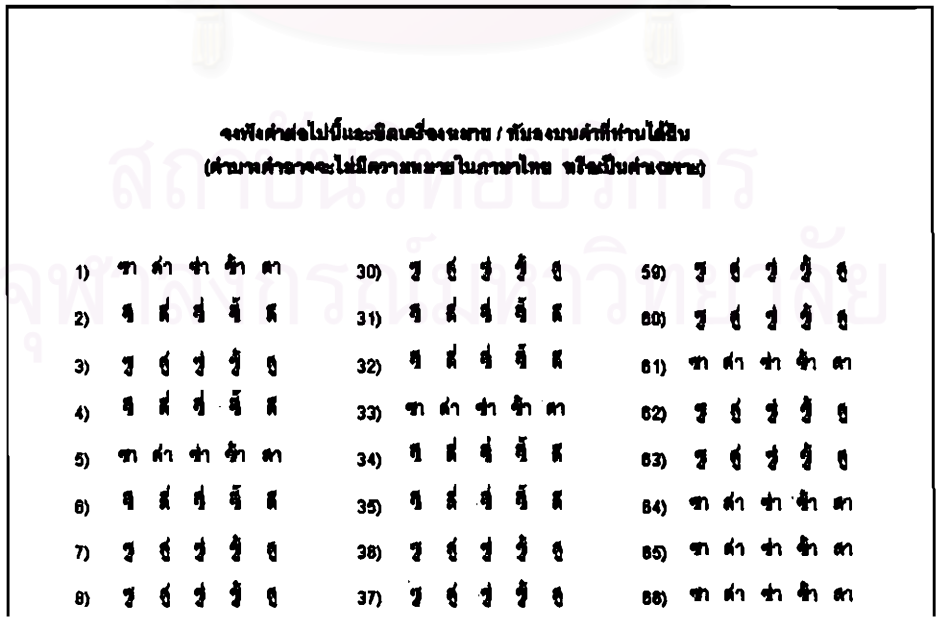
บทที่ 4

ผลการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของผลการทดสอบการรับฟัง และวิเคราะห์ผลที่ได้มาในเชิงทัศนคติของกลุ่มตัวอย่างต่อเสียงวรรณยุกต์และการระบุเสียงวรรณยุกต์เพื่อที่จะเสนอการเลือกตัวแทนแอมปลิจูดและตัวแทนหน่วยเสียงอนุภาคที่ดีที่สุดเพื่อที่จะนำมาสังเคราะห์เสียงเพื่อที่จะทำให้ลดจำนวนและขนาดของฐานข้อมูลหน่วยเสียง

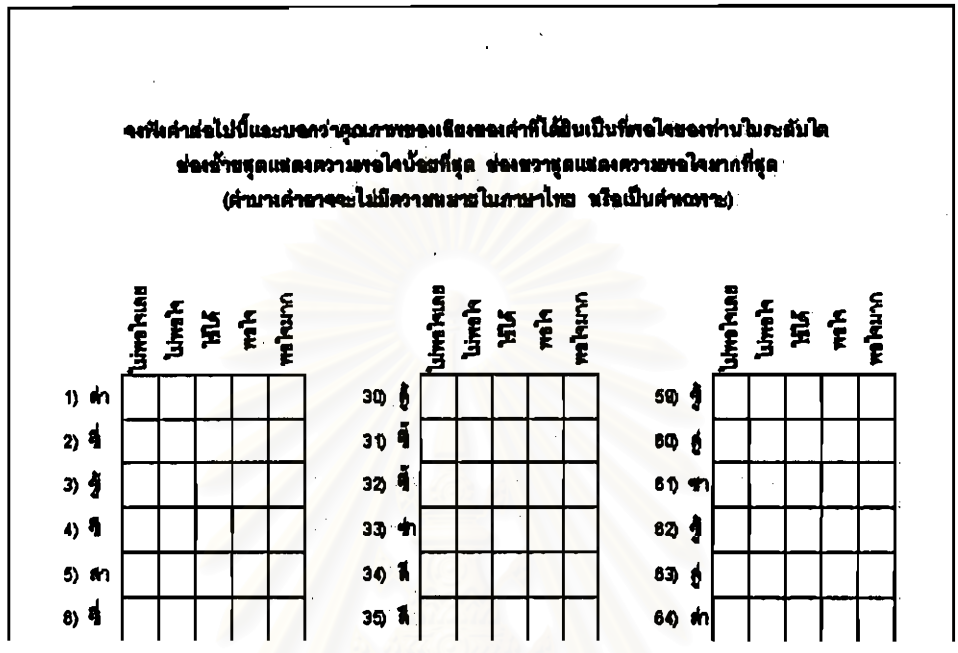
การทำการทดสอบการรับฟัง

ในการทดสอบนี้ได้ทำการทดสอบกับนิสิตคณะอักษรศาสตร์ชั้นปีที่ 1 จำนวน 200 คน แบ่งเป็นการทดสอบการระบุเสียงวรรณยุกต์ 100 คน และทดสอบคุณภาพเสียง 100 คน และได้ทำการทดสอบ 2 ครั้ง โดยการทดสอบครั้งแรกเป็นการทดสอบโดยการเปลี่ยนแอมปลิจูดของวรรณยุกต์ เพื่อจะดูว่าแอมปลิจูดมีผลอย่างไรต่อเสียงสังเคราะห์และสามารถที่จะนำแอมปลิจูดของวรรณยุกต์เพียงตัวเดียวมาสังเคราะห์เสียงวรรณยุกต์อื่น ๆ ได้หรือไม่ การทดสอบครั้งที่สองเป็นการทดสอบโดยมีการเปลี่ยนหน่วยเสียงอนุภาค เพื่อที่จะดูว่าหน่วยเสียงอนุภาคของเสียงวรรณยุกต์หนึ่งมีผลอย่างไรต่อเสียงสังเคราะห์วรรณยุกต์อื่น แบบสอบถามแบ่งเป็น 2 ชุด ชุดแรกเป็นแบบสอบถามการระบะเสียงวรรณยุกต์โดยจะมีเสียงสระที่มีวรรณยุกต์ทั้ง 5 เสียงมาให้เลือก ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แสดงแบบทดสอบการระบุเสียงวรรณยุกต์

แบบสอบถามชุดที่สองเป็นแบบทดสอบทัศนคติของกลุ่มตัวอย่างต่อคุณภาพเสียง โดยจะบอกเสียงที่จะเปิดให้ฟังมาให้รู้ และให้บอกว่าพอใจกับเสียงนั้นแค่ไหน โดยให้บอกเป็นระดับความพอใจและจะถูกแปลงเป็นระดับคะแนน 1 ถึง 5 ดังรูป



รูปที่ 4.2 แสดงแบบทดสอบทัศนคติของกลุ่มตัวอย่างต่อคุณภาพเสียง

แบบทดสอบทั้งสองแบบนี้ถูกทำพร้อมกัน โดยเปิดเทปที่บันทึกเสียงสังเคราะห์ให้นิสิตฟัง และให้นิสิตที่ทำแบบทดสอบแต่ละแบบตอบลงบนแบบสอบถามที่ให้ เช่นเสียงแรกคือคำว่า "ฝา" นิสิตที่ทำแบบทดสอบแบบแรกซึ่งยังไม่รู้ว่าเป็นเสียงอะไรก็จะฟังเสียง แล้วกาเครื่องหมายลงบนเสียงที่ตนเองได้ยิน นิสิตที่ทำแบบทดสอบที่สองจะรู้ว่าเสียงที่ตนเองได้ยินเป็นเสียงอะไรแต่จะฟังแล้วให้ความเห็นว่าเสียงสังเคราะห์ที่ได้ยินมีคุณภาพระดับไหน แล้วจะกาเครื่องหมายลงในช่องของคุณภาพของเสียง ผลที่ได้จากแบบทดสอบจะถูกนำมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อดูว่า ผู้รับการทดสอบส่วนใหญ่ได้เลือกเสียงใดในแบบทดสอบการระบุเสียงวรรณยุกต์ และให้คะแนนเป็นเท่าไรในแบบทดสอบทัศนคติต่อคุณภาพเสียง ค่าเฉลี่ยเหล่านี้จะถูกสรุปลงในตารางที่ 4.1-4.6 โดยคะแนนที่ได้มาได้มีการตรวจสอบกับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานแล้วว่าคะแนนดิบที่ได้มามีค่าใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างจากค่าเฉลี่ยมากนัก

เสียงสังเคราะห์ที่ได้เกิดจากส่วนประกอบต่าง ๆ ที่นำมาสังเคราะห์เสียงคือ หน่วยเสียงอนุภาค ค่าความถี่หลักมูล กรอบคลื่นแอมปลิจูด และหน่วยเสียงพยัญชนะ ในงานวิจัยนี้สนใจว่าหน่วยเสียงอนุภาคที่ได้จากแต่ละวรรณยุกต์มีผลต่อเสียงสังเคราะห์อื่นหรือไม่ เพราะตรงจุดนี้สามารถที่จะลดจำนวนหน่วยเสียงลงไปได้อีก เช่น หน่วยเสียงอนุภาคในสระหนึ่ง ๆ แต่ต่าง

วรรณยุกต์กัน จะมีรูปร่างคล้ายกันซึ่งจะมีสเปคตรัมที่เหมือนกันน่าที่จะเก็บไว้เพียงตัวใดตัวหนึ่งจากวรรณยุกต์หนึ่ง เพื่อเป็นตัวแทนที่จะนำไปสังเคราะห์วรรณยุกต์อื่นได้ และต้องการศึกษาว่ารูปร่างของแอมปลิจูดหรือพลังงานของเสียงซึ่งเปลี่ยนไปตามวรรณยุกต์ จะมีผลต่อเสียงวรรณยุกต์หรือไม่ ดังนั้นการทดสอบการรับฟังจึงแบ่งออกเป็น 2 ครั้ง การทดสอบครั้งแรกเป็นการที่จะดูว่าพลังงานของเสียงมีผลต่อเสียงวรรณยุกต์หรือไม่

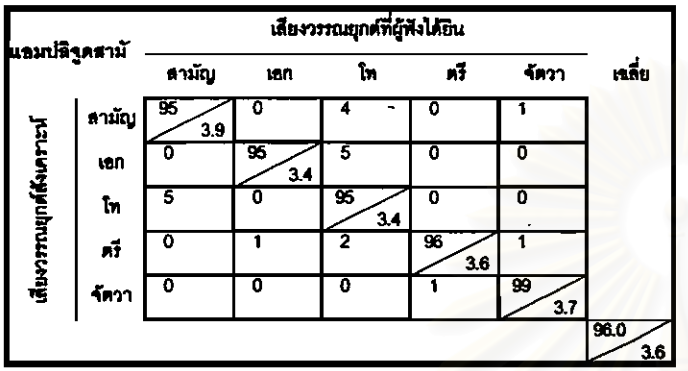
ในการทดสอบครั้งแรก จะมีการนำกรอบคลื่นแอมปลิจูดของวรรณยุกต์ต่าง ๆ มาปรับเปลี่ยนเพื่อสังเคราะห์เสียงวรรณยุกต์แต่ละตัว เพื่อต้องการดูว่าผลเสียงของวรรณยุกต์หนึ่งที่มีรูปแบบพลังงานเป็นของอีกวรรณยุกต์หนึ่ง จะมีคุณภาพเสียงเป็นอย่างไรคุณภาพเสียงจะเหมือนเดิมหรือคล้ายคลึงกันหรือไม่ ซึ่งในที่สุดอาจจะมีรูปแบบของพลังงานหรือแอมปลิจูดเพียงตัวเดียวที่เหมาะสมเป็นตัวแทนที่จะนำไปสังเคราะห์เสียงวรรณยุกต์อื่นได้

