

## ซอฟต์แวร์จำแนกเพศนกสวยงามด้วยการรู้จำเสียง ปริญญา กิตติสุทธิ์<sup>1\*</sup>, สุชาดา สิทธิจงสถาพร<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup>สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร

<sup>2</sup>สถาบันนวัตกรรมมหานคร สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

Email: parinya.ki@rmuti.ac.th<sup>1\*</sup>, ssuchada@mut.ac.th<sup>2</sup>

Received: May, 23 2019

Revised: June, 12 2019

Accepted: June, 18 2019

### บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการงานวิจัยเรื่อง ออกแบบและพัฒนา ซอฟต์แวร์จำแนกเพศด้วยเสียง สำหรับนกสวยงาม ซึ่งมีลักษณะภายนอกเหมือนกันทั้งในเพศผู้และเพศเมีย (sexually monomorphic) มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาการส่งเสียงของนกและพัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อหาค่าสเปกตรัมของเสียงที่นกส่งออกมา และไปประมวลเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลนกที่ได้ทำการตรวจสอบไว้แล้ว โดยทำการเก็บผลของนกชั้นคอนัวร์ จำนวน 5 ตัว ซึ่งจากผลที่วัดได้นกที่เป็นเพศผู้จะมีความสเปกตรัมอยู่ที่ 696 Hz และเพศเมียจะมีความสเปกตรัมอยู่ที่ 869 Hz และระบบจะมีความผิดพลาดที่ 6.75%

**คำสำคัญ :** จำแนกเพศนกด้วยเสียง, อนุกรมเส้นเสียง, ซอฟต์แวร์จำแนกเสียง

## **Software for sex determination in beautiful bird by sound recognition**

**Parinya Kittisit<sup>1\*</sup>, Suchada Sitjongsataporn<sup>2</sup>**

<sup>1\*</sup>Electrical of Engineering, Faculty of Industry and Technology,

Rajamangala University of Technology Isan, Sakon Nakhon Campus

<sup>2</sup>Mahanakorn Institute of Innovation Department of Electronic Engineering Faculty of Engineering

Mahanakorn University of Technology

Email: parinya.ki@rmuti.ac.th<sup>1\*</sup>, ssuchada@mut.ac.th<sup>2</sup>

Received: May, 23 2019

Revised: June, 12 2019

Accepted: June, 18 2019

### **Abstract**

This paper introduces the design and development of software for sex determination in beautiful bird by sound recognition. Beautiful bird has the same characteristics both in male and female that is called “sexually monomorphic”. To study the sound of birds and develop software to determine the spectrum of the sound that birds send out. And to compare with the database of bird that has already been verified. By collecting the results of the 5 sunconure birds, which the result of the males that have a spectrum of 696 Hz and females have a spectrum of 869 Hz with error 6.75 %.

