paper, the parameters which can be measured from specific devices to collect data for the use in operations are on focus as shown in Figure. 1 [13]. The QoS parameters are divided into two parts: 1) End parameters consisting of Throughput Download and Buffering Duration and 2) Radio parameters consisting of Reference Signal Received Power and Signal to Interference and Noise Ratio. These parameters can be measured by some specific devices which are described as follows.

- Throughput Download (TD) is a average download throughput from application layer of YouTube session represented in kilobits per second (kbps) unit.
- Buffering Duration (BD) is the sum of buffering duration in YouTube session represented in second (s) unit. The BD should be equal to 0 or close to 0 because it is a measurement of the twitching of clips in YouTube.
- Reference Signal Received Power (RSRP) is a cell-specific signal strength related to metric that is used as an input for cell resection and handover decisions, which is represented by decibel-milliwatts (dBm) unit.



Figure 1. Application and tools for Drive Tests.

- Signal to Interference and Noise Ratio (SINR) is the ratio of the signal power to the summation of the average interference power from the other cells and the background noise presented in decibel (dB) unit. Operators focus on SINR to increase network efficiency [9].

2.2 QoE model

QoE model was created using the methods from our previous research [12] to be used for predicting QoE from QoS parameters which consist of TD, BD, RSRP, and SINR on YouTube service. For QoE prediction, QoS parameters are entered into (1) and (4) for evaluating the QoE score.

$$y_j = f(x_i \times w_{ij} - \theta_j) \tag{1}$$

$$f(Z) = \frac{1}{(1+e^{-Z})} \tag{2}$$

$$y_k = f(y_j \times w_{jk} - \theta_k) \tag{3}$$

$$QoE = 5 \cdot y_k \tag{4}$$

For w_{ij} , w_{jk} , θ_j , θ_k and x_i which are coefficient values within the QoE model, these coefficients have obtained from the result of modeling process using the collected datasets from the group of defined users with the subjective evaluation method in the real environment. The correlation coefficient of created QoE model was equal to 0.7 which shown a good model. These can be expressed as

$$w_{ij} = \begin{bmatrix} 0.292 & 0.288 & 0.285 \\ 8.241 & 6.458 & 5.159 \\ -0.045 & 0.084 & 0.188 \\ 0.111 & 0.020 & -0.070 \end{bmatrix}, w_{jk} = \begin{bmatrix} 7.642 \\ 7.198 \\ 6.986 \end{bmatrix}$$

$$\theta_j = [3.113 \quad 2.362 \quad 1.746], \theta_k = [0.577]$$

$$x_i = [0.002TD \quad -0.058BD \quad 0.039RSRP \quad 0.236SINR]$$

3. METHODOLOGY

3.1 QoS measurement



Figure 2. The route for Drive Test measurements.

For Drive Tests, the specific route is on BTS Sukhumvit Line, Bangkok, Thailand for three operators as shown in Figure. 2. The reason to select this route is because there are many people accessing mobile services of three operators everyday while traveling on the train. We used the specific smartphones equipped

with applications for collecting the data and travelled with the other passengers on the train to measure QoS parameters throughout the route starting from MO CHIT station to BEARING station.

There are three smartphones to measure QoS parameters. Herein this paper, three operators are named as Operator A, Operator B and Operator C. The measuring smartphones for all operators are set up by Drive Tests applications with the same set of parameters and in the same environment to test the quality of these operators.

3.2 QoE estimation

QoS parameters consisting of TD, BD, RSRP, and SINR are entered into the QoE model in order to predict the QoE scores. The equations in (1)-(4) are converted into (5) for the purpose of easier understanding.

$$QoE = f(TD, BD, RSRP, SINR) \tag{5}$$

The results of the QoE evaluation are ranged from 1 to 5, where 1 means the worst experience and 5 means the best experience according to ITU-T P.800 standards [14].

4. RESULTS AND DISCUSSIONS

By collecting QoS parameters with Drive Tests smartphones on the route shown in Figure. 2, the QoE can be evaluated by using (5). The measured data are filtered first in order to screen only required parameters and then feed into the QoE model to predict the QoE score. The sample data collected from Operator A, Operator B and Operator C are shown in Table 1, Table 2 and Table 3, respectively.

Table 1. The information of Operator A

Points	QoS parameters				QoE
	Throughput Download (kbps)	Buffering Duration (s)	RSRP (dBm)	SINR (dB)	
1	1909	0	-71.82	14.34	4.94
2	1914	0	-70.92	16.43	4.95
...
240	1920	0	-73.43	18.23	4.95

Table 2. The information of Operator B

Points	QoS parameters				QoE
	Throughput Download (kbps)	Buffering Duration (s)	RSRP (dBm)	SINR (dB)	
1	1906	0	-78.36	9.54	4.93
2	1886	0	-77.07	11.64	4.93
...
240	1910	0	-83.32	13.04	4.94

Table 3. The information of Operator C

Points	QoS parameters				QoE
	Throughput Download (kbps)	Buffering Duration (s)	RSRP (dBm)	SINR (dB)	
1	1857	0	-90.21	7.78	4.91

2	1839	0	-90.43	10.17	4.91
...
240	1814	0	-81.69	17.44	4.92

4.1 User-centric result

The results from the collecting data of the QoS parameters on the YouTube service in each operator were entered into the QoE model to predict the QoE score. The measurements took about 40 minutes from MO CHIT station to BEARING station. Each point of measurements took about 10 seconds. Therefore, more than 240 data points are collected for each operator. The results obtained from all points are used to compute the average of QoE value to reflect in the user-centric viewpoint as shown in Figure.3.

