สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

โปรแกรมเล่นไฟล์มีดี้จากการจดจำโน้ตดนตรี

MIDI PLAYER FROM NOTE RECOGNITION

T049968

นาย สมภพ อดุลประเสริฐสุข
นาย สรศักดิ์ คงเลิศวิบูลย์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2545

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 49968
วัน,เดือน,ปี 16 เม.ย. 2547
b.....
i.....

สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง ทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมเล่นไฟล์มีดี้จากการจดจำโน้ตดนตรี

MIDI PLAYER FROM NOTE RECOGNITION

นาย สมภพ อดุลประเสริฐสุข

นาย สรศักดิ์ คงเลิศวิบูลย์

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร. อรฉัตร จิตต์โสภักตร์

อ. เจริญ วงษ์ชุ่มเย็น

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2545

ภาควิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง โปรแกรมเล่นไฟล์มีดี้จากการจดจำโน้ตดนตรี

MIDI PLAYER FROM NOTE RECOGNITION

คณะผู้จัดทำ นาย สมภพ อดุลประเสริฐสุข รหัสประจำตัว 42010363

นาย สรศักดิ์ คงเลิศวิบูลย์ รหัสประจำตัว 42010372

อรณัตร จิตต์... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร. อรณัตร จิตต์โสภักตร์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ. เจริญ วงษ์ชุ่มเย็น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมเล่นไฟล์มีดี้จากการจดจำโน้ตดนตรี

นาย สมภพ อดุลประเสริฐสุข 42010363
นาย สรศักดิ์ คงเลิศวิบูลย์ 42010372
ดร. อรฉัตร จิตต์โสภักตร์ อาจารย์ที่ปรึกษา
อ. เจริญ วงษ์ชุ่มเย็น อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2545

บทคัดย่อ

ในสภาพการณ์ปัจจุบัน เทคโนโลยีต่างๆ ได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันเป็นอย่างมาก และได้มีการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ เพื่อตอบสนองความต้องการบางอย่างของมนุษย์ เช่น ดนตรี เนื่องจากโน้ตดนตรี ยังคงเป็นมาตรฐานที่ยังคงใช้กันอยู่ในหมู่นักดนตรี ในการนำโน้ตดนตรีมาเล่นเป็นเพลงตามโน้ตนั้นๆ จึงมีการคิดนำเทคโนโลยีเข้ามาประยุกต์ใช้ โดยใช้ความรู้เกี่ยวกับการจดจำรูปแบบ มาประยุกต์ใช้กับโน้ตดนตรี เพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถรู้ จดจำโน้ตดนตรีนั้นๆ และนำมาเล่นบทเพลงที่มีอยู่ในโน้ตดนตรีนั้นได้อย่างถูกต้อง

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ได้รายงานถึงวิธีการจดจำรูปแบบตัวพิมพ์โน้ตดนตรี โดยใช้คอมพิวเตอร์ ซึ่งคอมพิวเตอร์จะรับภาพตัวพิมพ์โน้ตดนตรีจากเครื่องสแกนเนอร์แล้วเก็บเป็นไฟล์รูปภาพบิตแมป และใช้วิธีการประมวลผลภาพกับการจดจำรูปแบบมาวิเคราะห์ภาพพิมพ์ตัวโน้ตดนตรี วิธีการจะเริ่มต้นโดยจะทำการแยกตัวโน้ต ออกจากบรรทัด 5 เส้น หลังจากนั้นก็จะทำการแยกตัวโน้ตดนตรีออกจากกัน เพื่อที่จะได้วิเคราะห์หาลักษณะเด่น และความหมาย ของโน้ตแต่ละตัว เช่น ระดับเสียงและความยาวเสียงของโน้ตแต่ละตัว สุดท้ายแล้วก็จะนำข้อมูลเหล่านี้ไปแปลงให้อยู่ในรูปของรหัสมีดี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MIDI PLAYER FROM NOTE RECOGNITION

Mr. Somphob Adulprasertsuk 42010363
Mr. Sorasak Konglertviboon 42010372
Dr. Orachat Chitsobhuk Advisor
Mr. Charoen Vongchumyen Advisor

ABSTRACT

Recently, Technology has become a part of life and it has been applied to satisfy human such as musical technology. Because musical note is still the standard for musicians, so we think of technology that applied by pattern recognition to analyze the structure of printed musical note. After that the computer can recognize musical note and play music from these data correctly.

This thesis reports the process of recognition of printed musical note by computer. The computer will receive the picture of note from scanner and save as Bitmap file format and then use image processing and pattern recognition to analyze the structure of printed musical note. First, the method starts with extraction the staff line then separate each of musical note in order to find it's characteristic and meaning such as pitch and duration of musical note. Finally, these data would be used to convert to MIDI code.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดี ด้วยคำแนะนำและคำปรึกษาเกี่ยวกับ ความรู้เรื่องการประมวลผลภาพและ ระบบรู้จำ รวมทั้งได้รับการตรวจสอบจาก ดร. อรฉัตร จิตต์โสภักตร์ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์และขอกราบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ อ. เจริญ วงษ์ชุ่มเย็น ที่ช่วยเหลือแก้ไขและให้คำแนะนำ ในบางจุดที่ผู้วิจัยมีปัญหาและมีส่วนช่วยให้ผู้วิจัยสามารถเข้าใจและแก้ไขปัญหานั้นๆ ได้

ขอขอบพระคุณ อ. วัจนพงศ์ เกษมศิริ ที่ให้คำแนะนำ และช่วยเหลือข้อมูลเกี่ยวกับ ทฤษฎีระบบรู้จำและความรู้ทั่วๆ ไปที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยชิ้นนี้ อาทิเช่น โครงสร้างของไฟล์ฟอร์แมตมีดี้

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณทุกท่านๆ ที่ได้เคยช่วยเหลือและให้คำแนะนำต่างๆ ทั้งยังให้กำลังใจ แก่ผู้วิจัยเรื่อยมา

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

สมภพ อดุลประเสริฐสุข
สรศักดิ์ คงเลิศวิบูลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญภาพ	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	1
1.4 วิธีการดำเนินงาน	2
บทที่ 2 MIDI	3
2.1 รูปแบบการส่งข้อมูลของ MIDI	3
2.1.1 ข้อมูลแสดงแชนแนล (Channel Message)	3
2.1.1.1 ข้อมูลเสียง (Channel Voice Message)	4
2.1.1.2 ข้อมูลแสดงรูปแบบ (Channel Mode Message)	4
2.1.2 ข้อมูลระบบ (System Message)	5
2.1.2.1 Common Message	5
2.1.2.2 System Real Time	5
2.2 โครงสร้างไฟล์ MIDI	5
2.2.1 Header Chunk	6
2.2.2 Track Chunk	7
2.2.2.1 MIDI Event	7
2.2.2.2 Meta Event	9
2.3 ตัวอย่างของไฟล์ MIDI	11
บทที่ 3 การออกแบบและขั้นตอนการจดจำรูปแบบโน้ตดนตรี	13
3.1 ขั้นตอนการทำงานของโครงงาน	13
3.1.1 การรับภาพ	14
3.1.2 การปรับข้อมูลภาพให้เป็น 2 ระดับ	14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

3.1.3 การแยกบรรทัด 5 เส้น 14

3.1.4 การหาตำแหน่งของตัวโน้ต 14

3.1.5 การจดจำรูปแบบและสัญลักษณ์ของโน้ตดนตรี 14

3.1.6 การแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปของ MIDI 14

3.2 การปรับภาพให้เป็น 2 ระดับ 15

3.3 การลบบรรทัด 5 เส้น 16

3.3.1 การหาบรรทัด 5 เส้น 16

3.3.2 การลบบรรทัด 5 เส้น 16

3.3.3 การคืนภาพให้ตัวโน้ต 17

3.4 การหาตำแหน่งของตัวโน้ต 18

3.4.1 การหาความถี่ในแนวตั้ง 18

3.4.2 การหาความถี่ในแนวนอน 20

3.4.3 ตำแหน่งของตัวโน้ต 20

3.5 การจดจำรูปแบบของตัวโน้ต 21

3.5.1 การแบ่งตัวโน้ตออกเป็นกลุ่มตามลักษณะของค่าความถี่ในแนวตั้ง 21

3.5.2 กลุ่มตัวโน้ตที่ไม่มีค่าความถี่ในแนวตั้งมากกว่าระยะ 2 เท่าของบรรทัด 5 เส้น 22

3.5.3 กลุ่มตัวโน้ตที่มีค่าความถี่ในแนวตั้งมากกว่าระยะ 2 เท่าของบรรทัด 5 เส้นครั้งเดียว 25

3.5.3.1 ค่าความถี่ในแนวตั้งที่มากกว่าระยะ 2 เท่าของบรรทัด 5 เส้น อยู่ทางด้านซ้ายสุดของตัวโน้ต 25

3.5.3.2 ค่าความถี่ในแนวตั้งที่มากกว่าระยะ 2 เท่าของบรรทัด 5 เส้น อยู่ทางด้านขวาสุดของตัวโน้ต 26

3.5.3.3 ค่าความถี่ในแนวตั้งที่มากกว่าระยะ 2 เท่าของบรรทัด 5 เส้น อยู่ที่ตำแหน่งอื่นๆ 27

3.5.4 กลุ่มตัวโน้ตที่มีค่าความถี่ในแนวตั้งมากกว่าระยะ 2 เท่าของบรรทัด 5 เส้น มากกว่า 1 ครั้ง 28

3.5.5 การหาตำแหน่งของตัวโน้ตบนบรรทัด 5 เส้น 31

3.6 การสร้างไฟล์รหัส MIDI (*.MID) 31

3.6.1 ขั้นตอนการทำให้ข้อมูลที่ได้เป็นไฟล์รหัส MIDI 34

3.6.2 การนำค่าจากอาร์เรย์ของข้อมูลมาเขียนให้เป็นไฟล์ MIDI 35

4. ผลการทดลอง 36

4.1 ประสิทธิภาพการรู้จำเครื่องหมายทางดนตรีต่างๆ 36

4.2 ปัญหาที่พบและวิธีแก้ไข 38

4.3 ความถูกต้องในการสร้างไฟล์ MIDI 39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

5. บทสรุปและแนวทางในการพัฒนา 40
5.1 สรุปผลการทดลอง 40
5.2 แนวทางในการพัฒนาต่อ 40
ภาคผนวก ก. ทฤษฎีดนตรีเบื้องต้น 41
ก.1 สัญลักษณ์ทางดนตรี 41
ก.1.1 ตัวโน้ต 41
ก.1.2 เส้นกั้นห้อง (Bar Line) 42
ก.1.3 เครื่องหมายกำหนดจังหวะ (Time Signature) 42
ก.1.4 ตัวหยุด (Rest) 42
ก.2 ระดับเสียง และชื่อทางดนตรี (Pitches and Musical names) 42
ก.2.1 บรรทัด 5 เส้น (Staff Line) 43
ก.2.2 เครื่องหมายประจำหลัก 43
ก.2.3 เครื่องหมายแปลงเสียง 43
ภาคผนวก ข. MIDI Note Numbers for Different Octaves 45
บรรณานุกรม 46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ชุดข้อมูลของไฟล์ MIDI	3
2.2 ชนิดและความหมายของข้อมูลเสียง	4
2.3 โครงสร้างของข้อมูลประเภท Chunk	5
2.4 โครงสร้างข้อมูลของไฟล์ MIDI	6
2.5 โครงสร้างของข้อมูลส่วน Header Chunk	6
2.6 โครงสร้างของข้อมูลส่วน Track Chunk	7
2.7 โครงสร้างของ MIDI Event	8
2.8 คำสั่งและความหมายต่างๆ ของ MIDI Event	8
2.9 คำสั่งและความหมายต่างๆ ของ Meta Event	9
3.1 แสดงโน้ตในกลุ่มที่ไม่มีค่าความถี่มากกว่าระยะ 2 เท่าของบรรทัด 5 เส้น	22
3.2 แสดงโน้ตในกลุ่มที่มีค่าความถี่มากกว่าระยะ 2 เท่าของบรรทัด 5 เส้นครั้งเดียว	25
3.3 แสดงกลุ่มมีค่าความถี่มากกว่าระยะ 2 เท่าของบรรทัด 5 เส้น มากกว่า 1 ครั้ง	28
3.4 แสดงค่าความยาวเสียงของตัวโน้ตและตัวหยุด	32
4.1 ผลการทดลองการรู้จำของเครื่องหมายทางดนตรีชนิดต่าง ๆ	36
4.2 ความผิดพลาดที่เกิดจากการรู้จำเครื่องหมายทางดนตรี	36
ก.1 ประเภทของตัวโน้ต	41
ก.2 ความยาวของแต่ละตัวโน้ตเมื่อเทียบกับโน้ตตัวกลม	41
ก.3 ประเภทของตัวหยุด	42
ข.1 รหัสค่าเสียงตัวโน้ตเมื่อเทียบเป็นเลขฐานสิบที่ Octave ต่างๆ	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ภาพของโน้ตดนตรีที่จะทำการแปลงความหมายเป็นไฟล์ฟอร์แมต MIDI	11
3.1 ขั้นตอนการทำงานของโครงงาน	13
3.2 ภาพแสดงลักษณะก่อนและหลังการทำเทรชโฮล	15
3.3 แสดงภาพโน้ตดนตรี และช่วงความถี่ที่สแกนได้จากแนวนอน	16
3.4 ภาพพิมพ์ตัวโน้ตที่ทำการลบบรรทัด 5 เส้น และ เส้นน้อยออกแล้ว	17
3.5 แสดงการลบบรรทัด 5 เส้น และ การคืนส่วนของตัวโน้ตที่ลบ	17
3.6 แสดงลักษณะการคืนภาพ	18
3.7 แสดงตัวพิมพ์โน้ตที่ทำการคืนค่าเรียบร้อยแล้ว	18
3.8 ภาพตัวโน้ตกับช่วงความถี่ที่แสดงว่าเป็นตัวโน้ต	19
3.9 ตำแหน่งเริ่มต้นและสิ้นสุดของตัวโน้ต	19
3.10 ค่าความถี่ของตัวโน้ตในแนวนอน	20
3.11 แสดงการขอบเขตของตัวโน้ตแต่ละตัว	20
3.12 แสดงระยะ 2 เท่าของบรรทัด 5 เส้น	21
3.13 ตัวอย่างโน้ตในกลุ่มที่ไม่มีค่าความถี่ในแนวตั้งมากกว่าระยะ 2 เท่าของบรรทัด 5 เส้น	21
3.14 ตัวอย่างโน้ตในกลุ่มที่มีค่าความถี่ในแนวตั้งมากกว่าระยะ 2 เท่าของบรรทัด 5 เส้น ครั้งเดียว	21
3.15 ตัวอย่างโน้ตในกลุ่มที่มีค่าความถี่ในแนวตั้งมากกว่าระยะ 2 เท่าของบรรทัด 5 เส้น มากกว่า 1ครั้ง	22
3.16 แสดงถึงลักษณะที่สมมาตร	22
3.17 แสดงลักษณะที่ไม่สมมาตร	23
3.18 แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงของค่าสีภายในตัวโน้ต	23
3.19 แสดงลักษณะความยาวในแนวนอนและแนวตั้ง	23
3.20 แสดงตำแหน่งที่ต่างกันของตัวหยุดตัวกลมและตัวหยุดตัวขาว	24
3.21 สรุปการแยกตัวโน้ตในกลุ่มที่ไม่มีค่าความถี่ในแนวตั้งมากกว่าระยะ 2 เท่าของบรรทัด 5 เส้น	24
3.22 แสดงโน้ตในกลุ่มที่มีค่าความถี่ในแนวตั้งมากกว่าระยะ 2 เท่าของบรรทัด 5 เส้นอยู่ทางด้านซ้ายสุดของโน้ต	25
3.23 แสดงการแบ่งโน้ตออกเป็น 4 ส่วน	26
3.24 แสดงโน้ตในกลุ่มที่มีค่าความถี่มากกว่าระยะ 2 เท่าของบรรทัด 5 เส้น อยู่ทางด้านขวาสุดของโน้ต	26

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ... ไม่ว่ากรณีใดๆ ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ หน้า