ในการทดสอบครั้งที่ 2 เป็นการที่จะหาตัวแทนของหน่วยเสียงอนุภาคที่จะนำมาเป็นต้นแบบในการสังเคราะห์เสียงวรรณยุกต์อื่น โดยทดลองเปลี่ยนนำหน่วยเสียงอนุภาคของวรรณยุกต์หนึ่งมาสังเคราะห์เป็นเสียงวรรณยุกต์อื่น

การทดสอบครั้งที่ 1

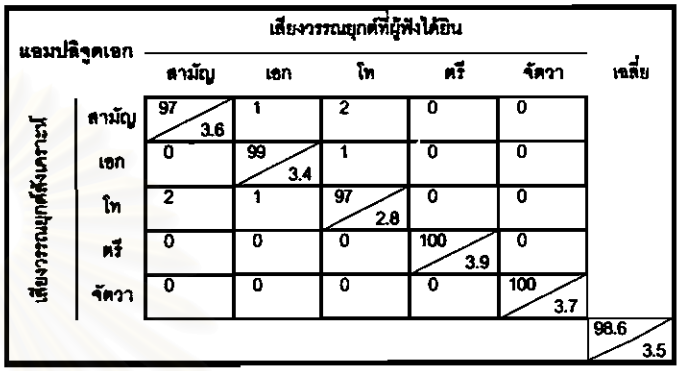
ในการทดสอบครั้งแรกเป็นการทดสอบเพื่อดูว่ากรอบคลื่นแอมปลิจูดหรือพลังงานมีผลต่อเสียงวรรณยุกต์หรือไม่ ตารางชุดแรกนี้เป็นตารางของสระเสียงยาวซึ่งได้ผลการทดสอบออกมาเป็นดังนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



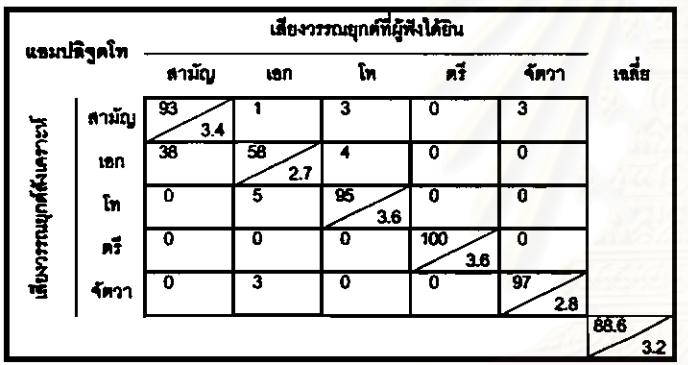
แอมปลิจูดสามัญ

เสียงวรรณยุกต์ที่ผู้พูดตั้งเจตนาจะให้เป็น \ เสียงวรรณยุกต์ที่ผู้ฟังได้ยิน	สามัญ	เอก	โท	ตรี	จัตวา	เฉลี่ย
สามัญ	95 (3.9)	0	4	0	1	
เอก	0	95 (3.4)	5	0	0	
โท	5	0	95 (3.4)	0	0	
ตรี	0	1	2	96 (3.6)	1	
จัตวา	0	0	0	1	99 (3.7)	
เฉลี่ย						96.0 (3.6)



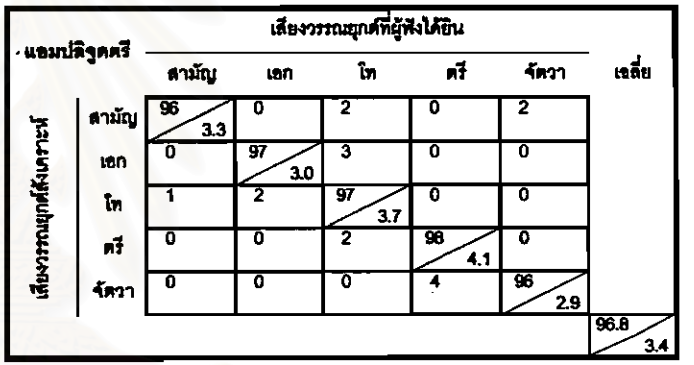
แอมปลิจูดเอก

เสียงวรรณยุกต์ที่ผู้พูดตั้งเจตนาจะให้เป็น \ เสียงวรรณยุกต์ที่ผู้ฟังได้ยิน	สามัญ	เอก	โท	ตรี	จัตวา	เฉลี่ย
สามัญ	97 (3.6)	1	2	0	0	
เอก	0	99 (3.4)	1	0	0	
โท	2	1	97 (2.8)	0	0	
ตรี	0	0	0	100 (3.9)	0	
จัตวา	0	0	0	0	100 (3.7)	
เฉลี่ย						98.6 (3.5)



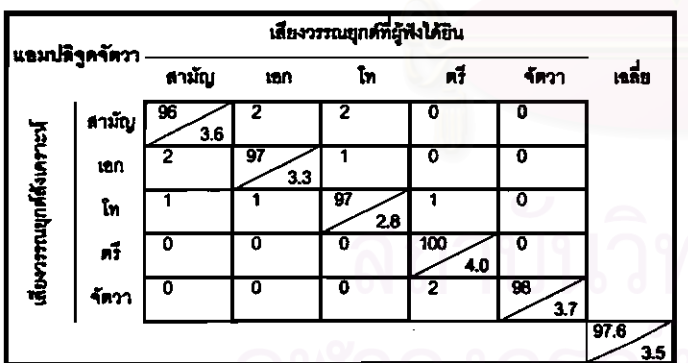
แอมปลิจูดโท

เสียงวรรณยุกต์ที่ผู้พูดตั้งเจตนาจะให้เป็น \ เสียงวรรณยุกต์ที่ผู้ฟังได้ยิน	สามัญ	เอก	โท	ตรี	จัตวา	เฉลี่ย
สามัญ	93 (3.4)	1	3	0	3	
เอก	38	58 (2.7)	4	0	0	
โท	0	5	95 (3.6)	0	0	
ตรี	0	0	0	100 (3.6)	0	
จัตวา	0	3	0	0	97 (2.8)	
เฉลี่ย						88.6 (3.2)



แอมปลิจูดตรี

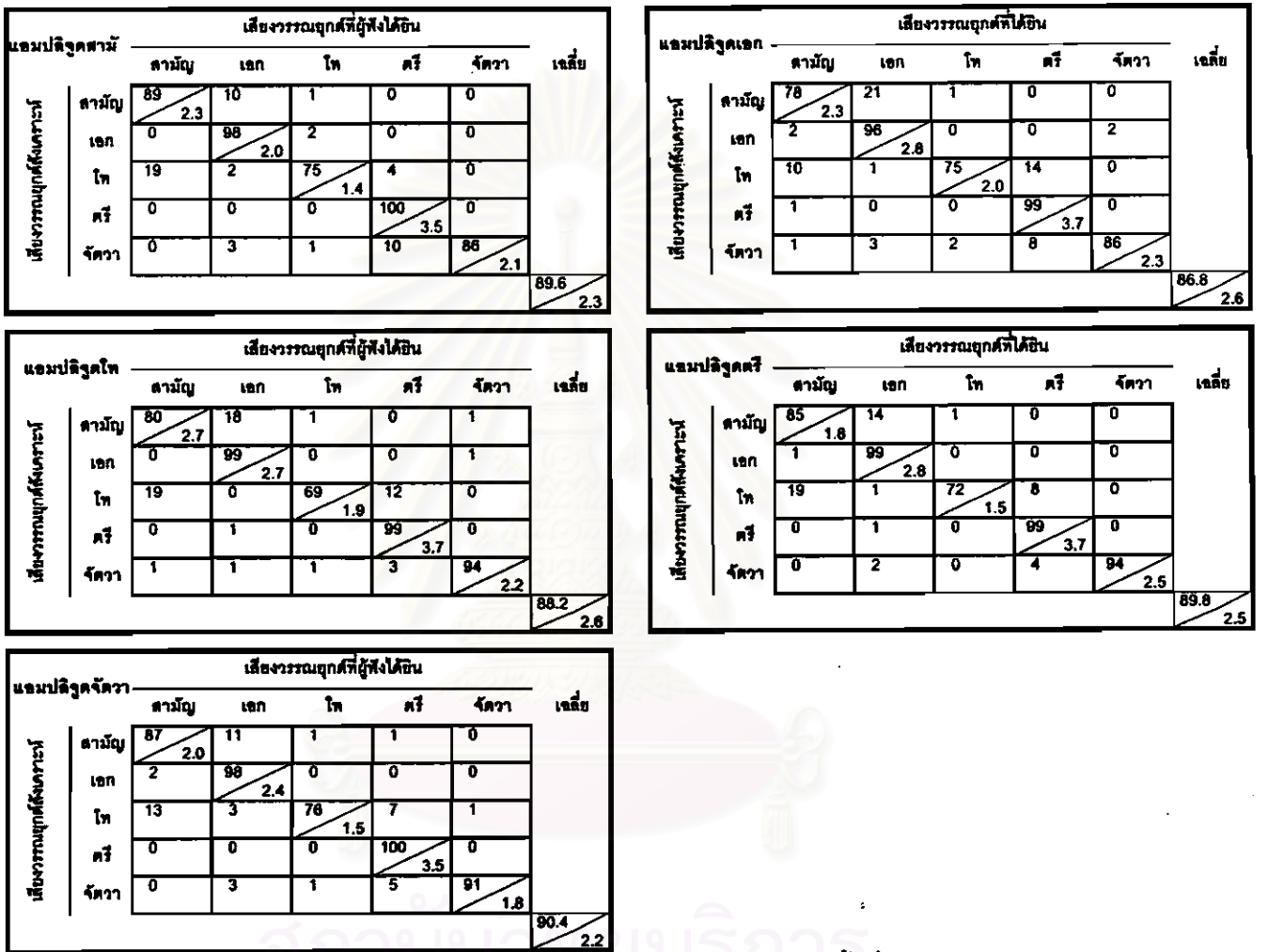
เสียงวรรณยุกต์ที่ผู้พูดตั้งเจตนาจะให้เป็น \ เสียงวรรณยุกต์ที่ผู้ฟังได้ยิน	สามัญ	เอก	โท	ตรี	จัตวา	เฉลี่ย
สามัญ	96 (3.3)	0	2	0	2	
เอก	0	97 (3.0)	3	0	0	
โท	1	2	97 (3.7)	0	0	
ตรี	0	0	2	98 (4.1)	0	
จัตวา	0	0	0	4	96 (2.9)	
เฉลี่ย						96.8 (3.4)



