



# การถอดตัวโน้ตจากเสียงเพลง โดยใช้การวิเคราะห์ความถี่

Melody Extraction using Frequency Analysis

(Received: 3 April 2024; Revised: 6 August 2024; Accepted: 27 August 2024)

ณัฐวุฒิ กลิ่นรุ่งโรจน์<sup>[1]</sup>

Natthawut Klinrungroj

พูลพงษ์ บุญพราหมณ์<sup>[2]</sup>

Poonpong Boonbrahm

## บทคัดย่อ

ในปัจจุบันนี้การใช้เทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทในการพัฒนาทักษะส่งเสริมความก้าวหน้าทางด้านดนตรี ทำให้การพัฒนาทักษะทางดนตรีของมนุษย์มีความก้าวหน้ารวดเร็วมากยิ่งขึ้น เพราะเทคโนโลยีสามารถเชื่อมโยงความต้องการของมนุษย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพและทำให้เกิดกระบวนการในการพัฒนาความรู้ได้รวดเร็วยิ่งขึ้น ทั้งยังสามารถช่วยลดระยะเวลาในการผลิตผลงานทางดนตรีได้อีกด้วย งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษากระบวนการวิเคราะห์ความถี่ของเสียงที่จะเป็นส่วนหนึ่งในการแปลงเสียงโน้ตดนตรีจากเสียงที่เกิดขึ้น ซึ่งเป็นความถี่ที่มีค่ามาตรฐานคงที่ตามระดับเสียงสูงและต่ำที่ทำให้เกิดเป็นทำนองเพลง โดยกระบวนการในการวิเคราะห์นั้นผู้วิจัยได้ทำการบันทึกเสียงในสภาพแวดล้อมที่ปราศจากเสียงรบกวนเพื่อให้ได้คุณภาพของเสียงที่ต้องการ จากนั้นนำเสียงที่ได้ไปหาระดับของเสียงโดยใช้หลักการวิเคราะห์ความถี่ของเสียง ซึ่งสามารถนำไปเปรียบเทียบกับความถี่ของตัวโน้ตที่สามารถบอกได้ว่าตรงกับโน้ตดนตรีตัวใด โดยกระบวนการเหล่านี้สามารถ

<sup>[1]</sup> นักศึกษาระดับปริญญาโทหลักสูตรการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ, สำนักวิชาสารสนเทศศาสตร์, มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์  
Master's Degree Student, Management of Information Technology, School of Informatics, Walailak University

<sup>[2]</sup> รองศาสตราจารย์ประจำหลักสูตรการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ, สำนักวิชาสารสนเทศศาสตร์, มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์  
Associate Professor, Management of Information Technology, School of Informatics, Walailak University

ระยะเวลาในการบันทึกโน้ต อย่างไรก็ตามกระบวนการดังกล่าวยังต้องอาศัยความรู้พื้นฐานทางด้านดนตรี เพื่อช่วยในการวิเคราะห์หรือสังเกตความผิดพลาดของตัวโน้ตหรือจังหวะเพราะสิ่งเหล่านี้ซึ่งถือได้ว่าเป็นสิ่งสำคัญในการสร้างผลงานทางดนตรีด้วยเช่นกัน

**คำสำคัญ:** การถอดตัวโน้ต, การวิเคราะห์ความถี่, โน้ตดนตรี

## Abstract

Nowadays, the use of technology plays an important role in enhancing music skills that results in rapid progress in people's musical development. Technology can efficiently reduce unnecessary working time periods, while produce more efficient musical outputs. This research focuses on studying the pattern of the frequency, which can subsequently be transcribed into musical notes. The researchers studied the process of sound production, which generates standard frequencies high and low resulting in the creation of musical tones. This research was able to record sound without noise to obtain the desired sound quality. Then, we used the principle of frequency analysis to determine the sound level by comparing the frequency with the musical notes. However, this process still requires basic knowledge of music to help analyze or observe errors in musical notes or rhythms, as these are important aspects of creating musical works.

