บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอเกี่ยวกับการสังเคราะห์เสียงขลุ่ยเพียงออด้วยกรรมวิธี Subtractive Synthesis โดยการออกแบบตัวกำทอนสำหรับกรรมวิธีนี้ได้นำเสนอในสองแนวทางด้วยกัน ได้แก่ การประมาณค่าเชิงเส้น และการประมาณค่าเชิงเส้นแบนด์ย่อย โดยสองกรรมวิธีนี้เมื่อนำมาใช้ในการสังเคราะห์เสียงแล้วให้ผลการทดลองในเชิงปริมาณ คือ ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงความถี่หรือสเปกตรัมที่ประมาณกันใน 5 ความถี่ที่สนใจได้แก่ ความถี่มูลฐาน และความถี่ฮาร์มอนิกส์ที่ 2 ถึง 5 ซึ่งเป็นความถี่ที่มนุษย์สามารถได้ยินเสียงขลุ่ยเพียงออ โดยองค์ประกอบเชิงความถี่ที่มากกว่านี้ไม่มีผลต่อคุณภาพเสียงของขลุ่ยเพียงออ

สำหรับกรรมวิธีทดลองจะเริ่มจากการนำสัญญาณเสียงขลุ่ยเพียงออต้นฉบับมาทำการลดทอนสัญญาณรบกวน เพื่อไม่ให้มีอิทธิพลต่อผลการทดลอง จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์หาองค์ประกอบเชิงความถี่ของสัญญาณเสียงขลุ่ยเพียงออต้นฉบับโดยใช้กรรมวิธีของเวลช์ โดยจะใช้เป็นความถี่อ้างอิงสำหรับเปรียบเทียบกับความถี่โดดเด่นของผลตอบสนองเชิงความถี่ที่ได้จากตัวกำทอนที่สร้างจากสัมประสิทธิ์การประมาณค่าเชิงเส้น และสัมประสิทธิ์การประมาณค่าเชิงเส้นแบนด์ย่อย โดยอาศัยผลรวมความผิดพลาดกำลังสอง (Sum Square Error - SSE) มาช่วยในการตัดสินใจเลือกอันดับที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการสังเคราะห์เสียงขลุ่ยเพียงออ

จากนั้นจึงทำการสร้างแบบจำลองขอบของสัญญาณจากขอบของสัญญาณเสียงขลุ่ยเพียงออต้นฉบับโดยอาศัยแบบจำลองขอบของสัญญาณ (ADSR Model) โดยใช้กรรมวิธีการปรับเส้นโค้ง อันดับที่ 1 (1^{st} Order Curve Fitting)

ขั้นตอนต่อมาจะเป็นการสังเคราะห์เสียงด้วยกรรมวิธี Subtractive Synthesis โดยใช้การสร้างกำทอนในสองลักษณะคือ สร้างด้วยสัมประสิทธิ์การประมาณค่าเชิงเส้น และสร้างด้วยสัมประสิทธิ์การประมาณค่าเชิงเส้นแบนด์ย่อย

โดยในส่วนของตัวกำทอนที่สร้างจากสัมประสิทธิ์การประมาณค่าเชิงเส้น สัญญาณขาเข้าจะใช้สัญญาณ Pulse Train ให้มีความถี่ตามขั้นเสียงที่ต้องการ ป้อนให้กับตัวกำทอน จากนั้นนำสัญญาณที่ผ่านตัวกำทอนมาคูณกับแบบจำลองขอบของสัญญาณเพื่อสร้างเป็นเสียงขลุ่ยเพียงออ สาเหตุอีกประการหนึ่งที่ไม่เลือก สัญญาณ White Noise เนื่องจากการทดลองเบื้องต้นจะต้องใช้อันดับการประมาณค่าเชิงเส้นมากกว่า สัญญาณ Pulse Train จำนวนมาก ดังนั้นจึงเลือกใช้เฉพาะสัญญาณ Pulse Train มาใช้ในการสังเคราะห์เสียงในลักษณะแรก

สำหรับตัวกำทอนที่สร้างจากสัมประสิทธิ์การประมาณค่าเชิงเส้นแบนด์ย่อยนั้น สัญญาณขาเข้าจะมีสองลักษณะด้วยกันคือสัญญาณที่ป้อนให้กับตัวกำทอนในแบนด์ความถี่ต่ำ คือ Pulse Train และสัญญาณที่ป้อนให้กับตัวกำทอนในแบนด์ความถี่สูง คือ White Noise ซึ่งสาเหตุที่ป้อน

White Noise ให้กับตัวกำทอนในแบนด์ความถี่สูงนั้นสืบเนื่องมาจากการสังเกตของผู้วิจัยพบว่า เมื่อทำการทดลองฟังในเบื้องต้น สัญญาณ White Noise จะให้เสียงลม เมื่อนำไปรวมกับสัญญาณในแบนด์ความถี่ต่ำจะให้เสียงที่เป็นธรรมชาติกว่าการป้อนสัญญาณ Pulse Train เพียงอย่างเดียว และขั้นตอนสุดท้ายคือการนำสัญญาณสังเคราะห์คูณกับแบบจำลองขอบของสัญญาณเพื่อสร้างเป็นเสียงขลุ่ยเพียงออสังเคราะห์

อย่างไรก็ตามการสังเคราะห์ด้วยแบบจำลองที่สร้างจากสัมประสิทธิ์การประมาณค่าเชิงเส้นแบบปกติจะต้องใช้อันดับการประมาณค่าเชิงเส้นเท่ากับ 350 ซึ่งมีค่ามากเมื่อเทียบกับกรรมวิธีที่สองคือ การสังเคราะห์ด้วยแบบจำลองที่สร้างจากสัมประสิทธิ์การประมาณค่าเชิงเส้นแบนด์ย่อย พบว่าใช้อันดับการประมาณค่าเชิงเส้นเพียงอันดับที่ 48 เท่านั้น