แอมปลิจูดจัตวา

เสียงวรรณยุกต์ที่ผู้พูดตั้งเจตนาจะให้เป็น \ เสียงวรรณยุกต์ที่ผู้ฟังได้ยิน	สามัญ	เอก	โท	ตรี	จัตวา	เฉลี่ย
สามัญ	96 (3.6)	2	2	0	0	
เอก	2	97 (3.3)	1	0	0	
โท	1	1	97 (2.8)	1	0	
ตรี	0	0	0	100 (4.0)	0	
จัตวา	0	0	0	2	98 (3.7)	
เฉลี่ย						97.6 (3.5)

ตารางที่ 4.1 แสดงคะแนนของเสียง "ชา" ของการทดสอบครั้งที่ 1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2 แสดงคะแนนของเสียง "ขี" ของการทดสอบครั้งที่ 1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แอมปลิจูดสามัญ

เสียงวรรณยุกต์ที่สังเคราะห์ \ เสียงวรรณยุกต์ที่ผู้ฟังได้ยิน	สามัญ	เอก	โท	ตรี	จัตวา	เฉลี่ย
สามัญ	99 / 3.1	0	0	0	1	
เอก	0	99 / 3.4	1	0	0	
โท	1	2	89 / 2.6	8	0	
ตรี	0	0	0	93 / 2.8	7	
จัตวา	0	0	0	2	98 / 3.5	
เฉลี่ย						95.6 / 3.1

แอมปลิจูดเอก

เสียงวรรณยุกต์ที่สังเคราะห์ \ เสียงวรรณยุกต์ที่ผู้ฟังได้ยิน	สามัญ	เอก	โท	ตรี	จัตวา	เฉลี่ย
สามัญ	99 / 3.1	0	0	0	1	
เอก	24	75 / 3.5	1	0	0	
โท	1	0	94 / 2.6	5	0	
ตรี	1	0	2	97 / 3.3	0	
จัตวา	0	2	0	2	96 / 3.3	
เฉลี่ย						92.2 / 3.2

แอมปลิจูดโท

เสียงวรรณยุกต์ที่สังเคราะห์ \ เสียงวรรณยุกต์ที่ผู้ฟังได้ยิน	สามัญ	เอก	โท	ตรี	จัตวา	เฉลี่ย
สามัญ	99 / 2.5	0	1	0	0	
เอก	0	99 / 2.7	0	0	1	
โท	6	4	86 / 2.6	4	0	
ตรี	0	0	1	99 / 2.9	0	
จัตวา	3	2	0	1	94 / 3.0	
เฉลี่ย						95.4 / 2.7

แอมปลิจูดตรี

เสียงวรรณยุกต์ที่สังเคราะห์ \ เสียงวรรณยุกต์ที่ผู้ฟังได้ยิน	สามัญ	เอก	โท	ตรี	จัตวา	เฉลี่ย
สามัญ	99 / 3.3	0	0	0	1	
เอก	1	97 / 2.8	2	0	1	
โท	1	4	84 / 3.3	11	0	
ตรี	0	0	3	97 / 3.0	0	
จัตวา	2	4	1	0	93 / 2.9	
เฉลี่ย						94.0 / 3.1

แอมปลิจูดจัตวา

เสียงวรรณยุกต์ที่สังเคราะห์ \ เสียงวรรณยุกต์ที่ผู้ฟังได้ยิน	สามัญ	เอก	โท	ตรี	จัตวา	เฉลี่ย
สามัญ	98 / 3.3	0	1	0	1	
เอก	4	96 / 3.2	0	0	0	
โท	1	4	88 / 2.6	7	0	
ตรี	0	0	1	99 / 3.1	0	
จัตวา	3	1	2	1	93 / 3.2	
เฉลี่ย						94.8 / 3.1

ตารางที่ 4.3 แสดงคะแนนของเสียง "ฐ" ของการทดสอบครั้งที่ 1

ตารางทั้ง 3 ชุด เป็นตารางแสดงคะแนนของการระบุวรรณยุกต์ (Identification Score (IS)) และตารางทัศนคติต่อคุณภาพเสียง (Quality Judgement Score (QS)) ตารางแต่ละชุดจะแทนคะแนนของสระ อา อี และ อู ตามลำดับ ในการทดสอบนี้ได้เลือกพยัญชนะต้นคือตัว "ข" แกนตั้งของตารางจะบอกถึงเสียงสังเคราะห์ที่เปิดให้ผู้รับการทดสอบฟัง แกนนอนของตารางแสดงวรรณยุกต์ที่ผู้รับการทดสอบได้ยิน ช่องในตารางจะแบ่งเป็น 2 ส่วน โดยตัวเลขที่อยู่มุมบนซ้ายจะแสดงค่า IS และตัวเลขที่อยู่มุมล่างขวาของตารางจะแสดงค่า QS บางช่องในตารางจะไม่มีค่า QS เป็นเพราะว่าเสียงนั้นไม่ใช่เสียงที่นำมาทดสอบ เป็นเสียงที่ผู้ฟังได้ยินแล้วตัดสินเอง ค่า QS จะเกิดเฉพาะในแนวทแยงของตารางเท่านั้น

ในการทดสอบครั้งแรกนี้เป็นการสังเคราะห์เสียงวรรณยุกต์ทั้ง 5 เสียง โดยในการสังเคราะห์วรรณยุกต์นี้จะมีตัวแปรที่สำคัญที่จะเปลี่ยนไปคือ จะนำพลังงานของวรรณยุกต์อื่นมาปรับ เช่น สังเคราะห์เสียงวรรณยุกต์สามัญแต่เอารูปแบบพลังงานของวรรณยุกต์โทมาปรับเปลี่ยน เพื่อที่จะดูว่ารูปแบบพลังงานของเสียงมีผลต่อเสียงวรรณยุกต์หรือไม่ โดยในการสังเคราะห์นี้จะทำการกระจายตัวแปรนี้ให้ครบ ซึ่งถ้าผลที่ได้ออกมาปรากฏว่ารูปแบบพลังงานไม่มีผลต่อเสียงวรรณยุกต์หรือมีผลกระทบน้อย ก็สามารถที่จะเก็บรูปแบบพลังงานของวรรณยุกต์ตัวใดตัวหนึ่งไว้เพียงตัวเดียวเพื่อสังเคราะห์เสียงวรรณยุกต์อื่น จะทำให้สามารถลดจำนวนและขนาดของฐานข้อมูลเสียงลงไปได้ จากคะแนนที่ได้มาสามารถที่จะเลือกกรอบคลื่นแอมปลิจูดซึ่งจะนำมาเป็นตัวแทนในการสังเคราะห์วรรณยุกต์อื่นออกมาได้ดังนี้

<u>เสียง "ขา"</u>

ในเสียง "ขา" นี้ ค่า IS เฉลี่ยของแอมปลิจูดของวรรณยุกต์เอกมีค่าสูงสุดคือ 98.6% ค่า QS เฉลี่ยสูงสุดเกิดจากแอมปลิจูดของวรรณยุกต์สามัญ และแอมปลิจูดของวรรณยุกต์จัตวา ดังนั้นตัวเลือกแอมปลิจูดที่น่าสนใจมี 3 ตัวคือ แอมปลิจูดของเสียงวรรณยุกต์สามัญ, เอก และ จัตวา

ที่ตารางคะแนนเสียงสังเคราะห์ที่ใช้แอมปลิจูดวรรณยุกต์เอก จะเห็นว่าถึงแม้ค่า IS เฉลี่ยสูงสุดในกลุ่ม แต่ที่เสียงวรรณยุกต์โทที่สังเคราะห์ได้มีค่า QS ค่อนข้างต่ำคือ 2.8 ซึ่งมีค่าต่ำที่สุดในทั้ง 5 ตาราง ที่ตารางคะแนนของเสียงสังเคราะห์ที่ได้จากแอมปลิจูดของวรรณยุกต์จัตวาเช่นเดียวกัน ที่เสียงวรรณยุกต์โทมีค่า QS เท่ากับ 2.8 แต่ถ้าดูที่ตารางคะแนนเสียงสังเคราะห์ที่ใช้แอมปลิจูดของวรรณยุกต์สามัญจะมีค่า QS เฉลี่ยมากที่สุดในกลุ่ม และมีค่า QS ของทุกวรรณยุกต์ค่อนข้างสูงทุกเสียง ถึงแม้ว่าค่า IS เฉลี่ยจะต่ำกว่าตัวที่มากที่สุด แต่ก็ต่ำกว่าอยู่ 2.6% ดังนั้นถ้าจะเลือกตัวแทนแอมปลิจูด 1 ตัวเพื่อที่จะนำมาสังเคราะห์เสียงอื่น ๆ น่าจะเลือกแอมปลิจูดจากเสียงสามัญมาเป็นตัวแทน

ที่แอมปลิจูดของเสียงวรรณยุกต์โท ตัวต้นแบบเสียงเอกที่นำมาสังเคราะห์เป็นเสียงเอก ปรากฏว่ามีผู้ฟังรับฟังถูกต้องเป็นเสียงเอก 58% และมีผู้รับฟังเป็นเสียงสามัญถึง 38% ทั้งนี้เนื่องจากว่าคุณสมบัติของเสียงสามัญและเสียงเอก ซึ่งเป็นวรรณยุกต์คงระดับทั้งคู่ และมีทิศทางของค่าความถี่หลักมูลคล้ายกัน ต่างกันที่ค่าความถี่หลักมูลของเสียงเอกจะมีค่าต่ำกว่า ถ้าให้ฟังเสียงวรรณยุกต์ 2 เสียงนี้ทีละตัวโดยไม่มีการเปรียบเทียบกับอีกตัวหนึ่งผู้ฟังอาจจะฟังเป็นอีกเสียงหนึ่งได้

<u>เสียง "ซี"</u>

เสียง "ซี" มีเสียงสระ "อี" ซึ่งเป็นสระเสียงสูง ความถี่ฟอร์แมนท์ที่ 1 และความถี่ฟอร์แมนท์ที่ 2 อยู่ห่างกันมากกว่าสระเสียงต่ำหรือสระเสียงกลาง เนื่องจากความถี่ฟอร์แมนท์ที่ 1 และ 2 มีอิทธิพลต่อเสียงที่ได้ยินมาก เมื่อทำการสังเคราะห์โดยการเปลี่ยนแปลงค่าความถี่หลักมูลโดยใช้วิธีการประมาณค่าในช่วงแบบเชิงเส้นอาจจะทำให้ความถี่ฟอร์แมนท์ทั้งสองนี้เปลี่ยนแปลงมาก ทำให้เสียงสังเคราะห์ที่ได้มีคุณภาพค่อนข้างต่ำ โดยที่ค่า QS เฉลี่ยที่ได้ มีค่าต่ำกว่า 3 ทุกตาราง และค่า IS ก็ต่ำกว่าสระ "อา" และสระ "อู"