As seen in Figure.3., the Operator A provides the best experience from the viewpoint of users while Operator B gives the worst experience among three operators. If operators assume that QoE will reflect to every QoS parameter, then the trend of all QoS parameters should provide the same trend as shown in Figure. 3. However, this assumption is not true which the results in the next section will demonstrate the confirmation.

4.2 Network-centric result



Figure 3. Average QoE of each operator from user-centric viewpoints

For network-centric viewpoints, this paper investigates the conventional key parameters to reflect the quality of mobile networks. These parameters are Throughput Download (TD), Buffering Duration (BD), RSRP and SINR. The operators use these parameters to improve the network quality. The results from the collecting data of QoS parameters in each parameter were used to find the average value for comparing among three operators.

Figure 4. to Figure 7. demonstrate the average Throughput Download, average Buffering Duration, average RSRP and average SINR, respectively. As seen in Figure. 4., the average TD of Operator A provides the best performance and Operator B gives the worst. This trend is still happened for Figure.5. and Figure 6. Operator A provides the best average BD and average RSRP while Operator B gives the worst BD and RSRP. However, interestingly, the results in Figure. 7. does not reveal the same

conclusion as the previous figures. In Figure 7, Operator C provides the best performance of SINR and Operator B still gives the worst SINR.

4.3 Discussions

This paper demonstrates the viewpoints of user-centric via QoE and network-centric via QoS parameters for YouTube services which is one of the most popular service on mobile networks. In Section 4.1, the QoE as user-centric viewpoint is a measurement of entrepreneurial success. The good experience of users is the most importance factor for operators to gain more users.



Figure 4. Average Throughput Download of each operator from network-centric viewpoints.



Figure 5. Average Buffering Duration of each operator from network-centric viewpoints.

The results in Section 4.1 indicate that Operator A obtains the highest average QoE and followed by Operator C and Operator B respectively. However, this trend is valid for only some QoS parameters as shown in Section 4.2 when considering the network-centric viewpoints through QoS parameters. It is found that the average SINR of Operator C is the highest and is followed by Operator A and Operator B respectively. This finding is very important to Operator C because if Operator C is happy with the

network-centric viewpoints as SINR, then it can mislead Operator C to improve the quality of network.

5. CONCLUSIONS

User-centric viewpoint is an important index used to improve the networks because it can reveal the satisfaction of users via QoE metric. The results of this research have shown that the user-centric and network-centric viewpoints have some consistent layouts. The SINR is a radio parameter that operators must focus on to improve their networks all the time. However, this paper has found that it is inconsistent from ranking the QoE of operators. The average SINR of Operator C is greater than other operators,

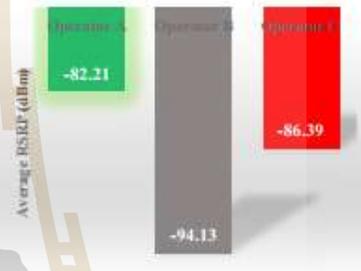


Figure 6. Average RSRP of each operator from network-centric viewpoints.



Figure 7. Average SINR of each operator from network-centric viewpoints.

but the average QoE of Operator C is less than other operators. The configurations within the network of each operator such as bandwidth, frequency, radio resource allocation, etc. may cause these results. This paper suggests that the operators could consider QoE metric as a high priority for improving the network quality if they want to satisfy the experience of users.

6. ACKNOWLEDGMENTS

This paper was financially supported by Suranaree University of Technology. Also, the authors would like to thank Montakam Ahkuputra, Naree Thiengtum, Apatsaraphrom, Nalinrat Kiatnamchok and Dr. Dheerasak Anantakul for supporting in the practical measurements on mobile networks.