**Keywords :** Sex, Bird, Voice, Sound Spectrum, Subtitled Audio

## บทนำ

ในปัจจุบันความนิยมของคนไทยในการเลี้ยงนก มีสูงขึ้นแทบทุกวัน นับตั้งแต่เดิมที่เคยเลี้ยงนกป่า ที่หามาจากธรรมชาติ เช่น นกขุนทอง เพื่อใช้เป็น สัตว์เลี้ยงประเภทฟังเสียงเสียเป็นส่วนใหญ่ (ธนกร ฤทธิ์ไธสง, 2546) ต่อมาก็ผันแปรเป็นนก ประเภทสวยงาม ซึ่งมีความหลากหลายด้วยสีสัน รูปพรรณต่าง ๆ จนเสาะแสวงหาเอานกต่างประเทศ เข้ามาด้วยความแปลกและตามสมัยนิยม โดยมี ปัญหาสำหรับลูกนกจะพบว่า การแยกเพศเป็นสิ่ง ที่ยากมากเช่นกัน การที่ไม่สามารถแยกได้ว่านก เป็นเพศผู้หรือเพศเมียนั้น (sexually monomorphic) เนื่องจากความเหมือนสรีระทางด้านร่างกาย ทั้งขนาด สีขน หรืออาจรวมไปถึงการแสดงออก ของพฤติกรรมทำให้ไม่สามารถแยกได้ว่าเป็น เพศใด การพิสูจน์เพศนกจึงมีความสำคัญมาก (Bermúdez Humarán, 2002, p. 677-80) สำหรับ การศึกษาถึงพฤติกรรมของสัตว์ปีก ศึกษาถึง ระบบนิเวศวิทยา วิวัฒนาการทางชีววิทยาและ ทางพันธุศาสตร์ รวมไปถึงการอนุรักษ์นกที่ใกล้จะ สูญพันธุ์ อีกทั้งยังช่วยในการพัฒนาสายพันธุ์ของ นกให้ดีขึ้นด้วย ซึ่งในปัจจุบันการระบุเพศนกเป็น ปัญหาหนึ่งสำหรับผู้ที่นิยมเลี้ยงนกสวยงามใน ประเทศไทยด้วยเช่นกัน โดยเทคนิคการดูเพศนก ได้แก่ การสังเกตทางกายวิภาค (Anatomical) การจับตะเกียบ (The Pelvic Bone Test) การสังเกต พฤติกรรม (Behavior Signs) การตรวจสอบโครโมโซม (Chromosomal Testing, Chromosomal Karyotyping) การตรวจสอบฮอร์โมน (Steroid Study) การตรวจ ด้วยเทคนิคทางโมเลกุล (Cerit H, 2007, p. 91-99) ซึ่งเกิดจากการได้ค้นพบยีนส์ chromo-helicase-DNA binding (CHD) บนโครโมโซม W (Griffiths R, 1995, p. 454) และโครโมโซม Z (Griffiths R, 1997, p.225-229)

โดยการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมีความสนใจ ในการจำแนกเพศโดยใช้เทคนิคการใช้การรู้จำเสียง

(sound recognition) (Jitsup U, 2007, p.29-32), (S. Chougule, 2006, p.364-368), (N. Jittiwarangkul, 1998, p.169-172) ซึ่งจะทำให้การเก็บเสียงของนกชั้น คอนัวร์และแต่ละประเภทที่รู้ว่าเป็นเพศผู้ หรือ เพศเมีย เพื่อนำมาเก็บสถิติค่าความเข้มเสียง เพื่อเป็นฐานข้อมูลในการเปรียบเทียบเพศของนก ซึ่งการจำแนกเพศของนกโดยวิธีรู้จำเสียงจะมีข้อดี คือไม่ทำร้ายหรือรบกวนนกแต่อย่างใด และผล การทดสอบยังสามารถประยุกต์กับนกสายพันธุ์ อื่น ๆ ได้ต่อไป

## ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 นกสวยงาม

นก (bird) จัดเป็นสัตว์มีกระดูกสันหลังชนิดหนึ่ง หรือเรียกว่า สัตว์ปีก ซึ่งอยู่ในชั้น Aves (คำว่า Aves เป็นภาษาละติน หมายถึง นก) โดยมีลักษณะ ทั่วไป คือ เป็นสัตว์ทวิบาท เลือดอุ่น ออกลูกเป็นไข่ ทรายาคู่หน้าเปลี่ยนแปลงไปเป็นปีก มีขนนก และมีกระดูกที่กลวงเบา นักวิทยาศาสตร์เชื่อว่านกเกิด มีขึ้นบนโลกนานกว่า 150 ล้านปีมาแล้ว

### 2.2 จำแนกเพศของนกทางกายภาพภายนอก

นกสามารถจำแนกได้เป็น 2 กลุ่ม โดยดูจาก ลักษณะภายนอก ได้แก่

1) ลักษณะทางกายภาพทางเพศที่ไม่มี การเปลี่ยนแปลงตลอดอายุขัย เรียกว่า Monomorphic (ชนาธิป กรรมการ, 2009)