3.25 แสดงโน้ตในกลุ่มที่มีค่าความถี่มากกว่าระยะ 2 เท่าของบรรทัด 5 เส้นอยู่ที่ตำแหน่งอื่นๆ 27
3.26 แสดงการแบ่งโน้ตออกเป็น 4 ส่วน 27
3.27 สรุปการแยกตัวโน้ตในกลุ่มที่มีค่าความถี่ในแนวตั้งมากกว่าระยะ 2 เท่าของบรรทัด 5 เส้น ครั้งเดียว 28
3.28 แสดงระยะห่างจากตำแหน่งที่มีค่าความถี่ในแนวตั้งมากกว่าระยะ 2 เท่าของบรรทัด 5 เส้น กับที่ริมทั้ง 2 ด้านของตัวโน้ต ที่มีระยะห่างที่เท่ากัน 29
3.29 แสดงระยะห่างจากตำแหน่งที่มีค่าความถี่ในแนวตั้งมากกว่าระยะ 2 เท่าของบรรทัด 5 เส้น กับที่ริมทั้ง 2 ด้านของตัวโน้ต ที่มีระยะห่างที่ต่างกัน 29
3.30 แสดงการหาขอบเขตใหม่โดยใช้การเปลี่ยนแปลงค่าสี 30
3.31 แสดงตัวเขบ็ตที่แยกออกจากกันแล้ว 30
3.32 สรุปการแยกตัวโน้ตในกลุ่มที่มีค่าความถี่ในแนวตั้งมากกว่าระยะ 2 เท่าของบรรทัด 5 เส้น มากกว่า 1 ครั้ง 30
3.33 แสดงตำแหน่งกึ่งกลางของหัวตัวโน้ตที่นำไปหาตำแหน่งบนบรรทัด 5 เส้น 31
3.34 โฟลว์ชาร์ตแสดงการสร้างไฟล์ MIDI 33
3.35 ตัวอย่างโน้ตดนตรีในการสร้างไฟล์รหัสข้อมูล 34
4.1 ลักษณะภาพที่มีบรรทัด 5 เส้น เบี้ยวจนเกินไป 38
4.2 ภาพเปรียบเทียบก่อนและหลังการคืนค่าในกรณีที่คืนค่าได้ไม่ครบถ้วน 39
4.3 ภาพเปรียบเทียบก่อนและหลังการลบบรรทัด 5 เส้นที่มี noise 39
ก.1 เส้นกั้นห้อง 42
ก.2 เครื่องหมายกำหนดจังหวะ (Time Signature) 42
ก.3 บรรทัด 5 เส้น (Staff Line) 43
ก.4 เครื่องหมายกุญแจประจำหลักซอล 43
ก.5 เครื่องหมายกุญแจประจำหลักฟา 43
ก.6 เครื่องหมายแปลงเสียง Sharp 44
ก.7 เครื่องหมายแปลงเสียง Flat 44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

ในสภาพการณ์ปัจจุบัน เทคโนโลยีต่างๆ ได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของมนุษย์เราเป็นอย่างมาก และได้มีการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ เพื่อตอบสนองความต้องการบางอย่างของมนุษย์ เช่น ดนตรี และเนื่องจาก โน้ตดนตรี ยังคงเป็นมาตรฐานที่ยังคงใช้กันอยู่ในวงการดนตรี หมู่นักดนตรี ในการนำโน้ตดนตรีมาเล่นเป็นเพลงตามโน้ตนั้นๆ จึงได้มีการคิดนำเทคโนโลยีเข้ามาประยุกต์ใช้ โดยใช้ความรู้เกี่ยวกับการประมวลผลภาพ และการจดจำรูปแบบ มาประยุกต์ใช้กับโน้ตดนตรี เพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถรู้ จดจำโน้ตดนตรีนั้นๆ และนำมาเล่นบทเพลงที่มีอยู่ในโน้ตดนตรีนั้นได้อย่างถูกต้อง

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาทฤษฎีดนตรี ให้เข้าใจความหมายและสัญลักษณ์ต่างๆ เพื่อให้ทำโครงงานได้ ถูกต้องตามความหมายและสัญลักษณ์ทางดนตรี
2. เพื่อศึกษาหลักการและทฤษฎีต่างๆของการประมวลผลภาพ
3. เพื่อศึกษาหลักการและทฤษฎีต่างๆของการจดจำรูปแบบ
4. เพื่อนำความรู้ที่ได้ศึกษามาประยุกต์ใช้ในการจดจำรูปแบบโน้ตดนตรี
5. เพื่อศึกษาการทำงานของมีดี้ (MIDI) และการสร้างไฟล์มีดี้
6. เพื่อศึกษาขั้นตอนต่างๆของการเขียนและพัฒนาซอฟท์แวร์ ตั้งแต่การวิเคราะห์ความต้องการ การออกแบบ การเขียน และการทดสอบระบบ

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

โครงงานนี้ จะเริ่มจากนำแผ่นโน้ตดนตรี มาผ่านการสแกนเพื่อให้ได้เป็นไฟล์ภาพ โดยโน้ตดนตรีที่จะนำมาผ่านการสแกนนั้น จะต้องเป็นตัวพิมพ์เท่านั้น และจะต้องมีความชัดเจน ซึ่งจะทำให้การจดจำรูปแบบเป็นไปได้อย่างถูกต้องมากยิ่งขึ้น ภาพที่ได้จากการสแกนจะนำเก็บไว้ในรูปแบบบิตแมป จากนั้นจะนำภาพที่ได้มาทำการวิเคราะห์ และทำการจดจำรูปแบบของตัวโน้ตดนตรี เพื่อให้รู้ว่า มีโน้ตอะไรบ้าง โน้ตตัวนั้นมีความหมายอย่างไร เป็นโน้ตอะไร มีความยาวของเสียงเท่าไร จากนั้นจะนำข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนการจดจำรูปแบบ มาสร้างเป็นไฟล์มีดี้ จากนั้นจะนำไฟล์มีดี้ ที่ได้มาเล่นเป็นเสียงตามแผ่นโน้ตดนตรีนั้น ในที่สุด โดยจะมีข้อจำกัดในส่วนของโครงงานดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. แผ่นโน้ตดนตรีที่จะนำมาผ่านกระบวนการรู้จำ จะต้องเป็นภาพพิมพ์ตัวโน้ต
2. ภาพที่สแกนจะต้องสแกนในรูปแบบระดับสีเทา (Grey Scale 8 - Bit)
3. ขนาดของภาพจะต้องไม่เกิน 1500 * 1500 พิกเซล (Pixel)
4. ไฟล์ภาพที่รับเข้ามาจะต้องอยู่ในรูปแบบบิตแมป

1.4 วิธีการดำเนินงาน

การดำเนินงาน เริ่มจากการศึกษาทฤษฎี พื้นฐานต่างๆที่เกี่ยวข้องกับโครงงานนี้ ซึ่งประกอบไปด้วย ทฤษฎีดนตรี ทำความเข้าใจความหมายและสัญลักษณ์ต่างๆ เพื่อให้ทำโครงงานได้ถูกต้องตามความหมายและสัญลักษณ์ทางดนตรี ทฤษฎีต่างๆของการประมวลผลภาพ และทฤษฎีต่างๆของการจดจำรูปแบบ เพื่อนำความรู้ที่ได้ มาประยุกต์ใช้กับโครงงาน จากนั้นก็ทำการศึกษาการทำงานของมีดี้ โครงสร้างของไฟล์มีดี้ เพื่อนำความรู้มาใช้ในการสร้างไฟล์มีดี้

จากนั้นก็จะทำการวิเคราะห์และออกแบบระบบ รวมถึงการกำหนดขอบเขตในการทำงานของตัวโปรแกรม โดยจะแบ่งส่วนของโปรแกรมออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนที่ทำการจดจำรูปแบบของโน้ตดนตรีจากไฟล์ภาพที่สแกนเข้ามา อีกส่วนหนึ่งคือ ส่วนที่ทำการนำโน้ตดนตรีมาสร้างเป็นไฟล์มีดี้เพื่อนำมาเล่นเป็นเพลงตามโน้ตดนตรีนั้นๆ เมื่อได้พัฒนาโปรแกรมทั้งสองส่วนพร้อมทั้งทำการทดสอบเรียบร้อยแล้ว จึงนำทั้ง 2 ส่วนมารวมกัน เพื่อให้ทำงานร่วนกันได้ จากนั้นจึงทำการทดสอบ ตรวจสอบและแก้ไข ข้อผิดพลาดของโปรแกรมทั้งหมดให้ทำงานได้อย่างถูกต้องตามที่ได้ทำการออกแบบไว้ ก่อนที่จะทำการสรุปผลการดำเนินงานต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

MIDI

MIDI (Musical Instrument Digital Interface) เป็นมาตรฐานในการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม เพื่อใช้สำหรับสื่อสารระหว่างเครื่องดนตรีอิเล็กทรอนิกส์ กับเครื่องคอมพิวเตอร์โดยข้อมูลที่ส่งไปนั้นเป็นข้อมูลแบบดิจิตอล ทำให้การแต่งเพลงหรือการบันทึกเสียงทำได้ง่ายขึ้นมาก สามารถนำเพลงมาแก้ไขได้สะดวกมากขึ้น และที่สำคัญคือ มีราคาที่ถูกมากเมื่อเทียบกับระบบที่ไม่ได้ใช้ระบบ MIDI

2.1 รูปแบบของการส่งข้อมูล MIDI

การส่งข้อมูลในระบบ MIDI จะเป็นการส่งในลักษณะของ ชุดข้อมูล (Package) โดยที่ข้อมูล MIDI จะมีลักษณะดังนี้

MSB(Most Significant Bit) 1บิต	บิตของข้อมูล 7 บิต

ตารางที่ 2.1 ชุดข้อมูลของไฟล์ MIDI

- ถ้า MSB มีค่าเป็น 0 แสดงว่า ข้อมูลนี้เป็น ไบต์แสดงข้อมูล (Data Byte)
- ถ้า MSB มีค่าเป็น 1 แสดงว่า ข้อมูลนี้เป็น ไบต์แสดงสถานะ (Status Byte)

ไบต์แสดงสถานะมี 2 ประเภท คือ ข้อมูลแสดงแชนแนล (Channel Message) และ ข้อมูลระบบ (System Message)

2.1.1 ข้อมูลแสดงแชนแนล

ไบต์แสดงสถานะประเภท ข้อมูลแสดงแชนแนล จะส่งข้อมูลตรงไปให้กับ แชนแนล ใด แชนแนลหนึ่งในระบบเท่านั้น โดยที่ ไบต์แสดงสถานะประเภทนี้จะบอกถึง แชนแนลที่ส่งไปใน บิต ที่ 0 ถึง บิต ที่ 3 ถ้าอุปกรณ์ MIDI ที่เป็น Slave ตัวใดมี แชนแนลตรงกับ แชนแนลที่ส่งไป Slave ตัวนั้นจะตอบสนองต่อไบต์ข้อมูลที่ตามมา

ข้อมูลแสดงแชนแนล สามารถแบ่งได้ออกเป็น ข้อมูลเสียง (Voice Message) และ ข้อมูลแสดงรูปแบบ (Mode Message)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.1 ข้อมูลเสียง (Channel Voice Message)

ข้อมูลแสดงแชนแนล ส่วนใหญ่แล้วจะเป็นประเภทข้อมูลเสียง หน้าที่ของข้อมูลเสียง คือ จะทำการสั่งให้ แชนแนลนั้นทำการเริ่มต้น หรือ หยุดเล่นโน้ตดนตรี เป็นต้น

ชนิดของข้อมูลเสียง ได้แก่

ข้อมูลเสียง	ความหมาย
Note on	ทำการเล่นโน้ตดนตรี
Note off	ทำการหยุดเล่นโน้ตดนตรี
Control change	ทำการควบคุมเกี่ยวกับตัวควบคุมเสียงบางประเภท เช่น ระดับเสียง (tone), ความดังของเสียง (volume)
Pitch Bend Change	เกี่ยวข้องกับการเอื้อนเสียงของแชนแนล
Program Change	ทำการเลือกเสียงของเครื่องดนตรีที่จะใช้ในแชนแนลนั้นๆ
Polyphonic Key	ข้อมูลชุดนี้จะถูกส่งหลังจากที่มีการเปลี่ยนแปลงความดัน เฉพาะ คีย์ ที่เราเล่นโน้ตดนตรีไปแล้ว
Channel Key Message	ข้อมูลชุดนี้จะเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลง ความดัน ของ คีย์ เช่นเดียวกับ Polyphonic key แต่จะมีผลต่อเสียงทั้ง แชนแนล ไม่เฉพาะเจาะจง คีย์ แบบ Polyphonic key

ตารางที่ 2.2 ชนิดและความหมายของข้อมูลเสียง

2.1.1.2 ข้อมูลแสดงรูปแบบ (Channel Mode Message)

เป็นตัวควบคุมรูปแบบการทำงานของแต่ละ แชนแนลในแต่ละระบบ โดยจะทำการพิจารณาว่าจะให้แชนแนลจัดการกับข้อมูลเสียงที่ตามมาอย่างไร

รูปแบบการทำงานของ ข้อมูลแสดงรูปแบบ มีดังนี้

1. Poly/Mono คือ การตั้งให้อุปกรณ์ MIDI นั้นสามารถเปล่งเสียงโน้ตดนตรีในแบบ Poly หรือ Mono ก็ได้ โดยที่

- Mono จะเป็นการเปล่งเสียง โดยสามารถเล่นโน้ตดนตรีได้ทีละ 1 โน้ตเท่านั้น

- Poly จะเป็นการเปล่งเสียง โดยสามารถเล่นโน้ตดนตรีได้ทีละหลายๆ โน้ตพร้อมๆ กัน

2. Omni On/Off เป็นการบังคับให้ แชนแนล นั้นตอบสนองเฉพาะข้อมูลที่ตรงกับ แชนแนล ของตน หรือตอบสนองในทุกๆ แชนแนล

- ถ้า Omni On จะเป็นการตอบสนองในทุกๆ แชนแนล

- ถ้า Omni Off จะเป็นการตอบสนองเฉพาะข้อมูลที่ตรงกับ แชนแนล ของตน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยปกติแล้ว ถ้านำอุปกรณ์ MIDI มาต่อกันให้เป็นระบบแล้ว รูปแบบที่จะนำมาใช้งานก็คือ Poly: Omni Off

2.1.2 ข้อมูลระบบ

ข้อมูลประเภทนี้จะส่งไปโดยไม่เจาะจงเฉพาะแชนแนลใด แชนแนลหนึ่งในระบบ ซึ่งทุกๆ แชนแนลจะต้องตอบรับข้อมูลเหล่านี้

ข้อมูลระบบแบ่งได้เป็น

2.1.2.1 Common Message

ข้อมูลชุดนี้จะเกี่ยวข้องกับการเลือกเพลง การเลือกจังหวะ การเลือกตำแหน่งของเพลงที่จะเล่น และการบังคับให้อุปกรณ์ อะนาล็อก (Analog) ปรับแต่งระบบเสียงของตัวเอง (tune request)

2.1.2.2 System Real Time

จะเกี่ยวข้องโดยตรงกับการสั่งเริ่มเล่นเพลง (Start), การหยุดเพลง (Stop) และข้อมูลที่สำคัญอื่นๆ เช่น ซิสเต็มคล็อก (System clock) จะใช้เกี่ยวกับระดับความเร็วของจังหวะเพลงว่าจะให้เร็วหรือช้า ยิ่งความถี่ในการส่งซิสเต็มคล็อกมาก เพลงก็จะยิ่งเล่นเร็วขึ้น

2.2 โครงสร้างไฟล์ MIDI

ไฟล์ MIDI จะถูกสร้างให้อยู่ในรูปแบบโครงสร้างที่เรียกว่า *"Chunk"* และในแต่ละ Chunk จะประกอบไปด้วย

ชนิด	ความยาว	ข้อมูล
4 ไบต์	4 ไบต์	X ไบต์

ตารางที่ 2.3 โครงสร้างของข้อมูลประเภท Chunk

- *ชนิดของ Chunk* จะเป็นส่วนที่ใช้บอกถึงประเภทของ Chunk นั้นๆ มีขนาดในการเก็บข้อมูลเท่ากับ 4 ไบต์ แบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ Header Chunk และ Track Chunk

- *ความยาวของ Chunk* จะเป็นส่วนที่ใช้บอกความยาวของข้อมูลที่ตามหลังมาว่า มีขนาดเท่าใด โดยมีขนาดในการเก็บข้อมูลเท่ากับ 4 ไบต์

- *ข้อมูลของ Chunk* จะเป็นส่วนที่เก็บข้อมูลต่างๆ ของ Chunk โดยจะมีขนาดในการเก็บข้อมูลเท่ากับที่ประกาศไว้ในส่วนของ ความยาวของ Chunk

รูปแบบของไฟล์ MIDI นั้นจะประกอบไปด้วยหนึ่ง Header Chunk ตามด้วย Track Chunk จำนวนตั้งแต่หนึ่ง Track Chunk ขึ้นไป

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฟล์ MIDI	Chunk				
	ประเภท	ความยาว	ข้อมูล		
	MThd	6 ไบต์	*<format>*	*<tracks>*	*<division>*
	MTrk	*<length>*	*<Delta-Time><event>…*		
			.		
			.		
	MTrk	*<length>*	*<Delta-Time><event>…*		

ตารางที่ 2.4 โครงสร้างข้อมูลของไฟล์ MIDI

2.2.1 Header Chunk

Header Chunk จะเป็น ส่วนเริ่มต้นของไฟล์ MIDI เสมอและจะมีเพียง 1 Header Chunk เท่านั้นซึ่งจะมีส่วนประกอบดังนี้

Header Chunk				
ประเภท	ความยาว	ข้อมูล		
4 ไบต์ แอสกี(ASCII)	4 ไบต์ (32 บิต ไบนารี)	<length (6 ไบต์)>		
		16 บิต	16 บิต	16 บิต
MThd	<length>	<format>	<tracks>	<division>

ตารางที่ 2.5 โครงสร้างของข้อมูลส่วน Header Chunk

- *ส่วนบอกประเภทของ Chunk* เป็นตัวอักษร 4 ตัว ที่บอกว่า Chunk นี้เป็น Header Chunk โดยจะมีค่าเป็น “MThd” มีขนาด 4 ไบต์ ในรหัสแอสกี (ASCII) จะมีค่าเป็น ‘M = 4D’ ‘T = 54’ ‘h = 68’ ‘d = 64’