**Keywords:** Melody Extraction, Frequency Analysis, Musical Note

## บทนำ

อุตสาหกรรมดนตรีในยุคปัจจุบัน มีความเจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว จึงทำให้เกิดการแข่งขันอย่างมากในการผลิตผลงานทางดนตรี เทคโนโลยีจึงเข้ามามีบทบาทสำคัญ ที่จะช่วยขับเคลื่อนอุตสาหกรรมดนตรีให้เติบโตไปอย่างรวดเร็วมากยิ่งขึ้น ถึงแม้ว่าเอกลักษณ์ของการผลิตผลงานทางดนตรีในอดีตจะมีอิทธิพลมาอย่างยาวนานจนกระทั่งถึงปัจจุบันนี้ แต่การใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการประพันธ์ดนตรีและบทเพลงรวมไปถึงการบันทึก ไม่ได้ทำให้เอกลักษณ์ของดนตรีลดน้อยลงไปแต่อย่างใด แต่ในทางตรงกันข้ามกลับทำให้เอกลักษณ์นั้นมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น (Clements, 2018) ดังนั้น วิวัฒนาการในการผลิตผลงานด้านดนตรีจึงต้องอาศัยความก้าวหน้าในด้านเทคโนโลยีควบคู่ไปด้วยกัน จึงจะสามารถช่วยขับเคลื่อนอุตสาหกรรมดนตรีได้อย่างรวดเร็ว และทำให้การเรียนรู้และการฝึกทักษะทางดนตรีก้าวหน้ารวดเร็วยิ่งขึ้น ส่งผลให้ลดปัญหาและลดการใช้เวลาในการผลิตไปได้อย่างมากเป็นเท่าตัว อุตสาหกรรมดนตรีมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมากในช่วงศตวรรษที่ผ่านมาและการเปลี่ยนแปลงส่วนใหญ่ขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยี (Treß, 2024; Partti, 2012)

สาเหตุที่ส่งผลให้การเรียนรู้ด้านดนตรีและการประพันธ์บทเพลงในยุคปัจจุบันนั้น ไม่สามารถตอบสนองความต้องการได้ทันที เนื่องจากขั้นตอนในการผลิตผลงานนั้นมีมากมายหลายขั้นตอน ได้แก่การประพันธ์เนื้อร้อง ทำนอง การเรียบเรียงเสียงประสาน การเขียนตัวโน้ตและการบันทึกเสียง และหากสามารถลดบางขั้นตอนลงไป เช่นการเขียนตัวโน้ตโดยอาศัยเทคโนโลยี

เข้ามาช่วยเหลือก็จะสามารถลดเวลาในการผลิตผลงานเพลงไปได้ (Yang, 2024; Möllenkamp, 2019) แต่ทั้งนี้ จำเป็นต้องมีความถูกต้องของสัญลักษณ์ทางด้านดนตรีดังที่กล่าวมาข้างต้น และนักประพันธ์จำเป็นต้องมีความรู้ในทางทฤษฎีดนตรีที่จะสามารถวิเคราะห์ได้ว่าสิ่งที่ถ่ายทอดออกมาจากกระบวนการจำแนกตัวโน้ตนั้นนักดนตรีสามารถนำไปใช้งานได้ และหากตัวโน้ตและสัญลักษณ์ทางดนตรีนั้นเกิดความผิดพลาดมาจากกระบวนการจำแนกตัวโน้ตของเสียงที่ได้วิเคราะห์มา ก็จะสามารถลดความผิดพลาดนั้นได้ (Benetos et al., 2013) ดังนั้น กระบวนการจำแนกตัวโน้ตนี้มีความเหมาะสมสำหรับนักประพันธ์ที่มีพื้นฐานทางด้านดนตรีและสามารถวิเคราะห์ได้ว่าผลงานที่ผลิตขึ้นมานั้นมีความถูกต้องหรือผิดพลาดไปซึ่งวิธีการแยกตัวโน้ตดนตรีออกจากเพลงที่เล่นโดยเครื่องดนตรีมีหลายวิธี แต่วิธีเฉพาะที่ใช้จะขึ้นอยู่กับเครื่องดนตรี ความซับซ้อนของดนตรีและวัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ตัวอย่างเช่น