ค่า QS เฉลี่ยที่ตารางของแอมปลิจูดเอกและโทจะมีค่ามากที่สุดคือ 2.6 ค่า IS เฉลี่ยที่ตารางของแอมปลิจูดตรีและจัตวามีค่ามากที่สุดคือ 89.8% และ 90.4% ตามลำดับ จากคะแนนนี้แอมปลิจูดจากวรรณยุกต์โทน่าสนใจที่สุดเพราะมีค่า QS เฉลี่ยสูงที่สุดและมีค่า IS เฉลี่ยใกล้เคียงกับตัวที่มากที่สุด ดังนั้นถ้าจะเลือกแอมปลิจูด 1 ตัวเพื่อเป็นตัวแทนที่จะนำมาสังเคราะห์วรรณยุกต์อื่น ๆ ในสระ "อี" แล้ว น่าที่จะเลือกแอมปลิจูดจากวรรณยุกต์โท

เนื่องจากเสียงจากสระ "อี" ที่สังเคราะห์ได้มีคุณภาพค่อนข้างต่ำ การรับฟังผิดพลาดในวรรณยุกต์สามัญและเอกจึงมีมากและเกิดในทุกตาราง เสียงสังเคราะห์วรรณยุกต์โทมีผู้ฟังผิดพลาดเป็นเสียงสามัญค่อนข้างมาก และเสียงสังเคราะห์โทนี้ก็มีผู้ฟังผิดพลาดเป็นวรรณยุกต์ตรีเช่นกันและเกิดในทุกตาราง และเนื่องจากคุณภาพที่ต่ำจากการสังเคราะห์เสียงสระ "อี" จึงอาจเป็นสาเหตุให้ผู้ฟังฟังเสียงผิดพลาดได้

<u>เสียง "ซู"</u>

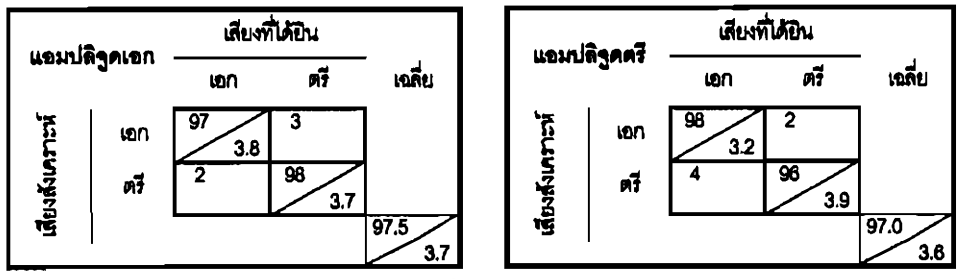
ในเสียง "ซู" นี้ ค่า IS เฉลี่ยของตารางแอมปลิจูดของวรรณยุกต์สามัญมีค่ามากที่สุดคือ 95.6% และมีค่า QS เฉลี่ยคือ 3.1 ค่า QS เฉลี่ยมีค่ามากที่สุดที่ตารางแอมปลิจูดของวรรณยุกต์เอกคือ 3.2 แต่มีค่า IS เฉลี่ยต่ำที่สุดคือ 92.2 ดังนั้นแอมปลิจูดที่น่าสนใจน่าจะเป็นแอมปลิจูดของวรรณยุกต์สามัญและจัตวา เนื่องจากค่า IS เฉลี่ยมีค่าสูง และ QS เฉลี่ยก็สูงเช่นกัน แต่ในตารางแอมปลิจูดของวรรณยุกต์สามัญไม่มีการฟังผิดพลาดมากนัก ในขณะที่ตารางของแอมปลิจูดจัตวา

มีการฟังผิดพลาดมากกว่า ดังนั้นแอมปลิจูดของวรรณยุกต์ สามัญน่าจะเป็นตัวแทนที่ดีในการนำไปสังเคราะห์เสียงวรรณยุกต์อื่น ๆ ในสระ "อู" นี้

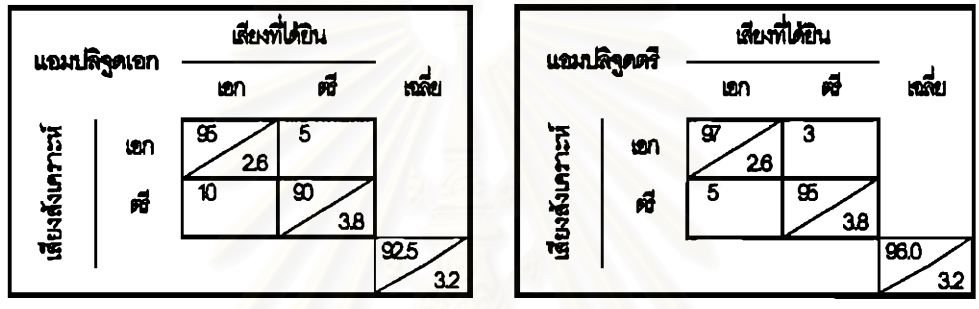
ในเสียง "ฆู" นี้ ตารางแอมปลิจูดของวรรณยุกต์เอกในการสังเคราะห์เสียงเอก มีผู้รับฟังผิดพลาดเป็นวรรณยุกต์สามัญ 24% ทั้งนี้เนื่องจากเหตุผลของค่าความถี่ระหว่างวรรณยุกต์สามัญและวรรณยุกต์เอกที่ได้กล่าวไว้แล้ว และในการที่ผู้ฟังเกิดการรับฟังผิดพลาดนี้อาจจะเกิดจากแอมปลิจูดของวรรณยุกต์ด้วยก็ได้ เพราะผู้ฟังจะได้ยินเสียงที่มีการเน้นผิดที่ไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

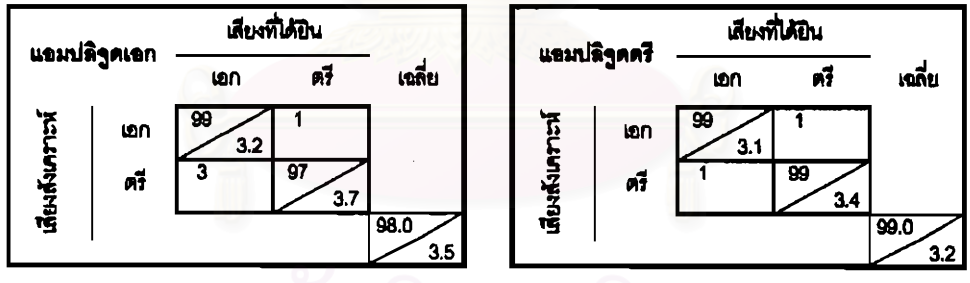
และการทดสอบครั้งที่ 1 กับสระเสียงสั้นได้ผลออกมาดังนี้



ตารางที่ 4.4 แสดงคะแนนของเสียง "สะ" ของการทดสอบครั้งที่ 1



ตารางที่ 4.5 แสดงคะแนนของเสียง "สิ" ของการทดสอบครั้งที่ 1



ตารางที่ 4.6 แสดงคะแนนของเสียง "สุ" ของการทดสอบครั้งที่ 1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>เสียง "สะ"</u>

ในเสียง "สะ" นี้ ได้เลือกแอมปลิจูดของเสียงวรรณยุกต์ เอก มาเป็นตัวต้นแบบ เนื่องจากทั้งค่า IS เฉลี่ยและ QS เฉลี่ยมีค่าสูงกว่าที่ได้จากแอมปลิจูดของวรรณยุกต์ตรี และค่า QS มีค่าใกล้เคียงกัน

เสียง "สิ"

เสียง "สิ" นี้ได้เลือกแอมปลิจูดของเสียงวรรณยุกต์ ตรี มาเป็นต้นแบบในการสังเคราะห์ เนื่องจากทั้งค่า IS เฉลี่ยและ QS เฉลี่ยมีค่าสูงกว่าแอมปลิจูดของเสียงวรรณยุกต์เอก

เสียง "สุ"

ในสระ "อุ" จะเลือกแอมปลิจูดจากวรรณยุกต์ เอก มาเป็นตัวแทนในการสังเคราะห์เสียงวรรณยุกต์ตัวอื่น เนื่องจากมีค่า QS เฉลี่ยสูงกว่า ถึงแม้ว่าค่า IS เฉลี่ยจะต่ำกว่าแต่ก็ต่ำกว่าไม่มาก

สรุปผลการทดสอบครั้งที่ 1

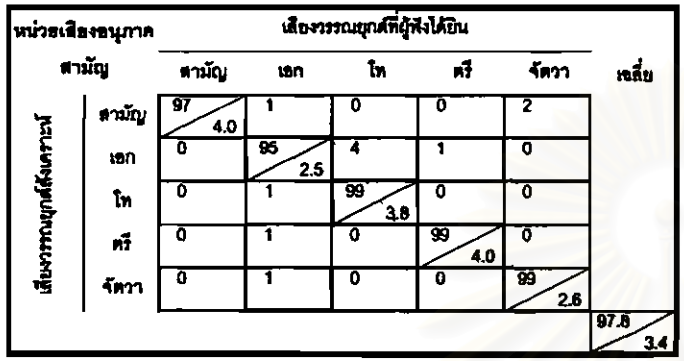
จากผลที่ได้ข้างต้น แสดงให้เห็นว่าแอมปลิจูดของวรรณยุกต์มีผลกระทบไม่มากนักต่อเสียงวรรณยุกต์ที่สังเคราะห์ได้ ไม่ว่าจะนำแอมปลิจูดของวรรณยุกต์ตัวไหนมาสังเคราะห์เสียงวรรณยุกต์อื่น ผู้ฟังส่วนมากก็ยังรับรู้ได้ว่าเป็นเสียงวรรณยุกต์ตัวที่เป็นเป้าหมายของการสังเคราะห์ และคุณภาพที่ได้ค่อนข้างดี

ถ้าจะแบ่งกลุ่มของวรรณยุกต์โดยดูตามรูปร่างของแอมปลิจูด จะแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มดังนี้ กลุ่มวรรณยุกต์สามัญและเอก จะมีรูปร่างแอมปลิจูดคล้ายรูปสามเหลี่ยม โดยต้นเสียงจะมีแอมปลิจูดค่อนข้างสูงและลดลงในตอนท้ายเสียง และอีกกลุ่มคือแอมปลิจูดของวรรณยุกต์โท ตรี และจัตวา โดยในวรรณยุกต์โทจะมีแอมปลิจูดค่อนข้างสูงในบริเวณต้นเสียง และจะคงที่ไปจนเกือบถึงท้ายเสียง จากนั้นจึงลดระดับลงในช่วงท้ายเสียง แอมปลิจูดในวรรณยุกต์ตรีและจัตวาจะคล้ายกับวรรณยุกต์โทแต่ส่วนกลางของเสียงจะคอดลงเล็กน้อย รูปร่างของแอมปลิจูดนี้มีผลต่อคุณภาพของเสียงสังเคราะห์ โดยมีผลต่อการเน้นเสียงในวรรณยุกต์ซึ่งถ้าต้องการที่จะให้เสียงสังเคราะห์เหมือนจริงที่สุดก็ควรที่จะใช้รูปร่างแอมปลิจูดให้ตรงกับเสียงวรรณยุกต์ที่ต้องการสังเคราะห์ หรือไม่ก็สามารถเลือกแอมปลิจูดจากสองกลุ่มที่กล่าวข้างต้น มาสังเคราะห์แต่ละวรรณยุกต์ในกลุ่ม ถ้าต้องการประหยัดเนื้อที่มากก็เลือกเพียงแอมปลิจูดเดียวดังที่ผู้วิจัยได้เลือกแนะนำไว้ แต่คุณภาพจะด้อยลงมาเล็กน้อย