7. REFERENCES

- [1] Index, C. V. N. (2017). Global mobile data traffic forecast update, 2016-2021 white paper. Cisco: San Jose, CA, USA.
- [2] Agiwal, M., Roy, A., & Saxena, N. (2016). Next generation 5G wireless networks: A comprehensive survey. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 18(3), 1617-1655.
- [3] Brunström, K., Beker, S. A., De Moor, K., Dooms, A., Egger, S., Garcia, M. N., ... & Lawlor, B. (2013). Qualinet white paper on definitions of quality of experience.
- [4] Chen, Y., Wu, K., & Zhang, Q. (2015). From QoS to QoE: A tutorial on video quality assessment. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 17(2), 1126-1165.
- [5] Mjhood, A. Y. (2016). Evaluation of User Perceived QoE in Mobile Systems Using Social Media Analytics. [online]. Available: <https://repository.lib.fit.edu/handle/11141/1133>.
- [6] Buenestado, V., Toril, M., Luna-Ramirez, S., Ruiz-Avilés, J. M., & Mendo, A. (2017). Self-tuning of remote electrical tilts based on call traces for coverage and capacity optimization in LTE. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 66(5), 4315-4326.
- [7] Ouyang, Y., Li, Z., Su, L., Lu, W., & Lin, Z. (2017). APP-SON: Application characteristics-driven SON to optimize 4G/5G network performance and quality of experience. In 2017 IEEE International Conference on Big Data (Big Data) (pp. 1514-1523).
- [8] Tervo, O., Pennanen, H., Christopoulos, D., Chatzinotas, S., & Ottersten, B. (2018). Distributed optimization for coordinated beamforming in multicell multigroup multicast systems: Power minimization and SINR balancing. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 66(1), 171-185.
- [9] Wang, R., Zhang, X., Wang, Y., Chen, K., & Tao, X. (2017). QoE-Oriented Random Access for Hybrid MTC and Cellular Communications. In 2017 IEEE 85th Vehicular Technology Conference (VTC Spring) (pp. 1-6).
- [10] Shivakumar, M. V., & Gautam, S. (2016). MOS estimate improvement of ITU-T opinion model through erasure coding technique. In 2016 Conference on Advances in Signal Processing (CASP) (pp. 54-59). IEEE.
- [11] Jahromi, H. Z., Hines, A., & Delanev, D. T. (2018). Towards application-aware networking: ML-based end-to-end application kpi/qoe metrics characterization in sdn. In 2018 Tenth International Conference on Ubiquitous and Future Networks (ICUFN) (pp. 126-131). IEEE.
- [12] Anchuen, P., Uthansakul, P., & Uthansakul, M. (2016). QoE model in cellular networks based on QoS measurements using Neural Network approach. In 2016 13th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON) (pp. 1-5). IEEE.
- [13] [online]. Available: <http://www.azensqos.com>
- [14] International Telecommunication Union (1996). ITU-T Rec. P.800. Methods for subjective determination of transmission quality.

ประวัติผู้วิจัย

รองศาสตราจารย์ ดร. พีระพงษ์ อุฑารสกุล สำเร็จการศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต และวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2539 และ 2541 จากนั้นเข้าทำงานในตำแหน่งวิศวกรระบบโทรคมนาคมที่องค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย จนกระทั่ง พ.ศ. 2543 จึงได้ย้ายมาเป็นอาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และได้ลาศึกษาต่อระดับปริญญาเอกตั้งแต่ปี พ.ศ. 2546 ณ University of Queensland, Australia เมื่อ พ.ศ. 2549 จึงได้กลับเข้ามาปฏิบัติหน้าที่อาจารย์ตามเดิม ผู้วิจัยมีเชี่ยวชาญในด้านระบบ MIMO, Information Theory, Signal Processing, Radio Wave Modelling, Mobile Communication, Advance Wireless Communication ปัจจุบันมีบทความวิจัยตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารวิชาการระดับนานาชาติ 30 บทความ ในวารสารวิชาการระดับชาติ 6 บทความ ในการประชุมวิชาการระดับนานาชาติ 115 บทความ หนังสือวิชาการในประเทศ 1 เล่มและต่างประเทศ 1 เล่ม มีลิขสิทธิ์ 1 รายการและ สิทธิบัตร 1 รายการ

รองศาสตราจารย์ ดร. พีระพงษ์ อุฑารสกุล ได้รับรางวัล Young Scientist Travel Grant Award จากงานประชุมวิชาการนานาชาติ International Symposium on Antenna Propagation ปี พ.ศ. 2547 ณ ประเทศญี่ปุ่น และได้รับรางวัล Best Student Presentation Award จากงานประชุมวิชาการนานาชาติ Australian Symposium on Antenna ปี พ.ศ. 2548 ณ ประเทศออสเตรเลีย ในปี พ.ศ. 2553 รองศาสตราจารย์ ดร. พีระพงษ์ อุฑารสกุล ได้รับรางวัลพนักงานดีเด่น ด้านการวิจัย สำหรับนักวิจัยรุ่นใหม่ จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และในปี พ.ศ. 2556 บทความที่เป็นผู้ประพันธ์หลักเรื่อง Low-profile beamforming MIMO systems for wireless communications ได้รับรางวัลประกาศนียบัตร ผู้นำเสนอผลงานวิจัยดีมากแบบโปสเตอร์ ในงานการประชุมสุดยอดมหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ ครั้งที่ 2 (The Second Thailand National Research Universities Summit : NRU SUMMIT II) วันที่ 7-8 พฤษภาคม 2556 ณ ศูนย์การประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ กรุงเทพฯ