2) นกที่ความแตกต่างทางเพศที่โดดเด่น โดยแสดงออกทางกายภาพ เรียกว่า Dimorphic เช่น นกแก้วสายพันธุ์ Eclectus (Eclectus sp.) เป็นนกที่มีลักษณะที่โดดเด่นในการแยกเพศ โดย ดูจากลักษณะทางกายภาพ



รูปที่ 1 นกแก้วซันคอนัวร์

ที่มา : <https://www.technologychaoban.com/>

### 2.3 วิธีการจำแนกเพศสัตว์ปีก (चनाทิป กรรมกร, 2552)

1) สังเกตทางกายวิภาค (Anatomical) เป็นการแบ่งเพศที่ง่ายที่สุด โดยการสังเกตด้วยตาเปล่าถึงสิ่งที่แตกต่างกันในตัวนกเพศผู้และเพศเมีย โดยส่วนมากแล้วสิ่งที่จะสังเกตเห็นได้ง่าย คือ ขนาดหัว เช่น นกหงส์หยก

2) การจับตะเกียบ (The Pelvic Bone Test) วิธีการนี้เป็นวิธีที่สามารถเช็คเพศได้อย่างค่อนข้างแน่นอนในนกบางประเภท โดยมากแล้วจะใช้กับนกลีเก้ เช่น เลิฟเบิร์ด (Love bird)

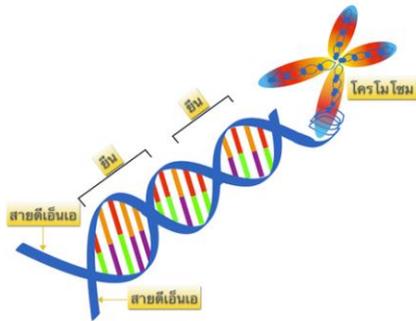
3) การสังเกตพฤติกรรม (Behavior Signs) วิธีการนี้จัดได้ว่าเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพน้อยที่สุด เพราะพฤติกรรมนกที่ถูกจับอยู่ด้วยกันนาน

4) การตรวจสอบโครโมโซม (Chromosomal Testing, Chromosomal Karyotyping) จากที่เรา รู้กันดีถึงร่างกายของสิ่งมีชีวิต ซึ่งประกอบไปด้วยเซลล์จำนวนมาก และจะมีเซลล์อยู่คู่หนึ่งที่เป็นตัวแสดงเพศ เราเรียกว่า Sex Chromosome

5) การตรวจสอบฮอร์โมน (Steroid Study) วิธีการนี้เป็นวิธีที่ล้ำสมัยไปแล้วแต่ก็มีใช้กันอยู่บ้าง เป็นวิธีการตรวจสอบฮอร์โมนของนก โดยนำข้อมูลมาตรวจสอบ เนื่องจากในเพศผู้จะมีการหลั่งฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน (Testosterone)

6) การตรวจด้วยเทคนิคทาง DNA วิธีนี้ใช้อย่างแพร่หลายในปัจจุบันโดยใช้การสกัดดีเอ็นเอ

จากเลือดหรือขนนก แล้วนำมาเพิ่มจำนวนด้วยปฏิกิริยาพีซีอาร์ เป็นวิธีที่สะดวก

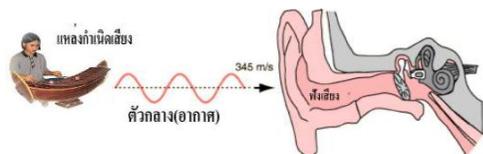


รูปที่ 2 ส่วนประกอบของสายดีเอ็นเอ

ที่มา : <http://www.dnacenterthailand.com/>

### 2.4 ทฤษฎีกำเนิดเสียงและลักษณะของเสียง

องค์ประกอบของเสียง เสียงจะเกิดขึ้นได้ต้องมีองค์ประกอบ 3 ส่วน ได้แก่ แหล่งกำเนิดเสียง ตัวกลาง และแหล่งรับฟังเสียง ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงองค์ประกอบของเสียง