- การถอดโน้ต เป็นการใช่วิธีการฟังเพลงและจดโน้ตที่กำลังเล่นด้วยตนเองโดยเปรียบเทียบเสียงจากดนตรี กระบวนการนี้เป็นกระบวนการที่ใช้เวลานานแต่ก็สามารถทำได้โดยแม่นยำหากทำอย่างระมัดระวัง ทั้งนี้ผู้ถอดโน้ตดนตรีต้องมีความเชี่ยวชาญในด้านดนตรี (Cogliati & Duan, 2017)

- การวิเคราะห์ฟูริเยร์ (Fourier analysis) เป็นวิธีการแยกคลื่นเสียงออกเป็นความถี่ส่วนประกอบโดยใช้เทคนิคทางคณิตศาสตร์ที่เรียกว่า Fourier analysis วิธีนี้มีประโยชน์ในการ

ระบุความถี่พื้นฐานของโน้ตดนตรี แต่อาจจะไม่สามารถใช้ได้กับเพลงที่มีความซับซ้อน (Müller et al., 2021)

- การวิเคราะห์ MIDI วิธีนี้มีความเกี่ยวข้องกับการแปลงสัญญาณเสียงเป็นไฟล์ MIDI (Musical Instrument Digital Interface) ซึ่งแสดงถึงโน้ตและข้อมูลดนตรีอื่น ๆ ในรูปแบบดิจิทัลที่สามารถวิเคราะห์ได้ง่ายด้วยซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ (Milošević et al., 2022)

- การวิเคราะห์สเปกโตรแกรม (Spectrogram Analysis) วิธีนี้เกี่ยวข้องกับการสร้างการแสดงผลภาพของคลื่นเสียงในช่วงเวลาหนึ่ง โดยมีความถี่ในแกนหนึ่งและเวลาในอีกแกนหนึ่ง วิธีนี้มีประโยชน์ในการระบุโน้ตเฉพาะและวิเคราะห์โครงสร้างโดยรวมของเพลง (Besada & Cánovas, 2020)

โดยภาพรวมแล้ว มีเทคนิคต่าง ๆ มากมายที่สามารถใช้เพื่อแยกโน้ตดนตรีออกจากเพลงที่เล่นโดยเครื่องดนตรีและวิธีการที่เหมาะสมที่สุดจะขึ้นอยู่กับสถานการณ์เฉพาะของการวิเคราะห์ สำหรับการวิจัยนี้จะใช้การวิเคราะห์สเปกโตรแกรม (Spectrogram Analysis) ซึ่งมีความเหมาะสมกับกรณีศึกษานี้เนื่องจากเป็นกระบวนการที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัยคือการวิเคราะห์ความถี่ของคลื่นเสียงดนตรีเพื่อนำมาระบุเป็นตัวโน้ต

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษากระบวนการการจำแนกตัวโน้ตที่ต้องการตามทฤษฎีดนตรี สัญลักษณ์และเครื่องหมายทางดนตรี ด้วยการวิเคราะห์ความถี่ของเสียงดนตรีหลังจากการบันทึกเสียง
2. เพื่อทดลองและพัฒนากระบวนการที่สามารถช่วยให้นักประพันธ์เพลงหรือผู้สนใจในการประพันธ์เพลงใช้เพื่อการจำแนกตัวโน้ตจากเสียงดนตรี
3. เพื่อทดสอบสมรรถภาพของวิธีการถอดตัวโน้ตจากเสียงเพลงโดยใช้การวิเคราะห์ความถี่