การทดสอบครั้งที่ 2

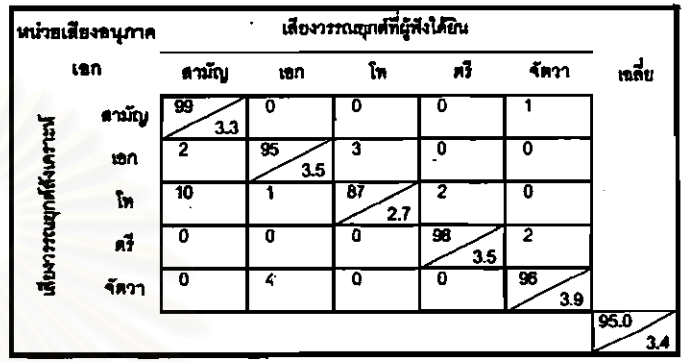
การทดสอบครั้งที่ 2 เป็นการทดสอบเพื่อที่จะดูผลที่ได้จากการสังเคราะห์เสียงเมื่อใช้หน่วยเสียงอนุภาคของวรรณยุกต์ตัวที่ไม่ใช่วรรณยุกต์ตัวต้นแบบมาสังเคราะห์ เพื่อในขั้นสุดท้ายจะเสนอหน่วยเสียงอนุภาคตัวแทนหนึ่งตัวที่จะนำมาสังเคราะห์เสียงสระในทุกวรรณยุกต์ ผลจากการทดสอบเป็นดังตาราง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



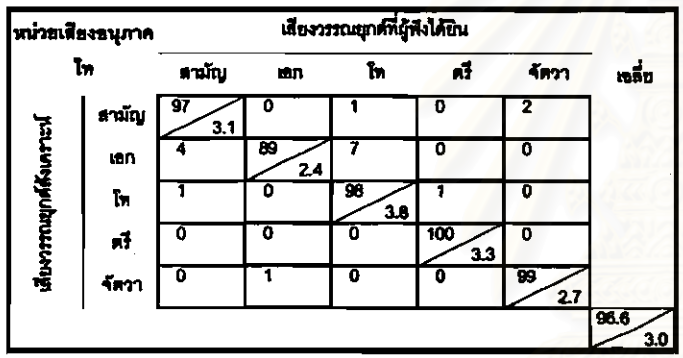
หน่วยเสียงอนุภาค: สามัญ

เสียงวรรณยุกต์ที่สังเคราะห์	สามัญ	เอก	โท	ตรี	จัตวา	เฉลี่ย
สามัญ	97 / 4.0	1	0	0	2	
เอก	0	95 / 2.5	4	1	0	
โท	0	1	99 / 3.8	0	0	
ตรี	0	1	0	99 / 4.0	0	
จัตวา	0	1	0	0	99 / 2.6	
						97.8 / 3.4



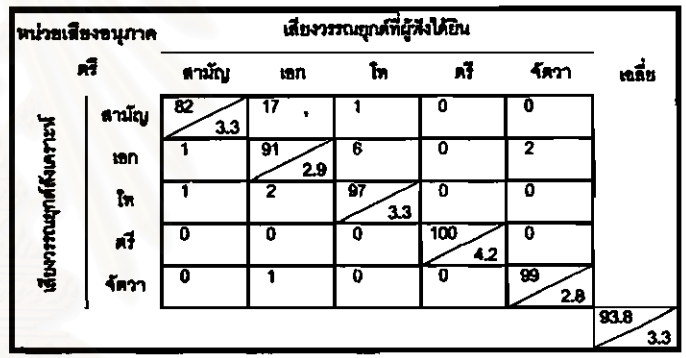
หน่วยเสียงอนุภาค: เอก

เสียงวรรณยุกต์ที่สังเคราะห์	สามัญ	เอก	โท	ตรี	จัตวา	เฉลี่ย
สามัญ	99 / 3.3	0	0	0	1	
เอก	2	95 / 3.5	3	0	0	
โท	10	1	87 / 2.7	2	0	
ตรี	0	0	0	98 / 3.5	2	
จัตวา	0	4	0	0	96 / 3.9	
						95.0 / 3.4



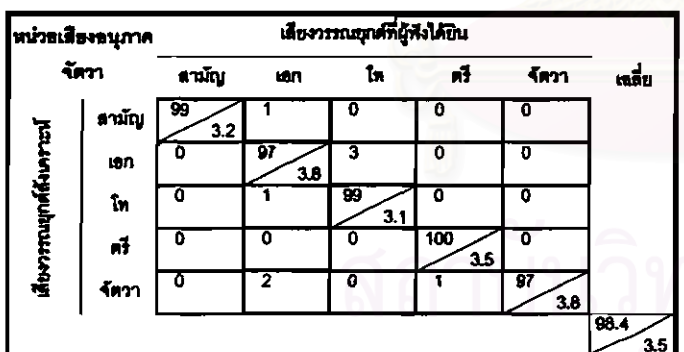
หน่วยเสียงอนุภาค: โท

เสียงวรรณยุกต์ที่สังเคราะห์	สามัญ	เอก	โท	ตรี	จัตวา	เฉลี่ย
สามัญ	97 / 3.1	0	1	0	2	
เอก	4	89 / 2.4	7	0	0	
โท	1	0	98 / 3.8	1	0	
ตรี	0	0	0	100 / 3.3	0	
จัตวา	0	1	0	0	99 / 2.7	
						96.6 / 3.0



หน่วยเสียงอนุภาค: ตรี

เสียงวรรณยุกต์ที่สังเคราะห์	สามัญ	เอก	โท	ตรี	จัตวา	เฉลี่ย
สามัญ	82 / 3.3	17	1	0	0	
เอก	1	91 / 2.9	6	0	2	
โท	1	2	97 / 3.3	0	0	
ตรี	0	0	0	100 / 4.2	0	
จัตวา	0	1	0	0	99 / 2.8	
						93.8 / 3.3



หน่วยเสียงอนุภาค: จัตวา

เสียงวรรณยุกต์ที่สังเคราะห์	สามัญ	เอก	โท	ตรี	จัตวา	เฉลี่ย
สามัญ	99 / 3.2	1	0	0	0	
เอก	0	97 / 3.8	3	0	0	
โท	0	1	99 / 3.1	0	0	
ตรี	0	0	0	100 / 3.5	0	
จัตวา	0	2	0	1	97 / 3.8	
						98.4 / 3.5

ตารางที่ 4.7 แสดงคะแนนของเสียง "ชา" ของการทดสอบครั้งที่ 2

หน่วยเสียงอนุภาค: สามัญ — เสียงวรรณยุกต์ที่ผู้ฟังได้ยิน

เสียงวรรณยุกต์ที่สังเคราะห์	สามัญ	เอก	โท	ตรี	จัตวา	เฉลี่ย
สามัญ	98 / 2.1	0	2	0	0	
เอก	0	99 / 1.5	0	0	1	
โท	2	0	97 / 1.6	1	0	
ตรี	0	0	0	98 / 3.1	2	
จัตวา	1	0	0	0	99 / 1.5	
						98.2 / 1.9

หน่วยเสียงอนุภาค: เอก — เสียงวรรณยุกต์ที่ผู้ฟังได้ยิน

เสียงวรรณยุกต์ที่สังเคราะห์	สามัญ	เอก	โท	ตรี	จัตวา	เฉลี่ย
สามัญ	95 / 2.4	4	0	1	0	
เอก	0	100 / 2.4	0	0	0	
โท	0	0	99 / 1.6	1	0	
ตรี	0	0	0	100 / 2.6	0	
จัตวา	0	0	0	1	99 / 2.6	
						98.6 / 2.3

หน่วยเสียงอนุภาค: โท — เสียงวรรณยุกต์ที่ผู้ฟังได้ยิน

เสียงวรรณยุกต์ที่สังเคราะห์	สามัญ	เอก	โท	ตรี	จัตวา	เฉลี่ย
สามัญ	97 / 1.6	1	2	0	0	
เอก	0	97 / 1.3	2	0	1	
โท	3	0	92 / 1.5	5	0	
ตรี	0	0	0	100 / 2.8	0	
จัตวา	0	3	1	0	96 / 1.3	
						96.4 / 1.7

หน่วยเสียงอนุภาค: ตรี — เสียงวรรณยุกต์ที่ผู้ฟังได้ยิน

เสียงวรรณยุกต์ที่สังเคราะห์	สามัญ	เอก	โท	ตรี	จัตวา	เฉลี่ย
สามัญ	100 / 2.4	0	0	0	0	
เอก	0	98 / 2.0	2	0	0	
โท	2	0	95 / 1.5	3	0	
ตรี	0	0	0	100 / 3.3	0	
จัตวา	1	0	2	1	96 / 1.9	
						97.8 / 2.2

หน่วยเสียงอนุภาค: จัตวา — เสียงวรรณยุกต์ที่ผู้ฟังได้ยิน

เสียงวรรณยุกต์ที่สังเคราะห์	สามัญ	เอก	โท	ตรี	จัตวา	เฉลี่ย
สามัญ	100 / 3.5	0	0	0	0	
เอก	0	100 / 3.3	0	0	0	
โท	2	0	96 / 1.8	2	0	
ตรี	0	0	2	98 / 2.5	0	
จัตวา	0	0	1	0	99 / 2.6	
						98.6 / 2.7

ตารางที่ 4.8 แสดงคะแนนของเสียง "ซี" ของการทดสอบครั้งที่ 2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน่วยเสียงอนุภาค: สามัญ — เสียงวรรณยุกต์ที่ผู้ฟังได้ยิน

เสียงวรรณยุกต์ที่สังเคราะห์	สามัญ	เอก	โท	ตรี	จัตวา	เฉลี่ย
สามัญ	97 / 3.3	0	0	1	2	
เอก	0	97 / 2.8	1	0	2	
โท	1	1	90 / 3.5	8	0	
ตรี	0	0	0	100 / 3.3	0	
จัตวา	0	1	2	1	96 / 3.1	
						96.0 / 3.2

หน่วยเสียงอนุภาค: เอก — เสียงวรรณยุกต์ที่ผู้ฟังได้ยิน

เสียงวรรณยุกต์ที่สังเคราะห์	สามัญ	เอก	โท	ตรี	จัตวา	เฉลี่ย
สามัญ	98 / 3.0	0	0	0	2	
เอก	0	99 / 3.4	1	0	0	
โท	0	2	92 / 3.3	6	0	
ตรี	0	0	0	100 / 3.3	0	
จัตวา	0	0	2	1	97 / 3.5	
						97.2 / 3.3