- *ความยาวของ Header Chunk* เป็นส่วนที่บอกความยาวของ ข้อมูลของ Header ที่ตามหลังประเภทของ Chunk ว่ามีขนาดเท่าใด ซึ่งข้อมูลของ Header จะมีขนาดเป็น 6 ไบต์เสมอ

- *ข้อมูลของ Header Chunk* ประกอบไปด้วย 3 ส่วนย่อยๆ คือ

  ● ฟอร์แมต (Format) เป็นส่วนที่บอกชนิด แทร็ก (Track) ของ MIDI มีขนาดในการเก็บข้อมูล 2 ไบต์โดย ฟอร์แมตสามารถแบ่งได้เป็น 3 ชนิด คือ

  1. Single Track จะมีค่าในส่วนของ ฟอร์แมต เป็น 00 00
  2. Multiple Track แบบ Synchronous จะมีค่าในส่วนของ ฟอร์แมต เป็น 00 01
  3. Multiple Track แบบ Asynchronous จะมีค่าในส่วนของ ฟอร์แมต เป็น 00 02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

● แทร็ก (Track) เป็นส่วนที่ใช้บอกจำนวนของ Track Chunk ในไฟล์ MIDI มีขนาดในการเก็บข้อมูลเท่ากับ 2 ไบต์

● Division เป็นส่วนที่บอกค่าเวลาของ Delta-Time ต่อ โน้ตตัวดำ (Quarter note) มีขนาดในการเก็บข้อมูลเท่ากับ 2 ไบต์

2.2.2 Track Chunk

Track Chunk คือ ส่วนที่ใช้เก็บข้อมูลคำสั่งต่างๆ ของ ไฟล์ MIDI ในไฟล์ MIDI นั้น ประกอบไปด้วย Track Chunk จำนวนตั้งแต่ 1 Track Chunk ขึ้นไป ซึ่งรายละเอียดของส่วนประกอบของ Track Chunk นั้นมีดังนี้

Track Chunk		
ประเภท	ความยาว	ข้อมูล
4 ไบต์ แอสกี(ASCII)	4 ไบต์ (32 บิตไบนารี)	<length ไบต์> (ข้อมูลชนิดไบนารี)
MTrk	<length>	<Delta-Time><event>…

ตารางที่ 2.6 โครงสร้างของข้อมูลส่วน Track Chunk

- *ส่วนบอกประเภทของ Chunk* จะเป็นตัวอักษร 4 ตัวที่บอกว่า Chunk นี้เป็น Track Chunk โดยจะมีค่าเป็น “MTrk” มีขนาด 4 ไบต์ ในรหัสแอสกี จะมีค่าเป็น ‘M = 4d’ ‘T = 54’ ‘r =72’ ‘k=6B’

- *ความยาวของ Track Chunk* เป็นส่วนที่บอกความยาวของ ข้อมูลของ Track ที่ตามหลัง ประเภทของ Chunk ว่ามีความยาวเท่าใด มีขนาดในการเก็บข้อมูลเท่ากับ 4 ไบต์

- *ข้อมูลของ Track Chunk* จะประกอบขึ้นด้วย Track Event ตั้งแต่ 1 Track Event ขึ้นไป โดยที่แต่ละ Track Event จะประกอบไปด้วยส่วนย่อยๆ 2 ส่วน คือ

1. Delta-Time เป็นส่วนที่บอกค่าเวลาของเหตุการณ์นั้นๆ มีขนาดในการเก็บข้อมูล 1-2 Bytes

2. Event เป็นส่วนของคำสั่งในแต่ละเหตุการณ์ที่สั่งให้ MIDI ทำงาน ขนาดของ Event นั้นจะขึ้นอยู่กับคำสั่งนั้นๆ Event สามารถแบ่งได้ดังนี้ คือ

- MIDI Event คือ ส่วนที่บอกสถานะที่กำลังทำงาน (Running Status) ของเสียง และ รูปแบบใน Channel ที่ต้องการ

- Meta Event คือ ส่วนที่บอกข้อมูลระบบ จะไม่มีการกำหนด Channel และ ทุก Channel จะต้องตอบสนองต่อข้อมูลของระบบนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.1 MIDI Event

MIDI Event นั้นสามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วนย่อย ๆ คือ

ส่วนของคำสั่ง	ส่วนของข้อมูล

ตารางที่ 2.7 โครงสร้างของ MIDI Event

- *ส่วนของคำสั่ง* จะมีขนาดเท่ากับ 1 ไบต์โดยมี 4 บิตแรก เป็นส่วนบอกคำสั่งที่จะใช้ในการทำงาน และ 4 บิตหลัง คือ ค่าของหมายเลขแชนแนล (Channel Number) ที่จะกำหนดให้ทำงาน

- *ส่วนของข้อมูล* จะเป็นส่วนบอกรายละเอียดของข้อมูลที่จะรับคำสั่งไปทำงาน เช่น หมายเลขโน้ต น้ำหนักในการเล่น (Velocity) เป็นต้น

คำสั่ง	ข้อมูล	รายละเอียด
8X	**NN VV** NN คือ หมายเลขโน้ต VV คือ น้ำหนักในการเล่น	ช่วงเลิกเล่นโน้ต (Note Off)
9X	**NN VV** NN คือ หมายเลขโน้ต VV คือ น้ำหนักในการเล่น	ช่วงเล่นโน้ต (Note On)
AX	**NN VV** NN คือ หมายเลขโน้ต VV คือ น้ำหนักในการเล่น	เพิ่มความดันของคีย์หลังจากที่กดคีย์นั้นไปแล้ว (Polyphonic Key Pressure)
BX	**CC VV** CC คือ หมายเลขตัวควบคุม VV คือ หมายเลขของตัวควบคุมใหม่	เปลี่ยนตัวควบคุมที่ใช้ในการปรับแต่งเสียง
CX	**PP** PP คือ หมายเลขเครื่องดนตรี	ทำการกำหนดชนิดของเครื่องดนตรี
DX	**CC** CC คือ หมายเลขแชนแนล	กำหนดความดันเฉลี่ยของทุกๆ คีย์ของแชนแนล
EX	**BB TT** BB คือ Least Significant Bit TT คือ Most Significant Bit	การเอื้อนเสียง (Pitch Wheel Change)

ตารางที่ 2.8 คำสั่งและความหมายต่างๆ ของ MIDI Event

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.2 Meta Event

Meta Event จะเป็นข้อมูลจำพวก ชื่อของแทร็ก, ข้อความเกี่ยวกับลิขสิทธิ์ ซึ่งปกติแล้วจะไม่แสดงผลในขณะที่คำสั่งต่างๆ ถูกส่ง แต่ก็ยังคงเป็น คอมโพเน็นต์ (Component) ที่มีประโยชน์ต่อไฟล์ MIDI

รูปแบบทั่วๆไปของ Meta Events มีดังนี้

FF <Type> <Length> <Data>

<Type>

เป็น Single byte ใช้สำหรับบอกประเภทของ Meta event โดยจะมีค่าตั้งแต่ 00 – 7F

<Length>

ใช้สำหรับบอกขนาดของข้อมูลที่ตามมา

<Data>

ข้อมูลขนาดตั้งแต่ 0 ไบต์ขึ้นไป

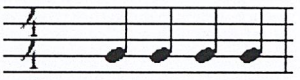
FF 00 02 SS SS	**Sequence Number**	
	ทำการตั้งลำดับหมายเลขของแทร็ก	
	SS SS	เป็นเลขฐานสองขนาด 16 บิต
FF 01 <length> <text>	**Text Event**	
	ข้อความเกี่ยวกับชื่อของแทร็ก	
	<length>	ค่าความยาวของ <text>
	<text>	ค่าแอสกีขนาดตามที่ประกาศไว้
FF 02 <length> <text>	**Copyright Notice**	
	ข้อความเกี่ยวกับลิขสิทธิ์	
FF 03 <length> <text>	**Track Name**	
	ข้อความบอกชนิดของ Track	
FF 04 <length> <text>	**Instrument Name**	
	ข้อความบอกชนิดของเครื่องดนตรีที่ใช้เล่น	
FF 05 <length> <text>	**Lyric**	
	ข้อความบอกทำนองของเพลง	
FF 06 <length> <text>	**Marker**	
	ข้อความระบุตำแหน่งที่จะเล่น	
FF 07 <length> <text>	**Cue Point**	
	ข้อความแนะนำเหตุการณ์ของเพลง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FF 2F 00	**End of Track**	
	เป็นการบอกว่าจบ Track แล้ว	
FF 51 03 TT TT TT	**Set Tempo**	
	เป็นการกำหนดความเร็วของเพลง (Tempo) ถ้าไม่ได้ทำการตั้งไว้ค่ามาตรฐานจะเป็น 120 บีตต่อนาที ซึ่ง TT TT TT = 50 00 00	
	TT TT TT	ค่าจังหวะเป็นตัวเลขฐานสอง 24 บิต โดยมีหน่วยเป็น ไมโครวินาทีต่อโน้ตตัวดำ
FF 58 04 NN DD CC BB	**Time Signature**	
	ทำการกำหนดจังหวะของห้องเพลง	
	nn	ส่วนเศษ (Time signature numerator)
	dd	ตัวหาร (Time signature denominator)
	cc	MIDI Clocks ต่อ metronome tick
	bb	จำนวนของ 1/32 notes ต่อ 24 MIDI clocks (ค่ามาตรฐานคือ 8)
FF 59 02 SF MI	**Key Signature**	
	กำหนดคีย์ของเสียงเพลง 0 ใช้แทน C, จำนวนเต็มลบแทน เครื่องหมายแฟลตและ จำนวนเต็มบวกแทนเครื่องหมายชาร์ป	
	SF	จำนวนของ ชาร์ป หรือ แฟลต -7 = 7 แฟลต 0 = C +7 = 7 ชาร์ป
	MI	0 = Major key 1 = Minor key

ตารางที่ 2.9 คำสั่งและความหมายต่างๆ ของ Meta Event

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ตัวอย่างของไฟล์ MIDI

รูปที่ 2.1 ภาพของโน้ตดนตรีที่จะทำการแปลงความหมายเป็นไฟล์ฟอร์แมต MIDI

เมื่อแสดงไฟล์ MIDI เป็นเลขฐาน 16 จะได้ดังนี้

4D 54 68 64 0 0 0 6 0 1 0 2 0 78 4D 54 72 6B 0 0 0 13 0 FF 58 4 4 2 18 8 0 FF 51 3 7 A1 20 0 FF 2F 0

4D 54 72 6B 0 0 0 21 0 C0 21 0 0 90 43 64 78 43 0 0 43 64 78 43 0 0 43 64 78 43 0 0 43 64 78 43 0 0

FF 2F 0

ข้อมูลของส่วน Header Chunk

4D 54 68 64	→	Chunk Type ในรหัส ASCII มีค่าเป็น MThd (Header Chunk)
0 0 0 6	→	ความยาวของข้อมูลของ Header เท่ากับ 6 Bytes
0 1	→	Format ของ MIDI นี้มีคือ Format 1
0 2	→	ไฟล์ MIDI นี้มีจำนวน 2 Track
0 78	→	ค่าความยาวเสียงของโน้ตตัวดำเท่ากับ 120 ในเลขฐาน 10

ข้อมูลของส่วน Track Chunk แรก

4D 54 72 6B	→	Chunk Type ในรหัส ASCII มีค่าเป็น MTrk (Track Chunk)
0 0 0 13	→	ความยาวของข้อมูลของ Track เท่ากับ 19 Bytes
0 FF 58 4 4 2 18 8	→	ทำการกำหนดจังหวะของห้องเพลง
0 FF 51 3 7 A1 20	→	ทำการกำหนดความเร็วของ การเล่นโน้ตตัวดำ 1 ตัว
0 FF 2F 0	→	จบ Track

ข้อมูลของส่วน Track Chunk ที่สอง

4D 54 72 6B	→	Chunk Type ในรหัส ASCII มีค่าเป็น MTrk (Track Chunk)
0 0 0 20	→	ความยาวของข้อมูลของ Track เท่ากับ 32 Bytes
0 C0 21	→	C0 คือ การตั้งเครื่องดนตรีที่ Channel 1
		21 คือ หมายเลขเครื่องดนตรี มีค่าเป็น 33 ในเลขฐาน 10
0 90 43 64	→	90 คือ ให้ Channel 1 ทำการเริ่มเล่นโน้ต
		43 คือ ระดับเสียงของโน้ตตัว G
		64 คือ ความหนักของเสียงที่เล่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

78 43 0 → 78 คือ ค่าเวลาที่ทำการเล่นโน้ตเท่ากับ 120 ในเลขฐาน 10 ซึ่งมีค่าเท่ากับ โน้ตตัวดำ
43 คือ ระดับเสียงของโน้ตตัว G
0 คือ ความหนักของเสียงที่เล่นเป็น 0 เท่ากับให้หยุดเล่นโน้ต

0 43 64 → 43 คือ ระดับเสียงของโน้ตตัว G
64 คือ ความหนักของเสียงที่เล่น

78 43 0 → 78 คือ ค่าเวลาที่ทำการเล่นโน้ตเท่ากับ 120 ในเลขฐาน 10 ซึ่งมีค่าเท่ากับ โน้ตตัวดำ
43 คือ ระดับเสียงของโน้ตตัว G
0 คือ ความหนักของเสียงที่เล่นเป็น 0 เท่ากับให้หยุดเล่นโน้ต

.
.
.
.
.

0 FF 2F 0 → จบ Track

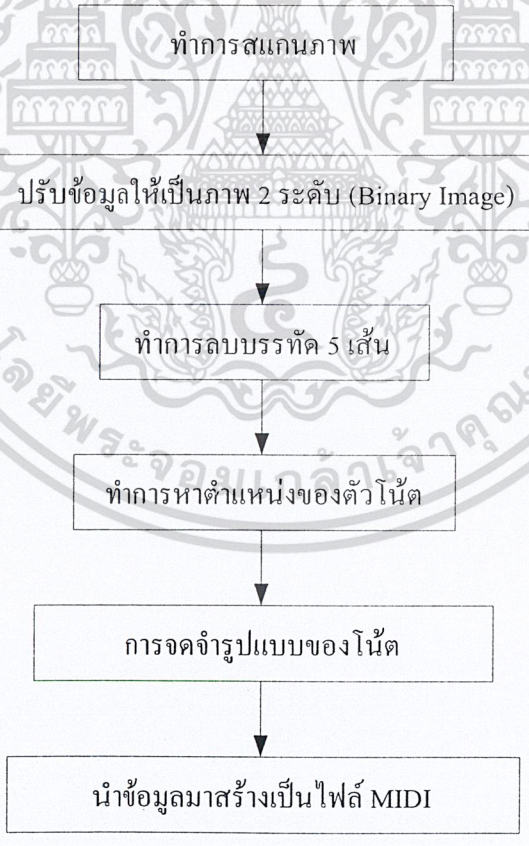
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบและขั้นตอนการจดจำรูปแบบโน้ตดนตรี

ในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบโครงงานและกล่าวถึงขั้นตอนในการจดจำรูปแบบโน้ตดนตรี ซึ่งการทำงานของโครงงานจะเริ่มจาก การรับภาพอินพุตเข้ามา จากนั้นนำภาพนั้นมาปรับข้อมูลให้เป็น 2 ระดับ แล้วจึงทำการแยกบรรทัด 5 เส้นออกจากตัวโน้ต เมื่อลบบรรทัด 5 เส้นออกไปแล้ว ก็จะเหลือเพียงตัวโน้ต จึงทำการหาตำแหน่งตัวโน้ตแต่ละตัวในภาพนั้น แล้วนำตัวโน้ตที่ได้มาหาลักษณะเด่นของตัวโน้ต เพื่อที่จะทราบได้ว่า ตัวโน้ตนั้นมีความหมายอย่างไร จากนั้นนำตัวโน้ตที่ทำการจดจำได้มาแปลงเป็นไฟล์มีดี้แล้วเล่นเป็นเสียงเพลงในที่สุด

3.1 ขั้นตอนการทำงานของโครงงาน

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้น สามารถนำขั้นตอนการทำงานโดยรวมของโครงงาน มาเขียนเป็นโฟลว์ชาร์ตได้ดังนี้



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการทำงานของโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1 การรับภาพ

การรับภาพจะเป็นการเก็บข้อมูลของภาพโน้ตดนตรีเข้ามา โดยจะใช้สแกนเนอร์ สแกนภาพเข้ามาเก็บไว้เป็นไฟล์บิตแมป โดยมีข้อกำหนดว่าขนาดของภาพจะต้องไม่เกิน 1500*1500 พิกเซล และเป็นการสแกนในโหมด Grey Scale แบบ 8 บิต

3.1.2 การปรับข้อมูลภาพให้เป็น 2 ระดับ

ทำการแปลงภาพที่เป็นขาว – ดำ ให้มีค่าเพียง 2 ระดับ โดยจะใช้ ค่าเทรชโฮล (Threshold) ที่เหมาะสมในการปรับภาพ (ในโครงงานนี้ได้เลือกใช้ค่า 250 ซึ่งเหมาะสมที่สุด) เพื่อให้ได้ภาพที่มีความสมบูรณ์และชัดเจนในการนำไปวิเคราะห์