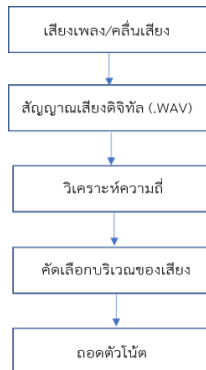
## วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้นำกระบวนการการวิเคราะห์ความถี่เพื่อหาตัวโน้ตจากเสียงดนตรี โดยมีกลุ่มตัวอย่างเป็นนักดนตรีจำนวน 5 คน ซึ่งจำนวนนักดนตรีในกลุ่มตัวอย่างนี้มีความรู้ทางทฤษฎีดนตรีเบื้องต้นสามารถอ่านและเขียนตัวโน้ตดนตรีได้และมีความเข้าใจในกระบวนการการวิเคราะห์จากการมอบแนวทางจากผู้วิจัยโดยใช้บทเพลงที่ผู้วิจัยได้ทำการทดลองทั้งหมด 4 บทเพลงได้แก่ Itsy bitsy spider, Happy Birthday, Twinkle Twinkle Little Star และเพลง Old MacDonald Had A Farm

### 1. กรอบแนวคิด

จากการศึกษางานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการระบุตัวโน้ตจากเสียงดนตรีแล้วนั้น ผู้วิจัยได้ใช้วิธีการวิเคราะห์สเปกตรัม (Spectrogram Analysis) โดยมุ่งเน้นการใช้เสียงเปียโนและเสียงออร์แกนเป็นเครื่องดนตรีในการทดลองเนื่องจากเสียง

เปียโนมีธรรมชาติของเสียงที่สั้นและอแกนมีธรรมชาติของเสียงที่ยาว ซึ่งความแตกต่างของเสียง 2 ชนิดนี้สามารถเปรียบเทียบการหาตัวโน้ตได้ชัดเจนและยังเป็นเครื่องดนตรีสากลที่สามารถทำความเข้าใจระดับของตัวโน้ตได้ง่าย โดยในกระบวนการนี้มีประเด็นในการวิเคราะห์ดังที่แสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กระบวนการในการถอดตัวโน้ตจากเสียง

## 2. เครื่องมือในการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ใช้บทเพลงทั้งหมด 4 บทเพลงเพื่อทำการทดลอง ซึ่งเป็นบทเพลงที่มีลักษณะของตัวโน้ตที่แตกต่างกัน เพื่อให้ครอบคลุมความหลากหลายของตัวโน้ตให้มากที่สุด ได้แก่ Itsy bitsy spider, Happy Birthday, Twinkle Twinkle Little Star และเพลง Old MacDonald Had A Farm

เพลง Itsy bitsy spider เป็นเพลงที่ตัวโน้ตเปลี่ยนระดับน้อยและตัวโน้ตอยู่ใน อ็อกเทฟ (Octave) เดียวกัน จึงเหมาะ

สำหรับการเริ่มต้นหาระดับเสียงเนื่องจากรูปแบบตัวโน้ตไม่มีความซับซ้อนดังที่แสดงในภาพที่ 2

#### Itsy Bitsy Spider



#### ภาพที่ 2 โน้ตเพลง Itsy bitsy spider

เพลง Happy Birthday เป็นเพลงที่ตัวโน้ตมีการเปลี่ยนระดับไปมาแบบไม่คงที่ และมีการกระโดดช่วงเสียงคู่แปด (Octave) ที่โน้ตตัวเร (D) ดังที่แสดงในภาพที่ 3

#### Happy Birthday



#### ภาพที่ 3 โน้ตเพลง Happy Birthday

เพลง Twinkle Twinkle Little Star เป็นเพลงที่มีการซ้ำตัวโน้ต ในเพลงนี้จึงเหมาะสำหรับการวิเคราะห์ความถี่ของตัวโน้ต แต่ละตัวที่ซ้ำกันดังในภาพที่ 4