หน่วยเสียงอนุภาค: โท — เสียงวรรณยุกต์ที่ผู้ฟังได้ยิน

เสียงวรรณยุกต์ที่สังเคราะห์	สามัญ	เอก	โท	ตรี	จัตวา	เฉลี่ย
สามัญ	100 / 2.8	0	0	0	0	
เอก	1	96 / 2.3	3	0	0	
โท	0	2	93 / 3.8	5	0	
ตรี	0	0	1	99 / 3.3	0	
จัตวา	0	4	1	1	94 / 3.1	
						96.4 / 3.1

หน่วยเสียงอนุภาค: ตรี — เสียงวรรณยุกต์ที่ผู้ฟังได้ยิน

เสียงวรรณยุกต์ที่สังเคราะห์	สามัญ	เอก	โท	ตรี	จัตวา	เฉลี่ย
สามัญ	99 / 3.5	0	0	0	1	
เอก	2	96 / 3.1	1	0	1	
โท	0	2	97 / 3.6	1	0	
ตรี	0	0	1	99 / 3.3	0	
จัตวา	0	2	0	1	97 / 2.9	
						97.6 / 3.3

หน่วยเสียงอนุภาค: จัตวา — เสียงวรรณยุกต์ที่ผู้ฟังได้ยิน

เสียงวรรณยุกต์ที่สังเคราะห์	สามัญ	เอก	โท	ตรี	จัตวา	เฉลี่ย
สามัญ	97 / 3.6	2	1	0	0	
เอก	0	97 / 3.6	2	0	1	
โท	0	2	94 / 3.7	4	0	
ตรี	0	0	2	98 / 3.4	0	
จัตวา	0	1	2	0	97 / 3.5	
						96.6 / 3.6

ตารางที่ 4.9 แสดงคะแนนของเสียง "ฐ" ของการทดสอบครั้งที่ 2

ในการทดสอบครั้งที่ 2 นี้ ค่าโดยรวมจะสูงกว่าการทดสอบครั้งแรกเล็กน้อย อาจเป็นเพราะว่าผู้รับการทดสอบได้คุ้นเคยกับการทดสอบครั้งแรกแล้ว การทดสอบครั้งที่สองนี้เป็นการทดสอบเพื่อดูผลของหน่วยเสียงอนุภาคที่ได้มาจากแต่ละวรรณยุกต์มีผลอย่างไรต่อเสียงสังเคราะห์ที่ได้ และสามารถที่จะนำผลที่ได้นี้มาเลือกหน่วยเสียงอนุภาคตัวแทนเพียงตัวเดียว เพื่อเก็บไว้เป็นฐานข้อมูลสำหรับแต่ละสระซึ่งสามารถนำมาสังเคราะห์วรรณยุกต์ทั้ง 5 เสียงในสระนั้น ๆ ได้ ผลการสรุปเป็นดังนี้

<u>เสียง "ซา"</u>

ในเสียง "ซา" นี้หน่วยเสียงอนุภาคที่น่าสนใจคือหน่วยเสียงอนุภาคจากวรรณยุกต์จัตวา เพราะว่าได้คะแนน IS เฉลี่ย และคะแนน QS เฉลี่ยมากที่สุดในกลุ่ม และค่า QS แต่ละค่าในตารางของวรรณยุกต์จัตวานี้มีค่ามากกว่า 3 ขึ้นไปทั้งสิ้น ดังนั้นหน่วยเสียงอนุภาคจากวรรณยุกต์จัตวา น่าจะเป็นตัวแทนที่ดีที่สุดที่จะนำไปสังเคราะห์เสียงวรรณยุกต์อื่นในสระอา

<u>เสียง "ซี"</u>

ในเสียง "ซี" มีหน่วยเสียงอนุภาคที่น่าสนใจจากวรรณยุกต์ต่าง ๆ คือ เอก และจัตวา ในวรรณยุกต์เอก และจัตวานั้น มีค่า IS เฉลี่ยเท่ากันคือ 98.6 เปอร์เซ็นต์ แต่ค่า QS เฉลี่ยของวรรณยุกต์เอกน้อยกว่าค่า QS เฉลี่ยของวรรณยุกต์จัตวาค่อนข้างมากดังนั้นหน่วยเสียงอนุภาคที่น่าจะเป็นตัวแทนที่จะนำมาสังเคราะห์เสียงวรรณยุกต์อื่นในเสียงสระอีนี้น่าจะเป็นหน่วยเสียงอนุภาคจากวรรณยุกต์ จัตวา

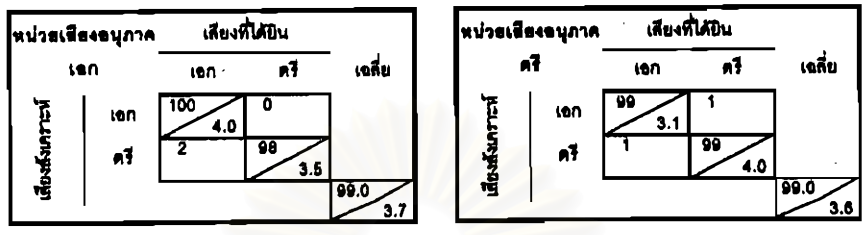
เป็นที่น่าสังเกตว่าคะแนนค่า QS จากวรรณยุกต์โทได้ค่าต่ำที่สุด และเป็นค่าที่ต่ำมากด้วย น่าจะเป็นเนื่องมากจาก ในเสียงวรรณยุกต์โทนี้เป็นวรรณยุกต์แบบเปลี่ยนระดับซึ่งมีช่วงของการเปลี่ยนแปลงค่าความถี่หลักมูลค่อนข้างมากทำให้เมื่อสังเคราะห์เสียงออกมาแล้ว มีการเปลี่ยนแปลงความถี่ฟอร์แมนท์ตามความถี่หลักมูลในช่วงกว้างด้วย ทำให้เสียงสังเคราะห์ที่ได้อาจเพี้ยนไปมากจึงได้คะแนนต่ำ

<u>เสียง "ซู"</u>

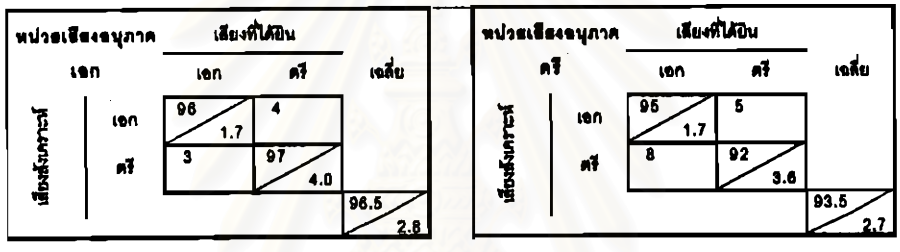
ในเสียง "ซู" มีหน่วยเสียงอนุภาคจากวรรณยุกต์เอก ตรี และจัตวาที่น่าสนใจ เสียงจากวรรณยุกต์ตรีมีคะแนน IS เฉลี่ยมากที่สุดคือร้อยละ 97.6 และมีคะแนนของค่า QS เท่ากับ 3.3 ซึ่งเท่ากับค่า QS เฉลี่ยในวรรณยุกต์เอก แต่ค่า IS เฉลี่ยจากวรรณยุกต์เอกมีค่าต่ำกว่าวรรณยุกตรีอยู่ 0.4 เปอร์เซ็นต์ แต่ในวรรณยุกต์จัตวามีค่า QS เฉลี่ยสูงถึง 3.6 ซึ่งมากที่สุดในทุกตารางของเสียง "ซู" นี้ แต่ค่า IS เฉลี่ยมีค่าต่ำกว่าค่า IS เฉลี่ยของตัวที่มากที่สุดเพียง 1 เปอร์เซนต์เท่านั้น ดังนั้น

หน่วยเสียงอนุภาคจากวรรณยุกต์ จัตวา น่าจะเป็นตัวแทนที่ดีที่จะนำไปสังเคราะห์เสียงวรรณยุกต์อื่น ๆ ในเสียงสระอู

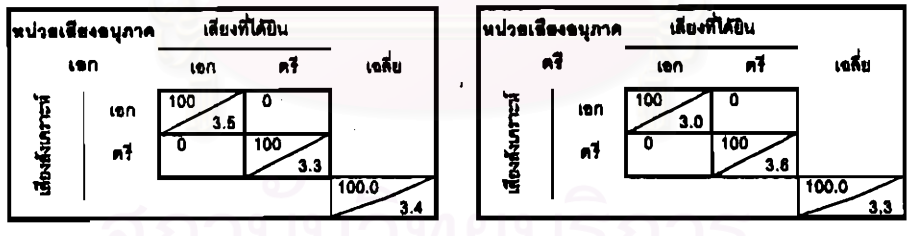
การทดสอบครั้งที่ 2 กับสระเสียงสั้นได้ผลออกมาดังนี้



ตารางที่ 4.10 แสดงคะแนนของเสียง "สะ" ของการทดสอบครั้งที่ 2



ตารางที่ 4.11 แสดงคะแนนของเสียง "สิ" ของการทดสอบครั้งที่ 2



ตารางที่ 4.12 แสดงคะแนนของเสียง "สุ" ของการทดสอบครั้งที่ 2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>เสียง "สะ"</u>

ในเสียง "สะ" นี้ ได้เลือกหน่วยเสียงอนุภาคของวรรณยุกต์ เอก มาเป็นตัวต้นแบบ เนื่องจากทั้งค่า IS เฉลี่ยมีค่าเท่ากัน แต่ค่า QS เฉลี่ยของวรรณยุกต์เอกมีค่าเท่ากับ 3.7 ซึ่งสูงกว่าค่า QS เฉลี่ยจากวรรณยุกต์ตรีซึ่งมีค่าเพียง 3.6

เสียง "สิ"

ในเสียง "สิ" ได้เลือกหน่วยเสียงอนุภาคของวรรณยุกต์ เอก มาเป็นตัวต้นแบบ เนื่องจากค่า QS เฉลี่ยของวรรณยุกต์เอกมีค่าเท่ากับ 2.8 ซึ่งสูงกว่าค่า QS เฉลี่ยจากวรรณยุกต์ตรีวรรณยุกต์ซึ่งมีค่า QS เฉลี่ยมี 2.7 และหน่วยเสียงอนุภาคจากวรรณยุกต์เอกยังมีค่า IS เฉลี่ยมากกว่าค่า IS เฉลี่ยจากวรรณยุกต์ตรีด้วย

เสียง "สุ"

ในเสียง "สุ" ค่า IS เฉลี่ยจากทั้งสองมีค่า 100 เปอร์เซ็นต์ หมายความว่าไม่มีคนฟังผิดเลย แต่เมื่อดูจากค่า QS เฉลี่ย หน่วยเสียงอนุภาคจากวรรณยุกต์เอกมีค่าสูงกว่าเล็กน้อย ดังนั้นในเสียงนี้จึงได้เลือกหน่วยเสียงอนุภาคจากวรรณยุกต์ เอก เป็นต้นแบบเพื่อที่จะสังเคราะห์เสียงวรรณยุกต์เอกและตรี