จากงานวิจัยนี้ สังเกตว่าอันดับของแบบจำลองตัวกำทอนขลุ่ยเพียงออที่สร้างจากสัมประสิทธิ์การประมาณค่าเชิงเส้นแบนด์ย่อย เท่ากับ 48 เมื่อเทียบกับอันดับของแบบจำลองเสียงพูด เช่น LPC-10 ซึ่งใช้อันดับเท่ากับ 10 ทั้งที่สัญญาณเสียงพูดมีความซับซ้อนมากกว่า แต่เมื่อพิจารณาจากอัตราสุ่มของสัญญาณเสียงดนตรีและเสียงพูดจะเท่ากับ 44.1 และ 8 กิโลเฮิรตซ์ตามลำดับ จะเห็นว่าอัตราสุ่มของสัญญาณเสียงดนตรีมีค่าประมาณ 5 เท่าของอัตราสุ่มสัญญาณเสียงพูด ซึ่งสอดคล้องกับอันดับของแบบจำลองเสียงดนตรีที่มีค่าประมาณ 5 เท่าของแบบจำลองสัญญาณเสียงพูดเช่นเดียวกัน

หากพิจารณาถึงจำนวนข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์ในกรณีการประมาณค่าเชิงเส้นแบนด์ย่อย (ยกตัวอย่างเสียงโดต่ำ) ซึ่งเท่ากับ 1,024 จุด หรือ 128 มิลลิวินาที ในขณะที่กรณีของสัญญาณเสียงพูดจะใช้จำนวนข้อมูลในการวิเคราะห์เท่ากับ 180 จุด หรือ 22.5 มิลลิวินาที จะเห็นว่าจำนวนข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์เสียงดนตรีมีค่าประมาณ 5 เท่าของจำนวนข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์เสียงพูด

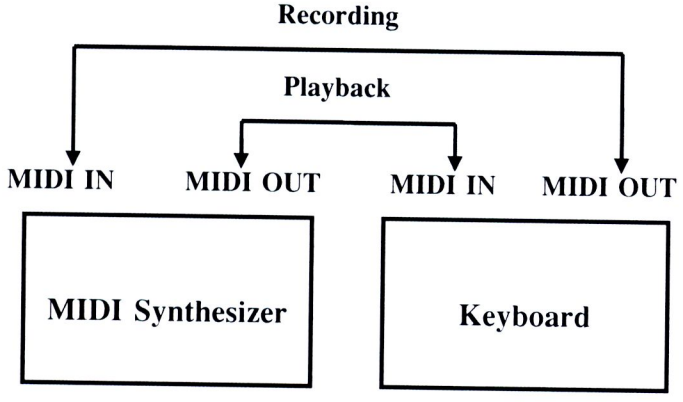
ดังนั้นอาจสรุปได้ว่าจำนวนข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ และอัตราสุ่มสัญญาณ มีผลต่ออันดับของแบบจำลองสัญญาณ ซึ่งมีความสอดคล้องไปในทิศทางเดียวกัน

สัญญาณเสียงสังเคราะห์ที่สร้างขึ้นเมื่อนำมาทำการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงความถี่ด้วยกรรมวิธีของเวลช์พบว่าให้ค่าที่ใกล้เคียงกับองค์ประกอบเชิงความถี่ของสัญญาณเสียงต้นฉบับ สำหรับได้ด้านของคุณภาพเสียงนั้น ผู้วิจัยมีความเห็นว่าคุณภาพเสียงสังเคราะห์ที่ได้เป็นที่น่าพอใจในด้านความคล้ายคลึงกับเสียงขลุ่ยเพียงออต้นฉบับ

5.2 ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้เป็นกรณีศึกษาซึ่งสนใจเฉพาะกรรมวิธีที่ใช้ในการสังเคราะห์ด้วยกรรมวิธี Subtractive Synthesis เท่านั้น และชนิดของเครื่องดนตรีที่เลือกมาเพียงชนิดเดียว คือ ขลุ่ยเพียงออ ซึ่งในอนาคตน่าจะมีการทำการศึกษาถึงการสังเคราะห์เสียงด้วยกรรมต่าง ๆ กับเครื่องดนตรีไทยชนิดอื่น อีกทั้งในปัจจุบันยังมีกรรมวิธีในการสังเคราะห์เสียงดนตรีอีกมากมายที่น่าจะ

นำมาศึกษากับดนตรีไทยเพื่อหากรรมวิธีที่เหมาะสมที่สุดที่จะใช้ในการสังเคราะห์เสียงเครื่องดนตรีไทยแต่ละชนิดต่อไปในอนาคต



ภาพที่ 5.1 การเชื่อมต่อระหว่างเครื่องสังเคราะห์เสียงกับคีย์บอร์ดโดยผ่านเทคโนโลยี MIDI

สำหรับแนวทางการนำเสียงสังเคราะห์ที่ได้ไปใช้ประโยชน์ ยกตัวอย่างเช่น กระบวนการสังเคราะห์เสียงดนตรีไทยใช้ใน MIDI Synthesizer และเชื่อมต่อกับคีย์บอร์ด (Keyboard) หรือตัวควบคุม MIDI (MIDI Controller) โดยผ่านทาง MIDI Cable แสดงได้ดังภาพที่ 5.1 เมื่อต้องการบรรเลงเสียงสังเคราะห์ คีย์บอร์ดจะทำหน้าที่ส่งสัญญาณ MIDI (MIDI Messages) เพื่อไปควบคุม MIDI Synthesizer ให้ทำการบรรเลงเสียงเครื่องดนตรีออกมา เป็นต้น