3.1.3 การแยกบรรทัด 5 เส้น

ในโน้ตดนตรีจะมีบรรทัด 5 เส้นเพื่อเป็นตัวบ่งบอกระดับเสียงของโน้ต ในขั้นตอนนี้จะทำการหาบรรทัด 5 เส้น โดยการหาความถี่ในแนวนอน แถวที่เป็นบรรทัด 5 เส้น จะมีค่าความถี่ที่มากที่สุดในภาพ เนื่องจากเป็นเส้นตรงต่อเนื่องที่มีความยาว เมื่อรู้ตำแหน่งของบรรทัด 5 เส้นแล้ว จึงทำการลบส่วนที่เป็นบรรทัด 5 เส้นออก เพื่อให้เหลือแต่ตัวโน้ตที่จะนำไปวิเคราะห์

3.1.4 การหาตำแหน่งของตัวโน้ต

เมื่อลบบรรทัด 5 เส้นออกไปแล้ว จึงเหลือแต่เพียงตัวโน้ต จะทำการหาตำแหน่งของตัวโน้ตแต่ละตัว เพื่อที่จะหาขอบเขตของโน้ตแต่ละตัว การหาตำแหน่งจะทำการหาความถี่ทั้งแนวตั้ง และแนวนอน เพื่อให้ได้ช่วงที่เป็นตัวโน้ตออกมา

3.1.5 การจดจำรูปแบบของสัญลักษณ์และโน้ตดนตรี

ขั้นตอนนี้จะนำตัวโน้ตแต่ละตัว มาทำการหาลักษณะเด่น โดยจะแบ่งกลุ่มตัวโน้ต ตามลักษณะของมัน จากนั้นจึงมาวิเคราะห์เพื่อหาความแตกต่างภายในกลุ่ม เพื่อที่จะสามารถบ่งบอกถึงความหมายของตัวโน้ตนั้นๆได้

3.1.6 การแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปของ MIDI

ทำการแปลงข้อมูลตัวโน้ตที่ได้จดจำมาทั้งหมดให้เป็นรูปแบบ MIDI ก่อนที่จะนำไฟล์ MIDI ไปเล่นเป็นเสียงเพลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

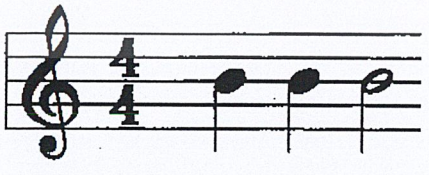
3.2 การปรับภาพให้เป็น 2 ระดับ

เมื่อได้ข้อมูลภาพมาแล้ว เพื่อให้มีความสะดวกและง่ายต่อการนำภาพไปวิเคราะห์ จึงทำการปรับภาพให้เป็นแค่ 2 ระดับ หรือ 2 สี คือ ขาว กับ ดำ โดยจะต้องทำการแปลงข้อมูลภาพให้เป็นภาพไบนารี (Binary Image) เสียก่อน โดยภาพไบนารีนั้นจะมีระดับความเข้มเพียง 2 ระดับ นั่นคือ 0 กับ 1 โดยจุดภาพที่แทนด้วย 0 คือ จุดภาพที่มีสีดำ และจุดภาพที่แทนด้วย 1 คือ จุดภาพที่มีสีขาว

ในการสร้างภาพไบนารี สามารถทำได้โดยเทคนิคการทำเทรชโฮล (Thresholding Techinque) โดยพิจารณาว่าจุดภาพใดควรจะเป็นจุดขาวหรือ จุดดำ จะกระทำโดยเปรียบเทียบระหว่างจุดภาพเริ่มต้นกับค่าคงที่ค่าหนึ่งที่เรียกว่า ค่าเทรชโฮล (Threshold Value) เทคนิคนี้ใช้กันมากในกรณีที่ข้อมูลภาพมีลักษณะแตกต่างกันระหว่างวัตถุ (Object) และพื้นหลัง (Background) โดยค่าของจุดภาพใดๆ ที่มีค่าน้อยกว่าค่าเทรชโฮลจะถูกกำหนดให้เป็น 0 หรือเป็นจุดดำ และถ้าค่าของจุดภาพใดๆ ที่มีค่ามากกว่าค่าเทรชโฮลจะถูกกำหนดให้เป็น 1 หรือเป็นจุดขาว

เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมและคมชัดนั้น สิ่งที่สำคัญที่สุดคือ ค่าเทรชโฮล เนื่องจากถ้าค่าเทรชโฮลที่เลือกไม่เหมาะสม ภาพที่ได้อาจจะขาดความคมชัด และอาจทำให้รายละเอียดบางส่วนขาดหายไป

วิธีคำนวณหาค่าเทรชโฮลมีหลายวิธี โดยแต่ละวิธีเหมาะสมกับลักษณะการทำงานที่แตกต่างกันไป ในที่นี้จะทำการหาค่าเทรชโฮลโดยการกำหนดค่าล่วงหน้า (Pre-assigned Threshold Value) แล้วเลือกค่าที่มีความเหมาะสมที่สุด จากภาพ 3.2(a) เป็นภาพก่อนทำการเทรชโฮล ซึ่งเป็นภาพที่มีระดับสีเทา เมื่อทำการปรับภาพให้เป็นระดับ 2 สี ด้วยการทำเทรชโฮล จะได้ดังรูป 3.2(b)

(a) ก่อนการทำเทรชโฮล

(b) หลังการทำเทรชโฮล

ภาพที่ 3.2 ภาพแสดงลักษณะก่อนและหลังการทำเทรชโฮล

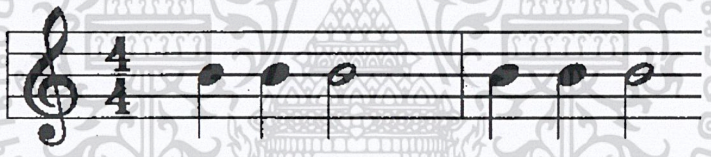
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

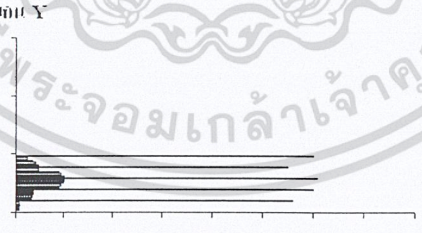
3.3 การลบบรรทัด 5 เส้น

3.3.1 การหาบรรทัด 5 เส้น

หลังจากที่ทำภาพเป็น 2 ระดับแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือ การแยกตัวโน้ตออกจากบรรทัด 5 เส้น โดยจะทำการลบบรรทัด 5 เส้นออกจากภาพ ในการหาบรรทัด 5 เส้น จะทำได้โดย การหาเส้นตรงที่ยาวที่สุดในแนวนอน โดยจะทำการเก็บค่าความถี่ของจุดสีดำในแต่ละแถวในแนวนอนไว้ และทำการตรวจสอบค่าความถี่ที่มีความยาวที่มากที่สุดให้ถือว่าเป็นบรรทัด 5 เส้น แต่เนื่องจากการสแกนภาพเข้ามาอาจทำให้บรรทัด 5 เส้นแต่ละเส้นมีความยาวไม่เท่ากัน จึงให้ถือว่า แถวที่มีความถี่ที่มากกว่า 80% ของความถี่ที่มากที่สุดคือบรรทัด 5 เส้น จากนั้นจึงทำการเก็บตำแหน่งนั้นไว้

ภาพ 3.3(a) แสดงตัวอย่างของโน้ตดนตรี ซึ่งจะมีบรรทัด 5 เส้น เป็นเส้นตรงที่ยาวที่สุดในแนวแกนนอน

ภาพ 3.3(b) แสดงค่าความถี่ของจุดดำในแนวแกนนอน จะเห็นได้ว่า ณ ตำแหน่งในแนวแกนนอนที่เป็นบรรทัด 5 เส้น จะมีความถี่ของจุดดำสูงที่สุดในภาพ

(a) ภาพสแกนโน้ตดนตรี



(b) ช่วงความถี่ของจุดดำที่สแกนได้จากแนวนอน

ภาพที่ 3.3 แสดงภาพโน้ตดนตรี และช่วงความถี่ที่สแกนได้จากแนวนอน

3.3.2 การลบบรรทัด 5 เส้น

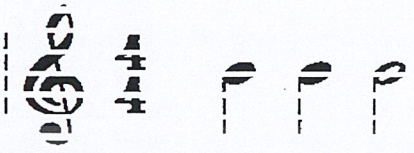
เมื่อทราบตำแหน่งของบรรทัด 5 เส้นแล้ว จะทำการลบบรรทัดออก เนื่องจากภาพที่สแกนเข้ามา เมื่อผ่านการทำภาพเป็น 2 ระดับ บางช่วงของเส้นบรรทัด จะมี noise อยู่ด้วย เพื่อกำจัด noise จึงลบเพิ่มอีก 1 พิกเซ้ลทั้งข้างบนและข้างล่าง เพื่อกำจัด noise ออก และสำหรับในบางโน้ตดนตรี จะมีเส้นน้อยอยู่ด้วย จะต้องลบเส้นน้อยนั้นออกไปด้วย หลักในการลบเส้นน้อยคือ โดยทั่วไปแล้วระยะห่างระหว่างบรรทัด 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้นำไปดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เส้นจะมีค่าเท่ากัน ในการหาเส้นน้อยนั้น คือการนำบรรทัด 5 เส้น เส้นบนสุด และล่างสุด ไปบวกเพิ่มกับระยะห่างของบรรทัด 5 เส้น ก็จะได้ตำแหน่งของเส้นน้อย

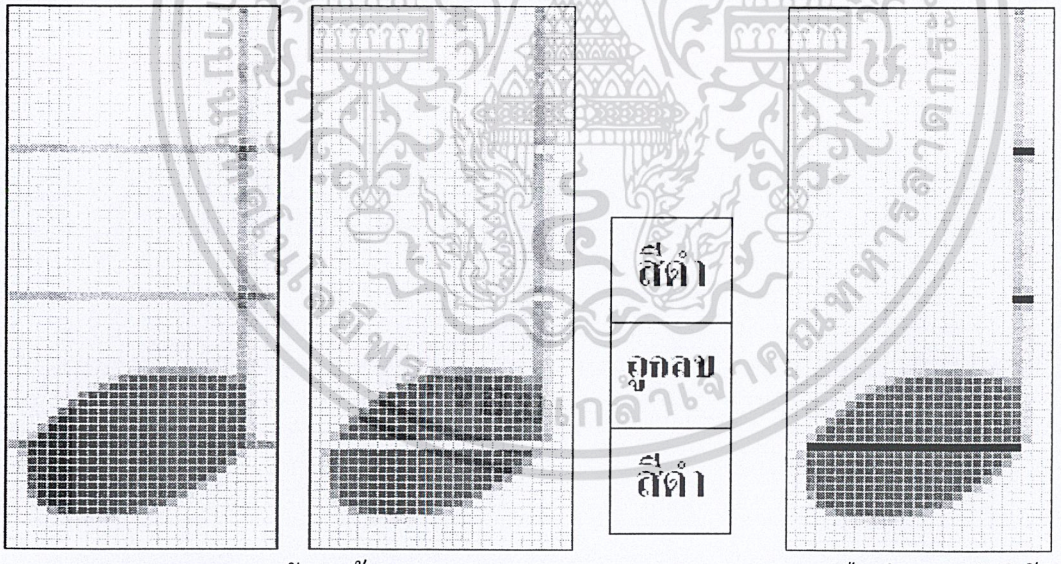
ภาพที่ 3.4 แสดงภาพโน้ตดนตรีที่ทำการลบบรรทัด 5 เส้น และเส้นน้อยออกไป ซึ่งจะทำให้บางส่วนของตัวโน้ต หายไปด้วย



ภาพที่ 3.4 ภาพพิมพ์ตัวโน้ตที่ทำการลบบรรทัด 5 เส้น และ เส้นน้อยออกแล้ว

3.3.3 การคืนภาพให้ตัวโน้ต

จากการลบบรรทัด 5 เส้นออกไป จะทำให้บางส่วนของตัวโน้ตขาดหายไป จึงต้องทำการคืนค่าสีดำให้กับส่วนของตัวโน้ตที่ถูกลบไป การคืนค่าสีดำนั้นจะพิจารณาจาก พิกเซลด้านบนและด้านล่างของตำแหน่งที่ลบไป ว่ามีค่าเป็นสีดำทั้งคู่หรือไม่ ถ้าเป็นสีดำทั้งข้างบนและข้างล่าง จะทำการคืนค่าสีดำให้กับตำแหน่งตรงกลางที่ถูกลบไป ในกรณีอื่นๆ จะไม่ทำการคืนค่า ดังตัวอย่างในภาพที่ 3.5(b)

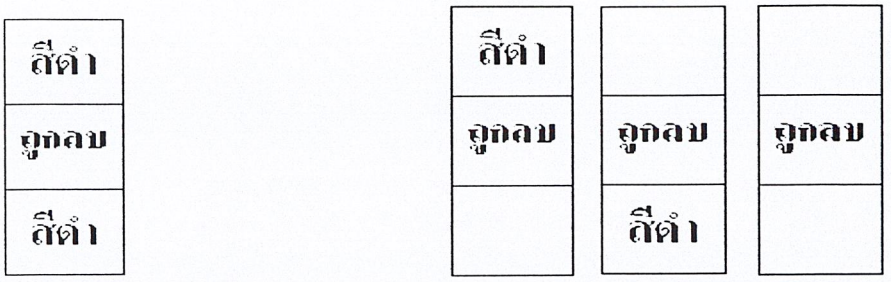


(a) การลบบรรทัด 5 เส้นออก *(b) การคืนส่วนของตัวโน้ต*

ภาพที่ 3.5 แสดงการลบบรรทัด 5 เส้น และ การคืนส่วนของตัวโน้ตที่ลบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

49968



(a) ลักษณะของรูปที่ต้องมีการคืนภาพ *(b) ลักษณะของรูปที่ไม่ต้องมีการคืนภาพ*

ภาพที่ 3.6 แสดงลักษณะการคืนภาพ

ภาพที่ 3.7 แสดงตัวพิมพ์โน้ตที่ทำการคืนค่าเรียบร้อยแล้ว

ภาพที่ 3.7 แสดงตัวพิมพ์โน้ตที่ทำการคืนค่าส่วนที่ขาดหายไปเนื่องจากการลบบรรทัด 5 เส้นเรียบร้อยแล้ว จึงทำให้ตัวโน้ต มีลักษณะที่ใกล้เคียงของเดิม ก่อนทำการลบบรรทัดไป

3.4 การหาตำแหน่งของตัวโน้ต

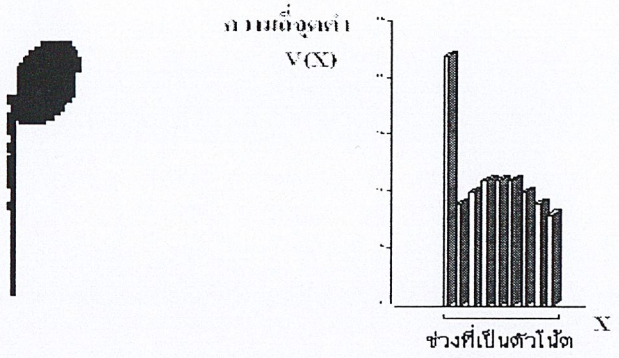
การหาตำแหน่งตัวโน้ต จะทำเพื่อที่จะรู้ถึงตำแหน่งของตัวโน้ตแต่ละตัวที่อยู่ในภาพ ก่อนที่จะแยกตัวโน้ตแต่ละตัว เพื่อมาทำการจดจำรูปแบบ ซึ่งการหาตำแหน่งที่เป็นตัวโน้ตจะต้องทำการหาตำแหน่งเริ่มต้นของโน้ตในแนวนอน ตำแหน่งเริ่มต้นของโน้ตในแนวตั้ง ตำแหน่งสิ้นสุดของโน้ตในแนวนอน ตำแหน่งสิ้นสุดของโน้ตในแนวตั้ง ในการหาตำแหน่งจะใช้วิธี 2 วิธีดังต่อไปนี้

1. การหาความถี่ในแนวตั้ง
2. การหาความถี่ในแนวนอน

3.4.1 การหาความถี่ในแนวตั้ง

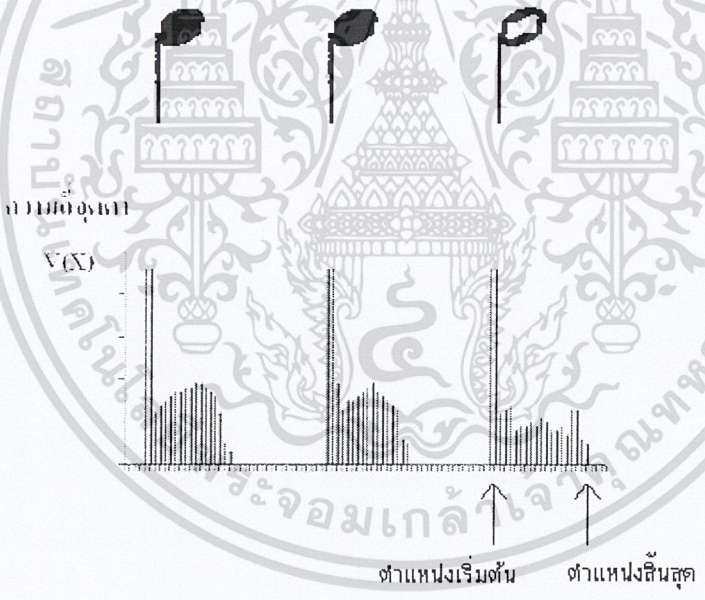
หลังจากที่ได้ลบบรรทัด 5 เส้นไปแล้ว จะเหลือเพียงตัวโน้ตเท่านั้น เมื่อทำการแบ่งภาพออกเป็นส่วนๆ ตามช่วงของบรรทัด 5 เส้น แล้วทำการหาค่าความถี่ในแนวตั้ง จะได้ความถี่ในแนวตั้งของแต่ละส่วน จะนำความถี่ที่ได้มาพิจารณาหาช่วงของตัวโน้ตทำให้ทราบตำแหน่งของตัวโน้ตในแนวแกนนอน นอกจากนี้ยังนำความถี่นี้มาพิจารณาลักษณะของตัวโน้ตเพื่อแยกโน้ตออกเป็นกลุ่มๆ ได้อีกด้วย ซึ่งในรายละเอียดการแบ่งกลุ่มจะกล่าวถึงในหัวข้อถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.8 ภาพตัวโน้ตกับช่วงความถี่ที่แสดงว่าเป็นตัวโน้ต

จากการหาค่าความถี่ในแนวตั้ง ซึ่งนำภาพเฉพาะช่วงของบรรทัด 5 เส้น และเส้นน้อยที่อยู่ระหว่างบรรทัด 5 เส้นชุดนั้นๆ มาพิจารณา จะพบว่า ช่วงที่มีตัวโน้ต จะเกิดค่าความถี่ของจุดดำขึ้น ส่วนช่วงที่ไม่มีตัวโน้ต ก็จะไม่มีค่าความถี่ของจุดดำ ดังนั้น จึงสามารถบอกไว้ว่าตัวโน้ตอยู่ในช่วงไหนของภาพ ดังที่แสดงในภาพที่ 3.8



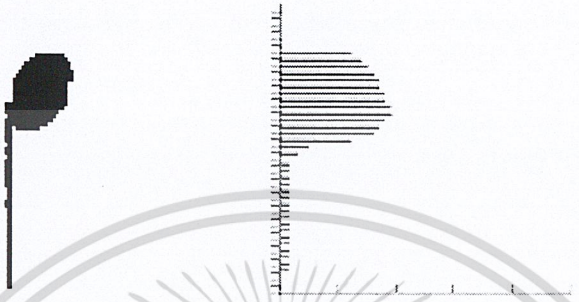
ภาพที่ 3.9 ตำแหน่งเริ่มต้นและสิ้นสุดของตัวโน้ต

ภาพที่ 3.9 จากการหาความถี่ในแนวแกนตั้งทำให้สามารถหาตำแหน่งเริ่มต้นในแนวแกนนอน ตำแหน่งสิ้นสุดในแนวแกนนอนของตัวโน้ตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 การหาความถี่ในแนวนอน

เมื่อทราบตำแหน่งในแนวแกนนอนของตัวโน้ตแล้ว จะทำการหาตำแหน่งเริ่มต้นในแนวแกนตั้งและตำแหน่งสิ้นสุดในแนวแกนตั้งของตัวโน้ต โดยจะพิจารณาจาก การหาค่าความถี่ในแนวแกนนอนของแต่ละตัวโน้ต

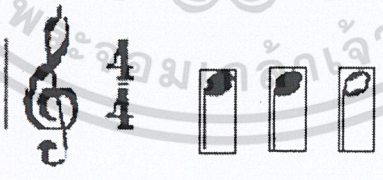


ภาพที่ 3.10 ค่าความถี่ของตัวโน้ตในแนวนอน

จากภาพที่ 3.10 เมื่อทำการหาค่าความถี่ในแนวแกนนอน เช่นเดียวกับการหาตำแหน่งในแนวแกนนอน ช่วงที่มีโน้ต จะเกิดค่าความถี่ของจุดดำขึ้น ส่วนช่วงที่ไม่มีโน้ต ก็จะไม่เกิดค่าความถี่ของจุดดำทำให้ทราบตำแหน่งเริ่มต้นในแนวแกนตั้งและตำแหน่งสิ้นสุดในแนวแกนตั้งของตัวโน้ตได้

3.4.3 ตำแหน่งของตัวโน้ต

เมื่อได้ค่าตำแหน่งเริ่มต้นของโน้ตในแนวนอน ตำแหน่งเริ่มต้นของโน้ตในแนวตั้ง ตำแหน่งสิ้นสุดของโน้ตในแนวนอน ตำแหน่งสิ้นสุดของโน้ตในแนวตั้งแล้ว จะทำให้สามารถระบุขอบเขตของตัวโน้ตแต่ละตัวได้อย่างชัดเจน



ภาพที่ 3.11 แสดงการขอบเขตของตัวโน้ตแต่ละตัว

จากภาพ 3.10 แสดงถึงขอบเขตของตัวโน้ตแต่ละตัวในภาพ ที่หามาได้จากการหาความถี่ในแนวตั้งและแนวนอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การจดจำรูปแบบของตัวโน้ต

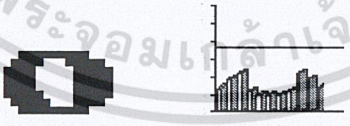
เมื่อทราบตำแหน่ง ขอบเขตของตัวโน้ตแต่ละตัวแล้ว จึงนำตัวโน้ตนั้นๆ มาทำการพิจารณา เพื่อตีความหมายของโน้ตตัวนั้นๆทีละตัว จบครบทุกตัว โดยจากการหารูปแบบ และลักษณะเด่นของตัวโน้ตนั้นๆ ในการจำแนกตัวโน้ตตัวนั้นๆ

3.5.1 การแบ่งตัวโน้ตออกเป็นกลุ่มตามลักษณะของค่าความถี่ในแนวตั้ง

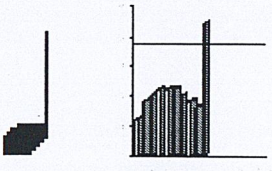
เมื่อทราบตำแหน่ง ขอบเขตของตัวโน้ตแต่ละตัวแล้ว จึงนำตัวโน้ตนั้นๆ มาทำการพิจารณา เพื่อตีความหมายของโน้ตตัวนั้นๆ จากการสังเกตจากลักษณะของตัวโน้ตดนตรี จะเห็นได้ว่า โน้ตดนตรีจะมีลักษณะที่มีส่วนของเส้นตรงยาวที่ตั้งฉาก เพราะฉะนั้นเมื่อพิจารณาจากค่าความถี่ในแนวตั้ง ในส่วนของเส้นตรงของตัวโน้ตดนตรี จะมีค่าความถี่ที่มากกว่าค่าค่าหนึ่ง จึงสามารถนำมาพิจารณา แบ่งกลุ่มของโน้ตดนตรีได้ในขั้นตอนแรก จะแบ่งโน้ตออกเป็นกลุ่มใหญ่ๆ โดยจะพิจารณาจากค่าความถี่ของจุดดำในแนวตั้ง ได้ 3 กลุ่ม ดังต่อไปนี้

1. กลุ่มตัวโน้ตที่ไม่มีค่าความถี่ในแนวตั้งมากกว่าระยะ 2 เท่าของบรรทัด 5 เส้น
2. กลุ่มตัวโน้ตที่มีค่าความถี่ในแนวตั้งมากกว่าระยะ 2 เท่าของบรรทัด 5 เส้น ครั้งเดียว
3. กลุ่มตัวโน้ตที่มีค่าความถี่ในแนวตั้งมากกว่าระยะ 2 เท่าของบรรทัด 5 เส้น มากกว่า 1 ครั้ง

ภาพที่ 3.12 แสดงระยะ 2 เท่าของบรรทัด 5 เส้น

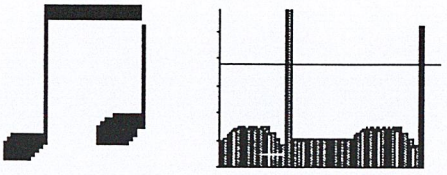


ภาพที่ 3.13 ตัวอย่างโน้ตในกลุ่มที่ไม่มีค่าความถี่ในแนวตั้งมากกว่าระยะ 2 เท่าของบรรทัด 5 เส้น



ภาพที่ 3.14 ตัวอย่างโน้ตในกลุ่มที่มีค่าความถี่ในแนวตั้งมากกว่าระยะ 2 เท่าของบรรทัด 5 เส้น ครั้งเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.15 ตัวอย่างโน้ตในกลุ่มที่มีค่าความถี่ในแนวตั้งมากกว่าระยะ 2 เท่าของบรรทัด 5 เส้น มากกว่า 1 ครั้ง

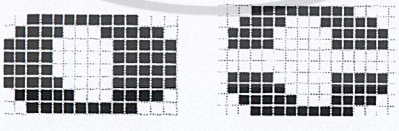
3.5.2 กลุ่มตัวโน้ตที่ไม่มีค่าความถี่ในแนวตั้งมากกว่าระยะ 2 เท่าของบรรทัด 5 เส้น

เมื่อพิจารณาค่าความถี่ในแนวตั้ง จะแยกกลุ่มของโน้ตที่ไม่มีค่าความถี่ในแนวตั้งมากกว่าระยะ 2 เท่าของบรรทัด 5 เส้นเลยได้ดังนี้

สัญลักษณ์	ชนิดของตัวโน้ต
	โน้ตตัวกลม
	ตัวหยุดตัวกลม
	ตัวหยุดตัวขาว
	ตัวหยุดเขบ็ต 1 ชั้น
	จุด

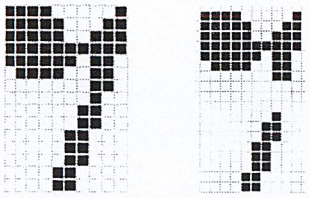
ตารางที่ 3.1 แสดงโน้ตในกลุ่มที่ไม่มีค่าความถี่มากกว่าระยะ 2 เท่าของบรรทัด 5 เส้น

เมื่อมาพิจารณาในกลุ่ม สามารถใช้ลักษณะอื่นเพื่อมาแยกตัวโน้ตออกจากกันได้อีก โดยจะพิจารณาจากลักษณะสมมาตรของตัวโน้ต ในที่นี้จะพิจารณาโดยทำการแบ่งครึ่งตัวโน้ตตามแนวนอนแล้วหาค่าผลรวมของค่าจุดดำทั้ง 2 ส่วนคือครึ่งบนและครึ่งล่าง ถ้าหากโน้ตมีลักษณะสมมาตร ค่าผลรวมของทั้ง 2 ส่วนจะมีค่าที่ใกล้เคียงกัน



ภาพที่ 3.16 แสดงถึงลักษณะที่สมมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



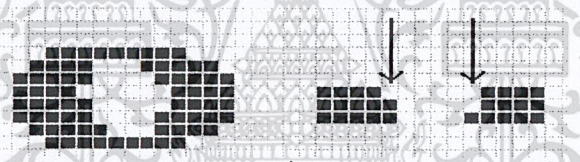
ภาพที่ 3.17 แสดงลักษณะที่ไม่สมมาตร

ภาพที่ 3.16 แสดงถึงลักษณะที่สมมาตร เมื่อค่าผลรวมของทั้งสองส่วนมีค่าใกล้เคียงกัน

ภาพที่ 3.17 แสดงถึงลักษณะที่ไม่สมมาตร จากค่าผลรวมที่มีความแตกต่างกันมาก

จากการพิจารณาลักษณะสมมาตรของตัวโน้ตในกลุ่มนี้ จะเห็นได้ว่าทุกตัวในกลุ่ม จะมีความสมมาตร ส่วนตัวหยุดเขบิ็ตจะไม่มี จึงทำการแยกตัวหยุดเขบิ็ตออกจากกลุ่มได้จากความแตกต่างดังกล่าว

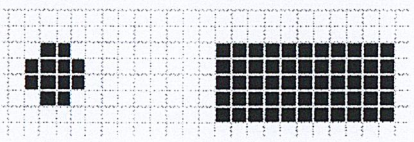
ขั้นตอนต่อไป จะทำการพิจารณาลักษณะการเปลี่ยนแปลงของค่าสีภายในตัวโน้ต โดยพิจารณาที่ตำแหน่งกึ่งกลางของตัวโน้ต เนื่องจากโน้ตตัวกลมมีลักษณะที่เป็นวงกลม มีภายในเป็นจุดสีขาว ดังนั้นเมื่อพิจารณาที่โน้ตตัวกลมจะพบการเปลี่ยนแปลงค่าสีจากสีดำเป็นสีขาว และสีขาวเป็นสีดำ จึงระบุได้ว่าเป็นโน้ตตัวกลมและทำการแยกโน้ตตัวกลมออกจากกลุ่ม



ภาพที่ 3.18 แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงของค่าสีภายในตัวโน้ต

ภาพที่ 3.18 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าสีที่เกิดขึ้นในโน้ตตัวกลม ถือเป็นการตรวจสอบว่าภายในโน้ตนั้นมีลักษณะกลวงข้างในหรือเปล่า

เมื่อทำการแยกตัวหยุดเขบิ็ตและโน้ตตัวกลมออกไปแล้ว จึงเหลือเพียง ตัวหยุดตัวกลม ตัวหยุดตัวขาว และจุด พิจารณาจากลักษณะของโน้ตทั้ง 3 ตัว จะเห็นได้ว่า ลักษณะของจุดจะมีลักษณะที่เป็นจัตุรัส คือมีความยาวในแนวแกนนอนและความยาวในแนวแกนตั้งที่ใกล้เคียงกัน ส่วนอีก 2 ตัวที่เหลือ จะมีลักษณะที่มีความยาวในแนวแกนนอนมากกว่าความยาวในแนวแกนตั้ง

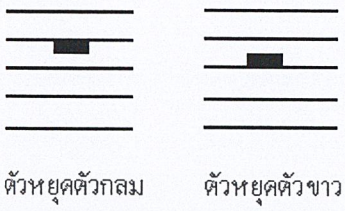


ภาพที่ 3.19 แสดงลักษณะความยาวในแนวนอนและแนวตั้ง

ภาพที่ 3.19 แสดงลักษณะที่ความยาวแตกต่างกันของจุด กับ ตัวหยุดตัวกลมและตัวหยุดตัวขาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการแยกตัวหยุดตัวกลมและตัวหยุดตัวขาวออกจากกันจะพิจารณาจากตำแหน่งของตัวโน้ต เนื่องจากมีรูปแบบที่ตายตัวอยู่แล้ว โดยที่ตัวหยุดตัวกลมจะอยู่ที่ตำแหน่งบรรทัด 5 เส้น เส้นที่ 2 ส่วนตัวหยุดตัวขาวจะอยู่ที่ตำแหน่งบรรทัด 5 เส้น เส้นที่ 3 ดังตัวอย่างในภาพที่ 3.20



ภาพที่ 3.20 แสดงตำแหน่งที่ต่างกันของตัวหยุดตัวกลมและตัวหยุดตัวขาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.21 สรุปการแยกตัวโน้ตในกลุ่มที่ไม่มีค่าความถี่ในแนวตั้งมากกว่าระยะ 2 เท่าของบรรทัด 5 เส้น

3.5.3 กลุ่มตัวโน้ตที่มีค่าความถี่ในแนวตั้งมากกว่าระยะ 2 เท่าของบรรทัด 5 เส้น ครั้งเดียว

เมื่อพิจารณาค่าความถี่ในแนวตั้ง จะแยกกลุ่มของโน้ตที่มีค่าความถี่ในแนวตั้งมากกว่าระยะ 2 เท่าของบรรทัด 5 เส้นเพียงครั้งเดียวได้ดังนี้

สัญลักษณ์	ชนิดของตัวโน้ต
	โน้ตตัวดำ
	โน้ตตัวขาว
	โน้ตตัวเขบ็ต 1 ชั้น
	ตัวหยุดตัวดำ
	เครื่องหมายแฟลต

ตารางที่ 3.2 แสดงโน้ตในกลุ่มที่มีค่าความถี่มากกว่าระยะ 2 เท่าของบรรทัด 5 เส้นครั้งเดียว

นอกจากตัวโน้ตในตาราง จะมีเส้นกั้นห้อง ที่มีค่าความถี่ในแนวตั้งมีค่ามากกว่าระยะ 2 เท่าของบรรทัด 5 เส้น เหมือนกัน แต่เนื่องจาก เส้นกั้นห้องมีลักษณะที่เฉพาะตัวอยู่แล้ว คือจะเป็นเส้นตรงเส้นเดียวโดดๆ จึงสามารถแยกออกมาจากกลุ่มได้ตั้งแต่แรก

เนื่องจากกลุ่มนี้มีค่าความถี่ในแนวตั้งที่มากกว่าระยะ 2 เท่าของบรรทัด 5 เส้นเพียงแค่ครั้งเดียว จะทำการพิจารณาจากตำแหน่งที่มีค่าความถี่ที่มากกว่าระยะนี้ เพื่อทำการแบ่งกลุ่มย่อยของตัวโน้ตได้อีก โดยจากการพิจารณาตำแหน่ง สามารถแบ่งเป็นกลุ่มย่อยได้อีก 3 กลุ่ม คือ

1. ค่าความถี่ในแนวตั้งที่มากกว่าระยะ 2 เท่าของบรรทัด 5 เส้น อยู่ทางด้านซ้ายสุดของตัวโน้ต
2. ค่าความถี่ในแนวตั้งที่มากกว่าระยะ 2 เท่าของบรรทัด 5 เส้น อยู่ทางด้านขวาสุดของตัวโน้ต
3. ค่าความถี่ในแนวตั้งที่มากกว่าระยะ 2 เท่าของบรรทัด 5 เส้น อยู่ที่ตำแหน่งอื่นๆ

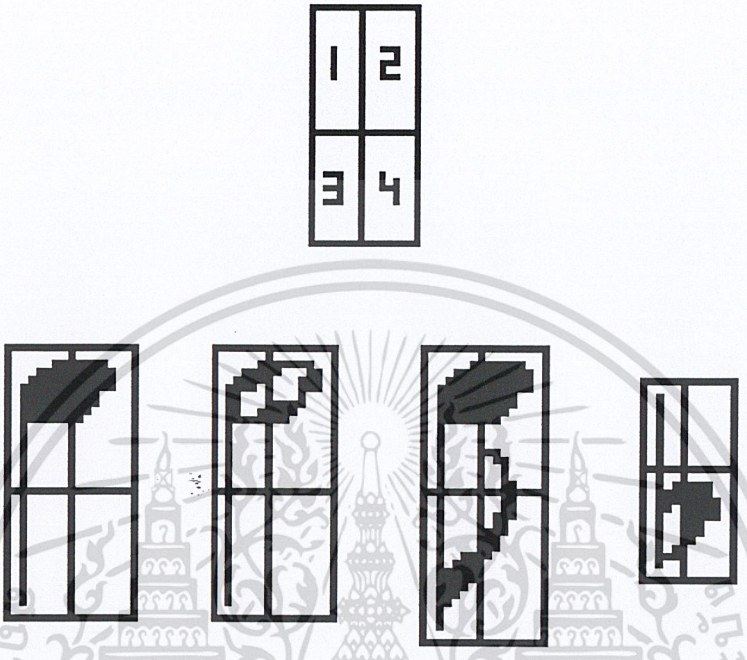
3.5.3.1 ค่าความถี่ในแนวตั้งที่มากกว่าระยะ 2 เท่าของบรรทัด 5 เส้น อยู่ทางด้านซ้ายสุดของตัวโน้ต

ในกลุ่มนี้ จะมีตัวโน้ตที่ตรงตามรูปแบบนี้ 4 ตัวด้วยกัน คือตัวโน้ตตัวดำ ตัวขาว ตัวเขบ็ต 1 ชั้น ที่มีหัวโน้ตอยู่ด้านบน และ แฟลต ดังแสดงในภาพที่ 3.22 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.22 แสดงโน้ตในกลุ่มที่มีค่าความถี่ในแนวตั้งมากกว่าระยะ 2 เท่าของบรรทัด 5 เส้นอยู่ทางด้านซ้ายสุดของโน้ต

จากนั้น จะทำการแบ่งตัวโน้ตออกเป็น 4 ส่วนเพื่อพิจารณาถึงลักษณะ ได้ดังนี้



ภาพที่ 3.23 แสดงการแบ่งโน้ตออกเป็น 4 ส่วน

จากการแบ่งโน้ตออกเป็น 4 ส่วน ดังภาพที่ 3.23 จะเห็นได้ว่า ตัวเขบ็ต 1 ชั้น จะมีค่าสีดำอยู่ในทุกช่อง ทั้ง 1, 2, 3, 4 ส่วนตัวแฟลต จะมีค่าสีอยู่ในช่อง 1,3,4 และตัวดำกับตัวขาวจะมีค่าสีอยู่ในช่อง 1, 2, 3

ดังนั้นจึงสามารถแยกตัวเขบ็ต 1 ชั้นและ แฟลตออกได้ ส่วนโน้ตตัวดำและตัวขาว จะนำมาพิจารณาต่อ โดยดูการเปลี่ยนแปลงค่าสี วิธีการเดียวที่ใช้กับโน้ตตัวกลม ก็จะสามารถแยกความแตกต่างระหว่างโน้ตตัวดำกับตัวขาวได้

3.5.3.2 ค่าความถี่ในแนวตั้งที่มากกว่าระยะ 2 เท่าของบรรทัด 5 เส้น อยู่ทางด้านขวาสุดของตัวโน้ต

ในกลุ่มนี้มีโน้ตทั้งหมด 2 ตัว คือตัวขาวและตัวดำที่มีส่วนหัวอยู่ด้านล่าง ในการแยกความแตกต่างระหว่างกัน ใช้วิธีดูการเปลี่ยนแปลงค่าสีดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นแล้ว จะสามารถแยกตัวขาวและตัวดำออกจากกันได้ ภาพที่ 3.24 แสดงตัวโน้ตในกลุ่มนี้

ภาพที่ 3.24 แสดงโน้ตในกลุ่มที่มีค่าความถี่มากกว่าระยะ 2 เท่าของบรรทัด 5 เส้น อยู่ทางด้านขวาสุดของโน้ต

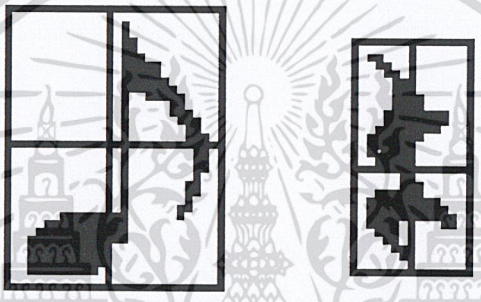
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.3.3 ค่าความถี่ในแนวตั้งที่มากกว่าระยะ 2 เท่าของบรรทัด 5 เส้น อยู่ที่ตำแหน่งอื่นๆ

ในกลุ่มนี้จะประกอบไปด้วยโน้ต 2 ตัวคือ ตัวเขบ็ต 1 ชั้น และ ตัวหยุดตัวดำ แบบที่มีหัวโน้ตอยู่ด้านล่าง ดังที่ได้แสดงในภาพที่ 3.25

ภาพที่ 3.25 แสดงโน้ตในกลุ่มที่มีค่าความถี่มากกว่าระยะ 2 เท่าของบรรทัด 5 เส้นอยู่ที่ตำแหน่งอื่นๆ

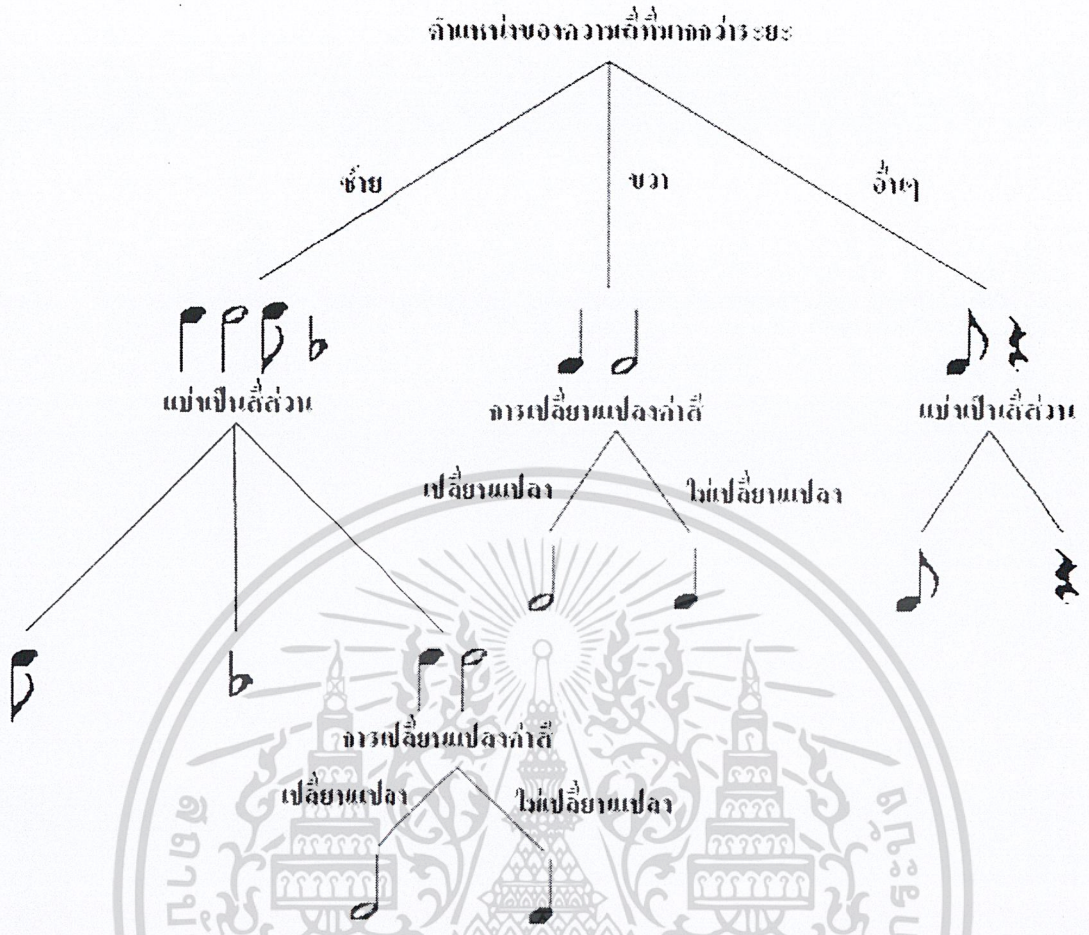
การแยกความแตกต่าง จะใช้วิธีแบ่งโน้ตเป็น 4 ส่วนเพื่อแยกความแตกต่างได้ดังนี้



ภาพที่ 3.26 แสดงการแบ่งโน้ตออกเป็น 4 ส่วน

จากภาพที่ 3.26 จะเห็นได้ว่าตัวเขบ็ต 1 ชั้นนั้นจะไม่มีค่าสีดำในช่องที่ 1 ส่วนตัวหยุดตัวดำ จะมีค่าที่เป็นสีดำทุกช่อง จึงแยกความแตกต่างระหว่าง ตัวเขบ็ต 1 ชั้นกับตัวหยุดตัวดำได้

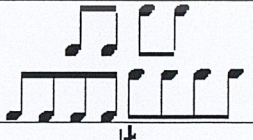
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.27 สรุปการแยกตัวโน้ตในกลุ่มที่มีค่าความถี่ในแนวตั้งมากกว่าระยะ 2 เท่าของบรรทัด 5 เส้น ครั้งเดียว

3.5.4 กลุ่มตัวโน้ตที่มีค่าความถี่ในแนวตั้งมากกว่าระยะ 2 เท่าของบรรทัด 5 เส้น มากกว่า 1 ครั้ง

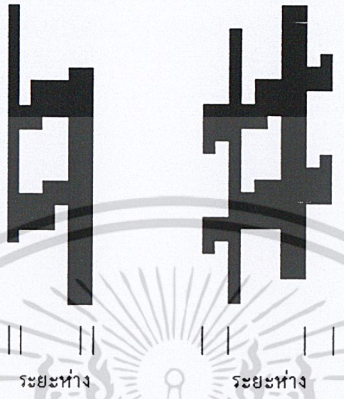
เมื่อนำความถี่ในแนวตั้งมาพิจารณา ตัวโน้ตที่มีในแนวตั้งค่าความถี่มากกว่าระยะ 2 เท่าของบรรทัด 5 เส้นมากกว่า 1 ครั้ง ได้แก่ ตัวเขบ็ตที่มีลักษณะเป็นกลุ่ม เครื่องหมายชาร์ป และ เนเจอรัล

สัญลักษณ์	ชนิดของตัวโน้ต
	โน้ตตัวเขบ็ต 1 ชั้น
	เครื่องหมายชาร์ป
	เครื่องหมายเนเจอรัล

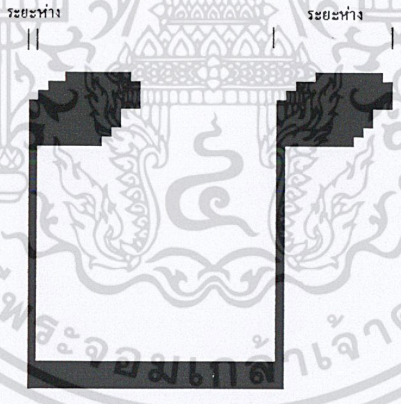
ตารางที่ 3.3 แสดงกลุ่มมีค่าความถี่มากกว่าระยะ 2 เท่าของบรรทัด 5 เส้น มากกว่า 1 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทำการพิจารณาลักษณะจากการสมมาตร จะสามารถแยกกลุ่มของโน้ตได้ โดยตัวชาร์ป และ เนเจอรัล จะมีความสมมาตร ทั้งแนวบน ล่าง และ แนวซ้าย ขวา นอกจากนี้ยังมีระยะห่างจากตำแหน่งที่มีค่าความถี่ในแนวตั้งมากกว่าระยะ 2 เท่าของบรรทัด 5 เส้น กับที่ริมทั้ง 2 ด้านของตัวโน้ต ที่มีค่าใกล้เคียงกันดังแสดงในภาพที่ 3.28



ภาพที่ 3.28 แสดงระยะห่างจากตำแหน่งที่มีค่าความถี่ในแนวตั้งมากกว่าระยะ 2 เท่าของบรรทัด 5 เส้น กับที่ริมทั้ง 2 ด้านของตัวโน้ต ที่มีระยะห่างที่เท่ากัน



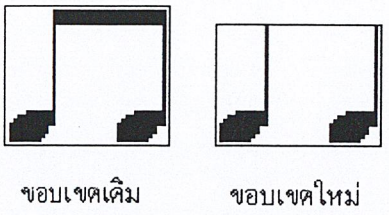
ภาพที่ 3.29 แสดงระยะห่างจากตำแหน่งที่มีค่าความถี่ในแนวตั้งมากกว่าระยะ 2 เท่าของบรรทัด 5 เส้น กับที่ริมทั้ง 2 ด้านของตัวโน้ต ที่มีระยะห่างที่ต่างกัน

ภาพที่ 3.29 แสดงถึงตัวเขบ็ต 1 ชั้น ที่มีระยะห่างจากตำแหน่งที่มีค่าความถี่ในแนวตั้งมากกว่าระยะ 2 เท่าของบรรทัด 5 เส้น กับที่ริมทั้ง 2 ด้านของตัวโน้ต มีค่าต่างกัน

จากนั้น ก็ทำการพิจารณาค่าความถี่ในแนวตั้งที่มีค่ามากกว่าระยะ 2 เท่าของบรรทัด 5 เส้น ซึ่งมี 2 ค่า ถ้าค่านี้อยู่ทางริมด้านซ้ายและขวาแสดงว่าเป็นตัวเนเจอรัล ทำให้แยกความแตกต่างระหว่างเนเจอรัลและชาร์ปได้

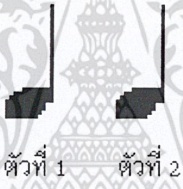
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

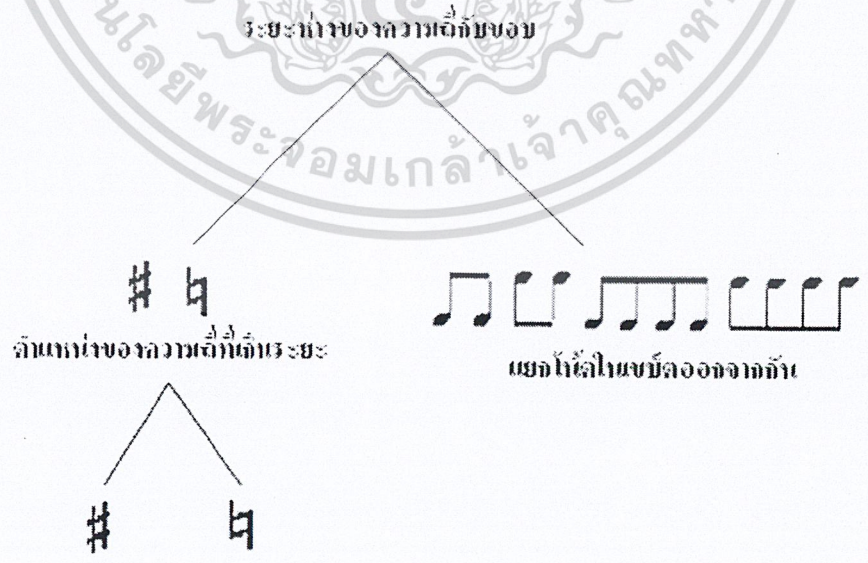
ในส่วนของตัวเขบ็ตนั้นจะทำการแบ่งตัวเขบ็ตออกเป็นตัวย่อยๆ โดยจะเริ่มจากการเปลี่ยนขอบเขตของตัวโน้ต นำการเปลี่ยนแปลงค่าสีมาพิจารณา



ภาพที่ 3.30 แสดงการหาขอบเขตใหม่โดยใช้การเปลี่ยนแปลงค่าสี

ภาพที่ 3.30 แสดงถึงการหาขอบเขตใหม่ โดยดูจากการเปลี่ยนแปลงค่าสี โดยในส่วนที่เป็นตัวเชื่อมระหว่างตัวเขบ็ตแต่ละตัว จะมีค่าที่เป็นสีดำยาวตลอด เมื่อตรวจพบการเปลี่ยนแปลงค่าสี จะทำการเปลี่ยนขอบเขตใหม่ จากนั้นทำการหาค่าความถี่ในแนวตั้ง ก็จะแยกตัวเขบ็ตออกจากกันได้ ดังภาพที่ 3.29



ภาพที่ 3.31 แสดงตัวเขบ็ตที่แยกออกจากกันแล้ว

ภาพที่ 3.32 สรุปการแยกตัวโน้ตในกลุ่มที่มีค่าความถี่ในแนวตั้งมากกว่าระยะ 2 เท่าของบรรทัด 5 เส้น มากกว่า 1 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.5 การหาตำแหน่งของตัวโน้ตบนบรรทัด 5 เส้น

เมื่อได้ทำการหาลักษณะเด่นของตัวโน้ต เพื่อที่จะทราบว่าเป็นตัวโน้ตอะไร มีค่าความยาวของเสียงเท่าใดแล้ว ยังมีความจำเป็นที่จะต้องทราบ ระดับเสียงของตัวโน้ตอีกด้วย ในการหาระดับเสียงจะพิจารณาจากตำแหน่งของตัวโน้ตที่อยู่บนบรรทัด 5 เส้น ว่าอยู่ที่บรรทัดใด โดยจะนำส่วนหัวของตัวโน้ตนั้นๆ ไปเทียบตำแหน่งกับตำแหน่งของบรรทัด 5 เส้น ก็จะทราบถึงระดับเสียงได้

ในการนำส่วนหัวของตัวโน้ตไปเทียบนั้น จะใช้ตำแหน่งกึ่งกลางของส่วนหัวตัวโน้ตไปเทียบกับตำแหน่งของบรรทัด 5 เส้น ดังที่ได้แสดงตัวอย่างในภาพ 3.31

ภาพที่ 3.33 แสดงตำแหน่งกึ่งกลางของหัวตัวโน้ตที่นำไปหาตำแหน่งบนบรรทัด 5 เส้น

3.6 การสร้างไฟล์รหัส MIDI (*.MID)

จากขั้นตอนการประมวลผลภาพและการจดจำรูปแบบตัวพิมพ์โน้ตดนตรี ทำให้เราทราบจังหวะและระดับเสียงของตัวโน้ตแต่ละตัว สำหรับที่จะนำไปเข้ารหัสสร้างเป็นไฟล์มาตรฐานของ MIDI (*.MID)

ก่อนที่จะทำการทำการเข้ารหัสเป็นไฟล์มาตรฐานของ MIDI นั้น ข้อมูลทางดนตรีต่างๆ จะถูกเก็บอยู่ใน อาร์เรย์ (Array) ของข้อมูล โดยมีลักษณะการเก็บข้อมูลดังนี้

< Track Data> <Track Data> <Track Data> <Track Data> …

โดยที่แต่ละ Track Data จะเก็บข้อมูลแยกย่อย เพื่อบอกลักษณะเด่น ของข้อมูลทางดนตรีตัวนั้นๆ ไว้ 3 ส่วนดังนี้

1. MIDI Event เป็นส่วนที่ใช้เก็บข้อมูลของ ระดับเสียงของข้อมูลทางดนตรีนั้นๆ โดยจะเก็บข้อมูลอยู่ในรูปของ ไบต์ เช่น โน้ตตัวโด จะมีค่าเท่ากับ 60

2. Delta Time จะเป็นส่วนที่ใช้เก็บข้อมูลของ ความยาวเสียงของข้อมูลทางดนตรีนั้นๆ โดยจะเก็บข้อมูลอยู่ในรูปของ ไบต์ ค่าของ Delta Time จะเป็นตัวกำหนดความยาวเสียงของข้อมูลทางดนตรีดังนี้

- Delta Time มีค่าเป็น 1 จะเป็นการกำหนดให้มีความยาวเสียงเท่ากับ โน้ตตัวกลม
- Delta Time มีค่าเป็น 2 จะเป็นการกำหนดให้มีความยาวเสียงเท่ากับ โน้ตตัวขาว
- Delta Time มีค่าเป็น 3 จะเป็นการกำหนดให้มีความยาวเสียงเท่ากับ โน้ตตัวดำ
- Delta Time มีค่าเป็น 4 จะเป็นการกำหนดให้มีความยาวเสียงเท่ากับ โน้ตตัวเขบ็ต 1 ชั้น
- Delta Time มีค่าเป็น 5 จะเป็นการกำหนดให้มีความยาวเสียงเท่ากับ โน้ตตัวเขบ็ต 2 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น มีทั้งนี้ไม่ให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Delta Time มีค่าเป็น 6 จะเป็นการกำหนดให้มีความยาวเสียงเท่ากับ โน้ตตัวขาวแบบมีจุดตามหลัง

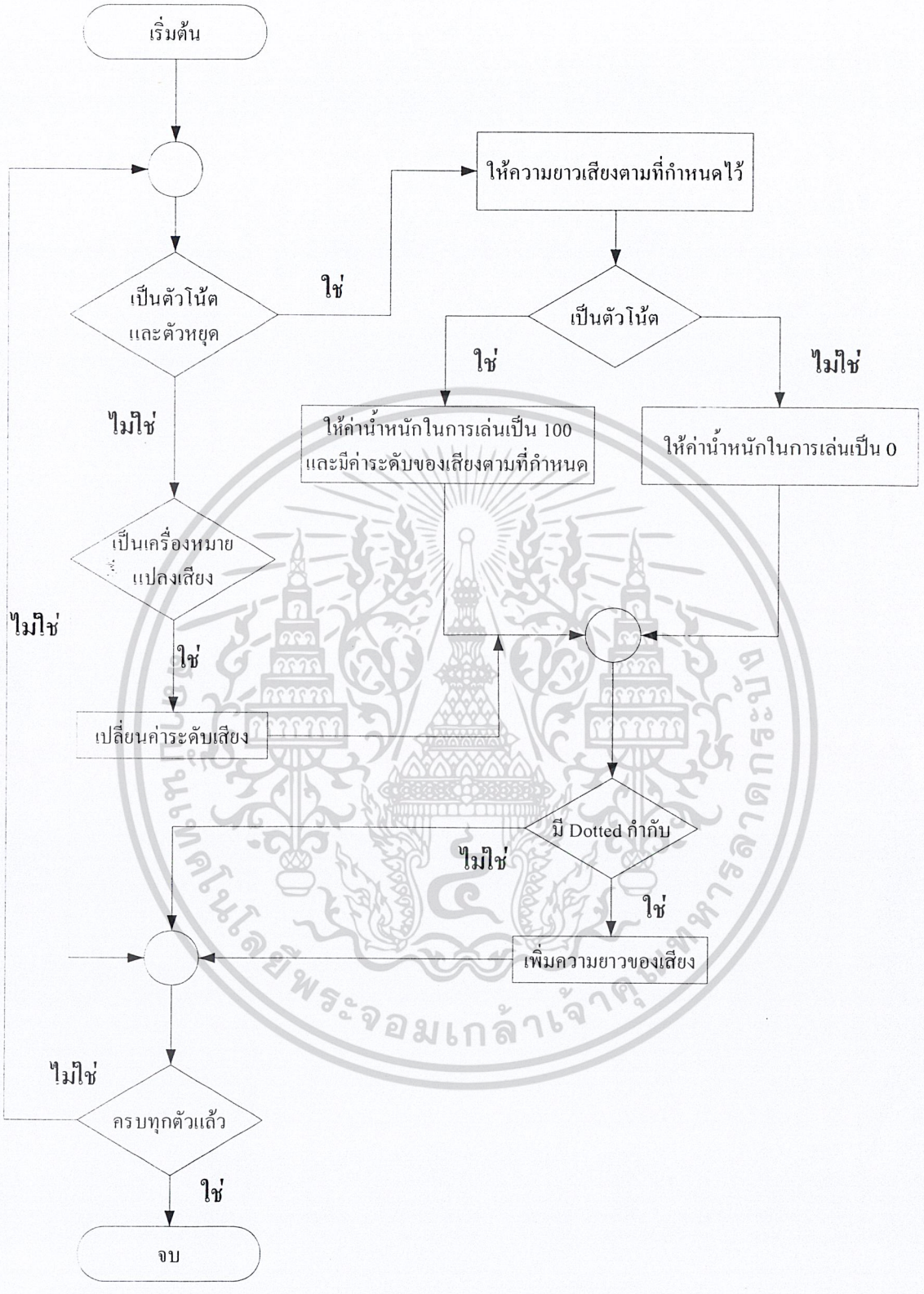
- Delta Time มีค่าเป็น 7 จะเป็นการกำหนดให้มีความยาวเสียงเท่ากับ โน้ตตัวดำแบบมีจุดตามหลัง

ตัวโน้ต	ค่าความยาวของเสียง
ตัวกลม	480
ตัวขาว	240
ตัวดำ	120
ตัวเขบ็ต 1 ชั้น	60
ตัวเขบ็ต 2 ชั้น	30

ตารางที่ 3.4 แสดงค่าความยาวเสียงของตัวโน้ตและตัวหยุด

3. Stop Event จะเป็นส่วนที่ใช้ตัดสินว่าข้อมูลทางดนตรีนี้เป็น ตัวโน้ต หรือ ตัวหยุด โดยจะเก็บข้อมูลอยู่ในรูปของ บูลีน (Boolean) ซึ่งจะมีค่าเป็น " จริง " (True) เมื่อข้อมูลนั้นๆ เป็นตัวหยุด และเป็น "เท็จ " (False) เมื่อข้อมูลนั้นๆ เป็นตัวโน้ต

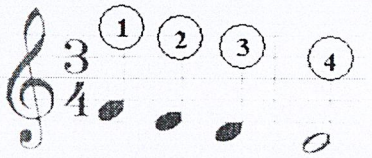
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.34 โฟลว์ชาร์ตแสดงการสร้างไฟล์ MIDI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.1 ขั้นตอนการทำให้ข้อมูลที่ได้เป็นไฟล์รหัส MIDI



ภาพที่ 3.35 ตัวอย่างโน้ตดนตรีในการสร้างไฟล์รหัสข้อมูล

จากภาพพิมพ์ตัวโน้ตที่ผ่านขั้นตอนการจดจำรูปแบบตัวพิมพ์โน้ตดนตรี จะได้ข้อมูลทางดนตรีมาดังนี้

1. โน้ตตัวดำ ระดับเสียง F
2. โน้ตตัวดำ ระดับเสียง E
3. โน้ตตัวดำ ระดับเสียง D
4. โน้ตตัวขาว ระดับเสียง C

เราจะสามารถเก็บข้อมูลต่างๆ ที่จำเป็น และสร้างเป็นค่าอาร์เรย์ของข้อมูลทางดนตรีได้ดังนี้

Track Data ตัวที่ 1 จะมีข้อมูลที่บอกลักษณะเด่นของข้อมูลทางดนตรี ดังนี้

- MIDI Event จะมีค่าเท่ากับ 65 คือตำแหน่งของตัวโน้ตที่อยู่บนบรรทัด 5 เส้นนี้ ซึ่งมีระดับเสียงเท่ากับ F เมื่อเทียบกับค่าตามรหัสของ MIDI จะมีค่าเท่ากับ 65
- Delta Time จะมีค่าเท่ากับ '3' ซึ่งมีความยาวเสียงเทียบเท่ากับโน้ตตัวดำ
- Stop Event มีค่าเป็น เท็จ ซึ่งหมายความว่าข้อมูลตัวนี้เป็น ตัวโน้ตไม่ใช่ ตัวหยุด

Track Data ตัวที่ 2 จะมีข้อมูลที่บอกลักษณะเด่นของข้อมูลทางดนตรี ดังนี้

- MIDI Event จะมีค่าเท่ากับ 64 คือตำแหน่งของตัวโน้ตที่อยู่บนบรรทัด 5 เส้นนี้ ซึ่งมีระดับเสียงเท่ากับ E เมื่อเทียบกับค่าตามรหัสของ MIDI จะมีค่าเท่ากับ 64
- Delta Time จะมีค่าเท่ากับ '3' ซึ่งมีความยาวเสียงเทียบเท่ากับโน้ตตัวดำ
- Stop Event มีค่าเป็น เท็จ ซึ่งหมายความว่าข้อมูลตัวนี้เป็น ตัวโน้ตไม่ใช่ ตัวหยุด

Track Data ตัวที่ 3 จะมีข้อมูลที่บอกลักษณะเด่นของข้อมูลทางดนตรี ดังนี้

- MIDI Event จะมีค่าเท่ากับ 62 คือตำแหน่งของตัวโน้ตที่อยู่บนบรรทัด 5 เส้นนี้ ซึ่งมีระดับเสียงเท่ากับ D เมื่อเทียบกับค่าตามรหัสของ MIDI จะมีค่าเท่ากับ 62
- Delta Time จะมีค่าเท่ากับ '3' ซึ่งมีความยาวเสียงเทียบเท่ากับโน้ตตัวดำ
- Stop Event มีค่าเป็น เท็จ ซึ่งหมายความว่าข้อมูลตัวนี้เป็น ตัวโน้ตไม่ใช่ ตัวหยุด

Track Data ตัวที่ 4 จะมีข้อมูลที่บอกลักษณะเด่นของข้อมูลทางดนตรี ดังนี้

- MIDI Event จะมีค่าเท่ากับ 60 คือตำแหน่งของตัวโน้ตที่อยู่บนบรรทัด 5 เส้นนี้ ซึ่งมีระดับเสียงเท่ากับ C เมื่อเทียบกับค่าตามรหัสของ MIDI จะมีค่าเท่ากับ 60
- Delta Time จะมีค่าเท่ากับ '2' ซึ่งมีความยาวเสียงเทียบเท่ากับโน้ตตัวขาว
- Stop Event มีค่าเป็น เท็จ ซึ่งหมายความว่าข้อมูลตัวนี้เป็น ตัวโน้ตไม่ใช่ ตัวหยุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.2 การนำค่าจากอาร์เรย์ของข้อมูลมาเขียนให้เป็นไฟล์ MIDI

การแปลงค่าจาก อาร์เรย์ของข้อมูลให้เป็นไฟล์ MIDI นั้น มีขั้นตอนดังนี้

1. ทำการอ่านข้อมูลของ Track Data จากอาร์เรย์มาทีละ 1 Track Data

2. จะได้ข้อมูลของ Delta Time, MIDI Event และ Stop Event มา ซึ่งสามารถนำข้อมูลเหล่านี้มาเขียนเป็นข้อมูล Note On และ Note Off ได้ดังนี้

ยกตัวอย่างเช่น มีค่า Delta Time เท่ากับ 3, MIDI Event เท่ากับ 3C, Stop Event เป็น เท็จ

- Note On จะเขียนเป็นรหัส MIDI ได้ว่า

00 → ทำการเริ่มเล่นโน้ต

3C → ได้จากค่า MIDI Event เป็นโน้ตโด

64 → เป็นค่าความหนักในการเล่นโน้ต เรื่องจากไม่ใช่ ตัวหยุด ค่าความ หนักในการเล่นเท่ากับ 64 (คือ 100 ในเลขฐานสิบ)

- Note Off จะเขียนเป็นรหัส MIDI ได้ว่า

78 → เริ่มเล่นโน้ตหลังจากเวลาผ่านไป 1 จังหวะ หรือ 1 โน้ตตัวดำ ซึ่งมีค่าเป็น 120 ในเลขฐานสิบ

3C → ได้จากค่า MIDI Event เป็นโน้ตโด

00 → เป็นค่าความหนักในการเล่นโน้ต เนื่องจากเป็น Note Off จึงมีค่าเป็น 0 คือ ไม่ต้องออกเสียง

3. ทำการอ่านข้อมูลของ Track Data แล้วเริ่มทำตามข้อ 2 ไปเรื่อยๆ จนกว่าจะหมดข้อมูลของอาร์เรย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

บทนี้จะเป็นการกล่าวถึงการทดลอง และผลการทดลองที่ได้ โดยจะมีข้อกำหนดสำหรับภาพ อินพุท ที่จะทำการรับเข้ามาดังนี้

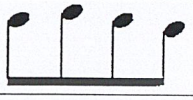
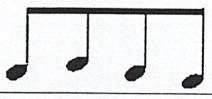
1. ภาพอินพุทที่เข้ามาจะต้องเป็นภาพขาว – ดำ (Grey Scale 8 Bit)
2. ขนาดของภาพอินพุทจะต้องไม่เกิน 1500 * 1500 พิกเซล
3. บรรทัด 5 เส้น ในภาพอินพุท จะต้องมีความเที่ยงตรงในระดับหนึ่ง
4. ภาพอินพุทควรจะมี noise ไม่มากจนเกินไป หรือ ไม่มีเลย

4.1 ประสิทธิภาพการรู้จำเครื่องหมายทางดนตรีต่างๆ

วิธีการทดลอง : ตัวโน้ตดนตรีแต่ละตัวที่นำมาเป็นอินพุตให้กับระบบ จะมาจากการสแกนต่างครั้งกัน และมีขนาดที่แตกต่างกันไป รวมถึงมีตำแหน่งในบรรทัด 5 เส้นที่แตกต่างกันออกไปด้วย เพื่อทำการทดลองว่า ระบบจะสามารถรู้จำได้อย่างถูกต้องแม่นยำมากน้อยเพียงไร

เครื่องหมายทางดนตรี	จำนวนครั้งที่ถูกต้อง/จำนวนครั้งที่ทดลอง	เปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง
	45/50	90 %
	49/50	98 %
	47/50	94 %
	49/50	98 %
	46/50	92 %
	45/50	90 %
	46/50	92 %
	50/50	100 %
	50/50	100 %
	37/50	74 %
	50/50	100 %
	37/50	74 %
	41/50	82 %
	37/50	74 %
	35/50	70 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	50/50	100 %
	46/50	92 %
	46/50	92 %
	45/50	90 %
	45/50	90 %

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองการรู้จำของเครื่องหมายทางดนตรีชนิดต่าง ๆ

เครื่องหมายทางดนตรี	ผลการรู้จำ
	ระดับเสียงผิด
	ระดับเสียงผิด
	ระดับเสียงผิด

ตารางที่ 4.2 ความผิดพลาดที่เกิดจากการรู้จำเครื่องหมายทางดนตรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ปัญหาที่พบและวิธีการแก้ไข

ปัญหาที่พบจากการทดลองทำให้ทราบได้ถึง ต้นเหตุที่ทำให้ระบบรู้จำของโปรแกรมทำงานผิดพลาด ปัญหาที่พบมีดังนี้

1. ภาพพิมพ์ตัวโน้ตที่สแกนมานั้น มีลักษณะภาพที่ค่อนข้างเบี้ยว คือ บรรทัด 5 เส้น จะไม่อยู่ในแนวแกนนอนเดียวกัน อันเป็นผลทำให้ไม่สามารถหาตำแหน่งของบรรทัด 5 เส้นได้ เมื่อไม่สามารถหาบรรทัด 5 เส้นได้ จึงทำให้ไม่สามารถทำการรู้จำเครื่องหมายทางดนตรีได้ตามไปด้วย

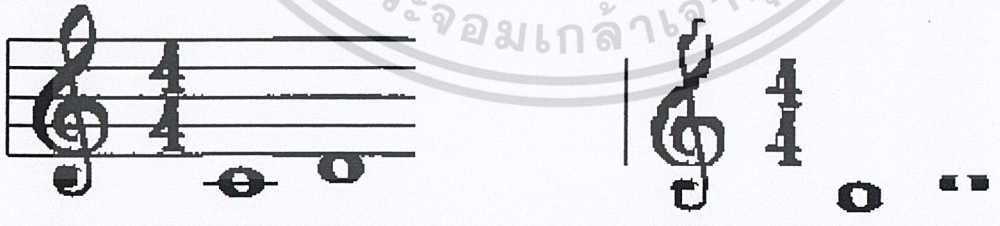
ภาพที่ 4.1 ลักษณะภาพที่มีบรรทัด 5 เส้น เบี้ยวจนเกินไป

วิธีการแก้ไข นำภาพไปผ่านกระบวนการ Pre-Processing ทำการปรับองศาของภาพ เพื่อทำให้แนวบรรทัด 5 เส้นอยู่ในระดับที่ตรงเสียก่อน

2. ในกรณีที่ช่วงของการลบบรรทัด 5 เส้นกว้างเกินไป ซึ่งหลังจากที่ทำการลบบรรทัด 5 เส้นไปแล้วภาพของเครื่องหมายทางดนตรีบางตัว จะได้รับการคืนค่าได้ไม่ครบถ้วน ทำให้ระบบรู้จำของโปรแกรมทำงานผิดพลาด เช่น ภาพที่ 4.2

ภาพที่ 4.2 (a) แสดงภาพก่อนจะทำการลบบรรทัด 5 เส้น

ภาพที่ 4.2 (b) จะเห็นได้ว่าช่วงในการลบบรรทัด 5 เส้นที่กว้างเกินไปนั้นจะทำให้ ไม่สามารถคืนค่าได้อย่างครบถ้วน



(a) ภาพก่อนจะทำการลบบรรทัด 5 เส้น *(b) ภาพของโน้ตตัวกลมที่ได้รับการคืนค่าได้ไม่ครบถ้วน*

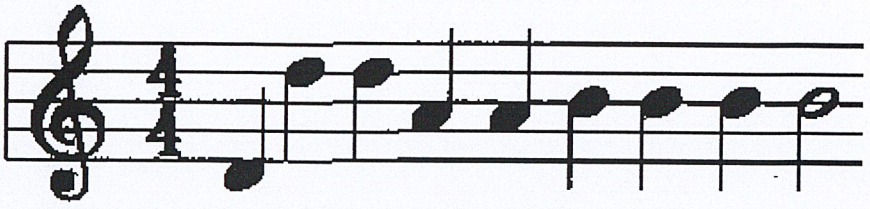
ภาพที่ 4.2 ภาพเปรียบเทียบก่อนและหลังการคืนค่าในกรณีที่คืนค่าได้ไม่ครบถ้วน

3. ในกรณีที่บรรทัด 5 เส้นมี noise จะทำให้การลบบรรทัด 5 เส้นทำได้ไม่สมบูรณ์ เป็นเหตุให้ระบบรู้จำทำงานผิดพลาด เนื่องจากไม่สามารถหาตำแหน่งของตัวโน้ตได้อย่างถูกต้อง ซึ่งจาก

ภาพที่ 4.3 (a) แสดงภาพบรรทัด 5 เส้นที่มี noise มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.3 (b) จะเห็นได้ว่าจะมี noise เหลือหลังจากการลบบรรทัด 5 เส้นแล้ว ซึ่งเป็นต้นเหตุให้ระบบรู้จำทำงานผิดพลาด



(a) ภาพบรรทัด 5 เส้นที่มี noise มาก

(b) ภาพหลังทำการลบบรรทัด 5 เส้นแล้ว

ภาพที่ 4.3 ภาพเปรียบเทียบก่อนและหลังการลบบรรทัด 5 เส้นที่มี noise

<u>วิธีการแก้ไข</u> นำภาพไปผ่านกระบวนการ Pre-Processing โดยพยายามลดให้ noise มีค่าน้อยที่สุด หรือ ไม่มี noise เหลือเลย

4.3 ความถูกต้องในการสร้างไฟล์ MIDI

ในการจะสร้างไฟล์ MIDI ให้มีความใกล้เคียงกับ เพลงต้นฉบับ นั้นจะขึ้นอยู่กับเงื่อนไขดังนี้

1. ข้อมูลที่ได้จากกระบวนการรู้จำจะต้องถูกต้อง เพราะถ้าข้อมูลทางดนตรีที่ได้รับมาไม่ตรงกับต้นฉบับ ไฟล์ MIDI ที่สร้างมาก็จะเล่นได้ไม่ตรงกับต้นฉบับไปด้วย

2. ถ้าต้องการให้ไฟล์ MIDI ที่ได้ สามารถเล่นได้ใกล้เคียงกับต้นฉบับ ควรจะมีการกำหนดค่าความเร็วจังหวะให้ (Tempo) ให้ตรงหรือมีค่าใกล้เคียงกับต้นฉบับให้มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุปและแนวทางในการพัฒนา

5.1 บทสรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองเราจะสามารถสรุปต้นเหตุของปัญหา ที่ทำให้กระบวนการรู้จำของโปรแกรมผิดพลาดได้ดังนี้

1. การหาบรรทัด 5 เส้นไม่เจอ เนื่องจากบรรทัด 5 เส้น ไม่อยู่ในแนวระดับเดียวกัน หรือ เบี้ยวไปมา ทำให้ไม่สามารถทำการรู้จำได้

2. ในกรณีที่ภาพของตัวของโน้ตมีขนาด พิกเซล ที่เล็ก ช่วงการลบบรรทัด 5 ที่มาก จะทำให้การคืนค่าของตัวโน้ตไม่สมบูรณ์ และทำให้การรู้จำทำงานผิดเพี้ยนไป

3. ถ้าภาพมี noise มาก ในบางครั้งหลังจากที่ลบ บรรทัด 5 เส้น ไปแล้ว จะยังคงเหลือ noise อยู่ มีผลทำให้การรู้จำได้ข้อมูลที่เพี้ยนไปจากความเป็นจริง

5.2 แนวทางในการพัฒนาต่อ

ในด้านกระบวนการรู้จำ ควรจะเพิ่มความสามารถในการตรวจสอบ เพื่อให้สามารถรู้จำตัวโน้ต ที่มีความซับซ้อน ได้มากชนิดขึ้น เช่น โน้ตตัวเขบ็ต 2 ชั้น รวมไปถึงชนิดของกุญแจ และเครื่องหมายกำหนดจังหวะ เครื่องหมายโยงเสียง เป็นต้น

ส่วนข้อมูลเสียงอาจจะพัฒนาให้ดีขึ้นโดยใช้ข้อมูลที่ได้จากกระบวนการรู้จำตัวเดิม แต่เปลี่ยนฟอร์แมตของเสียง จากเดิมฟอร์แมต MIDI ก็อาจจะเปลี่ยนเป็น ฟอร์แมต WAV หรือ MP3 เพื่อให้ได้คุณภาพของเสียงที่ดีกว่าเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.
ทฤษฎีดนตรีเบื้องต้น

ก.1 สัญลักษณ์ทางดนตรี

ก.1.1 ตัวโน้ต

เสียงดนตรีจะมีความยาวเท่าใด สามารถเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ตัวโน้ต ดังนี้

	โน้ตลักษณะนี้จะเรียกว่า “ตัวกลม” (Whole note)
	โน้ตลักษณะนี้จะเรียกว่า “ตัวขาว” (Half note)
	โน้ตลักษณะนี้จะเรียกว่า “ตัวดำ” (Quarter note)
	โน้ตลักษณะนี้จะเรียกว่า “ตัวเขบ็ตหนึ่งชั้น” (Eighth note)

ตารางที่ ก.1 ประเภทของตัวโน้ต

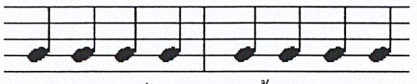
	จะมีความยาวเป็น 2 เท่าของ
	จะมีความยาวเป็น 4 เท่าของ
	จะมีความยาวเป็น 8 เท่าของ

ตารางที่ ก.2 ความยาวของแต่ละตัวโน้ตเมื่อเทียบกับโน้ตตัวกลม

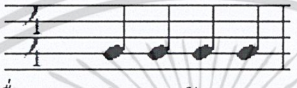
ค่าความยาวเสียงดนตรี ในที่นี้จะให้ตัวกลมยาวที่สุด และตัวอื่นๆ คือ ตัวขาว ตัวดำ และตัวเขบ็ตหนึ่งชั้นจะสั้นลงตามลำดับ และเป็นสัดส่วนต่อกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.1.2 เส้นกั้นห้อง (Bar line)

เพื่อความสะดวกในการอ่านโน้ตดนตรี จึงมีการกำหนดเส้นกั้นห้องขึ้นมา

ภาพที่ ก.1 เส้นกั้นห้อง

ก.1.3 เครื่องหมายกำหนดจังหวะ (Time Signature)

หมายถึงจำนวนจังหวะที่มีอยู่ในแต่ละห้อง

ภาพที่ ก.2 เครื่องหมายกำหนดจังหวะ (Time Signature)

- โดยที่ตัวเลขบน หมายถึง จำนวนจังหวะที่มีอยู่ในแต่ละห้อง
- ตัวเลขล่าง หมายถึง การใช้ลักษณะค่าตัวโน้ต

ก.1.4 ตัวหยุด (Rest)

หมายถึงการไม่ออกเสียง คือการเงียบเสียงดนตรีนั้น

	ตัวหยุดตัวกลม มีค่าหยุดเสียงเท่ากับโน้ตตัวกลม
	ตัวหยุดตัวขาว มีค่าหยุดเสียงเท่ากับโน้ตตัวขาว
	ตัวหยุดตัวดำ มีค่าหยุดเสียงเท่ากับโน้ตตัวดำ
	ตัวหยุดตัวเขบ็ตหนึ่งชั้น มีค่าหยุดเสียงเท่ากับโน้ตตัวเขบ็ตหนึ่งชั้น

ตารางที่ ก.3 ประเภทของตัวหยุด

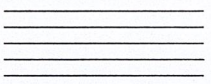
ก.2 ระดับเสียง และชื่อทางดนตรี (Pitches and Musical names)

เสียงดนตรีนอกจากจะมีความยาวนานแล้ว จะต้องมีระดับเสียง สูง – ต่ำ ด้วย โดยจัดเรียงจากเสียงต่ำไปหาสูง 7 เสียง ดังนี้ C D E F G A B เวลาเรียกชื่อที่มีระดับเสียงต่ำหรือสูงกว่าที่กำหนดไว้ ก็ให้เรียกชื่อซ้ำอีกทบหนึ่งไปเรื่อยๆ จะเรียกเสียงที่มีชื่อเรียกเหมือนกัน แต่ระดับเสียงต่างกัน ว่ามีระยะคู่แปด หรือ Octave

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.2.1 บรรทัด 5 เส้น (Staff Line)

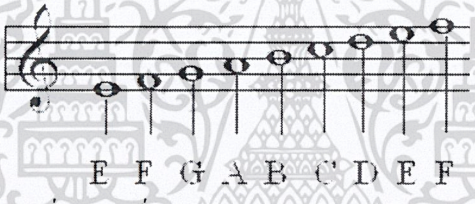
การกำหนดให้มีเสียงสูงต่ำกว่ากันตามชื่อเรียกอักษร เพื่อให้สามารถอ่านออกเสียง หรือปฏิบัติออกเสียงได้ ต้องมีบรรทัดห้าเส้น ไว้สำหรับให้ตัวโน้ตยึดเกาะ



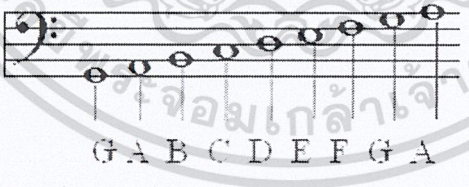
ภาพที่ ก.3 บรรทัด 5 เส้น (Staff Line)

ก.2.2 เครื่องหมายประจำหลัก

เราสามารถบอกชื่อตัวโน้ตต่างๆได้ ก็ต้องมีเครื่องหมายเฉพาะกำกับไว้ ก่อนหน้าตัวโน้ต เครื่องหมายประจำหลัก มี 2 ชนิดคือ

1. กุญแจซอล หรือ เครื่องหมายกุญแจประจำหลักซอล เพื่อบอกให้รู้ว่าโน้ตบนเส้นที่สองมีชื่อตัวโน้ตว่า G

ภาพที่ ก.4 เครื่องหมายกุญแจประจำหลักซอล

2. กุญแจฟาหรือ เครื่องหมายกุญแจประจำหลักฟา เพื่อบอกให้รู้ว่าโน้ตบนเส้นที่สี่มีชื่อตัวโน้ตว่า F

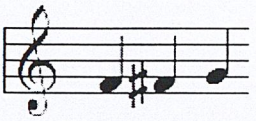


ภาพที่ ก.5 เครื่องหมายกุญแจประจำหลักฟา

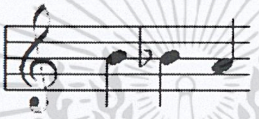
ก.2.3 เครื่องหมายแปลงเสียง (Accidentals)

เป็นเครื่องหมายทางดนตรีที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระดับเสียงไป ไม่ว่าจะทำให้สูงขึ้น ต่ำลง หรือกลับมาเท่าเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เครื่องหมายแปลงเสียงที่บังคับให้โน้ตตัวใดตัวหนึ่ง สูงขึ้นจากเสียงเดิมเป็นระยะครึ่งเสียง เรียกว่า Sharp เขียน ♯

ภาพที่ ก.6 เครื่องหมายแปลงเสียง Sharp

ในภาพ จะมีโน้ต F , F♯,G ซึ่ง F Sharp จะมีเสียงสูงกว่า F ครึ่งเสียง และมีเสียงต่ำกว่า G ครึ่งเสียง

2. เครื่องหมายแปลงเสียงที่บังคับให้โน้ตตัวใดตัวหนึ่ง ต่ำลงจากเสียงเดิมเป็นระยะครึ่งเสียง เรียกว่า Flat เขียน ♭

ภาพที่ ก.7 เครื่องหมายแปลงเสียง Flat

ในภาพ จะมีโน้ต B, B♭, A ซึ่ง B Flat จะมีเสียงสูงกว่า B ครึ่งเสียง และมีเสียงต่ำกว่า A ครึ่งเสียง

3. เครื่องหมายแปลงเสียงที่บังคับให้โน้ตตัวใดตัวหนึ่ง มีเสียงกลับสภาพเดิมของโน้ตตัวนั้น เรียกว่า Natural เขียน ♮

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

MIDI Note Numbers for Different Octaves

Octave #	Note Numbers											
	C	C#	D	D#	E	F	F#	G	G#	A	A#	B
-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
2	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
3	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
4	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
5	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83
6	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
7	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107
8	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119
9	120	121	122	123	124	125	126	127				

ตารางที่ ข.1 รหัสค่าเสียงตัวโน้ตเมื่อเทียบเป็นเลขฐานสิบที่ Octave ต่างๆ

มาตรฐานของ MIDI จะกำหนดให้ค่าเสียงตัวโน้ต 60 เป็น C มาตรฐาน (Middle C) ซึ่งรหัสค่าเสียงตัวโน้ตอื่นๆ จะได้มาจากการเทียบกับค่า C มาตรฐานนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] Mark Clay. "MIDI File Format." [Online]. Available :
http://ourworld.compuserve.com/homepages/mark_clay/midi.htm. 1996.

[2] Harmony Central ,Inc. All rights reserved. "MIDI Documentation." [Online]. Available :
http://www.harmony-central.com/MIDI/Doc/doc.html. 1995-97.

[3] Rafael C. Gonzalez and Paul Wintz.Digital image processing.2nd ed. Addison-Wesley. c1987

[4] "ASCII Table and description" [Online]. Available :
http://www.asciitable.com/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้