สรุปจากการทดสอบครั้งที่ 2

จากผลการทดสอบที่ได้จากการทำการทดสอบครั้งที่ 2 นี้ แสดงให้เห็นว่าหน่วยเสียงอนุภาคของวรรณยุกต์ต่าง ๆ สามารถที่จะนำมาสังเคราะห์เป็นเสียงวรรณยุกต์อื่นได้ทั้งสิ้น โดยอาจจะมีคุณภาพแตกต่างกันบ้าง แต่ก็ไม่ถึงกับผิดไปหรือแยกแยะไม่ออก โดยเฉพาะค่า IS เฉลี่ยของแต่ละตารางนั้นมีค่า 90 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป แม้ว่าค่า QS ของบางตารางจะมีค่าต่ำไปบ้าง เช่นค่า QS เฉลี่ยของเสียงสระอี ก็เนื่องด้วยเหตุผลเดียวกับการทดสอบในส่วนของเสียงสระอีในครั้งแรก การทดสอบครั้งที่ 2 นี้ในสระเสียงยาวหน่วยเสียงอนุภาคจากวรรณยุกต์จัตวาเป็นตัวเลือกที่ดีจากสระทั้งสามตัว และในสระเสียงสั้นหน่วยเสียงอนุภาคจากวรรณยุกต์เอกเป็นตัวเลือกที่ดีเช่นกันจากสระทั้งสามตัว

จากการทดสอบทั้งสองครั้งนี้ จะเห็นว่าเราสามารถที่จะนำผลการทดสอบที่ได้มาเลือกหน่วยเสียงตัวแทนที่จะนำไปสังเคราะห์เสียงวรรณยุกต์อื่น ๆ ซึ่งถ้ามีการเลือกเอาแค่แอมปลิจูดหรือหน่วยเสียงอนุภาคตัวแทนเพียงตัวเดียวเพื่อไปสังเคราะห์เสียงวรรณยุกต์ทั้ง 5 ตัวที่เหลือได้จะทำให้ขนาดและจำนวนของฐานข้อมูลมีจำนวนลดลงไปได้

วิเคราะห์ผลจากการทดสอบการรับฟัง

จากผลการทดสอบครั้งแรกได้ผลของการระบุเสียงวรรณยุกต์ของกลุ่มตัวอย่างออกมาค่อนข้างดี ผู้รับฟังสามารถระบุวรรณยุกต์ได้ถูกต้องคิดเป็นค่าเฉลี่ย 92.96 เปอร์เซ็นต์ ส่วนทัศนคติต่อคุณภาพเสียงถ้าไม่นับเสียง "ขี" จะได้คะแนนคุณภาพเฉลี่ยอยู่ที่ 3.18 จากคะแนนเต็ม 5 โดยที่เสียง "ขี" จะได้คะแนนค่อนข้างต่ำทั้งคะแนนการระบุวรรณยุกต์และทัศนคติต่อคุณภาพเสียง

การทดสอบครั้งที่สองได้คะแนนเฉลี่ยของการแยะแยะวรรณยุกต์สูงถึง 97 เปอร์เซ็นต์ และได้คะแนนคุณภาพเฉลี่ยเท่ากับ 2.91 จากคะแนนเต็ม 5 โดยที่เสียง "ซี" เช่นกันที่ได้คะแนนค่อนข้างต่ำทั้งสองการทดสอบ

เหตุที่คะแนนของคุณภาพได้คะแนนปานกลาง ไม่ถึงกับสูงเหตุเพราะว่าเสียงที่สังเคราะห์ยังมีความเพี้ยนอยู่บ้าง แต่เสียงที่เพี้ยนนี้ผู้รับฟังยังสามารถแยกแยะวรรณยุกต์ต่าง ๆ ได้ชัดเจน คะแนนการระบุเสียงจึงได้ค่อนข้างมาก เหตุที่เสียงสังเคราะห์มีความเพี้ยนเล็กน้อยเนื่องจากว่าในการเปลี่ยนค่าความถี่หลักมูลของสัญญาณเสียง ได้ใช้การประมาณค่าในช่วงแบบเชิงเส้นซึ่งใช้ในการเพิ่มและลดค่าความถี่หลักมูลของหน่วยเสียงอนุภาค แต่ในหน่วยเสียงอนุภาคนอกจากจะประกอบด้วยค่าความถี่หลักมูลแล้ว ยังมีค่าความถี่ฟอร์แมนท์อื่น ๆ ประกอบอยู่ด้วยดังนั้นเมื่อทำการเพิ่มหรือลดค่าความถี่หลักมูล ค่าฟอร์แมนท์ต่าง ๆ เหล่านี้จะบิดเบนเปลี่ยนแปลงไปตามทิศทางของค่าความถี่หลักมูลด้วยซึ่งเป็นเหตุที่ทำให้เสียงเพี้ยนเล็กน้อย

เป็นที่น่าสังเกตว่าคะแนนจากทัศนคติต่อคุณภาพของเสียงสังเคราะห์ในวรรณยุกต์โทในทุกช่องจะมีค่าที่ต่ำกว่าค่าที่ได้จากวรรณยุกต์อื่น ผู้วิจัยคิดว่าเกิดจากการที่วรรณยุกต์โทมีการเปลี่ยนแปลงของค่าความถี่หลักมูลในช่วงกว้างมาก จึงทำให้ค่าความถี่ฟอร์แมนท์เปลี่ยนค่าตามไปด้วยซึ่งเป็นผลให้เสียงสังเคราะห์ที่ได้มีคุณภาพต่ำ

จากงานวิจัยของสุดาพร ลักษณียนาวิน (1995) ซึ่งได้ทำการสังเคราะห์เสียงวรรณยุกต์ขึ้นใหม่โดยใช้กรรมวิธี PSOLA ซึ่งเป็นวิธีที่ให้ทำให้เสียงสังเคราะห์ที่ได้มีคุณภาพค่อนข้างดี จากผลการทดสอบการรับฟังที่งานวิจัยดังกล่าวได้ทำปรากฏว่า ในการสังเคราะห์เสียงในสระเสียงยาวค่าคะแนนของการระบุวรรณยุกต์ของงานวิจัยนั้นมีค่าเฉลี่ยสูงสุดและต่ำสุดเท่ากับ 100% และ 30% ตามลำดับ และคะแนนของคุณภาพเสียงมีค่าเฉลี่ยสูงสุดและต่ำสุดเท่ากับ 4.2 และ 1.5 ตามลำดับ และในการสังเคราะห์เสียงสระเสียงสั้นคะแนนของการระบุวรรณยุกต์เฉลี่ยสูงสุดและต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 98% และ 96% ตามลำดับ คะแนนของคุณภาพเสียงมีค่าเฉลี่ยสูงสุดและต่ำสุดเท่ากับ 3.9 และ 2.0 ตามลำดับ เมื่อเทียบผลที่ได้จากงานวิจัยเรื่องการสังเคราะห์เสียงโดยใช้หน่วยเสียงอนุภาค ซึ่งในการสังเคราะห์สระเสียงยาวมีค่าคะแนนของการระบุวรรณยุกต์เฉลี่ยสูงสุดและต่ำสุดเท่ากับ 100% และ 58% ตามลำดับ คะแนนของคุณภาพเสียงมีค่าเฉลี่ยสูงสุดและต่ำสุดเท่ากับ 4.2 และ 1.4 ตามลำดับ และในสระเสียงสั้นมีค่าคะแนนของการระบุวรรณยุกต์เฉลี่ยสูงสุดและต่ำสุดเท่ากับ 100% และ 92% ตามลำดับ คะแนนของคุณภาพเสียงมีค่าเฉลี่ยสูงสุดและต่ำสุดเท่ากับ 4 และ 1.7 ตามลำดับ ซึ่งจะสรุปให้เห็นเป็นตารางเพื่อให้ง่ายต่อการเปรียบเทียบดังนี้

	สระเสียงยาว		สระเสียงสั้น	
	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
ค่าคะแนนจากงานวิจัยเรื่อง Tone Transformation (Luksaneeyanawin, 1995)	30%	100%	96%	98%
ค่าคะแนนจากงานวิจัยนี้	58%	100%	92%	100%

ตารางที่ 4.13 เปรียบเทียบค่าคะแนนของการระบุวรรณยุกต์ของกลุ่มตัวอย่าง

	สระเสียงยาว		สระเสียงสั้น	
	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
ค่าคะแนนจากงานวิจัยเรื่อง Tone Transformation (Luksaneeyanawin, 1995)	1.5	4.2	2.0	3.9
ค่าคะแนนจากงานวิจัยนี้	1.4	4.2	1.7	4

ตารางที่ 4.14 เปรียบเทียบค่าคะแนนของทัศนคติของกลุ่มตัวอย่างต่อคุณภาพเสียง

จากตารางเห็นได้ว่าค่าคะแนนของการระบุวรรณยุกต์ของสระเสียงยาวจากงานวิจัยนี้มีค่าคะแนนสูงสุดเท่ากับค่าที่ได้จากงานวิจัยดังกล่าวส่วนค่าคะแนนต่ำสุดมีค่ามากกว่าเล็กน้อย ในสระเสียงสั้นได้คะแนนใกล้เคียงกัน ส่วนค่าคะแนนคุณภาพของเสียงสังเคราะห์ได้คะแนนใกล้เคียงกัน

ถ้าต้องการที่จะเปลี่ยนค่าความถี่หลักมูลโดยไม่เปลี่ยนค่าความถี่ฟอร์แมนท์อื่น ๆ ทางแก้ปัญหาทางหนึ่งคือนำกรรมวิธี PSOLA มาใช้หรือมาประยุกต์ใช้ ซึ่งผู้วิจัยได้ทดลองนำกรรมวิธี PSOLA มาประยุกต์ใช้กับเสียงอนุภาค ปรากฏว่าสามารถเปลี่ยนค่าความถี่หลักมูลได้โดยที่ค่าความถี่ฟอร์แมนท์อื่น ๆ ไม่เปลี่ยนหรือเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย

กรรมวิธี PSOLA จะแยกสัญญาณเสียงออกเป็นลำดับของสัญญาณช่วงสั้น ๆ $x_m(n)$ ซึ่งได้มาจากการคูณสัญญาณด้วยฟังก์ชั่นหน้าต่าง $h_m(n)$

$$x_m(n) = h_m(t_m - n)x(n) \tag{4.1}$$

โดยที่ t_m คือตำแหน่งพิทช์ จุดศูนย์กลางของฟังก์ชั่นหน้าต่างจะต้องตรงกับตำแหน่งพิทช์ที่ได้หาไว้ ฟังก์ชั่นหน้าต่างปกติจะใช้ฟังก์ชั่นหน้าต่างแบบแฮนนิ่ง และจำต้องมีความยาวมากกว่า 1 คาบของพิทช์ดังนั้นสัญญาณ $x_m(n)$ ที่อยู่ใกล้เคียงกันจะต้องมีส่วนที่ทับกัน ความยาวนี้จะตั้ง