#### Twinkle Twinkle Little Star



#### ภาพที่ 4 โน้ตเพลง Twinkle Twinkle Little Star

เพลง Old MacDonald Had A Farm เป็นเพลงที่มีทำนองคล้ายคลึงกันในแต่ละห้องและมีบางช่วงของเพลงจะมีตัวโน้ตที่แตกต่างออกไปดังที่แสดงในภาพที่ 5

Old Macdonald Had A Farm



ภาพที่ 5 โน้ตเพลง Old MacDonald Had A Farm

### 3. ขั้นตอนการทดลอง

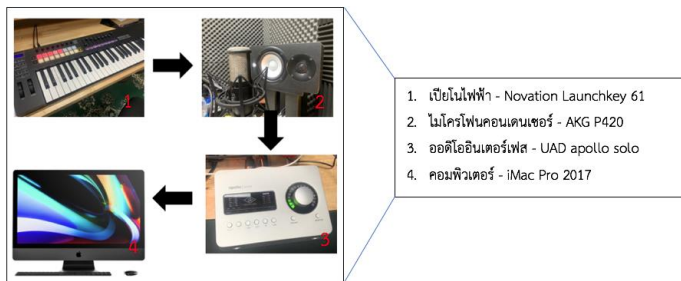
3.1 ในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดลอง 2 ส่วน โดยผู้วิจัยได้ทำการบันทึกเสียงด้วยเครื่องดนตรี 2 ชนิดคือเสียงเปียโนและเสียงออร์แกนในสภาพแวดล้อมที่ไม่มีเสียงรบกวน เพื่อให้ได้เสียงของตัวโน้ตที่เที่ยงตรงมากที่สุด

3.2 ทำการบันทึกเสียงโดยใช้โปรแกรม Adobe Audition ด้วยการใช้อัตราการสุ่มตัวอย่าง (Sampling Rate) ที่ 48 kHz และมีความละเอียดอยู่ที่ 64-bit โดยใช้สัญญาณในรูปแบบสองช่องสัญญาณ (Stereo)

3.3 ใช้โปรแกรม Sonic Visualiser เพื่อทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบระดับของเสียง โดยใช้ปลั๊กอิน NNLS Chroma เพื่อหาความเข้มของเสียงที่บันทึกได้ โดยโปรแกรมจะแสดงผลด้วยแถบสีซึ่งแสดงระดับของตัวโน้ตแบบคร่าว ๆ

#### 4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการบันทึกเสียงเปียโนโดยใช้ไมโครโฟนคอนเดนเซอร์ (Condenser Microphone) เพื่อส่งข้อมูลผ่านทางอডিโออินเตอร์เฟซ (Audio Interface) เพื่อแปลงสัญญาณเสียงเป็นสัญญาณแบบดิจิทัล และใช้โปรแกรม Adobe Audition ด้วยการใช้อัตราการสุ่มตัวอย่าง (Sampling Rate) ที่ 48 kHz และมีความละเอียดอยู่ที่ 64-bit โดยใช้สัญญาณในรูปแบบสองช่องสัญญาณ (Stereo) สัญญาณเสียงจะถูกส่งไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อทำการวิเคราะห์ ดังที่แสดงในภาพที่ 6



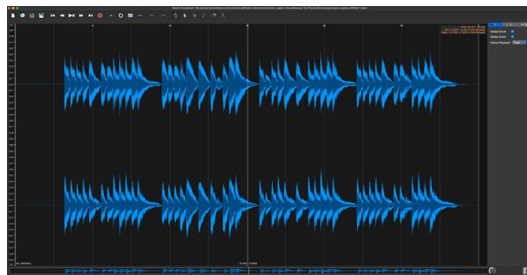
ภาพที่ 6 การแปลงสัญญาณเสียงให้เป็นรูปแบบดิจิทัล

รูปแบบสัญญาณคลื่นเสียงที่ได้จากเพลงแมงมุมลายโดย ใช้โปรแกรม Adobe Audition ด้วยการเล่นจากเปียโนดังที่แสดง ในภาพที่ 7



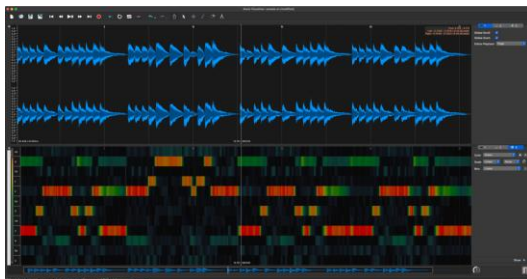
ภาพที่ 7 คลื่นเสียงจากโปรแกรม Adobe Audition

นำคลื่นเสียงที่ได้มาบันทึกให้อยู่ในรูปแบบดิจิทัลชนิด  
รูปแบบ .WAV เพื่อใช้โปรแกรม Sonic Visualizer ทำการวิเคราะห์  
ดังที่แสดงในภาพที่ 8



ภาพ 8 คลื่นเสียงจากโปรแกรม Sonic Visualizer

หลังจากนั้นทำการใช้ปลั๊กอิน NNLS Chroma : Chromagram  
เพื่อหาความเข้มของเสียงที่บันทึกได้ โดยโปรแกรมจะแสดงผลด้วย  
แถบสีซึ่งแสดงระดับของตัวโน้ตแบบคร่าว ๆ ดังที่แสดงในภาพที่ 9

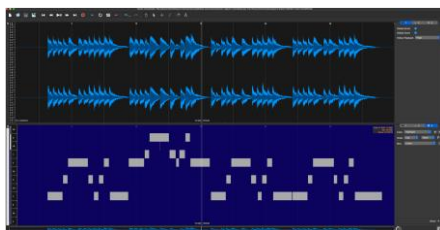


ภาพที่ 9 คลื่นเสียงที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยปลั๊กอิน NNLS Chroma:

Chromagram

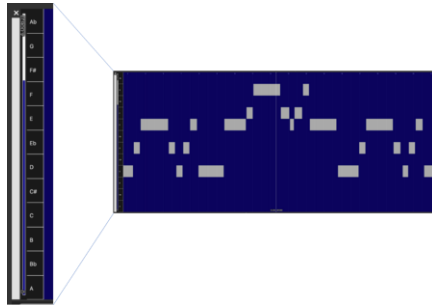
ทำการเปลี่ยนสีการแสดงผลในปลั๊กอิน NNLS Chroma:

Chromagram ให้อยู่ในรูปแบบไฮไลต์ (Highlight) ตัดสีที่ไม่ต้องการออก เพื่อให้สามารถมองเห็นระดับตัวโน้ตได้อย่างชัดเจนดังที่แสดงในภาพที่ 10



ภาพที่ 10 แสดงผลจากการปรับสีของคลื่นเสียงเป็นไฮไลต์

ในหน้าต่างปลั๊กอินของโปรแกรมจะสามารถมองเห็นระดับของตัวโน้ตเพื่อนำมาเปรียบเทียบและเขียนเป็นตัวโน้ตได้ต่อไปดังที่แสดงในภาพที่ 11



ภาพที่ 11 ผลจากการใช้ปลั๊กอิน NNLS Chroma: Chromagram  
หาระดับตัวโน้ต

จากผลลัพธ์ข้างต้นจะสามารถนำตัวโน้ตมาเขียนบน  
บรรทัด 5 เส้น (Lines) ดังตัวอย่างจากบทเพลงแมงมุมลายดังที่  
แสดงในภาพที่ 12



ภาพที่ 12 ภาพแสดงผลของเพลง Itsy bitsy spider  
ที่ได้จากการวิเคราะห์ความถี่

## ผลการวิจัย

จากการนำกระบวนการการวิเคราะห์ความถี่เพื่อหาตัว  
โน้ตจากเสียงดนตรีโดยมีกลุ่มตัวอย่างเป็นนักดนตรีจำนวน 5 คน  
ซึ่งจำนวนนักดนตรีกลุ่มตัวอย่างนี้มีความรู้ทางทฤษฎีดนตรี  
เบื้องต้นสามารถอ่านและเขียนตัวโน้ตดนตรีได้และมีความเข้าใจใน  
กระบวนการการวิเคราะห์จากการมอบแนวทางจากผู้วิจัยโดยใช้

บทเพลงที่ผู้วิจัยได้ทำการทดลองทั้งหมด 4 บทเพลง สามารถวิเคราะห์ผลการทดลองเป็นจำนวนร้อยละได้ดังตารางที่ 1

| นักดนตรี | Itsy<br>bitsy<br>spider | Happy<br>Birthday | Twinkle<br>Twinkle<br>Little Star | Old<br>MacDonald<br>Had A Farm |
|----------|-------------------------|-------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| #1       | 100 %                   | 81.4 %            | 98 %                              | 89 %                           |
| #2       | 100 %                   | 77.7 %            | 100 %                             | 90.6 %                         |
| #3       | 100 %                   | 74 %              | 100 %                             | 90.6 %                         |
| #4       | 100 %                   | 77.7 %            | 98 %                              | 90.6 %                         |
| #5       | 100 %                   | 81.4 %            | 100 %                             | 89 %                           |

ตารางที่ 1: ความถูกต้องของผลการทดลองจากกลุ่มตัวอย่าง

จากข้อมูลในตารางพบว่าเพลง Itsy bitsy spider ซึ่งเป็นเพลงที่ตัวโน้ตเปลี่ยนระดับน้อยและอยู่ในอ็อกเทฟเดียวกันทั้งเพลง การวิเคราะห์จากกลุ่มตัวอย่างจึงสามารถทำได้ถูกต้องทั้งหมด แต่ในบทเพลง Happy Birthday จะมีการเปลี่ยนระดับเสียงไปยังอ็อกเทฟที่สูงขึ้นจึงทำให้มีการเอื้อนของเสียงบางตัวโน้ต จึงทำให้มีการคลาดเคลื่อนของตัวโน้ตตัวแรกของห้องซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้การวิเคราะห์เสียงเป็นตัวโน้ตผิดพลาดไปบางจุด แต่ในเพลง Twinkle Twinkle Little Star ซึ่งเป็นเพลงที่มีการซ้ำของตัวโน้ตไปมาและตัวโน้ตจึงมีการเปลี่ยนแปลงน้อยซึ่งเป็นเหตุให้ความผิดพลาดลดน้อยลงและในเพลง Old MacDonald Had A Farm ซึ่งเป็นเพลงที่ทำนองคล้ายคลึงกันในแต่ละห้อง แต่จะมีบางท่อน

ที่มีเสียงแตกต่างออกไปจึงสามารถวิเคราะห์เสียงได้แม่นยำน้อยลงมา ส่งผลให้เกิดค่าความผิดพลาดในช่วงของความต่างนั้น

### การอภิปรายผล

ดังที่แสดงในตารางที่ 1 ซึ่งผลการทดลองของเพลงแมงมุมลายมีความถูกต้อง 100% ในขณะที่เพลงอื่น ๆ ที่มีความซับซ้อนของตัวโน้ตมากกว่ามักจะมีค่าความผิดพลาดที่สูงขึ้น เช่น เพลง Happy Birthday ที่มีตัวโน้ตอยู่คนละอ็อกเทฟ (Octave) และเพลง Old MacDonald Had A Farm ซึ่งมีตัวโน้ตคล้าย ๆ กันแต่ก็มีความผิดพลาดแต่น้อยกว่าเพลง Happy Birthday ดังนั้นการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าเทคนิคการวิเคราะห์นั้นสามารถนำตัวโน้ตมาใช้กับเครื่องดนตรีได้แม้ตัวโน้ตจะมีผิดพลาดไปบางส่วนซึ่งเป็นส่วนน้อย แต่จังหวะของเพลงยังคงดำเนินต่อไปได้อย่างถูกต้อง

### สรุปผลการทดลอง

ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าเทคนิคในการถอดตัวโน้ตจากเสียงเพลงโดยใช้การวิเคราะห์ความถี่นี้จะมีประสิทธิภาพกับบทเพลงที่มีความซับซ้อนน้อย แต่ทั้งนี้ต้องพิจารณารายละเอียดของบทเพลงแต่ละเพลงด้วยประสบการณ์ทางดนตรีของนักดนตรีด้วยกัน ในการทดลองดังกล่าวนี้นักดนตรีจากกลุ่มตัวอย่างจะมีความรู้ทางทฤษฎีดนตรีเบื้องต้นที่สามารถอ่านและเขียนตัวโน้ตดนตรีได้และมีความเข้าใจในกระบวนการการวิเคราะห์จากการมอบแนวทางจากผู้วิจัยจึงสามารถใช้การวิเคราะห์ความถี่เพื่อหาตัวโน้ตได้อย่างถูกต้อง

## ข้อเสนอแนะ

1. กระบวนการในการทดลองจะต้องอาศัยความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับทฤษฎีดนตรีเพื่อทำการวิเคราะห์ความถี่ของตัวโน้ต ดังนั้น ผู้ใช้วิธีดังกล่าวจะต้องมีความรู้เบื้องต้นทางดนตรีเพราะจะสามารถแก้ไขความผิดพลาดได้ทันทีที่เกิดขึ้น
2. ในระหว่างทำการบันทึกเสียงควรใช้สถานที่ที่มีสภาพแวดล้อมที่สงบเงียบปราศจากเสียงรบกวนเพื่อจะได้รับคุณภาพของเสียงที่ดีที่สุด
3. ในงานวิจัยนี้มีการใช้เพลงที่ไม่ซับซ้อนมากนักในการทดลอง หากใช้เพลงที่มีความซับซ้อนมากขึ้นควรใช้ความระมัดระวังในการวิเคราะห์ความถี่และการหาตัวโน้ต

## เอกสารอ้างอิง

- Benetos, E., Dixon, S., Giannoulis, D., Kirchhoff, H., & Klapuri, A. (2013). Automatic music transcription: challenges and future directions. *Journal of Intelligent Information Systems*, 41, 407-434.
- Besada, J. L., & Cánovas, C. P. (2020). *Timelines in spectral composition: a cognitive approach to musical creativity*. *Organised Sound*, 25(2), 142-155.
- Clements, Ann. (2018). *A Postdigital Future for Music Education: Definitions, Implications, and*

*Questions. Action, Criticism, and Theory for Music Education.* 17. 48-80.

Cogliati, A., & Duan, Z. (2017). *A Metric for Music Notation Transcription Accuracy*. In ISMIR.

Lerch, A. (2018). *The relation between music technology and music industry*. Springer *Handbook of Systematic Musicology*. Springer International Publishing.

Milošević, I. B., Bogavac, Ž. M., Regodić, D., & Milošević, B. (2022). Visualization of Music-MIDI Content. In *2022 57<sup>th</sup> International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies (ICEST)* . IEEE.

Möllenkamp, A. (2019). *The Digitalization of Musical Instruments and Musical Practice*. In: Meyer, U., Schaupp, S., Seibt, D. (eds) *Digitalization in Industry*. Palgrave Macmillan, Cham.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-030-28258-5\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-030-28258-5_11).

Müller, M., McFee, B., & Kinnaird, K. (2021). Interactive learning of signal processing through music: making fourier analysis concrete for students. *IEEE Signal Processing Magazine*, 38(3). IEEE.

Partti H. (2012). *Learning from cosmopolitan digital musicians: Identity, musicianship, and changing*

*values in (in)formal music communities.*

Sibelius Academy.

Treß, J. (2024). Maker music education: Towards a post-digital, participatory and empowering music education. *International Journal of Music Education*, 0(0).

<https://doi.org/10.1177/02557614241259755>.

Yang, Y. (2024). *Analysis Of Different Types of Digital Audio Workstations*. Highlights in Science, Engineering and Technology, 85, 563-569.