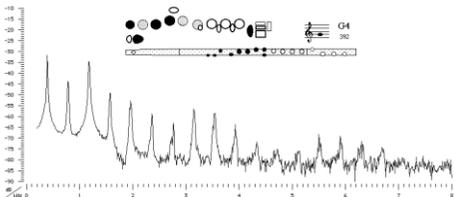
ที่มา : <http://www.sa.ac.th/winyoo/Sound>

### 2.5 สัญญาณเสียง

คลื่นเสียง คือ คลื่นตามยาวซึ่งหูของคนเราสามารถได้ยินเสียงได้ โดยคลื่นนี้มีความถี่ตั้งแต่ประมาณ 20 Hz ถึง 20,000 Hz ความถี่เสียงในช่วงนี้เรียกว่า audio frequency เสียงที่คนเราสามารถได้ยินแต่ละเสียงอาจเหมือนกันหรือแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของเสียงซึ่งมีอยู่ 3 ข้อ 1) ความดัง (Loudness) 2) คุณภาพของเสียง (quality) 3) ระดับเสียง (pitch) โดยมีการวิจัยได้นำเสนอ โกวิทซ์ พันธุ์ครู, 2550) การแยกความแตกต่างการออกเสียงที่ถูกต้องและไม่ถูกต้อง กระทำโดย

นำสัญญาณเสียงอินพุทที่รับมา จะถูกนำมาทำ Normalize Amplitude เพื่อทำให้สัญญาณมีค่า Amplitude ไม่เกิน 1 หลังจากปรับขนาด Amplitude และ (วรรณชัย วรรณสวัสดิ์, 2548) การวิเคราะห์สัญญาณเสียงนิยมวิเคราะห์ใน 2 รูปแบบ คือ วิเคราะห์เชิงเวลา และวิเคราะห์เชิงความถี่ ในการวิเคราะห์ความถี่มูลฐานเพื่อวิเคราะห์หาโทนเสียง ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของค่าความถี่มูลฐาน (J. Jitsup, 2550, p. 29-32) นำขบวนการแปลงเวฟเลต (Wavelet transform) หนึ่งระดับเข้ามาช่วยในการแยกพยางค์ ซึ่งการแปลงเวฟเลตจะเป็นการแยกสัญญาณเสียงออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของสัญญาณความถี่ต่ำ และส่วนของสัญญาณความถี่สูงจากนั้นจะนำเฉพาะสัญญาณความถี่สูง (High frequency) มาแปลงเวฟเลตกลับ (Inverse wavelet transform : IWT)

## 2.6 สเปกตรัม



รูปที่ 4 ลักษณะสเปกตรัมของเสียงเครื่องดนตรี ที่มา : <http://www.soundstagemag.com/>

สเปกตรัม หมายถึง อนุกรมของแถบสีหรือเส้นที่ได้จากการผ่านพลังงานรังสีเข้าไปในสเปกโตรสโคป (AM J, 1996, p.64) ซึ่งทำให้พลังงานรังสีแยกออกเป็นแถบหรือเป็นเส้นที่มีความยาวคลื่นต่าง ๆ เรียงลำดับกันไป

## 2.7 การออกแบบวิธีการแยกความถี่เสียง

การออกแบบโปรแกรมเพื่อทำการจำแนกเพศนกด้วยเสียงนั้น จะต้องทำการออกแบบขั้นตอนการรับเสียงนก โดยการใช้ไมบายโฟนเป็น

อุปกรณ์ในการรับเสียงเพื่อส่งมาประมวลผลและทำการแสดงผลออกทางหน้าจอ โดยมีลักษณะการส่งต่อสัญญาณเสียงดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 แสดงการส่งต่อสัญญาณเสียง

โดยรูปแบบการจัดเก็บข้อมูลจะทำการรับสัญญาณเสียงของตัวนกชั้นคอนัวร์ ซึ่งจะทำการเก็บผลข้อมูลประจำตัวนก และเสียงของนก เข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์เชิงความถี่ และแปลงเป็นสเปกตรัมของเสียงที่เก็บมา และบันทึกลงยังฐานข้อมูลตามข้อมูลประจำตัวนกที่เก็บก่อนหน้า สำหรับการยืนยันตัวนก ดังแสดงรูปที่ 6



รูปที่ 6 บล็อกไดอะแกรมของระบบ

## 2.8 การเปรียบเทียบเสียงและการแสดงผล

จากการประมวลผลเสียงจะทำการส่งข้อมูลไปเก็บยังฐานข้อมูลและเมื่อผู้ใช้ต้องการทราบเพศ จะทำการแสดงผลการเปรียบเทียบออกทางหน้าจอ ดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 ขั้นตอนการเปรียบเทียบและการแสดงผล

## 2.9 เก็บผลและเปรียบเทียบผลการจำแนกเพศคน

ส่วนการเก็บผลข้อมูลจะทำการสร้างฐานข้อมูลและทำการเก็บตามรูปแบบข้อมูลที่ได้ออกแบบไว้ โดยมีการออกแบบดังนี้

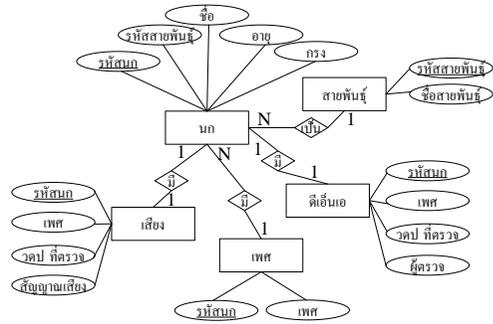
- นก กำหนดเป็นเอ็นติตี้เพื่อเก็บข้อมูลคุณสมบัติของนกที่เลี้ยง โดยจะแสดงข้อมูลคือ รหัสห้วงขานก, สายพันธุ์ของนก, ชื่อของนก, อายุของนก, หมายเลขกรง

- สายพันธุ์ กำหนดเป็นเอ็นติตี้เพื่อเก็บข้อมูลคุณสมบัติของสายพันธุ์นก โดยจะแสดงข้อมูลคือ รหัสสายพันธุ์, ชื่อสายพันธุ์

- เสียง กำหนดเป็นเอ็นติตี้เพื่อเก็บข้อมูลเสียงของนก โดยจะแสดงข้อมูลคือ รหัสห้วงขานก, เพศ, วันที่ตรวจ, สัญญาณเสียง

- ดีเอ็นเอ กำหนดเป็นเอ็นติตี้เพื่อเก็บข้อมูลเพศนกที่ตรวจสอบจากดีเอ็นเอนก โดยจะแสดงข้อมูลคือ รหัสห้วงขานก, เพศ, วันที่ตรวจ, ผู้ตรวจ

- ดีเอ็นเอ กำหนดเป็นเอ็นติตี้เพื่อเก็บข้อมูลเพศนกที่ตรวจสอบจากดีเอ็นเอนก โดยจะแสดงข้อมูล คือ รหัสห้วงขานก, เพศ



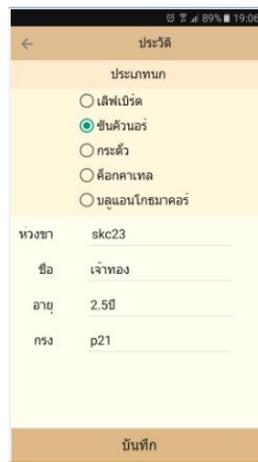
รูปที่ 8 ER Diagram ของระบบการเก็บและเปรียบเทียบเพศคน

## 2.10 การออกแบบหน้าแอปพลิเคชัน

การดำเนินการออกแบบโปรแกรมเพื่อให้ทำงานบนอุปกรณ์สมาร์ตโฟน สามารถทำงานได้ง่ายและเก็บเสียงนกโดยไม่ทำการรบกวนนกนำไปวางในตำแหน่งที่ต้องการ และได้เสียงของนกที่เหมาะสมกับการนำมาประมวลผล



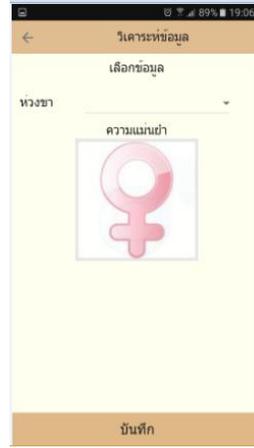
รูปที่ 9 หน้าหลักโปรแกรมออกแบบและพัฒนาซอฟต์แวร์



รูปที่ 10 หน้าโปรแกรมเก็บประวัตินก



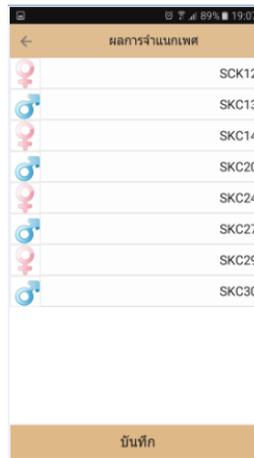
รูปที่ 11 หน้าโปรแกรมประมวลผลเสียง



รูปที่ 12 หน้าโปรแกรมแสดงผลเป็นเพศเมีย

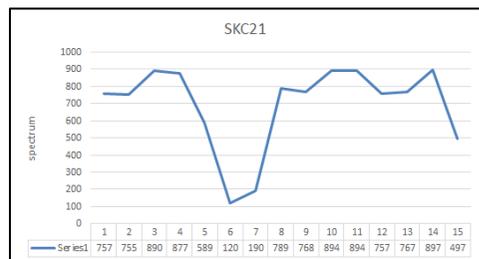


รูปที่ 13 หน้าโปรแกรมแสดงผลเป็นเพศผู้

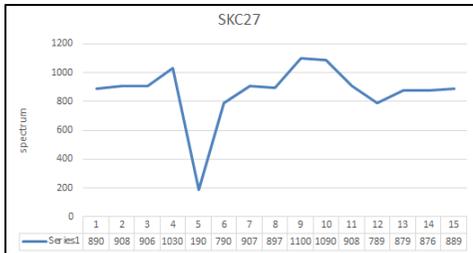


รูปที่ 14 หน้าโปรแกรมผลการจำแนกเพศรวมทั้งหมด

จากการทำการเก็บผลเสียงเพื่อแปลงเป็นสเปกตรัมของนกกลุ่มตัวอย่างทั้ง 5 ตัวแล้ว จะแสดงข้อมูลในรูปแบบกราฟเส้น โดยรูปที่ 15 เป็นสัญญาณเสียงของนกห่านาเลข SKC21 จะมีค่าสเปกตรัมอยู่ระหว่าง 696 Hz ซึ่งจากฐานข้อมูลจะวิเคราะห์เป็นเพศผู้ และรูปที่ 16 เป็นสัญญาณเสียงของนกห่านาเลข SKC27 จะมีค่าสเปกตรัมอยู่ระหว่าง 869 Hz ซึ่งจากฐานข้อมูลจะวิเคราะห์เป็นเพศเมีย



รูปที่ 15 แสดงการรวมของข้อมูลสเปกตรัมนก SKC21



รูปที่ 16 แสดงการรวมของข้อมูลสเปกตรัม SKC27

การหาประสิทธิภาพของออกแบบและพัฒนาซอฟต์แวร์จำแนกเพศด้วยเสียงสำหรับนกสวยงามที่จะใช้สมการ  $\%error = 100\% - \%accuracy$

จากการเก็บผล 75 ครั้งจากนกจำนวน 5 ตัว มีค่าผิดพลาดที่นำมาประมวลผลไม่ได้อยู่ 9 ค่า

จะได้  $(75 \times 9) / 100$  จะมีค่าเป็น 6.75 %

ดังนั้น  $\%accuracy = 93.25\%$

แทนค่า  $\%error = 100\% - 93.25\%$

$$= 6.75\%$$

ดังนั้นการระบบจะมีความผิดพลาดที่ 6.75%

### สรุปผลการวิจัย

จากการดำเนินการ งานวิจัยเรื่องออกแบบและพัฒนา ซอฟต์แวร์จำแนกเพศด้วยเสียงสำหรับนกสวยงาม ผู้วิจัยได้ทำการสร้างและเก็บผลของซอฟต์แวร์จำแนกเพศด้วยเสียงนก และเก็บผลเสียงของนกให้ซอฟต์แวร์ประมวลผลจากกลุ่มตัวอย่างนกทั้งหมด 5 ตัว ซึ่งแต่ละตัวจะทำการเก็บตัวอย่างเสียงตัวละ 15 ครั้ง โดยจะได้สัญญาณเสียงทั้งหมด 75 ค่าเสียง ซึ่งผ่านการวิเคราะห์เสียงผลที่ได้คือ SKC21, SKC 30 เป็นเพศผู้ มีค่าสัญญาณเสียงอยู่ระหว่าง 650 – 755 Hz และนกห้วงขา SKC27, SKC33, SKC45 เป็นเพศเมีย มีค่าความถี่เสียงอยู่ระหว่าง 850 – 950 Hz

### กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้ดำเนินโครงการวิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ให้การสนับสนุนการวิจัยประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559 ทำให้สามารถดำเนินโครงการวิจัยครั้งนี้ได้สำเร็จเรียบร้อยตามวัตถุประสงค์ของโครงการ

### References

- Am.J. (1996), Teaching Fourier analysis in microcomputer based laboratory. *American Journal of Physics*. p.64. AIP Publishing.
- Bermúdez-Humarán, L.G., García-García, A., Leal-Garza, C.H., Riojas-Váldez, V., Jaramillo- Rangel, G. and Montes-de-Oca-Luna, R. (2002). *Molecular sexing of monomorphic endangered Ara birds*. *J Exp Zool* 292: p.677–80.
- Cerit, H. and Avanus, K. (2007) *Sex identification in avian species using DNA typing methods*. *World Poult Sci J* 63: p.91–99.
- Chanathip Kammakarn. (2552). Sex separation in beautiful birds. *The Journal of Thai Veterinary Practitioners*. (Vol.21 No.4), p.62-9.
- Griffiths, R. and Korn, R.M.. (1997). *A CHD1 gene is Z chromosome linked in the chicken Gallus domesticus*, *Gene* 197: p.225–229. IEEE Computer Society Press.
- Griffiths, R. and Tiwari, B. ( 1995). Sex of the last wild Spix's macaw. *Nature International journal of science*. p.454. 2019 Springer Nature Publishing AG.

- J. Jitsup, U. Sritheeravirojana, and S. Udomhunsakul (2007). *Syllable segmentation of Thai human speech using stationary wavelet transform. Asia-Pacific Conference on Communications.* p.29-32. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).
- Jitsup, U. Sritheeravirojana, and S. Udomhunsakul (2007). *Syllable segmentation of Thai human speech using stationary wavelet transform, Asia-Pacific Conference on Communications,* p.29-32. IEEE Computer Society Press.
- Kowit Phankru, (2550). *Phonetic analysis system "ร" and "ล".* Master Degree. King Mongkut's University of Technology Thonburi.
- N. Jittiwangkul, S. Jitapunkul, S. Luksaneeyanawin, V. Ahkuputra, and C. Wutiw WATCHAI(1998). "*Thai Syllable Segmentation for Connected Speech Based on Energy*" *IEEE Asia-Pacific Conference on Circuits and Systems.* p.169-172.
- S. Chougule and P. P. Rege (2006), *Language Independent Speaker Identification. IEEE International Conference on Industrial Technology.* p. 364-368. IEEE Computer Society Press.
- Thnakorn Ritthaisong.(2546). *Beautiful bird.* Bangkok: KPON (1996).
- Wannachai Wannasawat, Yeun Puworawan, (2548). *A comparison of the Pronunciation of Thai consonants between the original sound and Synthesized Sound.* Master Degree. King Mongkut's University of Technology Thonburi.