ให้เหมาะสมกับค่าความยาวพิทช์ โดยจะมีค่าตัวประกอบ μ ซึ่งนิยมให้มีค่าเท่ากับ 2 ซึ่งความยาวของฟังก์ชั่นหน้าต่างสามารถหาได้จาก

$$h_m(n) = h(\frac{n}{\mu P}) \tag{4.2}$$

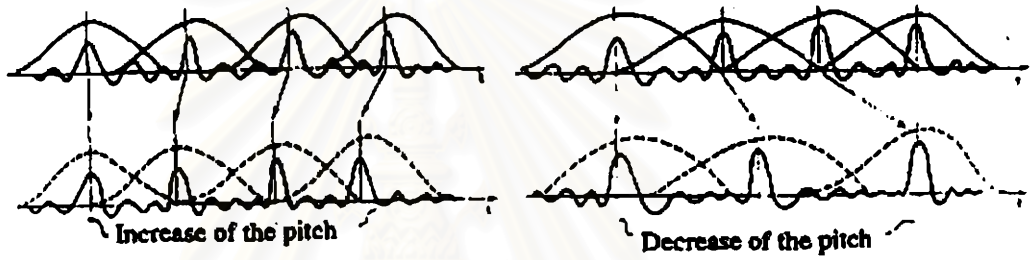
โดยที่ P คือคาบของพิทช์ จากนั้นลำดับของสัญญาณ $x_m(n)$ จะถูกเปลี่ยนระยะระหว่างพิทช์ให้เป็นไปตามรูปแบบพิทช์ใหม่ f_q เรียกว่าสัญญาณ $\tilde{x}_q(n)$ ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$\tilde{x}_q(n) = x_m(n + t_m - f_q) \tag{4.3}$$

และในการสังเคราะห์เสียงกลับสามารถสังเคราะห์ได้จากสมการต่อไปนี้

$$\tilde{x}(n) = \sum_q \tilde{x}_q(n) \tag{4.4}$$

ซึ่ง $\tilde{x}(n)$ คือสัญญาณเสียงสังเคราะห์ที่ได้ถูกปรับเปลี่ยนระยะห่างระหว่างพิทช์



เพิ่มความถี่หลักมูล ลดความถี่หลักมูล

รูปที่ 4.3 แสดงการเพิ่มและลดความถี่หลักมูลด้วยกรรมวิธี PSOLA

จำนวนของหน่วยเสียงและขนาดของหน่วยเสียง

จุดประสงค์หนึ่งของงานวิจัยนี้คือการลดจำนวนของหน่วยเสียงและขนาดของหน่วยเสียง ถ้าคิดขนาดของหน่วยเสียงที่ใช้หน่วยพยางค์จากพยางค์ที่สามารถเกิดขึ้นได้ในพยางค์เปิดสระเดี่ยวจะใช้หน่วยเสียงจำนวน 2,376 หน่วย และใช้เนื้อที่เก็บหน่วยเสียงประมาณ 77 เมกะไบต์ แต่ถ้าเก็บหน่วยเสียงโดยใช้หน่วยเสียงอนุภาคจะทำให้หน่วยเสียงที่จะใช้ลดลงเหลือเพียง 432 หน่วย และเนื้อที่ที่จะต้องใช้เก็บข้อมูลหน่วยเสียงลดลงเหลือเพียง 2.6 เมกกะไบต์เท่านั้น ซึ่งหน่วยเสียงที่ได้เก็บและแสดงเนื้อที่ในการใช้นี้ได้เก็บค่าเส้นกรอบแอมปลิจูดและหน่วยเสียงอนุภาคของทุกวรรณยุกต์ ซึ่งถ้าเก็บเฉพาะเส้นกรอบแอมปลิจูดและหน่วยเสียงอนุภาคตามที่ผู้วิจัยได้เลือกแนะให้ไว้จะทำให้ลดข้อมูลหน่วยเสียงลงไปได้อีก

สรุปผลจากการทดสอบการรับฟัง

การทำการทดสอบการรับฟังนี้ ได้ทำการสังเคราะห์เสียงวรรณยุกต์ต่าง ๆ ขึ้นในสระ 3 สระคือ อา อี และ อู และให้กลุ่มตัวอย่างฟัง จุดประสงค์ของการทดสอบนี้เพื่อที่จะวัดคุณภาพ

ของเสียงสังเคราะห์โดยมีการทดสอบการระบุวรรณยุกต์และทดสอบทัศนคติต่อเสียงวรรณยุกต์ การทดสอบการระบุวรรณยุกต์เป็นตัววัดว่าผู้ฟังสามารถจำแนกเสียงสังเคราะห์ได้ในระดับใด และการทดสอบทัศนคติต่อคุณภาพเสียงจะเป็นตัววัดคุณภาพของเสียงสังเคราะห์ว่าผู้ฟังพอใจในคุณภาพเสียงมากน้อยเพียงใด การทดสอบนี้ได้แบ่งออกเป็น 2 ครั้งซึ่งการทดสอบครั้งแรกเพื่อจะศึกษาว่าเส้นกรอบแอมปลิจูดของวรรณยุกต์มีผลอย่างไรเมื่อนำมาสังเคราะห์เสียงวรรณยุกต์อื่น การทดสอบครั้งที่สองเพื่อศึกษาว่าหน่วยเสียงอนุภาคของเสียงวรรณยุกต์มีผลอย่างไรต่อเสียงสังเคราะห์วรรณยุกต์อื่น จากการทดสอบโดยรวมผู้ฟังส่วนใหญ่เฉลี่ย 95% สามารถระบุเสียงวรรณยุกต์ที่สังเคราะห์ได้ถูกต้องโดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 6.4 แม้ว่าองค์ประกอบที่นำมาสังเคราะห์เสียงคือหน่วยเสียงอนุภาคและเส้นกรอบแอมปลิจูดจะไม่ได้นำมาจากเสียงต้นแบบเดิม นี่เป็นตัวบ่งชี้ว่าเราสามารถที่จะสังเคราะห์เสียงวรรณยุกต์ต่าง ๆ จากหน่วยเสียงอนุภาคและเส้นกรอบแอมปลิจูดของวรรณยุกต์อื่น ๆ ได้ เป็นผลให้สามารถที่จะเก็บหน่วยเสียงอนุภาคหรือเส้นกรอบแอมปลิจูดของวรรณยุกต์เพียงตัวเดียวซึ่งเป็นตัวแทนเพื่อที่จะนำไปสังเคราะห์เสียงวรรณยุกต์อื่น ๆ ขึ้นมาได้ ค่าคะแนนของคุณภาพเสียงเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 2.95 โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.69 ในเสียงวรรณยุกต์บางตัวได้คะแนนเพียง 1.4 เท่านั้นซึ่งเป็นค่าที่ค่อนข้างต่ำ ในบางตารางจะพบว่ามีการฟังสับสนระหว่างเสียงวรรณยุกต์สามัญและเสียงวรรณยุกต์เอกเป็นจำนวนมาก เหตุเนื่องจากว่าวรรณยุกต์สามัญและวรรณยุกต์เอกมีการเปลี่ยนแปลงของค่าความถี่หลักมูลต่างกันเพียงเล็กน้อย เมื่อนำมาฟังเพื่อการจำแนกโดยปราศจากปริบทอาจทำให้ผู้ฟังสับสนและทำให้ระบุเสียงวรรณยุกต์ผิดไปได้ ซึ่งเหตุการณ์นี้พบได้ในงานวิจัยของสุดาพร ลักษ-ณียนาวิน (Luksaneeyanawin, 1995) เช่นกัน

เนื่องจากว่าในงานวิจัยนี้ได้ใช้กรรมวิธีการประมาณค่าในช่วงแบบเชิงเส้นในการเปลี่ยนแปลงค่าความถี่หลักมูลของหน่วยเสียงอนุภาคซึ่งกรรมวิธีนี้จะทำให้ค่าความถี่ฟอร์แมนท์เปลี่ยนแปลงไปด้วยและเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกับทิศทางของค่าความถี่หลักมูล ทำให้เสียงที่ได้มีความเพี้ยนไปบ้างแต่โดยรวมแล้วผู้ฟังก็สามารถจำแนกวรรณยุกต์ได้ เสียงวรรณยุกต์ที่มีความเพี้ยนมากเป็นเสียงวรรณยุกต์เปลี่ยนระดับคือเสียงวรรณยุกต์โทและวรรณยุกต์จัตวา เพราะเนื่องจากวรรณยุกต์สองตัวนี้มีการเปลี่ยนแปลงของค่าความถี่หลักมูลที่ค่อนข้างมาก กรรมวิธีการประมาณค่าในช่วงแบบเชิงเส้นนี้เป็นกรรมวิธีที่ง่ายสามารถเปลี่ยนแปลงค่าความถี่หลักมูลได้อย่างรวดเร็ว แต่มีข้อเสียคือทำให้ค่าความถี่ฟอร์แมนท์เปลี่ยนแปลงไปด้วยซึ่งมีผลทำให้เสียงสังเคราะห์มีความเพี้ยนโดยเฉพาะในวรรณยุกต์เปลี่ยนระดับ ถ้าต้องการที่จะเปลี่ยนค่าความถี่หลักมูลโดยที่ค่าความถี่ฟอร์แมนท์ไม่เปลี่ยนต้องนำกรรมวิธี PSOLA มาใช้ กรรมวิธี PSOLA นี้เท่าที่ผ่านมาใช้กับหน่วยแบบพยางค์ แต่ผู้วิจัยเห็นว่าสามารถที่จะนำหน่วยเสียงอนุภาคมาใช้กับกรรมวิธีนี้ได้เช่นกัน จากที่ผู้วิจัยได้ทดลองสังเคราะห์เสียงวรรณยุกต์ต่าง ๆ ด้วยกรรมวิธี PSOLA โดยใช้หน่วย

เสียงอนุภาคก็ให้ผลออกมาค่อนข้างดี และเมื่อนำมาดูคุณสมบัติในเชิงความถี่พบว่ากรรมวิธีนี้สามารถที่จะเปลี่ยนค่าความถี่หลักมูลได้โดยที่ค่าความถี่ฟอร์แมนท์ไม่เปลี่ยน แต่ผลที่ได้จากกรรมวิธี PSOLA นี้ไม่ได้นำมาทำการทดสอบการรับฟัง สามารถดูภาพของฟอร์แมนท์ของเสียงต้นแบบเปรียบเทียบกับฟอร์แมนท์ของเสียงสังเคราะห์ที่ได้จากกรรมวิธีการประมาณค่าในช่วงแบบเชิงเส้นได้จากภาคผนวก ข.

ผลจากการทดสอบนี้ผู้วิจัยได้แนะนำหน่วยเสียงอนุภาคและเส้นกรอบแอมปลิจูดที่เป็นตัวแทนเพื่อที่จะนำไปสังเคราะห์เสียงวรรณยุกต์อื่นไว้ให้ ในกรณีที่ผู้ที่จะนำไปประยุกต์ใช้ต้องการที่จะประหยัดเนื้อเก็บหน่วยเสียงคือ ในสระเสียงยาวเสนอให้เลือกหน่วยเสียงอนุภาคจากวรรณยุกต์สามัญและเส้นกรอบแอมปลิจูดของวรรณยุกต์จัตวามาเป็นตัวแทน และในสระเสียงสั้นเสนอให้เลือกหน่วยเสียงอนุภาคจากวรรณยุกต์เอกและหน่วยเสียงอนุภาคจากวรรณยุกต์เอกมาเป็นตัวแทน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย