

คุณสมบัตินาสิกในภาษากลุ่มกะเหรี่ยง: การศึกษาทางกลศาสตร์

นางสาวกานต์ธิดา เกิดผล



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)

เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาอักษรศาสตรดุษฎีบัณฑิต

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR) are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

สาขาวิชาภาษาศาสตร์ ภาควิชาภาษาศาสตร์

คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2558

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

NASALITY IN KARENIC LANGUAGES: AN ACOUSTIC STUDY

Miss Karnthida Kerdpol



A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Doctor of Philosophy Program in Linguistics

Department of Linguistics

Faculty of Arts

Chulalongkorn University

Academic Year 2015

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	คุณสมบัตินาสิกในภาษากลุ่มกะเหรี่ยง: การศึกษาทางกล สัทศาสตร์
โดย	นางสาวกานต์ธิดา เกิดผล
สาขาวิชา	ภาษาศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ศาสตราจารย์ ดร.ธีระพันธ์ เหลืองทองคำ

คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาตรีบัณฑิต

..... คณบดีคณะอักษรศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.กิงกาญจน์ เทพกาญจนา)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.สมทรง บุรุษพัฒน์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ศาสตราจารย์ ดร.ธีระพันธ์ เหลืองทองคำ)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุดาพร ลักษณะียนาวิน)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิทยาวัฒน์ พิทยาภรณ์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พุทธชาติ โปธิบาล)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร. จุฑามณี อ่อนสุวรรณ)

กานต์ธิดา เกิดผล : คุณสมบัตินาสิกในภาษากลุ่มกะเหรี่ยง: การศึกษาทางกลศาสตร์ (NASALITY IN KARENIC LANGUAGES: AN ACOUSTIC STUDY) อ.ที่ปริภาวิทยานิพนธ์หลัก: ศ. ดร.ธีระพันธ์ เหลืองทองคำ, 316 หน้า.

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายที่จะศึกษาฐานกรณ์ของพยัญชนะนาสิกด้วยวิธีสมการจตุรร่วมและการออกเสียงขึ้นจมูกของสระในภาษากลุ่มกะเหรี่ยง ข้อมูลสำหรับศึกษาฐานกรณ์เก็บจากภาษาสะกอซึ่งมีพยัญชนะต้นนาสิก 4 เสียง คือ /m, n, ɲ, ŋ/ ส่วนข้อมูลสำหรับศึกษาการออกเสียงขึ้นจมูกของสระเก็บจากภาษาปะโอและโป ภาษาปะโอมีสระโอษฐ์ที่ออกเสียงขึ้นจมูกเมื่อเกิดในบริบทพยัญชนะนาสิก (สระเสียงขึ้นจมูก) ภาษาโปมีสระ 2 แบบ คือ สระนาสิกและสระเสียงขึ้นจมูกที่เกิดจากอิทธิพลของพยัญชนะต้นนาสิก

การวิเคราะห์ฐานกรณ์พยัญชนะใช้วิธีการสมการจตุรร่วม สมการเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถี่ฟอร์เมนที่ 2 ณ จุดเริ่มต้นของสระ (F2onset) และค่าความถี่ฟอร์เมนที่ 2 ณ จุดกึ่งกลางของสระ (F2vowel) ผลลัพธ์ที่ได้คือ ค่าความชันและค่าจุดตัดแกน y ซึ่งใช้จำแนกฐานกรณ์ของพยัญชนะ นอกจากนี้ ยังใช้วิธีสมการจตุรร่วมพิสูจน์แนวคิดเกี่ยวกับโลคัสเสมือน ส่วนการวิเคราะห์การออกเสียงขึ้นจมูกของสระเสียงขึ้นจมูกที่เป็นสระหน้าใช้วิธีการเปรียบเทียบสเปกตรัม FFT (Fast Fourier Transform) เพื่อหาค่าความถี่ฟอร์เมนที่นาสิกที่นำมาใช้หาค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก ส่วนการวิเคราะห์สระนาสิกใช้วิธีพิจารณาพลังงานในสเปกโตรแกรมและความสูงของภาพคลื่นเสียงประกอบการฟัง

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า ในภาษาสะกอ ค่าความชันและค่าจุดตัดแกน y ใช้ในการจำแนกฐานกรณ์ของพยัญชนะต้นนาสิกได้ดี และสนับสนุนสมมติฐาน กล่าวคือ พยัญชนะนาสิกเพดานอ่อนมีค่าความชันมากที่สุด และพยัญชนะนาสิกเพดานแข็งมีค่าความชันน้อยที่สุด ค่าจุดตัดแกน y ของพยัญชนะนาสิกเพดานแข็งมากที่สุด และค่าจุดตัดแกน y ของพยัญชนะนาสิกเพดานอ่อนน้อยที่สุด ส่วนค่าโลคัสเสมือนของพยัญชนะนาสิกเพดานแข็งมากที่สุด ข้อค้นพบดังกล่าวข้างต้นเป็นไปตามสมมติฐาน แต่พยัญชนะนาสิกริมฝีปากไม่ได้มีค่าโลคัสเสมือนน้อยที่สุดซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐาน ส่วนข้อค้นพบเกี่ยวกับการออกเสียงขึ้นจมูกของสระส่วนใหญ่เป็นไปตามสมมติฐาน นั่นคือ (1) สระโอษฐ์ที่อยู่หลังพยัญชนะต้นนาสิกมีการออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระโอษฐ์ที่อยู่หน้าพยัญชนะท้ายนาสิกในภาษาปะโอ และ (2) ในภาษาโป สระนาสิกที่เป็นสระต่ำมีการออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระนาสิกที่เป็นสระกลาง อย่างไรก็ตาม สระนาสิกมีรูปแปร 2 รูป คือ [V] และ [V^h] คัดค้านสมมติฐานที่ว่าสระนาสิกมี 3 รูปแปร และสระเสียงขึ้นจมูกที่มีความสูงต่ำของลิ้นต่างกัน 3 ระดับมีการออกเสียงขึ้นจมูกตลอดช่วงสระ ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐาน

ในภาพรวม ข้อค้นพบเกี่ยวกับค่าความชัน ค่าจุดตัดแกน y และค่าโลคัสเสมือนในภาษาสะกอสอดคล้องกับผลการวิจัยในภาษาอื่นๆ และได้เพิ่มองค์ความรู้ใหม่เกี่ยวกับเสียง /ɲ/ รวมทั้งผลการศึกษารายการออกเสียงขึ้นจมูกในภาษาปะโอและโปก็สอดคล้องกับผลการศึกษารายการอื่นๆ และแสดงให้เห็นว่าการออกเสียงขึ้นจมูกของสระมีความสัมพันธ์กับระดับความสูงต่ำของลิ้น ตำแหน่งหน้าหลังของลิ้น และโครงสร้างพยางค์ ข้อค้นพบนี้สนับสนุนแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสระนาสิกที่ว่าสระต่ำพัฒนาเป็นสระนาสิกก่อนสระสูง และสระหน้าพัฒนาเป็นสระนาสิกก่อนสระหลัง

ภาควิชา ภาษาศาสตร์

ลายมือชื่อนิติศ

สาขาวิชา ภาษาศาสตร์

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก

ปีการศึกษา 2558

5280501822 : MAJOR LINGUISTICS

KEYWORDS: NASALITY, KARENIC LANGUAGES, ACOUSTIC STUDY

KARNTHIDA KERDPOL: NASALITY IN KARENIC LANGUAGES: AN ACOUSTIC STUDY. ADVISOR: PROF. THERAPHAN LUANGTHONGKUM, Ph.D., 316 pp.

This research aims to study the place of articulation of nasal consonants using the Locus Equation method and vowel nasalization in Karenic languages. The data for the study on places of articulation of initial nasals was from Sgaw which had 4 initial nasals, namely, /m, n, ɲ, ŋ/. The data for the vowel nasalization study was from Pa-O and Pwo. Pa-O had oral vowels which were nasalized when they were adjacent to nasal consonants (nasalized vowels). Pwo had 2 vowel types: nasal vowels and nasalized vowels which followed an initial nasal.

The analysis of the place of articulation was conducted using the Locus Equation method which uses linear regression to display the relationship between the second formant frequency at the vowel onset (F2onset) and the second formant frequency at the middle of the vowel (F2vowel). The outcomes of the Locus Equation are a slope and y-intercept which are used to differentiate places of articulation. Locus Equation can also be used to prove the virtual locus concept. In addition, for the analysis of the vowel nasalization of front nasalized vowels, the FFT (Fast Fourier Transform) spectrum comparison method was used to identify the nasal formant in the spectra, in order to obtain nasalization duration. As for nasal vowels, the acoustic energy in the spectrogram and the waveform were inspected to determine the nasalized portion of the vowel. Listening also helped to confirm the vowel nasalization.

The results showed that the slopes and y-intercepts could effectively differentiate nasal places of articulation in Sgaw. They confirmed the hypothesis that while the velar nasal had the highest slope, the palatal nasal had the lowest, and the y-intercept of the palatal nasal was the highest while that of the velar nasal was the lowest. The virtual locus of the palatal nasal was the highest, confirming the hypothesis; however, the bilabial nasal did not have the lowest virtual locus, contradicting the hypothesis. Moreover, the findings on the vowel nasalization were mainly in agreement with the hypotheses: (1) oral vowels after the initial nasal had more nasalization than oral vowels before the final nasal in Pa-O and (2) in Pwo, low nasal vowels had more nasalization than mid nasal vowels. However, contrary to the hypotheses, nasal vowels had 2 phonetic realizations which were [v] and [v^h], contradicting the hypothesis that nasal vowels had 3 phonetic realizations, and nasalized vowels of 3 different tongue heights were fully nasalized.

In general, the results of the slopes, y-intercepts and the virtual locus in Sgaw agreed with findings from studies on other languages and contributed to the knowledge on /ɲ/. The results of the vowel nasalization in Pa-O and Pwo were also in line with other studies. They also reflected that the vowel nasalization related to tongue heights, tongue advancement and syllable structures. These findings support the nasal vowel evolution in which low vowels became nasal vowels earlier than high vowels, and front vowels became nasal vowels earlier than back vowels.

Department: Linguistics

Field of Study: Linguistics

Academic Year: 2015

Student's Signature

Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการปริญญาเอกกาญจนาภิเษก (คปก.) สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) สัญญาเลขที่ PHD/0002/2552 ผู้วิจัยขอขอบพระคุณโครงการปริญญาเอกกาญจนาภิเษก (คปก.) ไว้ ณ ที่นี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณศาสตราจารย์ ดร. ธีระพันธ์ เหลืองทองคำ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้กรุณา สละเวลาให้คำปรึกษาและคำแนะนำด้านต่างๆ รวมทั้งตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ด้วยความเอาใจใส่อย่างยิ่งตลอด มา และยังได้มอบโอกาสอันมีค่าแก่ผู้วิจัยให้เป็นผู้ช่วยวิจัยในโครงการปริญญาเอกกาญจนาภิเษก (คปก.) ด้วย

ขอขอบพระคุณศาสตราจารย์ ดร. สมทรง บุรุษพัฒน์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุดาพร ลักษณะนิยานวิน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิทยาวัฒน์ พิทยาภรณ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พุทธชาติ โปธิบาล ที่ได้ช่วยตรวจแก้ไข เพื่อการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ และขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร. จุฑามณี อ่อนสุวรรณ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา เกี่ยวกับการวิเคราะห์การออกเสียงขึ้นจมูก รวมทั้งได้ช่วยตรวจแก้ไขและให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง ต่อวิทยานิพนธ์ และขอขอบพระคุณ Dr. Mathias Jenny และ Professor Dr. Volker Dellwo อาจารย์ชาว ต่างประเทศที่ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากโครงการปริญญาเอกกาญจนาภิเษก (คปก.) ในการให้ คำปรึกษาเกี่ยวกับการเขียนบทความและการทำวิจัยระหว่างที่ผู้วิจัยศึกษาวิจัยที่ University of Zurich ประเทศสวิตเซอร์แลนด์

ขอขอบพระคุณผู้บอกภาษากะเหรี่ยงสะกอ ไป และปะโอทุกท่านที่ได้ให้ความร่วมมือในการเก็บ ข้อมูลเป็นอย่างดี และเพื่อนๆ ชาวกะเหรี่ยงทุกท่านที่ได้ช่วยประสานงาน เอื้อเฟื้อที่พักและสถานที่บันทึกเสียง ตลอดจนให้ความช่วยเหลือด้านต่างๆ อย่างดียิ่ง ทำให้การเก็บข้อมูลภาคสนามสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วีระพงษ์ อินทร์ทอง ที่ได้ให้คำปรึกษาด้านการวิเคราะห์ทาง สถิติและการตีความผลทางสถิติ ขอขอบพระคุณ Professor Dr. Volker Dellwo ที่ได้ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการ ใช้โปรแกรม R ในการวิเคราะห์ทางสถิติ และโปรแกรมพราทในการวิเคราะห์ค่าทางกลศาสตร์ ขอขอบพระคุณคุณนิวุฒิ จังชัยวีระยานนท์ ที่ได้ช่วยเหลือเขียนสคริปต์สำหรับใช้กับโปรแกรมพราท ขอขอบพระคุณอาจารย์ Don Hindle ที่ช่วยตรวจแก้ไขภาษาอังกฤษ ขอขอบพระคุณผู้วิจารณ์บทความหลาย ท่านที่ได้ให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการวิเคราะห์ผลการศึกษาในวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ในภาควิชาภาษาศาสตร์ คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่คอยช่วยเหลือและเป็นกำลังใจเสมอมา

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณครอบครัวที่เป็นกำลังใจสำคัญ คอยช่วยเหลือและสนับสนุนผู้วิจัยใน ทุกๆ ด้านมาโดยตลอด ทำให้การศึกษาเล่าเรียนในระดับปริญญาโทสำเร็จด้วยดี

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฐ
สารบัญภาพ	ต
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	5
1.3 สมมติฐาน.....	5
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย	6
1.5 นิยามศัพท์ สัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในงานวิจัย.....	6
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	9
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	10
2.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับภาษากลุ่มกะเหรี่ยง	10
2.1.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับกลุ่มชาติพันธุ์กะเหรี่ยงในประเทศไทย	10
2.1.2 ภาพรวมเกี่ยวกับภาษากลุ่มกะเหรี่ยง.....	12
2.1.3 ระบบเสียงภาษาสะกอ ปะโอ โป	17
2.1.3.1 ระบบเสียงภาษาสะกอ.....	17
2.1.3.2 ระบบเสียงภาษาปะโอ.....	20
2.1.3.3 ระบบเสียงภาษาโป	22
2.2 การศึกษาฐานกรณ์ของพยัญชนะนาสิก.....	24

2.2.1	เมอร์เมอร์นาสิก	25
2.2.2	ช่วงรอยต่อ	28
2.2.3	การเปลี่ยนแปลงพลังงาน ณ ช่วงปล่อยลมเมื่อเปล่งเสียงนาสิก	30
2.2.4	วิธีสมการจุดร่วม	31
2.3	แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการออกเสียงสระ	36
2.3.1	การเคลื่อนที่ของลิ้น	36
2.3.2	การออกเสียงขึ้นจมูก	38
2.4	สรุปผลงานวิจัยเกี่ยวกับพยัญชนะนาสิกและการออกเสียงขึ้นจมูกของสระที่ผ่านมา	46
2.4.1	ฐานกรณ์ของพยัญชนะนาสิก	46
2.4.2	การออกเสียงขึ้นจมูกของสระ	48
2.4.2.1	ความแตกต่างระหว่างสระโอษฐ์กับสระที่ออกเสียงขึ้นจมูก	48
2.4.2.2	ความมากน้อยของการออกเสียงขึ้นจมูก	49
บทที่ 3	วิธีดำเนินการวิจัย	52
3.1	การสำรวจ	52
3.1.1	การทบทวนวรรณกรรม	52
3.1.2	การเก็บข้อมูลภาคสนามนำร่อง	52
3.2	การเก็บข้อมูลภาคสนาม	53
3.2.1	รายการคำ	53
3.2.1.1	ภาษาสะกอ	54
3.2.1.2	ภาษาปะโอ	56
3.2.1.3	ภาษาโป	57
3.2.2	จุดเก็บข้อมูล	58
3.2.3	ผู้บอกภาษา	58

3.2.4	อุปกรณ์การบันทึกเสียง	59
3.2.5	การบันทึกเสียง.....	60
3.2.6	ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ทางกลศาสตร์	61
3.2.6.1	ภาษาสะกอ.....	61
3.2.6.2	ภาษาปะโอ	62
3.2.6.3	ภาษาโป	62
3.3	การวิเคราะห์ข้อมูล.....	63
3.3.1	การเตรียมข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์	63
3.3.2	การวิเคราะห์ทางกลศาสตร์	64
3.3.2.1	พัญชนะต้นนาสิก.....	64
3.3.2.1.1	ค่าความถี่ฟอร์เมนต์ที่ 2	64
3.3.2.1.2	การนำค่าความถี่ฟอร์เมนต์ที่ 2 มาคำนวณในสมการจตุรกร่ม	69
3.3.2.2	สระที่ออกเสียงขึ้นจมูก.....	73
3.3.2.2.1	การแบ่งช่วงสระและเสียงพัญชนะ	73
3.3.2.2.2	การเตรียมข้อมูลเพื่อหาค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก	74
3.3.2.2.3	การหาค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก	76
3.3.3	การวิเคราะห์ค่าต่างๆ	79
3.3.4	การวิเคราะห์ทางสถิติ.....	80
3.3.4.1	สถิติเชิงพรรณนา	80
3.3.4.2	Kruskal-Wallis และ Wilcoxon	83
3.3.4.3	สหสัมพันธ์แบบสเปียร์แมน	85
3.4	การนำเสนอผลการวิเคราะห์.....	86
3.5	ลำดับการนำเสนอผลการวิจัย	90

บทที่ 4 ฐานกรณ์ของพยัญชนะนาสิกในภาษาสะกอ	91
4.1 ค่าความถี่ฟอร์เมนต์ที่ 2 ณ จุดเริ่มต้นสระและจุดกึ่งกลางของสระ	92
4.2 ค่าความชันและค่าจุดตัดแกน y	96
4.3 ค่าโลคัสเสมือน	106
4.4 สรุปลักษณะอภิปรายผล	110
บทที่ 5 สระเสียงขึ้นจมูกในภาษาปะโอ.....	112
5.1 ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก	113
5.1.1 สระกลาง หน้า ปากเหยียด /e/.....	116
5.1.2 สระต่ำ หน้า ปากเหยียด /ɛ/.....	119
5.2 ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก	122
5.2.1 พยัญชนะนาสิกที่ปรากฏกับสระ /e/.....	122
5.2.2 พยัญชนะนาสิกที่ปรากฏกับสระ /ɛ/.....	125
5.3 ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมด	128
5.3.1 สระกลาง หน้า ปากเหยียด /e/.....	128
5.3.2 สระต่ำ หน้า ปากเหยียด /ɛ/.....	130
5.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะเวลาต่างๆ.....	133
5.4.1 ค่าระยะเวลาสระและค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก	134
5.4.1.1 สระกลาง หน้า ปากเหยียด /e/.....	134
5.4.1.2 สระต่ำ หน้า ปากเหยียด /ɛ/.....	135
5.4.2 ค่าระยะเวลาสระและค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก.....	136
5.4.2.1 สระกลาง หน้า ปากเหยียด /e/.....	136
5.4.2.2 สระต่ำ หน้า ปากเหยียด /ɛ/.....	137
5.4.3 ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกและค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก.....	138

5.4.3.1	สระกลาง หน้า ปากเหยียด /e/	138
5.4.3.2	สระต่ำ หน้า ปากเหยียด /ɛ/.....	139
5.4.4	ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก ค่าระยะเวลาสระ และค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก ของสระเสียงขึ้นจมูกที่มีความสูงต่ำของลิ้นต่างกัน.....	141
5.4.4.1	สระที่ปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิก.....	141
5.4.4.2	สระที่ปรากฏหน้าพยัญชนะท้ายนาสิก.....	142
5.5	สรุปและอภิปรายผล.....	145
บทที่ 6	สระเสียงขึ้นจมูกและสระนาสิกในภาษาโป.....	147
6.1	สระนาสิก	148
6.1.1	สัทสมบัติของสระนาสิก.....	149
6.1.2	ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก.....	153
6.1.3	ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก	157
6.1.4	ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมด.....	159
6.1.5	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะเวลาต่างๆ	163
6.1.5.1	ค่าระยะเวลาสระและค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก.....	163
6.1.5.2	ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกและค่าระยะเวลาสระ	165
6.2	สระเสียงขึ้นจมูก.....	167
6.2.1	ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก.....	168
6.2.2	ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก	176
6.3	สรุปและอภิปรายผล.....	179
บทที่ 7	สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ	181
7.1	สรุปผล	181
7.1.1	ภาษาสะกอ	181

7.1.2 ภาษาปะโอ.....	184
7.1.3 ภาษาโป186	
7.2 อภิปรายผล.....	188
7.2.1 ฐานกรณ์ของพยัญชนะนาสิก.....	189
7.2.2 การออกเสียงขึ้นจมูก.....	197
7.3 ข้อเสนอแนะ.....	217
รายการอ้างอิง	219
ภาคผนวก.....	235
ภาคผนวก ก รายการคำที่ประกอบด้วยพยัญชนะกักและสระ	236
ภาคผนวก ข ค่า F2onset (Hz) และค่า F2vowel (Hz) ของผู้บอกภาษาสะกอ	237
ภาคผนวก ค ค่าระยะเวลาสัมบูรณ์ (ms) และค่าร้อยละของค่าระยะเวลาต่างๆ ของผู้บอก ภาษาปะโอ	251
ภาคผนวก ง ค่าระยะเวลาสัมบูรณ์ (ms) และค่าร้อยละของค่าระยะเวลาต่างๆ ของผู้บอก ภาษาโป.....	275
ภาคผนวก จ ค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของสระนาสิกของผู้บอกภาษาโป..	314
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	316

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1 ระบบพยัญชนะในภาษาสะกอบ้านห้วยหยวก จังหวัดสุโขทัย	19
ตารางที่ 2.2 ระบบสระในภาษาสะกอบ้านห้วยหยวก จังหวัดสุโขทัย.....	19
ตารางที่ 2.3 ระบบวรรณยุกต์ในภาษาสะกอบ้านห้วยหยวก จังหวัดสุโขทัย.....	19
ตารางที่ 2.4 ระบบพยัญชนะในภาษาปะโอเหนือบ้านห้วยมะเขือส้ม จังหวัดแม่ฮ่องสอน.....	21
ตารางที่ 2.5 ระบบสระในภาษาปะโอเหนือบ้านห้วยมะเขือส้ม จังหวัดแม่ฮ่องสอน	21
ตารางที่ 2.6 ระบบวรรณยุกต์ในภาษาปะโอเหนือบ้านห้วยมะเขือส้ม จังหวัดแม่ฮ่องสอน.....	21
ตารางที่ 2.7 ระบบพยัญชนะในภาษาไปบ้านแม่แพหลวง จังหวัดแม่ฮ่องสอน	23
ตารางที่ 2.8 ระบบสระในภาษาไปบ้านแม่แพหลวง จังหวัดแม่ฮ่องสอน	23
ตารางที่ 2.9 ระบบวรรณยุกต์ในภาษาไปบ้านแม่แพหลวง จังหวัดแม่ฮ่องสอน	24
ตารางที่ 2.10 ทิศทางการบิดเบนของค่าความถี่ฟอร์มเอนท์ที่ 1, 2, 3 ของสระที่เกิดร่วมกับ พยัญชนะนาสิกต่างฐานกรณ์	29
ตารางที่ 2.11 ค่าความชันและค่าจุดตัดแกน y (Hz) ของพยัญชนะนาสิกต่างฐานกรณ์ในภาษา Yanyuwa Yindjibarndi และอังกฤษสำเนียงออสเตรเลีย	47
ตารางที่ 2.12 ค่าโลคัสเสมือน (Hz) ของพยัญชนะนาสิกต่างฐานกรณ์ในภาษา Yanyuwa และ Yindjibarndi	47
ตารางที่ 3.1 รายการคำภาษาสะกอบ	55
ตารางที่ 3.2 รายการคำภาษาปะโอ.....	57
ตารางที่ 3.3 รายการคำสระเสียงขึ้นจมูกในภาษาไป.....	57
ตารางที่ 3.4 รายการคำสระนาสิกในภาษาไป.....	58
ตารางที่ 3.5 ค่าความชัน ค่าจุดตัดแกน y และค่าโลคัสเสมือนในภาษาสะกอบ	72
ตารางที่ 3.6 ค่าระยะเวลาต่างๆ ในภาษาปะโอ	79
ตารางที่ 3.7 ค่าต่างๆ ที่ใช้ในการทดสอบความแตกต่างทางสถิติในภาษาสะกอบ ปะโอ และไป.....	84

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ย (\bar{x}) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของค่า F2onset และ F2vowel ของสระที่เกิดร่วมกับพยัญชนะต้นนาสิก /m, n, ŋ, ɲ/ ในภาษาสะกอ.....	93
ตารางที่ 4.2 ค่าความชันและค่าจุดตัดแกน y (Hz) ของพยัญชนะต้นนาสิก /m, n, ŋ, ɲ/ ในภาษาสะกอ (ผู้บอกภาษา 10 คน)	101
ตารางที่ 4.3 ค่าโลคัสเสมือนของพยัญชนะต้นนาสิก /m, n, ŋ, ɲ/ ในภาษาสะกอ.....	108
ตารางที่ 5.1 ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมุกของ /e/ ที่เกิดหลังพยัญชนะต้นนาสิกและหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกของผู้บอกภาษาปะโอเพศชาย 19 คน โดยระบุค่าต่ำสุด (Min) ควอร์ไทล์ที่ 1 (Q1) ค่ามัธยฐาน (Median) ควอร์ไทล์ที่ 3 (Q3) ค่าสูงสุด (Max) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms).....	116
ตารางที่ 5.2 ค่าร้อยละ (%) ของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมุกของสระ /e/ ที่เกิดหลังพยัญชนะต้นนาสิกและหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกของผู้บอกภาษาปะโอเพศชาย 19 คน โดยระบุค่าต่ำสุด (Min) ควอร์ไทล์ที่ 1 (Q1) ค่ามัธยฐาน (Median) ควอร์ไทล์ที่ 3 (Q3) ค่าสูงสุด (Max) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD).....	117
ตารางที่ 5.3 ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมุกของสระ /ɛ/ ที่เกิดหลังพยัญชนะต้นนาสิกและหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกของผู้บอกภาษาปะโอเพศชาย 19 คน โดยระบุค่าต่ำสุด (Min) ควอร์ไทล์ที่ 1 (Q1) ค่ามัธยฐาน (Median) ควอร์ไทล์ที่ 3 (Q3) ค่าสูงสุด (Max) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms).....	119
ตารางที่ 5.4 ค่าร้อยละ (%) ของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมุกของสระ /ɛ/ ที่เกิดหลังพยัญชนะต้นนาสิกและหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกของผู้บอกภาษาปะโอเพศชาย 19 คน โดยระบุค่าต่ำสุด (Min) ควอร์ไทล์ที่ 1 (Q1) ค่ามัธยฐาน (Median) ควอร์ไทล์ที่ 3 (Q3) ค่าสูงสุด (Max) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD).....	120
ตารางที่ 5.5 ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกของพยัญชนะต้นนาสิกและพยัญชนะท้ายนาสิกที่ปรากฏกับ /e/ ของผู้บอกภาษาปะโอเพศชาย 19 คน โดยระบุค่าต่ำสุด (Min) ควอร์ไทล์ที่ 1 (Q1) ค่ามัธยฐาน (Median) ควอร์ไทล์ที่ 3 (Q3) ค่าสูงสุด (Max) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms).....	122
ตารางที่ 5.6 ค่าร้อยละ (%) ของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกของพยัญชนะต้นนาสิกและพยัญชนะท้ายนาสิกที่ปรากฏกับ /e/ ของผู้บอกภาษาปะโอเพศชาย 19 คน โดยระบุค่าต่ำสุด	

(Min) ควอร์ไทล์ที่ 1 (Q1) ค่ามัธยฐาน (Median) ควอร์ไทล์ที่ 3 (Q3) ค่าสูงสุด (Max) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD).....	123
ตารางที่ 5.7 ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกของพยัญชนะต้นนาสิกและพยัญชนะท้ายนาสิกที่ปรากฏกับ /ε/ ของผู้บอกภาษาปะโอเพศชาย 19 คน โดยระบุค่าต่ำสุด (Min) ควอร์ไทล์ที่ 1 (Q1) ค่ามัธยฐาน (Median) ควอร์ไทล์ที่ 3 (Q3) ค่าสูงสุด (Max) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms).....	125
ตารางที่ 5.8 ค่าร้อยละ (%) ของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกของพยัญชนะต้นนาสิกและพยัญชนะท้ายนาสิกที่ปรากฏกับ /ε/ ของผู้บอกภาษาปะโอเพศชาย 19 คน โดยระบุค่าต่ำสุด (Min) ควอร์ไทล์ที่ 1 (Q1) ค่ามัธยฐาน (Median) ควอร์ไทล์ที่ 3 (Q3) ค่าสูงสุด (Max) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD).....	126
ตารางที่ 5.9 ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดของสระ /e/ ที่เกิดหลังพยัญชนะต้นนาสิกและหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกของผู้บอกภาษาปะโอเพศชาย 19 คน โดยระบุค่าต่ำสุด (Min) ควอร์ไทล์ที่ 1 (Q1) ค่ามัธยฐาน (Median) ควอร์ไทล์ที่ 3 (Q3) ค่าสูงสุด (Max) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms).....	128
ตารางที่ 5.10 ค่าร้อยละ (%) ของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดของสระ /e/ ที่เกิดหลังพยัญชนะต้นนาสิกและหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกของผู้บอกภาษาปะโอเพศชาย 19 คน โดยระบุค่าต่ำสุด (Min) ควอร์ไทล์ที่ 1 (Q1) ค่ามัธยฐาน (Median) ควอร์ไทล์ที่ 3 (Q3) ค่าสูงสุด (Max) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD).....	129
ตารางที่ 5.11 ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดของสระ /ε/ ที่เกิดหลังพยัญชนะต้นนาสิกและหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกของผู้บอกภาษาปะโอเพศชาย 19 คน โดยระบุค่าต่ำสุด (Min) ควอร์ไทล์ที่ 1 (Q1) ค่ามัธยฐาน (Median) ควอร์ไทล์ที่ 3 (Q3) ค่าสูงสุด (Max) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms).....	131
ตารางที่ 5.12 ค่าร้อยละ (%) ของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดของสระ /ε/ ที่เกิดหลังพยัญชนะต้นนาสิกและหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกของผู้บอกภาษาปะโอเพศชาย 19 คน โดยระบุค่าต่ำสุด (Min) ควอร์ไทล์ที่ 1 (Q1) ค่ามัธยฐาน (Median) ควอร์ไทล์ที่ 3 (Q3) ค่าสูงสุด (Max) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD).....	131
ตารางที่ 5.13 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะเวลาต่างๆ ของสระ /e/ และ /ε/ ที่ปรากฏในบริบทพยัญชนะต้นนาสิกและพยัญชนะท้ายนาสิกในภาษาปะโอ.....	141

ตารางที่ 5.14 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะเวลาต่างๆ ของสระที่มีระดับความสูงต่ำของลิ้นต่างกัน ในบริบทพยัญชนะต้นนาสิกและพยัญชนะท้ายนาสิกในภาษาปะโอ	145
ตารางที่ 6.1 ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมด หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms) และค่าร้อยละ (%) ของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดของสัทสมบัติ 2 แบบของสระนาสิก /อ, ๓/ ของผู้ บอกภาษาโปเพศชาย 19 คน โดยระบุค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	152
ตารางที่ 6.2 ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของสระนาสิก /อ, ๓, ๖, ๙/ ของผู้บอกภาษาโปเพศ ชาย 19 คน โดยระบุค่าต่ำสุด (Min) ควอร์ไทล์ที่ 1 (Q1) ค่ามัธยฐาน (Median) ควอร์ไทล์ที่ 3 (Q3) ค่าสูงสุด (Max) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms).....	154
ตารางที่ 6.3 ค่าร้อยละ (%) ของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของสระนาสิก /อ, ๓, ๖, ๙/ ของผู้ บอกภาษาโปเพศชาย 19 คน โดยระบุค่าต่ำสุด (Min) ควอร์ไทล์ที่ 1 (Q1) ค่ามัธยฐาน (Median) ควอร์ไทล์ที่ 3 (Q3) ค่าสูงสุด (Max) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD).....	155
ตารางที่ 6.4 ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกในสระนาสิก /อ, ๓/ ของกลุ่มผู้พูดภาษาโปที่มีเสียงท้าย นาสิก 11 คน โดยระบุค่าต่ำสุด (Min) ควอร์ไทล์ที่ 1 (Q1) ค่ามัธยฐาน (Median) ควอร์ไทล์ที่ 3 (Q3) ค่าสูงสุด (Max) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms).....	157
ตารางที่ 6.5 ค่าร้อยละ (%) ของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกในสระนาสิก /อ, ๓/ ของกลุ่มผู้พูด ภาษาโปที่มีเสียงท้ายนาสิก 11 คน โดยระบุค่าต่ำสุด (Min) ควอร์ไทล์ที่ 1 (Q1) ค่ามัธยฐาน (Median) ควอร์ไทล์ที่ 3 (Q3) ค่าสูงสุด (Max) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	158
ตารางที่ 6.6 ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดของสระนาสิก /อ, ๓, ๖, ๙/ ของผู้บอกภาษาโป เพศชาย 19 คน โดยระบุค่าต่ำสุด (Min) ควอร์ไทล์ที่ 1 (Q1) ค่ามัธยฐาน (Median) ควอร์ไทล์ที่ 3 (Q3) ค่าสูงสุด (Max) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms).....	160
ตารางที่ 6.7 ค่าร้อยละ (%) ของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดของสระนาสิก /อ, ๓, ๖, ๙/ ของผู้บอกภาษาโปเพศชาย 19 คน โดยระบุค่าต่ำสุด (Min) ควอร์ไทล์ที่ 1 (Q1) ค่ามัธยฐาน (Median) ควอร์ไทล์ที่ 3 (Q3) ค่าสูงสุด (Max) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	161

ตารางที่ 6.8 ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกของพยัญชนะต้นนาสิกของผู้บอกภาษาโปเพศชาย 19 คน โดยระบุค่าต่ำสุด (Min) ควอร์ไทล์ที่ 1 (Q1) ค่ามัธยฐาน (Median) ควอร์ไทล์ที่ 3 (Q3) ค่าสูงสุด (Max) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms).....	177
ตารางที่ 6.9 ค่าร้อยละ (%) ของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกของพยัญชนะต้นนาสิกของผู้บอกภาษาโปเพศชาย 19 คน โดยระบุค่าต่ำสุด (Min) ควอร์ไทล์ที่ 1 (Q1) ค่ามัธยฐาน (Median) ควอร์ไทล์ที่ 3 (Q3) ค่าสูงสุด (Max) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD).....	177
ตารางที่ 7.1 ค่าเฉลี่ยของค่าความชัน ค่าจุดตัดแกน y และค่าโลคัสเสมือนของพยัญชนะต้นนาสิก /m, n, ŋ, ŋ/ ของผู้บอกภาษาสะกอเพศชาย 10 คน	184
ตารางที่ 7.2 ค่าความชันและค่าจุดตัดแกน Y (Hz) ของพยัญชนะกักต่างฐานกรณ์ในภาษาต่างๆ...	189
ตารางที่ 7.3 ค่าความชันและค่าจุดตัดแกน y (Hz) ของพยัญชนะนาสิกต่างฐานกรณ์ในภาษาอังกฤษสำเนียงออสเตรเลีย Yanyuwa Yindjibarndi และสะกอ	191
ตารางที่ 7.4 ค่าโลคัสเสมือน (Hz) ของพยัญชนะกักและพยัญชนะนาสิกต่างฐานกรณ์ในภาษาอังกฤษสำเนียงอเมริกัน Yanyuwa Yindjibarndi และสะกอ	194
ตารางที่ 7.5 ค่าเฉลี่ยของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms) และค่าร้อยละของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%) ของพยัญชนะท้ายนาสิกในภาษาปะโอและภาษาโป	200
ตารางที่ 7.6 ค่าเฉลี่ยของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms) และค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%) ของสระเสียงขึ้นจมูก [e ^N] และ [e ^N] ในภาษาปะโอ และสระเสียงขึ้นจมูก [i ^N] [e ^N] และ [e ^N] กับสระนาสิก /อ, ุ, ู, ึ/ ในภาษาโป.....	209
ตารางที่ 7.7 สรุปประเด็นว่าด้วยการออกเสียงขึ้นจมูกของสระ	215

สารบัญภาพ

ภาพที่ 2.1 แผนที่แสดงแหล่งตั้งถิ่นฐานและประชากรกะเหรี่ยงในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2545 (ดัดแปลงจาก “แหล่งตั้งถิ่นฐานและประชากรกะเหรี่ยงในประเทศไทย (2545)” จัดทำโดยผศ. ดร. ศิริวิไล อีระโรจนารัตน์ ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปรากฏใน วิชาดี บุรณะประเสริฐสุข และคณะ, 2555).....	12
ภาพที่ 2.2 ความสัมพันธ์ทางเชื้อสายตระกูลภาษาจีน-ทิเบต (ดัดแปลงจาก Matisoff, 2008).....	13
ภาพที่ 2.3 โมเดลใบไม้ร่วงแสดงตระกูลภาษาทิเบต-พม่า (ดัดแปลงจาก van Driem, 2015).....	14
ภาพที่ 2.4 ความสัมพันธ์ทางเชื้อสายภาษากลุ่มกะเหรี่ยงของ Jones (ดัดแปลงจาก Jones, 1961).....	15
ภาพที่ 2.5 ความสัมพันธ์ทางเชื้อสายภาษากลุ่มกะเหรี่ยงของ Burling (ดัดแปลงจาก Burling, 1969).....	15
ภาพที่ 2.6 ความสัมพันธ์ทางเชื้อสายภาษากลุ่มกะเหรี่ยงของ Manson (Manson, 2011).....	16
ภาพที่ 2.7 สเปกโตรแกรมของคำว่า /nɔ/ ในภาษาสะกอแสดงค่าความถี่ฟอร์เมนทานาลิก (NF) และค่าต้านฟอร์เมนต์ (NZ) ของ /n/ T (transition) คือ ช่วงรอยต่อระหว่างพยัญชนะนาสิกและสระโอษฐ์ และ F คือ ค่าความถี่ฟอร์เมนต์ของสระ.....	25
ภาพที่ 2.8 สเปกตรัมแสดงการเปลี่ยนแปลงของพลังงานระหว่างเมอร์เมอร์นาสิกและช่วงปล่อยลมใน [ma] และ [na] ส่วนที่แรเงาแสดงบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงพลังงานมาก (ดัดแปลงจาก Kurowski & Blumstein, 1987).....	31
ภาพที่ 2.9 สมการจตุรร่วมแสดงค่าความชันและค่าจุดตัดแกน y ของ /n/ (ดัดแปลงจาก Sussman & Shore, 1996).....	32
ภาพที่ 2.10 โลคัสเสมือนของ /d/ (ดัดแปลงจาก Delattre et al., 1955).....	34
ภาพที่ 2.11 ตำแหน่งที่สมการจตุรร่วมตัดกับสมการ $y = x$ แสดงค่าโลคัสเสมือนของ /n/ ในภาษา Yindjibarndi (ดัดแปลงจาก Tabain, n.d.).....	34
ภาพที่ 2.12 ตำแหน่งลิ้นเมื่อออกเสียงสระต่างๆ (Pickett, 1980).....	37
ภาพที่ 2.13 ช่องทางเดินของกระแสลมขณะออกเสียงสระโอษฐ์และสระนาสิก (ดัดแปลงจาก Thomas, Bouquieux & Cloarec-Heiss, 1976 อ้างถึงใน Forel & Puskás, 2005).....	39

ภาพที่ 2.14 ลำดับการพัฒนาเป็นสระนาสิกของสระ i e a u o (ดัดแปลงจาก Ruhlen, 1973) 43

ภาพที่ 3.1 เครื่อง MicroProcessor Speech Studio ไมโครโฟน electrodes และ nasality sensor ของภาควิชาภาษาศาสตร์ คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 60

ภาพที่ 3.2 สเปกโตรแกรมของคำว่า ma45 ‘ลูกเขย’ ในภาษาสะกอ แสดงตำแหน่งต้น กลาง และท้ายสระของ /a/ 65

ภาพที่ 3.3 ขั้นตอนการหาค่าความถี่ฟอร์แมนท์ด้วยคำสั่งไปที่ฟอร์แมนท์ (เบิร์ก) (To Formant (burg)) ในโปรแกรมพรอท..... 66

ภาพที่ 3.4 ค่าความถี่ฟอร์แมนท์นาสิก (NF) ของพยัญชนะต้น /m/ และค่าความถี่ฟอร์แมนท์ของ สระ /a/ (F) ในคำว่า ma45 ‘ลูกเขย’ ในภาษาสะกอ 67

ภาพที่ 3.5 ขั้นตอนการหาค่าความถี่ฟอร์แมนท์ที่ 2 ตำแหน่งกลางสระด้วยคำสั่งหาค่า ณ จุดเวลา (Get value at time) 68

ภาพที่ 3.6 สเปกตรัม FFT จากตำแหน่งกลางสระ /a/ ในคำว่า ma45 ‘ลูกเขย’ ในภาษาสะกอ แกน y แสดงค่าความเข้ม (dB) แกน x แสดงค่าความถี่ (Hz) F1 แสดงตำแหน่งค่าความถี่ฟอร์แมนท์ที่ 1, F2 แสดงตำแหน่งค่าความถี่ฟอร์แมนท์ที่ 2 และ NF แสดงค่าความถี่ฟอร์แมนท์นาสิก..... 69

ภาพที่ 3.7 สมการจตุรร่วมของพยัญชนะต้นนาสิก /n/ ของผู้บอกภาษาสะกอคนที่ 1..... 70

ภาพที่ 3.8 สมการจตุรร่วมของพยัญชนะต้นนาสิก /n/ (เส้นทึบ) และสมการ $y = x$ (เส้นประ) ของผู้บอกภาษาสะกอคนที่ 1..... 72

ภาพที่ 3.9 สเปกโตรแกรมของคำว่า k333 ‘ขี้เกียจ’ ในภาษาโป..... 73

ภาพที่ 3.10 สเปกโตรแกรมของคำว่า ni44 ‘ผึ้ง’ ในภาษาโป เลข 10 แสดงระยะห่างระหว่างเคอร์เซอร์ เลข 25 แสดงความยาวหน้าต่างของช่วงเสียงที่นำมาสร้างสเปกตรัม เลข 9 แสดงตำแหน่งเคอร์เซอร์ที่ 9 75

ภาพที่ 3.11 สเปกตรัม FFT ของสระ [i^N] ณ ตำแหน่ง 3.99 วินาที ของคำว่า ni44 ‘ผึ้ง’ ในภาษาโป..... 76

ภาพที่ 3.12 สเปกตรัม FFT ของสระ [i] ในคำว่า di33 ‘เขียด’ ณ ตำแหน่ง 0.67 วินาที และ [i^N] ณ ตำแหน่ง 3.99 วินาที ในคำว่า ni44 ‘ผึ้ง’ ในภาษาโป..... 77

ภาพที่ 3.13 สเปกโตรแกรมของคำว่า ta33 nek44 ‘ติดคอ’ ในภาษาปะโอ เลข 1 แสดงจุดเริ่มต้นสระ เลข 2 แสดงจุดสิ้นสุดการออกเสียงขึ้นจมูก..... 77

ภาพที่ 3.14 สเปกโตรแกรมของคำว่า kǎ33 ‘ชี้เกี้ยว’ ในภาษาโป.....	78
ภาพที่ 3.15 ตัวอย่างแผนภูมิกล่องแสดงค่าความชันของชุดข้อมูล /n/ จากข้อมูลผู้บอกภาษา 10 คนในภาษาสะกอ	87
ภาพที่ 3.16 เส้นโค้งและกล่องแสดงลักษณะการแจกแจงของข้อมูล.....	88
ภาพที่ 3.17 เปรียบเทียบตัวอย่างแผนภูมิกล่องแสดงค่าความชันของชุดข้อมูล /n/ และ /ŋ/ จากข้อมูลผู้บอกภาษา 10 คนในภาษาสะกอ	89
ภาพที่ 4.1 ทิศทางการบิดเบนของค่าความถี่ฟอร์เมนต์ที่ 2 หลังพยัญชนะต้นนาสิกจากข้อมูลของผู้บอกภาษาสะกอเพศชาย 10 คน	96
ภาพที่ 4.2 กราฟแสดงสมการจตุรรมของพยัญชนะต้นนาสิก /m, n, ŋ, ɲ/ ของผู้บอกภาษาเพศชายคนที่ 1 อายุ 69 ปี.....	98
ภาพที่ 4.3 กราฟแสดงสมการจตุรรมของพยัญชนะต้นนาสิก /m, n, ŋ, ɲ/ ของผู้บอกภาษาเพศชายคนที่ 2 อายุ 35 ปี.....	99
ภาพที่ 4.4 กราฟแสดงสมการจตุรรมของพยัญชนะต้นนาสิก /m, n, ŋ, ɲ/ ของผู้บอกภาษาเพศชายคนที่ 4 อายุ 51 ปี.....	100
ภาพที่ 4.5 ค่าความชัน (ซ้าย) และค่าจุดตัดแกน y (ขวา) ของพยัญชนะต้นนาสิก /m, n, ŋ, ɲ/ จากข้อมูลของผู้บอกภาษาสะกอเพศชาย 10 คน.....	104
ภาพที่ 4.6 บริเวณความสัมพันธ์ระหว่างพยัญชนะต้นนาสิก /m, n, ŋ, ɲ/ กับสระ (CV space) จากค่าความชันและค่าจุดตัดแกน y ของผู้บอกภาษาสะกอเพศชาย 10 คน	105
ภาพที่ 4.7 ค่าโลคัสเสมือนของพยัญชนะต้นนาสิก /m, n, ŋ, ɲ/ จากข้อมูลของผู้บอกภาษาสะกอเพศชาย 10 คน.....	110
ภาพที่ 5.1 ตัวอย่างแผนภูมิกล่องของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก (ND) ของ /ɛ/ ที่เกิดหลังพยัญชนะต้นนาสิก /NVC/ จากข้อมูลของผู้บอกภาษาปะโอเพศชาย 19 คน หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms).....	115
ภาพที่ 5.2 ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก (ND) หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms) (ซ้าย) และค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก (%ND) หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%) (ขวา) ของ /ɛ/ ของผู้บอกภาษาปะโอเพศชาย 19 คน	118

ภาพที่ 5.3 ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก (ND) หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms) (ซ้าย) และค่าร้อยละ ของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก (%ND) หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%) (ขวา) ของ /e/ ของผู้บอก ภาษาปะโอเพศชาย 19 คน	121
ภาพที่ 5.4 ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก (NMD) หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms) (ซ้าย) และค่าร้อยละ ของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก (%NMD) หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%) (ขวา) ของพยัญชนะต้น นาสิกและพยัญชนะท้ายนาสิกที่ปรากฏกับ /e/ ของผู้บอกภาษาปะโอเพศชาย 19 คน.....	124
ภาพที่ 5.5 ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก (NMD) หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms) (ซ้าย) และค่าร้อยละ ของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก (%NMD) หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%) (ขวา) ของพยัญชนะต้น นาสิกและพยัญชนะท้ายนาสิกที่ปรากฏกับ /e/ ของผู้บอกภาษาปะโอเพศชาย 19 คน.....	127
ภาพที่ 5.6 ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมด (TN) หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms) (ซ้าย) และค่า ร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมด (%TN) หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%) (ขวา) ของ /e/ ของผู้บอกภาษาปะโอเพศชาย 19 คน.....	130
ภาพที่ 5.7 ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมด (TN) หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms) (ซ้าย) และค่า ร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมด (%TN) หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%) (ขวา) ของ /e/ ของผู้บอกภาษาปะโอเพศชาย 19 คน.....	132
ภาพที่ 5.8 ค่าเฉลี่ยของค่าระยะเวลาสระ (VD) และค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก (ND) ของ /e/ ที่เกิดหลังพยัญชนะต้นนาสิกและหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกของผู้บอกภาษาปะโอเพศชาย 19 คน หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms).....	134
ภาพที่ 5.9 ค่าเฉลี่ยของค่าระยะเวลาสระ (VD) และค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก (ND) ของ /e/ ที่เกิดหลังพยัญชนะต้นนาสิกและหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกของผู้บอกภาษาปะโอเพศชาย 19 คน หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms).....	135
ภาพที่ 5.10 ค่าเฉลี่ยของค่าระยะเวลาสระ (VD) และค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก (NMD) ของ /e/ ที่เกิดหลังพยัญชนะต้นนาสิกและหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกของผู้บอกภาษาปะโอเพศชาย 19 คน หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms)	137
ภาพที่ 5.11 ค่าเฉลี่ยของค่าระยะเวลาสระ (VD) และค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก (NMD) ของ /e/ ที่เกิดหลังพยัญชนะต้นนาสิกและหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกของผู้บอกภาษาปะโอเพศชาย 19 คน หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms)	138

ภาพที่ 5.12 ค่าเฉลี่ยของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุ่ม (ND) และค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก (NMD) ของ /e/ ที่เกิดหลังพยัญชนะต้นนาสิกและหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกของผู้บอกภาษาปะโอเพศชาย 19 คน หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms).....	139
ภาพที่ 5.13 ค่าเฉลี่ยของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุ่ม (ND) และค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก (NMD) ของ /e/ ที่เกิดหลังพยัญชนะต้นนาสิกและหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกของผู้บอกภาษาปะโอเพศชาย 19 คน หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms).....	140
ภาพที่ 5.14 ค่าเฉลี่ยของค่าระยะเวลาสระ (VD), ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก (NMD) และค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุ่ม (ND) ของ /e/ และ /ɛ/ ที่ปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิกของผู้บอกภาษาปะโอเพศชาย 19 คน หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms).....	142
ภาพที่ 5.15 ค่าเฉลี่ยของค่าระยะเวลาสระ (VD), ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก (NMD) และค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุ่ม (ND) ของ /e/ และ /ɛ/ ที่ปรากฏหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกของผู้บอกภาษาปะโอเพศชาย 19 คน หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms).....	143
ภาพที่ 6.1 กราฟเปรียบเทียบสัทสมบัติ 2 แบบ คือ [ĩ] และ [ĩ ^h] ของสระนาสิก /ɔ̃, ɔ̃/ ของผู้บอกภาษาโปเพศชาย 19 คน ในภาพแสดงค่าเฉลี่ยของค่าระยะเวลาของช่วงสระโอซุ้ (%OVDP), ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุ่ม (ND) และค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก (NMD) หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms).....	150
ภาพที่ 6.2 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละของค่าระยะเวลาของช่วงสระโอซุ้ (%OVDP), ค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุ่ม (%ND) และค่าร้อยละของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก (%NMD) ของสัทสมบัติ 2 แบบ คือ [ĩ] และ [ĩ ^h] ของสระนาสิก /ɔ̃, ɔ̃/ ของผู้บอกภาษาโปเพศชาย 19 คน	151
ภาพที่ 6.3 ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุ่ม (ND) หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms) (ซ้าย) และค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุ่ม (%ND) หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%) (ขวา) ของสระนาสิก /ɔ̃, ɔ̃, ɔ̃, ɔ̃/ ของผู้บอกภาษาโปเพศชาย 19 คน	156
ภาพที่ 6.4 ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก (NMD) หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms) (ซ้าย) และค่าร้อยละของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก (%NMD) (ขวา) หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%) ในสระนาสิก /ɔ̃, ɔ̃/ ของกลุ่มผู้พูดภาษาโปที่มีเสียงท้ายนาสิก 11 คน	159

ภาพที่ 6.5 ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมกทั้งหมด (TN) หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms) (ซ้าย) และค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมกทั้งหมด (%TN) หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%) (ขวา) ของสระนาสิก /ɔ̃, ɔ̄, ɔ̆, ɔ̈/ ของผู้บอกภาษาโปเพศชาย 19 คน 162

ภาพที่ 6.6 ค่าเฉลี่ยของค่าระยะเวลาสระ (VD) และค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมก (ND) ของสระนาสิกของผู้บอกภาษาโปเพศชาย 19 คน หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms) 164

ภาพที่ 6.7 ค่าเฉลี่ยของค่าระยะเวลาสระ (VD) และค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก (NMD) ของสระนาสิก /ɔ̃, ɔ̄/ ของกลุ่มผู้พูดที่มีเสียงท้ายนาสิก (NC) ในภาษาโป หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms).... 166

ภาพที่ 6.8 สเปกตรัม FFT ของสระ [i] ในคำว่า di33 ‘เขียด’ (ซ้าย) และ [i^N] ในคำว่า ni44 ‘ผึ้ง’ (ขวา) ณ ตำแหน่งต้นสระ (แถวบน) กลางสระ (แถวกลาง) และท้ายสระ (แถวล่าง) ของผู้บอกภาษาโปคนที่ 1 วงกลมสีแดงแสดงตำแหน่งค่าความถี่ฟอร์เมนทานาสิก..... 169

ภาพที่ 6.9 สเปกตรัม FFT ของสระ [e] ในคำว่า de33 ‘สะใภ้’ (ซ้าย) และ [e^N] ในคำว่า ne33 ‘มัน (พืช)’ (ขวา) ณ ตำแหน่งต้นสระ (แถวบน) กลางสระ (แถวกลาง) และท้ายสระ (แถวล่าง) ของผู้บอกภาษาโปคนที่ 1 วงกลมสีแดงแสดงตำแหน่งค่าความถี่ฟอร์เมนทานาสิก 170

ภาพที่ 6.10 สเปกตรัม FFT ของสระ [ɛ] ในคำว่า de33 ‘เห็น’ (ซ้าย) และ [ɛ^N] ในคำว่า ne44 ‘จุมก’ (ขวา) ณ ตำแหน่งต้นสระ (แถวบน) กลางสระ (แถวกลาง) และท้ายสระ (แถวล่าง) ของผู้บอกภาษาโปคนที่ 1 วงกลมสีแดงแสดงตำแหน่งค่าความถี่ฟอร์เมนทานาสิก..... 171

ภาพที่ 6.11 สเปกตรัม FFT ของสระ [i] ในคำว่า di33 ‘เขียด’ (ซ้าย) และ [i^N] ในคำว่า ni44 ‘ผึ้ง’ (ขวา) ณ ตำแหน่งต้นสระ (แถวบน) กลางสระ (แถวกลาง) และท้ายสระ (แถวล่าง) ของผู้บอกภาษาโปคนที่ 16 วงกลมสีแดงแสดงตำแหน่งค่าความถี่ฟอร์เมนทานาสิก..... 173

ภาพที่ 6.12 สเปกตรัม FFT ของสระ [e] ในคำว่า de33 ‘สะใภ้’ (ซ้าย) และ [e^N] ในคำว่า ne33 ‘มัน (พืช)’ (ขวา) ณ ตำแหน่งต้นสระ (แถวบน) กลางสระ (แถวกลาง) และท้ายสระ (แถวล่าง) ของผู้บอกภาษาโปคนที่ 16 วงกลมสีแดงแสดงตำแหน่งค่าความถี่ฟอร์เมนทานาสิก..... 174

ภาพที่ 6.13 สเปกตรัม FFT ของสระ [ɛ] ในคำว่า de33 ‘เห็น’ (ซ้าย) และ [ɛ^N] ในคำว่า ne44 ‘จุมก’ (ขวา) ณ ตำแหน่งต้นสระ (แถวบน) กลางสระ (แถวกลาง) และท้ายสระ (แถวล่าง) ของผู้บอกภาษาโปคนที่ 16 วงกลมสีแดงแสดงตำแหน่งค่าความถี่ฟอร์เมนทานาสิก..... 175

ภาพที่ 6.14 ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก (NMD) หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms) (ซ้าย) และค่าร้อยละของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก (%NMD) (ขวา) หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%)ของพยัญชนะต้นนาสิกของผู้บอกภาษาโปเพศชาย 19 คน..... 178

ภาพที่ 7.1 ลำดับความมากน้อยของค่าความชัน ค่าจุดตัดแกน y และค่าโลคัสเสมือนของพยัญชนะต้นนาสิก /m, n, ŋ, ŋ/ ของผู้บอกภาษาสะกอเพศชาย 10 คน	184
ภาพที่ 7.2 บริเวณความสัมพันธ์ระหว่างพยัญชนะต้นนาสิก 4 ฐานกรณกับสระ (CV space) จากค่า ความชันและค่าจุดตัดแกน y ของภาษาสะกอ อังกฤษสำเนียงออสเตรเลีย Yanyuwa และ Yindjibarndi (● แทน /m/ ▲ แทน /n/ ■ แทน /ŋ/ ◆ แทน /ŋ/)	192
ภาพที่ 7.3 แสดงวิถีการเคลื่อนที่ของลิ้นจาก [d] ไปยังสระต่างๆ และบริเวณเป้าหมายของ [d] (ดัดแปลงจาก Lindblom & Sussman (2012)).....	196
ภาพที่ 7.4 ลำดับการพัฒนาเป็นสระนาสิกของสระ i e a u o (ดัดแปลงจาก Ruhlen, 1973).....	207



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

ในขณะที่การออกเสียงส่วนใหญ่ในภาษามีกระแสลมไหลออกทางช่องปาก แต่เสียงนาสิกทั้งพยัญชนะนาสิกและสระที่ออกเสียงขึ้นจมูกกลับมีกระแสลมไหลออกทางช่องจมูก ซึ่งเกิดจากการที่เพดานอ่อนเคลื่อนตัวลง ทำให้ช่องคอ ช่องปาก และช่องจมูกเชื่อมต่อกัน ความซับซ้อนของกระบวนการออกเสียงนาสิกส่งผลให้ลักษณะทางกลศาสตร์และการรับรู้เสียงเหล่านี้ซับซ้อนด้วย ทำให้เสียงนาสิกได้รับความสนใจศึกษาวิจัยอย่างแพร่หลายในหลายแง่มุม อาทิ การศึกษาความแตกต่างของพยัญชนะนาสิกกับพยัญชนะที่มีลักษณะการออกเสียงแบบต่างๆ (Fujimura, 1962; Johnson, 2003) การศึกษาความแตกต่างของฐานกรณ์ของพยัญชนะนาสิก (Delattre, Liberman & Cooper, 1955; Harding & Meyer, 2003; Liberman, Delattre, Cooper & Gerstman, 1954; Repp & Svastikula, 1988; Tabain, n.d.) การศึกษาการเคลื่อนที่ของอวัยวะที่เกี่ยวข้องในการผลิตเสียงสระที่ออกเสียงขึ้นจมูก (Delvaux, Metens & Soquet, 2002; Montagu, 2007) การศึกษา ลักษณะทางกลศาสตร์ที่แสดงการออกเสียงขึ้นจมูก (Chen, 1995; Huffman, 1990) การศึกษา การรับรู้สระนาสิกหรือสระไอซึซึซึ่งปรากฏในบริบทพยัญชนะนาสิก (สระเสียงขึ้นจมูก) (Hawkins & Stevens, 1985; House & Stevens, 1956) การศึกษาระดับความมากน้อยของการออกเสียงขึ้นจมูกของสระเสียงขึ้นจมูกและสระนาสิก เพื่อตอบปัญหาทางภาษาศาสตร์ในแง่มุมต่างๆ เช่น เพื่อเปรียบเทียบระดับความมากน้อยของการออกเสียงขึ้นจมูกของสระประเภทต่างๆ (Chen, 1995, 1996, 1997; Huffman, 1990; Klopfenstein, 2006) การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับความมากน้อยของการออกเสียงขึ้นจมูกกับคุณสมบัติสระ (Ha & Kuehn, 2006; Klopfenstein, 2006; Montagu, 2007; Onsuwan, 2005) การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับความมากน้อยของการออกเสียงขึ้นจมูกกับอิทธิพลของพยัญชนะนาสิกแวดล้อม (Beddor, 2007; Chen, Slifka & Stevens, 2007; Klopfenstein, 2006; Onsuwan, 2005; Rossato, Badin & Bouaouni, 2003) เป็นต้น

อย่างไรก็ตาม การศึกษาเสียงนาสิกส่วนใหญ่เป็นการศึกษาภาษาตะวันตกและภาษาแอฟริกัน การศึกษาในภาษาอื่นๆ พอมืออยู่บ้างแต่ไม่มากนัก เช่น ภาษาฮินดี ภาษาจีน ภาษาออตตาวา¹ เป็นต้น ส่วนการศึกษาเสียงนาสิกเชิงกลศาสตร์ในภาษาเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ยังมีน้อยมาก อาทิ

¹ ภาษาออตตาวาเป็นภาษาอเมริกันพื้นเมือง อยู่ในตระกูลภาษาอัลกอนควียน (Algonquian)

Onsuwan (2005) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะเวลาสระและพยัญชนะท้ายนาสิก และค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของสระโอษฐ์ซึ่งปรากฏหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกในภาษาไทย กัญญารัตน์ เอี่ยมวันทอง (2551) ศึกษาค่าความถี่ฟอร์เมนต์ ค่าระยะเวลาของสระ และค่าความเข้มของสระเดี่ยวนาสิกในภาษามลายูถิ่นปัตตานี ณัฐพล พึ่งน้อย (2553) ศึกษาค่าความเข้ม ค่าระยะเวลาของสระ และค่าความถี่มูลฐานของสระโอษฐ์และสระเสียงขึ้นจมูกในพยางค์ที่ได้รับและไม่ได้รับการลงเสียงหนักในภาษามลายูถิ่นปัตตานีและภาษาอูรักลาโว้ย และ Teeranon (2012) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพยัญชนะต้นที่เป็นเสียงโฆษะและอโฆษะกับค่าความถี่มูลฐานของสระโอษฐ์และสระนาสิกในภาษาไทยที่พูดในจังหวัดเชียงราย จะเห็นได้ว่าการศึกษาเสียงนาสิกเชิงกลศาสตร์ในภาษาเอเชียตะวันออกเฉียงใต้มีน้อยมาก ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาเสียงนาสิกให้ครอบคลุมหลายแง่มุม ไม่ว่าจะเป็นฐานกรณ์ของพยัญชนะนาสิก สัทสมบัติของสระนาสิก ความสัมพันธ์ระหว่างการออกเสียงขึ้นจมูกและคุณสมบัติสระของสระนาสิกและสระเสียงขึ้นจมูก และอิทธิพลของพยัญชนะนาสิกที่ปรากฏหน้าหรือหลังสระ โดยเลือกศึกษาภาษาต่างๆ ในภาษากลุ่มกะเหรี่ยง เนื่องจากมีความเหมาะสมหลายประการ ดังนี้

ประการที่ 1 ภาษาสะกอมีพยัญชนะต้นนาสิก 4 ฐานกรณ์ ได้แก่ ริมฝีปาก /m-/ , ปุ่มเหงือก /n-/ , เพดานแข็ง /ŋ-/ และเพดานอ่อน /ŋ-/ ซึ่งในงานวิจัยเพื่อหาตัวบ่งชี้ฐานกรณ์พยัญชนะนาสิกมักศึกษาเพียง 3 ฐานกรณ์ ได้แก่ /m/ , /n/ และ /ŋ/ เนื่องจากเป็นเสียงที่พบได้บ่อยในภาษาต่างๆ ทั่วโลก แต่งานที่ศึกษา /ŋ/ มีน้อยมาก อาจเนื่องมาจาก /ŋ/ ไม่ค่อยปรากฏในระบบเสียง การศึกษาภาษาสะกอจึงช่วยเพิ่มเติมองค์ความรู้เกี่ยวกับฐานกรณ์เพดานแข็งได้ โดยผู้วิจัยเลือกใช้วิธีสมการจุดร่วม (Locus Equation) ซึ่งเป็นสมการเส้นตรงที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถี่ฟอร์เมนต์ที่ 2 ณ จุดเริ่มต้นของสระ (F2onset) ซึ่งเป็นตำแหน่งที่แสดงย่านความถี่ของพยัญชนะ และค่าความถี่ฟอร์เมนต์ที่ 2 ของสระ (F2vowel) ซึ่งเป็นตำแหน่งที่แสดงย่านความถี่ของสระ (Sussman, McCaffrey & Matthews, 1991) การศึกษาความแตกต่างของฐานกรณ์พยัญชนะนาสิกโดยใช้วิธีการสมการจุดร่วมเป็นวิธีที่ให้ค่าความชันและค่าจุดตัดแกน y ซึ่งไม่แปรไปตามคุณสมบัติสระ ต่างจากการศึกษาการบิดเบนของค่าความถี่ฟอร์เมนต์ในช่วงรอยต่อระหว่างพยัญชนะกับสระในฐานะตัวบ่งชี้ฐานกรณ์ ซึ่งขึ้นอยู่กับบริบทสระแวดล้อม

งานที่ศึกษาฐานกรณ์ของพยัญชนะด้วยวิธีสมการจุดร่วมที่ผ่านมามีส่วนใหญ่มากเป็นการศึกษาพยัญชนะกัก ผลการศึกษาส่วนใหญ่พบว่าค่าความชันและค่าจุดตัดแกน y ที่คำนวณได้จากสมการจุดร่วมสามารถจำแนกฐานกรณ์ของพยัญชนะกักได้ (Krull, 1989; Lindblom, 1963 อ้างถึงใน Sussman et al., 1991; Sussman, Hoemeke & Ahmed, 1993; ยุกาพร ฮวดศิริ, 2550) ส่วนการนำวิธีสมการจุดร่วมมาศึกษาความแตกต่างของฐานกรณ์ของพยัญชนะต้นนาสิกยังมีไม่มากนัก (Krull, 1989; Sussman & Shore, 1996; Tabain, 2000; Tabain, n.d.) และในบรรดางานวิจัยเหล่านี้ มี

เพียง Tabain (n.d.) ที่ศึกษาพยัญชนะนาสิกเพดานแข็งในภาษา Yanyuwa และ Yindjibarndi ซึ่งเป็นภาษาพื้นเมืองในประเทศออสเตรเลีย

นอกจากนี้ วิธีสมการจตุรรมยังใช้พิสูจน์แนวความคิดโลคัสเสมือนได้ “โลคัส” หรือ “โลคัสเสมือน” (virtual locus) หมายถึง ย่านความถี่หนึ่งๆ ที่ค่าความถี่ฟอร์เมนทของสระมุ่งไปหา มีค่าตายตัวและไม่แปรไปตามบริบทสระแวดล้อม (Delattre et al., 1955) ต่างจากค่าความชันและค่าจุดตัดแกน y ที่ได้จากวิธีสมการจตุรรม ซึ่งเป็นค่าที่คำนวณจากค่าความถี่ฟอร์เมนทที่ 2 ณ ตำแหน่งต้นและกลางสระ (Sussman et al., 1991) ผลการศึกษาค่าโลคัสเสมือนของพยัญชนะนาสิกพบว่า บางฐานกรณ์ไม่มีค่าโลคัสเสมือน (Tabain, n.d.) ผลการศึกษานี้จึงเป็นหลักฐานทางกลศาสตร์ที่แย้งแนวคิดโลคัสเสมือน ดังนั้น การศึกษาพยัญชนะนาสิกทั้ง 4 ฐานกรณ์ในภาษาสะกอซึ่งเป็นภาษาเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ด้วยวิธีสมการจตุรรม นอกจากจะช่วยเพิ่มองค์ความรู้ใหม่เกี่ยวกับพยัญชนะนาสิกต่างฐานกรณ์ให้ครบถ้วนยิ่งขึ้นแล้ว ยังอาจทำให้เห็นความเป็นสากลของค่าความชันและค่าจุดตัดแกน y ในภาษาหลายตระกูล และข้อค้นพบอาจสนับสนุนหรือคัดค้านแนวคิด “โลคัสเสมือน” ได้อีกด้วย

ประการที่ 2 ภาษาโปมีสระ 2 ประเภท ได้แก่ สระโอษฐ์ /V/ และ สระนาสิก /Ń/ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ การที่ภาษาโปมีสระนาสิกและสระโอษฐ์ซึ่งปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิก หรืออีกนัยหนึ่ง สระโอษฐ์ปรับเปลี่ยนเป็นสระเสียงขึ้นจมูกที่มีระดับความสูงต่ำของลิ้นทั้งสูง กลาง และต่ำ ทำให้เหมาะสำหรับการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการออกเสียงขึ้นจมูกและคุณสมบัติสระ เพื่อดูว่าสระต่ำมีการออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระสูงหรือไม่ จากการทบทวนวรรณกรรม แม้ว่าจะงานส่วนใหญ่จะพบว่าสระต่ำมีค่าระยะเวลาของการออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระสูง (Chen, 2000; Montagu, 2007; Onsuwan, 2005) แต่ยังพบผลการวิจัยที่ขัดแย้งในบางภาษา (Ha & Kuehn, 2006; Klopfenstein, 2006) ข้อค้นพบจากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการออกเสียงขึ้นจมูกและคุณสมบัติสระในภาษาโปซึ่งเป็นภาษาเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ อาจช่วยสนับสนุนหรือคัดค้านผลการศึกษาที่ผ่านมาได้

ที่ผ่านมา งานวิจัยส่วนมากศึกษาเพียงสระเสียงขึ้นจมูก (nasalized vowel) หรือสระนาสิก (nasal vowel) อย่างใดอย่างหนึ่ง มีเพียงงานวิจัยไม่กี่ชิ้นที่ศึกษาสระทั้ง 2 ประเภท (Delvaux, Demolin, Harmegnies & Soquet, 2008; Delvaux et al., 2002; Rossato et al., 2003) ดังนั้น การที่ภาษาโปมีสระทั้ง 2 ประเภท ได้แก่ สระเสียงขึ้นจมูกและสระนาสิก ทำให้สามารถศึกษาได้ว่า สระที่มีการออกเสียงขึ้นจมูกทั้งในระดับสัทศาสตร์และระดับสัทวิทยา มีรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างการออกเสียงขึ้นจมูกและคุณสมบัติสระเหมือนกันหรือไม่ และอย่างไร ในการศึกษาค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของสระที่ออกเสียงขึ้นจมูกทางกลศาสตร์ ผู้วิจัยเลือกใช้วิธีการเปรียบเทียบสเปกตรัม FFT (Fast Fourier Transform) ของทั้งช่วงสระ เพื่อหาภาพที่มีค่าความถี่ฟอร์เมนทนาสิก (nasal

formant) ปรากฏเป็นภาพแรกซึ่งนับเป็นจุดเริ่มต้นของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก (Beddor, 2007; Onsuwan, 2005) เพราะเป็นวิธีที่มีเกณฑ์ชัดเจน น่าเชื่อถือและซับซ้อนน้อยกว่าวิธีอื่น

นอกจากนี้ สระนาสิก / \tilde{V} / ในภาษาโปยังมีความน่าสนใจ เนื่องจากมีสัทสมบัติ (phonetic realization) ได้หลายลักษณะ ทั้ง [\tilde{V}] [\tilde{V}^n] และ [$V\eta$]² สัทสมบัติแบบที่ 1 [\tilde{V}] คือ สระนาสิกที่มีการออกเสียงขึ้นจมูกในช่วงสระ โดยไม่มีเสียงท้ายนาสิก สัทสมบัติแบบที่ 2 [\tilde{V}^n] คือ สระนาสิกที่มีการออกเสียงขึ้นจมูกในช่วงสระ และมีเสียงท้ายนาสิกเพดานอ่อนในระดับสัทศาสตร์ นั่นคือ เสียงท้ายนาสิกไม่มีสถานะเป็นหน่วยเสียง และสัทสมบัติแบบที่ 3 [$V\eta$] คือ สระโอษฐ์ที่มีการออกเสียงขึ้นจมูกในระดับสัทศาสตร์ซึ่งเกิดจากอิทธิพลของพยัญชนะท้ายนาสิกเพดานอ่อน ทำให้มีประเด็นที่น่าศึกษา คือ สัทสมบัติของสระนาสิกแบบต่างๆ มีค่าระยะเวลาสระและค่าระยะเวลาของพยัญชนะท้ายนาสิกเป็นเช่นไร การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสระและพยัญชนะในงานวิจัยหลายงาน พบว่า สระที่ปรากฏหน้าพยัญชนะที่มีค่าระยะเวลามากมักมีค่าระยะเวลาน้อย ในขณะที่สระที่ปรากฏหน้าพยัญชนะที่มีค่าระยะเวลาน้อยมักมีค่าระยะเวลามาก (Abramson, 1962; Lisker, 1978; Onsuwan, 2005; Roengpitya, 2001) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะเวลาสระและค่าระยะเวลาของพยัญชนะท้ายเป็นลักษณะเฉพาะของแต่ละภาษา ทำให้มีประเด็นที่น่าสนใจว่า สระนาสิกในภาษาโปจะมีความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะเวลาสระและค่าระยะเวลาของพยัญชนะท้ายนาสิกเป็นไปในทิศทางเดียวกับข้อค้นพบในงานวิจัยอื่นๆ หรือไม่

ประการที่ 3 ภาษาปะโอมีพยัญชนะท้ายนาสิก 3 ฐานกรณ์ ได้แก่ ริมฝีปาก /-m/, ปุ่มเหงือก /-n/ และเพดานอ่อน /-ŋ/ ทำให้ภาษาปะโอเป็นเพียงภาษาเดียวในภาษากลุ่มกะเหรี่ยงที่ยังคงเก็บรักษาพยัญชนะท้ายนาสิกทั้ง 3 ฐานกรณ์ในภาษากะเหรี่ยงดั้งเดิม (Proto-Karen) ไว้ (Jones, 1961; Luangthongkum, 2014) ดังนั้น ในขณะที่ภาษากะเหรี่ยงอื่นๆ มีเพียงพยัญชนะต้นนาสิกที่ปรากฏหน้าสระ (NV) ภาษาปะโอมีทั้งพยัญชนะต้นนาสิกที่ปรากฏหน้าสระ (NVC) และพยัญชนะท้ายนาสิกที่ปรากฏหลังสระ (CVN) ทำให้สามารถเปรียบเทียบค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกที่เกิดจากพยัญชนะนาสิกที่อยู่ในตำแหน่งต่างกัน เพื่อศึกษาว่าพยัญชนะนาสิกที่ปรากฏหน้าหรือหลังสระทำให้สระมีระดับการออกเสียงขึ้นจมูกมากน้อยกว่ากันหรือไม่ และอย่างไร

งานวิจัยส่วนใหญ่พบว่าค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของสระโอษฐ์ซึ่งปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิกมากกว่าค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของสระโอษฐ์ซึ่งปรากฏหน้าพยัญชนะท้ายนาสิก (Beddor & Onsuwan, 2003; Ha & Kuehn, 2006; Klopfenstein, 2006; Rochet & Rochet, 1991a; Rossato et al., 2003) อย่างไรก็ตาม งานวิจัยบางงานพบว่าสระที่ปรากฏหน้าพยัญชนะท้าย

² สัทสมบัติ 3 แบบของสระนาสิกที่ระบุในงานวิจัยนี้มีที่มาจากผลการศึกษาสระนาสิกในภาษาโปที่พูดในบ้านอิมาด-อิทราย ตำบลแก้มมะกรูด อำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานีของศาสตราจารย์ ดร. วีระพันธ์ เหลืองทองคำ

นาสิกมีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมูกมากกว่าสระที่ปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิก (Moll & Daniloff, 1971; Ohala, 1971; Rochet & Rochet, 1991a) ดังนั้น จึงน่าสนใจว่า การศึกษาอิทธิพลของพยัญชนะนาสิกที่อยู่ในตำแหน่งต่างกันต่อสระในภาษาปะโอโดยวิธีการทางกลศาสตร์จะสนับสนุนหรือคัดค้านผลการศึกษาใด

ด้วยเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น การศึกษาเสียงนาสิกทั้งพยัญชนะนาสิก และสระโอษฐ์ที่ออกเสียงขึ้นจุมูก และสระนาสิกในภาษากลุ่มกะเหรี่ยงด้วยวิธีการทางกลศาสตร์ จะช่วยเพิ่มเติมองค์ความรู้เกี่ยวกับลักษณะทางกลศาสตร์ของเสียงประเภทเสียงนาสิกให้ครอบคลุมหลายประเด็น ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาเสียงประเภทเสียงนาสิกทางสรีรศาสตร์และใช้เป็นความรู้พื้นฐานในการทดสอบการรับรู้เสียงนาสิกต่อไป นอกจากนี้ ยังเป็นการสร้างเสริมองค์ความรู้เกี่ยวกับเรื่องของเสียงประเภทเสียงนาสิกในภาษาเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ให้กว้างขวางลึกซึ้งยิ่งขึ้นด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. วิเคราะห์พยัญชนะนาสิก 4 ฐานกรณ์ ได้แก่ ริมฝีปาก ปุ่มเหงือก เพดานแข็ง และเพดานอ่อนในภาษาสะกอ โดยวิธีสมการจตุรร่วม
2. วิเคราะห์คุณสมบัตินาสิกของสระนาสิก และสระโอษฐ์ที่ปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิกในภาษาโป
3. วิเคราะห์คุณสมบัตินาสิกของสระโอษฐ์เมื่อปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิกและเมื่อปรากฏหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกในภาษาปะโอ
4. ประมวลและสังเคราะห์ข้อค้นพบเกี่ยวกับคุณสมบัตินาสิกในภาษากลุ่มกะเหรี่ยงทั้งสามภาษา

1.3 สมมติฐาน

1. ในภาษาสะกอ เมื่อวิเคราะห์โดยใช้วิธีสมการจตุรร่วมจะได้ผลดังนี้ (1) พยัญชนะนาสิกเพดานอ่อน /ŋ-/ มีค่าความชัน (slope) มากที่สุดและพยัญชนะนาสิกเพดานแข็ง /ŋ-/ มีค่าความชันน้อยที่สุด (2) พยัญชนะนาสิกเพดานแข็ง /ŋ-/ มีค่าจุดตัดแกน y (y-intercept) มากที่สุดและพยัญชนะนาสิกเพดานอ่อน /ŋ-/ มีค่าจุดตัดแกน y น้อยที่สุด และ (3) พยัญชนะนาสิกเพดานแข็ง /ŋ-/ มีค่าโลคัสเสมือน (virtual locus) มากที่สุดและพยัญชนะนาสิกริมฝีปาก /m-/ มีค่าโลคัสเสมือนน้อยที่สุด

2. ในภาษาโป (1) หน่วยเสียงสระนาสิก / \tilde{V} / ซึ่งมีรูปแปร 3 รูป คือ [\tilde{V}] [\tilde{V}^n] และ [Vŋ] มีค่าระยะเวลาสระ (vowel duration) ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก (nasal murmur duration) และค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก (nasalization duration) ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และ (2) สระต่ำที่มีการออกเสียงขึ้นจมูก (/C \tilde{V} / หรือ /NV/) มีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระสูงที่มีการออกเสียงขึ้นจมูกอย่างมีนัยสำคัญ

3. ในภาษาปะโอ สระโอษฐ์ซึ่งปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิก /NVC/ มีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระโอษฐ์ซึ่งปรากฏหน้าพยัญชนะท้ายนาสิก /CVN/ อย่างมีนัยสำคัญ

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

ภาษาที่ใช้ในการวิจัยคือ ภาษากลุ่มกะเหรี่ยง 3 ภาษา ได้แก่ (1) ภาษาสะกอสำหรับการศึกษาพยัญชนะนาสิก (2) ภาษาโปสำหรับการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสระนาสิกหรือสระเสียงขึ้นจมูกและคุณสมบัติสระ และ (3) ภาษาปะโอสำหรับการศึกษาอิทธิพลของพยัญชนะนาสิกที่อยู่ในตำแหน่งต่างกันต่อการออกเสียงขึ้นจมูกของสระโอษฐ์

1.5 นิยามศัพท์ สัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในงานวิจัย

1.5.1 นิยามศัพท์

1. **สระโอษฐ์** (oral vowel) หมายถึง สระที่กระแสลมไหลออกจากช่องปาก
2. **สระที่ออกเสียงขึ้นจมูก** (vowel with nasalization) หมายถึง สระที่มีการสั่นพ้องในช่องจมูก ในงานวิจัยนี้ใช้เมื่อกล่าวถึงสระนาสิกและสระเสียงขึ้นจมูกรวมกัน
3. **สระนาสิก** (nasal vowel) หมายถึง สระที่การออกเสียงขึ้นจมูกมีนัยสำคัญในการแยกความหมายของคำ การออกเสียงขึ้นจมูกของสระนาสิกอยู่ในระดับสัทวิทยา เช่น ในภาษาโป สระนาสิก \tilde{a} ในคำว่า $b\tilde{a}$ ⁴² ‘สีเหลือง’ ต่างกับสระ a ในคำว่า ba ⁴² ‘ปูนสำหรับไว้กินหมาก’ อย่างมีนัยสำคัญทางภาษาศาสตร์ เป็นต้น
4. **สระเสียงขึ้นจมูก** (nasalized vowel) หมายถึง สระโอษฐ์ซึ่งปรากฏในบริบทพยัญชนะนาสิก สระเสียงขึ้นจมูกมีการออกเสียงขึ้นจมูกในระดับสัทศาสตร์ที่เกิดจากอิทธิพลของพยัญชนะนาสิก เช่น ในภาษาโป สระโอษฐ์ /i/ ของคำว่า ni ⁴⁴ ‘ฝั่ง’ มีการออกเสียงขึ้นจมูก ([i^N])³ เป็นต้น

³ ผู้วิจัยใช้สัญลักษณ์ (˜) แสดงการออกเสียงขึ้นจมูกของสระนาสิก และใช้สัญลักษณ์ (N) แสดงการออกเสียงขึ้นจมูกของสระเสียงขึ้นจมูก

5. **การออกเสียงขึ้นจมูก** (nasalization) หมายถึง การออกเสียงที่มีการสั่นพ้องในช่องจมูก เมื่อเพดานอ่อนหย่อนตัวลง
6. **คุณสมบัตินาสิก** (nasality) หมายถึง คุณสมบัติที่เกิดจากการสั่นพ้องในช่องจมูก
7. **เมอร์เมอร์นาสิก** (nasal murmur) หมายถึง คุณลักษณะที่เกิดในช่วงที่มีการกักลม ภายในปากระหว่างการออกเสียงพยัญชนะนาสิก (closure phase)
8. **คุณสมบัติสระ** (vowel quality) หมายถึง คุณสมบัติที่ผู้ฟังใช้ในการจำแนกเสียงสระที่ได้ยินว่าเป็นสระเสียงใด คุณสมบัติสระสัมพันธ์กับการเคลื่อนของลิ้นในแนวตั้ง แนวนอน และลักษณะของริมฝีปาก
9. **ค่าความถี่ฟอร์แมนท์** (formant frequency) หมายถึง ค่าความถี่ที่เกิดจากการสั่นพ้องในช่องปาก ค่าความถี่ฟอร์แมนท์มีค่าแตกต่างกันขึ้นอยู่กับตำแหน่งและการเคลื่อนที่ของอวัยวะในช่องปาก
10. **ค่าความถี่ฟอร์แมนท์นาสิก** (nasal formant) หมายถึง ค่าความถี่ที่เกิดจากการสั่นพ้องในช่องจมูก
11. **ค่าต้านฟอร์แมนท์ หรือ ความสูญวนาสิก** (antiformant) หมายถึง ช่วงที่พลังงาน ณ ช่วงความถี่หนึ่งลดลงหรือหายไป
12. **ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก** (nasalization duration) หมายถึง ช่วงเสียงสระที่พบการออกเสียงขึ้นจมูก
13. **ฐานกรณ์** (place of articulation) หมายถึง ตำแหน่งที่กรณ์เคลื่อนที่มาอยู่ใกล้หรือติดกับฐาน
14. **ฐาน** (passive articulator) หมายถึง อวัยวะที่ใช้ในการออกเสียงที่ไม่เคลื่อนที่
15. **กรณ์** (active articulator) หมายถึง อวัยวะที่ใช้ในการออกเสียงที่เคลื่อนที่
16. **ตัวบ่งชี้ฐานกรณ์** (place cue) หมายถึง ลักษณะที่ใช้ในการจำแนกพยัญชนะนาสิกที่มีฐานกรณ์แตกต่างกัน
17. **ช่วงรอยต่อ** (transition) หมายถึง ช่วงเริ่มต้นเสียงสระ (vowel onset) จนถึงช่วงเริ่มระยะคงที่ของเสียงสระ (steady state)
18. **สมการจุดร่วม** (Locus Equation) หมายถึง สมการเส้นตรงที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถี่ฟอร์แมนท์ที่ 2 ณ จุดเริ่มต้นของเสียงสระ (F2onset) ซึ่งเป็นตำแหน่งที่แสดงย่าน

ความถี่ของพยัญชนะและค่าความถี่ฟอร์แมนท์ที่ 2 ของเสียงสระ (F2vowel) ซึ่งเป็นตำแหน่งที่แสดงย่านความถี่ของสระ

19. **F2onset** หมายถึง ค่าความถี่ฟอร์แมนท์ที่ 2 ที่วัดจากจุดเริ่มต้นสระ
20. **F2vowel** หมายถึง ค่าความถี่ฟอร์แมนท์ที่ 2 ที่วัดจากจุดกึ่งกลางสระ
21. **ค่าความชัน (slope)** หมายถึง ค่าที่ได้จากสมการจุดร่วม $y = ax + b$ เมื่อ a แทน ค่าความชัน
22. **ค่าจุดตัดแกน y (y-intercept)** หมายถึง ค่าที่ได้จากสมการจุดร่วม $y = ax + b$ เมื่อ b แทน ค่าจุดตัดแกน y ซึ่งเป็นค่าที่วัดจากแกน y (แกนตั้ง) ณ ตำแหน่งที่กราฟเส้นตรงของสมการจุดร่วมตัดผ่านแกน y เมื่อ x เท่ากับ 0
23. **โลคัสเสมือน (virtual locus)** หมายถึง ย่านความถี่หนึ่งๆ ที่ค่าความถี่ฟอร์แมนท์ของสระมุ่งไปหา
24. **ค่าโลคัสเสมือน** หมายถึง ค่าความถี่ที่แสดงตำแหน่งเริ่มต้นเสมือนของช่วงรอยต่อระหว่างพยัญชนะและสระ
25. **คำตัวอย่าง (test word)** หมายถึง คำที่สร้างขึ้นสำหรับใช้บันทึกเสียงผู้บอกภาษา
26. **คำทดสอบ (test token)** หมายถึง คำที่ได้จากการบันทึกเสียงผู้บอกภาษาที่ออกเสียงคำตัวอย่าง คำทดสอบใช้สำหรับการวิเคราะห์ค่าทางกลศาสตร์

1.5.2 สัญลักษณ์และอักษรย่อ

1. **NF (nasal formant)** หมายถึง ค่าความถี่ฟอร์แมนท์นาสิก
2. **NZ (antiformant)** หมายถึง ค่าต้านฟอร์แมนท์หรือความสูญนาสิก
3. **T (transition)** หมายถึง ช่วงรอยต่อระหว่างพยัญชนะนาสิกและสระไอซอร์
4. **VD (vowel duration)** หมายถึง ค่าระยะเวลาสระ
5. **OVD (oral vowel duration portion)** หมายถึง ค่าระยะเวลาของช่วงสระไอซอร์
6. **%OVD (percentage of oral vowel duration portion)** หมายถึง ค่าร้อยละของค่าระยะเวลาของช่วงสระไอซอร์
7. **RD (rhyme duration)** หมายถึง ค่าระยะเวลาเสียงส่วนหลัง
8. **ND (nasalization duration)** หมายถึง ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก

9. %ND (percentage of nasalization duration) หมายถึง ค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก

10. NMD (nasal murmur duration) หมายถึง ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก

11. %NMD (percentage of nasal murmur duration) หมายถึง ค่าร้อยละของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก

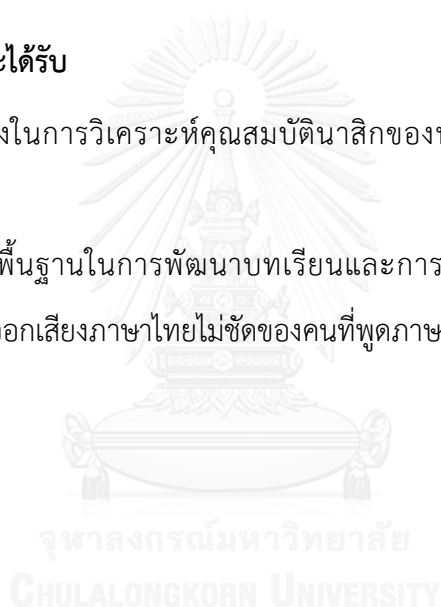
12. TN (total nasalization) หมายถึง ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมด

13. %TN (percentage of total nasalization) หมายถึง ค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมด

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นแนวทางในการวิเคราะห์คุณสมบัตินาสิกของพยัญชนะและสระในภาษาไทยตะวันออกเฉียงใต้

2. เป็นความรู้พื้นฐานในการพัฒนาบทเรียนและการฝึกออกเสียงภาษากลุ่มกะเหรี่ยงรวมทั้งการแก้ปัญหาการออกเสียงภาษาไทยไม่ชัดของคนทีพูดภาษากลุ่มกะเหรี่ยงเป็นภาษาแม่



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื่องจากการศึกษาลักษณะทางกลศาสตร์ของพยัญชนะนาสิกและสระที่ออกเสียงขึ้นจมูก ในภาษากลุ่มกะเหรี่ยงที่ปรากฏในงานนี้มีหลายแง่มุม ผู้วิจัยจึงแบ่งการนำเสนอในบทนี้เป็น 4 ส่วน โดยหัวข้อที่ 2.1 กล่าวถึงชาวกะเหรี่ยงและภาษากลุ่มกะเหรี่ยง หัวข้อที่ 2.2 เกี่ยวกับการศึกษารูปร่างของพยัญชนะนาสิก หัวข้อที่ 2.3 กล่าวถึงแนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการออกเสียงสระ รวมถึงการออกเสียงขึ้นจมูก ส่วนหัวข้อที่ 2.4 เป็นการสรุปผลจากงานวิจัยต่างๆ เกี่ยวกับฐานกรณ์ของพยัญชนะและการออกเสียงขึ้นจมูกของสระ

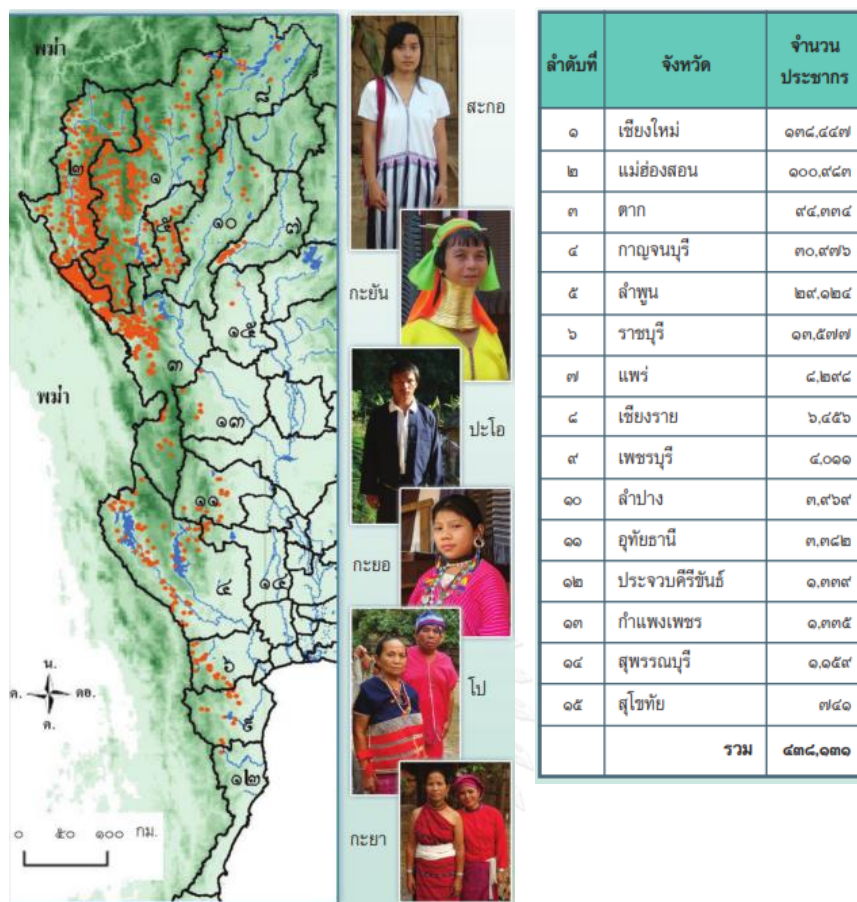
2.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับภาษากลุ่มกะเหรี่ยง

2.1.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับกลุ่มชาติพันธุ์กะเหรี่ยงในประเทศไทย

กะเหรี่ยงเป็นชาวไทยภูเขาในกลุ่มใหญ่ที่สุดในประเทศไทย ตั้งถิ่นฐานอยู่ทางตะวันตกตั้งแต่จังหวัดเชียงรายลงมาถึงจังหวัดระนอง สุริยา รัตนกุล (2537) เสนอว่า ชาวกะเหรี่ยงที่อาศัยอยู่ในประเทศไทยอพยพมาจากประเทศพม่า อย่างไรก็ตาม ถิ่นที่อยู่ดั้งเดิมของชาวกะเหรี่ยงยังไม่เป็นที่แน่ชัด นักวิชาการได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับถิ่นที่อยู่เดิมไว้อย่างหลากหลาย อาทิ (1) เดิมชาวกะเหรี่ยงอาศัยอยู่แถบทะเลทรายโกบี (2) อยู่ทางตอนเหนือของแม่น้ำเหลืองก่อนที่จะอพยพมายังยูนาน (3) อยู่ในประเทศจีนบริเวณใกล้ๆ กับทิเบตก่อนที่จะอพยพมายังประเทศพม่าราวคริสต์ศักราชที่ 6 – 7 ในขณะที่บางส่วนแยกมาทางประเทศไทยก่อนที่ชาวไทจะอพยพมา (Schliesinger, 2000) (4) อยู่บริเวณแม่น้ำยาลง (5) อยู่ในมองโกเลีย ก่อนที่จะอพยพไปยังเตอร์กิสถาน ทิเบต และยูนานตามลำดับ แล้วจึงเข้ามาในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Rajah, 2008 อ้างถึงใน วิชาติ บุรณะประเสริฐสุข และคณะ, 2555) เป็นต้น นอกจากนี้ ล่าสุดมีผลการศึกษาลักษณะทางพันธุกรรมของชาวกะเหรี่ยงกะยาที่อาศัยอยู่ที่บ้านในสอย จังหวัดแม่ฮ่องสอนของ Kutanan et al. (2015) ที่แสดงให้เห็นว่า ลักษณะทางพันธุกรรมของชาวกะยาประกอบด้วยลักษณะของผู้พูดภาษาจีน-ทิเบต (Sino-Tibetan) ที่อาศัยอยู่ทางตอนใต้ของประเทศจีนและผู้พูดภาษาไท-กะได (Tai-Kadai) ที่อาศัยอยู่บริเวณตอนเหนือของประเทศไทย และมีลักษณะทางพันธุกรรมของกลุ่มคนที่อาศัยอยู่แถบเอเชียตะวันออกเฉียงเหนือเพียงเล็กน้อย Kutanan et al. (2015) สรุปว่า ข้อค้นพบดังกล่าวสนับสนุนแนวคิดของ Lapolla (2001) ที่ว่าเดิมผู้พูดภาษาจีน-ทิเบตมีถิ่นกำเนิดอยู่บริเวณแม่น้ำเหลือง ก่อนที่ผู้คนบางส่วนจะแยกอพยพมายังทิเบตและเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งก็คือ กลุ่มผู้พูดภาษาทิเบต-พม่า

(Tibeto-Burman) ในปัจจุบัน ส่วนสาเหตุที่พบลักษณะทางพันธุกรรมของกลุ่มคนที่อาศัยอยู่แถบเอเชียตะวันออกเฉียงเหนือในลักษณะทางพันธุกรรมของผู้พูดภาษากะยา Kutanan et al. (2015) สันนิษฐานว่าเป็นผลจากการรุกรานมณฑลยูนนาน (Yunnan) และประเทศพม่าทางตอนเหนือโดยชาวมองโกลเลียในช่วงศตวรรษที่ 13 ดังนั้น จึงอาจสรุปได้ว่า เดิมชาวกะเหรี่ยงตั้งถิ่นฐานอยู่ในประเทศจีน แล้วจึงค่อยอพยพลงมาทางใต้ และท้ายสุดมาตั้งถิ่นฐานอยู่ทางตะวันออกของประเทศพม่าต่อแดนกับทางตะวันตกของประเทศไทย

ในประเทศไทย ชาวกะเหรี่ยงกระจายตัวอยู่ในจังหวัดทางภาคเหนือ ภาคตะวันตก และภาคกลาง ได้แก่ เชียงราย เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน ลำพูน ลำปาง แพร่ สุโขทัย กำแพงเพชร ตาก กาญจนบุรี อุทัยธานี สุพรรณบุรี ราชบุรี เพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ ระนอง นครปฐม และกรุงเทพมหานคร (วิชาติ บุรณะประเสริฐสุข และคณะ, 2555) ดังแสดงในภาพที่ 2.1 ชาวกะเหรี่ยงที่เข้ามาตั้งถิ่นฐานอยู่ในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นกะเหรี่ยงสะกอ (กะเหรี่ยงดอย ปากะญอ ปากะญอ) และโป (กะเหรี่ยงชาวกะเหรี่ยงน้ำ ไผ่ล่ง ไผ่ลั่ว) ซึ่งเข้ามาเป็นกลุ่มแรกๆ กะเหรี่ยงปะโอ (ตองสู กะเหรี่ยงดำ) และกะยา (บเว แบร ยางแดง) อพยพเข้ามาภายหลัง ส่วนกะยั้ง (กะเหรี่ยงคอยาว กะยั่น) และกะยอ (กะเหรี่ยงหูใหญ่) อพยพเข้ามาท้ายสุด ชาวกะเหรี่ยงเลี้ยงชีพโดยการเพาะปลูก เลี้ยงสัตว์ ค้าขาย และรับจ้าง ยกเว้นพวกกะเหรี่ยงกะยั้งและกะยอซึ่งไม่มีที่ดินทำกินเป็นของตนเอง เนื่องจากเข้ามาด้วยเหตุผลด้านธุรกิจท่องเที่ยว จึงเลี้ยงชีพโดยการขายของที่ระลึก ชาวกะเหรี่ยงส่วนใหญ่เปลี่ยนจากการนับถือศาสนาผี (animism) มานับถือศาสนาคริสต์และพุทธ แต่ความเชื่อในเรื่องภูติ ผี วิญญาณก็ยังคงหลงเหลือในวิถีชีวิตและพิธีกรรมของชาวกะเหรี่ยง

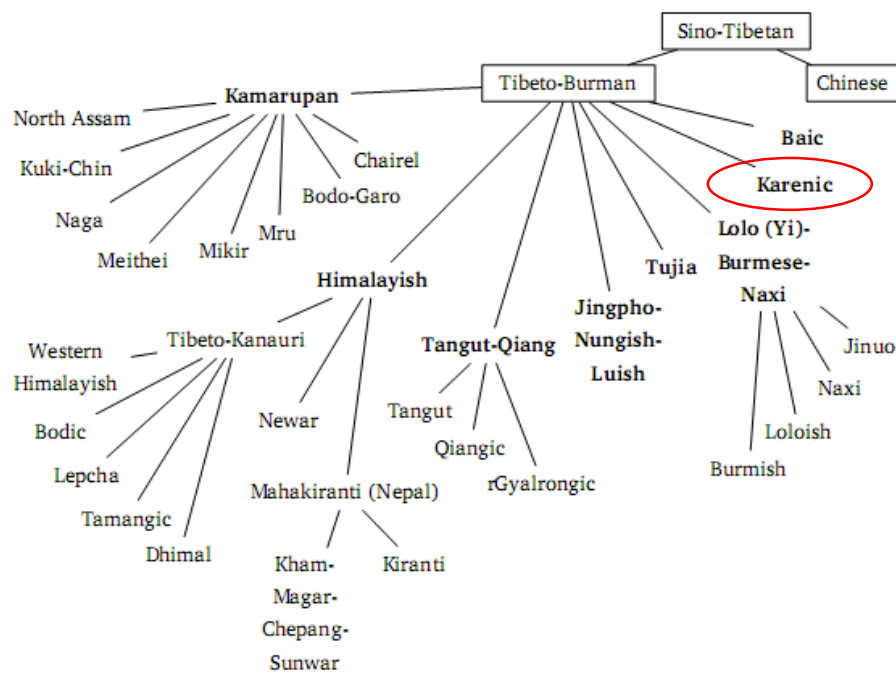


ภาพที่ 2.1 แผนที่แสดงแหล่งตั้งถิ่นฐานและประชากรกะเหรี่ยงในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2545 (ดัดแปลงจาก “แหล่งตั้งถิ่นฐานและประชากรกะเหรี่ยงในประเทศไทย (2545)” จัดทำโดยผศ. ดร. ศิริวิไล ธีระโรจนารัตน์ ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปรากฏใน วิชาติ บุรณะประเสริฐสุข และคณะ, 2555)

2.1.2 ภาพรวมเกี่ยวกับภาษากลุ่มกะเหรี่ยง

นักภาษาศาสตร์จำนวนมากยอมรับแนวคิดของ Matisoff (1991) ว่าภาษากลุ่มกะเหรี่ยงเป็นสาขาหนึ่งในตระกูลภาษาย่อยทิเบต-พม่า (Tibeto-Burman) ตระกูลภาษาจีน-ทิเบต (Sino-Tibetan) ดังแสดงในภาพที่ 2.2 แต่ก็มีแนวคิดอื่นที่ค้ำถุนการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มภาษาด้วยแผนภูมิต้นไม้ อาทิ van Driem (2001, 2007, 2015) ได้เสนอโมเดลใบไม้ร่วง (Fallen Leaves model) ซึ่งไม่ได้มีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มภาษาต่างๆ เพียงแต่จัดภาษาต่างๆ ที่มีหลักฐานทางภาษาศาสตร์สนับสนุนว่ามีความสัมพันธ์กันเป็นกลุ่มภาษา ดังแสดงในภาพที่ 2.3 แต่ไม่ได้หมายความว่าโมเดลนี้ปฏิเสธการจัดกลุ่มความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มภาษา ทั้งนี้ แม้จะมีการเสนอแนวคิด

ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มภาษาที่แตกต่างกัน แต่จะเห็นได้ว่าในทั้ง 2 แนวคิดยังมีภาษากลุ่มกะเหรี่ยง อยู่ Manson (2009) เสนอว่าภาษากลุ่มกะเหรี่ยงอาจมีมากถึง 20 – 30 ภาษาโดยประมวลจาก งานวิจัยภาษาต่างๆ ในภาษากลุ่มกะเหรี่ยง อย่างไรก็ตาม ภาษากลุ่มกะเหรี่ยงที่พบในประเทศไทยมี เพียง 6 ภาษาคือ กะยั้ง (Kayan) กะยา (Kayah) กะยอ (Kayaw) สะกอ (Sgaw) โป (Pwo) และปะโอ (Pa-O) (Luangthongkum, 2014)

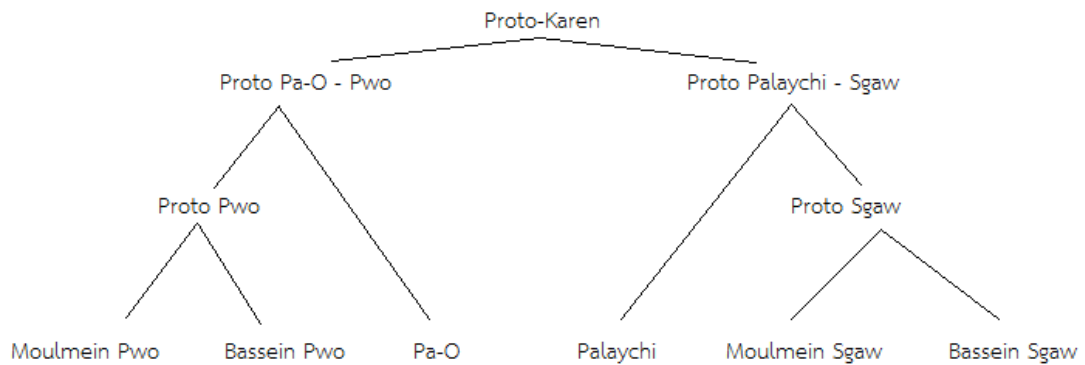


ภาพที่ 2.2 ความสัมพันธ์ทางเชื้อสายตระกูลภาษาจีน-ทิเบต (ดัดแปลงจาก Matisoff, 2008)



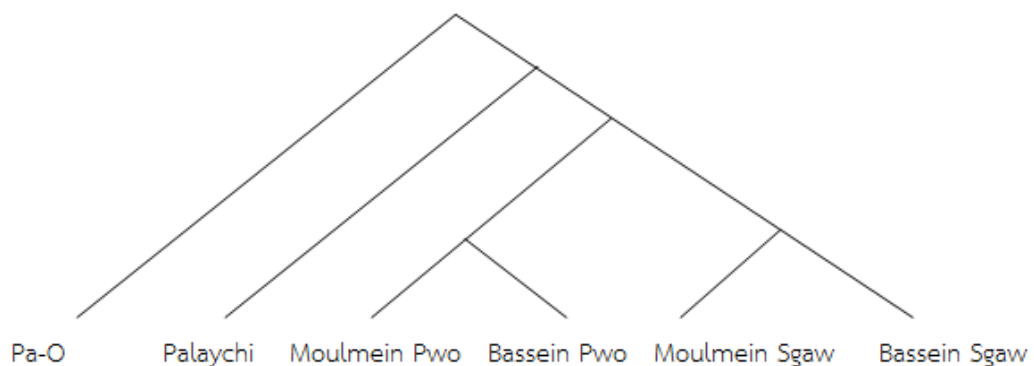
ภาพที่ 2.3 โมเดลไปไม้ร่ว่งแสดงตระกูลภาษาทิเบต-พม่า (ดัดแปลงจาก van Driem, 2015)

ภาษากลุ่มกะเหรี่ยงเป็นที่สนใจของนักภาษาศาสตร์จำนวนไม่น้อย ประเด็นหนึ่งที่มีความสนใจศึกษามาเป็นเวลานานคือ ความสัมพันธ์ทางเชื้อสายระหว่างภาษาต่างๆ ในภาษากลุ่มกะเหรี่ยง งานที่ศึกษาด้านนี้งานแรกๆ คือ งานของ Jones (1961) ซึ่งได้เปรียบเทียบภาษาโปถิ่นพะสิม (Bassein) และมะละแหม่ง (Moulmein) ภาษาสะกอถิ่นพะสิมและมะละแหม่ง ภาษาปาเลจิ (Palaychi) ซึ่งภายหลังพบว่าภาษาปาเลจิเป็นภาษาถิ่นหนึ่งของภาษาสะกอ (Bradley, 1997) และภาษาตองสู (Taungthu) คือภาษาปะโอ ทฤษฎีที่ใช้ในการศึกษา คือ การสืบสร้างแบบที่ละคู่ (Linguistic Bifurcation) หลักการคือ เปรียบเทียบภาษาทีละคู่ การเลือกภาษาคู่ไหนมาเปรียบเทียบกับกันเป็นเรื่องของการสุ่มลองแบบมีหลักเกณฑ์ โดยดูว่าภาษาคู่ใดคล้ายกัน เมื่อนำภาษาคู่หนึ่งมาเทียบกับกัน จะได้ภาษาดั้งเดิมที่สืบสร้างได้ของภาษาแต่ละคู่ นั้น แล้วจึงนำภาษาดั้งเดิมนั้นมาเปรียบเทียบกับภาษาดั้งเดิมที่ได้จากการเทียบภาษาอีกคู่หนึ่ง ผลการสืบสร้างของ Jones สรุปว่าภาษาโปและภาษาปะโอใกล้ชิดกัน และภาษาปาเลจิและภาษาสะกอใกล้ชิดกัน ดังแสดงในภาพที่ 2.4



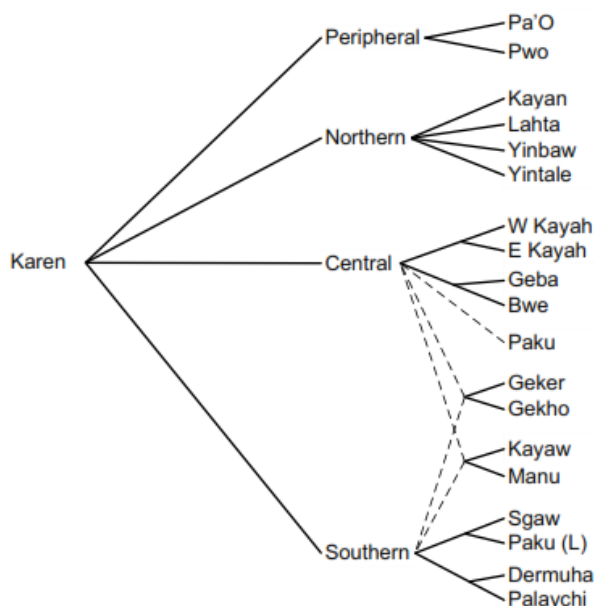
ภาพที่ 2.4 ความสัมพันธ์ทางเชื้อสายภาษากลุ่มกะเหรี่ยงของ Jones (ดัดแปลงจาก Jones, 1961)

อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์ของ Jones มีข้อบกพร่องหลายประการ ดังที่ Burling (1969) ได้กล่าวไว้ดังนี้ (1) ทฤษฎีการสืบสร้างแบบทีละคู่เป็นอุปสรรคต่อการหาความสัมพันธ์ทางเชื้อสาย ทั้งนี้เพราะชุดคำร่วมเชื้อสาย (cognate set) หลายชุดถูกตัดออกไป เพียงเพราะมีภาษาอย่างน้อย 1 ภาษาที่ไม่มีคำในชุดคำร่วมเชื้อสายนั้น (2) กฎของ Jones มีความซับซ้อน เฉพาะเจาะจงมากเกินไป และไม่สามารถแสดงความเป็นสากลของปรากฏการณ์ต่างๆ ทางภาษาได้ และ (3) ข้อมูลชุดคำร่วมเชื้อสายมีความผิดพลาด Burling (1969) ได้นำข้อมูลของ Jones มาวิเคราะห์ใหม่ โดยเลือกใช้ชุดคำร่วมเชื้อสายที่ภายในชุดคำมีคำจากภาษาต่างๆ อย่างน้อย 3 ภาษา ทำให้ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ได้มีมากขึ้น ผลการศึกษาสรุปว่า ภาษาโปและภาษาสะกอมีความสัมพันธ์ทางเชื้อสายใกล้ชิดกันเนื่องจากมีเสียงปฏิภาคคล้ายคลึงกันจำนวนมาก ส่วนเสียงปฏิภาคที่พบในภาษาปาเลจและภาษาปะโอแตกต่างจากที่พบในภาษาโปและภาษาสะกอ จึงแยกภาษาปาเลจและภาษาปะโอออกมาต่างหาก ดังแสดงในภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 ความสัมพันธ์ทางเชื้อสายภาษากลุ่มกะเหรี่ยงของ Burling (ดัดแปลงจาก Burling, 1969)

หลังจากงานของ Jones และ Burling ก็มีนักภาษาศาสตร์เสนอความสัมพันธ์ทางเชื้อสายของภาษากลุ่มกะเหรี่ยงอื่นๆ อีก เมื่อพิจารณาเฉพาะความสัมพันธ์ทางเชื้อสายของภาษาสะกอ ภาษาโปและภาษาปะโอซึ่งเป็นภาษาที่ศึกษาในงานวิจัยนี้ พบว่า ผลการศึกษาความสัมพันธ์ทางเชื้อสายของภาษากลุ่มกะเหรี่ยงในงานอื่นๆ (Bradley, 1997; Kauffman, 1993; Shintani, 2003) สอดคล้องกับข้อสรุปของ Burling (1969) ที่พบว่าภาษาสะกอและโปมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกัน ในขณะที่ภาษาปะโอแยกอยู่ต่างหาก ในทางตรงกันข้าม Manson (2011) ซึ่งจัดกลุ่มความสัมพันธ์ทางเชื้อสายโดยอิงจากลักษณะที่สร้างใหม่ร่วมกัน (shared innovation) เสนอให้ภาษาปะโอและภาษาโปอยู่ในกลุ่มเดียวกัน ดังแสดงในภาพที่ 2.6 โดยมีหลักฐานคือ การที่พยัญชนะต้นดั้งเดิมซึ่งเป็นเสียงกัก ก้องพัฒนาเป็นพยัญชนะกัก ไม่ก้อง พ่นลมใน 2 ภาษานี้ (เช่น *b > p^h) ส่วนภาษาสะกอได้รับการจัดให้อยู่กลุ่มเดียวกับภาษาปากู (Paku) ปาเลจิ และเดอมูฮา (Dermuha) โดยมีหลักฐานคือ เสียงส่วนหลัง (rhyme) ที่เดิมมีความแตกต่างกันมารวมกัน (merge) แล้วเลื่อนระดับลิ้นสูงขึ้น (เช่น *am, *aŋ > ɔ)



ภาพที่ 2.6 ความสัมพันธ์ทางเชื้อสายภาษากลุ่มกะเหรี่ยงของ Manson (Manson, 2011)

จากผลการศึกษาความสัมพันธ์ทางเชื้อสายของภาษากลุ่มกะเหรี่ยงข้างต้นแสดงให้เห็นว่า ผลการศึกษายังมีความขัดแย้งกัน และยังมีอีกหลายภาษาที่ได้รับการศึกษาน้อยกว่าภาษาอื่นๆ ฉะนั้น เพื่อให้ได้องค์ความรู้ที่ครบถ้วนสมบูรณ์ การศึกษาวิจัยภาษากลุ่มกะเหรี่ยงให้กว้างขวางและลึกซึ้งขึ้นจึงเป็นสิ่งจำเป็น นอกเหนือจากการมุ่งเน้นสืบสร้างความสัมพันธ์ทางเชื้อสายแล้ว งานวิจัยหลายชิ้นยังได้นำเสนอผลการสืบสร้างเสียงดั้งเดิมจากการเปรียบเทียบคำร่วมเชื้อสายในภาษากลุ่มกะเหรี่ยงไว้หลากหลายแบบ ทั้งนี้ จะขอยกตัวอย่างผลการสืบสร้างระบบเสียงดั้งเดิมและศัพท์ในภาษากะเหรี่ยง

ดั้งเดิม (Proto-Karen phonology and lexicon) จาก Luangthongkum (2014) โดยเน้นภาพรวมของระบบเสียงในภาษากะเหรี่ยงดั้งเดิม ดังรายละเอียดต่อไปนี้

(1) พยัญชนะดั้งเดิมแบ่งเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มแรกประกอบด้วยพยัญชนะกัก ไม่ก้อง ฟันลม และพยัญชนะไม่ก้องของเสียงประเภทอื่นๆ อาทิ เสียงนาสิก เสียงเสียดแทรก เสียงเปิด เช่น *th *hm *s *hw เป็นต้น กลุ่มที่ 2 ประกอบด้วยพยัญชนะกัก ไม่ก้อง ไม่ฟันลมและเสียงที่มีการกักที่เส้นเสียงนำ (preglottalized sound) เช่น *p *ʔb *ʔn เป็นต้น และกลุ่มที่ 3 ประกอบด้วยพยัญชนะก้อง เช่น *b *n *w เป็นต้น

(2) เสียงส่วนหลังดั้งเดิมแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ *V และ *VC สระดั้งเดิมประกอบด้วย *i *e *ɛ *i *ə *a *u *o *w และพยัญชนะดั้งเดิมที่ปรากฏในตำแหน่งท้ายพยางค์ได้ ได้แก่ *p *t *k *ʔ *m *n *ŋ *j *w

(3) วรรณยุกต์ดั้งเดิมแบ่งเป็น 3 วรรณยุกต์ คือ *A *B ซึ่งพบในพยางค์เป็น (non-checked syllable) และ *D ซึ่งพบในพยางค์ตาย (checked syllable)

ข้อมูลข้างต้นในหัวข้อที่ 2.1.1 และ 2.1.2 ได้ให้ภาพรวมเกี่ยวกับภาษากะเหรี่ยงในประเทศไทยและภาษากลุ่มกะเหรี่ยง โดยเน้นเรื่องความสัมพันธ์ทางด้านเชื้อสายระหว่างภาษาต่างๆ ในกลุ่ม และยังได้นำเสนอข้อค้นพบเกี่ยวกับระบบเสียงดั้งเดิมด้วย ในส่วนต่อไป ผู้วิจัยจะนำเสนอระบบเสียงของภาษากลุ่มกะเหรี่ยง 3 ภาษา ได้แก่ สะกอ ปะโอและโป โดยจะกล่าวถึงถิ่นที่อยู่ของผู้พูดภาษา ข้อค้นพบจากงานวิจัยต่างๆ และระบบเสียงของภาษาแต่ละภาษาจากการเก็บข้อมูลภาคสนามของผู้วิจัย

2.1.3 ระบบเสียงภาษาสะกอ ปะโอ โป

2.1.3.1 ระบบเสียงภาษาสะกอ

ภาษากะเหรี่ยงสะกอหรือปากะญอ (Paganyaw) อาศัยอยู่บริเวณสามเหลี่ยมปากแม่น้ำอิระวดี (Irrawaddy) และสะโตง (Sittang) ในประเทศพม่า (Lebar, Hickey & Musgrave, 1964 อ้างถึงใน Thanamteun, 2000) และในจังหวัดแถบภาคเหนือและภาคตะวันตกของประเทศไทย ได้แก่ แม่ฮ่องสอน เชียงใหม่ เชียงราย ลำปาง ลำพูน แพร่ สุโขทัย ตาก กาญจนบุรี ราชบุรี ประจวบคีรีขันธ์ ภาษากะเหรี่ยงสะกอในภาคเหนือยังแบ่งเป็นสะกอที่สูง (hill tribe/uplands) และสะกอที่ราบ (plain tribe/lowlands) (Dhananjayananda, 1983; Srisavasdi, 1963 อ้างถึงใน Dhananjayananda, 1983) ภาษาของภาษากะเหรี่ยงสะกอเรียกว่า ภาษาสะกอ

งานวิจัยที่ศึกษาระบบเสียงของภาษาสะกอมมีหลายงาน อาทิเช่น Jones (1961) ศึกษาภาษาสะกอมที่เมืองมะละแหม่งและพะสิมในประเทศพม่า Saw Lar Baa (2001) ศึกษาภาษาสะกอมที่เมืองย่างกุ้ง ประเทศพม่า สุริยา รัตนกุล (2547) ศึกษาภาษาสะกอมใน 5 จังหวัดของประเทศไทย ได้แก่ เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน ลำพูน ตาก กาญจนบุรี Dhananjayananda (1983) ศึกษาภาษาสะกอมที่บ้านห้วยต้ม ตำบลนาทราย อำเภอเถลิง จังหวัดลำพูน Jitwirayanont (2012) และ Kerdpol (2012) ศึกษาภาษาสะกอมที่บ้านป่าละอู ตำบลห้วยสัตว์ใหญ่ อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ Rattanaporn (2012) ศึกษาภาษาสะกอมที่บ้านปากกล้วย อำเภอแม่วาง จังหวัดเชียงใหม่ ฯลฯ

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาภาษาสะกอมที่บ้านห้วยหวก ตำบลบ้านแก่ง อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย เมื่อเปรียบเทียบข้อค้นพบเกี่ยวกับระบบเสียงพยัญชนะ สระ และวรรณยุกต์ของผู้วิจัยกับงานวิจัยดังกล่าวข้างต้น พบว่า จำนวนพยัญชนะซึ่งปรากฏในตำแหน่งต้นพยางค์ขึ้นอยู่กับแต่ละวิธภาษา (variety) โดยมีจำนวน 21 – 30 หน่วยเสียง และไม่มีพยัญชนะท้าย (ดูตารางที่ 2.1) สระเดี่ยวมี 9 หน่วยเสียง ความสั้นยาวของเสียงสระไม่มีนัยสำคัญทางภาษาศาสตร์ (ดูตารางที่ 2.2) มีเพียงผลการศึกษาภาษาสะกอบ้านป่าละอู จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ที่พบสระประสม คือ /ai/ และ /au/ ส่วนวรรณยุกต์ที่ปรากฏในพยางค์เป็นมี 2 – 4 หน่วยเสียงขึ้นอยู่กับแต่ละวิธภาษา (ดูตารางที่ 2.3) ทั้งนี้ ในเชิงสัทวิทยา ผู้วิจัยวิเคราะห์ให้วรรณยุกต์ที่มีสัทลักษณะเป็นเสียงกลางตก [31] เป็นวรรณยุกต์ต่ำ เพราะเมื่อเทียบกับเสียงวรรณยุกต์อื่นในระบบแล้ว วรรณยุกต์นี้มีระดับเสียงต่ำกว่า

ตารางที่ 2.1 ระบบพยัญชนะในภาษาสะกอบ้านห้วยหวก จังหวัดสุโขทัย

ลักษณะการออกเสียง	ฐานกรณ์				
	ริมฝีปาก	ปุ่มเหงือก	เพดานแข็ง	เพดานอ่อน	เส้นเสียง
อโฆษะ สถิล	p	t	c	k	ʔ
	กัก	อโฆษะ ธนิต	ph	th	ch
นาลิก	โฆษะ	b	d		
ร้ว	โฆษะ	m	n	ɲ	ŋ
เสียดแทรก	อโฆษะ		r		
	โฆษะ		s	x	h
ข้างลิ้น	โฆษะ		l	y	
เปิด	โฆษะ		j	w	

ตารางที่ 2.2 ระบบสระในภาษาสะกอบ้านห้วยหวก จังหวัดสุโขทัย

ระดับของลิ้น	ตำแหน่งหน้าหลังของลิ้น		
	หน้า	กลาง	หลัง
สูง	i	i	u
กลาง	e	ə	o
ต่ำ	ɛ	a	ɔ

ตารางที่ 2.3 ระบบวรรณยุกต์ในภาษาสะกอบ้านห้วยหวก จังหวัดสุโขทัย

วรรณยุกต์	สัทลักษณะ
ต่ำ	31
กลาง	33
สูง	44

2.1.3.2 ระบบเสียงภาษาปะโอ

ชาวกะเหรี่ยงปะโอหรือตองสู (Taungthu) อาศัยอยู่ที่เมืองตองยี (Taunggyi) ในรัฐฉาน (Shan) และเมืองสะเทิม (Thaton) ในรัฐมอญ ประเทศพม่า ส่วนในประเทศไทย ชาวกะเหรี่ยงปะโออาศัยอยู่ในจังหวัดแม่ฮ่องสอน เชียงใหม่ เชียงราย ลำพูนและตาก (Thanamteun, 2000) ภาษาของชาวกะเหรี่ยงปะโอ เรียกว่า ภาษาปะโอหรือตองสู ซึ่งแบ่งเป็น 2 ภาษาย่อย คือ ภาษาปะโอเหนือหรือภาษาปะโอที่สูง พุดอยู่บริเวณเมืองตองยีในรัฐฉาน ประเทศพม่า ในประเทศไทยพบในจังหวัดแม่ฮ่องสอน เชียงใหม่ เชียงราย ลำพูน ส่วนภาษาปะโอใต้หรือภาษาปะโอพื้นราบ พุดอยู่บริเวณเมืองสะเทิมในรัฐมอญ ประเทศพม่า และในประเทศไทยพบในจังหวัดตาก

งานวิจัยที่ศึกษาระบบเสียงของภาษาปะโอ ได้แก่ Jones (1961) ศึกษาภาษาปะโอเหนือที่เมืองตองยี ประเทศพม่า Thanamteun (2000) ศึกษาภาษาปะโอเหนือที่บ้านห้วยชลอบ ตำบลห้วยผา อำเภอเมือง จังหวัดแม่ฮ่องสอน Jitwiryanont (n.d.) และผู้วิจัยศึกษาภาษาปะโอเหนือที่บ้านห้วยมะเขือส้ม ตำบลหมอกจำแป่ อำเภอเมือง จังหวัดแม่ฮ่องสอน เมื่อเปรียบเทียบข้อค้นพบเกี่ยวกับระบบเสียงพยัญชนะ สระ และวรรณยุกต์ของผู้วิจัยกับงานดังกล่าวข้างต้น พบว่า จำนวนพยัญชนะซึ่งปรากฏในตำแหน่งต้นพยางค์มี 20 หน่วยเสียง และในจำนวนนี้มีพยัญชนะ 7 หน่วยเสียงที่ปรากฏในตำแหน่งท้ายพยางค์ได้ด้วย ได้แก่ /p, t, k, ʔ, m, n, ŋ/ (ดูตารางที่ 2.4) ภาษาปะโอเป็นเพียงภาษาเดียวในภาษากลุ่มกะเหรี่ยงที่เก็บรักษาพยัญชนะท้ายดั้งเดิมไว้ครบทุกฐานกรณ์ สระเดี่ยวมี 9 หน่วยเสียง และสระประสมมี 2 หน่วยเสียง คือ /ai/ และ /au/ ความสั้นยาวของเสียงสระไม่มีนัยสำคัญทางภาษาศาสตร์ (ดูตารางที่ 2.5) ยกเว้นงานของ Jones (1961) ที่พบสระเดี่ยว 10 หน่วยเสียง คือมี /y/ เพิ่มมา ส่วนวรรณยุกต์ที่ปรากฏในพยางค์เป็นมี 4 หน่วยเสียง (ดูตารางที่ 2.6)

ตารางที่ 2.4 ระบบพยัญชนะในภาษาปะโอเหนือบ้านห้วยมะเขือส้ม จังหวัดแม่ฮ่องสอน

ลักษณะการออกเสียง	ฐานกรณ์				
	ริมฝีปาก	ปุ่มเหงือก	เพดานแข็ง	เพดานอ่อน	เส้นเสียง
อโฆษะ สถิล	p	t	c	k	ʔ
กัก อโฆษะ ธนิต	ph	th	ch	kh	
โฆษะ	b	d			
นาสิก โฆษะ	m	n		ŋ	
ร้ว โฆษะ		r			
เสียดแทรก อโฆษะ		s			h
ข้างลิ้น โฆษะ		l			
เปิด โฆษะ			j	w	

ตารางที่ 2.5 ระบบสระในภาษาปะโอเหนือบ้านห้วยมะเขือส้ม จังหวัดแม่ฮ่องสอน

ระดับของลิ้น	ตำแหน่งหน้าหลังของลิ้น		
	หน้า	กลาง	หลัง
สูง	i	ɨ	u
กลาง	e	ə	o
ต่ำ	ɛ	a	ɔ

ตารางที่ 2.6 ระบบวรรณยุกต์ในภาษาปะโอเหนือบ้านห้วยมะเขือส้ม จังหวัดแม่ฮ่องสอน

วรรณยุกต์	สัญลักษณ์
ต่ำ	31
กลาง	33
สูง	44
สูงตก	42

2.1.3.3 ระบบเสียงภาษาโป

ชาวกะเหรี่ยงโปหรือโพล่ง (Phlong) อาศัยอยู่บริเวณลุ่มน้ำอิระวดีและในรัฐกะเหรี่ยงและรัฐมอญ ประเทศพม่า ในประเทศไทย ชาวกะเหรี่ยงโปอาศัยอยู่ในจังหวัดทางภาคเหนือตอนบนและภาคตะวันตก ได้แก่ แม่ฮ่องสอน เชียงใหม่ เชียงราย ตาก กาญจนบุรี ราชบุรี เพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ สุพรรณบุรี อุทัยธานี ภาษาของชาวกะเหรี่ยงโปเรียกว่า ภาษาโป ซึ่งแยกเป็นกลุ่มย่อยได้ 3 กลุ่ม ได้แก่ (1) กลุ่มตะวันตก (พะสิม) พุดอยู่บริเวณลุ่มน้ำอิระวดี ประเทศพม่า (2) กลุ่มตะวันออก (มะละแหม่ง) และตะวันตก-กลางของไทย พุดอยู่ในรัฐกะเหรี่ยงและรัฐมอญ ประเทศพม่าและภาคตะวันตก-กลางของประเทศไทย (3) กลุ่มเหนือ พุดอยู่ในภาคเหนือทางตะวันตกของประเทศไทย และอาจจะมีย่อยอีกกลุ่มหนึ่ง คือกลุ่มแพร่ พุดอยู่ทางตะวันออก-เหนือของประเทศไทย ดังนั้น หากรวมภาษาโปแพร่ด้วย ประเทศไทยจะมีภาษาโป 3 กลุ่มย่อย (Phillips, 2000)

งานวิจัยที่ศึกษาระบบเสียงของภาษาโปมีหลายงาน อาทิเช่น Jones (1961) ศึกษาภาษาโปที่เมืองมะละแหม่งและพะสิมในประเทศพม่า Kato (1995) ศึกษาภาษาโปที่เมืองโจน-บยอ (Kyonbyaw) พะอาน (Hpa-an) และทวายในประเทศพม่า Phillips (2009) ศึกษาภาษาโปที่อำเภออมก๋อย จังหวัดเชียงใหม่ Teeranon (2012) ศึกษาภาษาโปที่บ้านดอย ตำบลโชคชัย อำเภอดอยหลวง จังหวัดเชียงราย Intajamornrak (2012) ศึกษาภาษาโปที่บ้านค้ำใจ ตำบลแม่เก็ง อำเภอลำปาง จังหวัดแพร่ เป็นต้น

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาภาษาโปที่บ้านแม่แพหลวง ตำบลกองก้อย อำเภอสบเมย จังหวัดแม่ฮ่องสอน เมื่อเปรียบเทียบข้อค้นพบเกี่ยวกับระบบเสียงพยัญชนะ สระและวรรณยุกต์ของผู้วิจัยกับงานวิจัยอื่นๆ (Chuensukon, 1995; Cooke, Hudspith & Morris, 1976; Intajamornrak, 2012; Jones, 1961; Kaewsilpa, 1982; Kato, 1995; Noinaj, 1996; Phillips, 2000, 2009; Teeranon, 2012; พจนารถ เสมอมิตร, 2526; วีระวัชร สํารานจิตต์, 2516) พบว่า จำนวนพยัญชนะซึ่งปรากฏในตำแหน่งต้นพยางค์ขึ้นอยู่กับแต่ละวิธภาษาโดยมีจำนวน 21 – 27 หน่วยเสียง และไม่มีพยัญชนะท้าย (ดูตารางที่ 2.7) ภาษาโปเป็นเพียงภาษาเดียวในภาษากลุ่มกะเหรี่ยงที่มีสระ 2 ชุด คือ สระโอะซุ้ (oral vowel) และสระนาสิก (nasal vowel) ซึ่งพัฒนามาจากสระที่ปรากฏหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกในภาษากะเหรี่ยงดั้งเดิม สระโอะซุ้ซึ่งเป็นสระเดี่ยวมี 7 – 11 หน่วยเสียง สระนาสิกซึ่งเป็นสระเดี่ยวมี 2 – 8 หน่วยเสียง ความสั้นยาวของเสียงสระไม่มีนัยสำคัญทางภาษาศาสตร์ (ดูตารางที่ 2.8)

จากงานวิจัยดังกล่าวข้างต้น มีงานวิจัย 3 งานที่วิเคราะห์ให้มีแต่สระโอะซุ้และพยัญชนะท้ายนาสิก (Intajamornrak, 2012; Kato, 1995; วีระวัชร สํารานจิตต์, 2516) วีระวัชร สํารานจิตต์ (2516) และ Intajamornrak (2012) ไม่ได้พูดถึงการออกเสียงขึ้นจมูกของสระ เพียงแต่ระบุเสียงพยัญชนะท้ายนาสิกที่ปรากฏหลังสระโอะซุ้ ได้แก่ /n/ ในงานของวีระวัชร สํารานจิตต์ (2516) และ

/ŋ/ ในงานของ Intajamornrak (2012) ส่วน Kato (1995) ให้รายละเอียดไว้ดังนี้ ภาษาโป 3 วิธภาษา คือ โจน-บยอ พะอาน และทวาย มีพยัญชนะท้ายนาสิก /n/ ซึ่งทำให้สระโอษฐ์ที่ปรากฏติดกันออกเสียงขึ้นจมูกในช่วงท้ายสระ ส่วนวรรณยุกต์ที่ปรากฏในพยางค์เป็นมี 2 – 5 หน่วยเสียงขึ้นอยู่กับแต่ละวิธภาษา (ดูตารางที่ 2.9)

ตารางที่ 2.7 ระบบพยัญชนะในภาษาโปบ้านแม่แพหลวง จังหวัดแม่ฮ่องสอน

ลักษณะการออกเสียง	ฐานกรณ์					
	ริมฝีปาก	ปุ่มเหงือก	เพดานแข็ง	เพดานอ่อน	เส้นเสียง	
กัก	อโฆษะ สถิล	p	t	c	k	ʔ
	อโฆษะ ธนิต	ph	th	ch	kh	
	โฆษะ	b	d			
นาสิก	โฆษะ	m	n			
เสียดแทรก	อโฆษะ		s	ɕ	x	
	โฆษะ				ɣ	
ข้างลิ้น	โฆษะ		l			
เปิด	โฆษะ			j	w	

ตารางที่ 2.8 ระบบสระในภาษาโปบ้านแม่แพหลวง จังหวัดแม่ฮ่องสอน

ระดับของลิ้น	ตำแหน่งหน้าหลังของลิ้น					
	หน้า		กลาง		หลัง	
	ธรรมดา	นาสิก	ธรรมดา	นาสิก	ธรรมดา	นาสิก
สูง	i		i		u	
กลาง	e		ə	ɔ̃	o	õ
ต่ำ	ɛ	ɛ̃	a	ã	ɔ	õ

ตารางที่ 2.9 ระบบวรรณยุกต์ในภาษาไปบ้านแม่แพหลวง จังหวัดแม่ฮ่องสอน

วรรณยุกต์	สัญลักษณ์
ต่ำ	31
กลาง	33
สูง	44
สูงตก	42

โดยสรุป ระบบเสียงของภาษาสะกอ ปะโอ และโปมีความคล้ายคลึงกันดังนี้ (1) ภาษาทั้ง 3 ภาษามีโครงสร้างพยางค์ที่ประกอบด้วยพยัญชนะต้นและสระไอชู้ (2) ความสั้นยาวของสระในทั้ง 3 ภาษาไม่มีนัยสำคัญทางภาษาศาสตร์ (3) ภาษาทั้ง 3 ภาษามีวรรณยุกต์ ส่วนความแตกต่างระหว่างภาษาทั้ง 3 ภาษา คือ (1) ภาษาปะโอมีพยัญชนะท้ายนาสิก แต่ภาษาสะกอและโปไม่มีพยัญชนะท้ายนาสิก (2) ภาษาโปมีสระ 2 ประเภท คือ สระไอชู้และสระนาสิก แต่ภาษาสะกอและโปมีเพียงสระไอชู้

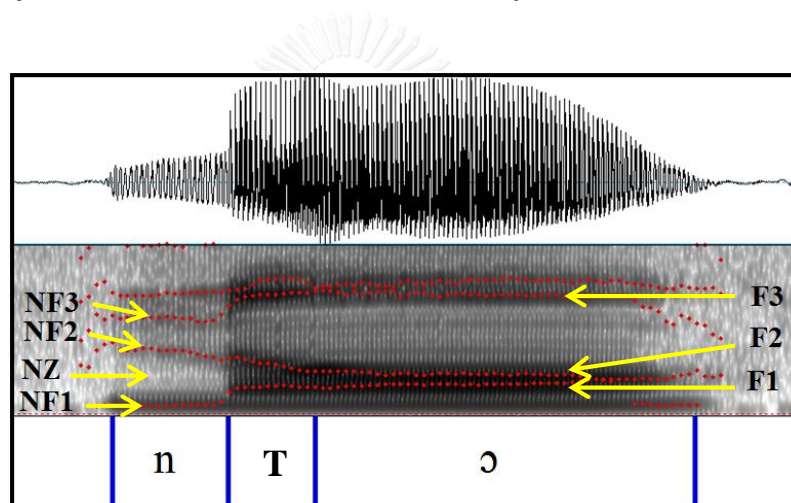
2.2 การศึกษาฐานกรณ์ของพยัญชนะนาสิก

การศึกษาความแตกต่างของฐานกรณ์เชิงกลศาสตร์มีที่มาจากประเด็นปัญหาเกี่ยวกับ “non-invariance” คือ ความสามารถของผู้ฟังในการรับรู้ฐานกรณ์ของเสียงพยัญชนะได้อย่างถูกต้อง แม้ว่าลักษณะทางกลศาสตร์ของเสียงแต่ละเสียงจะมีการแปรตามบริบทแวดล้อม นักสัทศาสตร์จึงเชื่อว่ามีลักษณะทางกลศาสตร์บางอย่างที่มีคุณสมบัติคงที่ (invariant) ซึ่งสามารถบ่งชี้ฐานกรณ์ของพยัญชนะแต่ละเสียงได้ การศึกษาเพื่อหาตัวบ่งชี้ฐานกรณ์ (place cue) ด้วยวิธีการทางกลศาสตร์เริ่มจากการศึกษาลักษณะทางกลศาสตร์ของพยัญชนะ เช่น การศึกษาพลังลมฉับพลัน (burst) ในกรณีพยัญชนะกัก หรือเมอร์เมอร์นาสิกในกรณีพยัญชนะนาสิก เป็นต้น ผลการวิจัยพบว่า ลักษณะทางกลศาสตร์ของพยัญชนะใช้จำแนกฐานกรณ์ได้ไม่ดี จึงเริ่มมีการศึกษาตัวบ่งชี้ฐานกรณ์จากช่วงรอยต่อระหว่างพยัญชนะกับสระ ซึ่งพบว่าลักษณะทางกลศาสตร์ในช่วงรอยต่อสามารถจำแนกฐานกรณ์ได้ดีกว่าลักษณะทางกลศาสตร์ของพยัญชนะ แต่มีข้อเสียในแง่ที่ผลแปรตามคุณสมบัติของสระ นักสัทศาสตร์กลุ่มหนึ่งจึงเสนอวิธีการสมการจตุรร่วมซึ่งเป็นวิธีที่ให้ผลซึ่งไม่แปรตามสระแวดล้อม และสรุปว่าค่าความชันและค่าจุดตัดแกน y ที่ได้จากสมการจตุรร่วมเป็นลักษณะทางกลศาสตร์ที่มีคุณสมบัติคงที่ซึ่งใช้ในการบ่งชี้ฐานกรณ์ได้ดี (Lindblom & Sussman, 2012; Sussman et al., 1993; Sussman et al., 1991)

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงวิธีการศึกษาฐานกรณ์ของพยัญชนะนาสิก 4 วิธี ได้แก่ (1) เมอร์เมอร์นาสิก (nasal murmur) (2) ช่วงรอยต่อ (transition) (3) การเปลี่ยนแปลงพลังงาน ณ ช่วงปล่อยลมเมื่อเปล่งเสียงนาสิก (nasal release) และ (4) วิธีสมการจุดร่วม (Locus Equation) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.2.1 เมอร์เมอร์นาสิก

เมอร์เมอร์นาสิกซึ่งเกิดในช่วงที่มีการกักลมภายในปาก (closure phase) ระหว่างการออกเสียงพยัญชนะนาสิก ประกอบด้วยค่าความถี่ฟอร์เมนต์นาสิก (nasal formant/NF) และค่าต้านฟอร์เมนต์หรือความสูญวนาสิก (antiformant, nasal zero/NZ) (ดูภาพที่ 2.7)



ภาพที่ 2.7 สเปกโตรแกรมของคำว่า /นอ/ ในภาษาสะกอกแสดงค่าความถี่ฟอร์เมนต์นาสิก (NF) และค่าต้านฟอร์เมนต์ (NZ) ของ /น/ T (transition) คือ ช่วงรอยต่อระหว่างพยัญชนะนาสิกและสระไอชู้ และ F คือ ค่าความถี่ฟอร์เมนต์ของสระ

ค่าความถี่ฟอร์เมนต์นาสิกเกิดจากการสั่นพ้องในช่องจมูกซึ่งเป็นช่องทางเดินเสียงหลักที่ทำให้เกิดการสั่นพ้อง ค่าความถี่ฟอร์เมนต์นาสิกที่ 1 (NF1) ปรากฏบริเวณค่าความถี่ต่ำ ประมาณ 200 – 300 Hz และมีพลังงานมากกว่าค่าความถี่ฟอร์เมนต์นาสิกอื่นๆ ที่ปรากฏบริเวณค่าความถี่สูงกว่า เช่น ค่าความถี่ฟอร์เมนต์นาสิกที่ 2, 3 เป็นต้น (Harding & Meyer, 2003; Ohala, 1975; Recasens, 1983) ค่าความถี่ฟอร์เมนต์นาสิกอื่นๆ มีค่าความถี่อยู่ในช่วง 300 – 4,000 Hz และมีความกว้างของยอดคลื่น (bandwidth) มาก (Delattre, 1958 อ้างถึงใน Recasens, 1983; Fujimura, 1962) นอกจากนี้ Ohala (1975) กล่าวว่า ค่าความถี่ฟอร์เมนต์นาสิกมักมีระดับเดียว ไม่แปรไปตามฐานกรณ์

ทั้งนี้ เป็นเพราะช่องจมูกมีรูปทรงและปริมาตรคงที่ ดังนั้น ไม่ว่าจะออกเสียงพยัญชนะนาสิกใด รูปทรงของช่องจมูกก็มักจะเหมือนเดิม ด้วยเหตุนี้ เมื่อเกิดการกำทอนในช่องจมูก ค่าความถี่สั่นพ้อง (resonance frequency) ของพยัญชนะนาสิกแต่ละเสียงจึงมีค่าใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตาม มีการศึกษาที่พบว่าแท้จริงแล้ว พยัญชนะนาสิกต่างฐานกรณสามารถมีค่าความถี่ฟอร์เมนทันนาสิกต่างกัน ได้ (Recasens, 1983)

ส่วนค่าด้านฟอร์เมนทันเป็นช่วงที่พลังงาน ณ ช่วงความถี่หนึ่งลดลงหรือหายไประหว่างการเปล่งเสียงพยัญชนะนาสิก ซึ่งเกิดจากการดูดซับพลังงานเสียงในช่องปากซึ่งเป็นช่องทางเดินเสียงรอง ค่าด้านฟอร์เมนทันของพยัญชนะนาสิกแต่ละเสียงแปรผกผันกับความยาวของช่องปาก ยิ่งช่องปากมีขนาดยาวมากขึ้น ค่าด้านฟอร์เมนทันก็จะลดน้อยลง (House, 1957; Fujimura, 1962; Ohala, 1975; Fant, 1970; Kacprowski & Mikiel, 1965 อ้างถึงใน Ohala, 1975) ผลการศึกษาความแตกต่างของค่าด้านฟอร์เมนทันของพยัญชนะนาสิกต่างฐานกรณ พบว่า /ŋ/ ซึ่งมีความยาวของช่องปากน้อยที่สุด มีค่าด้านฟอร์เมนทันมากที่สุด รองลงมาคือ /ŋ/ /n/ และ /m/ ซึ่งมีความยาวของช่องปากมากที่สุด โดย /ŋ/ มีค่าด้านฟอร์เมนทันประมาณ 3,700 Hz /ŋ/ มีค่าด้านฟอร์เมนทันประมาณ 2,650 Hz /n/ มีค่าด้านฟอร์เมนทันประมาณ 1,700 Hz และ /m/ มีค่าด้านฟอร์เมนทันประมาณ 1,000 Hz (Fujimura, 1962; Recasens, 1983)

ผลการศึกษาเมอร์เมอร์นาสิกในฐานะตัวบ่งชี้ฐานกรณ พบว่า ค่าความถี่ฟอร์เมนทันนาสิกที่ 1 (NF1) ของแต่ละฐานกรณต่างกัน พยัญชนะนาสิกเพดานอ่อน /ŋ/ มีค่าความถี่ฟอร์เมนทันนาสิกที่ 1 สูงสุด รองลงมาคือ เพดานแข็ง /ŋ/ ปุ่มเหงือก /n/ และริมฝีปาก /m/ ตามลำดับ (Fujimura, 1962; Romportl, 1973, Magdics, 1969, Dukiewicz, 1967, Fant, 1960, 1973 อ้างถึงใน Recasens, 1983) ความแตกต่างระหว่างค่าความถี่ฟอร์เมนทันนาสิกที่ 1 ของพยัญชนะนาสิกแต่ละฐานกรณน่าจะสัมพันธ์กับความแตกต่างของขนาดของช่องทางเดินเสียงบริเวณเพดานอ่อนกับผนังคอ (velopharyngeal port) ของแต่ละเสียง (Recasens, 1983) จากการศึกษาค่าความถี่ฟอร์เมนทันนาสิกที่ 1 ในภาษาสะกอ Kerdpol (2012) พบว่า รูปแบบความสัมพันธ์ของค่าความถี่ฟอร์เมนทันนาสิกที่ 1 สนับสนุนข้อค้นพบดังกล่าวข้างต้น ณ ตำแหน่งวัดค่าที่ 25% ของระยะเวลาของเมอร์เมอร์นาสิกเท่านั้น อย่างไรก็ตาม ค่าความถี่ฟอร์เมนทันที่ 1 ณ ตำแหน่งวัดค่าที่ 50% และ 75% แสดงรูปแบบความสัมพันธ์ที่แตกต่าง พฤติกรรมนี้สะท้อนให้เห็นความแปรปรวนของผลการศึกษาเมอร์เมอร์นาสิกในฐานะตัวบ่งชี้ฐานกรณ และทำให้การวิจัยนี้ชี้ว่าบทบาทของค่าความถี่ฟอร์เมนทันนาสิกในฐานะตัวบ่งชี้ฐานกรณมีน้ำหนักน้อยลง

นอกจากนี้ ผลการศึกษารับรู้ความแตกต่างของพยัญชนะนาสิกต่างฐานกรณ (Malécot, 1956; Recasens, 1983; Repp, 1986) ยังช่วยสนับสนุนบทบาทของเมอร์เมอร์นาสิกในฐานะตัวบ่งชี้ฐานกรณ โดยพบว่า เมอร์เมอร์นาสิกของ /m/ ช่วยให้ผู้ฟังแยก /m/ ออกจากพยัญชนะนาสิกฐานกรณ

อื่นได้ดี เพราะ /m/ มีค่าความถี่ฟอร์เมนทาลิกและค่าด้านฟอร์เมนทาลิกต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับพยัญชนะนาสิกฐานกรณ์อื่น ส่วนผลการรับรู้พยัญชนะนาสิกฐานกรณ์อื่นๆ พบว่า เมอร์เมอร์นาสิกมีบทบาทในฐานะตัวบ่งชี้ฐานกรณ์น้อยลง กล่าวคือ การที่ผู้ฟังจะรับรู้ฐานกรณ์ของเสียง /n/ และ /ŋ/ ได้ถูกต้องต้องอาศัยทั้งเมอร์เมอร์นาสิกและช่วงรอยต่อ ส่วนในกรณีของ /ŋ/ พบว่ามีเพียงช่วงรอยต่อที่ทำให้ผู้ฟังระบุ (identify) เสียง /ŋ/ ได้ถูกต้อง โดยที่เมอร์เมอร์นาสิกไม่มีบทบาทใดๆ

ตัวอย่างงานวิจัยเกี่ยวกับการรับรู้พยัญชนะนาสิก เช่น งานวิจัยของ Malécot (1956) ศึกษาการรับรู้ฐานกรณ์ของพยัญชนะต้นนาสิกและพยัญชนะท้ายนาสิกในภาษาอังกฤษ โดยใช้เสียงเร้าซึ่งได้จากวิธีการตัดต่อเสียง โดยตัดเมอร์เมอร์นาสิกออกจากสระ /æ/ ที่เกิดคู่กัน แล้วจึงนำเมอร์เมอร์นาสิกมาต่อกับสระแบบคละฐานกรณ์ เช่น นำเมอร์เมอร์นาสิกของ /m/ มาต่อกับสระ /æ/ ที่เดิมเกิดคู่กับ /m, n, ŋ/ เป็นต้น ผลการศึกษาพบว่า ในบริบทพยัญชนะต้นนาสิก ช่วงรอยต่อมีบทบาทในการจำแนกฐานกรณ์มาก ไม่ว่าเมอร์เมอร์นาสิกเป็นเสียงฐานกรณ์ใด ผู้ฟังได้ยินเสียงพยัญชนะนาสิกตามฐานกรณ์ของพยัญชนะเดิมของช่วงรอยต่อ เช่น กรณีที่เมอร์เมอร์นาสิก /n/ เกิดหน้าช่วงรอยต่อของ /m, ŋ/ ผู้ฟังได้ยินเสียงพยัญชนะต้นเป็นเสียง /m, ŋ/ เป็นต้น

ส่วนในบริบทพยัญชนะท้ายนาสิก เมื่อผู้ฟังได้ยินเสียงเร้าที่ประกอบด้วยเมอร์เมอร์นาสิกของ /m/ และช่วงรอยต่อของแต่ละฐานกรณ์ ผู้ฟังได้ยินเสียงพยัญชนะท้ายเป็น /m/ แสดงว่าเมอร์เมอร์นาสิกบ่งชี้ฐานกรณ์ริมฝีปากได้ดี ในกรณีของ /n/ เมื่อช่วงรอยต่อของ /n/ เกิดกับเมอร์เมอร์นาสิกของ /ŋ/ ผู้ฟังได้ยินเสียง /n/ แสดงว่าช่วงรอยต่อของ /n/ มีบทบาทในการบ่งชี้ฐานกรณ์มาก เมอร์เมอร์นาสิกของ /n/ ก็มีบทบาทเช่นกัน โดยจะเห็นได้จากการที่ผู้ฟังได้ยินเสียง /n/ เมื่อเมอร์เมอร์นาสิกของ /n/ เกิดหลังช่วงรอยต่อของ /ŋ/ สำหรับกรณีของ /ŋ/ พบว่า ผู้ฟังได้ยิน /ŋ/ ได้ดีต่อเมื่อเสียงเร้าประกอบด้วยเมอร์เมอร์นาสิกของ /ŋ/ และช่วงรอยต่อของ /ŋ/ แต่หากเมอร์เมอร์นาสิกของ /ŋ/ เกิดหลังช่วงรอยต่อของ /m, n/ ผู้ฟังจะได้ยินเสียง /m, n/ ข้อค้นพบดังกล่าวมาแล้วแสดงให้เห็นว่าเมอร์เมอร์นาสิกไม่สามารถบ่งชี้ฐานกรณ์ และเมื่อช่วงรอยต่อของ /ŋ/ เกิดหน้าเมอร์เมอร์นาสิกของ /n/ ผู้ฟังได้ยินทั้งเสียง /n, ŋ/ แสดงว่าช่วงรอยต่อเพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอต่อการได้ยินเสียง /ŋ/ การจำแนกเสียง /ŋ/ จึงต้องอาศัยทั้งเมอร์เมอร์นาสิกและช่วงรอยต่อ

ข้อค้นพบดังกล่าวข้างต้น แสดงให้เห็นว่าแม้เมอร์เมอร์นาสิกจะมีบทบาทในการจำแนกฐานกรณ์อยู่บ้าง แต่ก็ยังมีบทบาทน้อยเมื่อเทียบกับช่วงรอยต่อ (Harding & Meyer, 2003; Liberman et al., 1954; Malécot, 1956)

2.2.2 ช่วงรอยต่อ

ผลการศึกษาจากงานวิจัยหลายงานชี้ให้เห็นว่าช่วงรอยต่อ (transition) ระหว่างพยัญชนะนาสิกและสระเป็นตัวบ่งชี้ฐานกรณ์ที่ดีกว่าเมอร์เมอร์นาสิก ช่วงรอยต่อ คือช่วงเริ่มต้นเสียงสระ (vowel onset) จนถึงช่วงเริ่มสภาพคงที่ของเสียงสระ (steady state) (ดูภาพที่ 2.7) ในการศึกษาช่วงรอยต่อเพื่อเปรียบเทียบพยัญชนะนาสิกต่างฐานกรณ์มักศึกษาทั้งทิศทาง**การปิดเบน** (transitional direction) และ**ระดับการปิดเบน** (degree of frequency change) ของค่าความถี่ฟอร์เมนท์ที่ปรากฏในช่วงรอยต่อ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการปิดเบนของ**ค่าความถี่ฟอร์เมนท์ที่ 2** (F2) ผลการศึกษพบว่า ในกรณีที่พยัญชนะนาสิกเกิดหลังสระ /a/ ค่าความถี่ฟอร์เมนท์ที่ 2 ในช่วงรอยต่อหน้า /m/ ปิดเบนลง ค่าความถี่ฟอร์เมนท์ที่ 2 ในช่วงรอยต่อหน้า /n/ มีทิศทางตั้งแต่ไม่ปิดเบนจนถึงปิดเบนขึ้น ค่าความถี่ฟอร์เมนท์ที่ 2 ในช่วงรอยต่อหน้า /ŋ/ ปิดเบนขึ้น และค่าความถี่ฟอร์เมนท์ที่ 2 ในช่วงรอยต่อหน้า /ŋ/ มีทิศทางปิดเบนขึ้น แทบไม่ปิดเบนหรือปิดเบนลง (Magdics, 1969, Vaggés, Ferrero, Caldognetto-Magno & Lavagnoli, 1978, Dukiewicz, 1967, Fant, 1960 อ้างถึงใน Recasens, 1983; Recasens, 1983) (ดูตารางที่ 2.10) เหตุที่ค่าความถี่ฟอร์เมนท์ที่ 2 ในช่วงรอยต่อหน้า /n/ และ /ŋ/ มีทิศทางการปิดเบนหลายแบบ อาจเป็นเพราะผลการศึกษาจากงานวิจัยหลายภาษา อาทิ คตาลัน (Catalan) (Recasens, 1983) ฮังการี (Magdics, 1969 อ้างถึงใน Recasens, 1983) รัสเซีย (Vaggés et al., 1978 อ้างถึงใน Recasens, 1983) เป็นต้น จึงเป็นไปได้ว่าสระ /a/ ในแต่ละภาษามีค่าความถี่ฟอร์เมนท์ที่ 2 แตกต่างกัน ทำให้ทิศทางการปิดเบนของค่าความถี่ฟอร์เมนท์ที่ 2 ต่างกันด้วย

ส่วนผลการศึกษาภาษาสะกอของ Kerdpol (2012) แสดงให้เห็นว่า ในกรณีที่พยัญชนะนาสิกเกิดหน้าสระ /a/ ค่าความถี่ฟอร์เมนท์ที่ 2 ในช่วงรอยต่อหลัง /m/ ปิดเบนขึ้น ค่าความถี่ฟอร์เมนท์ที่ 2 ในช่วงรอยต่อหลัง /n, ɲ, ŋ/ ปิดเบนลง ส่วนกรณีของช่วงรอยต่อของสระ /ɔ/ ที่อยู่หลังพยัญชนะนาสิก ค่าความถี่ฟอร์เมนท์ที่ 2 ในช่วงรอยต่อหลัง /m/ ปิดเบนขึ้น และค่าความถี่ฟอร์เมนท์ที่ 2 ในช่วงรอยต่อหลัง /n, ɲ/ ปิดเบนลง เหมือนกับข้อค้นพบในสระ /a/ ที่เกิดหลังพยัญชนะนาสิกข้างต้น แต่ค่าความถี่ฟอร์เมนท์ที่ 2 ในช่วงรอยต่อหลัง /ŋ/ ปิดเบนขึ้น แตกต่างจากข้อค้นพบในสระ /a/ ผลการศึกษาช่วงรอยต่อของสระที่อยู่หลังพยัญชนะต้นนาสิกจึงแสดงให้เห็นว่า ทิศทางการปิดเบนของค่าความถี่ฟอร์เมนท์ที่ 2 อาจแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของสระที่เกิดตามมา

ตารางที่ 2.10 ทิศทางการปิดเบนของค่าความถี่ฟอร์เมนท์ที่ 1, 2, 3 ของสระที่เกิดร่วมกับพยัญชนะนาสิกต่างฐานกรณ์

Recasens (1983)				งานอื่นๆ (อ้างถึงใน Recasens (1983))			Kerdpol (2012)			
สระ	/aN/			/aN/			/Na/		/No/	
พยัญชนะ ท้ายนาสิก	F1	F2	F3	F1	F2	F3	F2	F3	F2	F3
m	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↗	↗	↗	↗
n	↘	↗	↗	↘	↗	↘	↘	↘	↘	↗
ɲ	↘	↗	↗	↘	↗	↘	↘	↘	↘	↗
ŋ	↘	↗	↘	↘	↗	↘	↘	↘	↗	↗

นอกจากจะพิจารณาค่าความถี่ฟอร์เมนท์ที่ 2 ในช่วงรอยต่อระหว่างพยัญชนะนาสิกและสระ ทิศทางการปิดเบนและระดับการปิดเบนของค่าความถี่ฟอร์เมนท์ที่ 1 (F1) และค่าความถี่ฟอร์เมนท์ที่ 3 (F3) ในช่วงรอยต่อระหว่างพยัญชนะนาสิกและสระก็อาจใช้แยกพยัญชนะนาสิกฐานกรณ์ต่างๆ ออกจากกันได้ งานวิจัยหลายชิ้นที่ศึกษาช่วงรอยต่อระหว่างสระ /a/ กับพยัญชนะท้ายนาสิก พบว่า ค่าความถี่ฟอร์เมนท์ที่ 1 มีทิศทางปิดเบนลง (ดูตารางที่ 2.10) ในเรื่องระดับของการปิดเบน ระดับการปิดเบนของ /ɲ/ มีมากกว่าระดับการปิดเบนของ /m/ และ /n/ ส่วน /ŋ/ มีการปิดเบนน้อยที่สุด (Recasens, 1983) แม้ว่า Kerdpol (2012) จะพบว่าในภาษาสะกอ /ɲ/ มีระดับการปิดเบนมากกว่าพยัญชนะนาสิกฐานกรณ์อื่น แต่ /ŋ/ ไม่ได้มีการปิดเบนน้อยที่สุดตามผลการศึกษาของ Recasens (1983)

ส่วนค่าความถี่ฟอร์เมนท์ที่ 3 มีทิศทางปิดเบนลงใน /m/ /n/ และ /ŋ/ และมีทิศทางปิดเบนขึ้นใน /ɲ/ เมื่อปรากฏหลังเสียงสระ /a/ (Magdics, 1969, Vaggel et al., 1978, Dukiewicz, 1967, Fant, 1960 อ้างถึงใน Recasens, 1983) แต่ Recasens (1983) พบว่า ช่วงรอยต่อมีทิศทางปิดเบนลงในกรณี /m/ และ /ŋ/ แต่มีทิศทางปิดเบนขึ้นในกรณี /n/ และ /ɲ/ (ดูตารางที่ 2.10) ทั้งนี้ Recasens (1983) ไม่ได้อธิบายว่าเหตุใดทิศทางปิดเบนของค่าความถี่ฟอร์เมนท์ที่ 3 ที่พบในงานของเขาจึงแตกต่างจากข้อค้นพบในงานอื่นๆ ส่วนกรณีของสระที่เกิดหลังพยัญชนะต้นนาสิก ค่าความถี่ฟอร์เมนท์ที่ 3 ในช่วงรอยต่อของ /a/ และ /o/ หลัง /m/ ปิดเบนขึ้น และค่าความถี่ฟอร์เมนท์ที่ 3 ในช่วงรอยต่อของ /a/ และ /o/ หลัง /ɲ/ ปิดเบนลง แต่ในขณะที่ค่าความถี่ฟอร์เมนท์ที่ 3 ในช่วงรอยต่อหลัง /n/ และ

/ŋ/ ของ /a/ มีทิศทางบิตเบนลง ค่าความถี่ฟอร์เมนท์ที่ 3 ในช่วงรอยต่อหลัง /m/ และ /ŋ/ ของ /v/ บิตเบนขึ้น

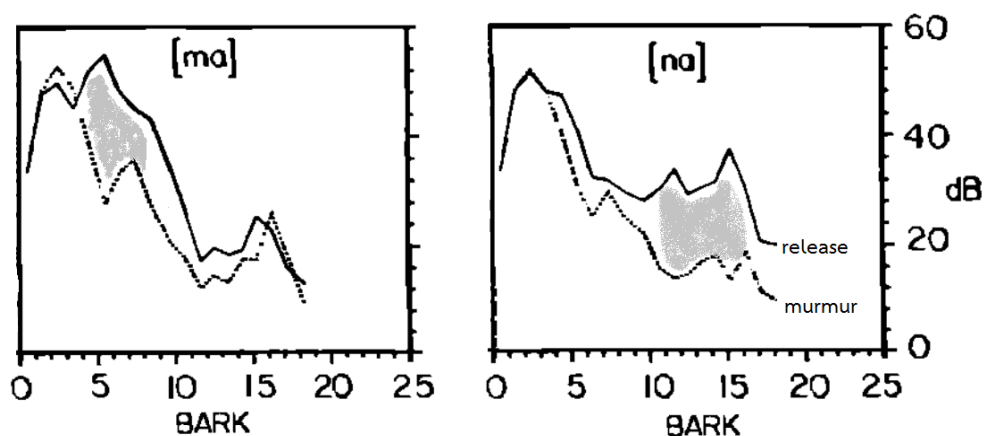
โดยสรุป ตารางที่ 2.10 แสดงให้เห็นว่า (1) ค่าความถี่ฟอร์เมนท์ที่ 1 ในช่วงรอยต่อหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกทั้ง 4 ฐานกรณ์บิตเบนลงเหมือนกัน แต่มีระดับของการบิตเบนต่างกัน (2) ในกรณีของสระที่เกิดหน้าพยัญชนะนาสิก ค่าความถี่ฟอร์เมนท์ที่ 2 ในช่วงรอยต่อหน้า /m/ บิตเบนลง และค่าความถี่ฟอร์เมนท์ที่ 2 หน้า /ŋ/ บิตเบนขึ้น แต่ทิศทางการบิตเบนของค่าความถี่ฟอร์เมนท์ที่ 2 ในช่วงรอยต่อหน้า /m/ และ /ŋ/ มีหลายรูปแบบ (3) ในกรณีของสระที่เกิดหลังพยัญชนะนาสิก ค่าความถี่ฟอร์เมนท์ที่ 2 ในช่วงรอยต่อหลัง /m/ บิตเบนขึ้น และค่าความถี่ฟอร์เมนท์ที่ 2 ในช่วงรอยต่อหลัง /n/ และ /ŋ/ บิตเบนลง แต่ทิศทางการบิตเบนของค่าความถี่ฟอร์เมนท์ที่ 2 ในช่วงรอยต่อหลัง /ŋ/ หลากหลาย ขึ้นอยู่กับสระแวดล้อม (4) ในกรณีของสระที่เกิดหน้าพยัญชนะนาสิก ทิศทางการบิตเบนของค่าความถี่ฟอร์เมนท์ที่ 3 ในช่วงรอยต่อหน้า /m/ และ /ŋ/ บิตเบนลง ค่าความถี่ฟอร์เมนท์ที่ 3 ในช่วงรอยต่อหน้า /ŋ/ บิตเบนขึ้น แต่ทิศทางการบิตเบนของค่าความถี่ฟอร์เมนท์ที่ 3 ในช่วงรอยต่อหน้า /n/ มีทั้งบิตเบนขึ้นและลง (5) ในกรณีของสระที่เกิดหลังพยัญชนะนาสิก ค่าความถี่ฟอร์เมนท์ที่ 3 ในช่วงรอยต่อหลัง /m/ บิตเบนขึ้น ค่าความถี่ฟอร์เมนท์ที่ 3 ในช่วงรอยต่อหลัง /n/ และ /ŋ/ บิตเบนลง ส่วนทิศทางการบิตเบนของค่าความถี่ฟอร์เมนท์ที่ 3 ในช่วงรอยต่อหลัง /n/ และ /ŋ/ มีความหลากหลาย ขึ้นอยู่กับสระที่เกิดติดกัน

จากผลการศึกษาดังกล่าวข้างต้น จะเห็นได้ว่า แม้ช่วงรอยต่อของแต่ละฐานกรณ์จะมีรูปแบบทิศทางบิตเบนและระดับการบิตเบนค่อนข้างสม่ำเสมอ โดยเฉพาะอย่างยิ่งค่าความถี่ฟอร์เมนท์ที่ 2 แต่ช่วงรอยต่อของพยัญชนะนาสิกบางฐานกรณ์มีทิศทางบิตเบนหลากหลาย ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติสระในบริบทแวดล้อม ดังนั้น การจะระบุทิศทางบิตเบนช่วงรอยต่อระหว่างพยัญชนะนาสิกแต่ละฐานกรณ์และสระที่เป็นสากลจึงเป็นไปได้ยาก เพราะต้องคำนึงถึงบริบทสระที่เกิดร่วมกันด้วย

2.2.3 การเปลี่ยนแปลงพลังงาน ณ ช่วงปล่อยลมเมื่อเปล่งเสียงนาสิก

การเปลี่ยนแปลงพลังงาน ณ ช่วงปล่อยลมเมื่อเปล่งเสียงนาสิก (nasal release) เป็นลักษณะทางกลศาสตร์ที่มีคุณสมบัติคงที่ (invariant) นั่นคือ ไม่มีการแปรเปลี่ยนไปตามเสียงสระแวดล้อม ผู้พูด โครงสร้างพยางค์ ฯลฯ โดยในการศึกษาจะดูว่าพยัญชนะนาสิกต่างฐานกรณ์มีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของพลังงานระหว่างช่วงท้ายของเมอร์เมอร์นาสิกกับช่วงปล่อยลม (release) ต่างกันหรือไม่ ข้อค้นพบจากงานวิจัยของ Kurowski & Blumstein (1987) แสดงให้เห็นว่า /m/ มีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงพลังงานแตกต่างจาก /n/ กล่าวคือ ในกรณีของ /m/ พลังงานเปลี่ยนแปลงชัดเจน

ในช่วงค่าความถี่ต่ำ คือช่วง Bark⁴ 5 – 7 ส่วน /m/ มีการเปลี่ยนแปลงพลังงานชัดเจนในช่วงค่าความถี่สูง คือช่วง Bark 11 – 14 (ดูภาพที่ 2.8)



ภาพที่ 2.8 สเปกตรัมแสดงการเปลี่ยนแปลงของพลังงานระหว่างเมอร์เมอร์นาสิกและช่วงปล่อยลมใน [ma] และ [na] ส่วนที่แรเงาแสดงบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงพลังงานมาก (ดัดแปลงจาก Kurowski & Blumstein, 1987)

โดยสรุป ข้อค้นพบเกี่ยวกับตัวบ่งชี้ฐานกรณ์ของพยัญชนะนาสิกจากการศึกษาด้วยวิธีต่างๆ พบว่า เมอร์เมอร์นาสิกเป็นตัวบ่งชี้ฐานกรณ์ที่มีบทบาทน้อยกว่าช่วงรอยต่อ ส่วนช่วงรอยต่อในฐานะตัวบ่งชี้ฐานกรณ์ก็มีข้อจำกัดที่ว่า การบิดเบนของค่าความถี่ฟอร์เมนทซ์ขึ้นอยู่กับบริบทสระแวดล้อม และแม้วิธีเปรียบเทียบรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของพลังงานระหว่างเมอร์เมอร์นาสิกและช่วงปล่อยลมของพยัญชนะนาสิกต่างฐานกรณ์ จะเป็นวิธีที่ทำให้ได้ผลลัพธ์ซึ่งไม่แปรตามปัจจัยทางภาษาและผู้พูด แต่ก็ยังจัดว่าเป็นวิธีการที่ซับซ้อนกว่าวิธีสมการจุดร่วมซึ่งจะกล่าวถึงต่อไป

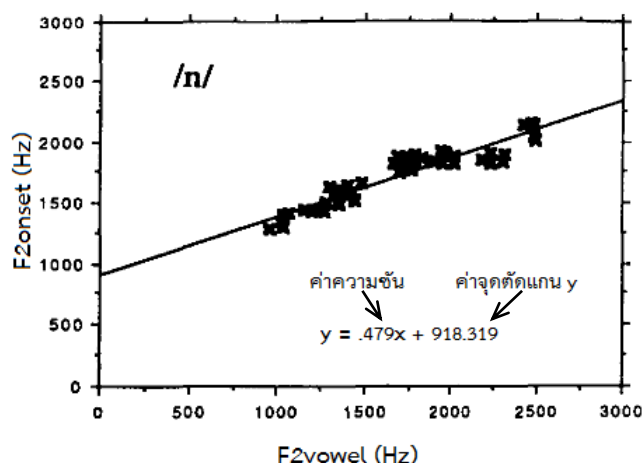
2.2.4 วิธีสมการจุดร่วม

วิธีสมการจุดร่วม (Locus Equation) เป็นวิธีที่ใช้ในการศึกษาความแตกต่างของพยัญชนะต่างฐานกรณ์และเป็นวิธีที่ให้ผลซึ่งไม่แปรตามบริบทสระแวดล้อม ต่างจากการศึกษาช่วงรอยต่อระหว่างพยัญชนะและสระที่กล่าวถึงข้างต้น สมการจุดร่วม คือ สมการเส้นตรงที่แสดงความสัมพันธ์

⁴ Bark scale คือ ระดับค่าความถี่ (frequency scale) ซึ่งสะท้อนความสามารถของมนุษย์ ในการได้ยินความแตกต่างของค่าความถี่ ผู้ฟังได้ยินการเปลี่ยนแปลงค่าความถี่ที่เกิดในช่วงค่าความถี่ต่ำได้ดีกว่าการเปลี่ยนแปลงค่าความถี่ที่เกิดในช่วงค่าความถี่สูง (Baart, 2010; Johnson, 2003)

ระหว่างพยัญชนะและสระ โดยการพลอตค่าความถี่ฟอร์เมนต์ที่ 2 ณ จุดเริ่มต้นของเสียงสระ (F2onset) บนแกน y (แกนตั้ง) และพลอตค่าความถี่ฟอร์เมนต์ที่ 2 ของเสียงสระ (F2vowel) บนแกน x (แกนนอน) ในการวัดค่า F2vowel จะวัดจากตำแหน่งกึ่งกลางของเสียงสระหากค่าความถี่ฟอร์เมนต์ที่ 2 มีค่าคงที่หรือเป็นเส้นเฉียง แต่หากค่าความถี่ฟอร์เมนต์ที่ 2 เป็นรูปตัวยูคว่ำหรือหงาย จะวัดค่าจากจุดสูงสุดหรือต่ำสุดของรูปตัวยูนั้น (Sussman et al., 1991) สมการจตุรร่วมจะให้ (1) ค่าความชัน (slope) และ (2) ค่าจุดตัดแกน y (y-intercept) ซึ่งนำมาใช้ศึกษาความแตกต่างของพยัญชนะแต่ละฐานกรณ์ได้⁵ (ดูภาพที่ 2.9)

แท้จริงแล้ว สมการจตุรร่วมใช้คำนวณค่าความถี่ฟอร์เมนต์ที่เท่าไรก็ได้ แต่เนื่องจากผลการศึกษาพบว่าค่าความถี่ฟอร์เมนต์ที่ 1 และ 3 สัมพันธ์กับพยัญชนะต่างฐานกรณ์เพียงเล็กน้อยหรือไม่สัมพันธ์เลย (Krull, 1988; Sussman et al., 1991) จึงมีเพียงค่าความถี่ฟอร์เมนต์ที่ 2 ซึ่งเหมาะสมที่สุดที่จะนำมาศึกษาความแตกต่างของพยัญชนะต่างฐานกรณ์



ภาพที่ 2.9 สมการจตุรร่วมแสดงค่าความชันและค่าจุดตัดแกน y ของ /n/ (ดัดแปลงจาก Sussman & Shore, 1996)

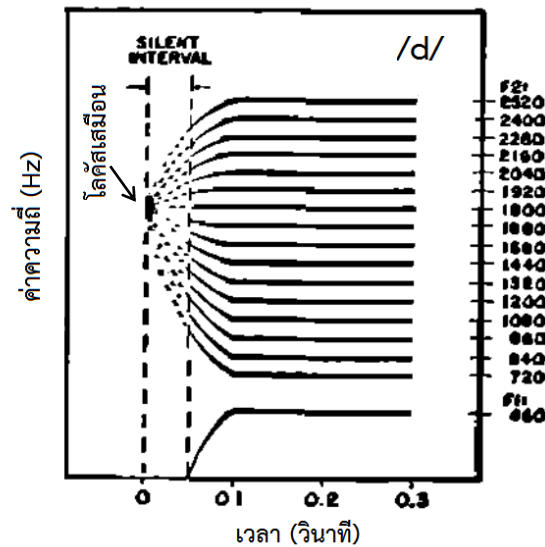
การศึกษาความแตกต่างของพยัญชนะต่างฐานกรณ์โดยวิธีสมการจตุรร่วมโดยมากเป็นการศึกษาพยัญชนะกัก ผลการศึกษาส่วนใหญ่พบว่าค่าความชันและจุดตัดแกน y ที่ได้จากสมการจตุรร่วมของพยัญชนะกัก 3 ฐานกรณ์ ได้แก่ ริมฝีปาก ปุ่มเหงือก และเพดานอ่อนแตกต่างกันตามฐานกรณ์คือ เพดานอ่อนมีค่าความชันมากที่สุด รองลงมาคือ ริมฝีปากและปุ่มเหงือกตามลำดับ (Krull, 1989; Lindblom, 1963 อ้างถึงใน Sussman et al., 1991; Luangthongkum, Intajamomrak, Putthasatien,

⁵ ดูรายละเอียดการสร้างสมการจตุรร่วม เพื่อหาค่าความชันและค่าจุดตัดแกน y ในหัวข้อที่ 3.3.2.1

Huadsiri & Phalipat, 2011; Sussman et al., 1993; ยุกาพร ฮวดศิริ, 2550) แต่ Sussman et al. (1991) และ Krull (1988) พบว่า ค่าความชันของพยัญชนะกักเพดานอ่อนน้อยกว่าพยัญชนะริมฝีปาก ส่วนค่าจุดตัดแกน y ของแต่ละฐานกรณ์มีค่าน้อยกว่าหรือมากกว่าขึ้นอยู่กับแต่ละภาษา

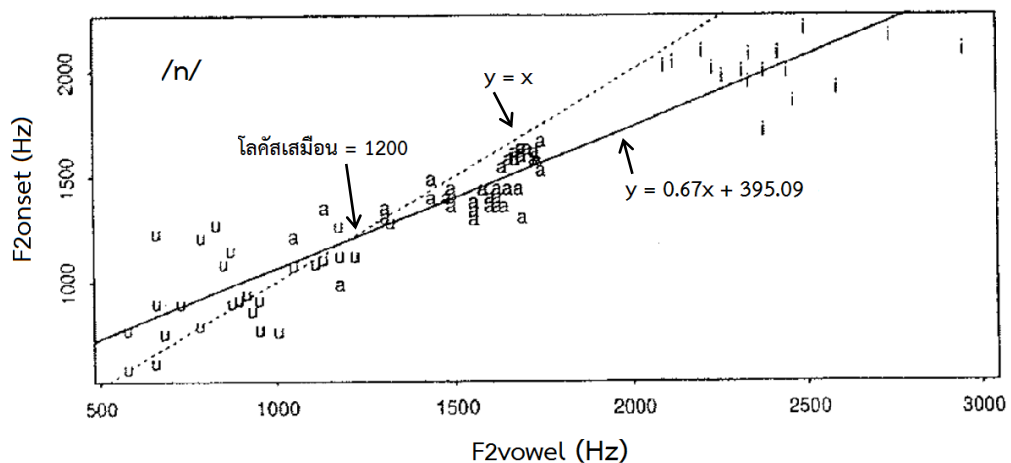
ส่วนการนำวิธีสมการจุดร่วมมาศึกษาความแตกต่างของฐานกรณ์ของพยัญชนะต้นนาสิกยังมีไม่มากนัก อาทิ Tabain (n.d.) ที่ศึกษาพยัญชนะนาสิก 6 ฐานกรณ์ ได้แก่ ริมฝีปาก /m/, ฟัน /n/, ปุ่มเหงือก /ŋ/, หลังปุ่มเหงือก /ŋ/, เพดานแข็ง /j/ และเพดานอ่อน /ɲ/ ในภาษา Yanyuwa และ Yindjibarndi ซึ่งเป็นภาษาออสเตรเลียนพื้นเมือง ผลการศึกษาภาษา Yanyuwa พบว่า /ŋ/ มีค่าความชันมากที่สุด รองลงมาคือ /m/, /n/, /j/ และ /ɲ/ ตามลำดับ ส่วนในภาษา Yindjibarndi พบว่า /ŋ/ มีค่าความชันมากที่สุด รองลงมาคือ /m/, /n/, /ŋ/, /ɲ/ และ /j/ ตามลำดับ ผลการศึกษานี้ยังสอดคล้องกับผลการศึกษาความแตกต่างของพยัญชนะกักต่างฐานกรณ์ที่พบว่า พยัญชนะเพดานอ่อนและริมฝีปากมีค่าความชันมาก โดยที่พยัญชนะเพดานอ่อนมีค่าความชันมากที่สุด ส่วนพยัญชนะปุ่มเหงือกมีค่าความชันน้อยกว่า

นอกจากนี้ วิธีสมการจุดร่วมยังสามารถนำมาพิสูจน์แนวความคิดโลคัสเสมือน (virtual locus) ได้ (Sussman et al., 1991; Tabain, n.d.) ในแนวความคิดโลคัสเสมือน คำว่า “โลคัส” ซึ่งปรากฏใน Delattre et al. (1955) หมายถึง ตำแหน่งค่าความถี่ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นเสมือนของช่วงรอยต่อ (ดูภาพที่ 2.10) ค่าความถี่นี้เป็นค่าคงที่ ซึ่งสะท้อนตำแหน่งฐานกรณ์ของพยัญชนะที่คงที่ (fixed articulatory place) จากนี้จะใช้คำว่า “โลคัสเสมือน” ตาม Sussman et al. (1991) โดย Delattre et al. (1955) สรุปค่าโลคัสเสมือนของพยัญชนะกักไว้ดังนี้ /b/ – 720 Hz /d/ – 1,800 Hz และ /g/ – 3,000 Hz เมื่อปรากฏหน้าสระหน้าและสระกลาง แต่ /g/ ที่ปรากฏหน้าสระหลังไม่พบค่าโลคัสเสมือน ซึ่งข้อสรุปเกี่ยวกับ /g/ มาจากผลการศึกษาที่พบว่า ในกรณีที่เสียงสังเคราะห์ประกอบด้วย /g/ ที่มีค่าโลคัสเสมือน 3,000 Hz กับสระที่มีค่าความถี่ฟอร์เมนที่ 2 หลายระดับ ผู้ฟังได้ยินเสียง /g/ เมื่อสระที่เกิดตามมามีค่าความถี่ฟอร์เมนที่ 2 มากกว่า 1,200 Hz ซึ่งตรงกับค่าความถี่ฟอร์เมนที่ 2 ของสระหน้าและสระกลาง แต่เมื่อสระมีค่าความถี่ฟอร์เมนที่ 2 น้อยกว่า 1,200 Hz ผู้ฟังได้ยินเสียง /d/ Delattre et al. (1955) อธิบายว่าการที่ /g/ ไม่มีค่าโลคัสเสมือน 1 ค่าที่สามารถเกิดร่วมกับสระทุกเสียงอาจสัมพันธ์กับการที่ตำแหน่งฐานกรณ์ของ /g/ ค่อนข้างแปรตามอิทธิพลของสระแวดล้อมมาก ส่วน “โลคัส” ในวิธีสมการจุดร่วมซึ่งเริ่มใช้ใน Lindblom (1963) (อ้างถึงใน Sussman et al., 1991) หมายถึง ค่าความถี่ฟอร์เมนที่ 2 ณ จุดเริ่มต้นของช่วงรอยต่อระหว่างพยัญชนะและสระ (F2onset)



ภาพที่ 2.10 โลคัสเสมือนของ /d/ (ดัดแปลงจาก Delattre et al., 1955)

หากการพิสูจน์ค่าโลคัสเสมือนโดยวิธีสมการจุดร่วมพบค่าโลคัสเสมือนของแต่ละฐานกรณ์ต่างกัน ก็จะเป็นการสนับสนุนแนวคิดโลคัสเสมือนดังกล่าว วิธีการหาตำแหน่งโลคัสเสมือน ทำได้โดยการพลอตสมการจุดร่วมตัดกับสมการ $y = x$ หรือ $F2_{onset} = F2_{vowel}$ การที่ค่า $F2_{onset}$ เท่ากับ $F2_{vowel}$ แสดงว่าค่าความถี่ฟอร์เมนต์ ณ ช่วงรอยต่อเป็นเส้นตรงซึ่งชี้ไปยังค่าโลคัสเสมือน ดังนั้นตำแหน่งที่สมการ 2 เส้นนี้ตัดกัน โดยดูค่าจากแกน y จึงเป็นตำแหน่งบอกค่าโลคัสเสมือน (ดูภาพที่ 2.11) แต่หากสมการ 2 เส้นนี้ไม่ตัดกัน ก็แสดงว่าพยัญชนะนั้นไม่มีค่าโลคัสเสมือน



ภาพที่ 2.11 ตำแหน่งที่สมการจุดร่วมตัดกับสมการ $y = x$ แสดงค่าโลคัสเสมือนของ /n/ ในภาษา Yindjibarndi (ดัดแปลงจาก Tabain, n.d.)

อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาค่าโลคัสเสมือนของพยัญชนะกักก้อง /b/ /d/ และ /g/ ในภาษาอังกฤษของ Sussman et al. (1991) พบว่า มีเพียง /d/ และ /g/ หน้าเสียงสระหน้าเท่านั้นที่หาตำแหน่งโลคัสเสมือนได้ อย่างไรก็ตาม แม้ว่าจะหาค่าโลคัสเสมือนได้ แต่ก็ไม่ได้ทำให้แยก 2 เสียงนี้ออกจากกันได้ เพราะค่าโลคัสเสมือนทับซ้อนกัน ส่วน /b/ และ /g/ หน้าเสียงสระหลังไม่สามารถหาตำแหน่งโลคัสเสมือนได้เพราะมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) สูงกว่าค่าเฉลี่ยของค่าโลคัสเสมือน และยังพบว่ามีค่าโลคัสเสมือนที่ไม่สมเหตุผล (unrealistic loci) เพราะว่าเป็นค่าติดลบหรือค่าสูงอย่างผิดปกติ (มากกว่า 10,000 Hz) ดังนั้น ผลการศึกษาของ Sussman et al. (1991) จึงแย้งแนวความคิดโลคัสเสมือนของ Delattre et al. (1955) เนื่องจากไม่สามารถหาค่าโลคัสเสมือนของทุกฐานกรณ์ได้

วิธีการหาโลคัสเสมือนนี้ยังนำมาใช้หาโลคัสเสมือนของพยัญชนะนาสิกต่างฐานกรณ์ในการศึกษาของ Tabain (n.d.) ที่ศึกษาพยัญชนะนาสิก 6 ฐานกรณ์ ได้แก่ ริมฝีปาก /m/, ฟัน /n/, ปุ่มเหงือก /ɱ/, หลังปุ่มเหงือก /ŋ/, เพดานแข็ง /ŋ/ และเพดานอ่อน /ŋ/ ในภาษา Yanyuwa และ Yindjibarndi ผลการวิจัยพบว่า ในภาษา Yanyuwa ไม่สามารถหาโลคัสเสมือนของพยัญชนะนาสิกเพดานอ่อนได้ และจากการเทียบค่าโลคัสเสมือนของพยัญชนะนาสิกฐานกรณ์เดียวกันใน 2 ภาษาพบว่า ค่าโลคัสเสมือนบางฐานกรณ์ต่างกัน ดังนั้น อาจสรุปได้ว่าหากค่าโลคัสเสมือนมีอยู่จริง อาจเป็นค่าเฉพาะในแต่ละภาษา

นอกจากสมการจตุรรมจะแสดงความแตกต่างของพยัญชนะนาสิกต่างฐานกรณ์แล้ว ยังช่วยในการศึกษาเรื่องความสัมพันธ์ของการปรากฏร่วมกันระหว่างพยัญชนะและสระ (coarticulation) โดยดูจากค่าความชัน ถ้าพยัญชนะกับสระมีความสัมพันธ์ต่อกันมาก คือ F2onset เปลี่ยนแปลงตามสระที่เกิดตามมา ค่าความชันจะยิ่งเข้าใกล้ 1 โดยจะเห็นว่าเส้นสมการชันมาก แต่หากพยัญชนะกับสระสัมพันธ์กันน้อย คือ F2onset มีค่าค่อนข้างคงที่ ไม่ว่าจะสระที่ปรากฏร่วมจะเป็นสระใด ค่าความชันจะเข้าใกล้ 0 โดยจะเห็นว่าเส้นสมการชันน้อย (Sussman et al., 1993)

ผลการศึกษาค่าความชันจากงานวิจัยหลายภาษา อาทิ ภาษาสวีดิช ภาษาอังกฤษ ภาษาไทย ภาษาอารบิก ภาษาอูรดู (Krull, 1989; Lindblom, 1963 อ้างถึงใน Sussman et al., 1991; Sussman et al., 1993; ยุพาพร ฮวดศิริ, 2550) มีข้อค้นพบสอดคล้องกันดังนี้ พยัญชนะกักก้องริมฝีปากและเพดานอ่อนมีค่าความชันมาก โดยที่พยัญชนะกักก้องเพดานอ่อนมักมีค่าความชันมากกว่าส่วนพยัญชนะกักก้องปุ่มเหงือกมีค่าความชันน้อย แต่ Sussman et al. (1991) ซึ่งศึกษาเสียง /b, d, g/ ที่เกิดร่วมกับสระ 10 เสียง คือ /i, I, e, ε, æ, a, o, ʌ, ɔ, u/ ในภาษาอังกฤษ พบว่า ค่าความชันของพยัญชนะเพดานอ่อนน้อยกว่าพยัญชนะริมฝีปาก ซึ่งอาจเกิดจากการที่พยัญชนะเพดานอ่อนเลื่อนไปข้างหน้าเมื่ออยู่ในบริบทสระหน้า ซึ่งทำให้ค่าความชันลดน้อยลง (Sussman et al., 1993) เช่นเดียวกับผลการศึกษาภาษาสวีดิชของ Krull (1988) นอกจากนี้ ผลการศึกษาค่าความชันของพยัญชนะนาสิกยังสอดคล้องกับข้อค้นพบเกี่ยวกับพยัญชนะกักต่างฐานกรณ์ กล่าวคือ พยัญชนะนาสิก

ฐานกรณ์เพดานอ่อนมีค่าความชันมากที่สุด รองลงมาคือริมฝีปากและปุ่มเหงือกตามลำดับ (Tabain, n.d.) ทั้งนี้ ค่าความชันที่มีค่ามากของพยัญชนะฐานกรณ์ริมฝีปากและเพดานอ่อนสะท้อนให้เห็นว่า F2onset เปลี่ยนแปลงเนื่องมาจากบริบทสระแวดล้อม ส่วนการที่พยัญชนะฐานกรณ์ปุ่มเหงือกมีค่าความชันน้อยกว่า แสดงว่า F2onset มีค่าค่อนข้างคงที่ ไม่ว่าจะอยู่ในบริบทสระใด

ข้อค้นพบจากวิธีการศึกษาตัวบ่งชี้ฐานกรณ์ที่ใช้ในการจำแนกพยัญชนะนาสิกต่างฐานกรณ์ทั้ง 4 วิธี ได้แก่ (1) เมอร์เมอร์นาสิก (2) ช่วงรอยต่อ (3) การเปลี่ยนแปลงพลังงาน ณ ช่วงปล่อยลมเมื่อเปล่งเสียงนาสิก และ (4) วิธีสมการจตุรรม ทำให้สรุปได้ว่า การศึกษาเมอร์เมอร์นาสิกไม่ช่วยบ่งชี้ฐานกรณ์มากนัก เนื่องมาจากความคล้ายคลึงของขนาดและรูปร่างของช่องจมูกของพยัญชนะนาสิกแต่ละเสียง การศึกษาช่วงรอยต่อแม้ว่าจะเป็นวิธีที่ดีกว่าการศึกษาเมอร์เมอร์นาสิก แต่ก็มีข้อเสียตรงที่ผลมักแปรไปตามบริบทสระแวดล้อม การศึกษาการเปลี่ยนแปลงพลังงาน ณ ช่วงปล่อยลมเมื่อเปล่งเสียงนาสิกเป็นวิธีที่ไม่แปรไปตามบริบทสระ แต่เป็นการศึกษาที่มีความซับซ้อนมาก การศึกษาด้วยวิธีสมการจตุรรมสามารถแสดงความแตกต่างระหว่างพยัญชนะนาสิกต่างฐานกรณ์ด้วยค่าความชันและค่าจุดตัดแกน y ได้ดีและไม่ซับซ้อน ดังนั้น ในการวิจัยนี้จึงเลือกใช้วิธีสมการจตุรรมในการศึกษาความแตกต่างระหว่างพยัญชนะนาสิกทั้ง 4 ฐานกรณ์ในภาษาสะกอ

2.3 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการออกเสียงสระ

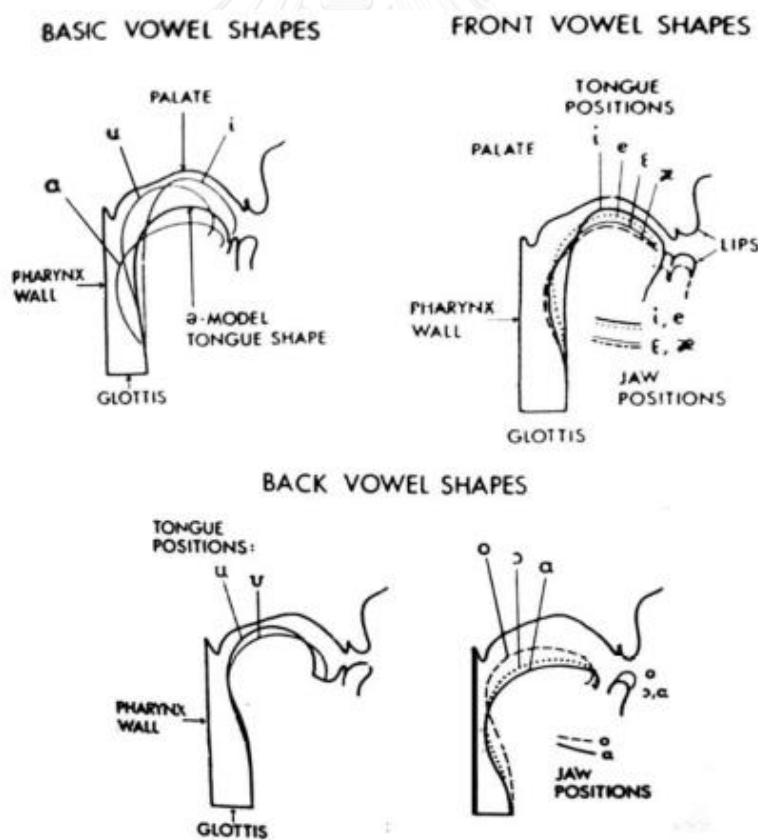
2.3.1 การเคลื่อนที่ของลิ้น

ขณะที่ออกเสียงสระ กระแสลมจากปอดไหลออกทางช่องปาก และถูกปรับให้เป็นเสียงสระคุณสมบัติต่างๆ ด้วยการเคลื่อนลิ้นในแนวตั้ง แนวนอน และลักษณะของริมฝีปาก (ดูภาพที่ 2.12) เมื่อกระแสลมซึ่งผ่านการปรับที่เส้นเสียงให้เป็นเสียงโฆษะหรือเสียงก้องเคลื่อนผ่านช่องทางเดินเสียงต่างรูปร่างอันเป็นผลมาจากการวางตัวและการเคลื่อนที่ของอวัยวะในช่องปาก ก็จะเกิดการกำทอนในช่องปาก และทำให้ได้ค่าความถี่สั่นพ้องหรือค่าความถี่ฟอร์แมนท์ (formant frequency) ที่ต่างกัน ในการแสดงลักษณะประจำเสียงสระแต่ละเสียง ค่าความถี่ฟอร์แมนท์หลักๆ ที่สำคัญ คือ ค่าความถี่ฟอร์แมนท์ที่ 1, 2 และ 3 (F1, F2, F3) ค่าความถี่ฟอร์แมนท์ที่ 1 และค่าความถี่ฟอร์แมนท์ที่ 2 มีความสัมพันธ์กับการเคลื่อนของลิ้น ส่วนค่าความถี่ฟอร์แมนท์ที่ 3 มีความสัมพันธ์กับลักษณะของริมฝีปาก (Baart, 2010; Ball & Rahilly, 1999; Pickett, 1980) ดังนี้

(1) ตำแหน่งสูงต่ำของลิ้นสัมพันธ์กับค่าความถี่ฟอร์แมนท์ที่ 1 แบบผกผัน คือ ถ้าลิ้นอยู่สูงใกล้กับเพดาน (สระสูง) ค่าความถี่ฟอร์แมนท์ที่ 1 จะต่ำ แต่ถ้าลิ้นอยู่ต่ำหรือไกลจากเพดานปาก (สระต่ำ) ค่าความถี่ฟอร์แมนท์ที่ 1 จะสูง

(2) ตำแหน่งหน้าหลังของลิ้นสัมพันธ์กับค่าความถี่ฟอร์เมนทที่ 2 แบบแปรตรง คือ ถ้าลิ้นเคลื่อนไปทางด้านหน้า (สระหน้า) ค่าความถี่ฟอร์เมนทที่ 2 จะสูง แต่ถ้าลิ้นเคลื่อนไปทางด้านหลัง (สระหลัง) ค่าความถี่ฟอร์เมนทที่ 2 จะต่ำ

(3) การห่อหรือไม่ห่อริมฝีปากสัมพันธ์กับค่าความถี่ฟอร์เมนทที่ 3 คือ ถ้าริมฝีปากห่อ ค่าความถี่ฟอร์เมนทที่ 3 จะต่ำ ตัวอย่างเช่น /i/ และ /y/ เป็นสระหน้าสูง มีค่าความถี่ฟอร์เมนทที่ 1 ต่ำ และค่าความถี่ฟอร์เมนทที่ 2 สูง แสดงว่าตำแหน่งลิ้นที่ใช้ในการผลิตเสียงอยู่ในตำแหน่งสูงและอยู่ด้านหน้า เสียง 2 เสียงนี้ต่างกันที่การห่อหรือไม่ห่อริมฝีปาก ในขณะที่ออกเสียง /y/ ริมฝีปากจะห่อ ทำให้ค่าความถี่ฟอร์เมนทที่ 3 ของ /y/ ต่ำกว่าค่าความถี่ฟอร์เมนทที่ 3 ของ /i/ ในกรณีความแตกต่างระหว่างสระ /i/ และ /u/ สระทั้ง 2 เสียงเป็นสระสูง มีค่าความถี่ฟอร์เมนทที่ 1 ต่ำ แต่ /u/ เป็นสระหลังและริมฝีปากห่อ ทำให้มีค่าความถี่ฟอร์เมนทที่ 2 และค่าความถี่ฟอร์เมนทที่ 3 ต่ำกว่าของ /i/ ฯลฯ

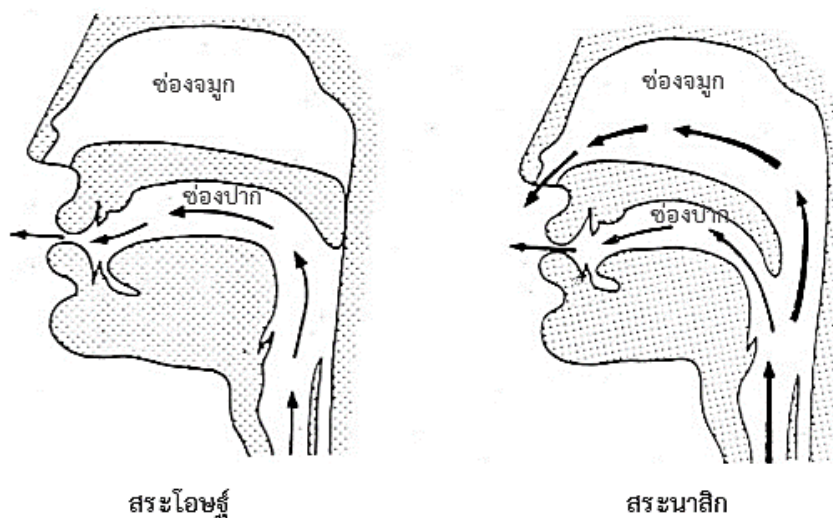


ภาพที่ 2.12 ตำแหน่งลิ้นเมื่อออกเสียงสระต่างๆ (Pickett, 1980)

2.3.2 การออกเสียงขึ้นจมูก

โดยปกติ ในการออกเสียงสระ กระแสลมจะไหลออกจากช่องปาก ทำให้เกิดสระโอษฐ์ที่พบในทุกภาษาทั่วโลก แต่หากขณะที่กระแสลมไหลออกจากช่องปาก เพดานอ่อนหย่อนตัวลง ซึ่งทำให้ช่องคอ ช่องปาก และช่องจมูกเชื่อมกัน กระแสลมจะไหลออกทั้งทางช่องปากและจมูก ก่อให้เกิดสระนาสิก (nasal vowel) (ดูภาพที่ 2.13) สระทั้ง 2 ประเภทต่างกันในแง่ที่สระนาสิกมีการออกเสียงขึ้นจมูก (nasalization) ซึ่งมีนัยสำคัญในการแยกความหมายคำ (contrastive) ส่วนสระโอษฐ์ซึ่งออกเสียงขึ้นจมูกเมื่อได้รับอิทธิพลจากพยัญชนะนาสิกที่อยู่ติดกัน จัดเป็นสระเสียงขึ้นจมูก (nasalized vowel) การออกเสียงขึ้นจมูกที่พบในสระเสียงขึ้นจมูกไม่มีนัยสำคัญในการแยกความหมายคำและเป็นสัทลักษณะที่ทำนายได้ ทั้งนี้ สระนาสิกและสระเสียงขึ้นจมูกต่างก็มีการออกเสียงขึ้นจมูก จึงอาจเรียกรวมกันว่า “สระที่ออกเสียงขึ้นจมูก”

โดยปกติ สระนาสิกพัฒนาจากสระโอษฐ์ที่เกิดหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกหรือสระเสียงขึ้นจมูกต่อมาเมื่อพยัญชนะท้ายนาสิกหายไป การออกเสียงขึ้นจมูกของสระก็ยิ่งเด่นชัด และทำให้การออกเสียงขึ้นจมูกจากแต่เดิมที่เกิดจากสัทบริบทและคาดเดาได้ กลายเป็นการออกเสียงขึ้นจมูกประจำสระที่ใช้แยกคำที่มีความหมายต่างกันได้ (Ruhlen, 1973) นอกจากนี้ สระนาสิกยังเกิดจากบริบทที่ปราศจากอิทธิพลของพยัญชนะนาสิกได้ (spontaneous nasalization) อาทิ สระนาสิกที่เกิดจากอิทธิพลของพยัญชนะเสียดแทรก เช่น ในภาษาปรากฤต (Prakrit) *sappa* ‘งู’ กลายเป็น [sǎp] ในภาษาฮินดี (Ohala, 2007) เป็นต้น Ohala & Amador (1981) (อ้างถึงใน Ohala, 2007) ได้อธิบายไว้ว่า การที่พยัญชนะที่มีกระแสลมไหลออกมากในขณะออกเสียง เอื้อให้เกิดการออกเสียงขึ้นจมูกของสระ เป็นเพราะในการออกเสียงเหล่านี้ ช่องเส้นเสียง (glottis) เปิดมากกว่าปกติ ทำให้ช่องหลอดลม (tracheal cavity) และช่องทางเดินเสียงเหนือกล่องเสียง (supra-glottal cavity) เชื่อมต่อกัน ผลคือทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงกับเสียงเหมือนดังที่เกิดจากการเชื่อมต่อกันของช่องคอ ช่องปาก และช่องจมูก (nasal coupling) คือ แอมพลิจูดของค่าความถี่ฟอร์เมนที่ 1 (A1) ในสระต่ำลง และทำให้ค่าความกว้างของยอดคลื่น (bandwidth) เพิ่มขึ้น ทำให้ผู้ฟังได้ยินเสียงสระที่ปรากฏติดกับพยัญชนะเสียดแทรกเป็นเสียงสระที่ออกเสียงขึ้นจมูก ปรากฏการณ์ดังกล่าวก็เกิดขึ้นในภาษาไทย เช่น /hɛ:/ ([hɛː]) ‘แห’ ฯลฯ



ภาพที่ 2.13 ช่องทางเดินของกระแสลมขณะออกเสียงสระโอษฐ์และสระนาสิก (ดัดแปลงจาก Thomas, Bouquieux & Cloarec-Heiss, 1976 อ้างถึงใน Forel & Puskás, 2005)

การเชื่อมต่อกันของช่องคอ ช่องปาก และช่องจมูกในขณะออกเสียงสระที่ออกเสียงขึ้นจมูก ส่งผลให้ลักษณะทางกลศาสตร์มีความซับซ้อน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในช่วงความถี่ต่ำบริเวณ ค่าความถี่ฟอร์แมนท์ที่ 1 ลักษณะทางกลศาสตร์ของสระที่เปลี่ยนแปลงเนื่องจากการออกเสียงขึ้น จมูกมีดังนี้

ประการที่ 1 คือ ระดับความเข้ม (intensity) หรือแอมพลิจูด (amplitude) ของสระที่ออก เสียงขึ้นจมูกต่ำกว่าสระโอษฐ์ และความกว้างของยอดคลื่น (bandwidth) กว้างขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งความกว้างของยอดคลื่นของค่าความถี่ฟอร์แมนท์ที่ 1 (B1) (House & Stevens, 1956; Fant, 1960 อ้างถึงใน Pruthi, 2007)

ประการที่ 2 คือ การสั่นพ้องในช่องจมูกทำให้เกิดค่าความถี่ฟอร์แมนท์นาสิก (nasal formant) ในบริเวณช่วงความถี่ที่มักไม่เกิดพลังงานเสียงเมื่อเทียบกับสระโอษฐ์ ในขณะเดียวกัน ช่อง จมูกก็ดูดซับพลังงานเสียง ณ ช่วงความถี่หนึ่ง ทำให้เกิดค่าต้านฟอร์แมนท์ (antiformant)

ประการที่ 3 คือ ค่าความถี่ฟอร์แมนท์เปลี่ยนแปลง แต่รูปแบบการเปลี่ยนแปลงนั้นมีความ หลากหลาย (Sampson, 1999) Ohala (1975) พบว่า ค่าความถี่ฟอร์แมนท์ที่ 1 มีค่าสูงขึ้น นั่นคือ ลื่น เคลื่อนต่ำลง แต่งานวิจัยของ Delvaux et al. (2002) ซึ่งศึกษาความแตกต่างระหว่างสระโอษฐ์กับ สระนาสิกในภาษาฝรั่งเศส พบว่า ในกรณีของผู้บอกภาษาเพศหญิง ค่าความถี่ฟอร์แมนท์ที่ 1 ของ /ɔ̃/ และ /ɑ̃/ ต่ำกว่า /o/ และ /a/ ตามลำดับ นั่นคือ ลื่นเคลื่อนสูงขึ้น และ Shosted, Carignan & Rong

(2012) พบว่า สระนาสิกที่เป็นสระหน้ามีระดับลิ้นสูงกว่าสระโอษฐ์ที่เป็นสระหน้า แสดงว่าค่าความถี่ฟอร์เมนทที่ 1 ต่ำ ในกรณีของค่าความถี่ฟอร์เมนทที่ 3 Bognar & Fujisaki (1986) (อ้างถึงใน Pruthi, 2007) และ Hockett (1955) (อ้างถึงใน Sampson, 1999) พบว่า ค่าความถี่ฟอร์เมนทที่ 3 ที่พบในสระที่ออกเสียงขึ้นจมูกมีค่าสูงขึ้น แต่ Manyah (2011) พบว่า สระนาสิกมีค่าความถี่ฟอร์เมนทที่ 3 ต่ำกว่าสระโอษฐ์

นอกจากนี้ ความซับซ้อนของสระที่ออกเสียงขึ้นจมูกนี้ทำให้ได้รับความสนใจจากนักวิจัยจำนวนมากที่ต้องการศึกษาว่าการออกเสียงขึ้นจมูกสัมพันธ์กับคุณสมบัติสระอย่างไร โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ความสัมพันธ์ระหว่างการออกเสียงขึ้นจมูกกับ**ระดับความสูงต่ำของลิ้น** ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการออกเสียงขึ้นจมูกของสระ (vowel nasalization) และคุณสมบัติสระ (vowel quality) ของสระที่ออกเสียงขึ้นจมูก พบว่า มีความสอดคล้องกัน คือ สระต่ำซึ่งเป็นสระที่ออกเสียงขึ้นจมูกมีเพดานอ่อนเปิดมากกว่าสระสูง และในงานวิจัยบางงานยังพบว่าเพดานอ่อนเปิดนานกว่าด้วย (Clumeck, 1975; House & Stevens, 1956; Maeda, 1982; Moll, 1962; Nusbaum, Foley & Wells, 1935, Harrington, 1944, Bloomer, 1953 อ้างถึงใน Abramson, Nye, Henderson & Marshall, 1981; Rossato et al., 2003) ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะสระต่ำสามารถต้านทานการออกเสียงขึ้นจมูกได้ดีกว่า แม้ว่าในขณะที่ออกเสียงสระต่ำ เพดานอ่อนจะเปิดอยู่บ้าง แต่เสียงที่ได้ยินยังคงความเป็นเสียงโอษฐ์อยู่ ดังนั้น ในการออกเสียงสระนาสิกต่ำ เพดานอ่อนก็จะยิ่งหย่อนต่ำลงมา ทำให้สระต่ำมีช่องทางเดินเสียงบริเวณเพดานอ่อนกับผนังคอเปิดกว้างที่สุด (McDonald & Baker, 1951 อ้างถึงใน Abramson et al., 1981) อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยได้พบว่ามีผลการวิจัยที่ขัดแย้ง คือ Al-Bamerni (1983) (อ้างถึงใน Hajek & Maeda, 2000) ค้นพบว่าในภาษาคุจราตี (Gujarati) และภาษาฮินดี (Hindi) สระกลางและสระสูงซึ่งเป็นสระหลังมีระดับเพดานอ่อนหย่อนมากกว่าสระต่ำ

นอกจากความสูงต่ำแล้ว **ตำแหน่งหน้าหลังของลิ้น**ยังสัมพันธ์กับการออกเสียงขึ้นจมูกด้วย ผลการวิจัยของ Delvaux et al. (2002) โดยวิธีเอกซเรย์ MRI (magnetic resonance imaging) แสดงให้เห็นว่า สระที่มีระดับความสูงของลิ้นเหมือนกัน แต่ต่างกันที่ตำแหน่งหน้าหลังของลิ้นก็มีระดับการหย่อนตัวของเพดานอ่อนมากน้อยต่างกัน โดยพบว่าเพดานอ่อนหย่อนตัวลงน้อยกว่าเมื่อสระเป็นสระหลัง กล่าวคือ /ɔ/ ซึ่งเป็นสระนาสิกที่เป็นสระหลังซึ่งมีตำแหน่งความสูงของลิ้นระดับค่อนข้างต่ำ มีเพดานอ่อนหย่อนตัวลงน้อยที่สุดในขณะที่ /ɛ/ และ /œ/ ซึ่งเป็นสระนาสิกที่เป็นสระหน้ามีตำแหน่งความสูงของลิ้นระดับค่อนข้างต่ำเหมือนกับ /ɔ/ ซึ่งเป็นสระหลัง มีเพดานอ่อนหย่อนตัวลงมากกว่า ทั้งนี้ เป็นเพราะขณะออกเสียง /ɔ/ ลิ้นส่วนหลังเคลื่อนตัวสูงขึ้นไปหาเพดานอ่อน ทำให้เพดานอ่อนไม่สามารถลดลงมาได้มาก เพราะจะทำให้สัมผัสกับลิ้น

ผลการศึกษาทางสรีระข้างต้นสอดคล้องกับข้อค้นพบของ Montagu (2007) ซึ่งศึกษาค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก (nasalization duration) ของสระเสียงขึ้นจมูกในภาษาฝรั่งเศสจากลักษณะทางกลศาสตร์ที่วัดจากสัญญาณที่ออกทางช่องจมูก (nasal signal) พบว่า ความสูงต่ำและตำแหน่งหน้าหลังของสระสัมพันธ์กับค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก โดยแบ่งสระเสียงขึ้นจมูกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้ (1) สระต่ำซึ่งมีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมากที่สุด (2) สระหน้าที่มีระดับความสูงของลิ้นในระดับกลางและสูง (3) สระหลังที่มีระดับความสูงของลิ้นในระดับกลางและสูงมีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกน้อยที่สุด สาเหตุที่สระหน้ามีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าน่าจะสัมพันธ์กับตำแหน่งลิ้น สระหลังในภาษาฝรั่งเศสมีการเคลื่อนลิ้นส่วนหลังไปสู่เพดานอ่อน ทำให้เพดานอ่อนเคลื่อนตัวลงได้จำกัด แต่กรณีสระหน้า ลิ้นส่วนหลังไม่ได้เคลื่อนที่ขึ้นไปสู่เพดานอ่อน ทำให้เพดานอ่อนสามารถเคลื่อนตัวลงต่ำได้มากกว่า สระหน้าจึงมีการออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่า (Delvaux et al., 2002; Montagu, 2007)

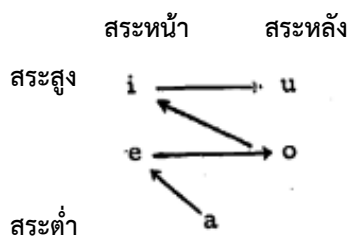
นอกจากนี้ งานวิจัยเกี่ยวกับสระเสียงขึ้นจมูกในภาษาไทยของ Onsuwan (2005) ซึ่งได้ศึกษาค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของสระไอซ์ซึ่งอยู่หน้าพยัญชนะท้ายนาสิก ทั้งสระสั้นและสระยาว ได้แก่ /i, e, æ, a, i:, e:, æ:, a:/ ด้วยวิธีระบุค่าความถี่ฟอร์เมนทนาสิกในสเปกตรัมของช่วงสระ พบว่า สระต่ำมีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระสูง สอดคล้องกับข้อค้นพบในภาษาฝรั่งเศสข้างต้น และเมื่อเปรียบเทียบค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกระหว่างสระต่ำทั้ง 2 เสียง พบว่า ในกรณีของสระยาว สระหน้ามีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระกลางซึ่งสนับสนุนผลการศึกษานี้ของ Montagu (2007) แต่กลับไม่พบผลดังกล่าวในกรณีของสระสั้น

อย่างไรก็ตาม Hajek & Maeda (2000) เสนอว่า การออกเสียงขึ้นจมูกและความสั้นยาวของสระมีความสัมพันธ์กัน โดยเสนอว่าการที่พบว่าสระต่ำมีการออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระสูงนั้น แท้จริงแล้วเป็นเพราะสระต่ำมีค่าระยะเวลาสระมากกว่าสระสูง (Jha, 1985; Lehiste, 1970 อ้างถึงใน Hajek & Maeda, 2000) และได้ยกตัวอย่างกรณีที่สระนาสิกพัฒนามาจากสระยาวในวิธภาษาต่างๆ ในตระกูลภาษาโรมานซ์ (Romance) ที่พูดทางตอนเหนือของประเทศอิตาลี (Northern Italian) มาสนับสนุนแนวคิดดังกล่าว กล่าวคือ สระยาวในภาษาดั้งเดิมของภาษาตระกูลโรมานซ์ที่พูดทางตอนเหนือของประเทศอิตาลี (Proto-Northern Italian) ในพยางค์ที่ได้รับการลงเสียงหนัก (stressed syllable) พัฒนาเป็นสระนาสิก ในขณะที่สระสั้นดั้งเดิมไม่มีการเปลี่ยนแปลง เช่น *pa:n ‘ขนมปัง’ พัฒนาเป็น pã: แต่ *an ‘ปี’ ยังคงเป็น an ในภาษา Lombard ถิ่นมิลาน (Milan) เป็นต้น นอกจากนี้ Hombert (1986) ยังค้นพบว่าในภาษา Ibalí ในตระกูลภาษาไนเจอร์-คองโก (Niger-Congo) สระยาวกลายเป็นสระนาสิกก่อนสระสั้นเช่นกัน

แนวคิดเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างการออกเสียงขึ้นจมูกและความสั้นยาวของสระนี้ได้รับการสนับสนุนจากงานวิจัยด้านการรับรู้ที่แสดงให้เห็นว่า ผู้ฟังจะรับรู้การออกเสียงขึ้นจมูกในสระที่มีค่าระยะเวลาสระมากได้ดีกว่าในสระที่มีค่าระยะเวลาสระน้อย ตัวอย่างเช่น Whalen & Beddor (1989) ทำการทดลองโดยให้ผู้ฟังฟังเสียงเร้าสังเคราะห์ (synthesized stimuli) ของเสียงสระ /a/ ซึ่งแต่ละเสียงถูกปรับให้มีช่องทางเดินเสียงบริเวณเพดานอ่อนกับผนังคอและค่าระยะเวลาสระต่างๆ กัน และได้พบว่าผู้ฟังซึ่งเป็นผู้พูดภาษาอังกฤษสำเนียงอเมริกันรับรู้ได้ว่า (1) สระที่มีช่องทางเดินเสียงบริเวณเพดานอ่อนกับผนังคอกว้างกว่ามีการออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระที่มีช่องทางเดินเสียงบริเวณเพดานอ่อนกับผนังคอแคบกว่า (2) สระที่มีค่าระยะเวลาสระมากกว่ามีการออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระที่มีค่าระยะเวลาสระน้อยกว่า นอกจากนี้ ยังมีข้อค้นพบจากงานวิจัยของ Delattre & Monnot (1968) ซึ่งทำการทดลองโดยใช้เสียงเร้าสังเคราะห์ของเสียงสระ /ε/ ที่มีระดับความมากน้อยของการออกเสียงขึ้นจมูกเท่ากัน แต่ต่างกันที่ค่าระยะเวลาสระ พบว่า ผู้ฟังซึ่งเป็นผู้พูดภาษาฝรั่งเศสรับรู้สระที่มีค่าระยะเวลาสระมากกว่าเป็นสระนาสิก และสระที่มีค่าระยะเวลาสระน้อยกว่าเป็นสระโอษฐ์

ผลการศึกษาข้างต้นแสดงให้เห็นว่าความสั้นยาวของสระสัมพันธ์กับการรับรู้การออกเสียงขึ้นจมูก สระที่มีค่าระยะเวลามากกว่าเอื้อให้ผู้ฟังรับรู้การออกเสียงขึ้นจมูกได้ดีกว่าสระที่มีค่าระยะเวลาน้อยกว่า ส่งผลให้สระยาวพัฒนาเป็นสระนาสิกได้ง่ายกว่าสระสั้น แต่การที่การออกเสียงขึ้นจมูกสัมพันธ์กับความยาวของสระไม่สามารถอธิบายได้ด้วยปัจจัยเรื่องขนาดของช่องทางเดินเสียงบริเวณเพดานอ่อนกับผนังคอ เนื่องจากมีการศึกษาที่พบว่าขนาดของช่องทางเดินเสียงบริเวณเพดานอ่อนกับผนังคอที่พบในสระสั้นและสระยาวมีขนาดพอๆ กัน หรืออาจมีขนาดกว้างกว่าในสระสั้น (Hajek, 2003) ดังนั้น ความสัมพันธ์ระหว่างความสั้นยาวของสระ ขนาดของช่องทางเดินเสียงบริเวณเพดานอ่อนกับผนังคอและการออกเสียงขึ้นจมูกยังคงเป็นประเด็นที่ต้องศึกษาต่อไป

แม้การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการออกเสียงขึ้นจมูกของสระและคุณสมบัติสระจะมีผลการศึกษาและข้อสรุปที่ขัดแย้งกันอยู่บ้าง แต่ผลการศึกษาที่พบความสัมพันธ์ระหว่างการออกเสียงขึ้นจมูกกับสระต่ำและสระหน้ายังคงใช้เป็นหลักฐานสนับสนุนลำดับการกลายเป็นสระนาสิกในวิวัฒนาการของสระนาสิก (nasal vowel evolution) ที่ Ruhlen (1973) เสนอไว้ว่า ลำดับการพัฒนาจากสระโอษฐ์ในบริบทพยัญชนะนาสิกเป็นสระนาสิก เริ่มจากสระต่ำไปสูง และสระหน้าก่อนสระหลังได้ (ดูภาพที่ 2.14) จึงสันนิษฐานได้ว่าสระหน้าต่ำจะพัฒนาเป็นสระนาสิกก่อนสระอื่นๆ เพราะสระต่ำมีเพดานอ่อนเปิดมากที่สุด ทำให้มีการออกเสียงขึ้นจมูกมากที่สุด สระต่ำจึงมีแนวโน้มที่จะกลายเป็นสระนาสิกได้ง่ายกว่าสระอื่น และการที่พบว่าสระหน้ามีเพดานอ่อนหย่อนตัวลงมากกว่า และมีระดับการออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระหลังที่มีระดับสูงต่ำของลิ้นเท่ากัน ทำให้คาดได้ว่าสระหน้าจะกลายเป็นสระนาสิกก่อนสระหลัง



ภาพที่ 2.14 ลำดับการพัฒนาเป็นสระนาสิกของสระ i e a u o (ดัดแปลงจาก Ruhlen, 1973)

แต่ Delvaux et al. (2008) ซึ่งศึกษาสระเสียงขึ้นจมูกและสระนาสิกโดยการศึกษาค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกจากกระแสลมและปริมาณลมที่ออกทางปากและจมูก กลับพบว่า ในชุดสระเสียงขึ้นจมูก สระสูงมีการออกเสียงขึ้นจมูกมากที่สุด คือ มีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกและสัดส่วนของปริมาณลมออกปากและจมูกมากที่สุด ทั้งนี้ น่าจะเป็นเพราะว่าสระสูงไม่มีคู่เทียบเสียงที่เป็นสระนาสิก ทำให้สามารถออกเสียงขึ้นจมูกมากที่สุด ซึ่งสะท้อนความสำคัญของจำนวนสระในระบบเสียงสระต่อพฤติกรรมของการออกเสียงขึ้นจมูก

นอกจากคุณสมบัติของสระที่มีอิทธิพลต่อการออกเสียงขึ้นจมูก ตำแหน่งของสระและพยัญชนะนาสิกในพยางค์ก็มีผลต่อการออกเสียงขึ้นจมูกเช่นกัน งานวิจัยจำนวนมากพบว่า สระที่อยู่หลังพยัญชนะต้นนาสิกมีการออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระที่อยู่หน้าพยัญชนะท้ายนาสิก (Beddor & Onsuwan, 2003; Flege, 1988; Klopfenstein, 2006; Scarborough, Styler & Marques, 2015) แต่ยังมีข้อค้นพบจากงานวิจัยบางชิ้นที่เป็นไปในทิศทางตรงกันข้าม (Moll & Daniloff, 1971; Ohala, 1971; Rochet & Rochet, 1991a) ทั้งนี้ ความแตกต่างของการออกเสียงขึ้นจมูกของสระในบริบทพยัญชนะนาสิกต่างกันสัมพันธ์กับกลไกการออกเสียงของความสัมพันธ์ของการปรากฏร่วมกันระหว่างพยัญชนะและสระ (coarticulation)

ความสัมพันธ์ของการปรากฏร่วมกันระหว่างพยัญชนะและสระเกิดจากการที่เสียงที่เกิดติดหรือใกล้กันมีอิทธิพลต่อกันและกัน ทั้งในแง่ของกระบวนการออกเสียงและลักษณะทางกลศาสตร์ (Boyce, Krakow, Bell-Berti & Gelfer, 1990; Farnetani & Recasens, 2010) ความสัมพันธ์ของการปรากฏร่วมกันระหว่างพยัญชนะและสระยังแบ่งเป็น 2 ประเภท ตามทิศทางของอิทธิพลของเสียง ได้แก่ (1) ความสัมพันธ์ของการปรากฏร่วมกันที่เกิดจากเสียงข้างหน้า หรือทิศทางของอิทธิพลเริ่มจากเสียงทางซ้ายไปยังเสียงทางขวา (carryover coarticulation) (2) ความสัมพันธ์ของการปรากฏร่วมกันที่เกิดจากเสียงข้างหลัง หรือทิศทางของอิทธิพลเริ่มจากเสียงทางขวาไปยังเสียงทางซ้าย (anticipatory coarticulation)

ความสัมพันธ์ของการปรากฏร่วมกันระหว่างพยัญชนะและสระ 2 ประเภทนี้มีธรรมชาติของกลไกการออกเสียงต่างกัน (Blackburn, 1996; Chafcouloff & Marchal, 1999; Daniloff & Hammarberg, 1973 อ้างถึงใน Farnetani & Recasens, 2010) คือ (1) ความสัมพันธ์ของการปรากฏร่วมกันที่เกิดจากเสียงข้างหน้า เกิดจากกลไกการออกเสียงที่มีลักษณะเฉื่อย (inertial mechanism) ซึ่งเป็นลักษณะที่เป็นสากล คือ อวัยวะมีการเคลื่อนเปลี่ยนตำแหน่งจากตำแหน่งของเสียงแรกไปยังตำแหน่งอวัยวะของเสียงที่เกิดติดกันอย่างช้าๆ (Blackburn, 1996) (2) ความสัมพันธ์ของการปรากฏร่วมกันที่เกิดจากเสียงข้างหลังมีที่มา 2 แบบ คือ (2.1) ความสัมพันธ์เกิดจากกลไกระดับสัทวิทยา คือ เกิดจากการวางแผนรูปแบบการเคลื่อนที่ของอวัยวะที่ใช้ในการออกเสียงโดยผู้พูด (articulatory plan) ซึ่งมีลักษณะเฉพาะในแต่ละภาษา และ (2.2) ความสัมพันธ์เกิดจากกลไกการออกเสียงที่มีลักษณะเฉื่อย หรือข้อจำกัดในการเคลื่อนที่ของอวัยวะ (Solé & Ohala, 2010)

ดังนั้น ในกรณีของความสัมพันธ์ของการปรากฏร่วมกันระหว่างพยัญชนะนาสิกกับสระ การที่สระที่เกิดหลังพยัญชนะต้นนาสิกมีการออกเสียงขึ้นจุ่มมากกว่าสระที่เกิดหน้าพยัญชนะท้ายนาสิก เป็นเพราะการออกเสียงขึ้นจุ่มของสระในบริบทพยัญชนะต้นนาสิกเกิดจากกลไกการเคลื่อนที่ของเพดานอ่อนที่มีลักษณะเฉื่อย เพดานอ่อนที่หย่อนตัวลงเพื่อผลิตเสียงพยัญชนะนาสิกไม่สามารถเคลื่อนตัวขึ้นอย่างรวดเร็วเพื่อปิดช่องทางเดินเสียงบริเวณเพดานอ่อนกับผนังคอ ทำให้ยังคงมีกระแสลมออกทางช่องจุ่มระหว่างออกเสียงสระ ประกอบกับในภาษาที่งานวิจัยนั้นศึกษา การออกเสียงขึ้นจุ่มของสระที่อยู่หน้าพยัญชนะท้ายนาสิกมีจำกัด

ส่วนการออกเสียงขึ้นจุ่มของสระในบริบทพยัญชนะท้ายนาสิกมีรูปแบบหลากหลาย ขึ้นอยู่กับประเภทของกลไกการออกเสียง ดังปรากฏในผลการวิจัยของ Solé (1992) ซึ่งศึกษาการเคลื่อนที่ของเพดานอ่อนขณะออกเสียงสระที่อยู่หน้าพยัญชนะท้ายนาสิกในบริบทระดับความเร็วในการพูดหลายระดับ (ช้า ปกติ เร็ว) ในภาษาสเปนและภาษาอังกฤษสำเนียงอเมริกัน จากการศึกษาพบว่า ในภาษาสเปน การเคลื่อนที่ของเพดานอ่อนไม่ได้รับผลกระทบจากความเร็วในการพูด แม้ความเร็วในการพูดจะเพิ่มขึ้น แต่เพดานอ่อนยังเริ่มหย่อนตัวลง ณ ตำแหน่งเวลาที่ใกล้เคียงกันก่อนการออกเสียงพยัญชนะนาสิก โดยมีการหย่อนตัวก่อนการออกเสียงพยัญชนะนาสิกไม่มากนัก ภาษาสเปนจึงมีการออกเสียงขึ้นจุ่มน้อย ส่วนในภาษาอังกฤษสำเนียงอเมริกัน ความเร็วในการพูดมีอิทธิพลต่อการเคลื่อนที่ของเพดานอ่อน เมื่อผู้พูดออกเสียงเร็วขึ้น ตำแหน่งเวลาที่เพดานอ่อนเริ่มหย่อนตัวก่อนการออกเสียงพยัญชนะนาสิกเปลี่ยนแปลงตามความเร็วในการพูด คือ เมื่อผู้พูดออกเสียงช้า เพดานอ่อนเปิดก่อนเมื่อเทียบกับตำแหน่งเวลาที่เพดานอ่อนเริ่มเปิดเมื่อผู้พูดออกเสียงเร็ว และเพดานอ่อนเริ่มหย่อนตัวตั้งแต่ช่วงต้นสระในทุกบริบทความเร็ว ภาษาอังกฤษจึงมีการออกเสียงขึ้นจุ่มมาก Solé (1992) สรุปว่า การออกเสียงขึ้นจุ่มในภาษาอังกฤษสำเนียงอเมริกันเกิดจากการวางแผนของผู้พูด

และเป็นลักษณะเฉพาะภาษา แต่การออกเสียงขึ้นจมูกในภาษาสเปนเป็นผลจากกลไกการเคลื่อนที่ของอวัยวะที่ใช้ในการออกเสียงและเป็นลักษณะที่เกิดขึ้นโดยอัตโนมัติ

จากแนวคิดเกี่ยวกับความแตกต่างของความสัมพันธ์ของการปรากฏร่วมกันระหว่างพยัญชนะนาสิกกับสระซึ่งขึ้นอยู่กับประเภทของกลไกการออกเสียงข้างต้น ทำให้สันนิษฐานสาเหตุที่ผลการศึกษาในแต่ละภาษาแตกต่างกันได้ดังนี้ ผลการศึกษาที่พบว่าสระที่อยู่หลังพยัญชนะต้นนาสิกออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระที่อยู่หน้าพยัญชนะท้ายนาสิก เป็นผลจากการที่การออกเสียงขึ้นจมูกของสระทั้งที่พบในบริบทพยัญชนะต้นนาสิกและพยัญชนะท้ายนาสิกเกิดจากการเคลื่อนที่ของเพดานอ่อนที่มีลักษณะเฉื่อย ในกรณีของบริบทพยัญชนะต้นนาสิก เพดานอ่อนที่หย่อนตัวเพื่อผลิตเสียงพยัญชนะดำเนินต่อไปในช่วงสระ ทำให้มีการออกเสียงขึ้นจมูกมาก ในกรณีของบริบทพยัญชนะท้ายนาสิก เพดานอ่อนเริ่มหย่อนตัวเพื่อออกเสียงพยัญชนะท้ายนาสิกในช่วงท้ายของสระ ทำให้มีการออกเสียงขึ้นจมูกน้อยกว่าในบริบทพยัญชนะต้นนาสิก ส่วนกรณีที่พบว่าสระที่อยู่หน้าพยัญชนะท้ายนาสิกมีการออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระที่อยู่หลังพยัญชนะต้นนาสิก คาดว่าเป็นเพราะในภาษาที่ศึกษา การออกเสียงขึ้นจมูกในบริบทพยัญชนะท้ายนาสิกเกิดจากความตั้งใจของผู้พูด จึงมีการออกเสียงขึ้นจมูกมาก

นอกจากนี้ Delvaux et al. (2008) ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับสาเหตุที่สระเสียงขึ้นจมูกซึ่งปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิกมีการออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระเสียงขึ้นจมูกซึ่งปรากฏหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกไว้ 2 ประการ คือ

ประการแรก สระเสียงขึ้นจมูกที่ปรากฏหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกสามารถพัฒนาเป็นสระนาสิกได้ ฉะนั้น ในขณะที่การออกเสียงขึ้นจมูกมีส่วนช่วยผู้ฟังในการรับรู้พยัญชนะต้นนาสิก แต่ในกรณีของสระที่ปรากฏหน้าพยัญชนะท้ายนาสิก ผู้ฟังอาจรับรู้การออกเสียงขึ้นจมูกว่าเป็นส่วนหนึ่งของสระ ปรากฏการณ์นี้อาจสามารถนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงจากสระเสียงขึ้นจมูกเป็นสระนาสิก ดังนั้นเพื่อหลีกเลี่ยงการเปลี่ยนแปลงของเสียง ขณะออกเสียงสระที่ปรากฏหน้าพยัญชนะท้ายนาสิก ผู้พูดจึงไม่ออกเสียงขึ้นจมูกมาก

ประการที่ 2 โครงสร้างสัทสัมพันธ์ของแต่ละภาษา (language-specific prosodic organization) โดย Delvaux et al. (2008) อ้างถึงงานของ Diakoumakou (2004, 2005) ซึ่งเสนอว่า ทิศทางของอิทธิพลของพยัญชนะนาสิกอาจสัมพันธ์กับโครงสร้างพยางค์ โดยที่การออกเสียงขึ้นจมูกมากซึ่งพบในสระเสียงขึ้นจมูกที่ปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิกสัมพันธ์กับโครงสร้างพยางค์แบบเปิด (open syllable) ดังที่พบในภาษาต่างๆ อาทิ อิตาลีเลียน ญี่ปุ่น ฝรั่งเศส กรีก อีคาลังกา (Ikalanga) อาคาน (Akan) เป็นต้น ซึ่งภาษาเหล่านี้เป็นภาษาที่มีพยางค์แบบเปิดมากกว่าแบบปิด

อย่างไรก็ตาม ทั้ง 2 แนวคิดดังกล่าวข้างต้นในงานของ Delvaux et al. (2008) ยังต้องรอการพิสูจน์ต่อไป

2.4 สรุปผลงานวิจัยเกี่ยวกับพยัญชนะนาสิกและการออกเสียงขึ้นจมูกของสระที่ผ่านมา

ในส่วนนี้เป็นการสรุปข้อค้นพบจากงานวิจัยเกี่ยวกับพยัญชนะนาสิกและการออกเสียงขึ้นจมูกของสระในภาษาต่างๆ โดยแบ่งเป็นข้อค้นพบเกี่ยวกับ (1) ฐานกรณ์ของพยัญชนะนาสิก โดยเน้นผลการศึกษาด้วยวิธีสมการจุดร่วม และ (2) การออกเสียงขึ้นจมูกของสระ ทั้งสระนาสิกและสระเสียงขึ้นจมูก

2.4.1 ฐานกรณ์ของพยัญชนะนาสิก

จากรายละเอียดในหัวข้อ 2.2 ดังกล่าวข้างต้น จะเห็นได้ว่าการศึกษาดังกล่าวข้างต้นจะเห็นได้ว่าการศึกษาตัวบ่งชี้ฐานกรณ์แต่ละวิธีมีจุดเด่นและจุดด้อยต่างกัน โดยสรุปคือ ช่วงรอยต่อใช้ในการจำแนกพยัญชนะต่างฐานกรณ์ได้ดีกว่าเมอร์เมอร์นาสิก แต่มีจุดด้อยที่ว่าช่วงรอยต่อที่อยู่หลังพยัญชนะฐานกรณ์เดียวกัน มีความแตกต่างกันตามอิทธิพลของสระแวดล้อม ส่วนการศึกษาการเปลี่ยนแปลงพลังงาน ณ ช่วงปล่อยลมเมื่อเปล่งเสียงนาสิกมีจุดเด่นตรงที่เป็นลักษณะทางกลศาสตร์ที่ไม่แปรตามสระ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีสมการจุดร่วมซึ่งเป็นวิธีที่ให้ผลซึ่งไม่แปรตามสระแวดล้อมเช่นกัน พบว่า วิธีสมการจุดร่วมเป็นวิธีที่มีความซับซ้อนน้อยกว่า และยังใช้จำแนกพยัญชนะต่างฐานกรณ์ได้ดี ในงานวิจัยนี้จึงจะนำวิธีสมการจุดร่วมมาใช้ศึกษาความแตกต่างระหว่างพยัญชนะต้นนาสิกในภาษาสะกอ

เมื่อพิจารณาข้อค้นพบเกี่ยวกับฐานกรณ์ซึ่งมีการศึกษาอย่างแพร่หลาย 3 ฐานกรณ์ ได้แก่ ริมฝีปาก ปุ่มเหงือก เพดานอ่อน ผลการศึกษาความแตกต่างระหว่างฐานกรณ์ของพยัญชนะนาสิกด้วยวิธีสมการจุดร่วม พบว่า ค่าความชันและค่าจุดตัดแกน y สามารถจำแนกพยัญชนะต่างฐานกรณ์ออกจากกันได้ โดยที่พยัญชนะเพดานอ่อนมีค่าความชันมากที่สุด รองลงมาคือ ริมฝีปากและปุ่มเหงือก ตามลำดับ (Tabain, 2000; Tabain, n.d.) ดังจะเห็นได้ในตารางที่ 2.11 ซึ่งแสดงค่าความชันและค่าจุดตัดแกน y ของพยัญชนะนาสิกต่างฐานกรณ์ของภาษาอังกฤษสำเนียงออสเตรเลีย (Tabain, 2000) Yanyuwa และ Yindjibarndi (Tabain, n.d.) นอกจากนี้ ผลการศึกษาภาษา Yanyuwa และ Yindjibarndi ยังแสดงค่าความชันและค่าจุดตัดแกน y ของฐานกรณ์เพดานแข็งซึ่งมีการศึกษาไว้น้อย ส่วนตารางที่ 2.12 แสดงค่าโลคัสเหมือนของพยัญชนะนาสิกในภาษา Yanyuwa และ Yindjibarndi

ตารางที่ 2.11 ค่าความชันและค่าจุดตัดแกน y (Hz) ของพยัญชนะนาสิกต่างฐานกรณ์ในภาษา Yanyuwa Yindjibarndi และอังกฤษสำเนียงออสเตรเลีย

ภาษา	ริมฝีปาก		ฟัน		ปุ่มเหงือก	
	ค่าความชัน	ค่าจุดตัดแกน y	ค่าความชัน	ค่าจุดตัดแกน y	ค่าความชัน	ค่าจุดตัดแกน y
Yanyuwa	0.71	259.69	0.23	1121.98	0.63	607.08
Yindjibarndi	0.69	245.64	0.65	537.51	0.67	395.09
อังกฤษ	-	-	-	-	0.45	1112

ภาษา	หลังปุ่มเหงือก		เพดานแข็ง		เพดานอ่อน	
	ค่าความชัน	ค่าจุดตัดแกน y	ค่าความชัน	ค่าจุดตัดแกน y	ค่าความชัน	ค่าจุดตัดแกน y
Yanyuwa	0.74	426.63	0.34	1677.16	1	14.19
Yindjibarndi	0.66	490.58	0.42	1505.39	0.72	299.94
อังกฤษ	-	-	-	-	0.90	303

ตารางที่ 2.12 ค่าโลคัสเสมือน (Hz) ของพยัญชนะนาสิกต่างฐานกรณ์ในภาษา Yanyuwa และ Yindjibarndi

ภาษา	ริมฝีปาก	ฟัน	ปุ่มเหงือก	หลังปุ่มเหงือก	เพดานแข็ง	เพดานอ่อน
Yanyuwa	895	1461	1659	1671	2524	-3671
Yindjibarndi	797	1527	1200	1446	2599	1081

จากตารางที่ 2.11 และ 2.12 จะเห็นได้ว่างานที่ศึกษาความแตกต่างระหว่างฐานกรณ์ของพยัญชนะนาสิกมีน้อยและยังไม่มีการศึกษาภาษาในตระกูลทิเบต-พม่า ฉะนั้น การศึกษาพยัญชนะต้นนาสิกในภาษาสะกอทั้ง 4 ฐานกรณ์ คือ ริมฝีปาก ปุ่มเหงือก เพดานแข็ง และเพดานอ่อน ด้วยวิธีสมการจุดร่วม นอกจากจะช่วยพิสูจน์ว่าวิธีสมการจุดร่วมสามารถใช้จำแนกพยัญชนะที่มีฐานกรณ์แตกต่างกันจากต่างภาษาได้หรือไม่แล้ว ยังจะช่วยเพิ่มองค์ความรู้เกี่ยวกับพยัญชนะนาสิกเพดานแข็งซึ่งเป็นเสียงที่มีการศึกษาไว้น้อยที่สุดอีกด้วย

2.4.2 การออกเสียงขึ้นจมูกของสระ

ในหัวข้อ 2.3.2 ได้กล่าวถึงกระบวนการการออกเสียงขึ้นจมูกของสระและลักษณะทางกลศาสตร์ต่างๆ ที่เปลี่ยนแปลงไปอันเนื่องมาจากการออกเสียงขึ้นจมูก รวมถึงความสัมพันธ์ระหว่างการออกเสียงขึ้นจมูกของสระและคุณสมบัติสระทั้งระดับความสูงต่ำและตำแหน่งหน้าหลังของลิ้น รวมถึงความสั้นยาวของสระ ในหัวข้อนี้จึงจะนำเสนอผลการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสระที่ออกเสียงขึ้นจมูกโดยสรุป โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ข้อค้นพบทางกลศาสตร์

2.4.2.1 ความแตกต่างระหว่างสระไอซ์กับสระที่ออกเสียงขึ้นจมูก

ประเด็นแรกที่จะพูดถึงคือ ความแตกต่างระหว่างสระไอซ์กับสระที่ออกเสียงขึ้นจมูก งานวิจัยจำนวนไม่น้อยได้เปรียบเทียบลักษณะทางกลศาสตร์ของสระไอซ์กับสระที่ออกเสียงขึ้นจมูก ไม่ว่าจะเป็นสระเสียงขึ้นจมูกหรือสระนาสิก โดยลักษณะที่นำมาเปรียบเทียบมีทั้งค่าแอมพลิจูดและค่าความถี่ฟอร์เมนท์

ข้อค้นพบจากงานวิจัยหลายงานแสดงให้เห็นว่าค่าแอมพลิจูดของสระที่ออกเสียงขึ้นจมูกมีค่าต่ำกว่าสระไอซ์ เนื่องจากการทำงานของช่องคอ ช่องปาก และช่องจมูกเชื่อมต่อกัน ทำให้มีพื้นที่ทางเดินเสียงมากขึ้น อีกทั้งช่องจมูกมีสภาพพื้นผิวนุ่ม ทำให้ดูดซับพลังงานได้มากและง่ายขึ้น ผลคือ ทำให้แอมพลิจูดของค่าความถี่ฟอร์เมนท์ที่ 1 ต่ำลง และยอดคลื่นแต่ละยอดที่ปรากฏบริเวณค่าความถี่ฟอร์เมนท์ที่ 1 ในสเปกตรัมเด่นน้อยลง หรือก็คือ สเปกตรัมกว้างหรือแบนขึ้น (Hattori, Yamamoto & Fujimura, 1958; Hawkins & Stevens, 1985; House & Stevens, 1956; Ohala, 1975; กัญญารัตน์ เอี่ยมวันทอง, 2551)

ตัวอย่างงานที่ศึกษาความแตกต่างระหว่างสระไอซ์และสระเสียงขึ้นจมูกจากค่าแอมพลิจูด เช่น Chen (1995, 1996, 1997) ซึ่งหาค่าความต่างระหว่างค่าแอมพลิจูดของค่าความถี่ฟอร์เมนท์ที่ 1 (A1) กับค่าแอมพลิจูดของยอดความถี่นาสิก (nasal pole) หรือความถี่ฟอร์เมนท์นาสิกที่อยู่ต่ำกว่าค่าความถี่ฟอร์เมนท์ที่ 1 (P0) ด้วยการนำค่าทั้ง 2 ค่ามาลบกันตามสูตร A1-P0 และค่าความต่างระหว่างค่า A1 กับค่าแอมพลิจูดของยอดความถี่นาสิกที่อยู่สูงกว่าค่าความถี่ฟอร์เมนท์ที่ 1 (P1) ตามสูตร A1-P1 พบว่า ค่าที่ได้จาก A1-P0 และ A1-P1 ของสระเสียงขึ้นจมูกมีค่าน้อยกว่าที่พบในสระไอซ์ ทั้งนี้ เพราะการออกเสียงขึ้นจมูกทำให้ A1 มีค่าลดลง แต่ค่า P0 และ P1 มีค่าสูงขึ้น

ในส่วนของความแตกต่างระหว่างค่าความถี่ฟอร์เมนท์ ทั้งค่าความถี่ฟอร์เมนท์ 1, 2 และ 3 ของสระไอซ์กับสระที่ออกเสียงขึ้นจมูกมีข้อค้นพบที่หลากหลาย (Sampson, 1999) ในขณะที่บางงานพบว่าค่าความถี่ฟอร์เมนท์ที่ 1 ของสระที่ออกเสียงขึ้นจมูกมีค่ามากกว่าสระไอซ์ (Fant, 1970; Jha, 1985; Ohala, 1975) บางงานก็พบว่าสระที่ออกเสียงขึ้นจมูกมีค่าความถี่ฟอร์เมนท์ที่ 1 น้อยกว่าสระไอซ์ (Delvaux et al., 2002; Shosted et al., 2012; กัญญารัตน์ เอี่ยมวันทอง, 2551)

ส่วนข้อค้นพบเกี่ยวกับ*ค่าความถี่ฟอร์เมนต์ที่ 2* ของสระที่ออกเสียงขึ้นจมูกมีบางงานเสนอว่า สระที่ออกเสียงขึ้นจมูกมี*ค่าความถี่ฟอร์เมนต์ที่ 2* น้อยกว่าสระโอษฐ์ แต่บางงานก็เสนอว่า*ค่าความถี่ฟอร์เมนต์ที่ 2* ของสระที่ออกเสียงขึ้นจมูกมีค่ามากกว่าสระโอษฐ์ (Smith, 1951; กัญญรัตน์ เอี่ยมวันทอง, 2551) นอกจากนี้ Manyah (2011) พบความแตกต่างของ*ค่าความถี่ฟอร์เมนต์ที่ 2* ทั้ง 2 แบบ คือ *ค่าความถี่ฟอร์เมนต์ที่ 2* ของสระนาสิกที่เป็นสระหน้ามีค่าน้อยกว่าสระโอษฐ์ แต่สระนาสิกที่เป็นสระหลังมี*ค่าความถี่ฟอร์เมนต์ที่ 2* มากกว่าสระโอษฐ์ ในทางตรงกันข้าม Jha (1985) พบว่า สระนาสิกที่เป็นสระหน้ามี*ค่าความถี่ฟอร์เมนต์ที่ 2* มากกว่าสระโอษฐ์ ส่วนสระกลางและสระหลังมี*ค่าความถี่ฟอร์เมนต์ที่ 2* น้อยกว่าสระโอษฐ์

นอกจากนี้ ผลการศึกษา*ค่าความถี่ฟอร์เมนต์ที่ 3* ในบางงานวิจัย เช่น Bognar & Fujisaki (1986) (อ้างถึงใน Pruthi, 2007) Hockett (1955) (อ้างถึงใน Sampson, 1999) กัญญรัตน์ เอี่ยมวันทอง (2551) เป็นต้น แสดงให้เห็นว่า *ค่าความถี่ฟอร์เมนต์ที่ 3* ของสระที่ออกเสียงขึ้นจมูกมีค่ามากกว่าสระโอษฐ์ แต่ข้อค้นพบของ Manyah (2011) แย้งผลดังกล่าว โดยเสนอว่าสระนาสิกที่เป็นสระหน้ามี*ค่าความถี่ฟอร์เมนต์ที่ 3* ต่ำกว่าสระโอษฐ์ นอกจากนี้ Jha (1985) พบความสัมพันธ์ทั้ง 2 แบบ คือ จากข้อมูลของสระที่ปรากฏโดยลำพัง (isolation) สระนาสิกซึ่งเป็นสระหน้ายกเว้น /æ/ มี*ค่าความถี่ฟอร์เมนต์ที่ 3* น้อยกว่าสระโอษฐ์ แต่สระ /æ/ รวมถึงสระนาสิกซึ่งเป็นสระกลางและหลังมี*ค่าความถี่ฟอร์เมนต์ที่ 3* มากกว่าสระโอษฐ์ แต่ข้อมูลของสระเดียวกันที่ปรากฏระหว่างพยัญชนะ (CVC) ให้ผลที่แตกต่างเล็กน้อย คือ สระนาสิกซึ่งเป็นสระหน้าและหลังมี*ค่าความถี่ฟอร์เมนต์ที่ 3* มากกว่าสระโอษฐ์ ส่วนสระนาสิกซึ่งเป็นสระกลางมี*ค่าความถี่ฟอร์เมนต์ที่ 3* น้อยกว่าสระโอษฐ์

ดังนั้น จะเห็นได้ว่าผลการเปรียบเทียบ*ค่าความถี่ฟอร์เมนต์ 1, 2 และ 3* ของสระโอษฐ์กับสระที่ออกเสียงขึ้นจมูกระหว่างงานวิจัยต่างๆ หรือแม้กระทั่งภายในงานวิจัยเดียวกันมีความหลากหลายมาก จึงไม่อาจหาข้อสรุปที่เป็นสากลเกี่ยวกับความแตกต่างของ*ค่าความถี่ฟอร์เมนต์* ระหว่างสระโอษฐ์กับสระที่ออกเสียงขึ้นจมูกได้ ผลการศึกษาที่มีความหลากหลายอาจเนื่องมาจากหลายปัจจัย เช่น คุณสมบัติของสระ ลักษณะเฉพาะของผู้พูด ลักษณะเฉพาะของภาษา วิธีการวัดค่า เป็นต้น

2.4.2.2 ความมากน้อยของการออกเสียงขึ้นจมูก

สระที่มีคุณสมบัติสระต่างๆ กัน หรือสระที่เกิดในบริบทพยัญชนะนาสิกต่างกัน อาจมีการออกเสียงขึ้นจมูกที่แตกต่างกันด้วย ในส่วนนี้จึงจะนำเสนอข้อค้นพบเกี่ยวกับความมากน้อยของการออกเสียงขึ้นจมูกจากหลายภาษา โดยแบ่งเป็น 4 หัวข้อย่อย ได้แก่ (1) การออกเสียงขึ้นจมูกของสระที่มีระดับความสูงต่ำของลิ้นต่างกัน (2) การออกเสียงขึ้นจมูกของสระที่มีตำแหน่งหน้าหลังของลิ้นต่างกัน

(3) การออกเสียงขึ้นจมูกของสระที่มีความสั้นยาวต่างกัน และ (4) การออกเสียงขึ้นจมูกของสระที่ปรากฏหน้าหรือหลังพยัญชนะนาสิก ดังรายละเอียดต่อไปนี้

(1) ความสัมพันธ์ระหว่างการออกเสียงขึ้นจมูกกับความสูงต่ำของลิ้น

งานวิจัยหลายงานสนับสนุนว่าการออกเสียงขึ้นจมูกมีความสัมพันธ์กับสระที่มีระดับความสูงต่ำของลิ้นต่างกัน โดยสระต่ำมักออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระสูง (Chen, 2000; Montagu, 2007; Onsuwan, 2005) อาทิ Montagu (2007) ซึ่งศึกษาสระเสียงขึ้นจมูกในภาษาฝรั่งเศสจากลักษณะทางกลศาสตร์ที่วัดจากสัญญาณที่ออกทางช่องจมูก พบว่า สามารถแบ่งสระเสียงขึ้นจมูกเป็น 3 กลุ่ม โดยเรียงตามค่าระยะเวลาของการออกเสียงขึ้นจมูกจากมากไปน้อย ดังนี้ (1) สระต่ำ (2) สระหน้าที่มีความสูงของลิ้นระดับกลางและสูง และ (3) สระหลังที่มีความสูงของลิ้นระดับกลางและสูง แต่ก็มีผลการศึกษาที่ขัดแย้งกับความสัมพันธ์ตามลำดับ 1 – 3 นี้ (Basset, Amelot, Vaissière & Roubeau, 2001; Chang, Hsieh & Hsieh, 2011; Delvaux et al., 2008) ตัวอย่างเช่น Delvaux et al. (2008) ซึ่งศึกษาสระเสียงขึ้นจมูกในภาษาฝรั่งเศสด้วยวิธีการวัดกระแสลมที่ไหลออกทางช่องจมูก พบว่า สระเสียงขึ้นจมูกที่เป็นสระสูงมีปริมาณลมขณะออกเสียงขึ้นจมูกและค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระต่ำ และได้อธิบายไว้ว่า สระเสียงขึ้นจมูกที่เป็นสระสูงไม่มีคู่แข่งเสียงสระนาสิกที่มีระดับความสูงของลิ้นเหมือนกัน จึงทำให้ออกเสียงขึ้นจมูกมากได้ โดยไม่กระทบต่อการรับรู้เสียงสระของผู้ฟัง

(2) ความสัมพันธ์ระหว่างการออกเสียงขึ้นจมูกกับตำแหน่งหน้าหลังของลิ้น

งานวิจัยที่ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการออกเสียงขึ้นจมูกกับตำแหน่งหน้าหลังของลิ้นมีไม่มากนัก และเป็นการศึกษาสระเสียงขึ้นจมูกในภาษาฝรั่งเศสทั้งสิ้น โดยมีข้อค้นพบจากการศึกษาว่า รูปแบบความสัมพันธ์ที่เหมือนกันคือ สระหน้ามีการออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระหลัง (Delvaux et al., 2002; Montagu, 2007) ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะในขณะที่ออกเสียงสระหน้า ลิ้นไม่มีการเคลื่อนตัวไปยังเพดานอ่อน ทำให้เพดานอ่อนสามารถหย่อนตัวลงได้มากกว่าเมื่อเทียบกับสระหลัง

(3) ความสัมพันธ์ระหว่างการออกเสียงขึ้นจมูกกับความสั้นยาวของสระ

ผลการศึกษาระบบการเปลี่ยนแปลงของสระไอซุ้เป็นสระนาสิกในหลายภาษาพบว่า สระนาสิกมักพัฒนามาจากสระยาว (Hajek, 1997; Hombert, 1986; Whalen & Beddor, 1989) ซึ่งสอดคล้องกับข้อค้นพบเกี่ยวกับการเปิดปิดเพดานอ่อนของสระเสียงขึ้นจมูกที่ปรากฏหลังพยัญชนะนาสิก (NVC) ในภาษาอังกฤษสำเนียงอเมริกันของ Clumek (1975) ที่แสดงให้เห็นว่า สระที่มีค่าระยะเวลามากกว่ามีเพดานอ่อนที่เปิดนานกว่า และผลการวิเคราะห์ทางกลศาสตร์ของสระเสียงขึ้นจมูกในภาษาไทย (Onsuwan, 2005) ยังแสดงให้เห็นว่าสระยาวมีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก

สัมบูรณ์ (absolute duration) มากกว่าสระสั้นด้วย นอกจากนี้ ผลการทดสอบการรับรู้การออกเสียง ขึ้นจุมุกของสระก็สนับสนุนแนวคิดข้างต้น กล่าวคือ ผู้ฟังจะรับรู้การออกเสียงขึ้นจุมุกของสระที่มีค่า ระยะเวลามากได้ดีกว่าสระที่มีค่าระยยะเวลาน้อยกว่า (Delattre & Monnot, 1968; Whalen & Beddor, 1989)

(4) ความสัมพันธ์ระหว่างการออกเสียงขึ้นจุมุกกับตำแหน่งในพยางค์ของพยัญชนะนาสิก

งานวิจัยส่วนใหญ่พบว่า ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมุกที่พบในสระเสียงขึ้นจุมุกซึ่งปรากฏ หลังพยัญชนะต้นนาสิกมีค่ามากกว่าค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมุกที่พบในสระเสียงขึ้นจุมุกที่ปรากฏ หน้าพยัญชนะท้ายนาสิก (Basset et al., 2001; Beddor & Onsuwan, 2003; Beddor, Onsuwan & Letsholo, 2002; Benguerel, 1974; Cohn, 1990; Delvaux et al., 2008; Diakoumakou, 2005; Ha & Kuehn, 2006; Klopfenstein, 2006; Rochet & Rochet, 1991a; Rossato et al., 2003; Scarborough et al., 2015) อย่างไรก็ตาม มีข้อค้นพบจากบางงานว่า สระเสียงขึ้นจุมุกที่ ปรากฏหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกมีการออกเสียงขึ้นจุมุกมากกว่าสระเสียงขึ้นจุมุกที่ปรากฏหลัง พยัญชนะต้นนาสิก (Moll & Daniloff, 1971; Ohala, 1971; Rochet & Rochet, 1991a)

ดังนั้น ข้อค้นพบจากงานวิจัยหลายภาษาที่เกี่ยวกับการออกเสียงขึ้นจุมุกของสระดังกล่าว มาแล้ว ทำให้พอจะสรุปได้ว่า (1) ความสัมพันธ์ระหว่างการออกเสียงขึ้นจุมุกกับความสูงต่ำของลิ้นมี หลายรูปแบบ เนื่องจากมีทั้งผลการศึกษาที่สนับสนุนและขัดแย้งข้อค้นพบที่ว่า สระต่ำมีการออกเสียง ขึ้นจุมุกมากกว่าสระสูง (2) สระที่ออกเสียงขึ้นจุมุกซึ่งเป็นสระหน้ามีการออกเสียงขึ้นจุมุกมากกว่าสระ หลัง (3) สระยาวหรือสระที่มีค่าระยะเวลามากกว่ามีการออกเสียงขึ้นจุมุกมากกว่าสระสั้นหรือสระที่มี ค่าระยยะเวลาน้อยกว่า และ (4) สระที่ปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิกมีการออกเสียงขึ้นจุมุกมากกว่า สระที่ปรากฏหน้าพยัญชนะท้ายนาสิก

นอกจากนี้ จะเห็นได้ว่าการศึกษาความมากน้อยของการออกเสียงขึ้นจุมุกมีหลายวิธี อาทิ การศึกษากระแสลมที่ไหลออกจากช่องจุมุก (Basset et al., 2001; Delvaux et al., 2008) สัญญาณ ที่วัดจากกระแสลมที่ไหลออกจากช่องจุมุกด้วยไมโครโฟน (Montagu, 2007) สเปคตรัม (Beddor & Onsuwan, 2003; Onsuwan, 2005) เป็นต้น แต่เมื่อคำนึงถึงข้อจำกัดด้านอุปกรณ์และความ เหมาะสมของประเภทอุปกรณ์สำหรับการเก็บข้อมูลภาคสนามจากผู้บอกภาษาที่ไม่คุ้นชินกับ เทคโนโลยีสมัยใหม่มากนัก การวิจัยนี้จึงเลือกใช้วิธีการเปรียบเทียบสเปคตรัมของข้อมูลที่ได้จากการ บันทึกลงเสียงการออกเสียงขึ้นจุมุกของสระในภาษาปะโอและภาษาโป ซึ่งจะกล่าวถึงการหาค่า ระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมุกด้วยวิธีการเปรียบเทียบสเปคตรัมอย่างละเอียดในบทที่ 3

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในบทนี้จะนำเสนอวิธีดำเนินการวิจัย โดยเริ่มจากการสำรวจข้อมูล ทั้งโดยการทบทวนวรรณกรรมและการเก็บข้อมูลภาคสนามนำร่อง (หัวข้อที่ 3.1) แล้วจึงกล่าวถึงการสร้างเครื่องมือในการเก็บข้อมูลภาคสนาม จุดเก็บข้อมูล ผู้บอกภาษา รวมถึงการบันทึกเสียง (หัวข้อที่ 3.2) การวิเคราะห์ข้อมูล ตั้งแต่การเตรียมข้อมูลจนถึงการวิเคราะห์ค่าทางกลศาสตร์และการทดสอบทางสถิติ (หัวข้อที่ 3.3) การนำเสนอผลการวิเคราะห์ด้วยแผนภูมิกล่อง (หัวข้อที่ 3.4) และลำดับการนำเสนอผลการวิจัย (หัวข้อที่ 3.5)

3.1 การสำรวจ

3.1.1 การทบทวนวรรณกรรม

ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ทั้งงานวิจัยเกี่ยวกับภาษากลุ่มกะเหรี่ยง งานวิจัยเกี่ยวกับเสียงนาสิก รวมถึงงานวิจัยที่จะเป็นประโยชน์ต่อการอภิปรายผล ซึ่งครอบคลุมหัวข้อต่างๆ ดังนี้

- (1) งานวิจัยเกี่ยวกับความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับภาษากลุ่มกะเหรี่ยง
- (2) งานวิจัยและพจนานุกรมเกี่ยวกับเสียงและระบบเสียงของภาษาสะกอ ปะโอ และโป
- (3) แนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับเสียงนาสิก
- (4) งานวิจัยทางกลศาสตร์เกี่ยวกับการจำแนกฐานกรณ์ของพยัญชนะ
- (5) งานวิจัยเกี่ยวกับการออกเสียงขึ้นจมูกของสระ
- (6) งานวิจัยเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสระนาสิก

3.1.2 การเก็บข้อมูลภาคสนามนำร่อง

ก่อนการเก็บข้อมูลภาคสนามที่ได้กล่าวถึงอย่างละเอียดในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้มีโอกาสสำรวจข้อมูลภาคสนามนำร่องของภาษากลุ่มกะเหรี่ยง ได้แก่ สะกอ ปะโอ โป ในขณะที่เป็นผู้ช่วยวิจัยโครงการภาษาศาสตร์ภาษากะเหรี่ยงซึ่งศาสตราจารย์ ดร. ชีระพันธ์ เหลืองทองคำ เป็นหัวหน้าโครงการ โดยได้สำรวจจากแหล่งข้อมูลต่างๆ ดังนี้

(1) สะกอ บ้านป่าละอู ตำบลห้วยสัตว์ใหญ่ อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ และบ้านห้วยหมึศรีสวัสดิ์ ตำบลเมืองแปง อำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน⁶

(2) ปะโอ ชุมชนปะโอ กรุงเทพมหานคร

(3) โป บ้านอิมาด-อิทราย ตำบลแก่นมะกรูด อำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี และบ้านแม่แพหลวง ตำบลกองก่อ อำเภอสบเมย จังหวัดแม่ฮ่องสอน

การสำรวจภาคสนามนี้เป็นประโยชน์อย่างมากต่อการสร้างรายการคำสำหรับการเก็บข้อมูลจริงที่ปรากฏในงานวิจัยนี้ นอกจากนี้ จากการฝึกเก็บและวิเคราะห์ค่าทางกลศาสตร์จากข้อมูลภาษาสะกอ บ้านป่าละอู จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ทำให้ผู้วิจัยมองเห็นข้อจำกัดของการศึกษาความแตกต่างระหว่างฐานกรณ์ของพยัญชนะนาสิกด้วยวิธีการวิเคราะห์เมอร์เมอร์นาสิกและช่วงรอยต่อ ซึ่งนำมาสู่การเลือกใช้วิธีสมการจตุรรมในงานวิจัยนี้

3.2 การเก็บข้อมูลภาคสนาม

3.2.1 รายการคำ

ในขั้นแรก ผู้วิจัยรวบรวมคำศัพท์จากพจนานุกรมและงานวิจัยเกี่ยวกับระบบเสียงของภาษาสะกอ ปะโอและโป จากนั้นจึงใช้รายการคำที่รวบรวมได้และรายการคำ Matisoff (Matisoff, 1978)⁷ ในการทดลองเก็บข้อมูลจากผู้บอกภาษาแต่ละภาษาตามถิ่นที่อยู่ต่างๆ ดังปรากฏในหัวข้อที่ 3.1.2 จากนั้น จึงปรับแก้รายการคำดังกล่าวให้เหมาะสมและครอบคลุมเสียงที่ต้องการศึกษา ทำให้ได้รายการคำจากการเก็บข้อมูลนำร่องซึ่งนำมาใช้เป็นเครื่องมือตั้งต้นในการเก็บข้อมูลจริง ทั้งนี้ เมื่อลงมือเก็บข้อมูลภาคสนามที่นำมาใช้ในงานวิจัยชิ้นนี้ รายการคำดังกล่าวยังได้รับการปรับแก้อีกครั้งหนึ่งเพื่อให้สอดคล้องกับระบบเสียงของภาษาแต่ละถิ่น

อนึ่ง คำตัวอย่างในรายการคำของทุกภาษาไม่ได้มีการควบคุมวรรณยุกต์ เพราะจากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า วรรณยุกต์ไม่มีอิทธิพลต่อค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก (Onsuwan,

⁶ ข้อมูลของภาษาสะกอและโปได้จากการฝึกเก็บข้อมูลในการเรียนวิชาปฏิบัติการภาคสนามทางภาษาศาสตร์ (Linguistic Field Methods)

⁷ รายการคำ Matisoff เป็นรายการคำที่ James A. Matisoff สร้างขึ้นเพื่อให้เหมาะสมกับภาษาตระกูลจีน-ทิเบตและภาษาเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยปรับจากรายการคำ Swadesh ซึ่งเป็นรายการคำศัพท์พื้นฐานที่รวบรวมโดย Morris Swadesh สำหรับการสืบสร้างความสัมพันธ์ทางเชื้อสายของภาษาต่างๆ

2005) และคำตัวอย่างเป็นคำพยางค์เดียวหรือพยางค์ที่ได้รับการเน้นหนักในคำหลายพยางค์ ลำดับต่อไปจะกล่าวถึงรายการคำในภาษาต่างๆ⁸

3.2.1.1 ภาษาสะกอ

คำตัวอย่างในภาษาสะกอบ้านห้วยหยวก จังหวัดสุโขทัยประกอบด้วยพยัญชนะต้นนาสิก 4 ฐานกรณ์ ได้แก่ /m, n, ɲ, ŋ/ ซึ่งปรากฏหน้าสระเดี่ยว โดย /m, n/ ปรากฏหน้าสระ 9 เสียง /ɲ/ ปรากฏหน้าสระ 5 เสียง และ /ŋ/ ปรากฏหน้าสระ 2 เสียง⁹ เหตุที่ชุดคำตัวอย่างของเสียง /m/ และ /n/ มีจำนวนคำที่ปรากฏร่วมกับสระมากกว่าชุดคำตัวอย่างของเสียง /ɲ/ และ /ŋ/ เป็นเพราะในภาษาสะกอ /m/ และ /n/ พบได้บ่อยกว่า /ɲ/ และ /ŋ/ (สุริยา รัตนกุล, 2529) และการเลือกใช้เฉพาะคำตัวอย่างที่มีใช้จริง (real word) ทำให้จำนวนคำที่ปรากฏร่วมกับสระในชุดคำตัวอย่างของเสียง /ɲ/ และ /ŋ/ มีสระไม่ครบ 9 เสียง (ดูตารางที่ 3.1)



⁸ นอกจากรายการคำในหัวข้อที่ 3.2.1 ยังมีรายการคำที่ประกอบด้วยพยัญชนะกักและสระเดี่ยวในภาษาปะโอและโป ซึ่งได้บันทึกเสียงไว้สำหรับประกอบการหาค่าความถี่ฟอร์เมนทันนาสิก (ดูภาคผนวก ก)

⁹ ผู้วิจัยได้พยายามหาสระให้ครบ 9 เสียงสำหรับ /ɲ/ และ /ŋ/ เช่นเดียวกับ /m/ และ /n/ แต่ไม่สามารถหาได้ครบ

ตารางที่ 3.1 รายการคำภาษาสะกอ

	i		e		ɛ	
	คำ	ความหมาย	คำ	ความหมาย	คำ	ความหมาย
/m/	mi33	นอน	me33	ข้าว	mɛ31	หาง (หัวก้อย)
					mɛ33	ฟัน
/n/	ni33	หัวเราะ, วัน	ne31	ได้	nɛ33	ส่วนหนึ่งของ เครื่องทอผ้า
	ni45 ¹⁰	ผ้าถุง	nɔ33 nɛ33	เหม็นเขียว	nɛ45	ชี้, เล็ง
/p/			te33 nɛ33	ต้นกอนหมา กั้ง	(mi45) nɛ45	ทารก
	i		o		a	
	คำ	ความหมาย	คำ	ความหมาย	คำ	ความหมาย
/m/	mi31	ตะวัน	mɔ33	ใช้	ma33	เมีย/ทำ
	mi45	ม่วน			ma45	ลูกเขย
/n/	ke31 ni45	เข้า	(ta31) nɔ31	เขาสัตว์	na33	เธอ
					(ta31 na33) ¹¹	ตะกละ
/p/	ni45	ผ้าถุง	nɔ33	ดม	na31	หู
			ʔa31 nɔ45	มุ่ม	(pa31 na31)	ควาย
/p/					pa45	ปลา
					mae45 pa33	รู้
/ŋ/				ŋa33	จ้าง	

¹⁰ 45 ซึ่งมีสัทลักษณะแบบ [45'] เป็นเสียงวรรณยุกต์ย่อยของวรรณยุกต์สูง /44/ ในภาษาสะกอ

¹¹ ในกรณีที่ผู้บอกภาษาบางคนออกเสียงวรรณยุกต์ของคำตัวอย่างต่างไปจากที่ปรากฏในตาราง ผู้วิจัยจะใช้คำที่อยู่ในวงเล็บเพื่อให้ได้เสียงที่ต้องการแทน เช่น ผู้บอกภาษาบางคนออกเสียงคำว่า 'เธอ' เป็น [na31] ผู้วิจัยจึงเปลี่ยนมาใช้คำว่า [ta31 na33] 'ตะกละ' แทน เป็นต้น

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

	u		o		w	
	คำ	ความหมาย	คำ	ความหมาย	คำ	ความหมาย
/m/	mu33	เมา	mo33	แม่, ฮ่อง	mɔ33	โป่ง
			ʔa31 mo31	ตัวเมีย	mɔ31	เห่า
/n/	nu31	นม	ta31 no33	คันทา	nɔ33	งาหอม
			to33 no31	สั้น	nɔ31	ซ่า
			to33 no45	เจอ	nɔ45	หญ้า
/ŋ/		ŋo31	บวม	ŋɔ33	ง่าย	
/ŋ/					ŋɔ33 ŋa45 ŋɔ33 ŋɔ33	โง่
					(ŋɔ33 ŋa31)	ชื่อเรียก ตัวอักษรตัว หนึ่ง

3.2.1.2 ภาษาปะโอ

ในรายการคำภาษาปะโอบ้านห้วยมะเขือส้ม จังหวัดแม่ฮ่องสอน โครงสร้างพยางค์ของคำตัวอย่างแบ่งเป็น 2 โครงสร้าง ได้แก่ คำตัวอย่างที่ประกอบด้วยพยัญชนะต้นนาสิก สระโอษฐ์เดี่ยวและพยัญชนะท้ายกัก (NVC) และคำตัวอย่างที่ประกอบด้วยพยัญชนะต้นกัก สระโอษฐ์เดี่ยว และพยัญชนะท้ายนาสิก (CVN) และได้กำหนดให้พยัญชนะกักเป็นเสียงอโฆษะ เพื่อหลีกเลี่ยงความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของเสียงพยัญชนะโฆษะและอโฆษะต่อค่าระยะเวลาสระ ทั้งนี้ เนื่องจากข้อจำกัดในการหาค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมกในบริบท NVC (ดูหัวข้อที่ 3.3.2.2.3) จึงวิเคราะห์ได้เพียงสระหน้า คือ /e/ และ /ɛ/ (ดูตารางที่ 3.2)

ตารางที่ 3.2 รายการคำภาษาปะโอ

	e		ɛ	
	คำ	ความหมาย	คำ	ความหมาย
NVC	ta33 nek44	ติดคอ	ta33 net44	กุด
	ken33	จน	tem42	เขียน
CVN			pen42	อวัยวะเพศหญิง
			ken42	แค่น
			tə33 keŋ33	งอ, คุด
			toŋ33 peŋ42	กระเป๋าสตางค์

3.2.1.3 ภาษาโป

ในรายการคำภาษาโปบ้านแม่แพหลวง จังหวัดแม่ฮ่องสอน โครงสร้างพยางค์ของคำตัวอย่างแบ่งเป็น 2 โครงสร้าง ได้แก่ คำตัวอย่างที่ประกอบด้วยพยัญชนะต้นนาสิกและสระโอษฐ์ (NV) ซึ่งประกอบด้วยสระเดี่ยว 3 เสียง คือ /i, e, ɛ/ และคำตัวอย่างที่ประกอบด้วยพยัญชนะต้นกักและสระนาสิก (CṼ)¹² ซึ่งประกอบด้วยสระนาสิกที่เป็นสระเดี่ยว 4 เสียง คือ /ĩ, ẽ, õ, ỹ/¹³ (ดูตารางที่ 3.3 และ 3.4)

ตารางที่ 3.3 รายการคำสระเสียงขึ้นจมูกในภาษาโป

คำ	i	คำ	e	คำ	ɛ
	ความหมาย		ความหมาย		ความหมาย
mi42	ข้าว	me33	งาช้าง	mɛ42	ท่า
mi33	ไฟ	ne33	มัน (พืช)	nɛ42	เธอ
ni44	ผึ้ง			mɛ44	เมีย
				nɛ44	จมูก

¹² สระนาสิกปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิกได้ เช่น nɛ33 ‘ปี’ mĩ42 ‘ฮ่อง’ เป็นต้น

¹³ จากตารางที่ 2.8 (หน้า 23) ระบบสระในภาษาโปบ้านแม่แพหลวง จังหวัดแม่ฮ่องสอน จะเห็นว่าสระ /ĩ/ แต่เนื่องจากพบรูปแปร 2 รูป คือ [ẽ] และ [aĩ] ซึ่งขึ้นอยู่กับผู้บอกภาษาแต่ละคน ในงานวิจัยนี้จึงไม่นำสระ /ĩ/ มาวิเคราะห์

ตารางที่ 3.4 รายการคำสรรพนามในภาษาโป

จ		ล		อ		จ	
คำ	ความหมาย	คำ	ความหมาย	คำ	ความหมาย	คำ	ความหมาย
kã33	ชี้เกี่ยว	bã33	หน่อไม้	tõ33	ตัก (น้ำ)	bõ42	เท
		bã42	สีเหลือง	dõ42	กลอง	tõ42	แห่
		tã33	หนา	kõ33	ตะเกียง	dõ42	เอาหม้อตั้งไฟ
				kõ44	หนังสือ	bõ33	อ้วน
						dõ33	เป็นดอง

3.2.2 จุดเก็บข้อมูล

จากการสำรวจภาคสนามนำร่องข้างต้น พบว่า ภาษาสะกอที่อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ไม่เหมาะสำหรับการเก็บข้อมูลเนื่องจากมีการสัมผัสภาษากับภาษาโปและภาษาไทยมาก ส่วนการสำรวจข้อมูลภาษาโปที่อำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี พบว่า ยังมีสระนาสิก แต่ฟังไม่ค่อยชัดเจนในบางสระ ประกอบกับข้อค้นพบจากการสำรวจข้อมูลภาษาปะโอเหนือในชุมชนปะโอกรุงเทพมหานครและภาษาโปบ้านแม่แพหลวง พบเสียงและโครงสร้างพยางค์ที่ต้องการศึกษา ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงเลือกเก็บข้อมูลภาษากลุ่มกะเหรี่ยงในจังหวัดทางภาคเหนือเพื่องานวิจัยนี้ ดังนี้

ภาษาสะกอ - บ้านห้วยหยวก ตำบลบ้านแก่ง อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย

ภาษาโป - บ้านแม่แพหลวง ตำบลกองก่อ อำเภอสบเมย จังหวัดแม่ฮ่องสอน

ภาษาปะโอ - บ้านห้วยมะเขือส้ม ตำบลหมอกจำแป่ อำเภอเมือง จังหวัดแม่ฮ่องสอน

3.2.3 ผู้บอกภาษา

ผู้บอกภาษาทั้งหมดเป็นเพศชายซึ่งพูดภาษากะเหรี่ยงนั้นๆ เป็นภาษาแม่ โดยมีผู้บอกภาษาสะกอ 10 คน โป 19 คน¹⁴ และปะโอ 19 คน¹⁵ รวมเป็น 48 คน ผู้บอกภาษาส่วนใหญ่ไม่เคยเรียนหนังสือ และหาเลี้ยงชีพด้วยการเป็นเกษตรกร หรือรับจ้าง ผู้บอกภาษาสะกอ โป และปะโอต่างพูดภาษาของตนในชีวิตประจำวัน แต่ผู้บอกภาษาจำนวนมากพูดภาษาอื่นได้ด้วย โดยผู้บอกภาษาสะกอรู้

¹⁴ ในโครงร่างวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยเสนอจำนวนผู้บอกภาษาไว้ 20 คน แต่เมื่อตรวจสอบข้อมูลที่ได้จากผู้บอกภาษา 28 คน พบว่า ในกรณีของสระนาสิก สามารถนำข้อมูลมาใช้ในการวิเคราะห์ทางกลศาสตร์ได้ 19 คน ส่วนสระเสียงสั้นจากสามารถนำข้อมูลมาใช้ได้ 17 คน

¹⁵ ในโครงร่างวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยเสนอจำนวนผู้บอกภาษาไว้ 20 คน แต่เมื่อตรวจสอบข้อมูลที่ได้จากผู้บอกภาษา 24 คน พบว่า สามารถนำข้อมูลมาใช้วิเคราะห์ทางกลศาสตร์ได้ 19 คน

ภาษาไทยกลาง ผู้บอกภาษาไปส่วนใหญ่รู้ภาษาสะกอ ภาษาไทยเหนือ และภาษาไทยกลาง และผู้บอกภาษาปะโอส่วนใหญ่พูดภาษาไทยใหญ่และภาษาไทยกลางได้ และพูดภาษาสะกอได้เล็กน้อย เหตุที่เลือกเก็บข้อมูลจากผู้พูดเพศชายเพราะเสียงของผู้พูดเพศหญิงมีค่าความถี่สูงกว่าเพศชาย ระยะห่างระหว่างแต่ละฮาร์โมนิกส์ (harmonics) ในสระจึงมากกว่า ทำให้ค่าความถี่ฟอร์เมนทานาลิกในสเปกตรัมของผู้พูดเพศหญิงหายไปในช่วงช่องว่างระหว่างฮาร์โมนิกส์

ผู้บอกภาษามีอายุระหว่าง 24 – 75 ปี เหตุที่กำหนดอายุในช่วงดังกล่าว เพราะเกรงว่าภาษาของผู้บอกภาษาที่มีอายุน้อยกว่า 24 ปี จะมีการแปรหรือเปลี่ยนแปลงไปมากแล้ว ส่วนอายุสูงสุดของผู้บอกภาษากำหนดเป็น 75 ปี เนื่องจากอายุที่มากเกินไปอาจเป็นอุปสรรคในการบันทึกเสียง เพราะในการบันทึกเสียงแต่ละครั้งต้องใช้เวลาานราว 1 – 2 ชั่วโมง จึงเกรงว่าผู้บอกภาษาที่มีอายุมากจะไม่สะดวก นอกจากนี้ สาเหตุที่ผู้บอกภาษาปะโอและโปมีจำนวนมากว่าผู้บอกภาษาสะกอ เป็นเพราะชุดคำตัวอย่างของภาษาปะโอและโปมีค่าน้อย เมื่อคำตัวอย่างมีจำกัด การบันทึกเสียงผู้บอกภาษาจำนวนมาก น่าจะทำให้ได้ข้อมูลที่แสดงลักษณะทางกลศาสตร์ของภาษาโดยรวมได้ดีกว่าการบันทึกเสียงจากผู้บอกภาษาจำนวนน้อย แต่บันทึกเสียงหลายครั้ง

3.2.4 อุปกรณ์การบันทึกเสียง

ในการบันทึกเสียง ผู้วิจัยบันทึกเสียงด้วยเครื่อง MicroProcessor Speech Studio ของบริษัท Laryngograph ซึ่งเป็นเครื่องมือที่สามารถบันทึกเสียง การทำงานของเส้นเสียง การสั่นของผนังจมูก (nasal wall vibration) ค่าความเข้ม และค่าความถี่มูลฐานได้ อุปกรณ์ที่ใช้ในการบันทึกเสียงด้วยเครื่อง MicroProcessor Speech Studio มี 3 ชิ้น คือ (1) ไมโครโฟน ซึ่งใช้ในการบันทึกเสียง (2) electrodes ซึ่งใช้ในการบันทึกการทำงานของเส้นเสียง และ (3) nasality sensor ซึ่งใช้ในการบันทึกการสั่นของช่องจมูก (ดูภาพที่ 3.1) แม้ในงานวิจัยนี้จะได้ศึกษาการทำงานของเส้นเสียง แต่จำเป็นต้องบันทึกสัญญาณนี้ด้วย เพราะตัวเครื่องมือบังคับให้บันทึกสัญญาณให้ครบทุกช่องทาง จึงจะบันทึกการสั่นของช่องจมูกได้ ซึ่งสัญญาณที่วัดจากการสั่นของช่องจมูก จะนำมาช่วยในการหาค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกด้วยวิธีการทางกลศาสตร์

นอกจากใช้ไมโครโฟนที่มาพร้อมเครื่อง MicroProcessor Speech Studio ซึ่งเป็นแบบเสียงเข้าจากรอบทิศทาง (omnidirectional) แล้ว ผู้วิจัยยังได้ใช้ไมโครโฟนแบบเสียงเข้าทางเดียว (unidirectional) ของโซนี่ (Sony) รุ่น ECM-719 บันทึกเสียงไปพร้อมกันด้วย เพื่อให้มีข้อมูลสำรองในกรณีที่เสียงซึ่งบันทึกด้วยไมโครโฟนตัวแรกมีคุณภาพเสียงไม่ดีพอสำหรับการวิเคราะห์ทางกลศาสตร์



ภาพที่ 3.1 เครื่อง MicroProcessor Speech Studio ไมโครโฟน electrodes และ nasality sensor ของภาควิชาภาษาศาสตร์ คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2.5 การบันทึกเสียง

ผู้วิจัยบันทึกเสียงผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยให้ไมโครโฟนอยู่ห่างจากปากผู้บอกภาษา ประมาณ 6 นิ้ว และกำหนดค่าในการบันทึกเสียงเป็นแบบโมโนและมี sampling rate 32,000 Hz สำหรับการบันทึกเสียงผ่านไมโครโฟนแบบเสียงเข้าจากรอบทิศทางใช้โปรแกรม SPEAD3 ซึ่งเป็นโปรแกรมบันทึกเสียงสำหรับเครื่อง MicroProcessor Speech Studio ส่วนการบันทึกเสียงผ่านไมโครโฟนแบบเสียงเข้าทางเดียวใช้โปรแกรม Audacity การบันทึกเสียงผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์มีข้อดี คือ ผู้วิจัยสามารถตรวจสอบในเบื้องต้นได้ทันทีว่าค่าที่ต้องการนำมาวิเคราะห์มีเสียงรบกวน (background noise) แทรกเข้ามาหรือไม่ หากพบว่าค่าใดมีเสียงรบกวน ผู้วิจัยได้ขอให้ผู้บอกภาษา ออกเสียงคำนั้นใหม่ และบันทึกเสียงเพิ่มเติม

ก่อนการบันทึกเสียง ผู้วิจัยอธิบายขั้นตอนในการบันทึกเสียงคำตัวอย่างให้ผู้บอกภาษาเข้าใจ ก่อน ขั้นตอนโดยสังเขป คือ ผู้วิจัยให้ความหมายคำที่ต้องการเป็นภาษาไทย แล้วให้ผู้บอกภาษาออกเสียงคำในภาษาของตนเองที่มีความหมายตรงกัน เช่น ในการเก็บข้อมูลภาษาโป หลังจากผู้วิจัยให้ความหมายว่า “เอาหม้อตั้งไฟ” ผู้บอกภาษาไปออกเสียงคำว่า [dʌ42] เป็นต้น หรือให้ผู้บอกภาษา ซ้อมออกเสียงคำตามลำดับคำที่เรียงไว้ เมื่อซักซ้อมเสร็จแล้ว จึงให้ผู้บอกภาษาออกเสียงคำตามลำดับที่ซ้อมก่อนหน้า โดยบันทึกเสียงรายการคำแต่ละรายการหลายครั้ง เพื่อให้ได้จำนวนคำทดสอบที่เพียงพอต่อการวิเคราะห์ค่าทางกลศาสตร์และการทดสอบทางสถิติตามที่กำหนดไว้

เนื่องจากข้อจำกัดของการเก็บข้อมูลภาคสนามซึ่งยากที่จะหาสถานที่ซึ่งเงียบสงบสำหรับการบันทึกเสียง ผู้วิจัยจึงพยายามหาสถานที่บันทึกเสียงซึ่งมีเสียงรบกวนน้อยที่สุด ในการเก็บข้อมูลที่จังหวัดแม่ฮ่องสอน ผู้วิจัยได้รับความอนุเคราะห์จากผู้ออกภาษาท่านหนึ่งทั้งในหมู่บ้านของชาวปะโอและโป ให้ใช้บ้านของผู้ออกภาษาเป็นสถานที่บันทึกเสียงตลอดการเก็บข้อมูล ส่วนการเก็บข้อมูลที่จังหวัดสุโขทัย ผู้วิจัยได้รับความอนุเคราะห์จากวัดประจำหมู่บ้านให้ใช้ศาลาวัดเป็นสถานที่บันทึกเสียง

3.2.6 ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ทางกลศาสตร์

3.2.6.1 ภาษาสะกอ

เนื่องจากชุดสระแต่ละชุดในรายการคำประกอบด้วยคำตัวอย่างหลายคำ ซึ่งต้องบันทึกเสียงหลายครั้ง ดังนั้น เพื่อให้ได้คำทดสอบ 5 คำต่อสระ 1 เสียง สำหรับใช้วิเคราะห์ฐานกรณ์พยัญชนะนาสิกด้วยวิธีสมการจตุรร่วม ผู้วิจัยจึงต้องอาศัยเกณฑ์ในการกำหนดจำนวนคำทดสอบต่อคำตัวอย่าง 1 คำ โดยเรียงตามลำดับความสำคัญต่อไปนี้ (ดูตารางที่ 3.1 ประกอบ)

(1) คำตัวอย่างพยางค์เดียวมีจำนวนคำทดสอบมากกว่าคำหลายพยางค์ เพราะสระของพยางค์อื่นๆ ในคำหลายพยางค์ อาจมีอิทธิพลต่อค่าความถี่ฟอร์แมนท์ที่ 2 ของสระในคำที่ต้องการศึกษา เช่น คำตัวอย่างที่ประกอบด้วย /n/ และ /e/ มีคำตัวอย่าง 2 คำ ได้แก่ /ne31, nɔ33 ne33/ ดังนั้น เพื่อให้ได้คำทดสอบ 5 คำ ได้แบ่งให้ /ne31/ ซึ่งเป็นคำพยางค์เดียวมีคำทดสอบ 3 คำ และ /nɔ33 ne33/ มีคำทดสอบ 2 คำ รวมเป็นคำทดสอบ 5 คำต่อสระ 1 เสียง

(2) กรณีที่คำตัวอย่างมีจำนวนพยางค์เท่ากัน วรรณยุกต์ 33 เป็นตัวเลือกหลัก เนื่องจากเป็นวรรณยุกต์ที่ปรากฏบ่อย เช่น คำตัวอย่างที่ประกอบด้วย /n/ และ /i/ มีคำตัวอย่าง 2 คำ ได้แก่ /ni33, ni45/ ซึ่งทั้ง 2 คำเป็นคำพยางค์เดียว จึงได้แบ่งให้ /ni33/ มีคำทดสอบ 3 คำ และ /ni45/ มีคำทดสอบ 2 คำ รวมเป็นคำทดสอบ 5 คำต่อสระ 1 เสียง

(3) คำตัวอย่างซึ่งมีสระที่มีความยาวปกติเป็นตัวเลือกหลัก เช่น คำตัวอย่างที่ประกอบด้วย /n/ และ /ɔ/ มีคำตัวอย่าง 3 คำ ได้แก่ /nɔ33, nɔ31, nɔ45/ คำที่มีวรรณยุกต์ [33] และ [31] มีความยาวสระในระดับสัทศาสตร์มากกว่า [45'] จึงได้แบ่งให้คำตัวอย่าง /nɔ33, nɔ31/ แต่ละคำมีคำทดสอบ 2 คำ และ /nɔ45/ มีคำทดสอบ 1 คำ รวมเป็นคำทดสอบ 5 คำต่อสระ 1 เสียง โดยสรุปภาษาสะกอมีจำนวนคำทดสอบดังนี้

ชุดคำตัวอย่าง /m/ เกิดร่วมกับสระได้ 9 เสียง มีคำทดสอบทั้งหมด 450 คำ (9 สระ × 5 คำทดสอบ × 10 คน)

ชุดคำตัวอย่าง /m/ เกิดร่วมกับสระได้ 9 เสียง มีคำทดสอบทั้งหมด 450 คำ (9 สระ x 5 คำทดสอบ x 10 คน)

ชุดคำตัวอย่าง /n/ เกิดร่วมกับสระได้เพียง 5 เสียง มีคำทดสอบทั้งหมด 250 คำ (5 สระ x 5 คำทดสอบ x 10 คน)

ชุดคำตัวอย่าง /ŋ/ เกิดร่วมกับสระได้เพียง 2 เสียง มีคำทดสอบทั้งหมด 100 คำ (2 สระ x 5 คำทดสอบ x 10 คน)

เมื่อรวมคำทดสอบ 4 ชุดแล้วมีคำทดสอบทั้งสิ้น 1,250 คำ

3.2.6.2 ภาษาปะโอ

สำหรับภาษาปะโอ ผู้วิจัยต้องการคำทดสอบ 10 คำต่อสระ 1 เสียง เนื่องจากสระ /e/ และ /ɛ/ ในบริบทพยัญชนะต้นนาสิก และสระ /e/ ในบริบทพยัญชนะท้ายนาสิกมีคำตัวอย่าง 1 คำ คำตัวอย่างแต่ละคำจึงมีคำทดสอบ 10 คำ (ดูตารางที่ 3.2 ประกอบ) ภาษาปะโอจึงมีเกณฑ์ในการกำหนดจำนวนคำทดสอบเพียง 1 เกณฑ์ คือ

กรณีมีคำตัวอย่างซึ่งแบ่งจำนวนคำทดสอบได้ลงตัวพอดี ได้แบ่งเท่าๆ กัน เช่น คำตัวอย่างของสระ /e/ ที่อยู่หน้าพยัญชนะท้ายนาสิกมีคำตัวอย่าง 5 คำ คือ /tem42, pen42, ken42, tɔ33 ken33, tɔŋ33 pen42/ จึงได้แบ่งให้คำตัวอย่างแต่ละคำมีคำทดสอบ 2 คำ รวมเป็นคำทดสอบ 10 คำต่อสระ 1 เสียง โดยสรุป ภาษาปะโอมีจำนวนคำทดสอบดังนี้

โครงสร้าง NVC ประกอบด้วยสระ 2 เสียง มีคำทดสอบทั้งหมด 380 คำ (2 สระ x 10 คำทดสอบ x 19 คน)

โครงสร้าง CVN ประกอบด้วยสระ 2 เสียง มีคำทดสอบทั้งหมด 380 คำ (2 สระ x 10 คำทดสอบ x 19 คน)

รวมมีคำทดสอบทั้งสิ้น 760 คำ

3.2.6.3 ภาษาโป

ในกรณีภาษาโป ผู้วิจัยต้องการคำทดสอบ 10 คำต่อสระ 1 เสียง จึงต้องอาศัยเกณฑ์ในการกำหนดจำนวนคำทดสอบต่อคำตัวอย่าง 1 คำในแต่ละชุดสระ ดังต่อไปนี้ (ดูตารางที่ 3.3 และ 3.4 ประกอบ)

(1) กรณีมีคำตัวอย่างซึ่งแบ่งจำนวนคำทดสอบได้ลงตัวพอดี ได้แบ่งเท่าๆ กัน เช่น กรณีของสระ /ɔ/ มีคำตัวอย่าง 5 คำ คือ / bɔ42, ɛɔ42, dɔ42, bɔ33, dɔ33/ ได้แบ่งให้คำตัวอย่างแต่ละคำมีคำทดสอบ 2 คำ รวมเป็นคำทดสอบ 10 คำต่อสระ 1 เสียง

(2) กรณีแบ่งไม่ลงตัว ได้แบ่งให้คำตัวอย่างที่มีพยัญชนะต้นที่มีฐานกรณ์ต่างกันมีจำนวนคำทดสอบเท่ากัน และให้ความสำคัญกับวรรณยุกต์ 33 มากกว่าวรรณยุกต์อื่น เช่น สระ /อ/ มีคำตัวอย่าง 4 คำ ได้แก่ /tō33, dō42, kō33, kō44/ ซึ่งประกอบด้วยพยัญชนะต้นปุ่มเหงือก 2 คำ คือ /tō33, dō42/ และพยัญชนะต้นเพดานอ่อน 2 คำ คือ /kō33, kō44/ จึงได้แบ่งให้คำตัวอย่างแต่ละฐานกรณ์มีคำทดสอบ 5 คำต่อพยัญชนะต้น 1 ฐานกรณ์ นั่นคือ /tō33, dō42/ มีคำทดสอบ 5 คำ และ /kō33, kō44/ มีคำทดสอบ 5 คำ จากนั้นในชุดคำตัวอย่างแต่ละฐานกรณ์ได้แบ่งให้คำที่มีวรรณยุกต์ 33 มีคำทดสอบ 3 คำ ส่วนคำตัวอย่างที่มีวรรณยุกต์อื่นมีคำทดสอบ 2 คำ /tō33, kō33/ จึงมีคำทดสอบคำละ 3 คำ และ /dō42, kō44/ มีคำทดสอบคำละ 2 คำ รวมเป็น 10 คำทดสอบต่อสระ 1 เสียง

(3) กรณีเป็นเลขคี่ หลังจากแบ่งคำทดสอบของคำตัวอย่างแต่ละคำให้มีจำนวนเท่ากันแล้ว เศษที่เหลือได้เพิ่มให้คำตัวอย่างที่มีฐานกรณ์น้อยกว่า เช่น สระ /อ/ มีคำตัวอย่าง 3 คำ ได้แก่ /bā33, bā42, tā33/ ชั้นแรกจึงได้แบ่งให้คำตัวอย่างแต่ละคำมีคำทดสอบ 3 คำ เศษ 1 ที่เหลือได้เพิ่มให้ /tā33/ ซึ่งเป็นคำตัวอย่างเดียวที่มีฐานกรณ์ต่างจากอีก 2 คำ /tā33/ จึงมีคำทดสอบ 4 คำ รวมเป็นคำทดสอบ 10 คำต่อสระ 1 เสียง โดยสรุป ภาษาโปมีจำนวนคำทดสอบดังนี้

โครงสร้าง CV ประกอบด้วยสระนาสิก 4 เสียง มีคำทดสอบทั้งหมด 760 คำ (4 สระ × 10 คำทดสอบ × 19 คน)

โครงสร้าง NV ประกอบด้วยสระโอษฐ์ 3 เสียง มีคำทดสอบทั้งหมด 508 คำ ((3 สระ × 10 คำทดสอบ × 17 คน) – 2 คำทดสอบ)¹⁶

รวมมีคำทดสอบทั้งสิ้น 1,268 คำ

เมื่อรวมจำนวนคำทดสอบจากภาษาสะกอ ปะโอและโป งานวิจัยนี้จึงมีคำทดสอบที่นำมาวิเคราะห์ค่าทางกลศาสตร์ทั้งสิ้น 3,278 คำ

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.3.1 การเตรียมข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์

ในการเก็บข้อมูลแต่ละภาษา ผู้วิจัยได้บันทึกเสียงรายการคำซึ่งประกอบด้วยคำตัวอย่างหลายคำ ซ้ำกันหลายครั้ง เพื่อให้ได้จำนวนคำทดสอบที่เพียงพอสำหรับการวิเคราะห์ทางกลศาสตร์ ฉะนั้น ก่อนวิเคราะห์ข้อมูล ได้นำไฟล์เสียงมาเข้าโปรแกรมพราท เพื่อตัดคำทดสอบเดียวกันในแต่ละ

¹⁶ สำหรับผู้บอกภาษาโปคนที่ 16 คำว่า me33 ‘งาช้าง’ มีคำทดสอบ 4 คำ และ ne33 ‘มัน (พืช)’ มีคำทดสอบ 4 คำ ทำให้ชุดสระ /e/ ของผู้บอกภาษาโปคนที่ 16 มีคำทดสอบ 8 คำ แทนที่จะมี 10 คำเหมือนผู้บอกภาษาคนอื่นๆ

ไฟล์มาไว้รวมกันเป็น 1 ไฟล์ ตัวอย่างเช่น รายการคำประกอบด้วยคำว่า mi33 ‘นอน’ ni33 ‘หัวเราะ, วัน’ และ ni45 ‘ผ้าถุง’ เป็นต้น หลังจากบันทึกเสียงรายการคำนี้ 3 ครั้ง จะได้ไฟล์เสียง 3 ไฟล์ ในขั้นตอนการเตรียมข้อมูล ผู้วิจัยจึงได้ตัดเสียงคำว่า mi33 จากไฟล์ที่ 1 2 และ 3 มาไว้รวมกันเป็นไฟล์ใหม่ ทำเช่นนี้จนครบทุกคำ ผลลัพธ์ที่ได้คือ ไฟล์ใหม่ของคำแต่ละคำซึ่งประกอบด้วยคำทดสอบหลายคำตามจำนวนที่ต้องการ

3.3.2 การวิเคราะห์ทางกลศาสตร์

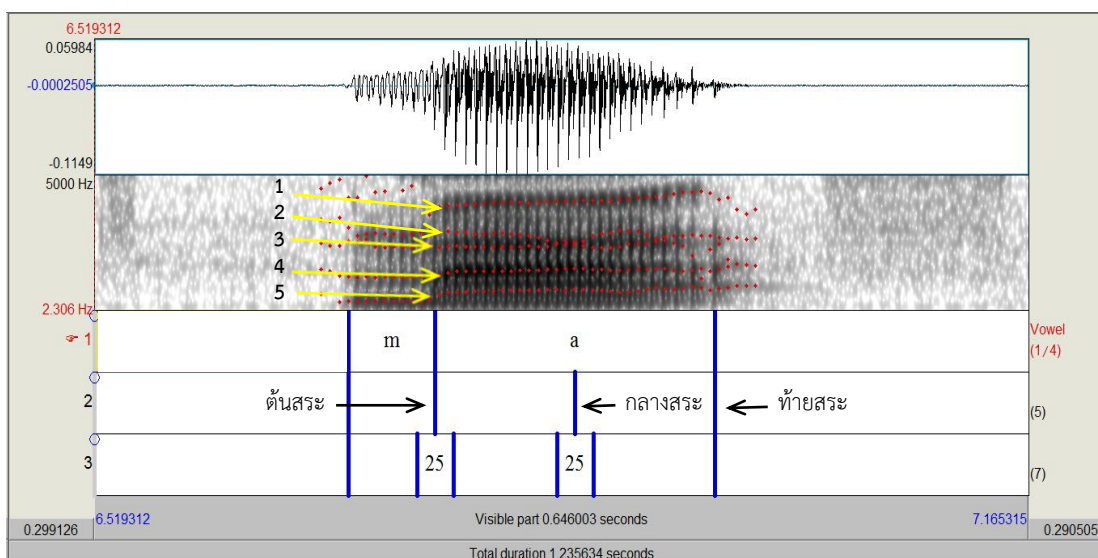
การวิเคราะห์ทางกลศาสตร์ในงานวิจัยนี้แบ่งได้เป็น 2 ประเด็นหลักคือ การวัดค่าความถี่ฟอร์เมนที่ที่ 2 ของสระซึ่งเกิดหลังพยัญชนะต้นนาสิก 4 ฐานกรณ์ เพื่อนำมาสร้างสมการจตุรร่วมในภาษาสะกอ และการวัดค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของสระที่ออกเสียงขึ้นจมูกในภาษาปะโอและโป ในการวิเคราะห์ทางกลศาสตร์ได้แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกเป็นการหาค่าความถี่ฟอร์เมนที่ที่ 2 ณ ตำแหน่งต้นสระและกลางสระกับการสร้างสมการจตุรร่วมในภาษาสะกอ และส่วนที่ 2 เป็นการหาค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกในภาษาปะโอและโป

3.3.2.1 พยัญชนะต้นนาสิก

3.3.2.1.1 ค่าความถี่ฟอร์เมนที่ที่ 2

ในการศึกษาความแตกต่างระหว่างพยัญชนะนาสิกที่มีฐานกรณ์ต่างกันด้วยวิธีสมการจตุรร่วมในภาษาสะกอ ได้วัดค่าความถี่ฟอร์เมนที่ที่ 2 (F2) จาก 2 ตำแหน่ง คือ ตำแหน่งต้นสระ (vowel onset) และตำแหน่งกลางสระ (middle of the vowel) เพื่อนำค่าความถี่ฟอร์เมนที่ที่ 2 ที่วัดจากจุดเริ่มต้นสระ (F2onset) กับค่าความถี่ฟอร์เมนที่ที่ 2 ที่วัดจากจุดกึ่งกลางสระ (F2vowel) มาสร้างสมการจตุรร่วม เหตุที่เลือกวัดค่าความถี่ฟอร์เมนที่ที่ 2 ใน 2 ตำแหน่งนี้ เพราะตำแหน่งต้นสระเป็นตำแหน่งที่อยู่ใกล้พยัญชนะมากที่สุด จึงแสดงลักษณะทางกลศาสตร์ของพยัญชนะได้ดีที่สุด ส่วนตำแหน่งกลางสระเป็นบริเวณที่สระได้รับอิทธิพลจากพยัญชนะน้อย จึงแสดงลักษณะทางกลศาสตร์ของสระได้ดี

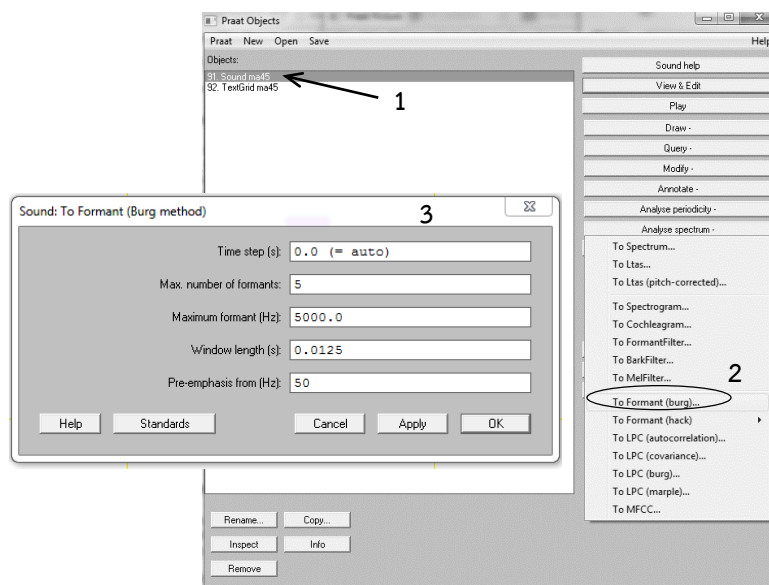
ในขั้นแรกของการหาค่าความถี่ฟอร์เมนที่ที่ 2 ต้องกำหนดช่วงสระก่อน โดยพิจารณาภาพคลื่นเสียง (waveform) และสเปกโตรแกรมแบบกว้าง (wide-band spectrogram) รวมทั้งฟังเสียงประกอบ ตำแหน่งต้นสระ คือ ตำแหน่งที่คลื่นเสียงสม่ำเสมอมีพลังงานสูง (high-amplitude periodic pulse) และตำแหน่งท้ายสระ (vowel offset) คือ ตำแหน่งที่ค่าความถี่ฟอร์เมนที่ของสระและพลังงานสูงสิ้นสุด เมื่อกำหนดช่วงสระได้แล้ว จึงกำหนดตำแหน่งกลางสระ ดังแสดงในแถวที่ 2 (tier 2) ในภาพที่ 3.2 จากนั้นจึงหาค่าความถี่ฟอร์เมนที่ที่ 2 ณ ตำแหน่งต้นสระ และค่าความถี่ฟอร์เมนที่ที่ 2 ณ ตำแหน่งกลางสระ เพื่อนำค่าที่ได้ไปสร้างสมการจตุรร่วมต่อไป



ภาพที่ 3.2 สเปกโตรแกรมของคำว่า ma45 ‘ลูกเขย’ ในภาษาสะกอ แสดงตำแหน่งต้น กลาง และ ท้ายสระของ /a/

ภาพที่ 3.2 แสดงขอบเขตสระของ /a/ ในคำว่า ma45 ‘ลูกเขย’ จะเห็นได้ว่า ในสเปกโตรแกรม บริเวณช่วงรอยต่อระหว่างพยัญชนะต้น /m/ และสระ /a/ มีความเข้มซึ่งแสดงพลังงานของแต่ละเสียง แตกต่างกันอย่างชัดเจน จึงกำหนดให้รอยต่อในบริเวณนี้เป็นจุดเริ่มต้นสระ ส่วนจุดสิ้นสุดสระตรงกับ ตำแหน่งที่ค่าความถี่ฟอร์เมนต์ของสระเริ่มกระจายและพลังงานสูงสิ้นสุด เมื่อกำหนดตำแหน่งต้นสระ และท้ายสระได้แล้ว ก็จะสามารถกำหนดตำแหน่งกลางสระได้ ซึ่งก็คือ จุดกึ่งกลางระหว่างจุดเริ่มต้นและ ท้ายสระ

สำหรับการหาค่าความถี่ฟอร์เมนต์ที่ 2 ในงานวิจัยนี้ได้หาค่าความถี่ฟอร์เมนต์ที่ 2 ด้วย โปรแกรมพราท (Praat) เวอร์ชัน 5.3.80 โดยใช้คำสั่งไปที่ฟอร์เมนต์ (เบิร์ก) (To Formant (burg)) ซึ่งจะคำนวณค่าความถี่ฟอร์เมนต์ที่ 2 จากช่วงเสียงที่ต้องการวัดค่า คือ ตำแหน่งต้นสระและกลางสระ โดยก่อนอื่นจะต้องกำหนดค่าต่างๆ ให้เหมาะสมกับข้อมูล ได้แก่ ชั้นในลำดับเวลา จำนวนสูงสุดของ ฟอร์เมนต์ ค่าความถี่ฟอร์เมนต์สูงสุด ความยาวหน้าต่าง และการกำหนดค่าความถี่เพื่อปรับเพิ่มค่า ความเข้ม จากนั้น จึงหาค่าความถี่ฟอร์เมนต์ที่ 2 ณ ตำแหน่งต้นสระและกลางสระ ดังรายละเอียด ต่อไปนี้ (Boersma & Weenink, 2014; Wood, 2005)



ภาพที่ 3.3 ขั้นตอนการหาค่าความถี่ฟอร์เมนต์ด้วยคำสั่งไปที่ฟอร์เมนต์ (เบิร์ก) (To Formant (burg)) ในโปรแกรมพราท

จากภาพที่ 3.3 ขั้นตอนแรกในการหาค่าความถี่ฟอร์เมนต์ที่ 2 ด้วยคำสั่ง To Formant (burg) คือ เลือกไฟล์เสียง ในที่นี้คือ ไฟล์เสียงของคำว่า ma45 ‘ลูกเขย’ (ดูเลข 1) จากนั้น จึงเลือกคำสั่งไปที่ฟอร์เมนต์ (เบิร์ก) (To Formant (burg)...) (ดูเลข 2) จะปรากฏหน้าต่างให้ปรับค่าต่างๆ (ดูเลข 3) ดังนี้

(1) ชั้นในลำดับเวลา (Time step) ซึ่งมีหน่วยเป็นวินาที คือ ช่วงห่างระหว่างจุดกึ่งกลางของกรอบข้อมูลแรกและกรอบข้อมูลถัดไป เช่น กรณีของเสียงที่มีความยาว 1 วินาที เมื่อใช้ชั้นในลำดับเวลา 0.01 วินาที จะได้กรอบข้อมูล 100 กรอบ (1 วินาที/0.01 วินาที) ซึ่งจุดกึ่งกลางของกรอบที่ 1 ห่างจากจุดกึ่งกลางของกรอบที่ 2 0.01 วินาที (จุดกึ่งกลางนี้เทียบได้กับตำแหน่งเคอร์เซอร์ ดูภาพที่ 3.2) ทั้งนี้ ในการหาค่าความถี่ฟอร์เมนต์ที่ 2 ไม่ต้องปรับชั้นในลำดับเวลา เพราะโปรแกรมพราทจะคำนวณให้โดยอัตโนมัติ

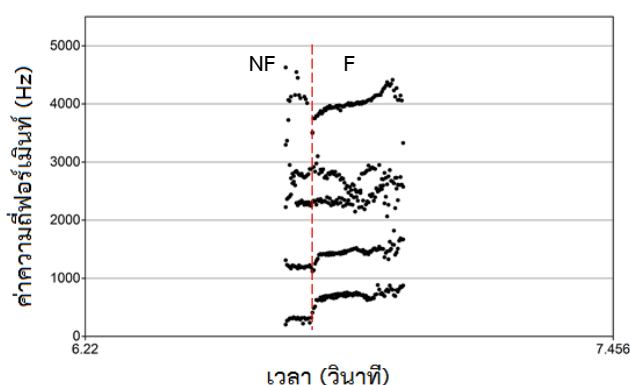
(2) จำนวนสูงสุดของฟอร์เมนต์ (Maximum number of formants) ในกรณีของสระหน้าและสระกลางตั้งค่าเป็น 5 ฟอร์เมนต์ (ดูลูกศรกำกับเลข 1 – 5 ในภาพที่ 3.2) ส่วนสระหลังใช้ค่า 6 ฟอร์เมนต์ เนื่องจากสระหลังมีค่า F1 และ F2 ใกล้เคียงกัน หากกำหนดจำนวนฟอร์เมนต์เป็น 5 ฟอร์เมนต์ อาจจะได้ค่าที่มาจากค่าความถี่ฟอร์เมนต์ที่ 1 และค่าความถี่ฟอร์เมนต์ที่ 2 รวมกัน

(3) ค่าความถี่ฟอร์เมนต์สูงสุด (Maximum formant) ซึ่งมีหน่วยเป็น Hz ค่าที่เหมาะสมกับข้อมูลผู้บอกภาษาเพศชายคือ 5,000 Hz หากเป็นข้อมูลผู้บอกภาษาเพศหญิง ต้องปรับค่าความถี่สูงสุดเป็น 5,500 Hz เนื่องจากเพศหญิงมีช่องทางเดินเสียงสั้นกว่าเพศชาย ทำให้ค่าความถี่ของสระแต่ละเสียงมีค่าสูงกว่าเพศชาย (Baart, 2010)

(4) ความยาวหน้าต่าง (Window length) คือ ช่วงข้อมูลที่นำมาคำนวณค่า F2 ในงานวิจัยนี้ ตั้งความยาวหน้าต่างเป็น 12.5 มิลลิวินาที ทำให้ได้ความยาวหน้าต่างจริงสำหรับการวิเคราะห์ค่าเท่ากับ 25 มิลลิวินาที ซึ่งคิดเป็น 2 เท่าของความยาวหน้าต่างที่ระบุไว้ โดยจุดกึ่งกลางของหน้าต่างคือ ตำแหน่งเคอร์เซอร์ของต้นสระหรือกลางสระ ขอบซ้ายและขวาของหน้าต่างห่างจากเคอร์เซอร์ 12.5 มิลลิวินาที รวมทั้งหมดความยาวหน้าต่างจริงเป็น 25 มิลลิวินาที ดังแสดงในแถวที่ 3 (tier 3) ในภาพที่ 3.2 ซึ่งแสดงช่วงข้อมูลขนาด 25 มิลลิวินาทีที่ใช้คำนวณค่าความถี่ฟอร์เมนต์ที่ 2 ณ ตำแหน่งต้นสระและกลางสระ

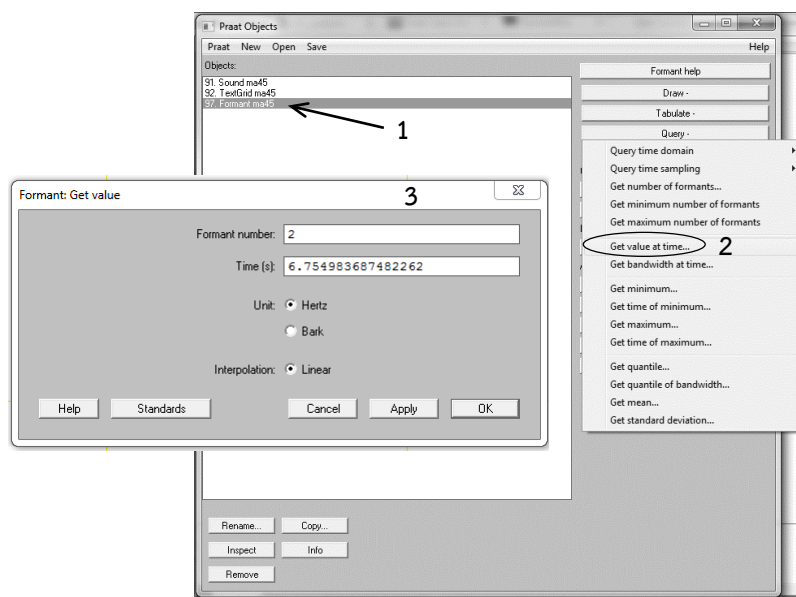
(5) การกำหนดค่าความถี่เพื่อปรับเพิ่มค่าความเข้ม (Pre-emphasis form) ซึ่งมีหน่วยเป็น Hz คือ การกำหนดค่าความถี่ที่จะได้รับการปรับเพิ่มค่าความเข้ม โดยโปรแกรมพราทกำหนดค่าไว้ที่ 50 Hz ซึ่งหมายความว่า ค่าความถี่ที่มีค่าน้อยกว่า 50 Hz จะไม่ถูกปรับให้มีค่าความเข้มเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ให้ใช้ค่าตามที่โปรแกรมพราทตั้งไว้ได้เลย

เมื่อกำหนดค่าต่างๆ ข้างต้นเรียบร้อยแล้ว โปรแกรมพราทก็จะทำการคำนวณค่าความถี่ฟอร์เมนต์ที่ 2 ของสระ ดังแสดงในภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 ค่าความถี่ฟอร์เมนต์นาสิก (NF) ของพยัญชนะต้น /m/ และค่าความถี่ฟอร์เมนต์ของสระ /a/ (F) ในคำว่า ma45 ‘ลูกเขย’ ในภาษาสะกอ

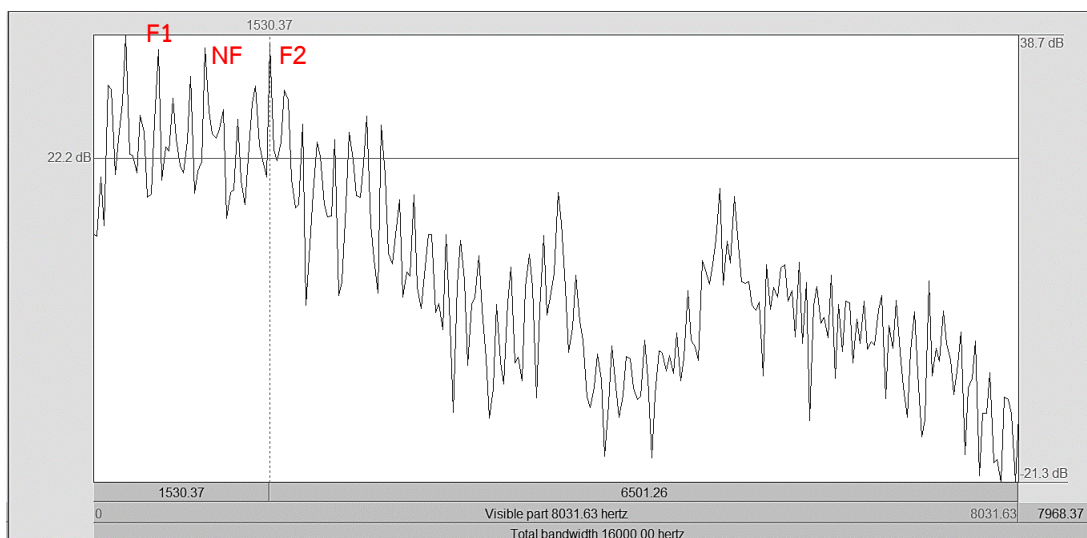
จากภาพที่ 3.4 ค่าความถี่ฟอร์เมนทในช่วงต้นพยางค์ (ด้านซ้ายของเส้นแนวตั้งที่เป็นเส้นประ) คือ ค่าความถี่ฟอร์เมนทนำสิก (NF) และค่าความถี่ฟอร์เมนทในส่วนหลัง (ด้านขวาของเส้นประ) คือ ค่าความถี่ฟอร์เมนทของสระ (F) ฉะนั้น ขั้นตอนต่อไปจึงต้องระบุเวลาของตำแหน่งต้นสระและกลางสระ เพื่อให้ได้ค่า F2onset และ F2vowel (ดูภาพที่ 3.5)



ภาพที่ 3.5 ขั้นตอนการหาค่าความถี่ฟอร์เมนทที่ 2 ตำแหน่งกลางสระด้วยคำสั่งค่า ณ จุดเวลา (Get value at time)

ในภาพที่ 3.5 ขั้นตอนแรกจะต้องเลือกไฟล์ที่มีภาพค่าความถี่ฟอร์เมนทของทั้งพยางค์ (ดูเลข 1 และภาพที่ 3.4) จากนั้นเลือกคำสั่งค่า ณ จุดเวลา (Get value at time...) (ดูเลข 2) จะปรากฏหน้าต่างในฝั่งซ้าย (ดูเลข 3) แล้วใส่เลข 2 ในช่องหมายเลขความถี่ฟอร์เมนท (Formant number) เพราะในงานวิจัยภาษาสะกอดต้องการศึกษาค่าความถี่ฟอร์เมนทที่ 2 ต่อจากนั้นในช่องเวลา (Time) ซึ่งมีหน่วยเป็นวินาที กรอกค่าเวลา ณ ตำแหน่งต้นหรือกลางสระ ในตัวอย่างเป็นค่าเวลา ณ ตำแหน่งกลางสระ (ตรงกับตำแหน่งเคอร์เซอร์กลางสระในภาพที่ 3.2) เมื่อกดใช้หรือตกลง (OK) จะได้ค่าความถี่ฟอร์เมนทที่ 2 ณ ตำแหน่งกลางสระ (F2vowel)

จากนั้น ผู้วิจัยได้นำค่าที่คำนวณได้มาเทียบกับสเปกตรัม FFT (Fast Fourier Transform) ที่ได้จากช่วงข้อมูลเดียวกัน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของค่าความถี่ฟอร์เมนทที่ 2 (ดูภาพที่ 3.6)



ภาพที่ 3.6 สเปกตรัม FFT จากตำแหน่งกลางสระ /a/ ในคำว่า ma45 ‘ลูกเขย’ ในภาษาสะกอ แกน y แสดงค่าความเข้ม (dB) แกน x แสดงค่าความถี่ (Hz) F1 แสดงตำแหน่งค่าความถี่ฟอร์เมนต์ที่ 1, F2 แสดงตำแหน่งค่าความถี่ฟอร์เมนต์ที่ 2 และ NF แสดงค่าความถี่ฟอร์เมนต์นาสิก

ภาพที่ 3.6 แสดงตัวอย่างการนำสเปกตรัม FFT มาตรวจสอบค่าที่วัดด้วยโปรแกรมพรอทจากการคำนวณค่าความถี่ฟอร์เมนต์ที่ 2 ด้วยคำสั่งไปที่ฟอร์เมนต์ (เบิร์ก) ข้างต้น ค่า F2vowel ที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ 1,487 Hz ส่วนค่าความถี่ฟอร์เมนต์ที่ 2 ในสเปกตรัม (ดูตัวเลขเหนือเส้นประแนวตั้ง) มีค่าเท่ากับ 1,530.37 Hz ในกรณีนี้จึงใช้ค่าที่ได้จากสเปกตรัมเป็นค่า F2vowel ของสระ /a/ ในคำว่า ma45 ‘ลูกเขย’ อย่างไรก็ตาม ผลการวัดค่าส่วนใหญ่พบว่าค่าที่ได้จากคำสั่งไปที่ฟอร์เมนต์ (เบิร์ก) ในโปรแกรมพรอทใกล้เคียงกับค่าที่ปรากฏในสเปกตรัมมาก จึงไม่จำเป็นต้องแก้ไขค่าความถี่ฟอร์เมนต์ที่ 2 ในค่าทดสอบส่วนใหญ่

3.3.2.1.2 การนำค่าความถี่ฟอร์เมนต์ที่ 2 มาคำนวณในสมการจุดร่วม

ขั้นตอนโดยสังเขป คือ เริ่มจากการพลอตค่าความถี่ฟอร์เมนต์ที่ 2 ณ ตำแหน่งต้นสระ (F2onset) และค่าความถี่ฟอร์เมนต์ที่ 2 ณ ตำแหน่งกลางสระ (F2vowel) ของสระที่ปรากฏหลังพยัญชนะนาสิกฐานกรณ์ใดฐานกรณ์หนึ่ง เช่น พลอตค่า F2onset และ F2vowel ของสระ /i, e, ε, i, อ, a, u, o, ๑/ ที่อยู่หลัง /n/ เป็นต้น ขั้นตอนนี้จะทำให้ได้ข้อมูลบนแผนภูมิกระจาย (Scatterplot) หลายๆ จุด จากนั้นจึงสร้างสมการเส้นตรงผ่านจุดเหล่านั้น ผลลัพธ์ที่ได้คือ สมการจุดร่วมซึ่งแสดงค่า

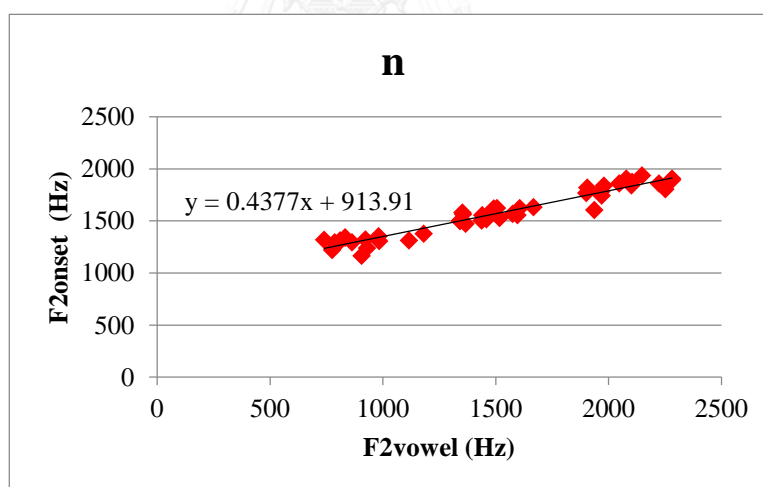
ความชันและค่าจุดตัดแกน y ซึ่งใช้แสดงความแตกต่างของฐานกรณ์พยัญชนะได้ ส่วนการหาโลคัสเสมือนทำได้โดยการสร้างสมการ $y = x$ หรือ $F2_{onset} = F2_{vowel}$ ค่า ณ ตำแหน่งที่สมการ $y = x$ ตัดกับสมการจุดร่วม คือ ค่าโลคัสเสมือน ในส่วนต่อไปจะอธิบายขั้นตอนในการสร้างสมการจุดร่วม และการหาค่าโลคัสเสมือนโดยละเอียด

ขั้นตอนในการวิเคราะห์ความแตกต่างของฐานกรณ์ด้วยวิธีสมการจุดร่วม

ขั้นที่ 1 นำค่า $F2_{onset}$ และค่า $F2_{vowel}$ ของทุกสระที่ปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิกฐานกรณ์ใดฐานกรณ์หนึ่งของผู้บอกภาษาแต่ละคน มาสร้างตารางในโปรแกรม Microsoft Excel

ขั้นที่ 2 สร้างแผนภูมิกระจายจากค่า $F2_{onset}$ และค่า $F2_{vowel}$ ในตารางที่สร้างไว้ในโปรแกรม Microsoft Excel (ดูขั้นที่ 1) โดยให้แกน y (แกนตั้ง) แสดงค่า $F2_{onset}$ และแกน x (แกนนอน) แสดงค่า $F2_{vowel}$ (ดูสี่เหลี่ยมสีแดงในภาพที่ 3.7)

ขั้นที่ 3 สร้างกราฟเส้นตรง (linear graph) จากแผนภูมิกระจายในขั้นที่ 2 สมการที่ปรากฏคือ สมการจุดร่วม $y = ax + b$ ซึ่ง a แทน ค่าความชัน และ b แทน ค่าจุดตัดแกน y (ดูเส้นตรงในภาพที่ 3.7) จากตัวอย่างในภาพที่ 3.7 /n/ มีค่าความชันเท่ากับ 0.44 และค่าจุดตัดแกน y เท่ากับ 913.91¹⁷



ภาพที่ 3.7 สมการจุดร่วมของพยัญชนะต้นนาสิก /n/ ของผู้บอกภาษาสะกอคนที่ 1

¹⁷ การนำเสนอค่าที่มีทศนิยม ใช้ค่าทศนิยม 2 ตำแหน่ง

ขั้นตอนในการวิเคราะห์โลคัสเสมือน

ขั้นที่ 1 สร้างแผนภูมิกระจายของสมการ $y = x$ โดยเปลี่ยนค่า $F2_{\text{onset}}$ เป็นค่าเดียวกับ $F2_{\text{vowel}}$ จากนั้นจึงสร้างแผนภูมิกระจาย โดยให้ค่า $F2_{\text{onset}}$ เป็นแกน y และค่า $F2_{\text{vowel}}$ เป็นแกน x (ดูวงกลมสีเขียวในภาพที่ 3.8)

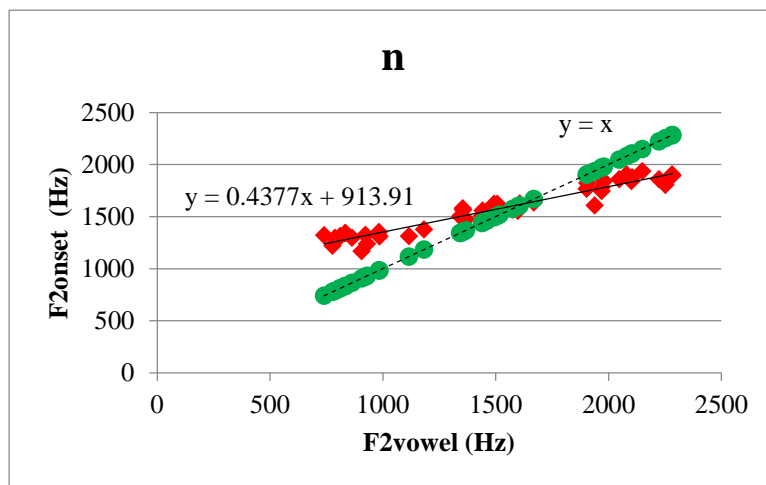
ขั้นที่ 2 สร้างกราฟเส้นตรงจากแผนภูมิกระจายในขั้นที่ 1 จะได้เส้นตรงและสมการ $y = x$ (ดูเส้นประในภาพที่ 3.8)

ขั้นที่ 3 หาค่าโลคัสเสมือนจากจุดตัดของกราฟเส้นตรงของสมการจุดร่วม $y = ax + b$ กับกราฟเส้นตรงของสมการ $y = x$ โดยนำสมการทั้ง 2 สมการมาเทียบกัน เมื่อ $y = ax + b$ และ $y = x$ แสดงว่า $ax + b = x$ จากนั้นจึงแก้สมการดังตัวอย่างต่อไปนี้

จากภาพที่ 3.8 มีสมการจุดร่วม คือ $y = 0.4377x + 913.91$ เมื่อ $a = 0.4377$ $b = 913.91$ และ $y = x$ จึงแก้สมการได้ดังนี้

$$\begin{array}{rcl}
 ax + b & = & x \\
 0.4377x + 913.91 & = & 1x \\
 0.4377x - 1x & = & -913.91 \\
 -0.5623x & = & -913.91 \\
 x & = & \frac{-913.91}{-0.5623} \\
 x & = & 1,625.31 \\
 \text{นำค่า } x \text{ ไปแทนในสมการ } y = x & & \\
 y & = & 1,625.31
 \end{array}$$

ดังนั้น ค่าโลคัสเสมือนของ /n/ จึงเท่ากับ 1,625.31 Hz



ภาพที่ 3.8 สมการจุดร่วมของพยัญชนะต้นนาสิก /n/ (เส้นทึบ) และสมการ $y = x$ (เส้นประ) ของผู้บอกภาษาสะกอกคนที่ 1

ค่าความชัน ค่าจุดตัดแกน y และค่าโลคัสเสมือนที่วิเคราะห์จากข้อมูลของผู้บอกภาษาสะกอกทั้ง 10 คนนำมาจัดเก็บในตารางอย่างเป็นระบบ สำหรับนำไปทดสอบนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 3.5

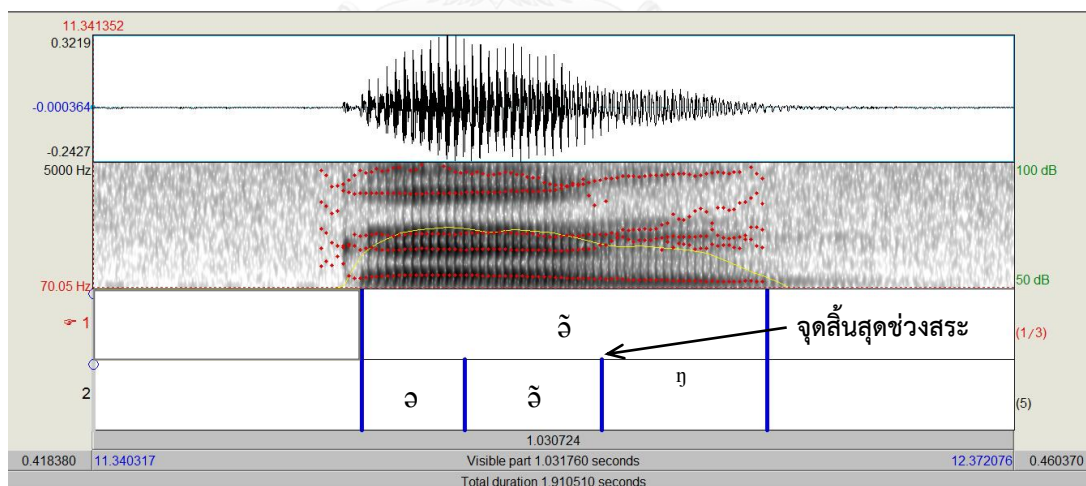
ตารางที่ 3.5 ค่าความชัน ค่าจุดตัดแกน y และค่าโลคัสเสมือนในภาษาสะกอก

ผู้พูด	ฐานกรณ์	ค่าความชัน	ค่าจุดตัดแกน y	ค่าโลคัสเสมือน
1	m	0.60	265.08	659.24
...
10	m	0.74	140.68	536.95
1	n	0.44	913.91	1625.31
...
1	ŋ	0.08	1903.40	2067.8
...
1	ŋ	1.30	-280.81	921.3
...
10	ŋ	1.04	-7.62	191.9

3.3.2.2 สระที่ออกเสียงขึ้นจมูก

3.3.2.2.1 การแบ่งช่วงสระและเสียงพยัญชนะ

หัวข้อที่ 3.3.2.1.1 ได้อธิบายเกณฑ์การกำหนดขอบเขตของสระซึ่งใช้ได้กับทั้งสระไอษฐ์และสระเสียงขึ้นจมูก ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการแบ่งช่วงสระเพิ่มเติมสำหรับกรณีของสระนาสิก ซึ่งต้องแยกสระนาสิกส่วนที่มีคุณสมบัติเป็นสระ (ช่วงสระ) ออกจากช่วงพยัญชนะท้ายนาสิก [- ʔ] หรือเมอร์เมอร์นาสิก จากการสังเกตลักษณะทางกลศาสตร์ของคำทดสอบหลายคำของสระนาสิกแต่ละเสียง ทำให้สามารถสรุปเกณฑ์สำหรับใช้พิจารณาช่วงรอยต่อระหว่างช่วงสระและพยัญชนะท้ายนาสิกได้ดังนี้ (1) ดูเส้นแสดงค่าความถี่ฟอร์เมนทที่ 1, 2 และ 3 ว่าเป็นเส้นชัดเจนหรือไม่ (2) ดูแถบความเข้มแสดงพลังงาน ช่วงสระจะมีความเข้มมากกว่าพยัญชนะท้าย (3) ดูความสูงของภาพคลื่นเสียง ช่วงสระมีภาพคลื่นเสียงสูงกว่าพยัญชนะข้างเคียง และ (4) ฟังเสียงในส่วนนั้นๆ เพื่อตัดสินว่ายังเป็นช่วงสระหรือไม่ (ดูภาพที่ 3.9) ส่วนจุดเริ่มต้นหรือจุดสิ้นสุดของพยัญชนะนาสิกใช้เกณฑ์คล้ายคลึงกับเกณฑ์ดังกล่าวข้างต้น ต่างกันที่ในกรณีของพยัญชนะนาสิกจะดูค่าความถี่ฟอร์เมนทนาสิกแทนจุดเริ่มต้นของพยัญชนะนาสิก คือ ตำแหน่งที่คลื่นเสียงและค่าความถี่ฟอร์เมนทนาสิกเริ่มปรากฏ และจุดสิ้นสุดของพยัญชนะท้ายนาสิกหรือเสียงท้ายนาสิก คือ ตำแหน่งที่ค่าความถี่ฟอร์เมนทนาสิกและพลังงานสิ้นสุด



ภาพที่ 3.9 สเปคโตรแกรมของคำว่า kǎi33 ‘กั๊ว’ ในภาษาไทย

ภาพที่ 3.9 แสดงภาพสเปคโตรแกรมของสระ /ǎi/ ในคำว่า kǎi33 ‘กั๊ว’ โดยแถวที่ 1 (tier 1) แสดงขอบเขตของสระนาสิก ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ช่วงสระไอษฐ์ [a] ช่วงสระที่ออกเสียงขึ้น

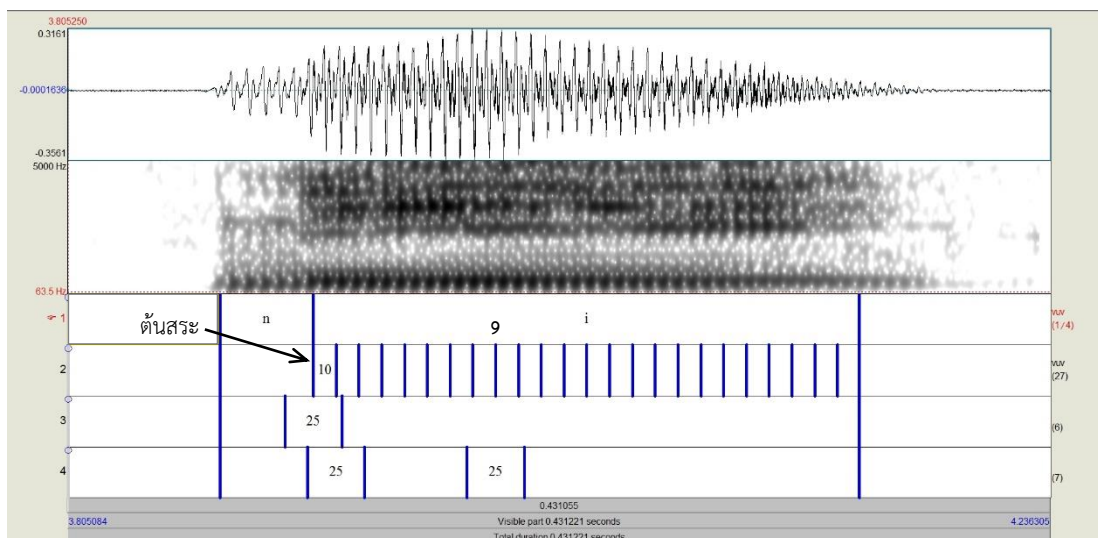
จุมุก [อ]¹⁸ และช่วงพยัญชนะท้ายนาสิก [๓] ดังแสดงในแถวที่ 2 (tier 2) ตามลำดับ ในการหาจุดสิ้นสุดของช่วงสระหรือจุดเริ่มต้นของช่วงพยัญชนะท้ายนาสิกจากเกณฑ์ข้างต้น จะเห็นได้ว่าจุดสิ้นสุดของช่วงสระตรงกับตำแหน่งที่ (1) ค่าความถี่ฟอร์เมนที่ 2 และ 3 เริ่มแตกกระจาย (2) แลพบความเข้มของช่วงสระมีความเข้มมากกว่าช่วงพยัญชนะท้ายนาสิก (3) ช่วงสระมีภาพคลื่นเสียงสูงกว่าช่วงพยัญชนะท้ายนาสิก และ (4) การฟังเสียงช่วงสระเทียบกับช่วงพยัญชนะท้ายนาสิกที่แตกต่างกัน จึงทำให้สามารถแยกช่วงสระออกจากช่วงเมอร์เมอร์นาสิกได้ดังแสดงในภาพที่ 3.9 และจะเห็นได้ว่าช่วงสระที่ออกเสียงขึ้นจุมุก [อ] มีพลังงานและความสูงของภาพคลื่นเสียงต่ำกว่าช่วงสระโอษฐ์ [อ] ส่วนจุดสิ้นสุดเมอร์เมอร์นาสิกตรงกับตำแหน่งที่ค่าความถี่ฟอร์เมนที่นาสิกและพลังงานจางหายไป

3.3.2.2.2 การเตรียมข้อมูลเพื่อหาค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมุก

เมื่อแบ่งช่วงสระของคำทดสอบเรียบร้อยแล้ว จึงนำคำทดสอบของสระหน้ามาหาสเปคตรัม FFT ขนาด 25 มิลลิวินาที ทุก 10 มิลลิวินาทีจากช่วงสระทั้งหมดโดยใช้โปรแกรมพราท (ดูภาพที่ 3.10) ซึ่งจะใช้ในการหาค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมุกของสระหน้าต่อไป เหตุที่ใช้เพียงสระหน้า เพราะสระหลังมีค่าความถี่ฟอร์เมนที่ 1 และ 2 ใกล้กัน ทำให้ค่าความถี่ฟอร์เมนที่นาสิกถูกเบียดบัง จึงไม่สามารถหาค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมุกผ่านการระบุค่าความถี่ฟอร์เมนที่นาสิกในสเปคตรัม FFT ได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

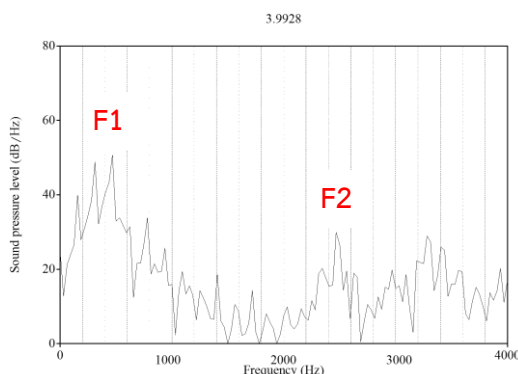
¹⁸ ผู้วิจัยใช้สัญลักษณ์ (~) แสดงการออกเสียงขึ้นจุมุกของสระนาสิก และใช้สัญลักษณ์ (N) แสดงการออกเสียงขึ้นจุมุกของสระเสียงขึ้นจุมุก



ภาพที่ 3.10 สเปกโตรแกรมของคำว่า ni44 ‘น้ำ’ ในภาษาไทย เลข 10 แสดงระยะห่างระหว่างเคอร์เซอร์ เลข 25 แสดงความยาวหน้าต่างของช่วงเสียงที่นำมาสร้างสเปกตรัม เลข 9 แสดงตำแหน่งเคอร์เซอร์ที่ 9

ภาพที่ 3.10 จำลองการหาสเปกตรัมจากช่วงสระทั้งหมด โดยแถวที่ 2 (tier 2) แสดงจุดแรกที่เริ่มดึงสเปกตรัมซึ่งตรงกับตำแหน่งต้นสระ จากนั้นจึงเลื่อนไป 10 มิลลิวินาที แล้วจึงดึงภาพจากตำแหน่งเคอร์เซอร์ที่ 2 ซึ่งอยู่ถัดมา ทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนครบช่วงสระทั้งหมด ฉะนั้น จากตัวอย่างนี้ ซึ่งมี 24 เคอร์เซอร์ (ไม่รวมเคอร์เซอร์สุดท้ายซึ่งเป็นตำแหน่งท้ายสระ) จะได้จำนวนสเปกตรัม 24 ภาพเท่ากัน ทั้งนี้ สเปกตรัม 1 ภาพมาจากช่วงเสียง 25 มิลลิวินาที ซึ่งมีตำแหน่งกึ่งกลางช่วงเสียงอยู่ที่เคอร์เซอร์ ดังตัวอย่างในแถวที่ 3 ซึ่งแสดงช่วงเสียง 25 มิลลิวินาทีของเคอร์เซอร์แรก ส่วนแถวที่ 4 แสดงช่วงเสียง 25 มิลลิวินาทีของเคอร์เซอร์ที่ 2 ซึ่งจะเห็นว่าซ้อนอยู่กับช่วงเสียงของเคอร์เซอร์แรก นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ระบุตำแหน่งเคอร์เซอร์ที่ 9 และช่วงเสียงที่นำมาหาสเปกตรัมในแถวที่ 4 ซึ่งตรงกับสเปกตรัมของคำว่า ni44 ‘น้ำ’ ในภาพที่ 3.11

สเปกตรัมที่ได้เป็นไฟล์ภาพ (.emf) จึงต้องคัดลอก (copy) ไฟล์ภาพมาลงโปรแกรม Microsoft Word ก่อน จากนั้นจึงพิมพ์ข้อมูลทั้งหมดออกมาเพื่อระบุตำแหน่งค่าความถี่ฟอร์เมนทที่ 1 และ 2 (ดูภาพที่ 3.11) แล้วจึงหาค่าความถี่ฟอร์เมนทนาสิก (NF) ในสเปกตรัมแต่ละภาพ



ภาพที่ 3.11 สเปกตรัม FFT ของสระ [i^N] ณ ตำแหน่ง 3.99 วินาที ของคำว่า ni44 ‘ผึ่ง’ ในภาษาโป

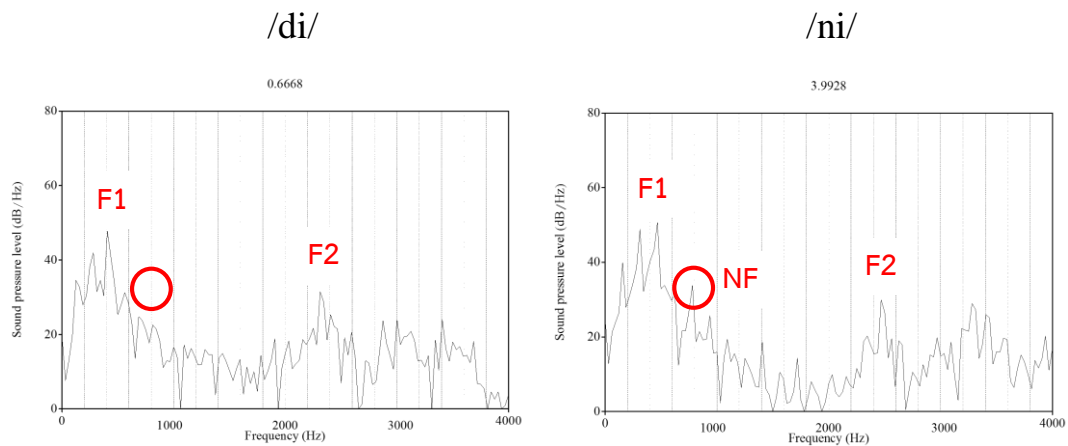
จากภาพที่ 3.11 แกน x (แกนนอน) แสดงค่าความถี่ฟอร์เมนท (Hz) และแกน y (แกนตั้ง) แสดงค่าความเข้ม (dB) ด้านบนของภาพแสดงเวลา ณ ตำแหน่งที่วัดค่า และเส้นประแสดงตำแหน่งค่าความถี่ฟอร์เมนทที่ห่างกันทุก 200 Hz สเปกตรัมที่ได้จากโปรแกรมพรอทเป็นภาพเปล่า ผู้วิจัยจึงต้องระบุค่าความถี่ฟอร์เมนทที่ 1 และ 2 เอง ซึ่งการระบุค่าความถี่ฟอร์เมนทที่ 1 และ 2 จะทำให้ทราบว่ายอดคลื่นใดแสดงค่าความถี่ฟอร์เมนทของสระ ซึ่งจะช่วยป้องกันความสับสนในการระบุตำแหน่งค่าความถี่ฟอร์เมนทนาสิก

3.3.2.2.3 การหาค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมก

ในกรณีของสระหน้า การหาค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมกใช้วิธีเปรียบเทียบสเปกตรัม FFT แต่ละภาพของทั้งช่วงสระ เพื่อหาภาพที่มีค่าความถี่ฟอร์เมนทนาสิกปรากฏเป็นภาพแรก ภาพนี้นับเป็นจุดเริ่มต้นของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมก¹⁹ (ดูภาพที่ 3.12) แล้วจึงหาค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมกโดยการนำเคอเซอร์ไปวางในตำแหน่งเวลาของภาพแรกที่พบค่าความถี่ฟอร์เมนทนาสิก แล้วจึงเลือกช่วงตั้งแต่ตำแหน่งนั้นจนถึงจุดเริ่มต้นสระหรือจุดสิ้นสุดสระ²⁰ (ดูภาพที่ 3.13)

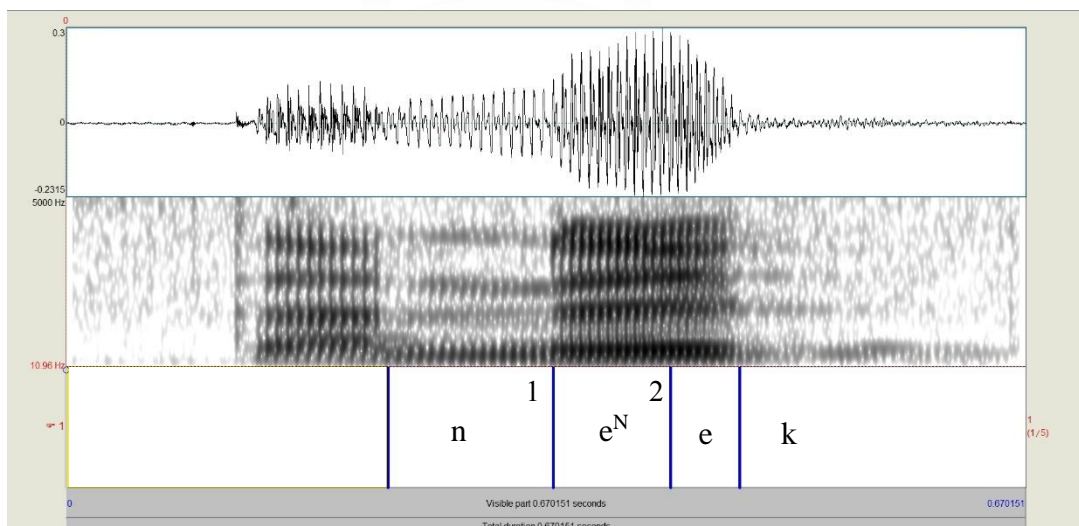
¹⁹ ในการหาค่าความถี่ฟอร์เมนทนาสิกจากสเปกตรัมของสระไอซุ้ที่ปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิก (NV) ต้องเริ่มดูจากสเปกตรัมสุดท้ายย้อนมาภาพแรก แต่ในกรณีของสระไอซุ้ที่ปรากฏหน้าพยัญชนะท้ายนาสิก (CVN) ต้องเริ่มดูจากภาพแรกไปภาพสุดท้าย

²⁰ การหาค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมกหลังจากระบุภาพแรกที่พบค่าความถี่ฟอร์เมนทนาสิกได้แล้ว ถ้าเป็นกรณี NV ในภาษาโป หรือ NVC ในภาษาปะโอ จะนับจากตำแหน่งภาพนั้นๆ ย้อนไปยังจุดเริ่มต้นสระ ส่วนกรณี CVN ในภาษาปะโอ จะนับจากตำแหน่งภาพนั้นๆ ไปยังจุดสิ้นสุดสระ



ภาพที่ 3.12 สเปกตรัม FFT ของสระ [i] ในคำว่า di33 ‘เชียด’ ณ ตำแหน่ง 0.67 วินาที และ [i^N] ณ ตำแหน่ง 3.99 วินาที ในคำว่า ni44 ‘ผึ้ง’ ในภาษาไทย

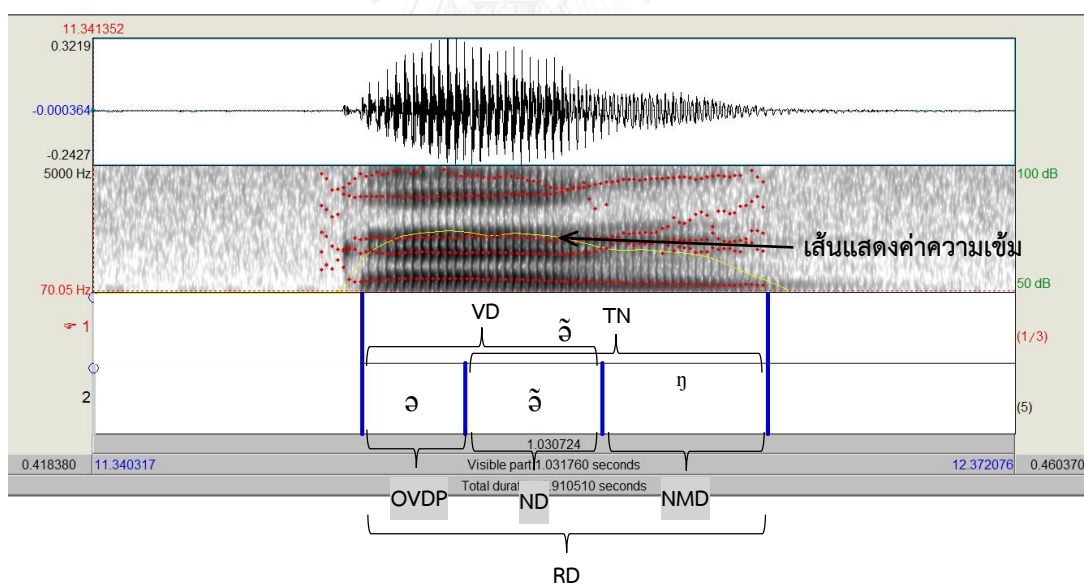
ภาพที่ 3.12 แสดงความแตกต่างระหว่างสเปกตรัมของสระ /i/ ในบริบทพยัญชนะต้นกับพยัญชนะต้นนาสิก สระ [i] ที่อยู่หลัง [d] เป็นสระไอซฐ์ แต่เมื่ออยู่หลัง /n/ กลายเป็นสระเสียงขึ้นจมูก [i^N] ซึ่งเมื่อพิจารณาสเปกตรัมระหว่างสระทั้ง 2 ประเภท จะเห็นว่า [i^N] มีค่าความถี่ฟอร์แมนท์นาสิก (NF) บริเวณ 800 Hz (ดูตำแหน่งของวงกลม) ในขณะที่ [i] ไม่พบค่าความถี่ฟอร์แมนท์นาสิกในบริเวณค่าความถี่ดังกล่าว



ภาพที่ 3.13 สเปกโตรแกรมของคำว่า ta33 nek44 ‘ตีตค’ ในภาษาปะโอ เลข 1 แสดงจุดเริ่มต้นสระ เลข 2 แสดงจุดสิ้นสุดการออกเสียงขึ้นจมูก

ในภาพที่ 3.13 พยางค์ที่สนใจศึกษาคือ พยางค์ที่ 2 ‘nek’ พยัญชนะต้นนาสิก /n/ ทำให้สระ /e/ ซึ่งอยู่ประชิดกันออกเสียงขึ้นจมูก ช่วงการออกเสียงขึ้นจมูกของสระแสดงด้วยสัญลักษณ์ e^N ซึ่งเริ่มจากเส้นตรงหมายเลข 1 ซึ่งแสดงตำแหน่งต้นสระ ถึงเส้นตรงหมายเลข 2 ซึ่งตรงกับสเปคตรัมภาพสุดท้ายที่มีค่าความถี่ฟอร์เมนทานาสิกปรากฏชัดเจนแสดงตำแหน่งสิ้นสุดการออกเสียงขึ้นจมูก ส่วนช่วงสระไอซึ่แสดงด้วยสัญลักษณ์ e

ตามที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ในการวิเคราะห์ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกด้วยการใช้สเปคตรัม FFT ใช้ได้กับสระหน้าเท่านั้น เพราะสระหน้ามีค่าความถี่ฟอร์เมนทานาสิกที่ 1 และ 2 ห่างกัน ทำให้ระบุตำแหน่งค่าความถี่ฟอร์เมนทานาสิกได้ ส่วนสระหลังมีค่าความถี่ฟอร์เมนทานาสิกที่ 1 และ 2 ใกล้กันมาก ทำให้ค่าความถี่ฟอร์เมนทานาสิกถูกเบียดบัง จึงไม่สามารถหาค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกด้วยวิธีนี้ได้ ดังนั้น ในกรณีของสระนาสิกซึ่งเป็นสระกลางและสระหลัง จะอาศัยการพิจารณาพลังงานในสเปคโตรแกรม ความสูงของภาพคลื่นเสียงและการฟังแทน ช่วงสระที่ออกเสียงขึ้นจมูกจะมีพลังงานและความสูงของภาพคลื่นเสียงต่ำกว่าช่วงสระไอซึ่ อันเกิดจากการดูดซับพลังงานในช่องจมูก (ดูภาพที่ 3.14)



ภาพที่ 3.14 สเปคโตรแกรมของคำว่า kǎ33 ‘ชี้เกี้ยว’ ในภาษาไทย

ในภาพที่ 3.14 ช่วงสระที่ออกเสียงขึ้นจมูก [อึ] มีพลังงานและความสูงของภาพคลื่นเสียงต่ำกว่าช่วงสระไอซึ่ [อ] สังเกตได้จากเส้นแสดงค่าความเข้มที่ลดระดับต่ำลง

ค่าทางกลศาสตร์ต่างๆ ที่วัดได้จากข้อมูลของผู้บอกภาษาปะโอและโปนำมาจัดเรียงในรูปแบบตารางที่คล้ายคลึงกัน (ตารางในภาษาโปไม่มีแถว “บริบท”) เพื่อนำข้อมูลไปทดสอบนัยสำคัญทางสถิติ ดังตัวอย่างในตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 ค่าระยะเวลาต่างๆ²¹ ในภาษาปะโอ

ผู้พูด	สระ	บริบท	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
1	e	NVC	147.39	39.10	16.53	108.29	73.47	89.13	37.68	197.42	83.47
...
1	ε	NVC	153.31	38.01	16.69	115.30	75.21	74.46	32.69	189.76	83.31
1	e	CVN	231.40	231.40	52.53	0	0	209.13	47.47	209.13	47.47
...
1	ε	CVN	166.10	149.65	53.40	16.45	9.90	114.13	40.73	130.58	46.60
2	e	NVC	151.07	40.64	12.96	110.43	73.10	162.60	51.84	273.03	87.04
...
19	ε	CVN	228.20	174.38	50.53	53.82	23.58	116.88	33.87	170.70	49.47

3.3.3 การวิเคราะห์ค่าต่างๆ

ในการศึกษาการออกเสียงขึ้นจมูกของสระในภาษาปะโอและภาษาโป ผู้วิจัยได้พิจารณาค่าระยะเวลาสัมบูรณ์ของค่าระยะเวลาต่างๆ ดังนี้ (ดูภาพที่ 3.14)

- (1) ค่าระยะเวลาสระ (VD/vowel duration)
- (2) ค่าระยะเวลาของช่วงสระโอษฐ์ (OVDP/oral vowel duration portion)
- (3) ค่าระยะเวลาเสียงส่วนหลัง (RD/rhyme duration)
- (4) ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก (ND/nasalization duration)
- (5) ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก (NMD/nasal murmur duration)
- (6) ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมด (TN/total nasalization)

²¹ ดูค่าเต็มของอักขระย่อของค่าระยะเวลาต่างๆ ในหัวข้อที่ 3.3.3

นอกจากนี้ ยังได้ศึกษาค่าร้อยละของค่าระยะเวลาดังกล่าวด้วย เหตุที่ต้องปรับค่าระยะเวลาจากมิลลิวินาทีเป็นร้อยละนั้น เป็นเพราะสระมีค่าระยะเวลาไม่เท่ากัน ซึ่งอาจขึ้นอยู่กับค่าระยะเวลาประจำสระนั้น หรือความเร็วในการพูดของผู้บอกภาษาแต่ละคน การเทียบค่าระยะเวลาสัมบูรณ์ที่เป็นค่ามิลลิวินาทีจึงไม่เหมาะสมนัก และการปรับค่าเป็นร้อยละช่วยให้สามารถเปรียบเทียบค่าระยะเวลาต่างๆ ของสระที่มีคุณสมบัติสระต่างกันและมาจากข้อมูลของผู้บอกภาษาหลายคนได้ โดยมีสูตรการคำนวณดังต่อไปนี้

$$(1) \text{ ค่าร้อยละของค่าระยะเวลาของช่วงสระไอซ์ชู } = \frac{\text{ค่าระยะเวลาของช่วงสระไอซ์ชู}}{\text{ค่าระยะเวลาเสียงส่วนหลัง}} \times 100$$

$$(2) \text{ ค่าร้อยละของค่าระยะเวลาสระ } = \frac{\text{ค่าระยะเวลาสระ}}{\text{ค่าระยะเวลาเสียงส่วนหลัง}} \times 100$$

$$(3) \text{ ค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก } = \frac{\text{ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก}}{\text{ค่าระยะเวลาสระ}} \times 100$$

$$(4) \text{ ค่าร้อยละของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก } = \frac{\text{ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก}}{\text{ค่าระยะเวลาเสียงส่วนหลัง}} \times 100$$

$$(5) \text{ ค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมด } = \frac{\text{ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมด}}{\text{ค่าระยะเวลาเสียงส่วนหลัง}} \times 100$$

ในการนำเสนอค่าสัมบูรณ์และค่าร้อยละโดยใช้ตาราง จะแสดงค่าทางสถิติ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) และค่ามัธยฐาน (Median) ซึ่งจะอธิบายค่าเหล่านี้ รวมถึงสถิติที่ใช้ในการทดสอบความแตกต่างระหว่างชุดข้อมูลในหัวข้อต่อไป

3.3.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ²²

3.3.4.1 สถิติเชิงพรรณนา²³

สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) จะใช้ในการอธิบายลักษณะของข้อมูล ในที่นี้จะอธิบายค่าสถิติที่ใช้แสดงค่ากลางของข้อมูลเชิงปริมาณ (ค่าเฉลี่ยและค่ามัธยฐาน) ก่อน แล้วจึงจะกล่าวถึงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (บัญชา ศรีสมบัติ, ม.ป.ป.; พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2540)

(1) *ค่าเฉลี่ย* (Mean/ \bar{x}) คือ ค่าที่ได้จากการนำข้อมูลทั้งหมดมาบวกกัน แล้วหารด้วยจำนวนข้อมูล

²² การวิเคราะห์ทางสถิติและการตีความผลทางสถิติได้รับคำปรึกษาจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วีระพงษ์ อินทร์ทอง

²³ งานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม R ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย สำหรับการวิเคราะห์ทางสถิติ

สูตรในการหาค่าเฉลี่ย

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

เมื่อ \bar{x} แทนค่าเฉลี่ย

x_i แทนค่าของข้อมูลลำดับที่ i

n แทนจำนวนตัวอย่างข้อมูล

\sum แทนการบวก

ตัวอย่าง 1 ชุดข้อมูลที่ 1 ประกอบด้วยค่า 5 ค่า ได้แก่ 5 2 3 7 9

จะได้ $x_1 = 5, x_2 = 2, x_3 = 3, x_4 = 7, x_5 = 9$ และ $n = 5$

แทนค่าในสูตร

$$\begin{aligned}\bar{x} &= \frac{5 + 2 + 3 + 7 + 9}{5} \\ &= \frac{26}{5} \\ &= 5.2\end{aligned}$$

ค่าเฉลี่ย (\bar{x}) ของชุดข้อมูลที่ 1 เท่ากับ 5.2

(2) **ค่ามัธยฐาน (Median)** คือ ค่าที่อยู่ในตำแหน่งกลางของข้อมูลหลังจากนำข้อมูลทั้งหมดมาเรียงลำดับจากน้อยไปมากหรือมากไปน้อย

สูตรในการหาตำแหน่งของค่ามัธยฐาน

กรณีจำนวนข้อมูลเป็นเลขคี่ ตำแหน่งของค่ามัธยฐาน = $\frac{n+1}{2}$

กรณีจำนวนข้อมูลเป็นจำนวนคู่ ตำแหน่งของค่ามัธยฐาน = $\frac{n}{2}$

เมื่อ n แทนจำนวนตัวอย่างข้อมูล

ตัวอย่าง 2 ชุดข้อมูลที่ 1 ประกอบด้วยค่า 5 ค่า ได้แก่ 5 2 3 7 9 ($n = 5$)

แทนค่าในสูตร

$$\begin{aligned}\text{ตำแหน่งของค่ามัธยฐาน} &= \frac{5+1}{2} \\ &= \frac{6}{2} \\ &= 3\end{aligned}$$

ตำแหน่งของค่ามัธยฐาน คือ ตำแหน่งที่ 3

เมื่อนำข้อมูลชุดที่ 1 มาเรียงจากมากไปน้อย จะได้ 2 3 5 7 9 ตำแหน่งที่ 3 ของชุดข้อมูลตรงกับ 5 ดังนั้น ค่ามัธยฐานของชุดข้อมูลที่ 1 เท่ากับ 5

โดยปกติ ค่าเฉลี่ยและค่ามัธยฐานของชุดข้อมูลหนึ่งๆ มักมีค่าใกล้เคียงกัน ดังตัวอย่างที่ 1 และ 2 จากชุดข้อมูลที่ 1 ซึ่งประกอบด้วยค่า 5 ค่า คือ 5 2 3 7 9 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.2 และค่ามัธยฐานเท่ากับ 5 งานวิจัยส่วนใหญ่จึงเลือกใช้ค่าเฉลี่ยเป็นค่าตัวแทนของข้อมูล อย่างไรก็ตาม ในกรณี

ที่ข้อมูลบางจุดมีค่าต่ำหรือสูงผิดปกติซึ่งส่งผลให้ข้อมูลมีการกระจายตัวมาก ตัวแทนของข้อมูลที่ตี คือ ค่ามัธยฐาน ไม่ใช่ค่าเฉลี่ย ตัวอย่างเช่น ชุดข้อมูลที่ประกอบด้วยค่า 9 ค่า ได้แก่ 20 21 24 27 30 33 35 36 187 200 250 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 78.45 และค่ามัธยฐานเท่ากับ 33 ซึ่งจะเห็นว่าค่ามัธยฐานเป็น ตัวแทนของข้อมูลที่ตีกว่าค่าเฉลี่ย เนื่องจากมีค่าใกล้เคียงกับค่าของข้อมูลส่วนใหญ่ซึ่งอยู่ในช่วง 20 – 36 ในขณะที่ค่าเฉลี่ยมีค่าห่างจากค่าของข้อมูลส่วนใหญ่เพราะถูกเบี่ยงเบนด้วยค่าที่สูง (187 200 250) เมื่อเทียบกับค่าของข้อมูลส่วนใหญ่

(3) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation/SD) คือ ค่าที่แสดงการกระจายของข้อมูล เมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ย ดังนั้น ข้อมูลที่มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสูง แสดงว่าข้อมูลในชุดข้อมูลมีการกระจายมาก แต่ถ้าข้อมูลมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำ แสดงว่าข้อมูลในชุดข้อมูลมีค่าเกาะกลุ่มกันอยู่ บริเวณค่าเฉลี่ย²⁴ หน่วยของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็นหน่วยเดียวกับค่าที่นำมาคำนวณ เช่น ถ้าค่าที่ศึกษามีหน่วยเป็น Hz ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจะมีหน่วยเป็น Hz เช่นกัน เป็นต้น โดยปกติ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานใช้สำหรับเปรียบเทียบข้อมูลตั้งแต่ 2 ชุดขึ้นไป เพื่อดูว่าค่าในข้อมูลชุดใดกระจายมากกว่า ในกรณีที่พิจารณาเฉพาะค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลชุดใดชุดหนึ่ง จึงไม่สามารถตัดสินได้อย่างแน่ชัดว่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานนั้นมีค่าสูงหรือต่ำ อย่างไรก็ตาม ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่ควรมากกว่าค่าเฉลี่ย เพราะนั่นหมายความว่าค่าในข้อมูลชุดนั้นห่างจากค่าเฉลี่ยมาก อาจทำให้ไม่สามารถใช้ค่าเฉลี่ยในการแสดงค่ากลางของข้อมูลได้

สูตรในการหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

เมื่อ \bar{x} แทนค่าเฉลี่ย

x_i แทนค่าของข้อมูลลำดับที่ i

n แทนจำนวนตัวอย่างข้อมูล

\sum แทนการบวก

²⁴ ถ้าข้อมูลมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสูง แสดงว่าข้อมูลมีการกระจายมากเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ย อย่างไรก็ตาม ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสูง ไม่ได้หมายความว่าข้อมูลไม่ดี เนื่องจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานใช้สำหรับศึกษาการกระจายตัวของข้อมูล ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่สูงเพียง แสดงให้เห็นว่าค่าในข้อมูลมีความหลากหลาย กระจายตัวมากซึ่งเป็นเรื่องปกติสำหรับกรณีที่ข้อมูลมาจากผู้บอกภาษาหลายคน

ตัวอย่าง 3 ชุดข้อมูลที่ 1 ประกอบด้วยค่า 5 ค่า ได้แก่ 5 2 3 7 9

จะได้ $x_1 = 5, x_2 = 2, x_3 = 3, x_4 = 7, x_5 = 9, n = 5$ และ $\bar{x} = 5.2$ (ดูตัวอย่างที่ 1)

แทนค่าในสูตร

$$\begin{aligned} SD &= \sqrt{\frac{(5-5.2)^2 + (2-5.2)^2 + (3-5.2)^2 + (7-5.2)^2 + (9-5.2)^2}{5-1}} \\ &= \sqrt{\frac{32.8}{4}} \\ &= \sqrt{8.2} \\ &= 2.86 \end{aligned}$$

ฉะนั้น ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของชุดข้อมูลที่ 1 เท่ากับ 2.86 ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่ไม่สูงมาก สะท้อนว่าข้อมูลในชุดมีความแตกต่างกันน้อย

3.3.4.2 Kruskal-Wallis และ Wilcoxon

การวิเคราะห์ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าต่างๆ จะใช้สถิติแบบ non-parametric 2 แบบ ได้แก่ Kruskal-Wallis และ Wilcoxon (Wilcoxon rank sum test) เนื่องจากข้อมูลในงานวิจัยนี้มีการแจกแจงแบบไม่ปกติหรือไม่สมมาตรและมีข้อมูลปริมาณน้อย จึงไม่สามารถใช้สถิติแบบพาราเมตริกได้ (McKillup, 2006; กัลยา วานิชย์บัญชา, 2553) และได้กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติ (Significance level) เท่ากับ 0.05 ในการตรวจสอบการแจกแจงของข้อมูลได้ใช้สถิติ Shapiro-Wilk เพื่อตัดสินว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ โดยจะดูจากค่าความน่าจะเป็น (probability) หรือค่า p-value ถ้าค่า p-value ที่คำนวณด้วยสถิติ Shapiro-Wilk มีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าข้อมูลแจกแจงแบบไม่ปกติ ส่วนการตัดสินว่าข้อมูลแต่ละชุดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ จะพิจารณาจากค่า p-value ที่ได้จากสถิติ Kruskal-Wallis และ Wilcoxon หากค่า p-value น้อยกว่า 0.05 ($p\text{-value} < 0.05$) แสดงว่า ข้อมูลที่นำมาเปรียบเทียบกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในทางตรงกันข้าม ถ้าค่า p-value มากกว่า 0.05 ($p\text{-value} > 0.05$) หมายถึงข้อมูลที่นำมาเปรียบเทียบกันแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (Ramsey, 2011) ทั้งนี้ ในการรายงานผล จะระบุค่า p-value ไว้ในเนื้อหาต่อเมื่อผลการเปรียบเทียบแสดงความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ คือ ค่า p-value มากกว่า 0.05²⁵

²⁵ โดยทั่วไป การนำเสนอค่า p-value จะแสดงค่าประกอบการอธิบายผลการทดสอบทางสถิติต่อเมื่อพบความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญสถิติ เพื่อให้ผู้อ่านตัดสินใจว่าค่า p-value นั้นสะท้อนความแตกต่างของข้อมูลหรือไม่ อย่างไร เช่น ถ้าผลการเปรียบเทียบค่า

สถิติ Kruskal-Wallis ปกติจะใช้ในการเปรียบเทียบข้อมูลตั้งแต่ 3 ชุดขึ้นไป เพื่อดูว่าข้อมูลเหล่านี้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ หากพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ก็ จะนำข้อมูลเหล่านี้มาทดสอบด้วยสถิติ Wilcoxon ซึ่งใช้เปรียบเทียบข้อมูลที่ละ 2 ชุด เพื่อหาว่าข้อมูล ชุดใดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตัวอย่างเช่น จากภาษาสะกอ ใช้สถิติ Kruskal-Wallis ในการเปรียบเทียบค่าความชันของพยัญชนะต้นนาสิกทั้ง 4 ฐานกรณ์ ได้แก่ /m, n, ɲ, ŋ/ เท่ากับว่า ภาษาสะกอมิข้อมูลสำหรับเปรียบเทียบ 4 ชุด คือ ชุด /m/ /n/ /ɲ/ /ŋ/ เมื่อผลการทดสอบแสดงให้เห็น ว่าพยัญชนะ 4 เสียงนี้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ มีค่า p-value น้อยกว่า 0.05 จึง ทดสอบด้วยสถิติ Wilcoxon ต่อไป เพื่อดูว่าเสียงคู่ไหนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การ เปรียบเทียบข้อมูลทางสถิติในภาษาปะโอใช้เพียงสถิติ Wilcoxon เพราะมีข้อมูลสำหรับเปรียบเทียบ 2 ชุด ดูรายละเอียดเกี่ยวกับค่าต่างๆ ที่นำมาเปรียบเทียบเพื่อหาความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติในภาษาสะกอ ปะโอและโป ในตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 ค่าต่างๆ ที่ใช้ในการทดสอบความแตกต่างทางสถิติในภาษาสะกอ ปะโอ และโป

ภาษา	ข้อมูล	ค่าที่นำมาเปรียบเทียบทางสถิติ
สะกอ	4 ชุด ได้แก่ ชุด /m/ /n/ /ɲ/ /ŋ/	ค่าความชัน
		ค่าจุดตัดแกน y
		ค่าโลคัสเสมือน
โป	(1) สระนาสิก 4 ชุด ได้แก่ ชุด /ǃ/ /ǂ/ /ǃ̄/ /ǂ̄/	ค่าระยะเวลาสระ (VD)
		ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก (ND)
		ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก (NMD)
	(2) สระเสียงขึ้นจมูก 3 ชุด ได้แก่ ชุด [i ^N] [e ^N] [ɛ ^N] ²⁶	ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมด (TN)
		ค่าระยะเวลาสระ (VD)
		ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก (ND)
	ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก (NMD)	
	ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมด (TN)	

ความชันของ /m/ vs /n/ ในภาษาสะกอด้วยสถิติ Wilcoxon พบค่า p-value = 0.052 จะสรุปได้ว่า พยัญชนะ 2 ฐานกรณ์แตกต่างกัน อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติตามเกณฑ์ในเนื้อหาข้างต้น

²⁶ ผู้วิจัยใช้สัญลักษณ์ (~) แสดงการออกเสียงขึ้นจมูกของสระนาสิก และใช้สัญลักษณ์ (N) แสดงการออกเสียงขึ้นจมูกของสระเสียงขึ้น จมูก

ภาษา	ข้อมูล	ค่าที่นำมาเปรียบเทียบทางสถิติ
ปะโอ	(1) สระ /e/ 2 ชุด ได้แก่ ชุด NVC และ CVN	ค่าระยะเวลาสระ (VD) ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมก (ND) ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก (NMD) ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมกทั้งหมด (TN)
	(2) สระ /ɛ/ 2 ชุด ได้แก่ ชุด NVC และ CVN	ค่าระยะเวลาสระ (VD) ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมก (ND) ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก (NMD) ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมกทั้งหมด (TN)

จากตารางที่ 3.7 สรุปชุดข้อมูลที่นำมาเปรียบเทียบกันได้ดังนี้

ภาษาสะกอ ข้อมูลที่นำมาเปรียบเทียบมี 4 ชุด คือ ชุด /m/ มีค่าทดสอบ 450 คำ ชุด /n/ มีค่าทดสอบ 450 คำ ชุด /ŋ/ มีค่าทดสอบ 250 คำ ชุด /ŋ/ มีค่าทดสอบ 100 คำ²⁷

ภาษาโป การเปรียบเทียบค่าทางกลศาสตร์แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ สระนาสิกและสระเสียงขึ้นจุมก โดยสระนาสิกมีข้อมูลที่นำมาเปรียบเทียบ 4 ชุด คือ /ǃ/ /ǃ̄/ /ǃ̄̄/ /ǃ̄̄̄/ แต่ละชุดมีค่าทดสอบ 190 คำ ส่วนสระเสียงขึ้นจุมกมีข้อมูลที่นำมาเปรียบเทียบ 3 ชุด ได้แก่ ชุด [i^N] มีค่าทดสอบ 170 คำ ชุด [e^N] มีค่าทดสอบ 170 คำ ชุด [ɛ^N] มีค่าทดสอบ 168 คำ

ภาษาปะโอ การเปรียบเทียบค่าทางกลศาสตร์แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ สระ /e/ และ /ɛ/ โดยสระ /e/ มีข้อมูลที่ใช้เปรียบเทียบ 2 ชุด ได้แก่ ชุด NVC และชุด CVN แต่ละชุดมีค่าทดสอบ 190 คำ ส่วนสระ /ɛ/ มีข้อมูลที่ใช้เปรียบเทียบ 2 ชุด ได้แก่ ชุด NVC และชุด CVN แต่ละชุดมีค่าทดสอบ 190 คำ

3.3.4.3 สหสัมพันธ์แบบสเปียร์แมน

สหสัมพันธ์แบบสเปียร์แมน (Spearman's correlation) เป็นวิธีทางสถิติที่ใช้ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัว เพื่อดูว่าตัวแปรนั้นๆ สัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใด ผลลัพธ์จากการทดสอบสหสัมพันธ์แบบสเปียร์แมนซึ่งใช้ในการแสดงความสัมพันธ์ คือ *ค่าสัมประสิทธิ์สัมพันธ์* (Coefficient of correlation) แทนด้วยสัญลักษณ์ r ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง -1 ถึง +1 โดยมีวิธีอ่านค่าดังนี้ (ตำรงค์ ทิพย์โยธา, 2544; พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2540)

(1) การอ่านค่าประจุ +-

²⁷ ดูรายละเอียดเพิ่มเติมในหัวข้อที่ 3.2.6

- ค่า r เป็น + แสดงความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน คือ ถ้าค่า A เพิ่มขึ้น ค่า B จะเพิ่มขึ้นด้วย
- ค่า r เป็น - แสดงความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้าม คือ ถ้าค่า A เพิ่มขึ้น ค่า B จะลดลง

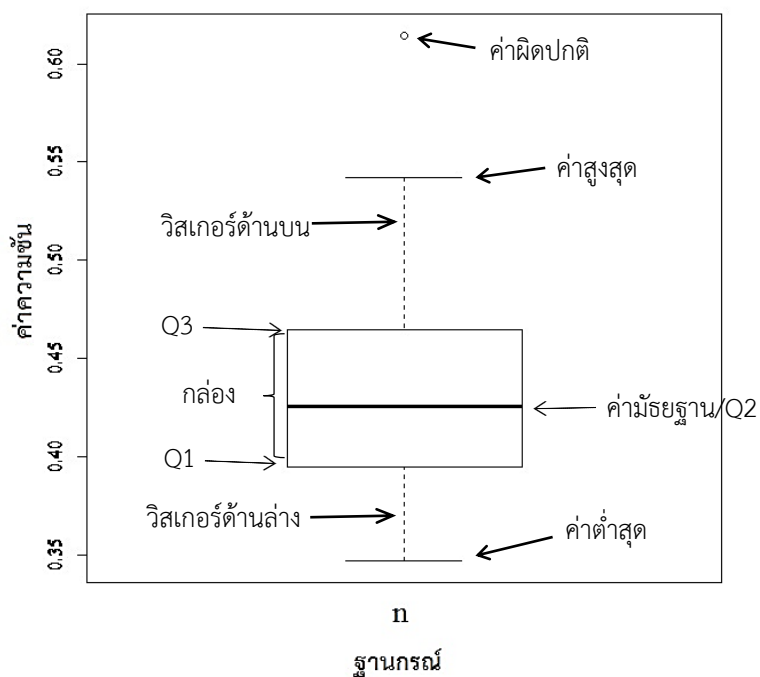
(2) การอ่านค่าตัวเลข

- ค่า r ใกล้หรือเท่ากับ +1 หรือ -1 แสดงว่า ตัวแปรทั้ง 2 ตัวสัมพันธ์กันมาก
- ค่า r ต่ำ คือ มีค่าใกล้ 0 มาก แสดงว่า ตัวแปรทั้ง 2 ตัวสัมพันธ์กันน้อย
- ค่า r เท่ากับ 0 แสดงว่า ตัวแปรทั้ง 2 ตัวไม่สัมพันธ์กัน

3.4 การนำเสนอผลการวิเคราะห์

การแสดงผลการวิเคราะห์จะนำเสนอด้วย (1) ตาราง (2) แผนภูมิกระจาย (Scatterplot) และ (3) แผนภูมิกล่อง (Boxplot) ในที่นี้จะอธิบายการตีความข้อมูลของแผนภูมิกล่อง เนื่องจากได้พูดถึงค่าต่างๆ ที่ปรากฏในตารางในหัวข้อที่ 3.3.4.1 และแผนภูมิกระจายซึ่งใช้เป็นแผนภูมิสมการจตุรรวมในหัวข้อที่ 3.3.2.1.2 แล้ว

แผนภูมิกล่องเป็นแผนภูมิที่ใช้แสดงการแจกแจงข้อมูล ประกอบด้วยส่วนที่เป็นกล่อง (box) วิสเกอร์ (whisker) และค่าผิดปกติ (outlier)



ภาพที่ 3.15 ตัวอย่างแผนภูมิกล่องแสดงค่าความชันของชุดข้อมูล /n/ จากข้อมูลผู้บอกภาษา 10 คน ในภาษาสะกอ

ภาพที่ 3.15 แสดงตำแหน่งของค่าต่างๆ ดังนี้ (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2553; จรัล ทรัพย์เสรี, 2010)

- (1) ค่าสูงสุด (Maximum) คือ ค่าสูงสุดของข้อมูลที่ยังไม่สูงผิดปกติ
- (2) ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ ค่าต่ำสุดของข้อมูลที่ยังไม่ต่ำผิดปกติ
- (3) ค่ามัธยฐาน (Median) คือ ค่าซึ่งอยู่ตรงกลางของข้อมูล ตรงกับควอร์ไทล์²⁸ที่ 2 (Q2) หรือเปอร์เซ็นต์ไทล์²⁹ที่ 50 นั่นคือ 50% ของข้อมูลมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่ามัธยฐาน และอีก 50% มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่ามัธยฐาน
- (4) ควอร์ไทล์ที่ 1 (Q1) คือ เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 25 ของข้อมูล นั่นคือ 25% ของข้อมูลมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับควอร์ไทล์ที่ 1 และอีก 75% มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับควอร์ไทล์ที่ 1

²⁸ ควอร์ไทล์ (quartile) เป็นการแบ่งข้อมูลที่เรียงลำดับจากน้อยไปมากเป็น 4 ส่วนเท่าๆ กัน เช่น ควอร์ไทล์ที่ 1 เป็นค่าที่แสดงว่าข้อมูล 1 ใน 4 ของข้อมูลทั้งหมดมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าของควอร์ไทล์ที่ 1 เป็นต้น

²⁹ เปอร์เซ็นต์ไทล์ (percentile) เป็นแบ่งข้อมูลที่เรียงลำดับจากน้อยไปมากเป็น 100 ส่วนเท่าๆ กัน เช่น เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 80 เป็นค่าที่แสดงว่าข้อมูล 80% ของข้อมูลทั้งหมดมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าของเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 80 เป็นต้น

(5) ควอร์ไทล์ที่ 3 (Q3) คือ เปอร์เซนต์ไทล์ที่ 75 ของข้อมูล นั่นคือ 75% ของข้อมูลมีน้อยกว่าหรือเท่ากับควอร์ไทล์ที่ 3 และอีก 25% มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับควอร์ไทล์ที่ 3

ค่าทางสถิติในข้อ 1 – 5 เป็นค่าที่นำมาใช้สร้างแผนภูมิกล่อง

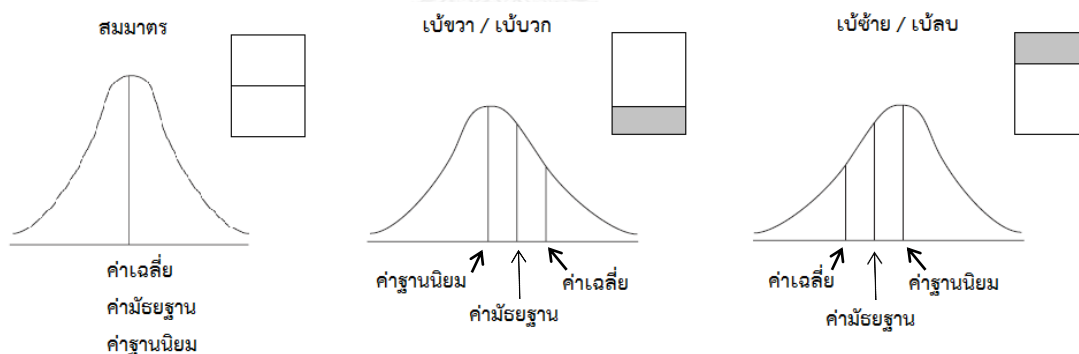
(6) ค่าผิดปกติ (Outlier) คือ ค่าที่สูงหรือต่ำผิดปกติ นั่นคือ มีค่ามากกว่า $Q3 + 1.5(IQR)$ แต่ไม่เกิน $Q3 + 3(IQR)$ หรือมีค่าน้อยกว่า $Q1 - 1.5(IQR)$ แต่ไม่เกิน $Q1 - 3(IQR)$

ทั้งนี้ ค่า IQR (Interquartile Range) คือ ค่าความสูงของกล่อง คำนวณจากสูตร $Q3 - Q1$ ซึ่งช่วง IQR แสดงข้อมูล 50% ของข้อมูลทั้งหมด

วิธีการตีความลักษณะของข้อมูลจากแผนภูมิกล่อง แบ่งเป็น 2 หัวข้อดังนี้

(1) การวัดค่ากลางของข้อมูล โดยดูจากค่ามัธยฐาน (ดูภาพที่ 3.16)

- ค่ามัธยฐานซึ่งอยู่กึ่งกลางกล่องแสดงการแจกแจงข้อมูลแบบสมมาตร
- ค่ามัธยฐานซึ่งอยู่ด้านล่างกล่องแสดงการแจกแจงข้อมูลแบบเบ้ขวา หรือเบ้บวก ซึ่งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีค่าสูงกว่าค่ามัธยฐานและค่าฐานนิยม (mode)³⁰ เพราะมีข้อมูลบางค่าที่สูงมาก
- ค่ามัธยฐานซึ่งอยู่ด้านบนกล่องแสดงการแจกแจงข้อมูลแบบเบ้ซ้าย หรือเบ้ลบ ซึ่งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีค่าต่ำกว่าค่ามัธยฐานและค่าฐานนิยม เพราะมีข้อมูลบางค่าที่ต่ำมาก



ภาพที่ 3.16 เส้นโค้งและกล่องแสดงลักษณะการแจกแจงของข้อมูล

(2) การวัดการกระจายของข้อมูล โดยดูจาก

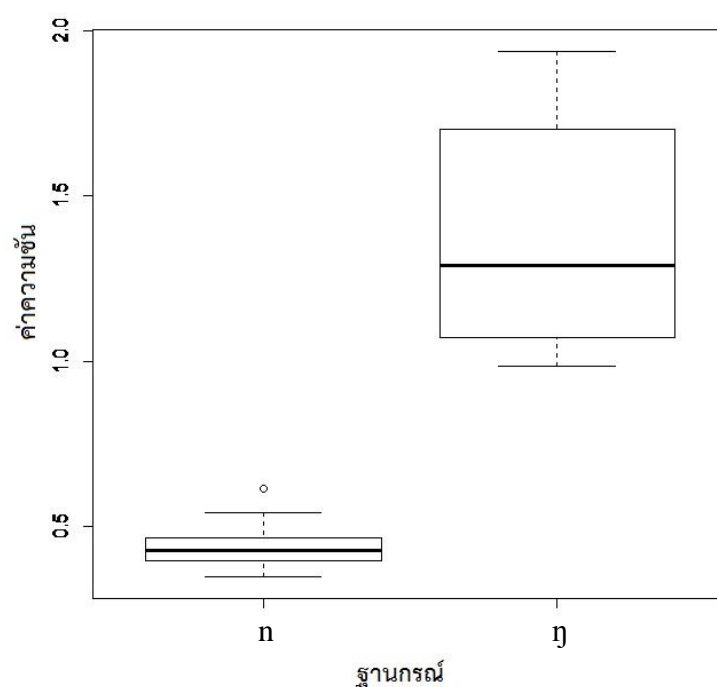
ก. ความสูงของกล่อง

- กล่องสูงมากแสดงข้อมูลที่กระจายมาก

³⁰ ค่าฐานนิยม (mode) คือ ค่าที่เกิดบ่อยครั้งที่สุดในชุดข้อมูล เช่น ชุดข้อมูลที่ประกอบด้วยค่า 2 3 5 5 5 6 มีค่าฐานนิยมเท่ากับ 5

- กล่องสูงน้อยแสดงข้อมูลที่กระจายน้อย
- ข. ค่าผิดปกติ
- ถ้าจำนวนของค่าผิดปกติมีมาก แสดงว่าข้อมูลกระจายมาก
 - ถ้าจำนวนของค่าผิดปกติมีน้อย แสดงว่าข้อมูลกระจายน้อย

ลำดับต่อไปจะแสดงตัวอย่างการตีความแผนภูมิกล่องซึ่งแสดงค่าความชันของข้อมูล 2 ชุดคือ /n/ และ /ŋ/ จากข้อมูลผู้บอกภาษาเพศชาย 10 คนในภาษาสะกอ (ดูภาพที่ 3.17)



ภาพที่ 3.17 เปรียบเทียบตัวอย่างแผนภูมิกล่องแสดงค่าความชันของชุดข้อมูล /n/ และ /ŋ/ จากข้อมูลผู้บอกภาษา 10 คนในภาษาสะกอ

จากภาพที่ 3.17 จะเห็นได้ว่าแผนภูมิกล่อง /n/ อยู่ต่ำกว่าแผนภูมิกล่อง /ŋ/ มาก แสดงว่าค่าความชันของ /n/ มีค่าน้อยกว่าค่าความชันของ /ŋ/ อย่างชัดเจน โดยที่ค่าความชันของแต่ละชุดข้อมูลมีการแจกแจงข้อมูลแตกต่างกัน กล่าวคือ ค่าความชันของ /n/ แจกแจงแบบเบ้ขวาหรือเบ้บวก สังเกตจากค่ามัธยฐานซึ่งอยู่ค่อนข้างด้านล่างกล่องเล็กน้อย (ดูภาพขยายในภาพที่ 3.15) คือ ค่าเฉลี่ยมีค่ามากกว่าค่ามัธยฐานและค่าฐานนิยม เนื่องจากมีข้อมูลบางค่าที่สูงมาก และข้อมูลมีการกระจายน้อย สังเกตจากตัวกล่องที่มีความสูงน้อย ทั้งนี้ /n/ มีค่าผิดปกติ อยู่ในช่วง 0.6 สำหรับค่าความชันของ /ŋ/ แสดงการแจกแจงข้อมูลแบบเบ้ขวาเช่นกัน และข้อมูลมีการกระจายมาก สังเกตจากตัวกล่องที่สูงมาก

นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาวิสเกอร์ของแผนภูมิก่่องของ /η/ จะเห็นว่า วิสเกอร์ด้านล่างซึ่งแสดงข้อมูลจำนวน 25% ซึ่งอยู่ที่ Q1 มีความสูงน้อยกว่าวิสเกอร์ด้านบนซึ่งแสดงข้อมูลจำนวน 25% ซึ่งอยู่ที่เหนือ Q3 แสดงว่า ข้อมูลจำนวน 25% ที่มีค่ามากมีการกระจายมากกว่าข้อมูลจำนวน 25% ที่มีค่าต่ำกว่า

3.5 ลำดับการนำเสนอผลการวิจัย

การนำเสนอผลการวิจัยเป็นการบรรยายผลประกอบภาพแผนภูมิและตาราง โดยมีลำดับเนื้อหาตามลำดับดังนี้

บทที่ 1 บทนำ

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

บทที่ 4 ฐานกรณ์ของพยัญชนะนาสิกในภาษาสะกอ

บทที่ 5 สระเสียงขึ้นจมูกในภาษาปะโอ

บทที่ 6 สระเสียงขึ้นจมูกและสระนาสิกในภาษาโป

บทที่ 7 สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

บทที่ 4

ฐานกรณ์ของพยัญชนะนาสิกในภาษาสะกอ

ในบทนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาความแตกต่างด้านฐานกรณ์ระหว่างพยัญชนะต้นนาสิก 4 เสียง ได้แก่ ริมฝีปาก /m-/ , ปุ่มเหงือก /n-/ , เพดานแข็ง /ŋ-/ และเพดานอ่อน /ŋ-/ ในภาษาสะกอซึ่งเป็นภาษาที่เหมาะสมสำหรับการศึกษาดังกล่าวซึ่งฐานกรณ์ของพยัญชนะ เพราะมีเสียงพยัญชนะเพดานแข็ง ในงานวิจัยนี้ใช้วิธีสมการจุดร่วม (Locus Equation) ซึ่งเป็นวิธีที่ให้ผลซึ่งไม่แปรตามสระ ผลลัพธ์จากวิธีสมการจุดร่วมคือ ค่าความชัน (slope) และค่าจุดตัดแกน y (y-intercept) และสมการจุดร่วมยังนำมาใช้พิสูจน์แนวคิดโลคัสเสมือนซึ่งเสนอว่า ค่าโลคัสเสมือน (virtual locus) เป็นค่าความถี่ที่คงที่ซึ่งสะท้อนตำแหน่งฐานกรณ์ของพยัญชนะต้นที่คงที่ (fixed articulatory place) (Delattre et al., 1955) ได้³¹

ผู้วิจัยจึงได้วิเคราะห์ค่าความชัน ค่าจุดตัดแกน y และค่าโลคัสเสมือนของพยัญชนะแต่ละฐานกรณ์ พร้อมกับทดสอบความแตกต่างทางสถิติด้วยสถิติ Kruskal-Wallis ซึ่งใช้ในการเปรียบเทียบข้อมูลของพยัญชนะต้นนาสิก 4 ฐานกรณ์ เพื่อดูว่าข้อมูลทั้ง 4 ชุดนี้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 0.05 ($p < 0.05$) หากพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ก็จะนำข้อมูลเหล่านั้นมาทดสอบด้วยสถิติ Wilcoxon ซึ่งจะเปรียบเทียบข้อมูลที่ละ 2 ชุด เพื่อดูว่าพยัญชนะต้นนาสิกคู่ใดบ้างที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เพื่อพิสูจน์สมมติฐานในภาษาสะกอที่ว่า

(1) พยัญชนะนาสิกเพดานอ่อน /ŋ-/ มีค่าความชัน (slope) มากที่สุดและพยัญชนะนาสิกเพดานแข็ง /n-/ มีค่าความชันน้อยที่สุด

(2) พยัญชนะนาสิกเพดานแข็ง /ŋ-/ มีค่าจุดตัดแกน y (y-intercept) มากที่สุดและพยัญชนะนาสิกเพดานอ่อน /n-/ มีค่าจุดตัดแกน y น้อยที่สุด

(3) พยัญชนะนาสิกเพดานแข็ง /ŋ-/ มีค่าโลคัสเสมือน (virtual locus) มากที่สุดและพยัญชนะนาสิกริมฝีปาก /m-/ มีค่าโลคัสเสมือนน้อยที่สุด

เนื้อหาในบทนี้แบ่งเป็น 4 ส่วน ในหัวข้อที่ 4.1 จะนำเสนอค่าความถี่ฟอร์เมนที่ 2 ของสระ ณ ตำแหน่งต้นสระและกลางสระ (F2onset/F2vowel) ซึ่งเป็นค่าที่จะนำมาใช้ในวิธีสมการจุดร่วม จากข้อมูลของผู้บอกภาษาสะกอเพศชาย 10 คน จากนั้นในหัวข้อที่ 4.2 จะกล่าวถึงค่าความชันและค่าจุดตัดแกน y ของพยัญชนะต้นนาสิกทั้ง 4 ฐานกรณ์ หัวข้อที่ 4.3 นำเสนอค่าโลคัสเสมือน แล้วจึงสรุปและอภิปรายผลในหัวข้อที่ 4.4 โดยในแต่ละส่วนจะให้คำอธิบายประกอบตารางและภาพ

³¹ ดูรายละเอียดวิธีการสร้างสมการจุดร่วมในหัวข้อที่ 3.3.2.1.2

4.1 ค่าความถี่ฟอร์แมนท์ที่ 2 ณ จุดเริ่มต้นสระและจุดกึ่งกลางของสระ

ในการจำแนกพยัญชนะต้นนาสิกในภาษาสะกอ ได้นำค่าความถี่ฟอร์แมนท์ที่ 2 ณ จุดเริ่มต้นสระ (F2onset) และจุดกึ่งกลางสระ (F2vowel) ของสระเดี่ยวที่ปรากฏร่วมกับพยัญชนะต้นนาสิก มาสร้างสมการจุดร่วมซึ่งเป็นสมการเส้นตรงที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพยัญชนะและสระ เหตุที่เลือกวัดค่าความถี่ฟอร์แมนท์ที่ 2 ณ ตำแหน่งต้นสระและกลางสระ เพราะ (1) ตำแหน่งต้นสระเป็นบริเวณที่ใกล้กับพยัญชนะต้นมากที่สุด จึงเป็นตำแหน่งที่เหมาะสมแก่การศึกษารูปร่างของพยัญชนะ (2) ตำแหน่งกลางสระเป็นตำแหน่งที่แสดงค่าความถี่ฟอร์แมนท์ที่ 2 ของสระได้ดี เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากพยัญชนะที่เกิดติดกันน้อย (Krull, 1988)

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า F2onset และ F2vowel ของสระที่ปรากฏร่วมกับพยัญชนะต้นนาสิกแต่ละฐานกรณ์ โดย /m/ และ /n/ ปรากฏร่วมกับสระ 9 เสียง ได้แก่ /i, e, ε, i, ə, a, u, o, ɔ/ /ŋ/ ปรากฏร่วมกับสระ 5 เสียง ได้แก่ /e, ε, a, o, ɔ/ และ /ŋ/ ปรากฏร่วมกับสระ 2 เสียง ได้แก่ /a, ɔ/ ทั้งนี้ เพราะ /m/ และ /n/ เป็นเสียงที่พบในภาษาสะกอบ่อยกว่าพยัญชนะนาสิกอีก 2 เสียง (สุริยา รัตนกุล, 2529) และการเลือกใช้เฉพาะคำตัวอย่างที่มีใช้จริง (real word) ทำให้ชุดคำตัวอย่างของเสียง /m/ และ /n/ มีจำนวนคำที่ปรากฏร่วมกับสระมากกว่าชุดคำตัวอย่างของเสียง /ŋ/ และ /ŋ/

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ย (\bar{x}) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของค่า F2onset และ F2vowel ของสระที่เกิดร่วมกับพยัญชนะต้นนาสิก /m, n, ɲ, ŋ/ ในภาษาสะกอ

		i		e		ɛ	
		F2onset	F2vowel	F2onset	F2vowel	F2onset	F2vowel
m	\bar{x}	1843.84	2262.78	1532.64	2064.42	1556.06	2006.71
	SD	211.87	160.17	135.02	108.51	109.04	92.31
n	\bar{x}	1867.65	2272.38	1754.31	2084.82	1720.80	2020.97
	SD	133.82	142.43	134.71	147.21	101.49	133.23
ɲ	\bar{x}	-	-	2174.22	2059.17	2165.87	2005.68
	SD	-	-	122.43	116.52	104.29	117.26
ŋ	\bar{x}	-	-	-	-	-	-
	SD	-	-	-	-	-	-
		i		ə		a	
		F2onset	F2vowel	F2onset	F2vowel	F2onset	F2vowel
m	\bar{x}	1098.40	1427.41	1129.60	1402.21	1196.75	1541.25
	SD	46.22	131.90	57.68	108.88	79.90	83.89
n	\bar{x}	1561.54	1495.00	1534.27	1445.93	1491.62	1558.93
	SD	86.38	164.89	136.49	82.53	102.31	87.90
ɲ	\bar{x}	-	-	-	-	2003.96	1614.58
	SD	-	-	-	-	97.46	86.93
ŋ	\bar{x}	-	-	-	-	1840.03	1592.51
	SD	-	-	-	-	232.04	104.61
		u		o		ɔ	
		F2onset	F2vowel	F2onset	F2vowel	F2onset	F2vowel
m	\bar{x}	850.79	806.97	873.90	822.20	891.75	921.31
	SD	128.60	147.02	105.63	70.90	87.61	64.69
n	\bar{x}	1190.55	846.44	1222.45	889.82	1242.13	955.77
	SD	117.92	121.66	123.73	41.63	72.69	61.47
ɲ	\bar{x}	-	-	1948.62	853.97	1977.21	981.80
	SD	-	-	139.71	86.05	123.34	59.40
ŋ	\bar{x}	-	-	-	-	949.17	943.82
	SD	-	-	-	-	93.84	67.15

เมื่อดูข้อมูลค่า F2onset ซึ่งเป็นค่าที่สะท้อนลักษณะทางกลศาสตร์พยางค์ขณะต้นในตารางที่ 4.1 พบผลดังนี้

ชุดสระที่เกิดหลัง /m/

ค่า F2onset ของสระหน้า คือ /i, e, ε/ มีค่าประมาณ 1,500 – 1,900 Hz

ค่า F2onset ของสระกลาง คือ /i, ε, a/ มีค่าประมาณ 1,000 – 1,200 Hz

ค่า F2onset ของสระหลัง คือ /u, o, ɔ/ มีค่าประมาณ 800 – 900 Hz

ชุดสระที่เกิดหลัง /n/

ค่า F2onset ของสระหน้า คือ /i, e, ε/ มีค่าประมาณ 1,700 – 1,900 Hz

ค่า F2onset ของสระกลาง คือ /i, ε, a/ มีค่าประมาณ 1,400 – 1,600 Hz

ค่า F2onset ของสระหลัง คือ /u, o, ɔ/ มีค่าประมาณ 1,100 – 1,300 Hz

ชุดสระที่เกิดหลัง /ŋ/

ค่า F2onset ของสระหน้า คือ /e, ε/ มีค่าประมาณ 2,100 – 2,200 Hz

ค่า F2onset ของสระกลาง คือ /a/ มีค่าประมาณ 2,000 Hz

ค่า F2onset ของสระหลัง คือ /o, ɔ/ มีค่าประมาณ 1,900 – 2,000 Hz

ชุดสระที่เกิดหลัง /ŋ/

ค่า F2onset ของสระกลาง คือ /a/ มีค่าประมาณ 1,800 Hz

ค่า F2onset ของสระหลัง คือ /ɔ/ มีค่าประมาณ 900 Hz

โดยค่า SD ของค่า F2 onset ของทุกสระมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 40 – 240 Hz (สระที่มีค่า SD มากกว่า มีการแปรของข้อมูลมากกว่าสระที่มีค่า SD น้อยกว่า)

เมื่อพิจารณาคูณสมบัติสระจากค่าเฉลี่ยของค่า F2vowel ซึ่งเป็นค่าที่แสดงตำแหน่งหน้าหลังของสระ พบว่า

ค่า F2vowel ของสระหน้า คือ /i, e, ε/ มีค่าประมาณ 2,000 – 2,300 Hz

ค่า F2vowel ของสระกลาง คือ /i, ε, a/ มีค่าประมาณ 1,400 – 1,600 Hz

ค่า F2vowel ของสระหลัง คือ /u, o, ɔ/ มีค่า ประมาณ 800 – 1,000 Hz

โดยค่า SD ของค่า F2vowel ของทุกสระอยู่ในช่วงระหว่าง 40 – 170 Hz (สระที่มีค่า SD มากกว่า มีการแปรของข้อมูลมากกว่าสระที่มีค่า SD น้อยกว่า) ในภาพรวม ค่า SD ของค่า F2vowel มีค่าค่อนข้างต่ำ แสดงว่าค่า F2vowel ของแต่ละสระที่อยู่หลังพยางค์ขณะต้นนาสิกแต่ละฐานกรณ์มีค่าใกล้เคียงกัน

นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้พิจารณาทิศทางการบิดเบนของช่วงรอยต่อระหว่างพยางค์และสระโดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่า F2onset และ F2vowel ของแต่ละสระที่เกิดหลังพยางค์ขณะนาสิกแต่ละเสียงและพบว่า

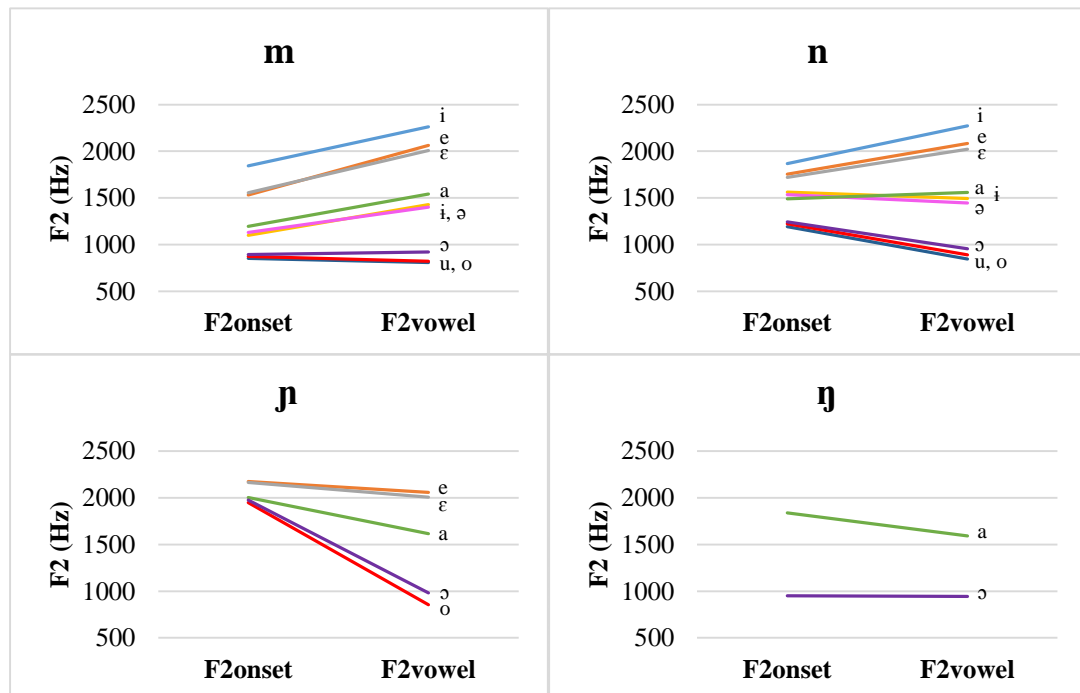
(1) ค่า F2onset ของ /m/ มักมีค่าน้อยกว่าค่า F2vowel แสดงว่าค่าความถี่ฟอร์เมนที่ 2 ในช่วงรอยต่อของสระส่วนใหญ่มีทิศทางบิดเบนขึ้นเมื่ออยู่หลัง /m/ แต่ในกรณีของสระ /u/ กับ /o/ ค่า F2 ในช่วงรอยต่อมีทิศทางบิดเบนลงเมื่ออยู่หลัง /m/

(2) กรณีของ /n/ ค่า F2onset มีค่ามากกว่า F2vowel ในสระ /i, e, u, o, ɔ/ แสดงว่าช่วงรอยต่อบิดเบนลง แต่สระ /i, e, ε, a/ มีค่า F2onset น้อยกว่า F2vowel แสดงว่าช่วงรอยต่อบิดเบนขึ้น

(3) ในกรณีของสระที่เกิดหลัง /ŋ/ พบว่า ค่า F2onset มีค่ามากกว่าค่า F2vowel ในทุกสระ แสดงว่าค่าความถี่ฟอร์เมนที่ 2 ในช่วงรอยต่อมีทิศทางบิดเบนลง

(4) ค่า F2onset ของ /ŋ/ มากกว่าค่า F2vowel ในทุกสระ แสดงว่า ค่าความถี่ฟอร์เมนที่ 2 ในช่วงรอยต่อมีทิศทางบิดเบนลง

แม้ช่วงรอยต่อของสระที่เกิดหลัง /ŋ/ และ /ŋ/ จะมีทิศทางบิดเบนลงเหมือนกัน แต่ช่วงรอยต่อของ /ŋ/ มีระดับการบิดเบนมากกว่า /ŋ/ นั่นคือ ส่วนต่างระหว่างค่า F2onset และ F2vowel ของสระที่เกิดหลัง /ŋ/ มีค่ามากกว่าส่วนต่างระหว่างค่า F2onset และ F2vowel ของสระที่เกิดหลัง /ŋ/ จากข้อสรุปข้างต้น ผู้วิจัยได้นำค่า F2onset และ F2vowel ของสระที่เกิดหลังพยัญชนะต้นนาสิก /m, n, ŋ, ŋ/ มาสร้างกราฟเส้น เพื่อช่วยให้เห็นภาพที่ชัดเจนยิ่งขึ้น (ดูภาพที่ 4.1)



ภาพที่ 4.1 ทิศทางการบิดเบนของค่าความถี่ฟอร์เมนที่ 2 หลังพยัญชนะต้นนาสิกจากข้อมูลของผู้บอกภาษาสะกอเพศชาย 10 คน

ทิศทางการบิดเบนของค่าความถี่ฟอร์เมนที่ 2 ในช่วงรอยต่อระหว่างพยัญชนะต้นนาสิกและสระดังปรากฏในผลข้างต้นทำให้เห็นว่า ทิศทางการบิดเบนของช่วงรอยต่อแปรตามสระที่เกิดตามมา จึงเป็นการยืนยันว่า การศึกษาความแตกต่างระหว่างพยัญชนะนาสิกต่างฐานกรณ์นั้นควรใช้วิธีสมการจุดร่วมซึ่งเป็นวิธีที่ไม่แปรไปตามบริบทสระแวดล้อม

หัวข้อถัดไปจะนำเสนอผลการวิเคราะห์ค่าความชันและค่าจุดตัดแกน y ของพยัญชนะต้นนาสิกในภาษาสะกอ ที่ได้จากการนำค่า F2onset และ F2vowel ของแต่ละสระที่เกิดหลังพยัญชนะต้นนาสิกฐานกรณ์แต่ละเสียงของผู้บอกภาษาแต่ละคนมาพลอตกราฟแสดงสมการจุดร่วม

4.2 ค่าความชันและค่าจุดตัดแกน y

ค่าความชันและค่าจุดตัดแกน y ได้จากการพลอตค่า F2onset ซึ่งแสดงลักษณะทางกลศาสตร์ของพยัญชนะต้นในแกนตั้ง และพลอตค่า F2vowel ซึ่งแสดงลักษณะทางกลศาสตร์ของสระในแกนนอน จากนั้นจึงสร้างสมการจุดร่วมซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพยัญชนะต้นนาสิกและ

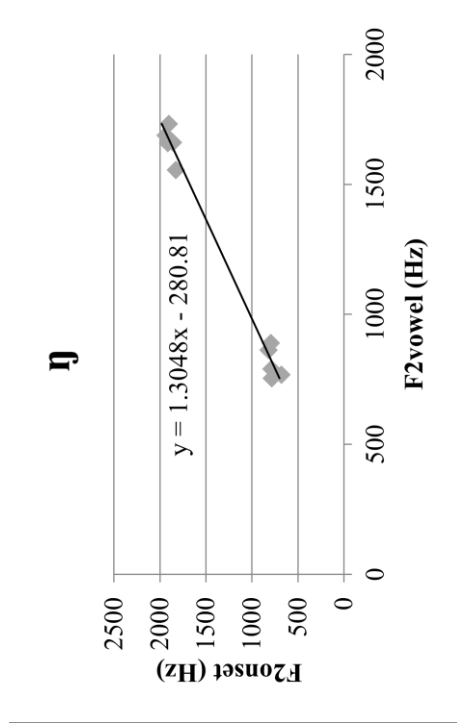
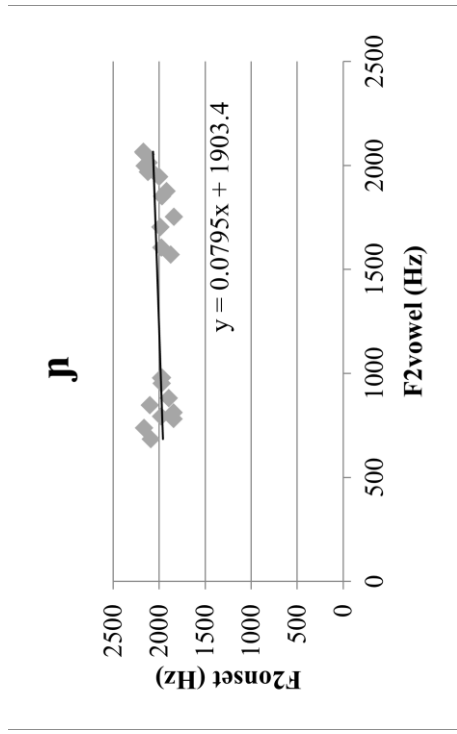
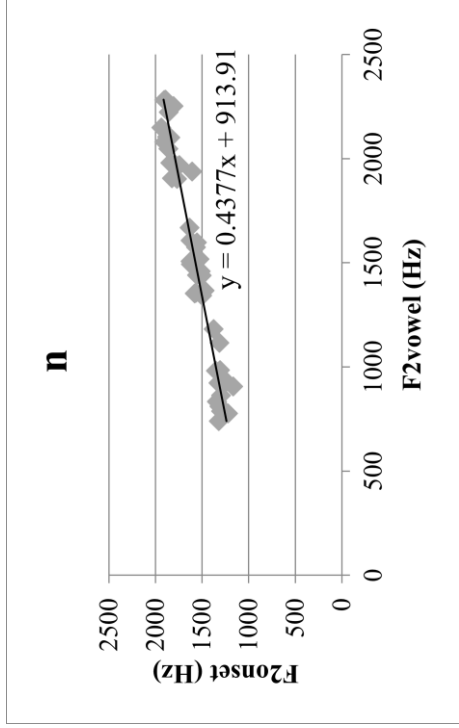
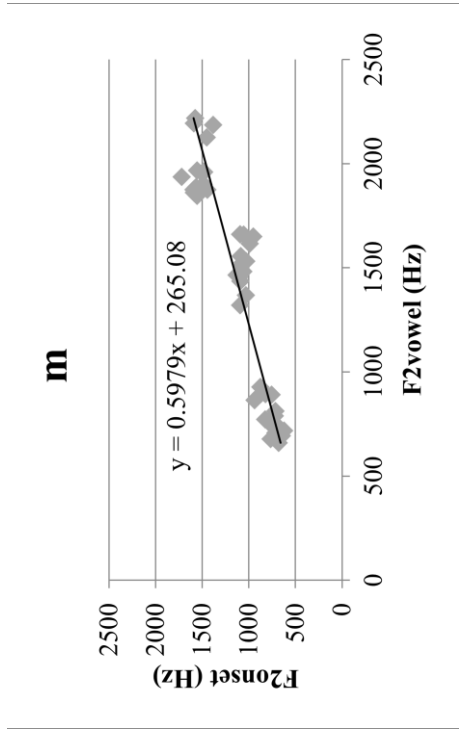
สระ ผลลัพธ์จากสมการจตุรรม คือ ค่าความชันและค่าจุดตัดแกน y ซึ่งใช้แยกพยัญชนะนาสิกต่างฐานกรณ์ได้³²

ข้อค้นพบเกี่ยวกับค่าความชันและค่าจุดตัดแกน y ของพยัญชนะต้นนาสิกจากข้อมูลของผู้บอกภาษาสะกอเพศชายทั้ง 10 คน พบว่า พยัญชนะนาสิกทั้ง 4 ฐานกรณ์มีค่าความชันและค่าจุดตัดแกน y แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสามารถเรียงลำดับค่าความชันจากมากไปน้อยได้ดังนี้ $/ŋ/ > /m/ > /n/ > /ɲ/$ ซึ่งตรงตามสมมติฐานภาษาสะกอข้อ (1) ที่ว่า “พยัญชนะนาสิกเพดานอ่อน $/ŋ-/$ มีค่าความชัน (slope) มากที่สุดและพยัญชนะนาสิกเพดานแข็ง $/ɲ-/$ มีค่าความชันน้อยที่สุด” ส่วนลำดับของค่าจุดตัดแกน y จากมากไปน้อย คือ $/ɲ/ > /n/ > /m/ > /ŋ/$ ซึ่งสนับสนุนสมมติฐานข้อ (2) ที่ว่า “พยัญชนะนาสิกเพดานแข็ง $/ɲ-/$ มีค่าจุดตัดแกน y (y -intercept) มากที่สุดและพยัญชนะนาสิกเพดานอ่อน $/ŋ-/$ มีค่าจุดตัดแกน y น้อยที่สุด”

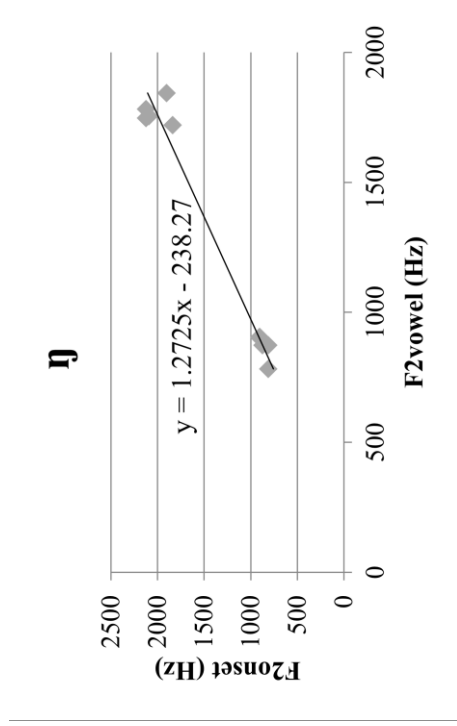
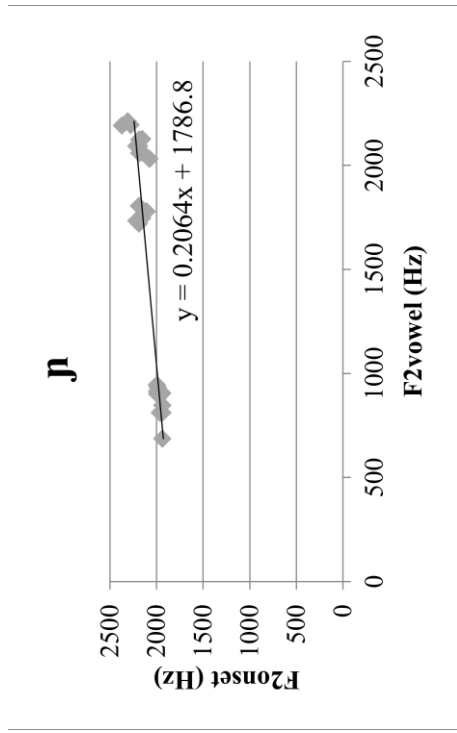
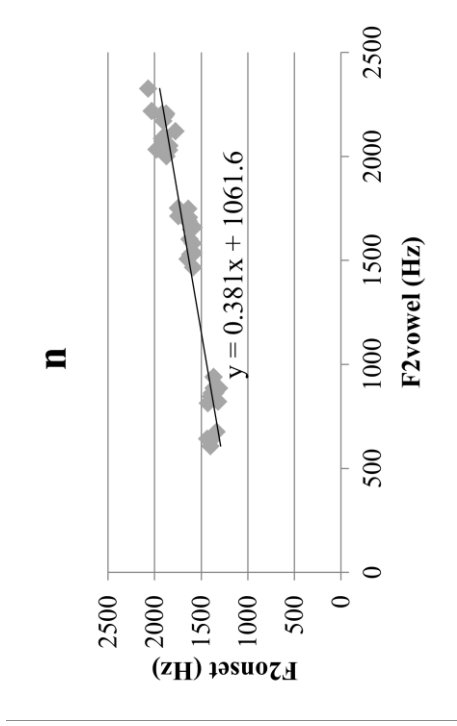
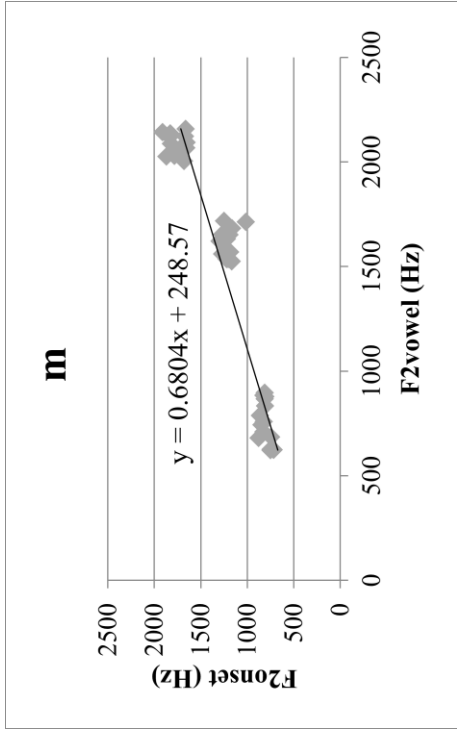
ทั้งนี้ เนื่องจากผู้บอกภาษาทุกคนมีลำดับค่าความชันและค่าจุดตัดแกน y ของพยัญชนะแต่ละฐานกรณ์เหมือนกันตามรายละเอียดข้างต้น จึงได้เลือกตัวอย่างผลการศึกษาของผู้บอกภาษา 3 คนซึ่งมีอายุต่างกัน ได้แก่ ผู้บอกภาษาคนที่ 1 มีอายุ 69 ปี คนที่ 2 มีอายุ 35 ปี และคนที่ 4 มีอายุ 51 ปี³³ มานำเสนอในภาพที่ 4.2 – 4.4 ตามลำดับ

³² ดูรายละเอียดวิธีการสร้างสมการจตุรรมในหัวข้อที่ 3.3.2.1.2

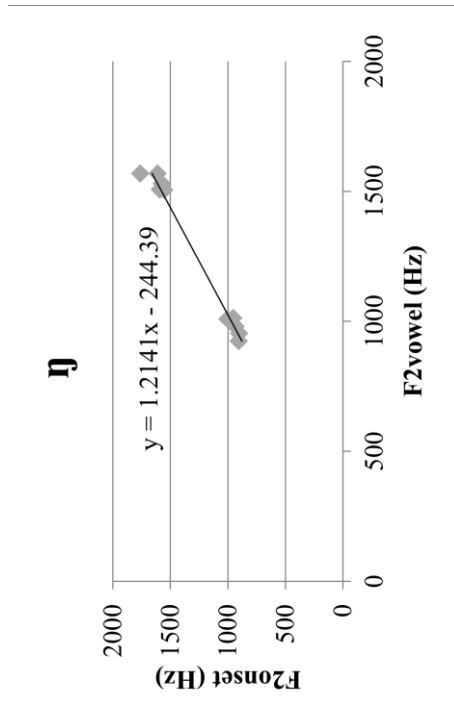
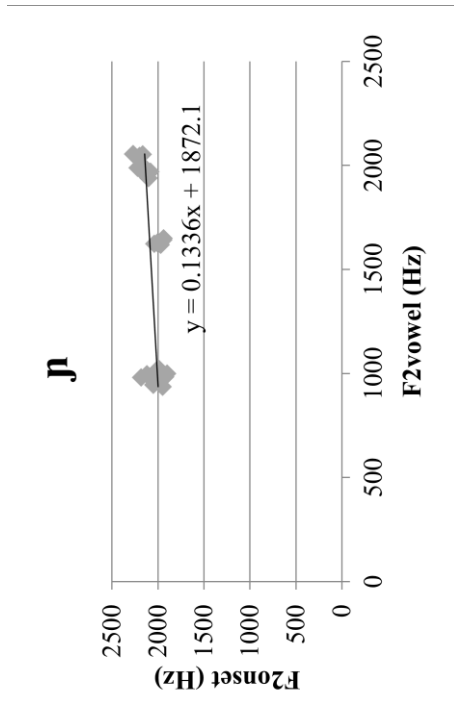
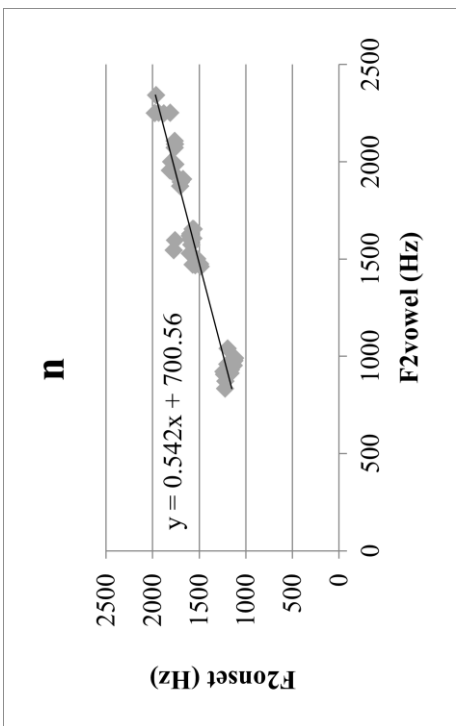
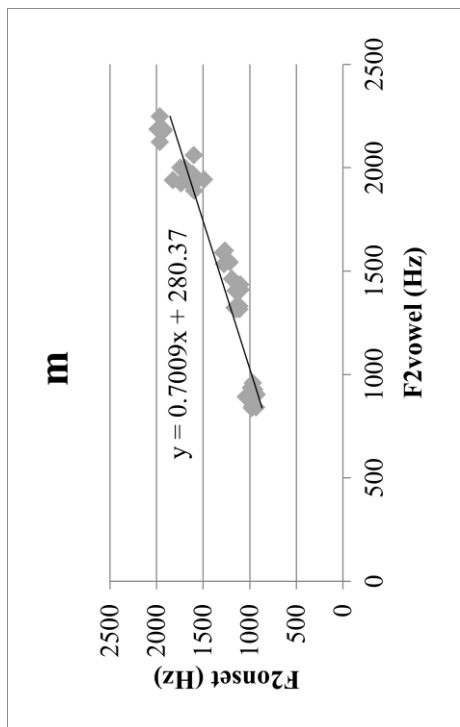
³³ ลำดับผู้บอกภาษาตรงกับข้อมูลในตารางที่ 4.2 และเหตุที่เลือกข้อมูลจากผู้บอกภาษาคนที่ 1 2 และ 4 เพราะเลือกตามลำดับการบันทึกเสียง แต่ได้ข้ามข้อมูลผู้บอกภาษาคนที่ 3 เพราะผู้บอกภาษาคนที่ 3 มีอายุ 67 ปี ซึ่งใกล้เคียงกับอายุของผู้บอกภาษาคนที่ 1



ภาพที่ 4.2 กราฟแสดงสมการจุดร่วมของพยัญชนะต้นนาสิก /ม, น, ญ/ ของผู้บอกภาษาเพศชายคนที่ 1 อายุ 69 ปี



ภาพที่ 4.3 กราฟแสดงสมการจุดร่วมของพยัญชนะต้นนาสิก /m, n, ɲ/ ของผู้บอกภาษาเพศชายคนที่ 2 อายุ 35 ปี



ภาพที่ 4.4 กราฟแสดงสมการจุดร่วมของพยัญชนะต้นนาลิก /ม, น, ญ/ ของผู้บอกภาษาเพศชายคนที่ 4 อายุ 51 ปี

ข้อมูลของผู้บอกภาษาสะกอ 3 คนในภาพที่ 4.2 – 4.4 แสดงให้เห็นว่า /ŋ/ มีค่าความชันมากที่สุด รองลงมาคือ /m/ /n/ และ /ŋ/ ตามลำดับ ในทางกลับกัน /ŋ/ มีค่าจุดตัดแกน y มากที่สุด รองลงมาคือ /m/ /m/ และ /ŋ/ ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับข้อค้นพบจากข้อมูลของผู้บอกภาษาอีก 7 คน ดังแสดงในตารางที่ 4.2 ซึ่งเปรียบเทียบค่าความชันและค่าจุดตัดแกน y ของพยัญชนะนาสิกแต่ละฐานกรณ์จากข้อมูลของผู้บอกภาษาสะกอทั้ง 10 คน ทั้งนี้ การเรียงลำดับผู้บอกภาษาในงานวิจัยนี้มี 3 แบบ คือ เรียงตาม (1) ลำดับการบันทึกเสียง (2) ค่ามัธยฐาน (3) อายุ แต่การนำเสนอผลการวิเคราะห์ในส่วนนี้เรียงตามลำดับการบันทึกเสียง เพราะในตารางไม่ได้นำเสนอค่ามัธยฐานและผู้วิจัยไม่ได้ศึกษาอิทธิพลของอายุต่อค่าความชันและค่าจุดตัดแกน y ในภาษาสะกอ

ตารางที่ 4.2 ค่าความชันและค่าจุดตัดแกน y (Hz) ของพยัญชนะต้นนาสิก /m, n, ŋ, ɲ/ ในภาษาสะกอ (ผู้บอกภาษา 10 คน)

ผู้พูด	m		n		ŋ		ɲ	
	ค่าความชัน	ค่าจุดตัดแกน Y	ค่าความชัน	ค่าจุดตัดแกน Y	ค่าความชัน	ค่าจุดตัดแกน Y	ค่าความชัน	ค่าจุดตัดแกน Y
1	0.60	265.08	0.44	913.91	0.08	1903.40	1.30	-280.81
2	0.68	248.57	0.38	1061.60	0.21	1786.80	1.27	-238.27
3	0.55	382.10	0.35	1023.40	0.14	1958.10	0.98	0.49
4	0.70	280.37	0.54	700.56	0.13	1872.10	1.21	-244.39
5	0.59	308.70	0.43	753.84	0.29	1513.80	1.46	-349.10
6	0.67	303.10	0.42	794.00	0.21	1777.10	1.84	-867.14
7	0.61	326.74	0.39	862.87	0.15	1644.80	1.94	-942.30
8	0.48	491.61	0.46	785.42	0.27	1602.00	1.70	-766.09
9	0.53	407.57	0.41	873.19	0.22	1715.50	1.07	48.86
10	0.74	140.68	0.61	625.38	0.07	2088.80	1.04	-7.62
\bar{x}	0.61	315.45	0.44	839.42	0.18	1786.24	1.38	-364.64
SD	0.08	96.07	0.08	136.56	0.07	174.94	0.34	367.70

จากการเปรียบเทียบค่าความชันระหว่างพยัญชนะนาสิกต่างฐานกรณ์ในตารางที่ 4.2 พบว่า /ŋ/ มีค่าความชันมากที่สุด รองลงมาคือ /m/ /n/ และ /ŋ/ ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบค่าความชันของพยัญชนะนาสิกฐานกรณ์แต่ละเสียงระหว่างผู้บอกภาษาทั้ง 10 คน พบว่า ส่วนใหญ่มีค่าความชันใกล้เคียงกัน กล่าวคือ ในกรณีของ /m/ ผู้บอกภาษาส่วนใหญ่มีค่าความชันอยู่ในช่วง 0.5 – 0.6 ยกเว้น

ผู้บอกภาษาคนที่ 4 และ 10 ซึ่งมีค่าความชันประมาณ 0.7 ส่วนค่าความชันของ /n/ ส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 0.3 – 0.4 ยกเว้นผู้บอกภาษาคนที่ 4 และ 10 ซึ่งมีค่าความชันประมาณ 0.5 – 0.6 ตามลำดับ ในกรณีของ /ŋ/ ผู้บอกภาษาส่วนใหญ่มีค่าความชันอยู่ในช่วง 0.1 – 0.2 ยกเว้นผู้บอกภาษาคนที่ 1 และ 10 ซึ่งมีค่าความชันน้อยกว่า คือ 0.07 และ 0.08 ตามลำดับ ส่วนค่าความชันของ /ŋ/ อยู่ในช่วง 1 – 2

อย่างไรก็ตาม แม้ค่าความชันของผู้บอกภาษาแต่ละคนจะแตกต่างกันอยู่บ้าง แต่ค่าเฉลี่ยของค่าความชันของผู้บอกภาษาทั้งหมดสะท้อนบทบาทของค่าความชันในการจำแนกความแตกต่างระหว่างพยัญชนะต่างฐานกรณ์ได้ดี โดยค่าเฉลี่ยของค่าความชันของ /m, n, ɲ, ŋ/ คือ 0.61 0.44 0.18 และ 1.38 ตามลำดับ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความชันของ /m, n, ɲ, ŋ/ คือ 0.08 0.08 0.07 และ 0.34 ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำมาก แสดงว่าค่าความชันของผู้บอกภาษาทั้ง 10 คนภายในชุดข้อมูลของพยัญชนะนาสิกแต่ละฐานกรณ์ใกล้เคียงกัน

ผลการเปรียบเทียบค่าจุดตัดแกน y ระหว่างพยัญชนะนาสิกต่างฐานกรณ์ พบว่า /ŋ/ มีค่าจุดตัดแกน y มากที่สุด รองลงมาคือ /n/ /m/ และ /ɲ/ ตามลำดับ โดยพบว่าผู้บอกภาษาส่วนใหญ่มีค่าจุดตัดแกน y ของ /m/ ประมาณ 200 – 400 Hz ยกเว้นผู้บอกภาษาคนที่ 8 และ 10 ซึ่งมีค่าจุดตัดแกน y ประมาณ 500 Hz และ 140 Hz ตามลำดับ ในกรณีของ /n/ ค่าจุดตัดแกน y ส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 700 – 1,000 Hz ยกเว้นผู้บอกภาษาคนที่ 10 ซึ่งมีค่าจุดตัดแกน y ประมาณ 600 Hz ส่วน /ɲ/ มีค่าจุดตัดแกน y อยู่ในช่วง 1,500 – 2,000 Hz และท้ายสุด /ŋ/ มีค่าจุดตัดแกน y หลากหลายซึ่งมีทั้งค่าที่เป็นบวกและลบ³⁴

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของค่าจุดตัดแกน y จะเห็นได้ว่าพยัญชนะนาสิกแต่ละฐานกรณ์มีค่าจุดตัดแกน y แตกต่างกันชัดเจน ดังนี้ ค่าเฉลี่ยของค่าจุดตัดแกน y ของ /m, n, ɲ, ŋ/ คือ 315.45 Hz 839.42 Hz 1,786.24 Hz และ -364.64 Hz ตามลำดับ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าจุดตัดแกน y ของ /m, n, ɲ, ŋ/ คือ 96.07 Hz 136.56 Hz 174.94 Hz และ 367.70 Hz ตามลำดับ จากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจะเห็นได้ว่า ในกรณีของ /m/ /n/ และ /ɲ/ ค่าจุดตัดแกน y ของแต่ละฐานกรณ์กระจายอยู่ในช่วง 100 – 180 Hz ของค่าเฉลี่ย ต่างจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ /ŋ/ ซึ่งมีค่ามากกว่าสะท้อนว่าข้อมูลของ /ŋ/ มีการกระจายมากกว่า เนื่องจากค่าจุดตัดแกน y มีทั้งค่าบวกและลบ ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะ /ŋ/ เกิดคู่กับสระเพียง 2 เสียง ซึ่งอาจน้อยเกินไปสำหรับการศึกษาค่าจุดตัดแกน y

³⁴ เมื่อค่าจุดตัดแกน y เป็นบวก แสดงว่า สมการจตุรรมัดกับแกน y ที่มีค่าเป็นบวก ณ ตำแหน่งที่ x เท่ากับ 0 แต่เมื่อค่าจุดตัดแกน y เป็นลบ แสดงว่า สมการจตุรรมัดกับแกน y ที่มีค่าเป็นลบ ณ ตำแหน่งที่ x เท่ากับ 0 เหตุที่ค่าจุดตัดแกน y ติดลบเป็นเพราะค่าความชันมีค่ามาก นั่นคือ ค่าความชันยิ่งมาก ค่าจุดตัดแกน y ยิ่งน้อย ดังจะเห็นได้จากตารางที่ 4.2 ผู้บอกภาษาที่มีค่าจุดตัดแกน y ของ /ŋ/ ติดลบมีค่าความชันมากกว่า 1 (ยกเว้นผู้บอกภาษาคนที่ 9 ที่มีค่าความชันมากกว่า 1 แต่ค่าจุดตัดแกน y เป็นบวก)

หากมีข้อมูลในการศึกษาเพิ่มมากขึ้น อาจพบว่าค่าจุดตัดแกน y ของ $/\eta/$ มีการกระจายน้อย เช่นเดียวกับที่พบในข้อมูลของพยัญชนะนาสิกฐานกรณ์อื่นๆ

ข้อค้นพบข้างต้นจากตารางที่ 4.2 ทำให้สรุปได้ว่า

$/m/$ มีค่าความชันอยู่ในช่วง 0.4 – 0.8 และมีค่าจุดตัดแกน y อยู่ในช่วง 100 – 500 Hz

$/n/$ มีค่าความชันอยู่ในช่วง 0.3 – 0.6 และมีค่าจุดตัดแกน y อยู่ในช่วง 600 – 1,100 Hz

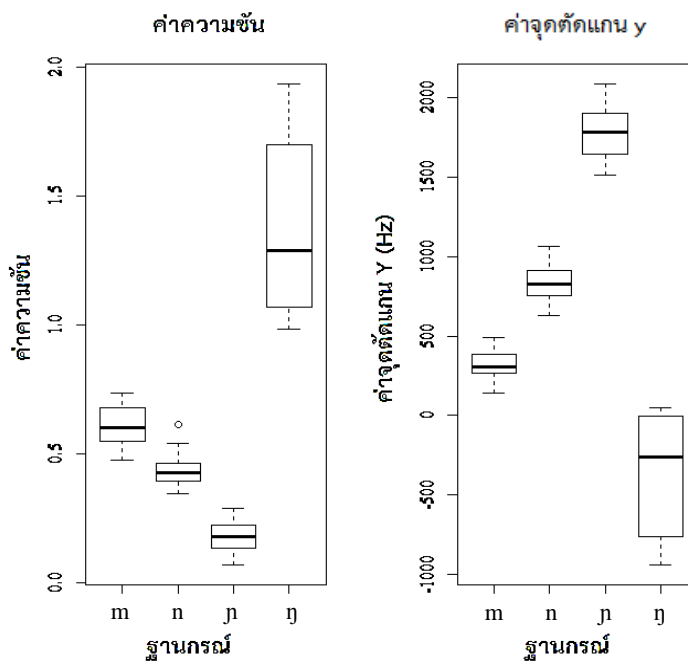
$/ŋ/$ มีค่าความชันอยู่ในช่วง 0.07 – 0.3 และมีค่าจุดตัดแกน y อยู่ในช่วง 1,500 – 2,100 Hz

$/\eta/$ มีค่าความชันอยู่ในช่วง 0.9 – 1.9 และมีค่าจุดตัดแกน y อยู่ในช่วง -900 – 50 Hz

ทั้งนี้ เพื่อให้เห็นความแตกต่างของค่าความชันและค่าจุดตัดแกน y ระหว่างพยัญชนะนาสิกฐานกรณ์ต่างๆ ชัดเจนขึ้น ผู้วิจัยจึงนำค่าความชันและค่าจุดตัดแกน y ของผู้บอกภาษาทั้ง 10 คนจากตารางที่ 4.2 มาสร้างแผนภูมิกล่องในภาพที่ 4.5 แผนภูมิกล่องเป็นแผนภูมิที่ใช้แสดงการแจกแจงข้อมูลของข้อมูลแต่ละชุด โดยตัวกล่องแสดงข้อมูล 50% ของข้อมูลทั้งหมด เส้นกลางกล่องแสดงค่ามัธยฐานซึ่งเป็นค่ากลางของข้อมูล วิสเกอร์ (+ ค่าผิดปกติ) ที่อยู่ด้านล่างหรือด้านบนกล่องต่างแสดงข้อมูล 25% ของข้อมูลทั้งหมด ทั้งนี้ กล่องที่มีความสูงมากแสดงว่าข้อมูลกระจายมาก ตรงข้ามกับกล่องที่มีความสูงน้อยซึ่งแสดงว่าข้อมูลมีค่าใกล้เคียงกัน³⁵ การใช้แผนภูมิกล่องในการนำเสนอข้อมูลจะช่วยให้ผู้อ่านเห็นลักษณะของข้อมูลชัดเจนขึ้น อาทิ หากผลการทดสอบทางสถิติพบว่าข้อมูล 2 ชุดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แผนภูมิกล่องของข้อมูลทั้ง 2 ชุดก็จะแสดงตำแหน่งของแผนภูมิกล่องที่อยู่แยกกันอย่างชัดเจน เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

³⁵ ดูคำอธิบายการตีความแผนภูมิกล่องในหัวข้อที่ 3.4



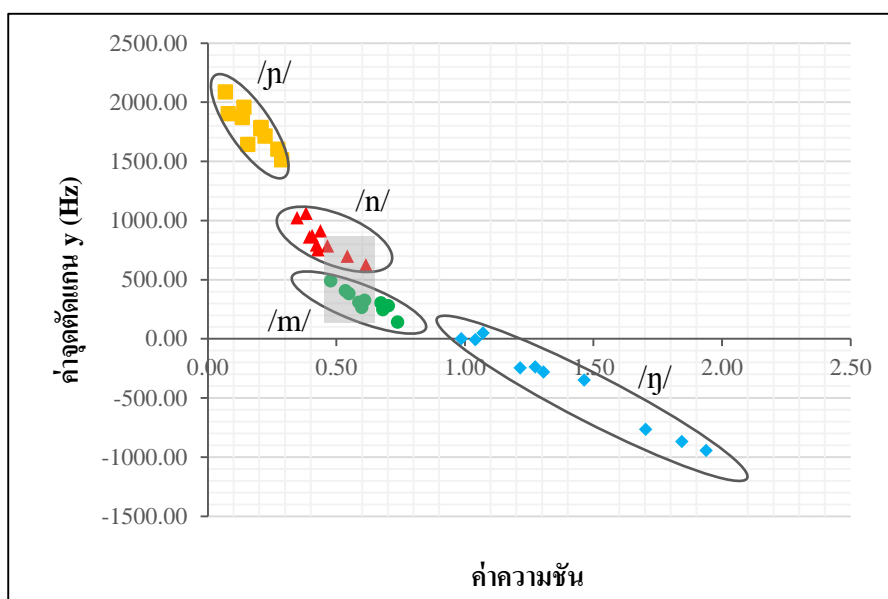
ภาพที่ 4.5 ค่าความชัน (ซ้าย) และค่าจุดตัดแกน y (ขวา) ของพยัญชนะต้นนาสิก /m, n, ŋ, ŋ/ จากข้อมูลของผู้บอกภาษาสะกอเพศชาย 10 คน

จากภาพที่ 4.5 ในกรณีของค่าความชัน ตำแหน่งแผนภูมิกล่องของ /ŋ/ ซึ่งมีค่าความชันมากที่สุดอยู่ด้านบนสุด และตำแหน่งแผนภูมิกล่องของ /ŋ/ ซึ่งมีค่าความชันน้อยสุดอยู่ด้านล่างสุด โดยอยู่ห่างจากแผนภูมิกล่องของพยัญชนะนาสิกอื่นๆ ชัดเจน ส่วนแผนภูมิกล่องของ /m/ และ /n/ อยู่ตรงกลาง แม้วิสเกอร์ที่อยู่ด้านล่างควอร์ไทล์ที่ 1 ของ /m/ และวิสเกอร์ที่อยู่ด้านบนควอร์ไทล์ที่ 3 ของ /n/ จะเหลื่อมกันซึ่งแสดงว่าข้อมูลทั้ง 2 ชุดมีข้อมูล 25% ของข้อมูลทั้งหมดที่มีค่าใกล้เคียงกัน แต่ตัวกล่องซึ่งแสดงข้อมูลจำนวนครึ่งหนึ่งของข้อมูลทั้งหมดอยู่แยกกันอย่างชัดเจน แสดงว่าพยัญชนะนาสิกทั้ง 2 เสียงแตกต่างกัน นอกจากนี้ ผลการทดสอบด้วยสถิติ Kruskal-Wallis และ Wilcoxon ยังพบว่าพยัญชนะนาสิกแต่ละฐานกรณ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วย จึงสรุปได้ว่า ค่าความชันใช้ในการจำแนกพยัญชนะนาสิกต่างฐานกรณ์ได้

ส่วนข้อค้นพบเกี่ยวกับค่าจุดตัดแกน y พบว่า ตำแหน่งแผนภูมิกล่องของพยัญชนะนาสิกแต่ละฐานกรณ์อยู่ห่างกันอย่างชัดเจน โดยที่แผนภูมิกล่องของ /ŋ/ อยู่สูงสุด รองลงมาคือ /m/ และ /n/ ตามลำดับ และผลการทดสอบทางสถิติพบว่า ค่าจุดตัดแกน y ของพยัญชนะนาสิกทั้ง 4 ฐานกรณ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าค่าจุดตัดแกน y ก็ใช้ในการจำแนกพยัญชนะนาสิกต่างฐานกรณ์ได้ดี ทั้งนี้ จะเห็นได้ว่าแผนภูมิกล่องแสดงค่าความชันและค่าจุดตัดแกน y ของ /ŋ/ มีความสูงของกล่องซึ่งสะท้อนการกระจายของข้อมูลมากกว่าแผนภูมิกล่องของพยัญชนะนาสิกฐานกรณ์อื่นๆ ซึ่งมี

ความสูงของกล่องน้อยกว่า สอดคล้องกับค่าความชันและค่าจุดตัดแกน y ของ $/\eta/$ ซึ่งมีการกระจายมาก คือ ค่าความชันมีค่าตั้งแต่ 0.9 – 1.9 และค่าจุดตัดแกน y มีค่าตั้งแต่ -900 – 50

นอกจากนี้ เมื่อนำค่าความชันและค่าจุดตัดแกน y ของพยัญชนะนาสิกแต่ละเสียง (ดูตารางที่ 4.2) มาพลอตแผนภูมิแสดงบริเวณความสัมพันธ์ระหว่างพยัญชนะต้นนาสิกทั้ง 4 ฐานกรณกับสระ (CV space) โดยแกนนอนแสดงค่าความชันและแกนตั้งแสดงค่าจุดตัดแกน y พบว่า ข้อมูลของแต่ละเสียงเกาะกลุ่มกันและแยกออกจากพยัญชนะฐานกรณอื่นอย่างชัดเจน (ดูภาพที่ 4.6 จากซ้ายไปขวา)



ภาพที่ 4.6 บริเวณความสัมพันธ์ระหว่างพยัญชนะต้นนาสิก $/m, n, \eta, \eta/$ กับสระ (CV space) จากค่าความชันและค่าจุดตัดแกน y ของผู้บอกภาษาสะกอเพศชาย 10 คน

จากภาพที่ 4.6 สามารถสรุปรายละเอียดได้ดังนี้

$/\eta/$ มีค่าความชันอยู่ช่วง 0.07 – 0.3 ซึ่งน้อยกว่าค่าของพยัญชนะนาสิกฐานกรณอื่น วงรีแสดงบริเวณความสัมพันธ์ระหว่าง $/\eta/$ กับสระจึงอยู่ด้านซ้ายสุด และค่าจุดตัดแกน y ของ $/\eta/$ อยู่ในช่วง 1,500 – 2,100 Hz ซึ่งมากกว่าค่าของพยัญชนะนาสิกอื่น วงรีจึงอยู่ด้านบนสุด

$/m/$ มีค่าความชันอยู่ช่วง 0.3 – 0.6 ซึ่งจะเห็นว่า มีจุดข้อมูลบางจุดที่มีค่าความชันเหลื่อมกับค่าความชันของ $/m/$ (ดูสีเหลี่ยมสีเทาในภาพที่ 4.6) แต่ยังสามารถแยกวงรีของ $/n/$ ออกจาก $/m/$ ได้ด้วยค่าจุดตัดแกน y ซึ่งมีค่าประมาณ 600 – 1,100 Hz ซึ่งมากกว่าค่าจุดตัดแกน y ของ $/m/$

$/m/$ มีค่าความชันอยู่ช่วง 0.4 – 0.8 และมีค่าจุดตัดแกน y อยู่ช่วง 100 – 500 Hz ซึ่งทั้ง 2 ค่าประกอบกัน ใช้แยก $/m/$ ออกจากพยัญชนะนาสิกต่างฐานกรณได้

/ŋ/ มีค่าความถี่อยู่ช่วง 0.9 – 1.9 ซึ่งมากกว่าค่าของพยัญชนะนาสิกฐานกรณอื่น วงรีจึงอยู่ด้านขวาสุด และค่าจุดตัดแกน y ของ /ŋ/ อยู่ในช่วง -900 – 50 Hz ซึ่งต่ำกว่าค่าของพยัญชนะนาสิกอื่น วงรีจึงอยู่ด้านล่างสุด ทั้งนี้ สังเกตได้ว่าช่วงค่าต่ำสุดและสูงสุดของค่าจุดตัดแกน y ต่างกันมาก ดังจะเห็นว่า /ŋ/ มีวงรียาวที่สุด สะท้อนการกระจายของค่าจุดตัดแกน y ของ /ŋ/

โดยสรุป /ŋ/ และ /ŋ/ มีบริเวณความสัมพันธ์ระหว่างพยัญชนะกับสระอยู่แยกจากพยัญชนะนาสิกฐานกรณอื่นๆ อย่างชัดเจน ส่วนกรณีของ /m/ กับ /n/ ทั้ง 2 เสียงมีบริเวณความสัมพันธ์ระหว่างพยัญชนะกับสระห่างจาก /ŋ/ และ /ŋ/ อย่างชัดเจน แต่เมื่อเปรียบเทียบค่าความถี่ของ /m/ และ /n/ จะเห็นได้ว่ามีค่าทับซ้อนกันอยู่บ้าง แต่ก็ยังสามารถแยกทั้ง 2 เสียงออกจากกันได้ด้วยค่าจุดตัดแกน y จึงสรุปได้ว่า ทั้งค่าความถี่และค่าจุดตัดแกน y ใช้ในการจำแนกพยัญชนะนาสิกต่างฐานกรณได้ดี

ยิ่งไปกว่านั้น ค่าความถี่ของแต่ละฐานกรณยังสะท้อนความสัมพันธ์ของการปรากฏร่วมกันระหว่างพยัญชนะและสระ (coarticulation) ได้ จากลำดับค่าความถี่ซึ่งเรียงจากมากไปน้อย คือ /ŋ/ > /m/ > /n/ > /ŋ/ ทำให้สรุปได้ว่า /ŋ/ ซึ่งมีค่าความถี่มากที่สุด สัมพันธ์กับสระมาก นั่นคือ F2onset ของ /ŋ/ ผันแปรตามสระที่เกิดตามมามาก ในทางกลับกัน /ŋ/ มีค่าความถี่น้อยที่สุด แสดงว่า /ŋ/ สัมพันธ์กับสระน้อย นั่นคือ F2onset ไม่แปรตามสระที่ตามมามากนัก

ในส่วนของการซ้อนทับเกี่ยวกับค่าจุดตัดแกน y ของพยัญชนะต้นนาสิก สามารถเรียงลำดับค่าจากมากไปน้อยดังนี้ /ŋ/ > /n/ > /m/ > /ŋ/ ผู้วิจัยสันนิษฐานว่าลำดับค่าจุดตัดแกน y ดังกล่าวสัมพันธ์กับค่าความถี่และค่า F2onset ด้วยเหตุผล 2 ประการ คือ ประการแรก พยัญชนะที่มีค่าความถี่น้อย จะมีค่าจุดตัดแกน y มาก ดังนั้น /ŋ/ มีค่าความถี่น้อยที่สุด จึงมีค่าจุดตัดแกน y มากที่สุด และ /ŋ/ มีค่าความถี่มากที่สุด จึงมีค่าจุดตัดแกน y น้อยที่สุด ประการที่ 2 ได้จากการสังเกตค่า F2onset ของพยัญชนะแต่ละเสียง (ดูตารางที่ 4.1) โดยพบว่า /ŋ/ มีค่า F2onset มากที่สุด ประมาณ 1,900 – 2,200 Hz รองลงมาคือ /n/ มีค่า F2onset ประมาณ 1,100 – 1,900 Hz /m/ มีค่า F2onset ประมาณ 800 – 1,900 Hz และ /ŋ/ มีค่า F2onset ประมาณ 900 – 1,800 Hz จะเห็นได้ว่า โดยรวม /ŋ/ มีค่า F2onset มากกว่าพยัญชนะนาสิกฐานกรณอื่น ซึ่งอาจส่งผลให้ /ŋ/ มีค่าจุดตัดแกน y มากที่สุด ส่วน /m/ และ /ŋ/ มีค่า F2onset ที่ค่อนข้างน้อยกว่า /n/ (ค่าต่ำสุดของ /n/ มากกว่า /m/ และ /ŋ/) และ /ŋ/ ค่าจุดตัดแกน y ของ /m/ และ /ŋ/ จึงอยู่ใน 2 ลำดับสุดท้าย

4.3 ค่าโลคัสเสมือน

ค่าโลคัสเสมือน คือ ค่าความถี่ซึ่งแสดงตำแหน่งเริ่มต้นเสมือน (virtual starting point) ของช่วงรอยต่อระหว่างพยัญชนะและสระ ค่าความถี่นี้มีค่าคงที่ซึ่งสะท้อนตำแหน่งฐานกรณของพยัญชนะที่มีบริเวณเฉพาะแต่ละเสียง แนวความคิดโลคัสเสมือนนี้แตกต่างจาก “โลคัส” ในวิธีสมการจุดรวม

ตามความหมายของ Lindblom (1963) (อ้างถึงใน Sussman et al., 1991) ซึ่งหมายถึง ค่าความถี่ฟอร์เมนที่ 2 ณ จุดเริ่มต้นของช่วงรอยต่อระหว่างพยัญชนะและสระ (F2 onset) อย่างไรก็ตาม วิธีสมการจตุรร่วมสามารถนำมาใช้คำนวณค่าโลคัสเสมือนเพื่อพิสูจน์ว่าพยัญชนะแต่ละเสียงมีค่าโลคัสเสมือนหรือไม่ โดยการพลอตสมการ $y = x$ หรือ $F2 \text{ onset} = F2 \text{ vowel}$ ตัดกับสมการจตุรร่วมค่าความถี่ ณ ตำแหน่งที่สมการทั้ง 2 เส้นตัดกันถือเป็นค่าโลคัสเสมือน³⁶

ข้อค้นพบเกี่ยวกับค่าโลคัสเสมือนของ /m, n, ŋ, ɲ/ ในภาษาสะกอ (ดูตารางที่ 4.3) แสดงลำดับค่าโลคัสเสมือนจากมากไปน้อย ดังนี้ /ɲ/ > /n/ > /m/ > /ŋ/ ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อ (3) ส่วนหนึ่งที่ว่า “พยัญชนะนาสิกเพดานแข็ง /ɲ-/ มีค่าโลคัสเสมือน (virtual locus) มากที่สุด” แต่ไม่เป็นไปตามสมมติฐานส่วนที่ว่า “พยัญชนะนาสิกริมฝีปาก /m-/ มีค่าโลคัสเสมือนน้อยที่สุด” เนื่องจากงานวิจัยนี้พบว่า /ŋ/ มีค่าโลคัสเสมือนน้อยที่สุด และผลการทดสอบทางสถิติพบว่า พยัญชนะนาสิกเกือบทุกคู่มีค่าโลคัสเสมือนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นคู่ /m/ – /ŋ/ ($p = 1$) ใดๆก็ตาม เมื่อพิจารณาความแตกต่างของค่าโลคัสเสมือนของ /m/ และ /ŋ/ ของผู้บอกภาษาแต่ละคนพบรูปแบบความแตกต่าง 2 แบบ คือ กลุ่มแรกซึ่งประกอบด้วยผู้บอกภาษา 3 คน คือ คนที่ 3, 9, 10 มีค่าโลคัสเสมือนของ /m/ มากกว่า /ŋ/ เหมือนกับผลข้างต้น แต่กลุ่มที่ 2 ซึ่งประกอบด้วยผู้บอกภาษา 7 คน คือ คนที่ 1, 2, 4 – 8 มีค่าโลคัสเสมือนของ /m/ น้อยกว่า /ŋ/ ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐาน แต่ถึงอย่างไรความแตกต่างของค่าโลคัสเสมือนของ /m/ และ /ŋ/ ก็ยังไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

³⁶ ดูคำอธิบายเพิ่มเติมในหัวข้อที่ 2.2.2.4 และ 3.3.2.1

ตารางที่ 4.3 ค่าโลคัสเสมือนของพยัญชนะต้นนาสิก /m, n, ŋ/ ในภาษาสะกอ

ผู้พูด	m	n	ŋ	η
1	659.24	1625.31	2067.79	921.29
2	777.75	1715.02	2251.51	874.39
3	846.48	1566.51	2277.92	32.41
4	937.38	1529.61	2160.78	1141.48
5	746.73	1317.67	2123.44	752.86
6	925.50	1376.32	2239.57	1027.90
7	837.37	1425.76	1946.05	1004.48
8	941.42	1466.98	2199.04	1090.52
9	874.80	1467.55	2205.01	-697.02
10	536.95	1622.68	2241.44	191.91
\bar{x}	808.36	1511.34	2171.26	634.02
SD	131.41	123.47	101.73	600.16

จากตารางข้างต้น สามารถสรุปค่าโลคัสเสมือนของพยัญชนะนาสิกแต่ละฐานกรณ์ได้ดังนี้
 /m/ มีค่าโลคัสเสมือนอยู่ในช่วง 530 – 950 Hz มีค่าเฉลี่ยของค่าโลคัสเสมือนเท่ากับ 808.36 Hz และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 131.41

/n/ มีค่าโลคัสเสมือนอยู่ในช่วง 1,300 – 1,720 Hz มีค่าเฉลี่ยของค่าโลคัสเสมือนเท่ากับ 1,511.34 Hz และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 123.47

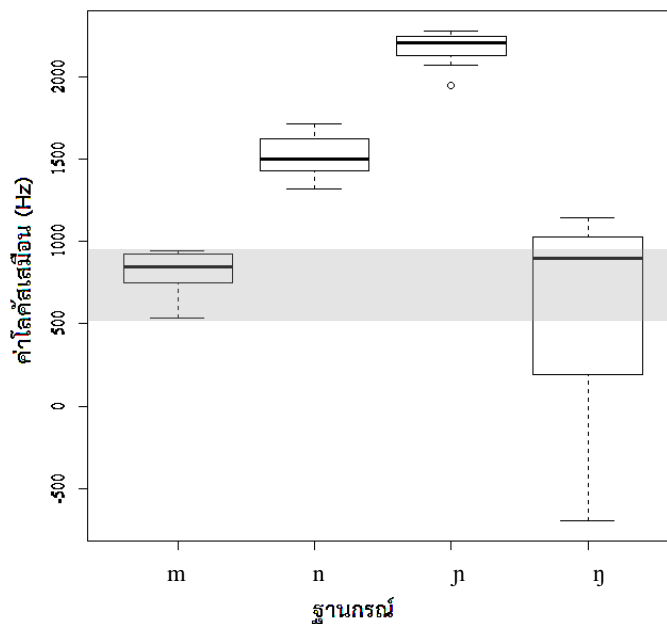
/ŋ/ มีค่าโลคัสเสมือนอยู่ในช่วง 1,940 – 2,280 Hz และมีค่าเฉลี่ยของค่าโลคัสเสมือนเท่ากับ 2,171.26 Hz และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 101.73

/η/ มีค่าโลคัสเสมือนอยู่ในช่วง -690 – 1,150 Hz และมีค่าเฉลี่ยของค่าโลคัสเสมือนเท่ากับ 634.02 Hz และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 600.16 ทั้งนี้ ผู้บอกภาษาคนที่ 9 มีค่าโลคัสเสมือนติดลบซึ่งเป็นค่าที่ไม่สมเหตุผลสมผล เนื่องจากค่าโลคัสเสมือนควรเป็นค่าบวกเท่านั้น เหตุที่ค่าโลคัสเสมือนของผู้บอกภาษาคนที่ 9 ติดลบอาจเป็นเพราะค่าจุดตัดแกน y เป็นบวก หากพิจารณาค่าจุดตัดแกน y ในตารางที่ 4.2 และค่าโลคัสเสมือนในตารางที่ 4.3 จะเห็นได้ว่า ผู้บอกภาษาคนที่ 9 ซึ่งเป็น 1 ใน 2 คนที่มีค่าจุดตัดแกน y เป็นบวก (48.86 Hz) มีค่าโลคัสเสมือนเป็นลบ ในขณะที่เดียวกัน ผู้บอกภาษาคนที่ 3 ซึ่งเป็นอีกคนหนึ่งที่มีค่าจุดตัดแกน y เป็นบวก (0.49 Hz) มีค่าโลคัสเสมือนใกล้เคียงกับ 0 ผู้วิจัยได้สันนิษฐานว่า ในกรณีของ /η/ ค่าจุดตัดแกน y ที่เป็นบวกส่งผลให้ค่าโลคัสเสมือนมีค่าน้อย อย่างไรก็ตาม เนื่องจากจำนวนสระที่เกิดร่วมกับ /η/ มีน้อย ทำให้มีปริมาณข้อมูลค่าความถี่ฟอร์แมนท์

ที่ 2 จำกัด และอาจไม่เพียงพอต่อการศึกษาค่าโลคัสเสมือนของ /ŋ/ ถ้าได้ข้อมูลของ /ŋ/ ที่เกิดร่วมกับสระอื่นๆ นอกเหนือจาก /a, ɔ/ เพิ่มเติม อาจทำให้ได้ค่าโลคัสเสมือนที่แตกต่างไป

เมื่อนำค่าโลคัสเสมือนของผู้บอกภาษาทั้ง 10 คนจากตารางที่ 4.3 มาสร้างแผนภูมิกล่อง (ดูภาพที่ 4.7) จะเห็นได้ว่า พยัญชนะนาสิกริมฝีปาก /m/ ปุ่มเหงือก /n/ และเพดานแข็ง /ŋ/ มีค่าโลคัสเสมือนที่แตกต่างจากฐานกรณ์อื่นอย่างชัดเจน โดยที่ค่าโลคัสเสมือนของพยัญชนะนาสิกเพดานแข็งมีค่าสูงสุด รองลงมาคือ ปุ่มเหงือก และริมฝีปากตามลำดับ และแผนภูมิกล่องของพยัญชนะนาสิกแต่ละฐานกรณ์มีความสูงไม่มากนัก ซึ่งสอดคล้องกับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละฐานกรณ์ซึ่งมีค่าประมาณ 100 Hz ในทางกลับกัน ค่าโลคัสเสมือนของพยัญชนะนาสิกเพดานอ่อน /ŋ/ มีช่วงค่ากว้าง ซึ่งสะท้อนว่าค่าโลคัสเสมือนกระจายมาก สอดคล้องกับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานซึ่งมีค่าสูงประมาณ 600 Hz นอกจากนี้ ค่าโลคัสเสมือนของ /ŋ/ ยังทับซ้อนกับ /m/ ในช่วง 700 ถึง 1,000 Hz แสดงว่า ไม่สามารถจำแนกพยัญชนะนาสิก 2 ฐานกรณ์นี้ออกจากกันด้วยค่าโลคัสเสมือนได้ (ดูแถบเทาในภาพที่ 4.7)

สาเหตุที่ค่าโลคัสเสมือนของ /m/ และ /ŋ/ ใกล้เคียงกัน อาจเป็นเพราะค่าโลคัสเสมือนของ /ŋ/ มีที่มาจากสระ /a/ ซึ่งมีความถี่ฟอร์แมนท์ที่ 2 ประมาณ 1,500 Hz และ /ɔ/ ซึ่งมีความถี่ฟอร์แมนท์ที่ 2 ประมาณ 900 Hz ต่างจากค่าโลคัสเสมือนของ /m/ /n/ และ /ŋ/ ที่มาจากข้อมูลซึ่งมีสระหน้าที่มีความถี่ฟอร์แมนท์ที่ 2 สูงด้วย (ดูตารางที่ 4.1) ผู้วิจัยสันนิษฐานว่าค่าความถี่ฟอร์แมนท์ที่ 2 ที่ไม่สูงมากของสระที่เกิดร่วมกับ /ŋ/ ส่งผลให้ค่าโลคัสเสมือนน้อย สอดคล้องกับข้อค้นพบในภาษา Yindjibarndi ของ Tabain (n.d.) ที่แสดงให้เห็นว่า พยัญชนะนาสิกเพดานอ่อนซึ่งเกิดหน้าสระ /a/ และ /u/ มีค่าโลคัสเสมือน 1,081 Hz ซึ่งใกล้เคียงกับค่าโลคัสเสมือนของผู้บอกภาษาสะกอสส่วนใหญ่ ผู้วิจัยคาดว่าถ้ามีข้อมูล /ŋ/ ที่ปรากฏหน้าสระหน้าเพิ่มเติม ค่าโลคัสเสมือนอาจมากขึ้น



ภาพที่ 4.7 ค่าโลคัสเสมือนของพยัญชนะต้นนาสิก /m, n, ɲ, ŋ/ จากข้อมูลของผู้บอกภาษาสะกอเพศชาย 10 คน

4.4 สรุปและอภิปรายผล

ผลการศึกษาระบุถึงความแตกต่างระหว่างพยัญชนะต้นนาสิก 4 ฐานกรณ์ ได้แก่ ริมฝีปาก /m/, ปุ่มเหงือก /n/, เพดานแข็ง /ɲ/ และเพดานอ่อน /ŋ/ ด้วยวิธีสมการจุดร่วม พบทั้งผลที่สนับสนุนและคัดค้านสมมติฐานของภาษาสะกอซึ่งแบ่งเป็น 3 ข้อย่อย ดังนี้

(1) พยัญชนะนาสิกเพดานอ่อน /ŋ-/ มีค่าความชัน (slope) มากที่สุดและพยัญชนะนาสิกเพดานแข็ง /ɲ-/ มีค่าความชันน้อยที่สุด

สนับสนุน เพราะพบค่าความชันซึ่งเรียงลำดับจากมากไปน้อย คือ /ŋ/ > /m/ > /n/ > /ɲ/

(2) พยัญชนะนาสิกเพดานแข็ง /ɲ-/ มีค่าจุดตัดแกน y (y-intercept) มากที่สุดและพยัญชนะนาสิกเพดานอ่อน /ŋ-/ มีค่าจุดตัดแกน y น้อยที่สุด

สนับสนุน เพราะพบค่าจุดตัดแกน y ซึ่งเรียงลำดับจากมากไปน้อย คือ /ɲ/ > /n/ > /m/ > /ŋ/

(3) พยัญชนะนาสิกเพดานแข็ง /ɲ-/ มีค่าโลคัสเสมือน (virtual locus) มากที่สุดและพยัญชนะนาสิกริมฝีปาก /m-/ มีค่าโลคัสเสมือนน้อยที่สุด

สนับสนุนสมมติฐานส่วนที่ว่า พยัญชนะเพดานแข็งมีค่าโลคัสเหมือนมากที่สุด เพราะพบค่าโลคัสเหมือนซึ่งเรียงลำดับจากมากไปน้อย คือ /ŋ/ > /n/ > /m/ > /ŋ/

แต่คัดค้านสมมติฐานส่วนที่ว่า พยัญชนะนาสิกริมฝีปากมีค่าโลคัสเหมือนน้อยที่สุด เพราะพบว่าพยัญชนะนาสิกเพดานอ่อนมีค่าโลคัสเหมือนน้อยที่สุด

ผลการศึกษาข้างต้นแสดงให้เห็นว่า ค่าความชันและค่าจุดตัดแกน y ซึ่งได้จากวิธีสมการจุดร่วมใช้จำแนกพยัญชนะต้นนาสิกต่างฐานกรณ์ได้ดี ซึ่งสนับสนุนด้วยผลการทดสอบด้วยสถิติ Kruskal-Wallis และ Wilcoxon ที่พบว่าพยัญชนะนาสิกแต่ละฐานกรณ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ /ŋ/ มีค่าความชันมากที่สุด รองลงมาคือ /m/ /n/ และ /ŋ/ ตามลำดับ ส่วนค่าจุดตัดแกน y แสดงผลในทิศทางตรงข้ามกัน คือ /ŋ/ มีค่าจุดตัดแกน y มากที่สุด รองลงมาคือ /n/ /m/ และ /ŋ/ ข้อค้นพบเกี่ยวกับค่าความชันสอดคล้องกับผลการศึกษาในงานวิจัยอื่นๆ ซึ่งส่วนใหญ่ศึกษาพยัญชนะ 3 ฐานกรณ์ที่พบว่าพยัญชนะเพดานอ่อนมีค่าความชันมากที่สุด รองลงมาคือ ริมฝีปากและปุ่มเหงือกตามลำดับ และพยัญชนะปุ่มเหงือกมีค่าจุดตัดแกน y มากที่สุด รองลงมาคือ ริมฝีปากและเพดานอ่อนตามลำดับ (Krull, 1989; Lindblom, 1963 อ้างถึงใน Sussman et al., 1991; Luangthongkum et al., 2011; Sussman et al., 1993; ยุกาพร ฮวดศิริ, 2550; ธีระพันธ์ เหลืองทองคำและคณะ, 2554)

ในส่วนของผลการวิเคราะห์ค่าโลคัสเหมือน พบว่า /ŋ/ มีค่าโลคัสเหมือนมากที่สุด รองลงมาคือ /n/ /m/ และ /ŋ/ ตามลำดับ สอดคล้องกับผลการศึกษาภาษา Yanyuwa ของ Tabain (n.d.) อย่างไรก็ตาม ในขณะที่ค่าโลคัสเหมือนของ /m/ /n/ และ /ŋ/ แตกต่างกันอย่างชัดเจน แต่ค่าโลคัสเหมือนของ /m/ และ /ŋ/ กลับมีค่าใกล้เคียงกัน สอดคล้องกับผลการทดสอบทางสถิติที่พบว่าความแตกต่างนี้ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และยังพบว่าผู้บอกภาษา 1 ใน 10 คนมีค่าโลคัสเหมือนของ /ŋ/ ที่ไม่สมเหตุผลสมผล คือมีค่าติดลบ ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะข้อมูลของ /ŋ/ มีน้อยเกินไป จึงเป็นไปได้ว่าหากมีข้อมูลของ /ŋ/ ที่ปรากฏร่วมกับสระอื่นๆ นอกเหนือจาก /a, ɔ/ เพิ่มเติม อาจทำให้ได้ผลลัพธ์ของค่าโลคัสเหมือนที่แตกต่างไป ซึ่งอาจสะท้อนลักษณะทางกลศาสตร์ของพยัญชนะนาสิกเพดานอ่อนได้ดีขึ้น

บทที่ 5

สระเสียงขึ้นจมูกในภาษาปะโอ

ในบรรดาภาษากลุ่มกะเหรี่ยง ภาษาปะโอเป็นเพียงภาษาเดียวที่ยังคงเก็บรักษาพยัญชนะท้ายนาสิกทั้ง 3 ฐานกรณ์ในภาษากะเหรี่ยงดั้งเดิม (Proto-Karen) ได้แก่ ริมฝีปาก *m, ปุ่มเหงือก *n และเพดานอ่อน *ŋ ไว้ (Burling, 1969; Jones, 1961; Luangthongkum, 2014; Shintani, 2003; Solnit, 2013) ภาษาปะโอจึงมีทั้งพยัญชนะต้นนาสิกที่อยู่หน้าสระ /NVC/ และพยัญชนะท้ายนาสิกที่อยู่หลังสระ /CVN/ ทำให้สามารถวิเคราะห์ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกที่เกิดจากพยัญชนะนาสิกที่อยู่ในตำแหน่งต่างกัน เพื่อศึกษาว่าพยัญชนะนาสิกที่ปรากฏหน้าหรือหลังสระทำให้สระมีระดับการออกเสียงขึ้นจมูกมากน้อยกว่ากันหรือไม่และอย่างไร โดยใช้วิธีการหาค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของสระเสียงขึ้นจมูกด้วยวิธีการเปรียบเทียบสเปกตรัม FFT (Fast Fourier Transform)³⁷ และนำค่าที่ได้มาทดสอบด้วยสถิติ Wilcoxon เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าต่างๆ ของสระเสียงขึ้นจมูกที่ปรากฏหลังและหน้าพยัญชนะนาสิก โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 0.05 ($p < 0.05$) เพื่อทดสอบสมมติฐานในภาษาปะโอที่ว่า

ในภาษาปะโอ สระโอษฐ์ซึ่งปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิก /NVC/ มีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระโอษฐ์ซึ่งปรากฏหน้าพยัญชนะท้ายนาสิก /CVN/ อย่างมีนัยสำคัญ

ผู้วิจัยแบ่งการนำเสนอเป็น 6 ส่วน โดยในหัวข้อที่ 5.1 กล่าวถึงค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของสระ /e/ และ /ɛ/ ที่ปรากฏในบริบทพยัญชนะต้นนาสิกและพยัญชนะท้ายนาสิก จากนั้นจึงนำเสนอข้อค้นพบเกี่ยวกับค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกของพยัญชนะต้นนาสิกและพยัญชนะท้ายนาสิก และค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดของสระแต่ละเสียงที่ปรากฏหลังหรือหน้าพยัญชนะนาสิกในหัวข้อที่ 5.2 และ 5.3 ตามลำดับ ส่วนหัวข้อที่ 5.4 กล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะเวลาต่างๆ จากการเปรียบเทียบสระที่เกิดหลังหรือหน้าพยัญชนะนาสิก นอกจากนี้ ยังเปรียบเทียบสระที่มีระดับสูงต่ำของลิ้นต่างกันในบริบทพยัญชนะนาสิกแต่ละแบบด้วย³⁸ และหัวข้อที่ 5.5 เป็นการสรุปและอภิปรายผล ในแต่ละส่วนได้ให้คำอธิบายพร้อมตาราง แผนภูมิกล่องซึ่งใช้เมื่อมีการเปรียบเทียบค่าระยะเวลาประเภทเดียวกันระหว่างสระเสียงขึ้นจมูกที่อยู่หลังและหน้าพยัญชนะนาสิก และกราฟ

³⁷ ดูรายละเอียดการหาค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกในหัวข้อที่ 3.3.2.2

³⁸ ผู้วิจัยวัดค่าระยะเวลาหลายประเภท เพราะคาดว่ากรวิเคราะห์ค่าเหล่านี้ร่วมกับค่าที่ได้จากการศึกษาภาษาโป จะทำให้เข้าใจการออกเสียงขึ้นจมูกมากขึ้น และได้วิเคราะห์ค่าระยะเวลาแยกตามสระ เนื่องจากเกรงว่าถ้าวัดค่าจากสระ /e/ และ /ɛ/ รวมกัน จะทำให้ไม่สามารถสังเกตเห็นความแตกต่างของอิทธิพลของพยัญชนะนาสิกที่อยู่ในตำแหน่งต่างกันต่อสระที่มีคุณสมบัติสระต่างกันดี

แห่งซึ่งใช้ประกอบการบรรยายความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะเวลาต่างประเภทของสระแต่ละเสียง โดยได้นำเสนอทั้งค่าระยะเวลาสัมบูรณ์และค่าร้อยละของค่าระยะเวลา เหตุที่แสดงค่าร้อยละด้วยเป็นเพราะค่าร้อยละเป็นค่าที่ผ่านการปรับค่าให้เป็นกลาง (normalization) ซึ่งช่วยกำจัดความแตกต่างของค่าระยะเวลาอันเนื่องมาจากความเร็วในการพูดของแต่ละคนและทำให้สามารถเปรียบเทียบค่าระยะเวลาที่มาจากผู้บอกภาษาหลายคนได้ ถ้าผลการวิเคราะห์ค่าระยะเวลาสัมบูรณ์และค่าร้อยละแตกต่างกัน จะเน้นตีความผลการวิจัยจากค่าร้อยละ เนื่องจากเป็นค่าที่ได้ปรับให้เป็นกลาง

5.1 ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก

ดังที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 หัวข้อที่ 3.3.2.2.3 การหาค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของสระที่ปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิกใช้วิธีการเปรียบเทียบสเปกตรัม FFT ได้เท่านั้น ส่วนเกณฑ์พลังงานไม่สามารถนำมาใช้หาค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของสระที่อยู่หลังพยัญชนะต้นนาสิกได้ เนื่องจากเกณฑ์นี้จะพิจารณาว่าสระช่วงใดมีค่าความเข้มหรือพลังงานลดลง และถือว่าช่วงนั้นแสดงการออกเสียงขึ้นจมูกของสระ แต่เนื่องจากสระที่อยู่หลังพยัญชนะต้นมักมีพลังงานสูงอยู่แล้ว จึงไม่สามารถใช้เกณฑ์นี้ในการวิเคราะห์สระที่ปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิกได้ นอกจากนี้ วิธีการเปรียบเทียบสเปกตรัม FFT ยังมีข้อจำกัด คือ เป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์สระหน้าเท่านั้น เนื่องจากตำแหน่งค่าความถี่ฟอร์เมนทที่ 1 และ 2 ของสระหน้าห่างกัน ซึ่งเอื้อต่อการระบุตำแหน่งค่าความถี่ฟอร์เมนทนาสิกซึ่งใช้ในการหาค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก ในทางกลับกัน สระกลางและสระหลังมีค่าความถี่ฟอร์เมนทที่ 1 และ 2 ใกล้กัน ซึ่งไปเบียดบังค่าความถี่ฟอร์เมนทนาสิก จึงไม่สามารถใช้วิธีการเปรียบเทียบสเปกตรัม FFT ได้ ด้วยเหตุนี้ คำตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์การออกเสียงขึ้นจมูกของสระในภาษาปะโอจึงประกอบด้วยพยัญชนะนาสิก พยัญชนะกัก และสระไอซ์ชูที่เป็นสระหน้า คือ สระ /e/ และ /ɛ/ เท่านั้น แต่เนื่องจากไม่พบคำตัวอย่างที่สระ /i/ ปรากฏร่วมกับพยัญชนะต้นนาสิก จึงไม่ได้ศึกษาสระ /i/

วิธีการหาค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของสระเสียงขึ้นจมูกซึ่งเป็นสระหน้าด้วยวิธีการเปรียบเทียบสเปกตรัม FFT ของทั้งช่วงสระโดยสังเขป คือ ขึ้นแรกเริ่มจากการหาสเปกตรัมของสระแต่ละเสียง โดยการดึงสเปกตรัม FFT ขนาด 25 มิลลิวินาที ทุก 10 มิลลิวินาทีจากทั้งช่วงสระในคำทดสอบ 1 คำ จากนั้นจึงนำสเปกตรัมแต่ละภาพมาเปรียบเทียบกันเพื่อหาว่าสเปกตรัมภาพใดมีค่าความถี่ฟอร์เมนทนาสิกปรากฏเป็นภาพแรกในกรณีของสระที่อยู่หน้าพยัญชนะท้ายนาสิก หรือภาพสุดท้ายในกรณีของสระที่อยู่หลังพยัญชนะต้นนาสิก³⁹ ภาพนี้ถือเป็นจุดเริ่มต้นหรือจุดสิ้นสุดของการ

³⁹ ตัวอย่างภาพสเปกตรัมที่มีค่าความถี่ฟอร์เมนทนาสิกในบทที่ 6 ภาพที่ 6.8 – 6.13 เหตุที่ไม่ได้นำเสนอภาพสเปกตรัมในบทที่ 5 เนื่องจากสเปกตรัมของสระเสียงขึ้นจมูกในภาษาปะโอมีหลายแบบ แต่ในภาษาปะโอ สระเสียงขึ้นจมูกทุกเสียงมีการออกเสียงขึ้นจมูกตลอด

ออกเสียงขึ้นจมูก แล้วจึงหาค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกโดยการนำเคอร์เซอร์ไปวางบนสเปคโตรแกรม ณ ตำแหน่งเวลาของสเปคตรัมข้างต้น⁴⁰

ในการนำเสนอผลจะกล่าวถึงผลการวิเคราะห์ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกและค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของสระ 2 เสียงในภาษาปะโอ ได้แก่ /e/ และ /ɛ/ ที่ปรากฏในบริบทพยัญชนะนาสิก เพื่อศึกษาความแตกต่างระหว่างการออกเสียงขึ้นจมูกของสระที่อยู่หลังและหน้าพยัญชนะนาสิก โดยนำเสนอผลด้วยตารางและแผนภูมิกล่อง ค่าที่ปรากฏในตารางประกอบด้วยค่าต่ำสุด (Minimum) ควอร์ไทล์ที่ 1 (Q1)⁴¹ ค่ามัธยฐาน (Median) ควอร์ไทล์ที่ 3 (Q3)⁴² ค่าสูงสุด (Maximum) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) โดยค่า 5 ค่าแรกเป็นค่าที่ใช้ในการสร้างแผนภูมิกล่อง (ดูภาพที่ 5.1) ส่วนค่าเฉลี่ยเป็นค่าสถิติที่ใช้แสดงค่ากลางของข้อมูลเช่นเดียวกับค่ามัธยฐาน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานแสดงการแปรของข้อมูล⁴³

ผู้วิจัยเรียงลำดับค่าในตารางจากซ้ายไปขวา ดังนี้ (1) ค่าต่ำสุด (2) ควอร์ไทล์ที่ 1 (3) ค่ามัธยฐาน (4) ควอร์ไทล์ที่ 3 (5) ค่าสูงสุด เพื่อให้สอดคล้องกับลำดับค่าที่ปรากฏในแผนภูมิกล่องจากด้านล่างไปยังด้านบน และเรียงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานไว้ในลำดับที่ (6) และ (7) ในกรณีที่ข้อมูลของชุดสระมีค่าผิดปกติ (Outlier) ซึ่งก็คือ ค่าที่สูงหรือต่ำผิดปกติ ค่าสูงสุดหรือต่ำสุดที่ปรากฏในตารางจะมีค่าเท่ากับค่าผิดปกติที่มีค่ามากที่สุดหรือน้อยที่สุดในชุดข้อมูล



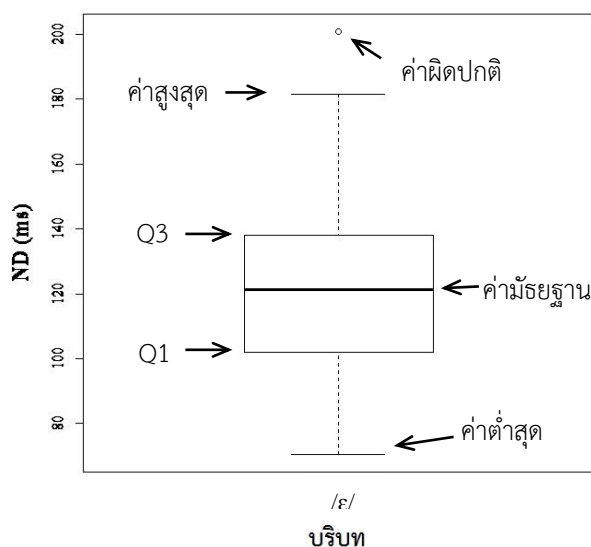
ทั้งสระ จึงเลือกข้อมูลมาแสดงได้ง่ายกว่า นอกจากนี้ ภาษาโปมีความต่างระหว่างสระไอซุและสระนาสิก จึงได้นำเสนอสเปคตรัมของสระไอซุ เพื่อแสดงความแตกต่างระหว่างสระที่มีและไม่มีการออกเสียงขึ้นจมูก

⁴⁰ ดูรายละเอียดการหาค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกในหัวข้อที่ 3.3.2.2

⁴¹ ควอร์ไทล์ที่ 1 (Q1) คือ เปอร์เซนต์ไทล์ที่ 25 ของข้อมูล นั่นคือ 25% ของข้อมูลมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับควอร์ไทล์ที่ 1 และอีก 75% มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับควอร์ไทล์ที่ 1

⁴² ควอร์ไทล์ที่ 3 (Q3) คือ เปอร์เซนต์ไทล์ที่ 75 ของข้อมูล นั่นคือ 75% ของข้อมูลมีน้อยกว่าหรือเท่ากับควอร์ไทล์ที่ 3 และอีก 25% มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับควอร์ไทล์ที่ 3

⁴³ ดูคำอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับค่าสถิติและแผนภูมิกล่องในหัวข้อที่ 3.3.4 และ 3.4



ภาพที่ 5.1 ตัวอย่างแผนภูมิกล่องของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก (ND) ของ /ɛ/ ที่เกิดหลังพยัญชนะต้นนาสิก /NVC/ จากข้อมูลของผู้บอกภาษาปะโอเพศชาย 19 คน หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms)

ภาพที่ 5.1 แสดงค่าต่ำสุด, Q1, ค่ามัธยฐาน, Q3, ค่าสูงสุด และค่าผิดปกติ⁴⁴ แผนภูมิกล่องแบ่งได้เป็น 4 ช่วง คือ (1) ค่าต่ำสุดหรือค่าผิดปกติ (ถ้ามี) ถึง Q1, (2) Q1 ถึงค่ามัธยฐาน, (3) ค่ามัธยฐานถึง Q3, และ (4) Q3 ถึงค่าสูงสุด หรือค่าผิดปกติ (ถ้ามี) ช่วงแต่ละช่วงแทนข้อมูลจำนวน 25% ของข้อมูลทั้งหมด ยิ่งช่วงใดมีความสูงมาก แสดงว่าข้อมูลของช่วงนั้นยังมีการแปรมาก ช่วงระหว่าง Q1 ถึง Q3 แสดงข้อมูล 50% หรือข้อมูลครึ่งหนึ่งจากข้อมูลทั้งหมดซึ่งอยู่ใกล้ค่ามัธยฐาน ในงานวิจัยนี้เรียกช่วงนี้ว่า “ตัวกล่อง” ตัวกล่องนี้ถือเป็นช่วงที่สำคัญ เนื่องจากสามารถแสดงความแตกต่างระหว่างเสียงแต่ละเสียงได้ดี ส่วนช่วงที่เป็นเส้นประ เรียกว่า “วิสเกอร์” แต่ละวิสเกอร์แสดงข้อมูล 25% ของข้อมูลทั้งหมด ในกรณีที่มีค่าผิดปกติ ข้อมูล 25% ของข้อมูลทั้งหมดรวมทั้งส่วนวิสเกอร์และค่าผิดปกติ

⁴⁴ ค่าผิดปกติ (Outlier) คือ ค่าที่สูงหรือต่ำผิดปกติ นั่นคือ มีค่ามากกว่า $Q3 + 1.5(IQR)$ แต่ไม่เกิน $Q3 + 3(IQR)$ หรือมีค่าน้อยกว่า $Q1 - 1.5(IQR)$ แต่ไม่เกิน $Q1 - 3(IQR)$ (ดูรายละเอียดเพิ่มเติมในหัวข้อที่ 3.4) ทั้งนี้ จะสังเกตเห็นได้ว่าแผนภูมิกล่องที่นำเสนอในบทที่ 5 และ 6 มีค่าผิดปกติปรากฏอยู่น้อยต่างกัน อย่างไรก็ตาม ไม่ถือว่าข้อมูลผิดปกติ เนื่องจากข้อมูลมาจากผู้บอกภาษาหลายคน และมีค่าทดสอบจำนวนมาก ค่าที่ได้จึงหลากหลาย และค่าผิดปกติถือเป็นค่าเพียงส่วนน้อยที่แตกต่างจากค่าในข้อมูลแต่ละชุด

5.1.1 สระกลาง หน้า ปากเหี้ยด /e/

จากการเปรียบเทียบค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกและค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของ /e/ ที่ปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิกและหน้าพยัญชนะท้ายนาสิก พบว่า ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกและค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของ /e/ ที่ปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิก /NVC/ มีค่ามากกว่าค่าของ /e/ ที่ปรากฏหน้าพยัญชนะท้ายนาสิก /CVN/ และความแตกต่างนี้มีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อทดสอบด้วยสถิติ Wilcoxon จึงกล่าวได้ว่าข้อค้นพบจากการวิจัยสนับสนุนสมมติฐานในภาษาปะโอที่ว่า สระโอษฐ์ซึ่งปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิก /NVC/ มีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระโอษฐ์ซึ่งปรากฏหน้าพยัญชนะท้ายนาสิก /CVN/ อย่างมีนัยสำคัญ (ดูตารางที่ 5.1 และ 5.2)

ตารางที่ 5.1 ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของ /e/ ที่เกิดหลังพยัญชนะต้นนาสิกและหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกของผู้บอกภาษาปะโอเพศชาย 19 คน โดยระบุค่าต่ำสุด (Min) ควอร์ไทล์ที่ 1 (Q1) ค่ามัธยฐาน (Median) ควอร์ไทล์ที่ 3 (Q3) ค่าสูงสุด (Max) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms)

บริบท	Min	Q1	Median	Q3	Max	Mean	SD
NVC	52.28	89.19	103.40	120.20	207.89	106.24	25.80
CVN	0	0	0	35.91	108.65	17.83	22.38

จากตารางที่ 5.1 เมื่อเปรียบเทียบค่ามัธยฐานและค่าเฉลี่ยระหว่าง /e/ ที่ปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิกและ /e/ ที่ปรากฏหน้าพยัญชนะท้ายนาสิก จะเห็นได้ว่า /e/ ที่ปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิกมีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าอย่างชัดเจน ซึ่งสนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้ในขณะที่ค่ามัธยฐานและค่าเฉลี่ยของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของ /e/ ในบริบทพยัญชนะต้นนาสิกมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งแสดงว่าข้อมูลมีการแจกแจงที่ค่อนข้างสมมาตร⁴⁵ แต่ในกรณีของบริบทพยัญชนะท้ายนาสิก ค่าเฉลี่ยมีค่าสูงกว่าค่ามัธยฐานมาก แสดงว่าข้อมูลค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของสระในบริบทพยัญชนะท้ายนาสิกบางค่ามีค่าสูง ทำให้ค่าเฉลี่ยมีค่าสูงตามไปด้วย นอกจากนี้ เมื่อพิจารณา /e/ ที่ปรากฏในบริบทพยัญชนะท้ายนาสิก สังเกตได้ว่าค่าต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 0 มิลลิวินาที แสดงว่า /e/ ในคำทดสอบบางคำไม่มีการออกเสียงขึ้นจมูกเลย และค่ามัธยฐานก็มีค่าเท่ากับ 0

⁴⁵ ดูรายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับแผนภูมิกล่องในหัวข้อที่ 3.4

มิลลิวินาที แสดงว่าค่าทดสอบจำนวนครั้งหนึ่งไม่มีการออกเสียงขึ้นจมูกเช่นกัน ทั้งนี้ เมื่อนำค่าสูงสุดมาลบค่าต่ำสุด จะได้ค่าพิสัยของสระในแต่ละบริบท ผลการคำนวณค่าพิสัยปรากฏว่าสระเสียงขึ้นจมูกในบริบทพยัญชนะนาสิกทั้ง 2 แบบมีค่าพิสัยใกล้เคียงกัน คือ /e/ ที่ปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิกมีค่าพิสัยเท่ากับ 118.7 มิลลิวินาที ส่วน /e/ ที่ปรากฏหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกมีค่าพิสัยเท่ากับ 108.65 มิลลิวินาที ในส่วนของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน บริบทพยัญชนะต้นนาสิกมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานค่อนข้างต่ำ แสดงว่าข้อมูลมีการแปรไม่มากนัก แต่ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในบริบทพยัญชนะท้ายนาสิกมากกว่าค่าเฉลี่ย ซึ่งเป็นผลจากการที่บริบทพยัญชนะท้ายนาสิกมีค่า 0 หลายค่า

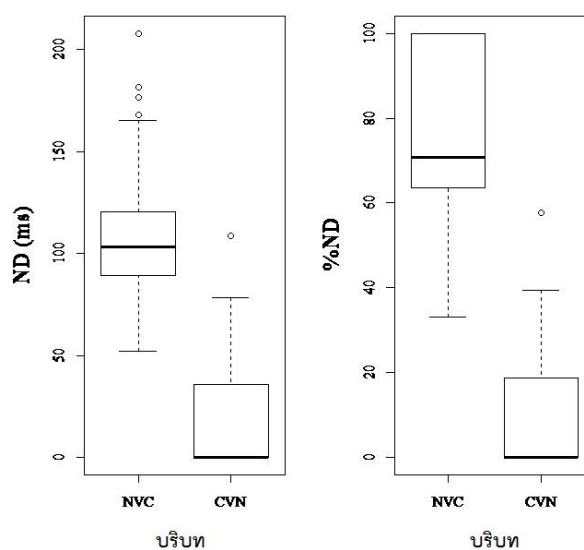
ตารางที่ 5.2 ค่าร้อยละ (%) ของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของสระ /e/ ที่เกิดหลังพยัญชนะต้นนาสิกและหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกของผู้บอกภาษาปะโอเพศชาย 19 คน โดยระบุค่าต่ำสุด (Min) ควอร์ไทล์ที่ 1 (Q1) ค่ามัธยฐาน (Median) ควอร์ไทล์ที่ 3 (Q3) ค่าสูงสุด (Max) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

บริบท	Min	Q1	Median	Q3	Max	Mean	SD
NVC	33.16	63.64	70.77	100	100	75.40	17.14
CVN	0	0	0	18.80	57.64	9.06	11.35

ตารางที่ 5.2 แสดงให้เห็นว่า /e/ ที่เกิดหลังพยัญชนะต้นนาสิกมีค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่า /e/ ที่เกิดหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกอย่างชัดเจน โดยที่ค่าเฉลี่ยของบริบทพยัญชนะต้นนาสิกและบริบทพยัญชนะท้ายนาสิกมีค่ามากกว่าค่ามัธยฐาน แสดงว่าข้อมูลแจกแจงแบบไม่สมมาตร เนื่องจากข้อมูลบางค่ามีค่าสูง และเมื่อพิจารณา /e/ ที่ปรากฏในบริบทพยัญชนะต้นนาสิก จะเห็นได้ว่า ค่าสูงสุดมีค่าเท่ากับ 100% แสดงว่า /e/ ในค่าทดสอบบางค่ามีการออกเสียงขึ้นจมูกตลอดช่วงสระ ส่วนผลการศึกษาค่าพิสัยของค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกคือ สระเสียงขึ้นจมูกในบริบทพยัญชนะทั้ง 2 แบบมีค่าพิสัยใกล้เคียงกัน โดย /e/ ที่เกิดหลังพยัญชนะต้นนาสิกมีค่าพิสัย 66.84% และ /e/ ที่เกิดหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกมีค่าพิสัย 57.64% นอกจากนี้ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของสระที่ปรากฏในบริบทพยัญชนะต้นนาสิกน้อย แสดงว่าข้อมูลแปรน้อย แต่สระที่ปรากฏในบริบทพยัญชนะท้ายนาสิกมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมากกว่าค่าเฉลี่ย เนื่องจากบริบทพยัญชนะท้ายนาสิกมีค่า 0 หลายค่า

ผลการวิเคราะห์ค่าในตารางที่ 5.1 และ 5.2 แสดงให้เห็นว่า การออกเสียงขึ้นจมูกของสระที่ปรากฏในบริบทพยัญชนะนาสิกที่อยู่ในตำแหน่งต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด สอดคล้อง

กับผลการทดสอบทางสถิติที่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่า /e/ ที่เกิดหลังพยัญชนะต้นนาสิกมีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุ่มและค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุ่มมากกว่า /e/ ที่เกิดหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสนับสนุนสมมติฐานว่าสระโอษฐ์ในภาษาปะโอที่ปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิก /NVC/ มีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุ่มมากกว่าสระโอษฐ์ที่ปรากฏหน้าพยัญชนะท้ายนาสิก /CVN/ อย่างมีนัยสำคัญ เพื่อให้เห็นภาพชัดเจนยิ่งขึ้นผู้วิจัยจึงนำเสนอค่าดังกล่าวในแผนภูมิกล่องด้วย (ดูภาพที่ 5.2)



ภาพที่ 5.2 ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุ่ม (ND) หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms) (ซ้าย) และค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุ่ม (%ND) หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%) (ขวา) ของ /e/ ของผู้บอกภาษาปะโอเพศชาย 19 คน

เมื่อพิจารณาภาพที่ 5.2 ซึ่งประกอบด้วยแผนภูมิกล่องแสดงค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุ่ม (ซ้าย) และแผนภูมิกล่องแสดงค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุ่ม (ขวา) จะเห็นได้ว่าในภาพแผนภูมิกล่องทั้ง 2 ด้าน ตัวกล่องของ /e/ ที่อยู่หลังพยัญชนะต้นนาสิกอยู่สูงกว่าตัวกล่องของ /e/ ที่อยู่หน้าพยัญชนะท้ายนาสิก จึงสะท้อนผลการวิเคราะห์ที่ว่าสระในบริบทพยัญชนะต้นนาสิกมีการออกเสียงขึ้นจุ่มมากกว่าสระในบริบทพยัญชนะท้ายนาสิก นอกจากนี้ ถ้าดูแผนภูมิกล่องของบริบทพยัญชนะท้ายนาสิกของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุ่ม จะเห็นได้ว่าค่ามัธยฐานมีค่าเท่ากับ 0 แสดงว่าข้อมูลครึ่งหนึ่งไม่มีการออกเสียงขึ้นจุ่ม ซึ่งแตกต่างจากค่าที่พบในบริบทพยัญชนะต้นนาสิกอย่างชัดเจน สะท้อนให้เห็นพฤติกรรมของการออกเสียงขึ้นจุ่มของสระที่ปรากฏในบริบทต่างกัน

5.1.2 สระต่ำ หน้า ปากเหยียด /ɛ/

ผลการวิเคราะห์ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกและค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของ /ɛ/ ที่อยู่หลังพยัญชนะต้นนาสิกและหน้าพยัญชนะท้ายนาสิก แสดงให้เห็นว่าค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกและค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของ /ɛ/ ที่อยู่หลังพยัญชนะต้นนาสิกมีค่ามากกว่าค่าของ /ɛ/ ที่อยู่หน้าพยัญชนะท้ายนาสิก และความแตกต่างนี้มีนัยสำคัญทางสถิติ ข้อค้นพบนี้สนับสนุนสมมติฐานว่า ในภาษาปะโอ สระโอษฐ์ซึ่งปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิก /NVC/ มีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระโอษฐ์ซึ่งปรากฏหน้าพยัญชนะท้ายนาสิก /CVN/ อย่างมีนัยสำคัญ (ดูตารางที่ 5.3 และ 5.4)

ตารางที่ 5.3 ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของสระ /ɛ/ ที่เกิดหลังพยัญชนะต้นนาสิกและหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกของผู้บอกภาษาปะโอเพศชาย 19 คน โดยระบุค่าต่ำสุด (Min) ควอร์ไทล์ที่ 1 (Q1) ค่ามัธยฐาน (Median) ควอร์ไทล์ที่ 3 (Q3) ค่าสูงสุด (Max) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms)

บริบท	Min	Q1	Median	Q3	Max	Mean	SD
NVC	70.42	101.90	121.22	138	200.95	122.45	25.12
CVN	0	33.41	41.76	49.36	88.95	40.12	14.75

ตารางที่ 5.3 แสดงให้เห็นว่าค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของ /ɛ/ ที่เกิดหลังพยัญชนะต้นนาสิกและหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดย /ɛ/ ที่ปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิกมีค่ามัธยฐานและค่าเฉลี่ยของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่า /ɛ/ ที่ปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิก และความแตกต่างนี้มีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้ ค่ามัธยฐานกับค่าเฉลี่ยของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกภายในบริบทพยัญชนะนาสิกแต่ละแบบยังมีค่าใกล้เคียงกันมาก แสดงว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบสมมาตร นอกจากนี้ /ɛ/ ที่ปรากฏในบริบทพยัญชนะท้ายนาสิกมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0 มิลลิวินาที แสดงว่า /ɛ/ ในคำทดสอบบางคำไม่มีการออกเสียงขึ้นจมูกเลย ในส่วนของค่าพิสัย /ɛ/ ที่อยู่บริบทพยัญชนะต้นนาสิกมีค่าพิสัยมากกว่า /ɛ/ ที่อยู่บริบทพยัญชนะท้ายนาสิก โดยในบริบทพยัญชนะต้นนาสิก ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของ /ɛ/ มีค่าพิสัย 130.53 มิลลิวินาที ส่วน /ɛ/ ที่อยู่บริบทพยัญชนะท้ายนาสิกมีค่าพิสัย 88.95 มิลลิวินาที และ /ɛ/ ที่อยู่บริบทพยัญชนะต้นนาสิกยังมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกสูงกว่า /ɛ/ ที่อยู่บริบทพยัญชนะท้ายนาสิก

แสดงว่าข้อมูลในบริบทพยัญชนะต้นนาสิกมีการแปรมากกว่าข้อมูลในบริบทพยัญชนะท้ายนาสิก อย่างไรก็ตาม ยังถือว่าสระที่เกิดในทั้ง 2 บริบทมีการแปรของข้อมูลไม่มากนัก เนื่องจากมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานค่อนข้างต่ำ

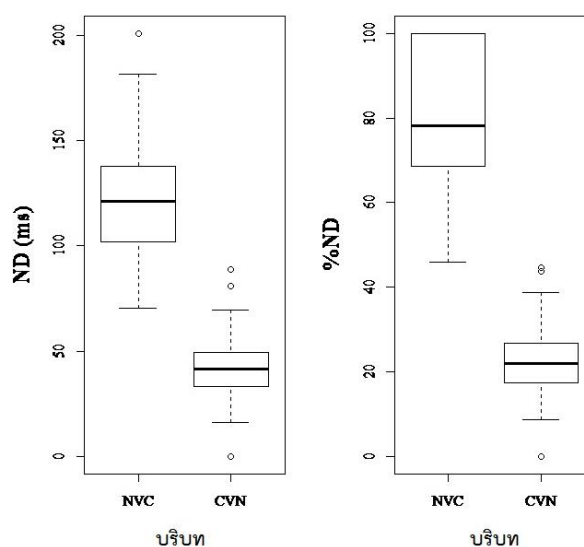
ตารางที่ 5.4 ค่าร้อยละ (%) ของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของสระ /ε/ ที่เกิดหลังพยัญชนะต้นนาสิกและหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกของผู้บอกภาษาปะโอเพศชาย 19 คน โดยระบุค่าต่ำสุด (Min) ควอร์ไทล์ที่ 1 (Q1) ค่ามัธยฐาน (Median) ควอร์ไทล์ที่ 3 (Q3) ค่าสูงสุด (Max) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

บริบท	Min	Q1	Median	Q3	Max	Mean	SD
NVC	45.92	68.55	78.08	100	100	83.18	15.77
CVN	0	17.46	21.93	26.85	44.69	21.66	8.17

จากตารางที่ 5.4 จะเห็นได้ว่า /ε/ ที่เกิดหลังพยัญชนะต้นนาสิกมีค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่า /ε/ ที่เกิดหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกอย่างชัดเจน ซึ่งความแตกต่างนี้มีความสำคัญทางสถิติ โดยที่ค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกที่ปรากฏในบริบทพยัญชนะต้นนาสิกมีค่ามากกว่าค่ามัธยฐาน แสดงว่าข้อมูลแจกแจงแบบไม่สมมาตร เนื่องจากข้อมูลบางค่ามีค่าสูง ในทางกลับกัน ค่าเฉลี่ยและค่ามัธยฐานของค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกที่ปรากฏในบริบทพยัญชนะท้ายนาสิกมีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่าข้อมูลแจกแจงแบบสมมาตร เมื่อพิจารณา /ε/ ที่ปรากฏในบริบทพยัญชนะต้นนาสิก จะเห็นได้ว่าค่าสูงสุดมีค่าเท่ากับ 100% แสดงว่า /ε/ ในคำทดสอบบางคำมีการออกเสียงขึ้นจมูกตลอดช่วงสระ ส่วนผลการศึกษาค่าพิสัยของค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก พบว่า /ε/ ที่อยู่ในบริบทพยัญชนะนาสิกทั้ง 2 แบบมีค่าพิสัยใกล้เคียงกัน โดย /ε/ ที่เกิดหลังพยัญชนะต้นนาสิกมีค่าพิสัย 54.08% และ /ε/ ที่เกิดหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกมีค่าพิสัย 44.69% และ /ε/ ที่อยู่ในบริบทพยัญชนะต้นนาสิกมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่า /ε/ ที่อยู่ในบริบทพยัญชนะท้ายนาสิก แสดงว่าข้อมูลในบริบทพยัญชนะต้นนาสิกมีการแปรมากกว่าข้อมูลในบริบทพยัญชนะท้ายนาสิก อย่างไรก็ตาม ยังถือว่าสระในทั้ง 2 บริบทมีการแปรของข้อมูลน้อย เนื่องจากมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำ

ผลการศึกษาค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกและค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกข้างต้นแสดงความแตกต่างของการออกเสียงขึ้นจมูกของสระที่อยู่ในบริบทพยัญชนะนาสิกต่างกัน อย่างชัดเจน สอดคล้องกับผลการทดสอบทางสถิติที่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่ง

สนับสนุนสมมติฐานว่าสระโอษฐ์ในภาษาปะโอที่ปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิก /NVC/ มีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมุกมากกว่าสระโอษฐ์ที่ปรากฏหน้าพยัญชนะท้ายนาสิก /CVN/ อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้ เพื่อให้เห็นภาพชัดเจนขึ้น ผู้วิจัยจึงนำเสนอค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมุกและค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมุกของผู้บอกภาษาปะโอเพศชายทั้ง 19 คนโดยแสดงด้วยแผนภูมิกล่อง (ดูภาพที่ 5.3)



ภาพที่ 5.3 ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมุก (ND) หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms) (ซ้าย) และค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมุก (%ND) หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%) (ขวา) ของ /ε/ ของผู้บอกภาษาปะโอเพศชาย 19 คน

ภาพที่ 5.3 ประกอบด้วยแผนภูมิกล่องแสดงค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมุก (ซ้าย) และแผนภูมิกล่องแสดงค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมุก (ขวา) ซึ่งจะเห็นได้ว่าในภาพแผนภูมิกล่องทั้ง 2 ด้าน ตัวกล่องของ /ε/ ที่ปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิกอยู่สูงกว่าตัวกล่องของ /ε/ ที่ปรากฏหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกอย่างเห็นได้ชัด จึงสะท้อนผลการวิเคราะห์ที่ว่าสระ /ε/ ในบริบทพยัญชนะต้นนาสิกมีการออกเสียงขึ้นจุมุกมากกว่าในบริบทพยัญชนะท้ายนาสิก จึงกล่าวได้ว่าข้อค้นพบจากการวิจัยสนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้

นอกเหนือจากการศึกษาค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมุกของสระทั้ง 2 เสียงซึ่งช่วยยืนยันสมมติฐานเกี่ยวกับการออกเสียงขึ้นจุมุกของสระในภาษาปะโอที่ว่า สระโอษฐ์ซึ่งปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิก /NVC/ มีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมุกมากกว่าสระโอษฐ์ซึ่งปรากฏหน้าพยัญชนะท้ายนาสิก /CVN/ อย่างมีนัยสำคัญ ผู้วิจัยยังได้วิเคราะห์ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกและค่าระยะเวลา

ออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดเพิ่มเติม เพื่อช่วยให้เข้าใจพฤติกรรมการออกเสียงขึ้นจมูกมากขึ้น ซึ่งจะนำเสนอในหัวข้อที่ 5.2 และ 5.3

5.2 ค่ารระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก

5.2.1 พยัญชนะนาสิกที่ปรากฏกับสระ /e/

ผลการเปรียบเทียบค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกและค่าร้อยละของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกของพยัญชนะต้นนาสิกและพยัญชนะท้ายนาสิกที่ปรากฏกับ /e/ พบว่า ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกและค่าร้อยละของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกของพยัญชนะต้นนาสิกมีค่าน้อยกว่าค่าของพยัญชนะท้ายนาสิก อย่างไรก็ตาม ในขณะที่ความแตกต่างของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ค่าร้อยละของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกของพยัญชนะต้นนาสิกและพยัญชนะท้ายนาสิกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.75$) (ดูตารางที่ 5.5 และ 5.6) เนื่องจากผลการทดสอบทางสถิติของค่าระยะเวลาสัมบูรณ์และค่าร้อยละของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกแตกต่างกัน ผู้วิจัยจะเน้นตีความผลการวิเคราะห์จากค่าร้อยละ เนื่องจากเป็นค่าที่ได้ปรับให้เป็นกลาง

ตารางที่ 5.5 ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกของพยัญชนะต้นนาสิกและพยัญชนะท้ายนาสิกที่ปรากฏกับ /e/ ของผู้บอกภาษาปะโอเพศชาย 19 คน โดยระบุค่าต่ำสุด (Min) ควอร์ไทล์ที่ 1 (Q1) ค่ามัธยฐาน (Median) ควอร์ไทล์ที่ 3 (Q3) ค่าสูงสุด (Max) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms)

บริบท	Min	Q1	Median	Q3	Max	Mean	SD
<u>NVC</u>	62.65	96.59	108.53	125.40	179.18	111.47	23.26
<u>CVN</u>	86.85	132.10	149.24	175.70	378.69	159.72	42.59

ตารางที่ 5.5 แสดงให้เห็นว่าค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกของพยัญชนะต้นนาสิกที่เกิดหน้า /e/ มีค่าน้อยกว่าของพยัญชนะท้ายนาสิกที่เกิดหลัง /e/ อย่างชัดเจน และความแตกต่างนี้มีนัยสำคัญทางสถิติ ในกรณีของพยัญชนะต้นนาสิก ค่าเฉลี่ยของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกมีค่าใกล้เคียงกับค่ามัธยฐาน แสดงว่าข้อมูลแจกแจงแบบค่อนข้างสมมาตร แต่สำหรับพยัญชนะท้ายนาสิก ค่าเฉลี่ยของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกมีค่ามากกว่าค่ามัธยฐาน แสดงว่าข้อมูลแจกแจงแบบไม่สมมาตร เนื่องจาก

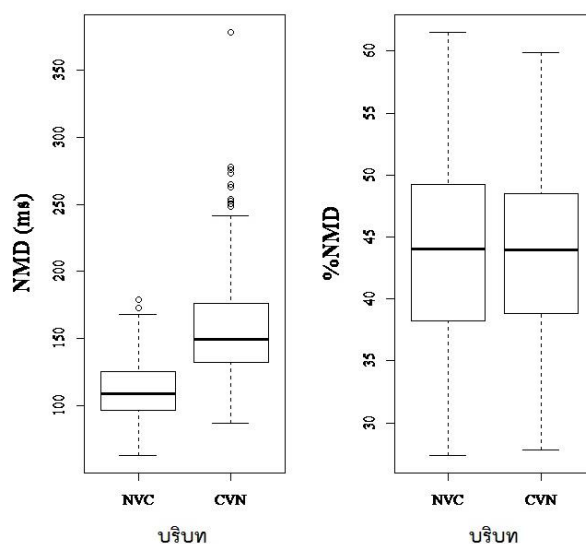
ข้อมูลบางค่ามีค่าสูง นอกจากนี้ ผลการศึกษาค่าพิสัยพบว่าพยัญชนะต้นนาสิกมีค่าพิสัยของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกน้อยกว่าพยัญชนะท้ายนาสิก คือ ค่าพิสัยของพยัญชนะต้นนาสิกมีค่าเท่ากับ 116.53 มิลลิวินาที ส่วนพยัญชนะท้ายนาสิกมีค่าพิสัย 291.84 มิลลิวินาที และพยัญชนะต้นนาสิกยังมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกต่ำกว่าพยัญชนะท้ายนาสิกด้วย แสดงว่าข้อมูลของพยัญชนะต้นนาสิกแปรน้อยกว่าข้อมูลของพยัญชนะท้ายนาสิก

ตารางที่ 5.6 ค่าร้อยละ (%) ของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกของพยัญชนะต้นนาสิกและพยัญชนะท้ายนาสิกที่ปรากฏกับ /e/ ของผู้บอกภาษาปะโอเพศชาย 19 คน โดยระบุค่าต่ำสุด (Min) ควอร์ไทล์ที่ 1 (Q1) ค่ามัธยฐาน (Median) ควอร์ไทล์ที่ 3 (Q3) ค่าสูงสุด (Max) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

บริบท	Min	Q1	Median	Q3	Max	Mean	SD
<u>NVC</u>	27.36	38.22	44.05	49.23	61.54	43.83	7.40
<u>CVN</u>	27.79	38.81	43.96	48.46	59.84	44.13	6.89

ในตารางที่ 5.6 จะเห็นได้ว่าค่าร้อยละของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกของพยัญชนะต้นนาสิกและพยัญชนะท้ายนาสิกใกล้เคียงกันมาก กล่าวคือ ค่ามัธยฐานของพยัญชนะต้นนาสิกมากกว่าค่าของพยัญชนะท้ายนาสิกเพียงเล็กน้อย ส่วนค่าเฉลี่ยของพยัญชนะต้นนาสิกมีค่าน้อยกว่าพยัญชนะท้ายนาสิกเพียงเล็กน้อยเช่นกัน และความแตกต่างของค่าร้อยละของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกของพยัญชนะต้นนาสิกและพยัญชนะท้ายนาสิกไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.75$) แสดงว่า พยัญชนะต้นนาสิกและพยัญชนะท้ายนาสิกมีความคล้ายคลึงกันในแง่ของค่าร้อยละของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก ทั้งนี้ ค่ามัธยฐานและค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกภายในข้อมูลพยัญชนะนาสิกแต่ละบริบทมีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่าข้อมูลแจกแจงแบบสมมาตร ผลการวิเคราะห์ค่าพิสัยของค่าร้อยละของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกยังแสดงให้เห็นว่าพยัญชนะต้นนาสิกและพยัญชนะท้ายนาสิกมีค่าพิสัยใกล้เคียงกันด้วย คือ ค่าพิสัยของพยัญชนะต้นนาสิกมีค่าเท่ากับ 34.18% ส่วนพยัญชนะท้ายนาสิกมีค่าพิสัยเท่ากับ 32.05% ส่วนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าร้อยละของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกในบริบทพยัญชนะนาสิกทั้ง 2 บริบทมีค่าต่ำมาก แสดงว่าข้อมูลมีการแปรน้อย

จากผลที่นำเสนอไว้ข้างต้น (ตารางที่ 5.5 และ 5.6) ผู้วิจัยได้นำข้อมูลของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกและค่าร้อยละของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกของพยัญชนะต้นนาสิกและพยัญชนะท้ายนาสิกมาสร้างแผนภูมิกล่อง เพื่อช่วยให้เห็นภาพที่ชัดเจนยิ่งขึ้น (ดูภาพที่ 5.4)



ภาพที่ 5.4 ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก (NMD) หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms) (ซ้าย) และค่าร้อยละของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก (%NMD) หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%) (ขวา) ของพยัญชนะต้นนาสิกและพยัญชนะท้ายนาสิกที่ปรากฏกับ /e/ ของผู้บอกภาษาปะโอเพศชาย 19 คน

ภาพที่ 5.4 ประกอบด้วยแผนภูมิกล่องแสดงค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก (ซ้าย) และแผนภูมิกล่องแสดงค่าร้อยละของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก (ขวา) เมื่อพิจารณาภาพทางซ้าย จะเห็นว่าตัวกล่องของพยัญชนะต้นนาสิกอยู่ต่ำกว่าตัวกล่องของพยัญชนะท้ายนาสิกอย่างชัดเจน แสดงว่าพยัญชนะต้นนาสิกมีค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกน้อยกว่าพยัญชนะท้ายนาสิก สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ทางสถิติที่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในทางตรงกันข้าม ตัวกล่องของพยัญชนะต้นนาสิกและพยัญชนะท้ายนาสิกที่แสดงค่าร้อยละของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกอยู่ในระดับใกล้เคียงกันมาก สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ทางสถิติที่พบว่าความแตกต่างของค่าร้อยละของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกระหว่างบริบทพยัญชนะนาสิกทั้ง 2 บริบทไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.75$)

5.2.2 พยัญชนะนาสิกที่ปรากฏกับสระ /ε/

ผลการวิเคราะห์ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกและค่าร้อยละของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกของพยัญชนะต้นนาสิกและพยัญชนะท้ายนาสิกที่ปรากฏหลัง /ε/ คือ ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกและค่าร้อยละของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกของพยัญชนะต้นนาสิกมีค่าน้อยกว่าค่าของพยัญชนะท้ายนาสิก และความแตกต่างนี้มีนัยสำคัญทางสถิติ (ดูตารางที่ 5.7 และ 5.8)

ตารางที่ 5.7 ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกของพยัญชนะต้นนาสิกและพยัญชนะท้ายนาสิกที่ปรากฏกับ /ε/ ของผู้บอกภาษาปะโอเพศชาย 19 คน โดยระบุค่าต่ำสุด (Min) ควอร์ไทล์ที่ 1 (Q1) ค่ามัธยฐาน (Median) ควอร์ไทล์ที่ 3 (Q3) ค่าสูงสุด (Max) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms)

บริบท	Min	Q1	Median	Q3	Max	Mean	SD
<u>NVC</u>	17.73	57.45	72.66	90.69	169.02	76.21	27.99
<u>CVN</u>	59.14	99.18	113.92	132.40	256	119.01	29.08

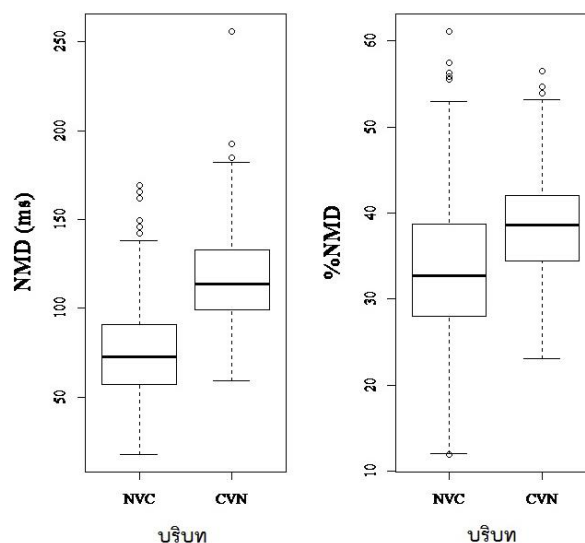
ในตารางที่ 5.7 ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกของพยัญชนะต้นนาสิกที่เกิดหน้า /ε/ มีค่าน้อยกว่าพยัญชนะท้ายนาสิกที่เกิดหลัง /ε/ อย่างชัดเจน และความแตกต่างนี้มีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้ค่าเฉลี่ยของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกมีค่าใกล้เคียงกับค่ามัธยฐาน แสดงว่าข้อมูลแจกแจงแบบค่อนข้างสมมาตร ส่วนผลการคำนวณค่าพิสัยพบว่าพยัญชนะต้นนาสิกมีค่าพิสัยของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกน้อยกว่าพยัญชนะท้ายนาสิก คือ ค่าพิสัยของพยัญชนะต้นนาสิกมีค่าเท่ากับ 151.29 มิลลิวินาที ส่วนพยัญชนะท้ายนาสิกมีค่าพิสัย 196.86 มิลลิวินาที แต่ทั้งพยัญชนะต้นนาสิกและพยัญชนะท้ายนาสิกมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานใกล้เคียงกัน แสดงว่าข้อมูลมีการแปรพอยๆ กัน

ตารางที่ 5.8 ค่าร้อยละ (%) ของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกของพยัญชนะต้นนาสิกและพยัญชนะท้ายนาสิกที่ปรากฏกับ /ε/ ของผู้บอกภาษาปะโอเพศชาย 19 คน โดยระบุค่าต่ำสุด (Min) ควอร์ไทล์ที่ 1 (Q1) ค่ามัธยฐาน (Median) ควอร์ไทล์ที่ 3 (Q3) ค่าสูงสุด (Max) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

บริบท	Min	Q1	Median	Q3	Max	Mean	SD
<u>NVC</u>	11.89	28.02	32.72	38.64	61.16	33.26	8.87
<u>CVN</u>	23.07	34.41	38.60	42.02	56.47	38.62	6.01

เมื่อพิจารณตารางที่ 5.8 พบว่า ค่าร้อยละของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกของพยัญชนะต้นนาสิกมีค่าน้อยกว่าค่าของพยัญชนะท้ายนาสิก และความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้ ค่ามัธยฐานและค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกภายในข้อมูลพยัญชนะนาสิกแต่ละบริบทมีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่าข้อมูลแจกแจงแบบสมมาตร ส่วนผลการวิเคราะห์ค่าพิสัยของค่าร้อยละของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก คือ พยัญชนะต้นนาสิกมีค่าพิสัย 49.27% ซึ่งมากกว่าค่าพิสัยของพยัญชนะท้ายนาสิกซึ่งมีค่าเท่ากับ 33.4% ส่วนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าร้อยละของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกในบริบทพยัญชนะนาสิกทั้ง 2 บริบทมีค่าใกล้เคียงกันและค่านี้นต่ำมาก แสดงว่าข้อมูลมีการแปรน้อย

จากผลที่แสดงในตารางที่ 5.7 และ 5.8 ผู้วิจัยได้นำข้อมูลของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกและค่าร้อยละของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกของพยัญชนะต้นนาสิกและพยัญชนะท้ายนาสิกมาสร้างแผนภูมิกล่อง เพื่อช่วยให้เห็นภาพที่ชัดเจนยิ่งขึ้น (ดูภาพที่ 5.5)



ภาพที่ 5.5 ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก (NMD) หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms) (ซ้าย) และค่าร้อยละของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก (%NMD) หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%) (ขวา) ของพยัญชนะต้นนาสิกและพยัญชนะท้ายนาสิกที่ปรากฏกับ /e/ ของผู้บอกภาษาปะโอเพศชาย 19 คน

ภาพที่ 5.5 ซึ่งประกอบด้วยแผนภูมิกล่องแสดงค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก (ซ้าย) และแผนภูมิกล่องแสดงค่าร้อยละของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก (ขวา) แสดงให้เห็นว่า ตัวกล่องของพยัญชนะต้นนาสิกอยู่ต่ำกว่าตัวกล่องของพยัญชนะท้ายนาสิก สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ทางสถิติที่พบว่าพยัญชนะต้นนาสิกมีค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกและค่าร้อยละของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกน้อยกว่าค่าของพยัญชนะท้ายนาสิกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

โดยสรุป ข้อค้นพบเกี่ยวกับค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกและค่าร้อยละของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกของพยัญชนะต้นนาสิกและพยัญชนะท้ายนาสิกที่ปรากฏกับ /e/ และ /ɛ/ ของผู้บอกภาษาปะโอเพศชาย 19 คน คือ พยัญชนะต้นนาสิกมีค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกและค่าร้อยละของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกน้อยกว่าพยัญชนะท้ายนาสิก และเมื่อทดสอบสถิติ Wilcoxon พบว่าความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นกรณีของค่าร้อยละของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกของพยัญชนะนาสิกที่ปรากฏกับ /e/ อย่างไรก็ตาม สังเกตได้ว่าค่าร้อยละของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกของพยัญชนะนาสิกในแต่ละบริบทสระไม่แตกต่างกันมากนัก เมื่อเทียบค่าร้อยละของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกระหว่างบริบทสระ /e/ และ /ɛ/ พบว่าค่าอยู่ในช่วงใกล้เคียงกัน คือ อยู่ในช่วง 30% – 45% จึงอาจกล่าวได้ว่า พยัญชนะต้นนาสิกและพยัญชนะท้ายนาสิกมีค่าร้อยละของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกใกล้เคียงกัน

5.3 ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมด

5.3.1 สระกลาง หน้า ปากเหยียด /e/

ข้อค้นพบเกี่ยวกับค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดซึ่งเท่ากับผลรวมของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกกับค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก และค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดของสระ /e/ ที่ปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิกและหน้าพยัญชนะท้ายนาสิก คือ ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดและค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดของ /e/ ที่ปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิกมีค่ามากกว่าค่าของ /e/ ที่ปรากฏหน้าพยัญชนะท้ายนาสิก และความแตกต่างนี้มีนัยสำคัญทางสถิติ (ดูตารางที่ 5.9 และ 5.10)

ตารางที่ 5.9 ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดของสระ /e/ ที่เกิดหลังพยัญชนะต้นนาสิกและหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกของผู้บอกภาษาปะโอเพศชาย 19 คน โดยระบุค่าต่ำสุด (Min) ควอร์ไทล์ที่ 1 (Q1) ค่ามัธยฐาน (Median) ควอร์ไทล์ที่ 3 (Q3) ค่าสูงสุด (Max) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms)

บริบท	Min	Q1	Median	Q3	Max	Mean	SD
NVC	140.29	198.3	216.17	236.4	322.52	217.71	30.62
CVN	86.85	142.60	170.59	202.50	378.69	177.55	47.20

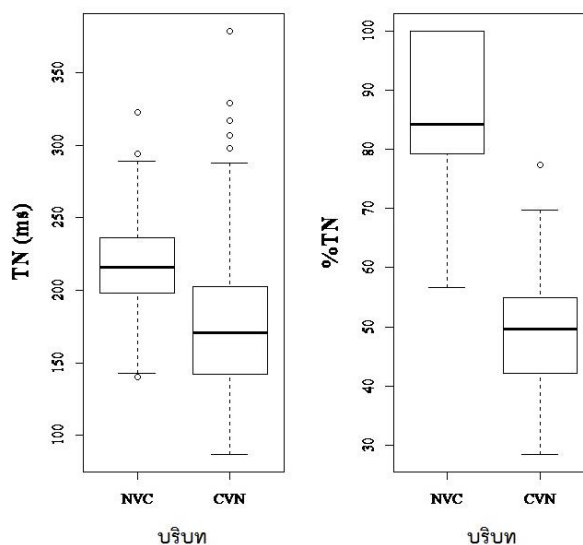
เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยและค่ามัธยฐานในตารางที่ 5.9 จะเห็นได้ว่า /e/ ที่เกิดหลังพยัญชนะต้นนาสิกมีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดมากกว่า /e/ ที่เกิดหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกอย่างชัดเจน และความแตกต่างนี้มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ค่าเฉลี่ยและค่ามัธยฐานของบริบทพยัญชนะต้นนาสิกมีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่าข้อมูลแจกแจงแบบสมมาตร แต่ในบริบทพยัญชนะท้ายนาสิก ค่าเฉลี่ยมีค่ามากกว่าค่ามัธยฐานเล็กน้อย แสดงว่าข้อมูลค่อนข้างมีการแจกแจงแบบไม่สมมาตร เนื่องจากข้อมูลบางค่ามีค่าสูง ส่วนผลการคำนวณค่าพิสัยของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมด คือ /e/ ที่เกิดหลังพยัญชนะต้นนาสิกมีค่าพิสัย 182.23 มิลลิวินาที ซึ่งน้อยกว่าค่าพิสัยของ /e/ ที่เกิดหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกซึ่งมีค่าเท่ากับ 291.84 มิลลิวินาที นอกจากนี้ /e/ ที่เกิดหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกยังมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมากกว่า /e/ ที่เกิดหลังพยัญชนะต้นนาสิก แสดงว่าข้อมูลมีการแปรมากกว่า

ตารางที่ 5.10 ค่าร้อยละ (%) ของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมกทั้งหมดของสระ /e/ ที่เกิดหลังพยัญชนะต้นนาสิกและหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกของผู้บอกภาษาปะโอเพศชาย 19 คน โดยระบุค่าต่ำสุด (Min) ควอร์ไทล์ที่ 1 (Q1) ค่ามัธยฐาน (Median) ควอร์ไทล์ที่ 3 (Q3) ค่าสูงสุด (Max) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

บริบท	Min	Q1	Median	Q3	Max	Mean	SD
NVC	56.55	79.35	84.23	100	100	85.95	10.08
CVN	28.39	42.14	49.54	54.80	77.37	49.20	8.92

จากตารางที่ 5.10 จะเห็นว่า /e/ ที่เกิดหลังพยัญชนะต้นนาสิกมีค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมกทั้งหมดมากกว่า /e/ ที่เกิดหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกอย่างชัดเจน ซึ่งความแตกต่างนี้มีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้ ค่าเฉลี่ยและค่ามัธยฐานของค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมกในแต่ละบริบทพยัญชนะนาสิกมีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่าข้อมูลแจกแจงแบบสมมาตร และเมื่อพิจารณาค่าสูงสุดของ /e/ ที่ปรากฏในบริบทพยัญชนะต้นนาสิก จะเห็นว่ามีค่าเท่ากับ 100% แสดงว่าในคำทดสอบบางคำ /e/ มีการออกเสียงขึ้นจุมกตลอดทั้งช่วงสระ ส่วนผลการวิเคราะห์ค่าพิสัยของค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมกทั้งหมด พบว่า ค่าพิสัยของ /e/ ที่เกิดในบริบทพยัญชนะนาสิกทั้ง 2 แบบมีค่าใกล้เคียงกัน โดย /e/ ที่เกิดหลังพยัญชนะต้นนาสิกมีค่าพิสัย 43.45% และ /e/ ที่เกิดหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกมีค่าพิสัย 48.98% และ /e/ ที่อยู่ในบริบทพยัญชนะต้นนาสิกยังมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมกทั้งหมดใกล้เคียงกับค่าของ /e/ ที่อยู่ในบริบทพยัญชนะท้ายนาสิก แสดงว่าข้อมูลของทั้ง 2 บริบทพยัญชนะนาสิกมีการแปรพอยๆ กัน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าต่ำ แสดงว่ามีการแปรของข้อมูลน้อย

เพื่อให้เห็นภาพชัดเจนขึ้น ผู้วิจัยได้นำข้อมูลของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมกทั้งหมดและค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมกทั้งหมดจากตารางที่ 5.9 และ 5.10 มาสร้างแผนภูมิกล่อง (ดูภาพที่ 5.6)



ภาพที่ 5.6 ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมด (TN) หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms) (ซ้าย) และค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมด (%TN) หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%) (ขวา) ของ /e/ ของผู้บอกภาษาปะโอเพศชาย 19 คน

ภาพที่ 5.6 ประกอบด้วยแผนภูมิกล่องแสดงค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมด (ซ้าย) และแผนภูมิกล่องแสดงค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมด (ขวา) ซึ่งจะเห็นได้ว่าในภาพแผนภูมิกล่องทั้ง 2 ด้าน ตัวกล่องของ /e/ ที่ปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิกอยู่สูงกว่าตัวกล่องของ /e/ ที่ปรากฏหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกอย่างชัดเจน สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ทางสถิติที่พบว่า /e/ ที่ปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิกมีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดและค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดมากกว่าค่าของ /e/ ที่ปรากฏหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

5.3.2 สระต่ำ หน้า ปากเหี้ยม /e/

ผลการวิเคราะห์ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดและค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดของสระ /e/ ที่อยู่หลังพยัญชนะต้นนาสิกและหน้าพยัญชนะท้ายนาสิก แสดงให้เห็นว่าค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดและค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดของ /e/ ที่อยู่หลังพยัญชนะต้นนาสิกมีค่ามากกว่าค่าของ /e/ ที่อยู่หน้าพยัญชนะท้ายนาสิกและความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ดูตารางที่ 5.11 และ 5.12)

ตารางที่ 5.11 ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดของสระ /ε/ ที่เกิดหลังพยัญชนะต้นนาสิกและหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกของผู้บอกภาษาปะโอเพศชาย 19 คน โดยระบุค่าต่ำสุด (Min) ควอร์ไทล์ที่ 1 (Q1) ค่ามัธยฐาน (Median) ควอร์ไทล์ที่ 3 (Q3) ค่าสูงสุด (Max) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms)

บริบท	Min	Q1	Median	Q3	Max	Mean	SD
NVC	103.42	175.4	194.97	217.6	323.48	198.66	36.76
CVN	85.92	137.20	153.93	175.30	255.99	159.13	33.30

ค่าเฉลี่ยและค่ามัธยฐานในตารางที่ 5.11 แสดงให้เห็นว่า /ε/ ที่เกิดหลังพยัญชนะต้นนาสิกมีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดมากกว่า /ε/ ที่เกิดหน้าพยัญชนะท้ายนาสิก ซึ่งความแตกต่างนี้มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ค่าเฉลี่ยในทั้ง 2 บริบทพยัญชนะนาสิกมีค่ามากกว่าค่ามัธยฐาน แสดงว่าข้อมูลแจกแจงแบบไม่สมมาตร เนื่องจากข้อมูลบางค่ามีค่าสูง ส่วนผลการคำนวณค่าพิสัยพบว่า /ε/ ที่เกิดหลังพยัญชนะต้นนาสิกมีค่าพิสัยมากกว่า /ε/ ที่เกิดหน้าพยัญชนะท้ายนาสิก คือ /ε/ ที่เกิดหลังพยัญชนะต้นนาสิกมีค่าพิสัย 220.06 มิลลิวินาที และค่าพิสัยของ /ε/ ที่เกิดหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกเท่ากับ 170.07 มิลลิวินาที อย่างไรก็ตาม /ε/ ที่เกิดในบริบทพยัญชนะนาสิกต่างกันมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานใกล้เคียงกัน แสดงว่าข้อมูลมีการแปรพอกๆ กัน

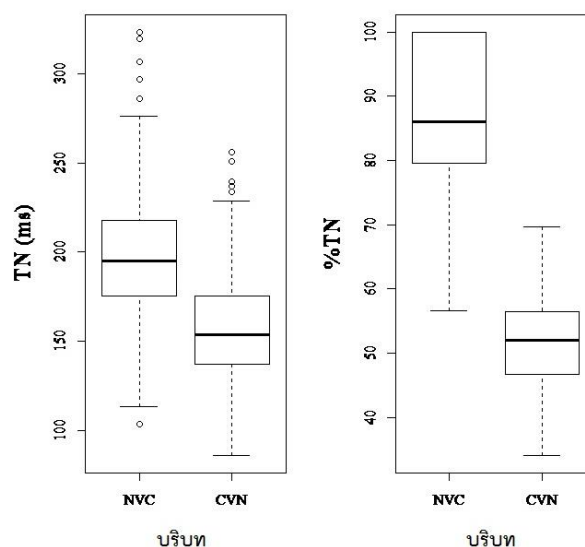
ตารางที่ 5.12 ค่าร้อยละ (%) ของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดของสระ /ε/ ที่เกิดหลังพยัญชนะต้นนาสิกและหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกของผู้บอกภาษาปะโอเพศชาย 19 คน โดยระบุค่าต่ำสุด (Min) ควอร์ไทล์ที่ 1 (Q1) ค่ามัธยฐาน (Median) ควอร์ไทล์ที่ 3 (Q3) ค่าสูงสุด (Max) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

บริบท	Min	Q1	Median	Q3	Max	Mean	SD
NVC	56.66	79.60	86.09	100	100	88.60	10.89
CVN	34.08	46.70	52.08	56.50	69.73	51.86	7.17

ในตารางที่ 5.12 /ε/ ที่เกิดหลังพยัญชนะต้นนาสิกมีค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดมากกว่า /ε/ ที่เกิดหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกอย่างชัดเจน และความแตกต่างนี้มีนัยสำคัญ

ทางสถิติ ทั้งนี้ ค่าเฉลี่ยและค่ามัธยฐานของค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกในแต่ละบริบท พยัญชนะนาสิกมีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่าข้อมูลแจกแจงแบบสมมาตร และเมื่อพิจารณาค่าสูงสุดของ /ε/ ที่ปรากฏในบริบทพยัญชนะต้นนาสิก จะเห็นว่ามีค่าเท่ากับ 100% แสดงว่าในคำทดสอบบางคำ /ε/ มีการออกเสียงขึ้นจมูกตลอดทั้งช่วงสระ นอกจากนี้ ผลการศึกษาค่าพิสัยของค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมด พบว่า ค่าพิสัยของ /ε/ ที่ปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิกมีค่าพิสัยเท่ากับ 43.34% ซึ่งมากกว่าค่าพิสัยของ /ε/ ที่เกิดหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกซึ่งมีค่าเท่ากับ 35.65% ทั้งนี้ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของสระในทั้ง 2 บริบทพยัญชนะนาสิกมีค่าต่ำ แสดงว่ามีการแปรของข้อมูลน้อย

จากผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 5.11 และ 5.12 ผู้วิจัยได้นำข้อมูลของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดและค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดของ /ε/ ที่ปรากฏในบริบทพยัญชนะต้นนาสิกและพยัญชนะท้ายนาสิกมาสร้างแผนภูมิกล่อง เพื่อช่วยให้เห็นภาพที่ชัดเจนยิ่งขึ้น (ดูภาพที่ 5.7)



ภาพที่ 5.7 ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมด (TN) หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms) (ซ้าย) และค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมด (%TN) หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%) (ขวา) ของ /ε/ ของผู้บอกภาษาปะโอเพศชาย 19 คน

จากภาพที่ 5.7 ซึ่งประกอบด้วยแผนภูมิกล่องแสดงค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมด (ซ้าย) และแผนภูมิกล่องแสดงค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมด (ขวา) จะเห็นได้ว่า ในภาพแผนภูมิกล่องทั้ง 2 ด้าน ตัวกล่องของ /ε/ ที่อยู่หลังพยัญชนะต้นนาสิกอยู่สูงกว่าตัวกล่องของ

/e/ ที่อยู่หน้าพยัญชนะท้ายนาสิกอย่างเห็นได้ชัด สะท้อนผลการวิเคราะห์ทางสถิติที่พบว่า /e/ ที่อยู่หลังพยัญชนะต้นนาสิกมีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดและค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดมากกว่าค่าของ /e/ ที่อยู่หน้าพยัญชนะท้ายนาสิกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากข้อค้นพบข้างต้นเกี่ยวกับค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดและค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดของ /e/ และ /e/ ของผู้บอกภาษาปะโอเพศชาย 19 คน สรุปได้ว่าค่าระยะเวลาของพยัญชนะต้นนาสิกกับการออกเสียงขึ้นจมูกของสระรวมกันมีค่ามากกว่าค่าระยะเวลาของพยัญชนะท้ายนาสิกกับการออกเสียงขึ้นจมูกของสระรวมกันอย่างชัดเจน และความแตกต่างนี้มีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้ เป็นเพราะในบริบทพยัญชนะต้นนาสิก สระมีการออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระที่อยู่ในบริบทพยัญชนะท้ายนาสิกมาก

5.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะเวลาต่างๆ

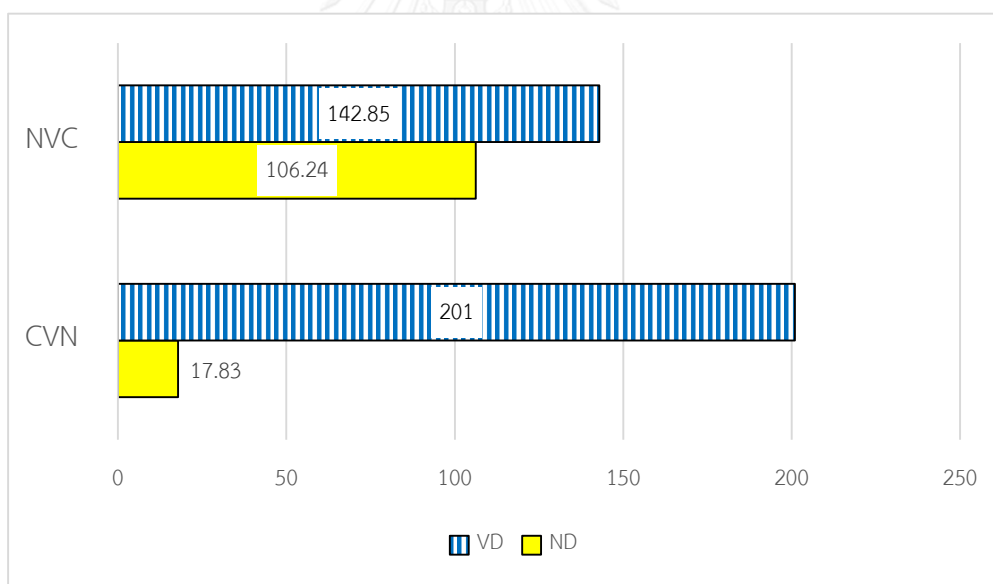
ผู้วิจัยได้นำค่าระยะเวลาสระ ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก และค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกของสระที่อยู่ในบริบทพยัญชนะนาสิกต่างกัน คือ บริบทพยัญชนะต้นนาสิกและบริบทพยัญชนะท้ายนาสิกมาเปรียบเทียบกัน เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะเวลาต่างๆ ได้แก่ ค่าระยะเวลาสระกับค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก ค่าระยะเวลาสระกับค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก และค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกกับค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกของ /e/ และ /e/ ที่ปรากฏหลังหรือหน้าพยัญชนะนาสิกจากข้อมูลของผู้บอกภาษาปะโอเพศชาย 19 คน เพื่อดูว่าค่าระยะเวลาคู่นั้นสัมพันธ์กันหรือไม่ และอย่างไร การทดสอบความสัมพันธ์ทางสถิติของค่าระยะเวลาใช้สหสัมพันธ์แบบสเปียร์แมน (Spearman's correlation)⁴⁶ โดยนำค่าระยะเวลามาทดสอบความสัมพันธ์ต่อเมื่อค่าระยะเวลาที่ปรากฏในบริบทพยัญชนะต้นนาสิกและบริบทพยัญชนะท้ายนาสิกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และในการรายงานผลจะนำเสนอผลเฉพาะกรณีที่ค่าระยะเวลาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

⁴⁶ สหสัมพันธ์แบบสเปียร์แมนเป็นวิธีทางสถิติที่ใช้ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัว เพื่อดูว่าตัวแปรคู่นั้นสัมพันธ์กันหรือไม่ ผลลัพธ์จากการทดสอบสหสัมพันธ์แบบสเปียร์แมน คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Coefficient of correlation) แทนด้วยสัญลักษณ์ r เมื่อค่า r เป็นบวก แสดงว่าตัวแปร 2 ตัวมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน คือ ถ้าตัวแปร A มีค่าเพิ่มขึ้น ตัวแปร B ก็จะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย และถ้าค่า r มีค่าใกล้ 1 มาก แสดงว่าตัวแปรคู่นี้มีความสัมพันธ์กันมาก (ดูรายละเอียดเพิ่มเติมในหัวข้อที่ 3.3.4.3)

5.4.1 ค่าระยะเวลาสระและค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก

5.4.1.1 สระกลาง หน้า ปากเหี้ยด /e/

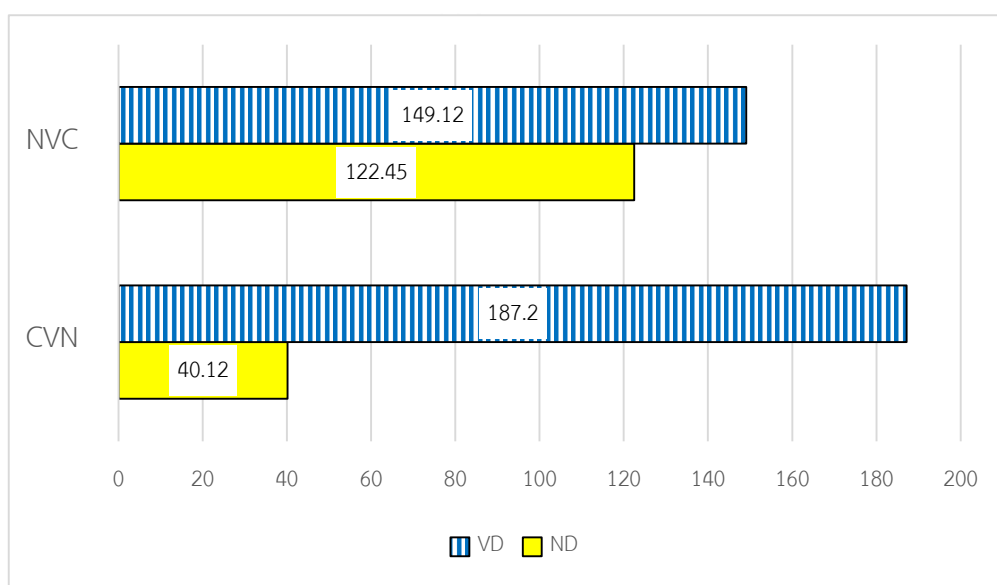
จากการเปรียบเทียบค่าระยะเวลาสระและค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกระหว่าง /e/ ที่อยู่หลังพยัญชนะต้นนาสิกและ /e/ ที่อยู่หน้าพยัญชนะท้ายนาสิก (ดูภาพที่ 5.8) พบว่า ค่าระยะเวลาสระของ /e/ ที่อยู่บริบทพยัญชนะต้นนาสิกมีค่าน้อยกว่า /e/ ที่อยู่บริบทพยัญชนะท้ายนาสิก และความแตกต่างนี้มีนัยสำคัญทางสถิติ ในทางกลับกัน /e/ ที่อยู่หลังพยัญชนะต้นนาสิกมีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่า /e/ ที่ปรากฏหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าค่าระยะเวลาสระแปรผกผันกับค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก ทั้งนี้ เมื่อทดสอบความสัมพันธ์ของค่าระยะเวลาสระและค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกจากข้อมูลของสระใน 2 บริบทพยัญชนะนาสิก รวมกันด้วยสหสัมพันธ์แบบสเปียร์แมน พบค่าสัมประสิทธิ์สัมพันธ์ที่อยู่ในระดับกลาง ($r = -0.51$) แสดงว่า ค่าระยะเวลาทั้ง 2 ค่ามีความสัมพันธ์กันอยู่บ้าง นั่นคือ ค่าระยะเวลาสระที่มีค่ามากมีแนวโน้มที่จะมีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกน้อย



ภาพที่ 5.8 ค่าเฉลี่ยของค่าระยะเวลาสระ (VD) และค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก (ND) ของ /e/ ที่เกิดหลังพยัญชนะต้นนาสิกและหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกของผู้บอกภาษาปะโอเพศชาย 19 คน หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms)

5.4.1.2 สระคำ หน้า ปากเหี้ยด /ɛ/

จากภาพที่ 5.9 จะเห็นได้ว่า /ɛ/ ที่อยู่หลังพยัญชนะต้นนาสิกมีค่าระยะเวลาสระน้อยกว่า /ɛ/ ที่อยู่หน้าพยัญชนะท้ายนาสิกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ /ɛ/ ที่อยู่หลังพยัญชนะต้นนาสิกมีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมูกมากกว่า /ɛ/ ที่อยู่หน้าพยัญชนะท้ายนาสิก และความแตกต่างนี้มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสะท้อนความสัมพันธ์แบบแปรผกผันของค่าระยะเวลาทั้ง 2 ค่า อย่างไรก็ตาม เมื่อทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างค่าทั้ง 2 ค่าด้วยสหสัมพันธ์แบบสเปียร์แมน พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สัมพันธ์มีค่าไม่สูงมาก ($r = -0.39$) แสดงว่า ค่าระยะเวลาทั้ง 2 ค่าไม่ได้สัมพันธ์กันมาก หรือก็คือ เมื่อค่าระยะเวลาสระมีค่ามาก ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมูกอาจมีค่ามากหรือน้อยก็ได้



ภาพที่ 5.9 ค่าเฉลี่ยของค่าระยะเวลาสระ (VD) และค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมูก (ND) ของ /ɛ/ ที่เกิดหลังพยัญชนะต้นนาสิกและหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกของผู้บอกภาษาปะโอเพศชาย 19 คน หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms)

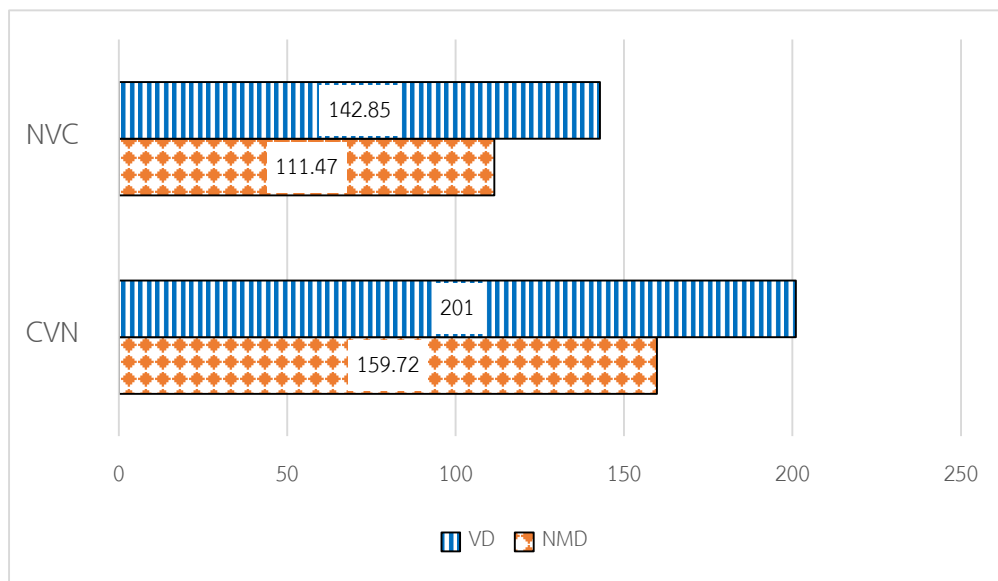
จากผลการศึกษาในหัวข้อที่ 5.4.1 จึงอาจสรุปได้ว่า สระที่ปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิกมีค่าระยะเวลาสระน้อยกว่าค่าของสระที่ปรากฏหน้าพยัญชนะท้ายนาสิก แต่มีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมูกมากกว่า และความแตกต่างเหล่านี้มีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้ ความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะเวลาสระและค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมูกเป็นแบบแปรผกผัน คือ ในขณะที่ค่าระยะเวลาสระมีค่าน้อย ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมูกกลับมีค่ามาก เมื่อทดสอบความสัมพันธ์ด้วยสหสัมพันธ์แบบสเปียร์แมน พบค่าสัมประสิทธิ์สัมพันธ์ที่มีค่ากลางๆ สำหรับกรณี /ɛ/ แสดงว่า ค่าระยะเวลาทั้ง 2 ค่ามี

ความสัมพันธ์กันอยู่บ้าง ค่าระยะเวลาสระที่มีค่ามากมีแนวโน้มที่จะมีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกน้อย ในทางตรงกันข้าม /e/ มีค่าสัมประสิทธิ์สัมพันธ์ไม่สูงนัก จึงเป็นไปได้ว่าค่าระยะเวลาทั้ง 2 ค่าไม่ได้สัมพันธ์กันมาก สระที่มีค่าระยะเวลาสระน้อย อาจมีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมากหรือน้อยก็ได้

5.4.2 ค่าระยะเวลาสระและค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก

5.4.2.1 สระกลาง หน้า ปากเหยียด /e/

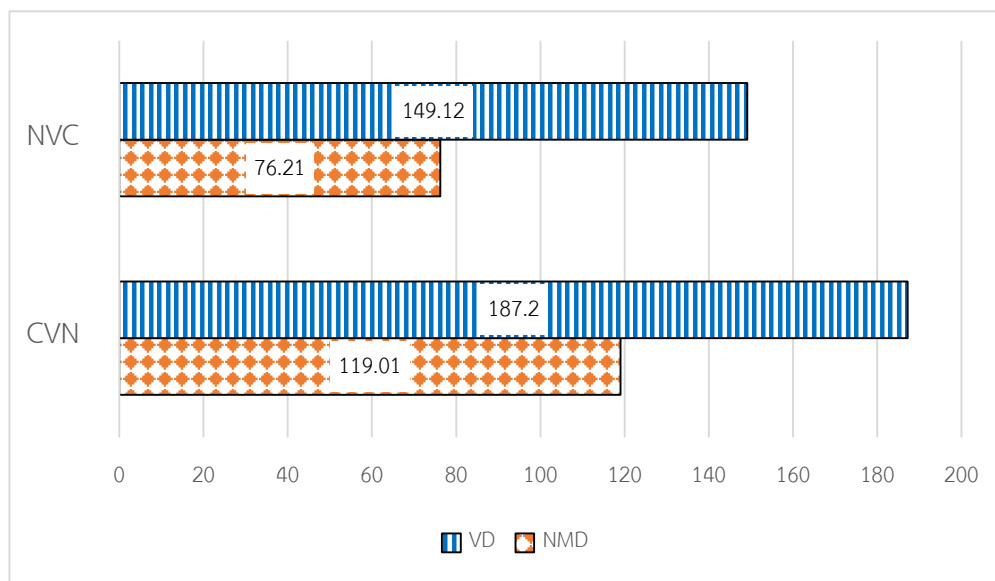
จากการเปรียบเทียบค่าระยะเวลาสระและค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกระหว่าง /e/ ที่ปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิกและ /e/ ที่ปรากฏหน้าพยัญชนะท้ายนาสิก (ดูภาพที่ 5.10) พบว่า เมื่อค่าระยะเวลาสระน้อยกว่า ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกก็น้อยกว่าด้วย กล่าวคือ /e/ ที่ปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิกมีค่าระยะเวลาสระน้อยกว่า /e/ ที่ปรากฏหน้าพยัญชนะท้ายนาสิก และค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกของพยัญชนะต้นนาสิกที่เกิดคู่กับ /e/ มีค่าน้อยกว่าพยัญชนะท้ายนาสิก และความแตกต่างเหล่านี้มีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตาม เมื่อทดสอบความสัมพันธ์ของค่าระยะเวลาสระและค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกด้วยสหสัมพันธ์แบบสเปียร์แมน พบค่าสัมประสิทธิ์สัมพันธ์ที่ไม่สูงมาก ($r = 0.4$) สะท้อนว่าค่าระยะเวลาทั้ง 2 ค่าไม่ได้มีความสัมพันธ์กันมากนัก ฉะนั้นแม้ค่าระยะเวลาสระจะมีค่าน้อย ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกไม่จำเป็นต้องมีค่าน้อยด้วย



ภาพที่ 5.10 ค่าเฉลี่ยของค่าระยะเวลาสระ (VD) และค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก (NMD) ของ /e/ ที่เกิดหลังพยัญชนะต้นนาสิกและหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกของผู้บอกภาษาปะโอเพศชาย 19 คน หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms)

5.4.2.2 สระต่ำ หน้า ปากเหยียด /e/

เมื่อพิจารณาภาพที่ 5.11 จะเห็นได้ว่า /e/ ที่ปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิกมีค่าระยะเวลาสระน้อยกว่า /e/ ที่ปรากฏหน้าพยัญชนะท้ายนาสิก และพยัญชนะต้นนาสิกที่อยู่คู่กับ /e/ มีค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกน้อยกว่าพยัญชนะท้ายนาสิก และความแตกต่างนี้มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่า เมื่อค่าระยะเวลาสระมีค่าน้อย ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกก็มีค่าน้อยเช่นกัน อย่างไรก็ตาม ผลการทดสอบความสัมพันธ์ด้วยสหสัมพันธ์แบบสเปียร์แมนพบค่าสัมประสิทธิ์สัมพันธ์ที่ไม่สูงมาก ($r = 0.43$) แสดงว่าค่าระยะเวลาทั้ง 2 ค่าไม่ได้สัมพันธ์กันมากนัก ดังนั้น เมื่อค่าระยะเวลาสระมีค่าน้อย ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกอาจมีค่ามากหรือน้อยก็ได้



ภาพที่ 5.11 ค่าเฉลี่ยของค่าระยะเวลาสระ (VD) และค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก (NMD) ของ /e/ ที่เกิดหลังพยัญชนะต้นนาสิกและหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกของผู้บอกภาษาปะโอเพศชาย 19 คน หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms)

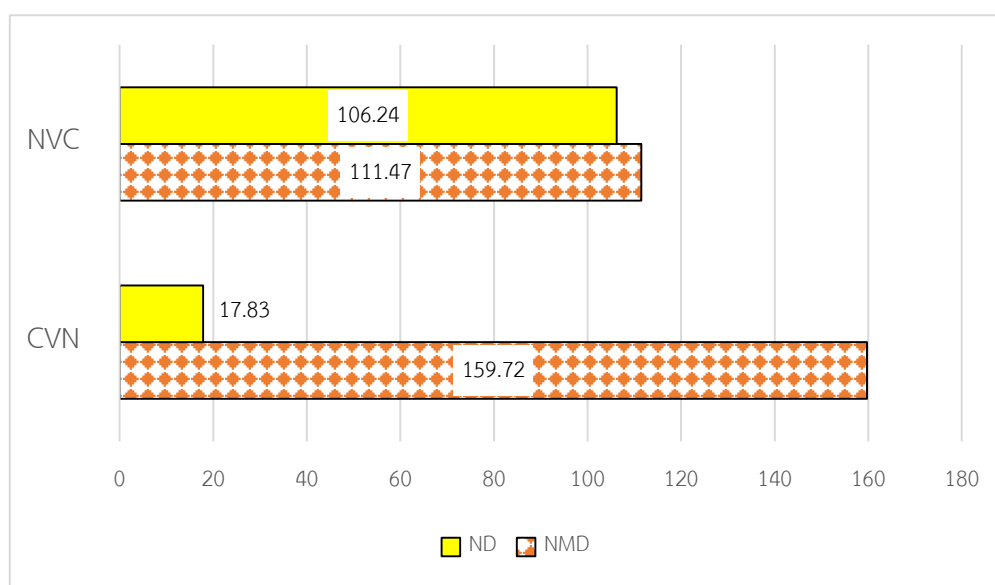
โดยสรุป ผลการวิเคราะห์ค่าระยะเวลาสระและค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกระหว่างสระที่ปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิกและสระที่ปรากฏหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกดังภาพที่ 5.10 และ 5.11 พบความสัมพันธ์แบบแปรตรง คือ สระที่ปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิกมีค่าระยะเวลาสระน้อยกว่าสระที่ปรากฏหน้าพยัญชนะท้ายนาสิก และพยัญชนะต้นนาสิกมีค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกน้อยกว่าพยัญชนะท้ายนาสิก และความแตกต่างเหล่านี้มีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตาม ค่าระยะเวลาทั้ง 2 ค่าไม่ได้สัมพันธ์กันมากนัก เนื่องจากพบค่าสัมประสิทธิ์สัมพันธ์ที่ไม่สูงมาก แสดงว่า สระที่มีค่าระยะเวลาสระน้อย อาจมีค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกมากหรือน้อยก็ได้

5.4.3 ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกและค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก

5.4.3.1 สระกลาง หน้า ปากเหี้ยด /e/

ผลการเปรียบเทียบค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกระหว่าง /e/ ที่ปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิกและ /e/ ที่ปรากฏหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกและค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกของพยัญชนะต้นนาสิกและพยัญชนะท้ายนาสิกที่ปรากฏกับ /e/ (ดูภาพที่ 5.12) คือ /e/ ที่ปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิกมีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่า /e/ ที่ปรากฏหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกและความแตกต่างนี้มีนัยสำคัญทางสถิติ ในทางกลับกัน ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกของพยัญชนะต้นนาสิกที่

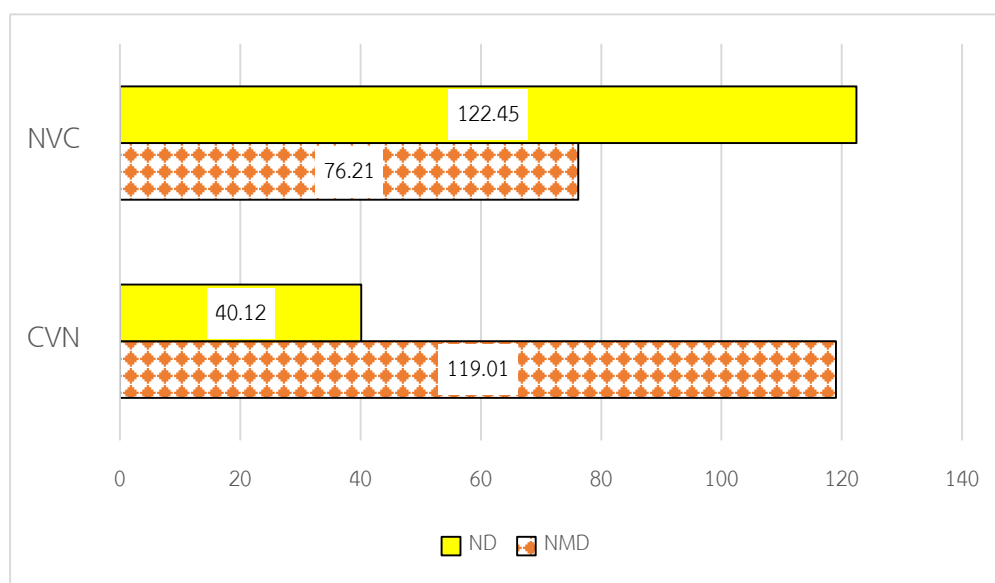
ปรากฏหน้า /e/ มีค่าน้อยกว่าพยัญชนะท้ายนาสิกที่ปรากฏหลัง /e/ และความแตกต่างนี้มีนัยสำคัญทางสถิติ สะท้อนให้เห็นว่า เมื่อค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมูกมากกว่า ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกน้อยกว่า และเมื่อทดสอบความสัมพันธ์ด้วยสหสัมพันธ์แบบสเปียร์แมนพบค่าสัมประสิทธิ์สัมพันธ์ในระดับปานกลาง ($r = -0.6$) แสดงว่าค่าระยะเวลาทั้ง 2 ค่ามีความสัมพันธ์กันอยู่บ้าง สระที่มีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมูกมากมีแนวโน้มที่จะมีค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกน้อย



ภาพที่ 5.12 ค่าเฉลี่ยของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมูก (ND) และค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก (NMD) ของ /e/ ที่เกิดหลังพยัญชนะต้นนาสิกและหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกของผู้บอกภาษาปะโอเพศชาย 19 คน หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms)

5.4.3.2 สระต่ำ หน้า ปากเหยียด /e/

จากภาพที่ 5.13 จะเห็นได้ว่า /e/ ที่อยู่หลังพยัญชนะต้นนาสิกมีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมูกมากกว่า /e/ ที่อยู่หน้าพยัญชนะท้ายนาสิกซึ่งความแตกต่างนี้มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่พยัญชนะต้นนาสิกที่เกิดหน้า /e/ มีค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกน้อยกว่าพยัญชนะท้ายนาสิกที่เกิดหลัง /e/ และความแตกต่างนี้มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่า เมื่อค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมูกมาก ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกจะน้อย ทั้งนี้ เมื่อทดสอบความสัมพันธ์ด้วยสหสัมพันธ์แบบสเปียร์แมนพบค่าสัมประสิทธิ์สัมพันธ์ที่อยู่ในระดับกลางๆ ($r = -0.55$) แสดงว่า ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมูกและค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกมีความสัมพันธ์กันอยู่บ้าง นั่นคือ ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมูกที่มีค่ามากมีแนวโน้มที่จะมีค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกน้อย



ภาพที่ 5.13 ค่าเฉลี่ยของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุ่ม (ND) และค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก (NMD) ของ /e/ ที่เกิดหลังพยัญชนะต้นนาสิกและหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกของผู้บอกภาษาปะโอเพศชาย 19 คน หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms)

จากผลการศึกษาในหัวข้อที่ 5.4.3 ข้างต้น ทำให้สรุปได้ว่า ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุ่มของสระที่ปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิกมากกว่าค่าของสระที่ปรากฏหน้าพยัญชนะท้ายนาสิก แต่พยัญชนะต้นนาสิกมีค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกน้อยกว่าพยัญชนะท้ายนาสิก และความแตกต่างเหล่านี้มีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้ ความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุ่มและค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกเป็นแบบแปรผกผัน คือ ในขณะที่ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุ่มมาก ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกกลับน้อย และเมื่อทดสอบความสัมพันธ์ด้วยสหสัมพันธ์แบบสเปียร์แมน พบค่าสัมประสิทธิ์สัมพันธ์ที่อยู่ในระดับกลางๆ แสดงว่า ค่าระยะเวลาทั้ง 2 ค่ามีความสัมพันธ์กันอยู่บ้าง สระที่มีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุ่มมากมีแนวโน้มที่จะมีค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกน้อย

ข้อค้นพบเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของค่าระยะเวลาสระกับค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุ่ม ค่าระยะเวลาสระกับค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก และค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุ่มกับค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกของ /e/ และ /ε/ ที่ปรากฏหลังหรือหน้าพยัญชนะนาสิกในหัวข้อที่ 5.4.1 – 5.4.3 สรุปได้ดังในตารางที่ 5.13

ตารางที่ 5.13 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะเวลาต่างๆ ของสระ /e/ และ /ɛ/ ที่ปรากฏในบริบทพยัญชนะต้นนาสิกและพยัญชนะท้ายนาสิกในภาษาปะโอ

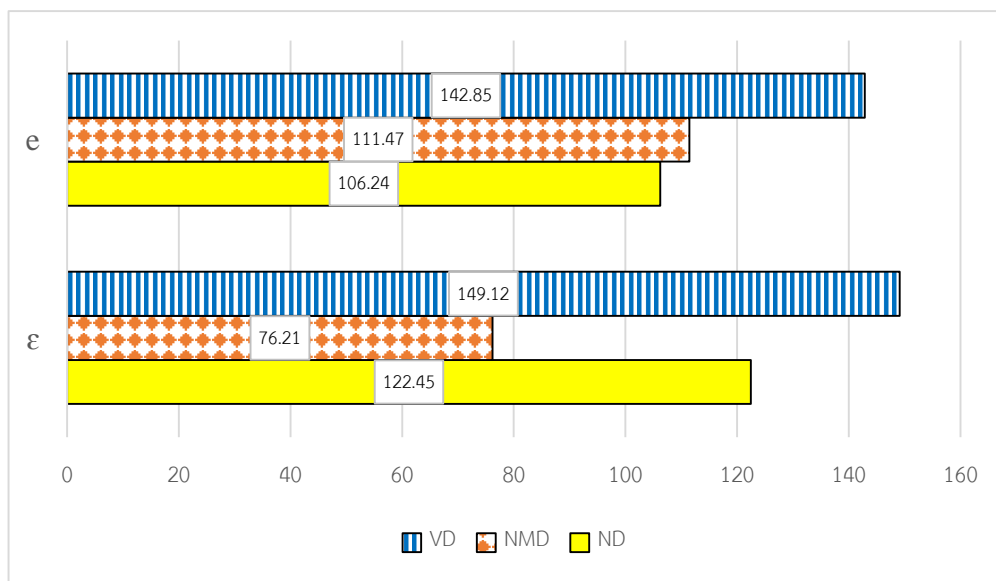
คู่ค่าระยะเวลา	สระ	ทิศทาง	ค่าสัมประสิทธิ์สัมพันธ์
ค่าระยะเวลาสระกับค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก	e	ผกผัน	-0.51
	ɛ	ผกผัน	-0.39
ค่าระยะเวลาสระกับค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก	e	ตรง	0.4
	ɛ	ตรง	0.43
ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกกับค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก	e	ผกผัน	-0.6
	ɛ	ผกผัน	-0.55

5.4.4 ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก ค่าระยะเวลาสระ และค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของสระเสียงขึ้นจมูกที่มีความสูงต่ำของลิ้นต่างกัน

นอกจากการศึกษาสระหน้าที่เกิดในบริบทพยัญชนะนาสิกต่างกันเพื่อพิสูจน์สมมติฐานเรื่องการออกเสียงขึ้นจมูกของสระที่ปรากฏหลังหรือหน้าพยัญชนะนาสิกในภาษาปะโอ ผู้วิจัยยังนำค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก ค่าระยะเวลาสระ และค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของสระที่มีระดับความสูงต่ำของลิ้นต่างกัน คือ สระกลาง /e/ และสระต่ำ /ɛ/ มาเปรียบเทียบกัน เพื่อศึกษารูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะเวลาสระกับค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก ค่าระยะเวลาสระกับค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก และค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกกับค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของสระเสียงขึ้นจมูกทั้ง 2 เสียงนี้ ซึ่งจะสามารถนำข้อค้นพบในส่วนนี้ไปเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์สระนาสิกของภาษาโปเโบทที่ 6 ในภายหลังได้ด้วย

5.4.4.1 สระที่ปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิก

ผลการเปรียบเทียบค่าระยะเวลาสระ ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของสระที่ปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิก คือ /e/ มีค่าระยะเวลาสระน้อยกว่า /ɛ/ แต่ความแตกต่างนี้ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.07$) /e/ ยังมีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกน้อยกว่า /ɛ/ ด้วย และความแตกต่างนี้มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกของพยัญชนะต้นนาสิกที่เกิดคู่กับ /e/ มากกว่าค่าของพยัญชนะต้นนาสิกที่เกิดคู่กับ /ɛ/ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ดูภาพที่ 5.14) เนื่องจากความแตกต่างของค่าระยะเวลาสระระหว่างสระ /e/ และ /ɛ/ ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ลำดับต่อไปจึงจะกล่าวถึงเฉพาะความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกและค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก

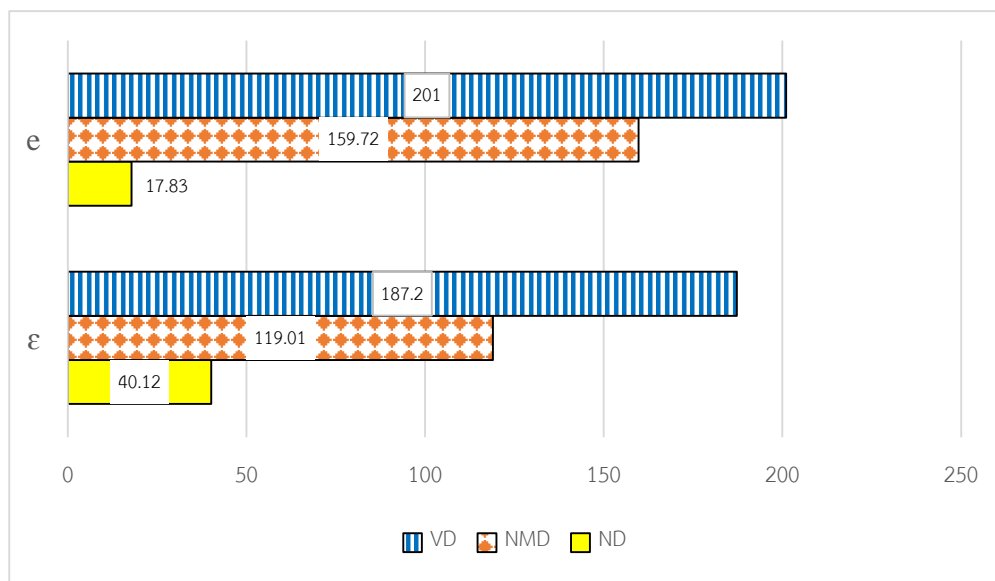


ภาพที่ 5.14 ค่าเฉลี่ยของค่าระยะเวลาสระ (VD), ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก (NMD) และค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก (ND) ของ /e/ และ /ɛ/ ที่ปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิกของผู้บอกภาษาปะโอเพศชาย 19 คน หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms)

จากภาพที่ 5.14 มีข้อค้นพบเกี่ยวกับค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกและค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก ดังนี้ เมื่อค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมาก ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกจะน้อย ซึ่งสะท้อนความสัมพันธ์แบบแปรผกผัน โดยที่ /e/ มีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกน้อยกว่า /ɛ/ และพยัญชนะต้นนาสิกที่เกิดคู่กับ /e/ มีค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกมากกว่าพยัญชนะต้นนาสิกที่เกิดกับ /ɛ/ ทั้งนี้เมื่อทดสอบความสัมพันธ์ด้วยสหสัมพันธ์แบบสเปียร์แมน พบค่าสัมประสิทธิ์สัมพันธ์ที่ค่อนข้างต่ำ ($r = -0.31$) แสดงว่าค่าระยะเวลาทั้ง 2 ค่าไม่สัมพันธ์กันมากนัก คือ เมื่อค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมีค่ามาก ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกอาจมีค่ามากหรือน้อยก็ได้

5.4.4.2 สระที่ปรากฏหน้าพยัญชนะท้ายนาสิก

จากการวิเคราะห์ค่าระยะเวลาสระ ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของสระที่ปรากฏหน้าพยัญชนะท้ายนาสิก พบว่า /e/ มีค่าระยะเวลาสระมากกว่า /ɛ/ และพยัญชนะท้ายนาสิกที่อยู่หลัง /e/ มีค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกมากกว่าพยัญชนะท้ายนาสิกที่อยู่หลัง /ɛ/ ซึ่งความแตกต่างเหล่านี้มีนัยสำคัญทางสถิติ ในทางตรงกันข้าม ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของ /e/ มีค่าน้อยกว่าค่าของ /ɛ/ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ลำดับต่อไปจะกล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะเวลาเหล่านี้ (ดูภาพที่ 5.15)



ภาพที่ 5.15 ค่าเฉลี่ยของค่าระยะเวลาสระ (VD), ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก (NMD) และค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก (ND) ของ /e/ และ /ɛ/ ที่ปรากฏหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกของผู้บอกภาษาปะโอเพศชาย 19 คน หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms)

เมื่อพิจารณาภาพที่ 5.15 พบว่า ในกรณีของค่าระยะเวลาสระและค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของ /e/ และ /ɛ/ ที่ปรากฏหน้าพยัญชนะท้ายนาสิก ค่าระยะเวลาทั้ง 2 ค่ามีความสัมพันธ์แบบแปรผกผัน เมื่อค่าระยะเวลาสระมาก ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกกลับน้อย นั่นคือ /e/ มีค่าระยะเวลาสระมากกว่า /ɛ/ แต่มีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกน้อยกว่า /ɛ/ แต่เมื่อทดสอบความสัมพันธ์ของค่าระยะเวลาทั้ง 2 ค่าด้วยสหสัมพันธ์แบบสเปียร์แมนพบค่าสัมประสิทธิ์สัมพันธ์ที่ต่ำมาก ($r = 0.06$) ผลค่า r เป็นค่าบวก ทำให้ตีความได้ว่า แท้จริงแล้วค่าระยะเวลาสระและค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมีความสัมพันธ์แบบตรง คือ เมื่อค่าระยะเวลาสระมาก ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกจะมากด้วย แต่การที่ค่า r มีค่าน้อยมาก หมายความว่าค่าระยะเวลาทั้ง 2 ค่าไม่สัมพันธ์กัน กล่าวคือ สระที่มีค่าระยะเวลาสระมาก อาจมีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมากหรือน้อยก็ได้ อย่างไรก็ตาม จะเห็นได้ว่า /e/ ซึ่งเป็นสระกลางมีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกน้อยกว่า /ɛ/ ซึ่งเป็นสระต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างการออกเสียงขึ้นจมูกกับระดับความสูงต่ำของสระที่กล่าวว่าสระต่ำมีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระสูง (Chen, 2000; Montagu, 2007; Onsuwan, 2005)

ภาพที่ 5.15 แสดงให้เห็นว่าค่าระยะเวลาสระและค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกของ /e/ และ /ɛ/ ที่ปรากฏหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกมีความสัมพันธ์แบบแปรตรง คือ เมื่อค่าระยะเวลาสระมาก ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกจะมากด้วย โดยที่ /e/ มีค่าระยะเวลาสระมากกว่า /ɛ/ และพยัญชนะท้าย

นาสิกที่อยู่หลัง /e/ มีค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกมากกว่าพยัญชนะท้ายนาสิกที่อยู่หลัง /e/ ข้อค้นพบนี้ไม่เป็นไปตามผลการศึกษาอื่นๆ ที่พบว่าค่าระยะเวลาสระและค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกมีความสัมพันธ์แบบแปรผกผันกัน (Abramson, 1962; Lisker, 1978; Onsuwan, 2005; Roengpitya, 2001) ทั้งนี้ เมื่อทดสอบความสัมพันธ์ด้วยสหสัมพันธ์แบบสเปียร์แมนพบค่าสัมประสิทธิ์สัมพันธ์ที่ต่ำมาก ($r = 0.17$) แสดงว่าค่าระยะเวลาทั้ง 2 ค่าแทบไม่สัมพันธ์กัน แม้ค่าระยะเวลาสระจะมีค่ามาก ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกอาจจะมากหรือน้อยก็ได้

เมื่อพิจารณาค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกและค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกพบความสัมพันธ์แบบแปรผกผัน กล่าวคือ เมื่อค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่า ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกจะน้อยกว่า โดยที่ /e/ มีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกน้อยกว่า /e/ และพยัญชนะท้ายนาสิกที่เกิดคู่กับ /e/ มีค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกมากกว่าพยัญชนะท้ายนาสิกที่เกิดคู่กับ /e/ เมื่อทดสอบความสัมพันธ์ด้วยสหสัมพันธ์แบบสเปียร์แมน พบค่าสัมประสิทธิ์สัมพันธ์ที่ค่อนข้างต่ำ ($r = -0.26$) แสดงว่าค่าระยะเวลาทั้ง 2 ค่าไม่สัมพันธ์กันมากนัก คือ สระที่มีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมาก อาจมีค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกมากหรือน้อยก็ได้

อย่างไรก็ตาม ในภาพรวม ค่าสัมประสิทธิ์สัมพันธ์ของคู่ระยะเวลาต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นค่าระยะเวลาสระกับค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก ค่าระยะเวลาสระกับค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก และค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกกับค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกในหัวข้อที่ 5.4 มีค่าไม่สูงนัก สะท้อนให้เห็นว่าค่าระยะเวลาเหล่านี้ไม่ได้มีความสัมพันธ์กันอย่างมีทิศทางชัดเจน

ผลการศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของค่าระยะเวลาสระกับค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก ค่าระยะเวลาสระกับค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก และค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกกับค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของสระที่มีระดับความสูงต่ำของลิ้นต่างกัน คือ สระกลาง /e/ และสระต่ำ /e/ ที่ปรากฏในแต่ละบริบทพยัญชนะนาสิกในหัวข้อที่ 5.4.4 สรุปได้ดังในตารางที่ 5.14

ตารางที่ 5.14 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะเวลาต่างๆ ของสระที่มีระดับความสูงต่ำของลิ้นต่างกัน
ในบริบทพยัญชนะต้นนาสิกและพยัญชนะท้ายนาสิกในภาษาปะโอ

คู่ค่าระยะเวลา	บริบท	ทิศทาง	ค่าสัมประสิทธิ์สัมพันธ์
ค่าระยะเวลาสระกับค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก	NVC		
	CVN	ตรง	0.06
ค่าระยะเวลาสระกับค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก	NVC		
	CVN	ตรง	0.17
ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกกับค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก	NVC	ผกผัน	-0.31
	CVN	ผกผัน	-0.26

5.5 สรุปและอภิปรายผล

ผลการเปรียบเทียบสระเสียงขึ้นจมูกที่เกิดในบริบทพยัญชนะต้นนาสิกต่างกัน คือ สระโอษฐ์ที่ปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิกและสระโอษฐ์ที่ปรากฏหน้าพยัญชนะท้ายนาสิก 2 เสียง ได้แก่ /e, ε/ จากข้อมูลของผู้บอกภาษาปะโอเพศชาย 19 คน สนับสนุนสมมติฐานที่กล่าวว่า

ในภาษาปะโอ สระโอษฐ์ซึ่งปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิก /NVC/ มีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระโอษฐ์ซึ่งปรากฏหน้าพยัญชนะท้ายนาสิก /CVN/ อย่างมีนัยสำคัญ

สนับสนุน เพราะพบว่าสระโอษฐ์ที่ปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิกมีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกและค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระโอษฐ์ที่ปรากฏหน้าพยัญชนะท้ายนาสิก และความแตกต่างนี้มีนัยสำคัญทางสถิติ

ข้อค้นพบดังกล่าวสอดคล้องกับผลการศึกษาในงานวิจัยอื่นๆ ที่พบว่า ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกที่พบในสระโอษฐ์ซึ่งปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิกมีค่ามากกว่าค่าที่พบในสระโอษฐ์ที่ปรากฏหน้าพยัญชนะท้ายนาสิก (Basset et al., 2001; Beddor & Onsuwan, 2003; Beddor et al., 2002; Benguerel, 1974; Cohn, 1990; Delvaux et al., 2008; Diakoumakou, 2005; Ha & Kuehn, 2006; Klopfenstein, 2006; Rochet & Rochet, 1991a; Rossato et al., 2003) อย่างไรก็ตาม ผลการวิเคราะห์จากงานวิจัยบางงานพบผลที่ขัดแย้ง คือ สระโอษฐ์ที่ปรากฏหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกมีการออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระโอษฐ์ที่ปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิก (Moll & Daniloff, 1971; Ohala, 1971) แต่น่าสังเกตว่าข้อค้นพบนี้ล้วนมาจากงานที่วิเคราะห์ภาษาอังกฤษ ข้อค้นพบนี้อาจมีที่มาจากกรณีที่กระบวนการออกเสียงสระเสียงขึ้นจมูกที่อยู่หน้าพยัญชนะท้ายนาสิกใน

ภาษาอังกฤษแตกต่างจากภาษาอื่นๆ ดังแสดงในผลการศึกษการออกเสียงขึ้นจมูกของสระในภาษาสเปนและภาษาอังกฤษสำเนียงอเมริกันของ Solé (1995)

Solé (1995) ได้ศึกษาการเคลื่อนที่ของเพดานอ่อนขณะออกเสียงสระที่อยู่หน้าพยัญชนะท้ายนาสิกในบริบทระดับความเร็วในการพูดหลายระดับ (ช้า ปกติ เร็ว) ผลการวิจัยพบว่าในกรณีภาษาสเปน การเคลื่อนที่ของเพดานอ่อนไม่ได้รับผลกระทบจากความเร็วในการพูด แม้ความเร็วในการพูดจะเปลี่ยนแปลง แต่อัตราความเร็ว (velocity) ที่เพดานอ่อนใช้ในการหย่อนตัวก็ยังคงที่ และเพดานอ่อนเปิดกว้างมากที่สุดเมื่อเริ่มออกเสียงพยัญชนะท้ายนาสิก ในทางกลับกัน การออกเสียงขึ้นจมูกของสระเสียงขึ้นจมูกในภาษาอังกฤษสำเนียงอเมริกันมีการปรับเปลี่ยนตามความเร็วในการพูด เมื่อผู้พูดออกเสียงเร็วขึ้น เพดานอ่อนจะหย่อนตัวลงไวกว่า และเพดานอ่อนเปิดกว้างมากที่สุด ณ ตำแหน่งกลางสระ พฤติกรรมการออกเสียงขึ้นจมูกของภาษาอังกฤษดังกล่าวอาจส่งผลให้สระเสียงขึ้นจมูกที่เกิดหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกมีการออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระเสียงขึ้นจมูกที่เกิดหลังพยัญชนะต้นนาสิก

ผู้วิจัยยังได้เปรียบเทียบค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของสระที่มีระดับความสูงต่ำของลิ้นต่างกัน คือ สระกลาง /e/ และสระต่ำ /ɛ/ และพบว่า /e/ มีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกน้อยกว่า /ɛ/ ข้อค้นพบนี้สนับสนุนแนวคิดเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างการออกเสียงขึ้นจมูกกับระดับความสูงต่ำของสระ และสามารถนำไปเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์สระนาสิกของภาษาโปซึ่งนำเสนอไว้ในบทที่ 6 ในภายหลังได้

บทที่ 6

สระเสียงขึ้นจมูกและสระนาสิกในภาษาไทย

ภาษาไทยเป็นภาษาในภาษากลุ่มกะเหรี่ยงที่พูดในประเทศไทยเพียงภาษาเดียวที่มีสระ 2 ชุด คือ สระโอษฐ์และสระนาสิก ซึ่งแตกต่างกันในแง่ของการออกเสียงขึ้นจมูก การออกเสียงขึ้นจมูกที่พบในสระนาสิกเกิดจากการที่เพดานอ่อนหย่อนตัวลง ทำให้ช่องคอ ช่องปาก และช่องจมูกเชื่อมต่อกัน กระแสลมจากปอดจึงไหลออกได้ทั้งทางปากและจมูก ทำให้เกิดการสั่นพ้องในทั้ง 2 ช่องทางเดินเสียง อันส่งผลให้สระนาสิกมีลักษณะทางกลศาสตร์ที่ซับซ้อน นอกจากนี้ เมื่อสระโอษฐ์ปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิก จะทำให้สระนั้นออกเสียงขึ้นจมูก ซึ่งเรียกว่า “สระเสียงขึ้นจมูก” ในงานวิจัยนี้ สระนาสิกและสระเสียงขึ้นจมูกรวมกันเรียกว่า “สระที่ออกเสียงขึ้นจมูก”

ในบทนี้ ผู้วิจัยมุ่งศึกษา 2 ประเด็นคือ (1) สัทสมบัติของสระนาสิก 4 เสียง คือ /อ/, โ, ุ, ฌ/ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะเวลาสระ (vowel duration) ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก (nasal murmur duration) และค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก (nasalization duration) และ (2) ความสัมพันธ์ระหว่างการออกเสียงขึ้นจมูกของสระกับสระที่มีระดับความสูงต่ำของลิ้นต่างกัน โดยเปรียบเทียบค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของสระโอษฐ์ที่เกิดหลังพยัญชนะต้นนาสิกหรือสระเสียงขึ้นจมูก 3 เสียง คือ /i, e, ɛ/ และสระนาสิก 4 เสียง คือ /อ/, โ, ุ, ฌ/ เพื่อทดสอบสมมติฐานที่ว่า

(1) หน่วยเสียงสระนาสิก /V/ ซึ่งมีรูปแปร 3 รูป คือ [Ṽ] [Ṽ^h] และ [V^h] มีค่าระยะเวลาสระ (vowel duration) ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก (nasal murmur duration) และค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก (nasalization duration) ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

(2) สระต่ำที่มีการออกเสียงขึ้นจมูก (/CṼ/ หรือ /NV/) มีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระสูงที่มีการออกเสียงขึ้นจมูกอย่างมีนัยสำคัญ

การหาค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของสระเสียงขึ้นจมูกซึ่งเป็นสระหน้าใช้วิธีการเปรียบเทียบสเปกตรัม FFT (Fast Fourier Transform) ส่วนการหาค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของสระนาสิกซึ่งเป็นสระกลางและสระหลัง จะพิจารณาความเข้มหรือพลังงานในสเปกโตรแกรมและความสูงของภาพคลื่นเสียงประกอบกับการฟัง⁴⁷ หลังจากนั้นจะนำค่าทางกลศาสตร์ต่างๆ ที่ได้มาทดสอบด้วยสถิติ Kruskal-Wallis เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าต่างๆ ของสระเสียงขึ้นจมูก 3 เสียงและสระนาสิก 4 เสียง หากพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ภายในกลุ่ม

⁴⁷ ดูรายละเอียดการหาค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกในหัวข้อที่ 3.3.2.2

สระแต่ละประเภท ก็จะนำข้อมูลมาทดสอบด้วยสถิติ Wilcoxon ต่อไป เพื่อหาว่าสระคูใดแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติบ้าง

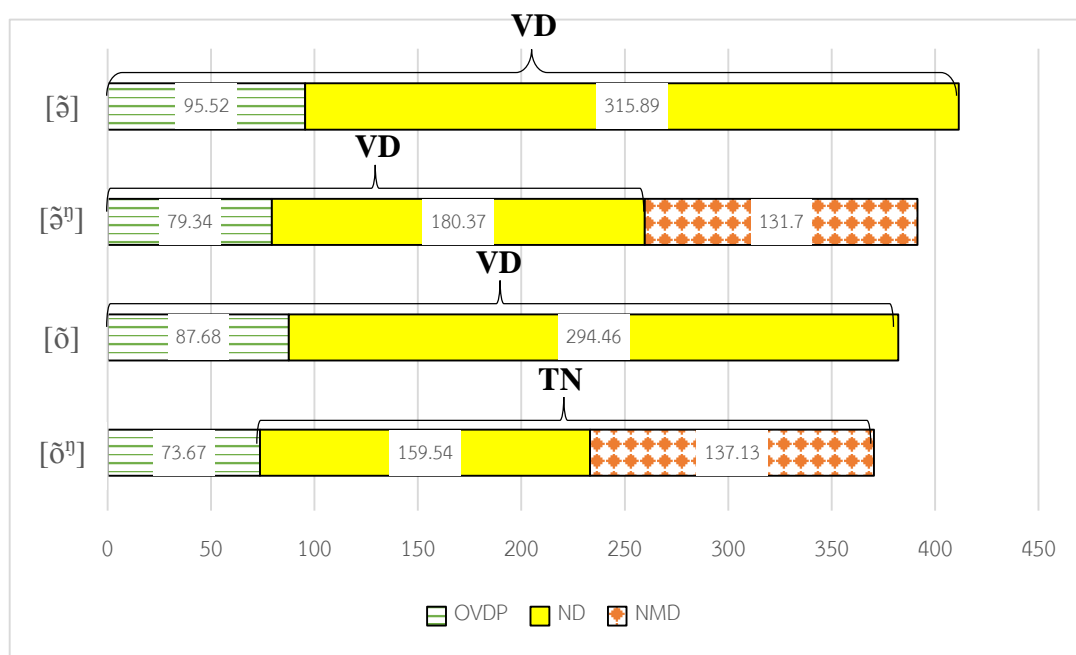
ผู้วิจัยแบ่งการนำเสนอเป็น 4 ส่วนหลัก ได้แก่ หัวข้อที่ 6.1 สระนาสิก ซึ่งยังแบ่งออกเป็น หัวข้อย่อย 5 หัวข้อ โดยจะกล่าวถึงลักษณะของสระนาสิกในภาษาโปบ้านแม่แพหลวงในหัวข้อที่ 6.1.1 จากนั้นจะนำเสนอข้อค้นพบเกี่ยวกับค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก และค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดในหัวข้อที่ 6.1.2 - 6.1.4 ตามลำดับ ส่วนหัวข้อที่ 6.1.5 กล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะเวลาต่างๆ จากนั้นในหัวข้อที่ 6.2 จึงกล่าวถึงสระเสียงขึ้นจมูก ส่วนหัวข้อที่ 6.3 เป็นการสรุปและอภิปรายผล โดยในแต่ละส่วนจะให้คำอธิบายพร้อมตารางกราฟแท่งซึ่งใช้เมื่อมีการเปรียบเทียบค่าระยะเวลาต่างประเภทภายในข้อมูลของสระแต่ละเสียง และแผนภูมิกล่องซึ่งใช้เมื่อมีการเปรียบเทียบค่าระยะเวลาประเภทเดียวกันระหว่างสระต่างเสียง โดยได้นำเสนอทั้งค่าระยะเวลาสัมบูรณ์และค่าร้อยละของค่าระยะเวลา ในกรณีที่ผลการวิเคราะห์ค่าระยะเวลาสัมบูรณ์และค่าร้อยละแตกต่างกัน จะเน้นตีความผลการวิจัยจากค่าร้อยละ เนื่องจากเป็นค่าที่ได้ปรับให้เป็นกลาง การปรับค่าให้เป็นกลางช่วยกำจัดความแตกต่างของค่าระยะเวลาที่เป็นผลจากความแตกต่างของความเร็วในการพูดของแต่ละคน และทำให้สามารถเปรียบเทียบค่าระยะเวลาที่มาจากผู้บอกภาษาหลายคนได้

6.1 สระนาสิก

ในการวิเคราะห์สระนาสิก 4 เสียง คือ /ɔ̃, ɔ̃, ɔ̃, ɔ̃/ ในภาษาโป ผู้วิจัยได้เปรียบเทียบค่าระยะเวลาสัมบูรณ์และค่าร้อยละของค่าระยะเวลาสระ ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกและค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมด เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะเวลาๆ ของสระนาสิกที่มีลักษณะต่างกัน และความสัมพันธ์ระหว่างการออกเสียงขึ้นจมูกของสระกับสระที่มีระดับความสูงต่ำของลิ้นต่างกัน ทั้งนี้ ในการวัดค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของสระนาสิกซึ่งเป็นสระกลางและสระหลัง จะอาศัยการพิจารณาพลังงานในสเปกโตรแกรมและความสูงของภาพคลื่นเสียงประกอบกับการฟัง ช่วงสระที่มีการออกเสียงขึ้นจมูกจะมีพลังงานและความสูงของภาพคลื่นเสียงลดลง เหตุที่ไม่ใช้วิธีการเปรียบเทียบสเปกตรัม FFT ในการวัดค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกแบบในบทที่ 5 เพราะวิธีการเปรียบเทียบสเปกตรัม FFT ต้องอาศัยการระบุค่าความถี่ฟอร์เมนทนาสิกเพื่อหาค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก แต่สระนาสิกที่เป็นสระกลางและสระหลังมีค่าความถี่ฟอร์เมนทที่ 1 และ 2 ใกล้เคียงกัน ซึ่งไปเบียดบังค่าความถี่ฟอร์เมนทนาสิก ทำให้ไม่สามารถใช้วิธีการเปรียบเทียบสเปกตรัม FFT ในการวิเคราะห์ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของสระนาสิกในภาษาโปได้

6.1.1 สัทสมบัติของสระนาสิก

ข้อค้นพบเกี่ยวกับสระนาสิกซึ่งเป็นสระเดี่ยว ได้แก่ /อ, อด, อด, อด, อด/ แสดงให้เห็นว่า สระนาสิกในภาษาโบราณแม่แพหลวงมีสัทสมบัติ 2 แบบ ซึ่งตัดสินจากการฟังและการวิเคราะห์ภาพสเปกโตรแกรม ได้แก่ แบบที่ 1 [Ṽ] คือ สระนาสิกที่คงการออกเสียงขึ้นจมูกในช่วงสระ โดยไม่มีเสียงท้ายนาสิก และแบบที่ 2 [Ṽ^h] คือ สระนาสิกคงการออกเสียงขึ้นจมูกในช่วงสระ แต่เกิดมีเสียงท้ายนาสิกในระดับสัทศาสตร์ด้วย ความแตกต่างระหว่างสัทสมบัติทั้ง 2 แบบเป็นความแตกต่างในระดับสัทศาสตร์ สัทสมบัติแบบที่ 1 พบในสระต่ำ /อ, อด/ ของผู้บอกภาษาทุกคนและสระกลาง /อ, อด/ ของผู้บอกภาษาบางคน ส่วนสัทสมบัติแบบที่ 2 พบได้เฉพาะในสระกลาง /อ, อด/ ของผู้บอกภาษาบางคน จึงทำให้แบ่งกลุ่มผู้พูดได้เป็น 2 กลุ่มคือ (1) กลุ่มผู้พูดที่ไม่มีเสียงท้ายนาสิก (non-NC) คือ กลุ่มที่สัทสมบัติของสระนาสิกที่เป็นสระกลางเป็นแบบ [Ṽ] ประกอบด้วยผู้บอกภาษา 8 คน ได้แก่ ผู้บอกภาษาคนที่ 1, 3, 8, 9, 11, 12, 13, 14 ซึ่งมีอายุ 75, 65, 54, 53, 35, 34, 31, 28 ปีตามลำดับ และ (2) กลุ่มผู้พูดที่มีเสียงท้ายนาสิก (NC) คือ กลุ่มที่สัทสมบัติของสระนาสิกที่เป็นสระกลางเป็นแบบ [Ṽ^h] ประกอบด้วยผู้บอกภาษา 11 คน ได้แก่ ผู้บอกภาษาคนที่ 2, 4, 5, 6, 7, 10, 15, 16, 17, 18, 19 ซึ่งมีอายุ 74, 62, 57, 56, 56, 50, 28, 26, 25, 24, 24 ปีตามลำดับ ดังนั้น จึงสามารถเปรียบเทียบค่าระยะเวลาสระ (VD) ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก (ND) และค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก (NMD) ระหว่างสัทสมบัติทั้ง 2 แบบได้จากข้อมูลสระกลาง คือ /อ, อด/ เท่านั้น เนื่องจากสระต่ำมีสัทสมบัติแบบเดียว (ดูภาพที่ 6.1)



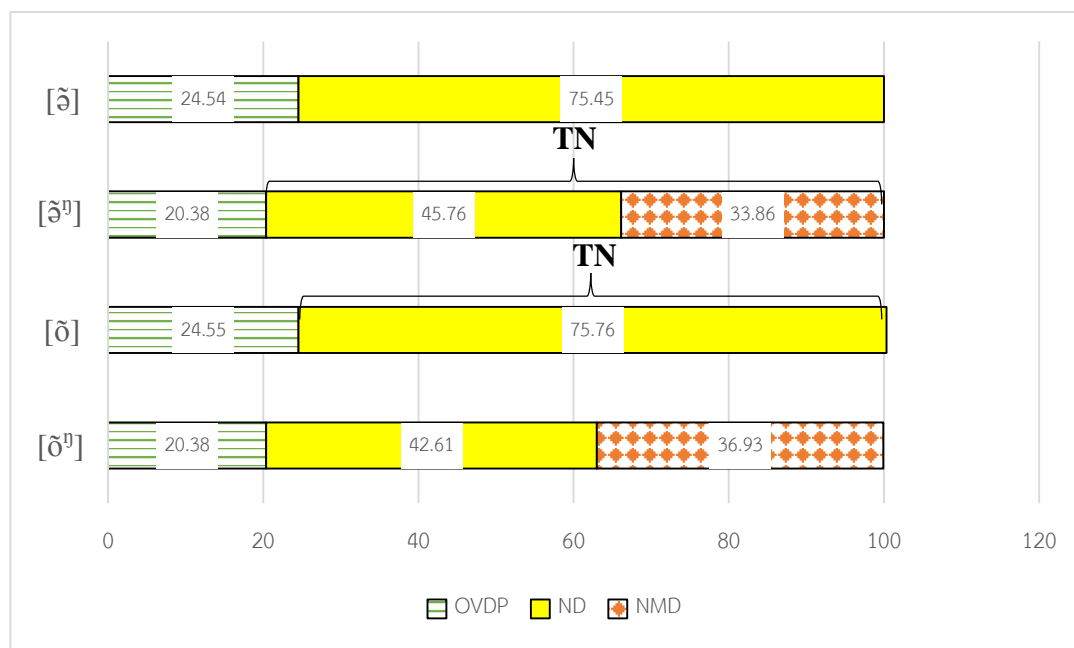
ภาพที่ 6.1 กราฟเปรียบเทียบสัทสมบัติ 2 แบบ คือ [อ้] และ [อ้๑] ของสระนาสิก /อ้, อ๋/ ของผู้บอกภาษาโปเพชชาย 19 คน ในภาพแสดงค่าเฉลี่ยของค่าระยะเวลาของช่วงสระไอซอร์ (OVPD), ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมก (ND) และค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก (NMD) หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms)⁴⁸

จากภาพที่ 6.1 ผลการเปรียบเทียบสัทสมบัติ 2 แบบของสระกลาง ได้แก่ [อ้] – [อ้๑] และ [อ๋] – [อ๋๑] พบว่า สัทสมบัติแบบ [อ้] ของสระทั้ง 2 เสียงมีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมกและค่าระยะเวลาสระมากกว่าสัทสมบัติแบบ [อ้๑] อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ค่าระยะเวลาสระ (ดูปีกกา VD) ของ [อ้] และ [อ้๑] มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 411.41 และ 259.71 มิลลิวินาทีตามลำดับ และค่าระยะเวลาสระของ [อ๋] และ [อ๋๑] มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 382.14 และ 233.20 มิลลิวินาทีตามลำดับ ส่วนค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกของสัทสมบัติแบบ [อ้] ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0 มิลลิวินาทีของสระทั้ง 2 เสียงมีค่าน้อยกว่าสัทสมบัติแบบ [อ้๑] และค่านี้นับว่าสำคัญทางสถิติ

นอกจากการเปรียบเทียบค่าระยะเวลาสัมบูรณ์ซึ่งมีหน่วยเป็นมิลลิวินาที ผู้วิจัยยังได้พิจารณา ค่าร้อยละของค่าระยะเวลาทั้ง 3 ค่าข้างต้น และพบความสัมพันธ์แบบเดียวกัน (ดูภาพที่ 6.2) คือ สัทสมบัติแบบ [อ้] ของสระ 2 เสียงนี้มีค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมกและค่าร้อยละของค่าระยะเวลาสระมากกว่าสัทสมบัติแบบ [อ้๑] อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ [อ้] และ [อ๋] มีค่าร้อยละ

⁴⁸ ค่าระยะเวลาสระ (ดูปีกกาในภาพที่ 6.1) ครอบคลุมค่าระยะเวลาของช่วงสระไอซอร์และค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมก

ละของค่าระยะเวลาสระเท่ากับ 100% ในขณะที่ [อ^๑] และ [อ^๒] มีค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละของค่าระยะเวลาสระเท่ากับ 66.14% และ 63.07% ตามลำดับ ส่วนกรณีของค่าร้อยละของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกพบว่า [ง^๑] มีค่าร้อยละของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกน้อยกว่า [ง^๒] อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



ภาพที่ 6.2 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละของค่าระยะเวลาของช่วงสระโอษฐ์ (%OVDP), ค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก (%ND)⁴⁹ และค่าร้อยละของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก (%NMD) ของสัทสมบัติ 2 แบบ คือ [ง^๑] และ [ง^๒] ของสระนาสิก /อ, ๑/ ของผู้บอกภาษาโปเพศชาย 19 คน

ข้อค้นพบที่กล่าวมาข้างต้นจึงมีทั้งที่คัดค้านและสนับสนุนสมมติฐานข้อ (1) ในภาษาโป กล่าวคือ หน่วยเสียงสระนาสิก /ง/ ในภาษาโปบ้านแม่แพหลวงมีรูปแปร 2 รูป คือ [ง^๑] และ [ง^๒] ไม่ใช่ 3 รูปตามสมมติฐาน เนื่องจากไม่พบรูปแปร [ง^๓] อย่างไรก็ตาม รูปแปรที่พบทั้ง 2 รูปมีค่าระยะเวลาสระ ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก และค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ สอดคล้องกับสมมติฐาน ทั้งนี้ หากพบสัทสมบัติแบบ [ง^๓] ในภาษาโปบ้านแม่แพหลวง

⁴⁹ เนื่องจากในภาพที่ 6.2 ผู้วิจัยต้องการนำเสนอค่าระยะเวลาของสัทสมบัติทั้ง 2 แบบของสระนาสิกกลาง 2 เสียงโดยการตั้งค่าเท่ากับ 100% เท่ากัน จึงได้คำนวณค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกโดยการนำค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมาคูณ 100 และหารด้วยค่าระยะเวลาเสียงส่วนหลังเช่นเดียวกับค่าร้อยละของค่าระยะเวลาของช่วงสระโอษฐ์และค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก

คาดว่าค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกและค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของ $[V\eta]$ จะแตกต่างจากค่าที่พบในสัทสมบัติแบบ $[\tilde{V}^{\eta}]$ คือ $[V\eta]$ น่าจะมีค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกมากกว่าและมีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกน้อยกว่า $[\tilde{V}^{\eta}]$

นอกเหนือจากผลการศึกษาค่าระยะเวลาต่างๆ ตามที่ปรากฏในสมมติฐานข้อ (1) ผู้วิจัยยังพบผลการศึกษาน่าสนใจเกี่ยวกับค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดของสัทสมบัติทั้ง 2 แบบของสระนาสิกที่เป็นสระกลาง จึงจะกล่าวถึงผลดังกล่าวเพิ่มเติมดังต่อไปนี้ ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมด (Total nasalization/TN) คือ ผลรวมของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกกับค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก ซึ่งค่าระยะเวลานี้ น่าจะสามารถสะท้อนระยะเวลาที่เพดานอ่อนใช้ในการเคลื่อนที่ ซึ่งก่อให้เกิดการออกเสียงขึ้นจมูกได้ หากดูภาพที่ 6.1 และ 6.2 แถบสีเหลืองแสดงทั้งค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกและค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดของสัทสมบัติแบบ $[\tilde{V}]$ สำหรับสัทสมบัติแบบ $[\tilde{V}^{\eta}]$ แถบสีเหลืองกับสีส้มลายสีเหลี่ยมรวมกันแสดงค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมด จะเห็นได้ว่า แถบที่แสดงค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดไม่ว่าจะเป็นค่าระยะเวลาที่มีหน่วยเป็นมิลลิวินาทีหรือค่าร้อยละมีความกว้างพอๆ กัน ผู้วิจัยจึงได้เปรียบเทียบค่าระยะเวลาดังกล่าวในตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมด หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms) และค่าร้อยละ (%) ของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดของสัทสมบัติ 2 แบบของสระนาสิก /อ, ๖/ ของผู้บอกภาษาโปแตซชาย 19 คน โดยระบุค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

สัทสมบัติสระนาสิก	TN		%TN	
	Mean (ms)	SD	Mean (%)	SD
[อ]	315.89	101.68	75.45	9.14
[อ ^๗]	312.07	67.83	79.62	5.25
[๖]	294.46	98.58	75.76	10.51
[๖ ^๗]	296.67	78.28	79.54	4.81

ในตารางที่ 6.1 สัทสมบัติของสระทั้ง 2 แบบของสระนาสิกซึ่งเป็นสระกลาง 2 เสียงมีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดใกล้เคียงกัน กล่าวคือ [อ] มีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดพอๆ กับที่พบใน [อ^๗] และ [๖] มีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดใกล้เคียงกับที่พบใน [๖^๗] เช่นกัน สอดคล้องกับผลการทดสอบทางสถิติ Wilcoxon ที่พบว่าค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก

ทั้งหมดของ [จ] กับ [จ^๓] และ [อ] กับ [อ^๓] แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.77$ และ $p = 0.87$ ตามลำดับ) ในส่วนของค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมด [จ] มีค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดน้อยกว่า [จ^๓] และ [อ] มีค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดน้อยกว่า [อ^๓] และความแตกต่างนี้มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดก็ยังถือว่ามีความใกล้เคียงกัน และเมื่อพิจารณาค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดของสระนาสิกทั้ง 2 เสียงพร้อมกัน พบค่าที่ใกล้เคียงกันด้วย คือ /จ/ มีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดใกล้เคียงกับค่าของ /อ/ จึงอาจกล่าวได้ว่า ข้อค้นพบเรื่องค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดของสระนาสิกซึ่งเป็นสระกลางแสดงให้เห็นว่า แม้สระนาสิกแต่ละเสียงจะมีลักษณะสมบัติหลายรูปแบบ หรือเป็นสระที่มีตำแหน่งหน้าหลังของลิ้นต่างกัน แต่ค่าระยะเวลาที่ใช้ในการออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดมีค่าค่อนข้างคงที่ ซึ่งอาจสะท้อนว่าเพดานอ่อนอาศัยระยะเวลาเท่าๆ กันในการเคลื่อนที่

6.1.2 ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก

ในหัวข้อที่ 6.1.2 จะกล่าวถึงผลการวิเคราะห์ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกและค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของสระนาสิกทั้ง 4 เสียง ได้แก่ /จ, อ, ฌ, ฌ^๓/ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการออกเสียงขึ้นจมูกกับสระที่มีระดับความสูงต่ำของลิ้นต่างกัน โดยนำเสนอผลด้วยตารางและแผนภูมิกล่อง ค่าที่ปรากฏในตารางประกอบด้วย ค่าต่ำสุด (Minimum) ควอร์ไทล์ที่ 1 (Q1) ค่ามัธยฐาน (Median) ควอร์ไทล์ที่ 3 (Q3) ค่าสูงสุด (Maximum) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) โดยค่า 5 ค่าแรกเป็นค่าที่ใช้ในการสร้างแผนภูมิกล่อง ส่วนค่าเฉลี่ยเป็นค่าสถิติที่ใช้แสดงค่ากลางของข้อมูลเช่นเดียวกับค่ามัธยฐาน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานแสดงการแปรของข้อมูล⁵⁰

จากการเปรียบเทียบค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกและค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของสระนาสิกซึ่งเป็นสระเดี่ยวทั้ง 4 เสียง ได้แก่ /จ, อ, ฌ, ฌ^๓/ สามารถเรียงลำดับค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกและค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกได้ดังนี้ $/ฌ^๓/ > /จ/ > /อ/ > /อ^๓/$ จะเห็นได้ว่า สระนาสิกซึ่งเป็นสระต่ำ คือ /ฌ, ฌ^๓/ มีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระกลาง คือ /จ, อ/ จึงกล่าวได้ว่า ข้อค้นพบจากการวิจัยสนับสนุนสมมติฐานข้อ (2) ที่ว่าสระต่ำมีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระสูง (ดูตารางที่ 6.2 และ 6.3)

⁵⁰ คู่อธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับค่าสถิติและแผนภูมิกล่องในหัวข้อที่ 3.3.4 และ 3.4

ตารางที่ 6.2 ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของสระนาสิก /อ, อด, ัว, ำ/ ของผู้บอกภาษาโปเพศชาย 19 คน โดยระบุค่าต่ำสุด (Min) ควอร์ไทล์ที่ 1 (Q1) ค่ามัธยฐาน (Median) ควอร์ไทล์ที่ 3 (Q3) ค่าสูงสุด (Max) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) หน่วยเป็น มิลลิวินาที (ms)

สระ	Min	Q1	Median	Q3	Max	Mean	SD
/อ/	90.35	171.40	205.40	291.70	513.70 ⁵¹	237.40	101.98
/อด/	72.98	140.10	184.80	282.30	459.10	216.30	100.07
/ัว/	88.05	214.60	279.20	332.20	499.20	281.20	85.06
/ำ/	135.95	252.5	300.99	352.5	460.7	303.97	73.97

จากตารางที่ 6.2 เมื่อเปรียบเทียบค่ามัธยฐานและค่าเฉลี่ยระหว่างสระนาสิกทั้ง 4 เสียง จะเห็นได้ว่า /ำ/ มีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมากที่สุด รองลงมา คือ /อ/ /ัว/ และ /อด/ ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับความสูงต่ำของลิ้นของแต่ละสระ โดย /ำ/ มีระดับลิ้นต่ำที่สุด รองลงมา คือ /อ/ ซึ่งมีระดับลิ้นสูงกว่า /ำ/ ส่วน /ัว/ และ /อด/ มีระดับลิ้นอยู่กลางๆ ทั้งนี้ ในขณะที่ค่ามัธยฐานและค่าเฉลี่ยของสระต่ำแต่ละเสียงมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งแสดงว่าข้อมูลแจกแจงแบบสมมาตร แต่ในกรณีของสระกลาง ค่าเฉลี่ยมีค่าสูงกว่าค่ามัธยฐาน แสดงว่าข้อมูลของ /อ/ และ /อด/ บางค่ามีค่าสูง ทำให้ค่าเฉลี่ยมีค่าสูงตามไปด้วย เมื่อนำค่าสูงสุดมาลบค่าต่ำสุด จะทำให้ได้ค่าพิสัยของสระแต่ละเสียง ผลการคำนวณปรากฏว่า /อ/ มีค่าพิสัยกว้างที่สุดเท่ากับ 423.35 มิลลิวินาที รองลงมาคือ /ัว/ ซึ่งมีค่าพิสัย 411.15 มิลลิวินาที และ /อด/ ซึ่งมีค่าพิสัย 386.12 มิลลิวินาที ส่วน /ำ/ มีค่าพิสัยน้อยที่สุด คือ 324.75 มิลลิวินาที ในส่วนของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน สระกลางมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมากกว่าสระต่ำ สะท้อนว่าข้อมูลของสระกลางมีการแปรปรวนมากกว่าข้อมูลของสระต่ำ

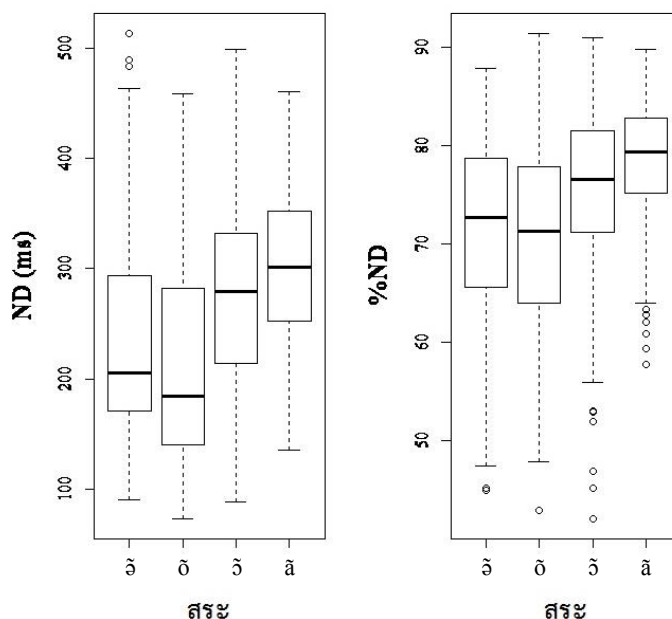
⁵¹ ในกรณีที่ข้อมูลของชุดสระมีค่าผิดปกติ (Outlier) ซึ่งก็คือ ค่าที่สูงหรือต่ำผิดปกติ ค่าสูงสุดหรือต่ำสุดที่ปรากฏในตารางจะมีค่าเท่ากับค่าผิดปกติที่มีค่ามากที่สุดหรือน้อยที่สุดในชุดข้อมูล

ตารางที่ 6.3 ค่าร้อยละ (%) ของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของสระนาสิก /อ, อด, ัว, ำ/ ของผู้บอกภาษาโปเพชชาย 19 คน โดยระบุค่าต่ำสุด (Min) ควอร์ไทล์ที่ 1 (Q1) ค่ามัธยฐาน (Median) ควอร์ไทล์ที่ 3 (Q3) ค่าสูงสุด (Max) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

สระ	Min	Q1	Median	Q3	Max	Mean	SD
/อ/	44.89	65.61	72.63	78.70	87.84	71.68	9.22
/อด/	42.92	63.96	71.32	77.84	91.43	70.87	10.08
/ัว/	42.02	71.23	76.54	81.54	90.99	75.17	9.37
/ำ/	57.77	75.16	79.39	82.75	89.82	78.41	6.39

ผลการวิเคราะห์ค่ามัธยฐานและค่าเฉลี่ยจากตารางที่ 6.3 แสดงให้เห็นว่า /ำ/ มีค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมากที่สุด รองลงมา คือ /อ/ /ัว/ และ /อด/ ตามลำดับ โดยที่ค่ามัธยฐานและค่าเฉลี่ยของสระแต่ละเสียงมีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่าข้อมูลมีความสมมาตร ส่วนผลการศึกษาค่าพิสัยของค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก คือ /อ/ มีค่าพิสัยสูงที่สุดเท่ากับ 48.97% รองลงมาคือ /อด/ มีค่าพิสัย 48.51% และ /ัว/ มีค่าพิสัย 42.95% ส่วน /ำ/ มีค่าพิสัยน้อยที่สุด คือ 32.05% และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของสระทั้ง 4 เสียงยังมีค่าน้อย แสดงว่าข้อมูลมีการแปรน้อย

ผลการวิเคราะห์ค่าในตารางที่ 6.2 และ 6.3 ทำให้เห็นว่าการออกเสียงขึ้นจมูกมีความสัมพันธ์กับระดับความสูงต่ำของสระ เนื่องจากพบว่าสระต่ำมีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกและค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระกลาง ซึ่งสนับสนุนสมมติฐานข้อ (2) ที่กล่าวว่าสระต่ำกว่ามีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระสูงกว่า ทั้งนี้ เพื่อช่วยให้เห็นภาพที่ชัดเจนยิ่งขึ้น ผู้วิจัยจึงนำเสนอค่าดังกล่าวในแผนภูมิกล่องด้วย (ดูภาพที่ 6.3)



ภาพที่ 6.3 ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก (ND) หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms) (ซ้าย) และค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก (%ND) หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%) (ขวา) ของสระนาสิก /อ/, โ, ว, ั/ ของผู้บอกภาษาโปเพศชาย 19 คน

เมื่อพิจารณาภาพที่ 6.3 ซึ่งประกอบด้วยแผนภูมิกล่องแสดงค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก (ซ้าย) และแผนภูมิกล่องแสดงค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก (ขวา) จะเห็นได้ว่าในภาพแผนภูมิกล่องทั้ง 2 ด้าน ตัวกล่องของ /ั/ อยู่สูงที่สุด รองลงมาคือ /ว/ /อ/ และ /โ/ ตามลำดับ สะท้อนผลการวิเคราะห์ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกและค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกที่ว่า /ั/ มีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกและค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมากที่สุด รองลงมา คือ /ว/ /อ/ และ /โ/ ตามลำดับ น่าสังเกตว่าตำแหน่งตัวกล่องของสระต่ำ /อ/ และ /ั/ อยู่สูงกว่าสระกลาง /อ/ และ /โ/ ข้อค้นพบนี้สนับสนุนสมมติฐานข้อ (2)

นอกจากนี้ ผลการวิเคราะห์ทางสถิติยังสนับสนุนความแตกต่างของการออกเสียงขึ้นจมูกระหว่างสระนาสิกซึ่งเป็นสระกลางและสระต่ำด้วย กล่าวคือ ผลการทดสอบทางสถิติ Kruskal-Wallis พบว่า สระนาสิกทั้ง 4 เสียงมีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกและค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผู้วิจัยจึงนำข้อมูลมาทดสอบด้วยสถิติ Wilcoxon เพื่อเปรียบเทียบสระทีละคู่ และพบว่าสระเกือบทุกคู่ยกเว้นคู่สระกลาง /อ/, โ/ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่า /ว/ และ /ั/ มีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกและค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่า /อ/ และ /โ/ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ /อ/ มีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกและค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่า /โ/ แต่ค่านี้แตกต่างกันอย่างไม่มีความสำคัญ

ทางสถิติ ($p = 0.10$ และ $p = 1$ ตามลำดับ) หากย้อนกลับไปดูภาพที่ 6.3 ก็จะได้เห็นว่าตัวกล่องของสระ 2 เสียงนี้อยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกันมาก สอดคล้องกับผลการทดสอบทางสถิติข้างต้น

โดยสรุป ผลการเปรียบเทียบค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกและค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกประกอบกับผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่างสระกลาง /อ/, /โ/ และสระต่ำ /อ/, /โ/ จากข้อมูลของผู้บอกภาษาโปเพศชายจำนวน 19 คนสนับสนุนสมมติฐานข้อ (2) ที่ว่าสระต่ำมีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระสูงอย่างมีนัยสำคัญ

6.1.3 ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก

เนื่องจากในภาษาโปบ้านแม่แพหลวง พบเสียงท้ายนาสิก [-^h] ในสระนาสิกที่เป็นสระกลางของกลุ่มผู้พูดที่มีเสียงท้ายนาสิก (NC) จำนวน 11 คน จึงเปรียบเทียบค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกและค่าร้อยละของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกระหว่างสระ /อ/ และ /โ/ จากข้อมูลของผู้พูดกลุ่มนี้ ผลการศึกษาพบว่า /โ/ มีค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกมากกว่า /อ/ อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.69$) แต่ /โ/ มีค่าร้อยละของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกมากกว่า /อ/ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ดูตารางที่ 6.4 และ 6.5) เนื่องจากผลการทดสอบทางสถิติของค่าระยะเวลาสัมบูรณ์และค่าร้อยละของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกแตกต่างกัน ผู้วิจัยจะเน้นตีความผลการวิเคราะห์จากค่าร้อยละ เพราะเป็นค่าที่ได้ปรับให้เป็นกลาง

ตารางที่ 6.4 ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกในสระนาสิก /อ/, /โ/ ของกลุ่มผู้พูดภาษาโปที่มีเสียงท้ายนาสิก 11 คน โดยระบุค่าต่ำสุด (Min) ควอร์ไทล์ที่ 1 (Q1) ค่ามัธยฐาน (Median) ควอร์ไทล์ที่ 3 (Q3) ค่าสูงสุด (Max) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms)

สระ	Min	Q1	Median	Q3	Max	Mean	SD
/อ/	72.21	103.80	131.40	157.30	249.70	131.70	33.55
/โ/	67.11	107.60	130.60	153.10	291.60	137.10	41.70

ตารางที่ 6.4 แสดงให้เห็นว่าค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกของสระกลางทั้ง 2 เสียงแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย โดย /อ/ มีค่ามัธยฐานของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกมากกว่า /โ/ แต่มีค่าเฉลี่ยของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกน้อยกว่า /โ/ อย่างไรก็ตาม ความแตกต่างระหว่างสระทั้ง 2 เสียงนี้

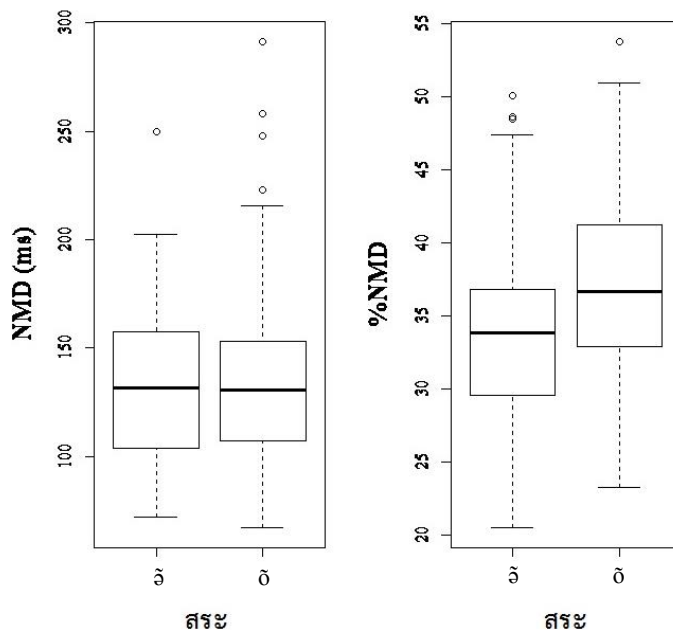
ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.69$) และค่ามัธยฐานกับค่าเฉลี่ยของสระแต่ละเสียงมีค่าใกล้เคียงกันมาก แสดงว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบสมมาตร และค่าพิสัยของ /อ/ น้อยกว่า /โ/ โดย /อ/ มีค่าพิสัย 177.49 มิลลิวินาที ส่วน /โ/ มีค่าพิสัย 224.49 มิลลิวินาที และ /อ/ ยังมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกต่ำกว่า /โ/ แสดงว่าข้อมูลในชุดสระ /อ/ มีการแปรน้อยกว่าข้อมูลในชุดสระ /โ/ อย่างไรก็ตาม ถ้าวัดสระทั้ง 2 เสียงมีการแปรของข้อมูลไม่มากนัก

ตารางที่ 6.5 ค่าร้อยละ (%) ของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกในสระนาสิก /อ, โ/ ของกลุ่มผู้พูดภาษาโปที่มีเสียงท้ายนาสิก 11 คน โดยระบุค่าต่ำสุด (Min) ควอร์ไทล์ที่ 1 (Q1) ค่ามัธยฐาน (Median) ควอร์ไทล์ที่ 3 (Q3) ค่าสูงสุด (Max) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

สระ	Min	Q1	Median	Q3	Max	Mean	SD
/อ/	20.50	29.63	33.85	36.83	50.13	33.86	6.53
/โ/	23.26	32.95	36.66	41.21	53.83	36.93	6.33

ข้อค้นพบเกี่ยวกับค่าร้อยละของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกในตารางที่ 6.5 แตกต่างจากผลการศึกษาค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกข้างต้น กล่าวคือ /อ/ มีค่าร้อยละของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกมากกว่า /โ/ และค่านี้มีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้ ค่ามัธยฐานและค่าเฉลี่ยยังมีค่าใกล้เคียงกันมาก แสดงว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบสมมาตร ยิ่งไปกว่านั้น สระทั้ง 2 เสียงยังมีค่าพิสัยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานใกล้เคียงกันมาก คือ /อ/ มีค่าพิสัย 29.63% และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 6.53% ส่วน /โ/ มีค่าพิสัย 30.57% และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 6.33% แสดงว่าข้อมูลมีการแปรน้อย

จากผลการวิเคราะห์ค่าในตารางที่ 6.4 และ 6.5 ผู้วิจัยจึงได้นำเสนอค่าดังกล่าวเป็นแผนภูมิกล่องดังในภาพที่ 6.4 เพื่อช่วยให้เห็นภาพที่ชัดเจนยิ่งขึ้น



ภาพที่ 6.4 ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก (NMD) หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms) (ซ้าย) และค่าร้อยละของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก (%NMD) (ขวา) หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%) ในสระนาสิก /อ/, /โ/ ของกลุ่มผู้พูดภาษาไทยที่มีเสียงท้ายนาสิก 11 คน

เมื่อพิจารณาแผนภูมิกล่องทางด้านซ้ายของภาพที่ 6.4 ซึ่งแสดงค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก จะเห็นว่าตัวกล่องของสระ /อ/ และ /โ/ อยู่ในช่วงเดียวกัน สะท้อนความคล้ายคลึงของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกของสระทั้ง 2 เสียง และสอดคล้องกับผลการทดสอบสถิติที่พบว่าความแตกต่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่จากแผนภูมิกล่องทางด้านขวาซึ่งแสดงค่าร้อยละของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก ตัวกล่องของ /โ/ อยู่สูงกว่า /อ/ สอดคล้องกับผลการทดสอบสถิติที่พบว่า /โ/ มีค่าร้อยละของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกมากกว่า /อ/ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตาม น่าสังเกตว่าค่าร้อยละของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกของสระนาสิกทั้ง 2 เสียง มีค่าไม่ต่างกันมากนัก คือ มีช่วงห่างของค่าเพียง 3%

6.1.4 ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมด

ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมด คือ ผลรวมของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกและค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก ซึ่งสะท้อนช่วงระยะเวลาที่เพดานอ่อนหย่อนตัวลงขณะออกเสียงสระนาสิก ผลการวิเคราะห์ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดของสระนาสิกทั้ง 4 เสียง สามารถเรียงลำดับค่าระยะเวลาจากมากไปน้อยได้ดังนี้ /อ/ > /ล/ > /โ/ > /วิ/ ซึ่งแตกต่างจากผลการเปรียบเทียบค่าร้อยละ

ของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมุกทั้งหมดซึ่งเรียงลำดับค่าจากมากไปน้อยได้ดังนี้ /ã/ > /õ/ > /ĩ/ > /ĩ/ (ดูตารางที่ 6.6 และ 6.7)

ตารางที่ 6.6 ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมุกทั้งหมดของสระนาสิก /ĩ, õ, ã, ã/ ของผู้บอกภาษาโปเพส ชาย 19 คน โดยระบุค่าต่ำสุด (Min) ควอร์ไทล์ที่ 1 (Q1) ค่ามัธยฐาน (Median) ควอร์ไทล์ที่ 3 (Q3) ค่าสูงสุด (Max) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms)

สระ	Min	Q1	Median	Q3	Max	Mean	SD
/ĩ/	138.63	254.2	309.68	379.2	513.73	313.68	83.54
/õ/	105.92	235.3	294.9	350.5	537.56	295.73	87.16
/ĩ/	88.05	214.60	279.18	281.20	499.20	281.21	85.06
/ã/	135.95	252.5	300.99	352.5	460.7	303.97	73.97

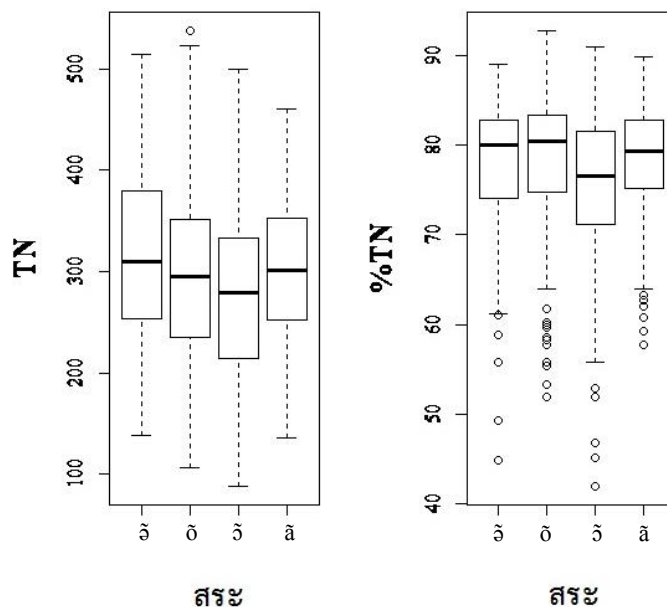
จากค่ามัธยฐานและค่าเฉลี่ยในตารางที่ 6.6 จะเห็นได้ว่า /ĩ/ มีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมุกทั้งหมดมากที่สุด รองลงมา คือ /ã/ /õ/ และ /ĩ/ ตามลำดับ โดยที่ /ĩ/ และ /ã/ มีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมุกทั้งหมดมากกว่า 300 มิลลิวินาที ในขณะที่สระ /ĩ/ และ /õ/ มีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมุกทั้งหมดน้อยกว่า 300 มิลลิวินาที ค่ามัธยฐานและค่าเฉลี่ยยังมีค่าใกล้เคียงกันมาก แสดงว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบสมมาตร ส่วนผลการคำนวณค่าพิสัยพบว่า /õ/ มีค่าพิสัยมากที่สุด 431.64 มิลลิวินาที รองลงมาคือ /ĩ/ มีค่าพิสัย 411.15 มิลลิวินาที /ĩ/ มีค่าพิสัย 375.1 มิลลิวินาที และ /ã/ มีค่าพิสัยน้อยที่สุด คือ 324.75 มิลลิวินาที นอกจากนี้ จะเห็นได้ว่าสระนาสิก 3 เสียง ได้แก่ /ĩ, õ, ã/ มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานใกล้เคียงกัน แสดงว่าการแปรของข้อมูลใกล้เคียงกัน ส่วน /ã/ มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำกว่า แสดงว่าข้อมูลมีการแปรน้อยกว่าสระ /ĩ, õ, ã/

ตารางที่ 6.7 ค่าร้อยละ (%) ของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมกทั้งหมดของสระนาสิก /อ, อด, ัว, ำ/ ของผู้บอกภาษาโปเพศชาย 19 คน โดยระบุค่าต่ำสุด (Min) ควอร์ไทล์ที่ 1 (Q1) ค่ามัธยฐาน (Median) ควอร์ไทล์ที่ 3 (Q3) ค่าสูงสุด (Max) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

สระ	Min	Q1	Median	Q3	Max	Mean	SD
/อ/	44.89	74.19	80.02	82.73	88.95	77.87	7.42
/อด/	51.96	74.79	80.38	83.29	92.76	77.95	7.94
/ัว/	42.02	71.23	76.54	81.54	90.99	75.17	9.37
/ำ/	57.77	75.16	79.39	82.75	89.82	78.41	6.39

ผลการวิเคราะห์ค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมกทั้งหมดในตารางที่ 6.7 แสดงว่า /อ/ มีค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมกทั้งหมดน้อยที่สุด ในขณะที่สระนาสิก /อ, อด, ำ/ มีค่าใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตาม ในขณะที่ค่ามัธยฐานและค่าเฉลี่ยของสระต่ำใกล้เคียงกัน ซึ่งแสดงว่าข้อมูลมีความสมมาตร แต่ค่ามัธยฐานของสระกลางมากกว่าค่าเฉลี่ย แสดงว่าข้อมูลแจกแจงแบบไม่สมมาตร เนื่องจากข้อมูลบางค่ามีค่าน้อย ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยน้อยกว่าด้วย ในส่วนของค่าพิสัยพบว่า /อ, อด, ัว/ มีค่าพิสัยใกล้เคียงกัน คือ 44.06% 40.8% และ 48.97% ตามลำดับ ส่วน /ำ/ มีค่าพิสัยน้อยที่สุด คือ 20.64% และ /ำ/ ยังมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุดด้วย แสดงว่าข้อมูลของ /ำ/ มีการแปรน้อยที่สุด แต่แม้ว่าสระอีก 3 เสียงจะมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมากกว่า /ำ/ แต่ก็ยังเป็นค่าที่ต่ำ แสดงว่าข้อมูลไม่ค่อยมีการแปร

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในตารางที่ 6.6 และ 6.7 สะท้อนให้เห็นรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างสระทั้ง 4 เสียงในแง่ของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมกทั้งหมดและค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมกทั้งหมดที่แตกต่างกัน เพื่อให้เห็นภาพที่ชัดเจนขึ้น ผู้วิจัยจะนำเสนอค่าดังกล่าวด้วยแผนภูมิกล่องประกอบกับผลการทดสอบทางสถิติ (ดูภาพที่ 6.5)



ภาพที่ 6.5 ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมด (TN) หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms) (ซ้าย) และค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมด (%TN) หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%) (ขวา) ของสระนาสิก /อ/, โ, ว, เ/ ของผู้บอกภาษาไปเพศชาย 19 คน

เมื่อพิจารณาแผนภูมิกล่องแสดงค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมด (ซ้าย) ในภาพที่ 6.5 จะเห็นได้ว่าตัวกล่องของ /อ/ อยู่สูงที่สุด รองลงมาคือ /เ/ และ /โ/ ซึ่งตัวกล่องอยู่ในตำแหน่งใกล้เคียงกัน ส่วนตัวกล่องของ /ว/ อยู่ต่ำที่สุด สะท้อนผลการวิเคราะห์ที่ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก คือ ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดของ /อ/ มีค่ามากที่สุด รองลงมา คือ /เ/ /โ/ และ /ว/ ตามลำดับ แต่เมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมด จะเห็นได้ว่าตัวกล่องของสระ /อ/, โ, เ/ อยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกันและอยู่สูงกว่าตัวกล่องของ /ว/ สอดคล้องกับผลการศึกษาที่พบว่าสระ /อ/, โ, เ/ มีค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดใกล้เคียงกัน ส่วน /ว/ มีค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดน้อยที่สุด⁵²

จากการนำค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดมาทดสอบด้วยสถิติ Wilcoxon พบว่า /ว/ แตกต่างจาก /อ/ และ /เ/ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่แตกต่างจาก /โ/ อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 41$) ในขณะที่ /อ/, โ, เ/ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่คู่สระ /อ/ - /เ/ และ /อ/ - /เ/ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่า $p = 1$ และ /อ/ - /โ/ แตกต่างกันอย่างไม่มี

⁵² ในภาพที่ 6.5 ค่าผิดปกติของค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดมาจากข้อมูลผู้บอกภาษาคนที่ 8, 13, 14 และ 15 ซึ่งเป็นกลุ่มผู้บอกภาษาที่มีค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดน้อย

นัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่า $p = 0.29$ ส่วนผลการเปรียบเทียบค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดพบว่าสามารถเรียงลำดับค่าจากมากไปน้อยได้ดังนี้ $/\tilde{\alpha}/ > /\tilde{o}/ > /\tilde{v}/ > /\tilde{w}/$ โดยที่สระ $/\tilde{v}/, \tilde{o}, \tilde{\alpha}/$ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 1$) ในขณะที่ $/\tilde{v}/$ แตกต่างจากสระอีก 3 เสียงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

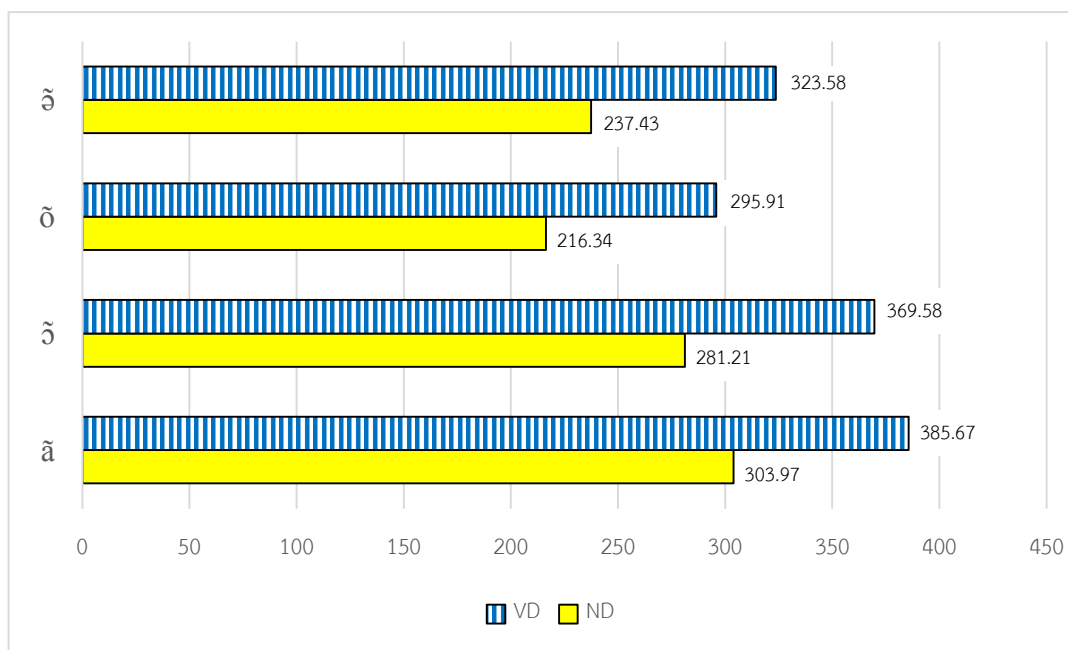
ยิ่งไปกว่านั้น น่าสังเกตว่าค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดของสระนาสิกทั้ง 4 เสียงมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก เมื่อนำค่าเฉลี่ยของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดของ $/\tilde{v}/$ ซึ่งเป็นค่าที่สูงที่สุดมาลบกับค่าเฉลี่ยของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดของ $/\tilde{w}/$ ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำที่สุด ได้ผลต่างประมาณ 30 มิลลิวินาที และค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดของสระทั้ง 4 เสียงยังมีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกัน อยู่ในช่วงระหว่าง 75 – 79% ข้อสังเกตเหล่านี้ทำให้เห็นประเด็นที่น่าสนใจเกี่ยวกับค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดและค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมด คือ ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดและค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดของสระนาสิกที่มีระดับความสูงต่ำของลิ้นต่างกันมีค่าอยู่ในช่วงแคบประมาณ 280 – 315 มิลลิวินาที หรือ 75 – 79% ซึ่งอาจสะท้อนระยะเวลาคงที่ซึ่งเพดานอ่อนใช้ในการเคลื่อนที่ในภาษาไปบ้านแม่แพทหลง

6.1.5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะเวลาต่างๆ

ในหัวข้อนี้ ผู้วิจัยเปรียบเทียบคู่ค่าระยะเวลาต่างๆ ได้แก่ ค่าระยะเวลาสระกับค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก และค่าระยะเวลาสระกับค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกของสระนาสิกจากข้อมูลของผู้บอกภาษาโปเพศชาย 19 คน เพื่อศึกษาว่าค่าระยะเวลาต่างๆ ของสระนาสิกที่มีคุณสมบัติสระต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างไร และค่าระยะเวลาคู่ที่สัมพันธ์กันหรือไม่ และอย่างไร

6.1.5.1 ค่าระยะเวลาสระและค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก

Hajek (1997) และ Hajek & Maeda (2000) เสนอไว้ว่า สระยาวพัฒนาเป็นสระนาสิกก่อนสระสั้น เพราะสระที่มีค่าระยะเวลาสระมากกว่าเอื้อต่อการออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระที่มีค่าระยะเวลาสระน้อยกว่า ดังนั้น การที่พบว่าสระต่ำมีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระสูงอาจเป็นเพราะสระต่ำมีค่าระยะเวลาสระมากกว่าสระสูง ข้อค้นพบเกี่ยวกับค่าระยะเวลาสระและค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกในงานวิจัยนี้สนับสนุนแนวคิดดังกล่าว เนื่องจากพบว่าสระที่มีค่าระยะเวลาสระมากกว่า มีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าด้วย โดยสามารถเรียงลำดับค่าระยะเวลาสระและค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของแต่ละสระจากมากไปน้อยได้ดังนี้ $/\tilde{\alpha}/ > /\tilde{v}/ > /\tilde{w}/ > /\tilde{o}/$ (ดูภาพที่ 6.6)



ภาพที่ 6.6 ค่าเฉลี่ยของค่าระยะเวลาสระ (VD) และค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก (ND) ของสระนาสิกของผู้บอกภาษาโปเพชชาย 19 คน หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms)

ภาพที่ 6.6 แสดงให้เห็นว่า /ั้/ มีค่าระยะเวลาสระมากที่สุด รองลงมาคือ /ั๊/ /ั๋/ และ /ั๋/ ตามลำดับ โดยสระเกือบทุกคู่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นคู่สระต่ำ /ั๊/ - /ั๋/ ($p = 0.22$) ในส่วนค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกนั้น /ั้/ มีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมากที่สุด รองลงมาคือ /ั๊/ /ั๋/ และ /ั๋/ ตามลำดับเช่นเดียวกัน โดยสระเกือบทุกคู่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นคู่สระกลาง /ั๊/ - /ั๋/ ($p = 0.10$) ผลการทดสอบทางสถิติแสดงรูปแบบความสัมพันธ์ทางสถิติของค่าระยะเวลาสระกับค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก 3 รูปแบบ คือ

- (1) คู่สระที่ประกอบด้วยสระกลางและต่ำ ได้แก่ /ั๊/ - /ั๋/, /ั๊/ - /ั๋/, /ั๋/ - /ั๋/, /ั๋/ - /ั๋/ มีค่าระยะเวลาสระและค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
- (2) คู่สระกลาง คือ /ั๊/ - /ั๋/ มีค่าระยะเวลาสระแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกแตกต่างกันอย่างไม่มีความสำคัญทางสถิติ
- (3) คู่สระต่ำ คือ /ั๊/ - /ั๋/ มีค่าระยะเวลาสระแตกต่างกันอย่างไม่มีความสำคัญทางสถิติ แต่ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

แม้ผลการทดสอบทางสถิติจะมีรูปแบบความสัมพันธ์ทางสถิติหลายแบบ แต่ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะเวลาสระและค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกจากข้อมูลของสระ /ั้, ั๊, ั๋,

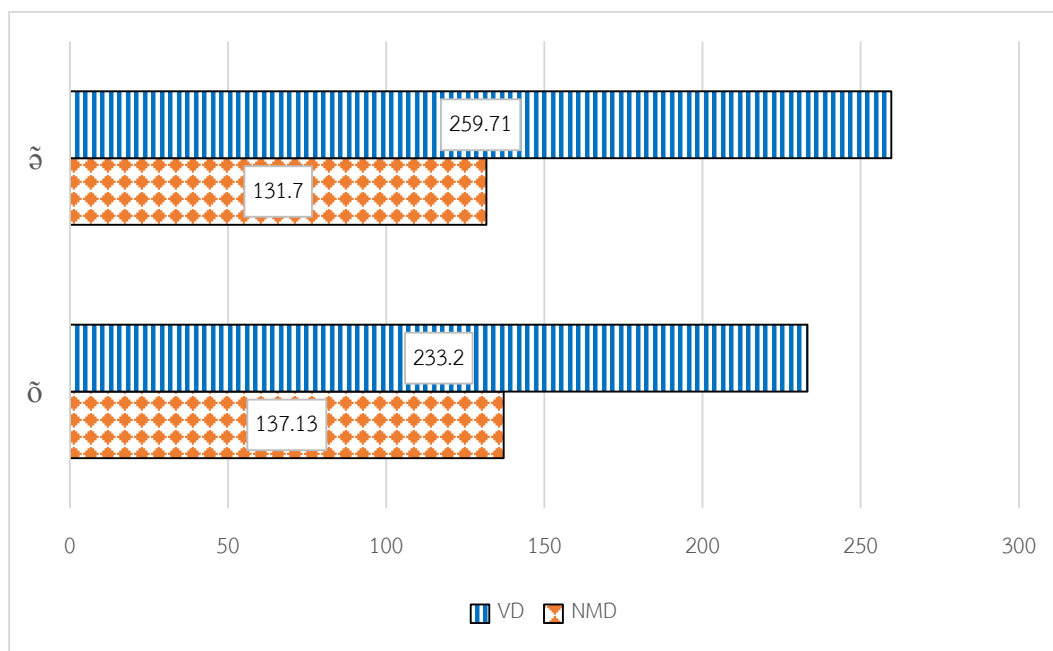
ã/ รวมกันด้วยสหสัมพันธ์แบบสเปียร์แมน (Spearman's correlation)⁵³ พบความสัมพันธ์ระดับสูง ($r = 0.95$) แสดงว่า สระที่มีค่าระยะเวลาสระมาก มักมีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมุกมากด้วย ซึ่งสนับสนุนแนวคิดของ Hajek (1997) และ Hajek & Maeda (2000) ด้วยเหตุนี้ อาจกล่าวได้ว่าการที่งานวิจัยภาษาไปพบว่าสระต่ำมีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมุกมากกว่าสระกลาง เป็นเพราะปัจจัยด้านค่าระยะเวลาของสระ คือ สระต่ำมีค่าระยะเวลาสระมากกว่าสระกลาง จึงมีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมุกมากกว่าด้วย

6.1.5.2 ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกและค่าระยะเวลาสระ

การเปรียบเทียบค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกและค่าระยะเวลาสระสามารถเปรียบเทียบได้จากข้อมูลสระนาสิกซึ่งเป็นสระกลางของกลุ่มผู้พูดที่มีเสียงท้ายนาสิกเท่านั้น เพราะกลุ่มนี้มีสัทสมบัติของสระกลางแบบ [V^h] ในขณะที่กลุ่มผู้พูดที่ไม่มีเสียงท้ายนาสิกมีสัทสมบัติของสระกลางแบบ [V] ซึ่งจะเห็นได้ว่าไม่มีเสียงท้ายนาสิก ส่วนสาเหตุที่ไม่นำสระนาสิกที่เป็นสระต่ำมาเปรียบเทียบนั้น เป็นเพราะสระต่ำมีสัทสมบัติแบบ [V] เช่นกัน จึงเปรียบเทียบค่าระยะเวลาสระกับค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกของกลุ่มผู้พูดที่มีเสียงท้ายนาสิกเท่านั้น (ดูภาพที่ 6.7)

ผลการเปรียบเทียบค่าระยะเวลาสระและค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกของสระ /ã/ และ /õ/ พบว่า /ã/ มีค่าระยะเวลาสระมากกว่า /õ/ และความแตกต่างนี้มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกของสระทั้ง 2 เสียงแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.69$) แม้ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกของสระ /ã/ และ /õ/ จะแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ผู้วิจัยได้ทดสอบความสัมพันธ์ของคู่ระยะเวลานี้ด้วยสหสัมพันธ์แบบสเปียร์แมนด้วย เพื่อดูว่าค่าระยะเวลาสระและค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกมีความสัมพันธ์แบบผกผันเหมือนดังที่พบในผลการศึกษาระดับอื่น ๆ หรือไม่

⁵³ สหสัมพันธ์แบบสเปียร์แมนเป็นวิธีทางสถิติที่ใช้ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัว เพื่อดูว่าตัวแปรคู่หนึ่งสัมพันธ์กันหรือไม่ ผลลัพธ์จากการทดสอบสหสัมพันธ์แบบสเปียร์แมน คือ ค่าสัมประสิทธิ์สัมพันธ์ (Coefficient of correlation) แทนด้วยสัญลักษณ์ r เมื่อค่า r เป็นบวก แสดงว่าตัวแปร 2 ตัวมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน คือ ถ้าตัวแปร A มีค่าเพิ่มขึ้น ตัวแปร B ก็จะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย และถ้าค่า r มีค่าใกล้ 1 มาก แสดงว่าตัวแปรคู่หนึ่งมีความสัมพันธ์กันมาก (ดูรายละเอียดเพิ่มเติมในหัวข้อที่ 3.3.4.3)



ภาพที่ 6.7 ค่าเฉลี่ยของค่าระยะเวลาสระ (VD) และค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก (NMD) ของสระนาสิก /ǎ, ǔ/ ของกลุ่มผู้พูดที่มีเสียงท้ายนาสิก (NC) ในภาษาไทย หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms)

ผลการเปรียบเทียบค่าระยะเวลาสระและค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกระหว่าง /ǎ/ และ /ǔ/ พบว่า เมื่อค่าระยะเวลาสระมากกว่า ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกจะน้อยกว่า กล่าวคือ /ǎ/ มีค่าระยะเวลาสระมากกว่า /ǔ/ แต่มีค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกน้อยกว่า /ǔ/ สอดคล้องกับผลการศึกษาอื่นๆ ที่พบว่าค่าระยะเวลาสระและค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกมีความสัมพันธ์แบบแปรผกผันกัน (Abramson, 1962; Lisker, 1978; Onsuwan, 2005; Roengpitya, 2001) ทั้งนี้ ผลการทดสอบความสัมพันธ์ด้วยสหสัมพันธ์แบบสเปียร์แมนพบค่าสัมประสิทธิ์สัมพันธ์ที่อยู่ในระดับกลางๆ ($r = -0.57$) แสดงว่า ค่าระยะเวลาทั้ง 2 ค่ามีความสัมพันธ์กันอยู่บ้าง นั่นคือ สระที่มีค่าระยะเวลาสระมากมีแนวโน้มที่จะมีค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกน้อย

โดยสรุป ข้อค้นพบเกี่ยวกับสระนาสิกในภาษาไทยบ้านแม่แพหลวงของผู้บอกภาษาเพศชายจำนวน 19 คนในหัวข้อที่ 6.1 มีทั้งที่เป็นไปตามสมมติฐานและไม่เป็นไปตามสมมติฐาน 2 ข้อในภาษาไทย ดังนี้

(1) หน่วยเสียงสระนาสิก / \tilde{V} / ซึ่งมีรูปแปร 3 รูป คือ [\tilde{V}] [\tilde{V}^n] และ [$V\eta$] มีค่าระยะเวลาสระ (vowel duration) ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก (nasal murmur duration) และค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก (nasalization duration) ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ไม่เป็นไปตามสมมติฐาน ส่วนที่ว่า สระนาสิกมีรูปแปร 3 รูป เพราะพบว่าสระนาสิกในภาษาไทย มีรูปแปร 2 รูป ได้แก่ [\tilde{V}] และ [\tilde{V}^n]

แต่เป็นไปตามสมมติฐาน ส่วนที่ว่า รูปแปรที่ต่างกัน คือ [\tilde{V}] และ [\tilde{V}^n] มีค่าระยะเวลาสระ ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก และค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เพราะพบว่า [\tilde{V}] มีค่าระยะเวลาสระและค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่า [\tilde{V}^n] อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ [\tilde{V}^n] มีค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกมากกว่า [\tilde{V}] อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

(2) สระต่ำที่มีการออกเสียงขึ้นจมูก (/C \tilde{V} / หรือ /NV/) มีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระสูงที่มีการออกเสียงขึ้นจมูกอย่างมีนัยสำคัญ

เป็นไปตามสมมติฐาน เพราะพบว่าสระนาสิกที่เป็นสระต่ำ คือ / \tilde{v} , \tilde{a} / มีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกและค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระนาสิกที่เป็นสระกลาง คือ / \tilde{e} , \tilde{o} / อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

6.2 สระเสียงขึ้นจมูก

ในหัวข้อนี้ ผู้วิจัยศึกษาค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของสระโอษฐ์ที่ปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิก (NV) หรือสระเสียงขึ้นจมูกที่เป็นสระหน้า ได้แก่ /i, e, ϵ / เท่านั้น เนื่องจากข้อจำกัดในการหาค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก ดังนี้ (1) การหาค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของสระที่ปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิก ไม่สามารถใช้วิธีการพิจารณาพลังงานหรือความเข้มได้ เพราะวิธีนี้จะดูว่าบริเวณใดของช่วงสระมีพลังงานลดลง แล้วจึงถือว่าช่วงนั้นเป็นช่วงสระที่มีการออกเสียงขึ้นจมูก แต่สระที่ปรากฏหลังพยัญชนะต้นมักมีพลังงานสูงอยู่แล้ว จึงไม่อาจหาค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกด้วยเกณฑ์พลังงานได้ (2) สืบเนื่องจากข้อ (1) วิธีการเปรียบเทียบสเปกตรัม FFT ซึ่งอาศัยการระบุตำแหน่งค่าความถี่ฟอร์เมนทนาสิกในสเปกตรัมในการหาค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก จึงเป็นเพียงวิธีเดียวที่ใช้วิเคราะห์สระที่เกิดหลังพยัญชนะต้นนาสิกได้ แต่ก็มีข้อจำกัด คือ วิธีนี้ใช้ได้กับสระหน้าเท่านั้น เนื่องจากสระหน้ามีค่าความถี่ฟอร์เมนทที่ 1 และ 2 อยู่ในช่วงความถี่ห่างกัน ทำให้มองเห็นค่าความถี่ฟอร์เมนทนาสิกในสเปกตรัมได้ แต่ในกรณีของสระกลางและสระหลัง ค่าความถี่ฟอร์เมนทที่ 1 และ 2 ปรากฏใกล้กัน จึงไปเบียดบังค่าความถี่ฟอร์เมนทนาสิกในสเปกตรัม ทำให้ไม่สามารถหาค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกได้ ดังนั้น ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการออกเสียงขึ้นจมูกและสระที่มีระดับ

ความสูงต่ำของลิ้นต่างกันของสระที่ปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิก จึงวิเคราะห์เฉพาะค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของสระเสียงขึ้นจมูกที่เป็นสระหน้า ได้แก่ /i, e, ε/ เท่านั้น

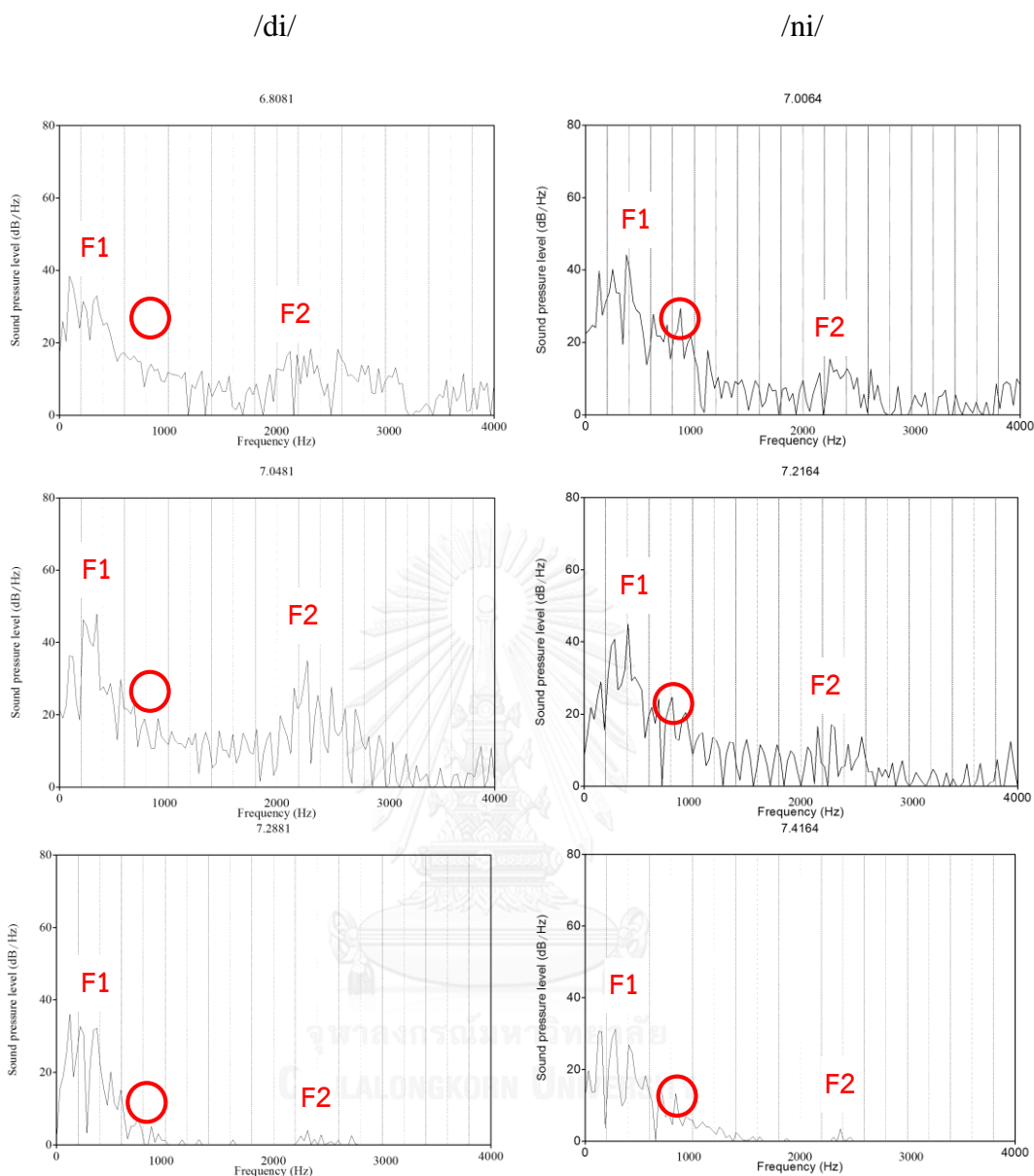
6.2.1 ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก

วิธีการหาค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของสระที่ปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิก โดยสังเขป คือ ขั้นแรกจะนำค่าทดสอบมาระบุตำแหน่งต้นสระและท้ายสระ ซึ่งทำให้ได้ช่วงสระของค่าทดสอบแต่ละค่า หลังจากแบ่งช่วงสระเรียบร้อยแล้ว ก็จะนำค่าทดสอบมาหาสเปกตรัม FFT ขนาด 25 มิลลิวินาที ทุก 10 มิลลิวินาทีตลอดช่วงสระโดยใช้โปรแกรมพราท จากนั้นจึงเปรียบเทียบสเปกตรัมที่ละภาพเพื่อดูว่าภาพใดมีค่าความถี่ฟอร์เมนท้านาสิกเป็นภาพสุดท้าย ภาพนั้นจะถือเป็นจุดสิ้นสุดของการออกเสียงขึ้นจมูกของสระ ทำให้ได้ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก⁵⁴

ผลการวิเคราะห์ภาษาไปบ้านแม่แพหลวงพบว่า สระเสียงขึ้นจมูกทั้ง 3 เสียงมีการออกเสียงขึ้นจมูกตลอดช่วงสระ (*fully nasalized*) ผู้วิจัยจะยกตัวอย่างสเปกตรัมของสระหน้า 3 เสียง คือ /i, e, ε/ ที่ปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิกเทียบกับสเปกตรัมของสระเดียวกันที่ปรากฏหลังพยัญชนะต้นกัก (CV) จากการออกเสียงของผู้บอกภาษา 2 คนซึ่งมีอายุต่างกัน ตัวอย่างแรกมาจากข้อมูลของผู้บอกภาษาคนที่ 1 อายุ 75 ปี (ดูภาพที่ 6.8 – 6.10) และตัวอย่างที่ 2 มาจากข้อมูลของผู้บอกภาษาคนที่ 16 อายุ 26 ปี⁵⁵ (ดูภาพที่ 6.11 – 6.13) ในแต่ละภาพประกอบด้วยสเปกตรัมของสระที่ปรากฏหลังพยัญชนะต้นกัก (ซ้าย) และสเปกตรัมของสระที่ปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิก (ขวา) และแบ่งภาพเป็น 3 แถวจากบนลงล่าง แถวบนสุดแสดงสเปกตรัม ณ ตำแหน่งต้นสระ แถวกลางแสดงสเปกตรัม ณ ตำแหน่งกลางสระ และแถวล่างสุดแสดงสเปกตรัม ณ ตำแหน่งท้ายสระ เพื่อพิสูจน์ว่าสระเสียงขึ้นจมูกมีการออกเสียงขึ้นจมูกตลอดช่วงสระ สเปกตรัมแต่ละภาพมีองค์ประกอบดังนี้ แกน x (แกนนอน) แสดงค่าความถี่ฟอร์เมนท้านาสิก (Hz) และแกน y (แกนตั้ง) แสดงค่าความเข้ม (dB) ด้านบนของภาพแสดงเวลา ณ ตำแหน่งที่วัดค่า และเส้นประแสดงตำแหน่งค่าความถี่ฟอร์เมนท้านาสิกที่ห่างกันทุก 200 Hz

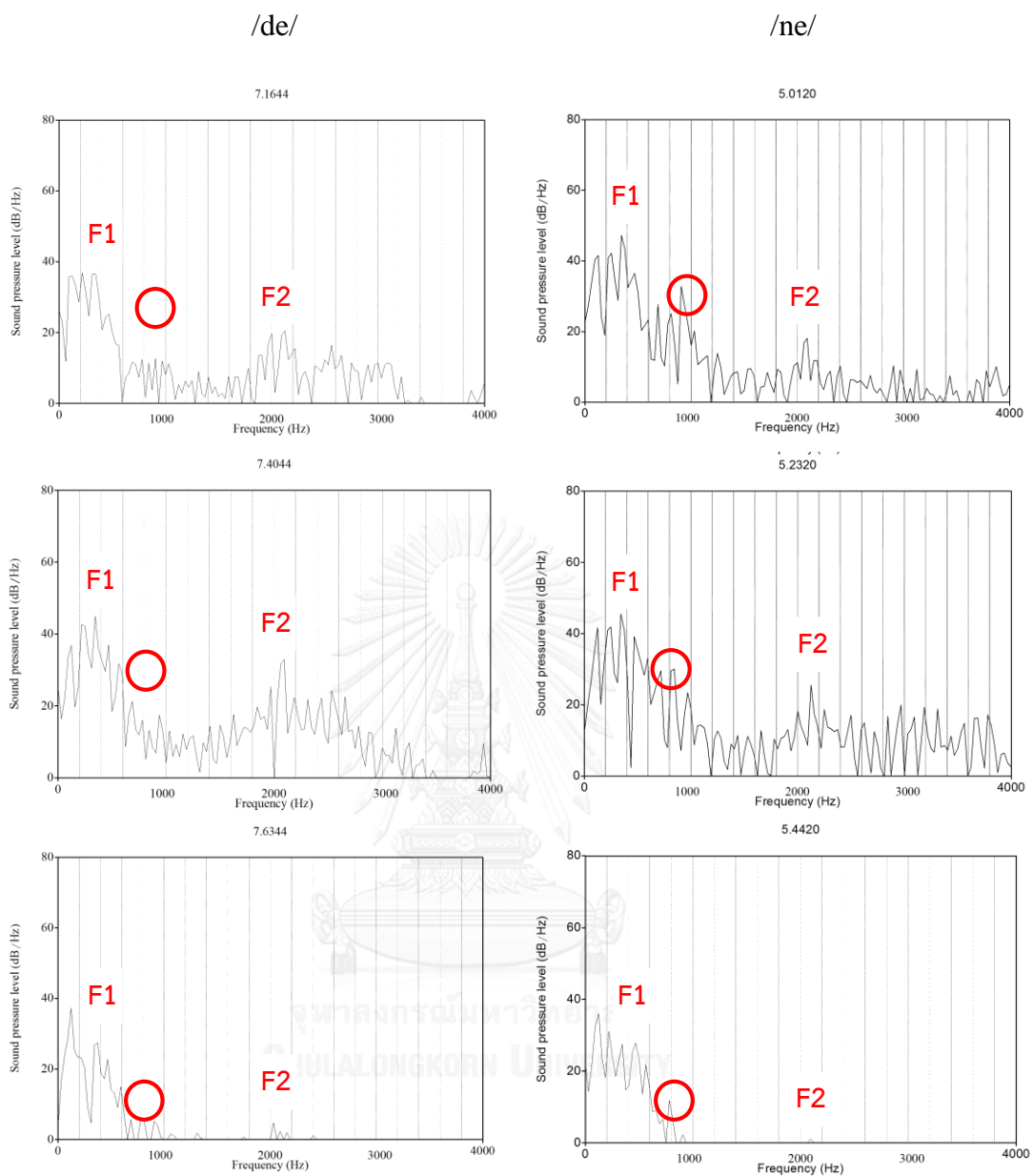
⁵⁴ ดูคำอธิบายเกี่ยวกับการหาค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกด้วยวิธีการเปรียบเทียบสเปกตรัม FFT ในหัวข้อที่ 3.3.2.2

⁵⁵ ผู้วิจัยได้นำเสนอสเปกตรัมของผู้บอกภาษาคนที่ 1 และ 16 เพราะทั้งคู่มีอายุต่างกันและสเปกตรัมของทั้ง 2 คนมีค่าความถี่ฟอร์เมนท้านาสิกชัดเจน

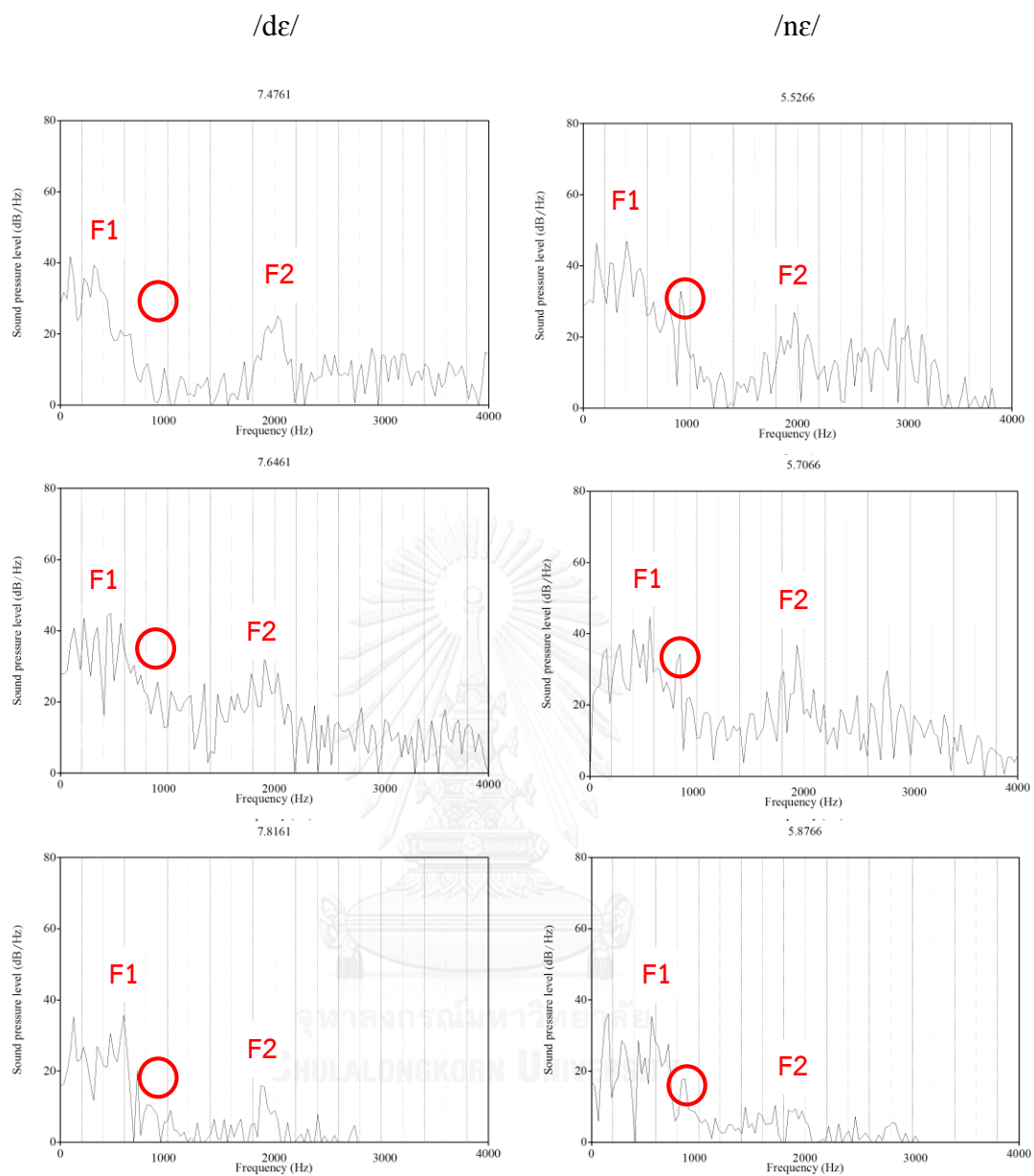


ภาพที่ 6.8 สเปกตรัม FFT ของสระ [i] ในคำว่า di³³ ‘เขียด’ (ซ้าย) และ [i^N]⁵⁶ ในคำว่า ni⁴⁴ ‘ฝั่ง’ (ขวา) ณ ตำแหน่งต้นสระ (แถวบน) กลางสระ (แถวกลาง) และท้ายสระ (แถวล่าง) ของผู้บอกภาษาโปคนที่ 1 วงกลมสีแดงแสดงตำแหน่งค่าความถี่ฟอร์เมนทานาลิก

⁵⁶ ผู้วิจัยใช้สัญลักษณ์ (~) แสดงการออกเสียงขึ้นจมูกของสระนาสิก และใช้สัญลักษณ์ (N) แสดงการออกเสียงขึ้นจมูกของสระเสียงขึ้นจมูก



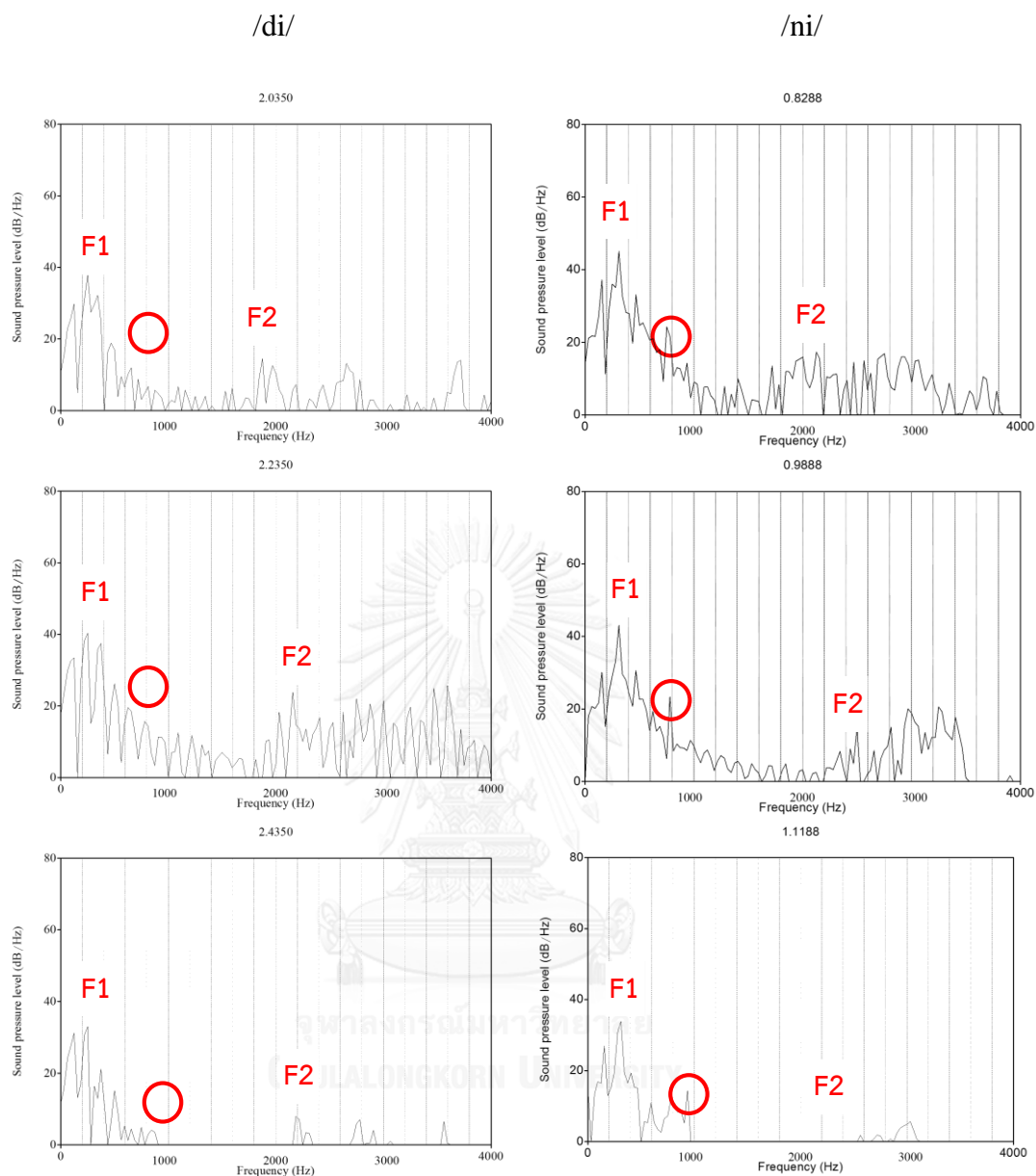
ภาพที่ 6.9 สเปกตรัม FFT ของสระ [e] ในคำว่า de33 ‘สะใภ้’ (ซ้าย) และ [e^N] ในคำว่า ne33 ‘มัน (พืช)’ (ขวา) ณ ตำแหน่งต้นสระ (แถวบน) กลางสระ (แถวกลาง) และท้ายสระ (แถวล่าง) ของผู้บอกภาษาไปคนที 1 วงกลมสีแดงแสดงตำแหน่งค่าความถี่ฟอร์เมนทาลิก



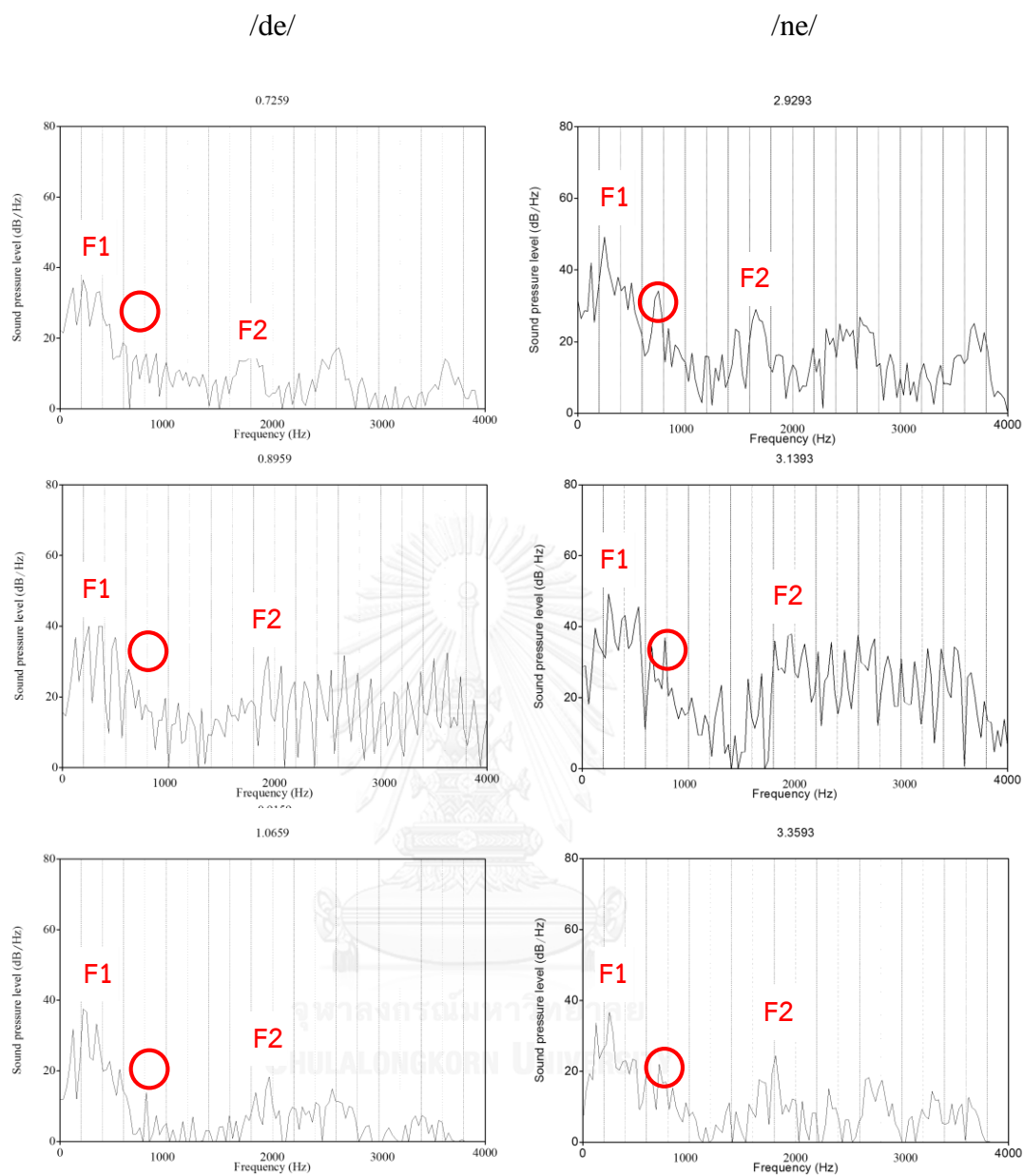
ภาพที่ 6.10 สเปกตรัม FFT ของสระ [ɛ] ในคำว่า de33 ‘เห็น’ (ซ้าย) และ [ɛ̃] ในคำว่า ne44 ‘จุก’ (ขวา) ณ ตำแหน่งต้นสระ (แถวบน) กลางสระ (แถวกลาง) และท้ายสระ (แถวล่าง) ของผู้บอกภาษาโปคนที่ 1 วงกลมสีแดงแสดงตำแหน่งค่าความถี่ฟอร์เมนทาลิก

ภาพที่ 6.8 – 6.10 แสดงสเปกตรัม FFT ของสระหน้าที่อยู่หลังพยัญชนะต้นนาสิก ได้แก่ /i, e, ε/ เทียบกับสเปกตรัมของสระเดียวกันที่อยู่หลังพยัญชนะต้นกักของผู้บอกภาษาคนที่ 1 อายุ 75 ปี เมื่อพิจารณาสเปกตรัมทางด้านขวาของภาพที่ 6.8 – 6.10 จะเห็นได้ว่าสเปกตรัมของสระ /i, e, ε/ ที่ปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิกในคำว่า ni44 ‘ผึ้ง’ ne33 ‘มัน (พืช)’ และ ne44 ‘จมูก’ มีค่าความถี่ฟอร์เมนทนาสิกปรากฏในช่วงค่าความถี่ 800 – 1,000 Hz (ดูตำแหน่งวงกลมในภาพที่ 6.8 – 6.10) เมื่อเทียบสเปกตรัมทางขวากับสเปกตรัมทางซ้ายซึ่งแสดงสเปกตรัมของสระโอษฐ์ที่อยู่หลังพยัญชนะต้นกัก จะเห็นได้ว่าสเปกตรัมของสระ /i, e, ε/ ในคำว่า di33 ‘เขียด’ de33 ‘สะใภ้’ และ de33 ‘เห็น’ ไม่มีค่าความถี่ฟอร์เมนทนาสิกปรากฏ นอกจากนี้ เมื่อดูสเปกตรัมฝั่งขวาจากบนลงล่างซึ่งแสดงสเปกตรัม ณ ตำแหน่งต้น กลางและท้ายสระของสระซึ่งเกิดหลังพยัญชนะต้นนาสิกทั้ง 3 เสียง พบว่าสเปกตรัมซึ่งวัดจากตำแหน่งที่ต่างกันทั้ง 3 ภาพมีค่าความถี่ฟอร์เมนทนาสิก สะท้อนให้เห็นว่าสระแต่ละเสียงมีการออกเสียงขึ้นจมูกตลอดทั้งช่วงสระ นั่นคือ มีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกคิดเป็น 100%

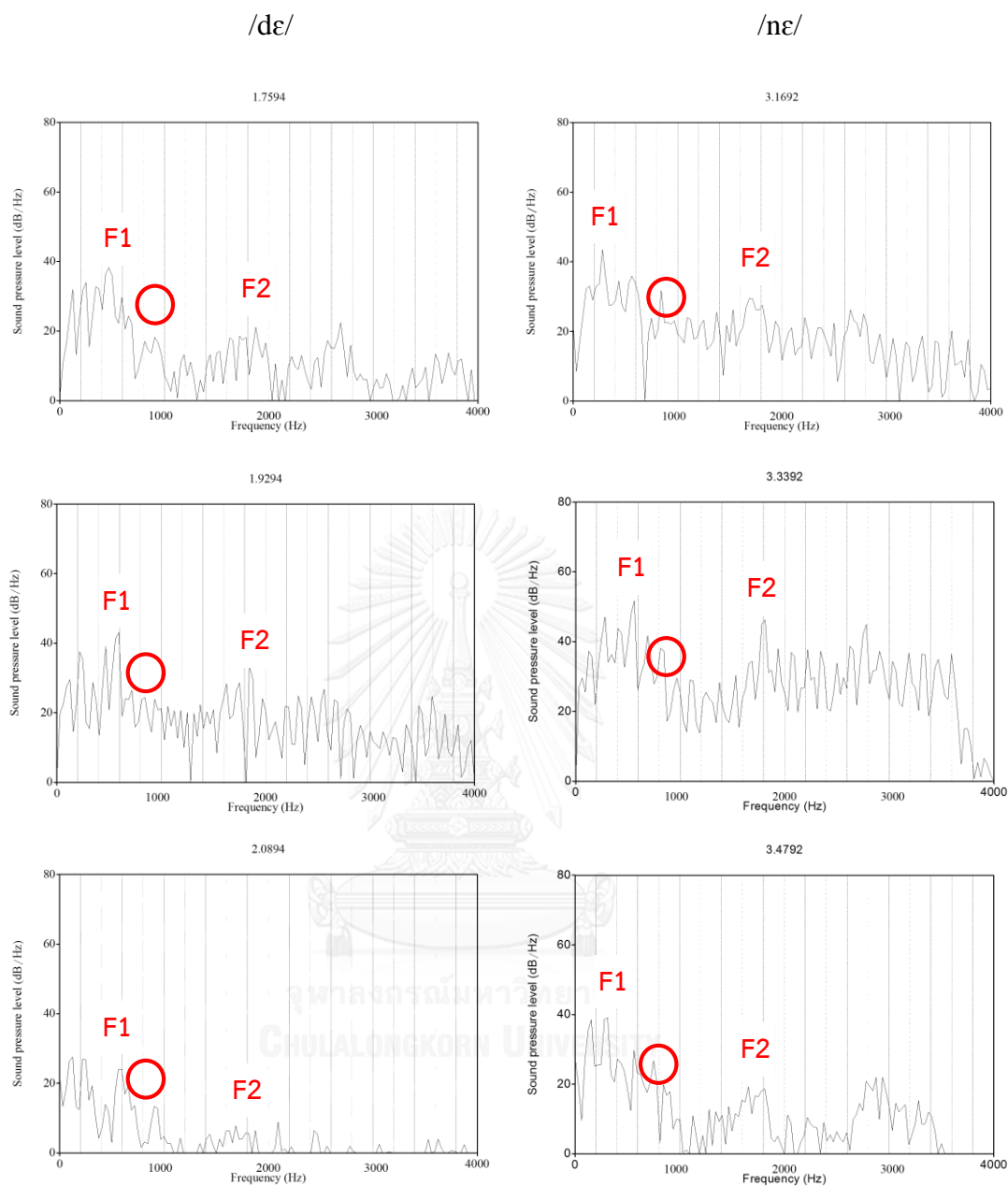




ภาพที่ 6.11 สเปกตรัม FFT ของสระ [i] ในคำว่า di33 ‘เชียต’ (ซ้าย) และ [i^๓] ในคำว่า ni44 ‘ผิ้ง’ (ขวา) ณ ตำแหน่งต้นสระ (แถวบน) กลางสระ (แถวกลาง) และท้ายสระ (แถวล่าง) ของผู้บอกภาษาโปคนที่ 16 วงกลมสีแดงแสดงตำแหน่งค่าความถี่ฟอร์เมนท้านาสสิก



ภาพที่ 6.12 สเปกตรัม FFT ของสระ [e] ในคำว่า de33 ‘สะใภ้’ (ซ้าย) และ [e^N] ในคำว่า ne33 ‘มัน (พืช)’ (ขวา) ณ ตำแหน่งต้นสระ (แถวบน) กลางสระ (แถวกลาง) และท้ายสระ (แถวล่าง) ของผู้บอกภาษาโปคนที่ 16 วงกลมสีแดงแสดงตำแหน่งค่าความถี่ฟอร์เมนที่นาสิก



ภาพที่ 6.13 สเปกตรัม FFT ของสระ [ɛ] ในคำว่า de33 ‘เห็น’ (ซ้าย) และ [ɛ^N] ในคำว่า ne44 ‘จุมก’ (ขวา) ณ ตำแหน่งต้นสระ (แถวบน) กลางสระ (แถวกลาง) และท้ายสระ (แถวล่าง) ของผู้บอกภาษาโปคนที่ 16 วงกลมสีแดงแสดงตำแหน่งค่าความถี่ฟอร์เมนทาลิก

ภาพที่ 6.11 – 6.13 ซึ่งแสดงสเปกตรัม FFT ของสระหน้าที่ปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิก (ขวา) และสเปกตรัมของสระเดียวกันที่ปรากฏหลังพยัญชนะต้นกัก (ซ้าย) ของผู้บอกภาษาคนที่ 16 อายุ 26 ปี แสดงให้เห็นว่ามีเพียงสเปกตรัมของสระ /i, e, ε/ ที่ปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิกที่มีค่าความถี่ฟอร์เมนทานาสิกปรากฏอยู่ในสเปกตรัม โดยมีค่าอยู่ในช่วง 700 – 900 Hz แต่สเปกตรัมของสระไอซึที่อยู่หลังพยัญชนะต้นกักไม่ปรากฏค่าความถี่ฟอร์เมนทานาสิกในช่วงความถี่ดังกล่าว นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาสเปกตรัมด้านขวาจากบนลงล่างซึ่งแทนสเปกตรัม ณ ตำแหน่งต้น กลางและท้ายสระของสระซึ่งเกิดหลังพยัญชนะต้นนาสิกทั้ง 3 เสียง พบว่าสเปกตรัมซึ่งวัดจากตำแหน่งที่ต่างกันทั้ง 3 ภาพมีค่าความถี่ฟอร์เมนทานาสิกปรากฏ แสดงว่า สระแต่ละเสียงมีการออกเสียงขึ้นจมูกตลอดช่วงสระ นั่นคือ มีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกคิดเป็น 100%

โดยสรุป ข้อค้นพบเกี่ยวกับค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของสระหน้าที่ปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิกหรือสระเสียงขึ้นจมูกในภาษาโปบ้านแม่แพหลวง พบค่าความถี่ฟอร์เมนทานาสิกในช่วง 700 – 1,000 Hz ตลอดช่วงสระเสียงขึ้นจมูกทั้ง 3 เสียง คือ /i, e, ε/ แสดงว่า สระเสียงขึ้นจมูกซึ่งแตกต่างกันที่ระดับความสูงต่ำของลิ้น โดยที่ /i/ มีลิ้นอยู่ในระดับสูงที่สุด รองลงมาคือ /e/ และ /ε/ ตามลำดับ มีการออกเสียงขึ้นจมูกตลอดทั้งสระ นั่นคือ มีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกคิดเป็น 100% จึงอาจสรุปได้ว่าระดับความสูงต่ำลิ้นที่ต่างกันของสระเสียงขึ้นจมูกแต่ละเสียงไม่ได้ส่งผลต่อการออกเสียงขึ้นจมูกของสระของผู้บอกภาษาโปเพศชาย 19 คน

6.2.2 ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก

นอกจากการเปรียบเทียบค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของสระเสียงขึ้นจมูก ผู้วิจัยยังได้เปรียบเทียบค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกของพยัญชนะต้นนาสิก 2 เสียง คือ /m/ และ /n/ เพิ่มเติมเพื่อดูว่าพยัญชนะนาสิกต่างฐานกรณ์มีค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกแตกต่างกันหรือไม่ ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า พยัญชนะนาสิกปุ่มเหงือก /n/ มีค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกมากกว่าพยัญชนะนาสิกริมฝีปาก /m/ และความแตกต่างนี้มีนัยสำคัญทางสถิติ แม้ค่าร้อยละของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกของ /n/ จะมากกว่า /m/ แต่ความแตกต่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.16$) (ดูตารางที่ 6.8 – 6.9) แม้ว่าผลการทดสอบทางสถิติของค่าระยะเวลาสัมผัสและค่าร้อยละของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกแตกต่างกัน แต่ผู้วิจัยจะเน้นตีความผลการวิเคราะห์จากค่าร้อยละ เพราะเป็นค่าที่ได้ปรับให้เป็นกลาง

ตารางที่ 6.8 ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกของพยัญชนะต้นนาสิกของผู้บอกภาษาโปเพศชาย 19 คน โดยระบุค่าต่ำสุด (Min) ควอร์ไทล์ที่ 1 (Q1) ค่ามัธยฐาน (Median) ควอร์ไทล์ที่ 3 (Q3) ค่าสูงสุด (Max) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms)

สระ	Min	Q1	Median	Q3	Max	Mean	SD
/m/	27.16	61.99	81.87	102.40	174.63	84.70	29.05
/n/	26.02	69.54	85.88	109.10	200.69	91.46	32.86

ในตารางที่ 6.8 จะเห็นได้ว่าค่ามัธยฐานและค่าเฉลี่ยของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกของ /n/ มากกว่า /m/ เล็กน้อย และความแตกต่างนี้มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่จะเห็นว่าค่ายังใกล้เคียงกันมาก และค่า p-value มีค่าเท่ากับ 0.04 ซึ่งใกล้กับระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 มาก จึงเป็นไปได้ว่าพยัญชนะนาสิกทั้ง 2 เสียงมีค่าระยะเวลาไม่ต่างกัน ทั้งนี้ ค่าเฉลี่ยของพยัญชนะนาสิกแต่ละเสียงมีค่ามากกว่าค่ามัธยฐาน แสดงว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบค่อนข้างไม่สมมาตร เนื่องจากข้อมูลบางค่ามีค่าสูง และค่าพิสัยของ /m/ ยังมีค่าน้อยกว่า /n/ ด้วย โดย /m/ มีค่าพิสัย 147.47 มิลลิวินาที ส่วน /n/ มีค่าพิสัย 174.67 มิลลิวินาที ส่วนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกพยัญชนะต้นนาสิกทั้ง 2 เสียงมีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่าพยัญชนะนาสิกทั้ง 2 เสียงมีการแปรของข้อมูลใกล้เคียงกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

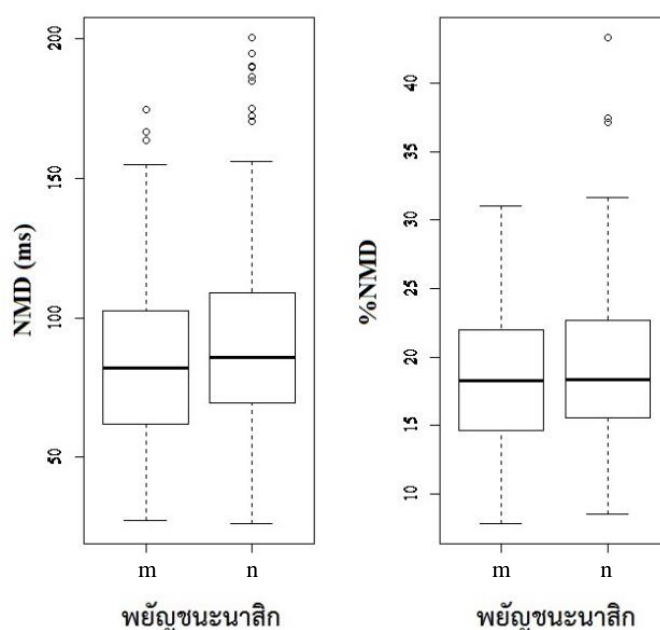
ตารางที่ 6.9 ค่าร้อยละ (%) ของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกของพยัญชนะต้นนาสิกของผู้บอกภาษาโปเพศชาย 19 คน โดยระบุค่าต่ำสุด (Min) ควอร์ไทล์ที่ 1 (Q1) ค่ามัธยฐาน (Median) ควอร์ไทล์ที่ 3 (Q3) ค่าสูงสุด (Max) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

สระ	Min	Q1	Median	Q3	Max	Mean	SD
/m/	7.81	14.65	18.30	21.99	31.06	18.50	5.12
/n/	8.53	15.60	18.33	22.68	43.36	19.34	5.35

ผลการศึกษาค่าร้อยละของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกคือ ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกของพยัญชนะต้นนาสิกทั้ง 2 เสียงใกล้เคียงกัน โดยค่ามัธยฐานและค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละของค่า

ระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกของ /n/ มากกว่า /m/ เพียงเล็กน้อย และค่านี้ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.16$) ทั้งนี้ ค่ามัธยฐานและค่าเฉลี่ยของพยัญชนะแต่ละเสียงยังมีค่าใกล้เคียงกันมาก แสดงว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบสมมาตร ในส่วนของค่าพิสัย /m/ มีค่าพิสัย 23.25% ซึ่งน้อยกว่า /n/ ซึ่งมีค่าพิสัย 34.83% ทั้งนี้ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของพยัญชนะต้นนาสิกทั้ง 2 เสียงใกล้เคียงกันมาก แสดงว่าข้อมูลมีการแปรพ้อๆ กัน

จากผลการวิเคราะห์ค่าในตารางที่ 6.8 และ 6.9 ผู้วิจัยได้นำเสนอค่าดังกล่าวในแผนภูมิกล่องดังในภาพที่ 6.14 เพื่อช่วยให้เห็นภาพชัดเจนขึ้น



ภาพที่ 6.14 ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก (NMD) หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms) (ซ้าย) และค่าร้อยละของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก (%NMD) (ขวา) หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%) ของพยัญชนะต้นนาสิกของผู้บอกภาษาโปแตสชาย 19 คน

เมื่อพิจารณาแผนภูมิกล่องทางด้านซ้ายของภาพที่ 6.14 ซึ่งแสดงค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกจะเห็นได้ว่าตัวกล่องของ /n/ สูงกว่าตัวกล่องของ /m/ สอดคล้องกับผลการทดสอบสถิติ Wilcoxon ที่พบว่า /n/ มีค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกมากกว่า /m/ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่จากแผนภูมิกล่องทางด้านขวา ตัวกล่องของ /m/ และ /n/ อยู่ในระดับใกล้เคียงกันมาก สะท้อนความคล้ายคลึงของค่าร้อยละของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกของพยัญชนะต้นนาสิกทั้ง 2 เสียง และสอดคล้องกับผลการทดสอบสถิติที่พบว่าความแตกต่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

6.3 สรุปและอภิปรายผล

ผลการศึกษาสระเสียงขึ้นจมูกหรือสระโอษฐ์ที่ปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิก 3 เสียง ได้แก่ /i, e, ε/ และสระนาสิก 4 เสียง ได้แก่ /ĩ, õ, ỹ, ã/ ในภาษาโบราณแม่แพหลวง พบทั้งผลที่เป็นไปตามและไม่เป็นไปตามสมมติฐานของภาษาโปซึ่งแบ่งเป็น 2 ข้อย่อย ดังนี้

(1) หน่วยเสียงสระนาสิก /ĩ/ ซึ่งมีรูปแปร 3 รูป คือ [ĩ] [ĩ^h] และ [ĩŋ] มีค่าระยะเวลาสระ (vowel duration) ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก (nasal murmur duration) และค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก (nasalization duration) ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ไม่เป็นไปตามสมมติฐาน ส่วนที่ว่า สระนาสิกมีรูปแปร 3 รูป เพราะพบรูปแปร 2 รูป คือ [ĩ] และ [ĩ^h]

แต่เป็นไปตามสมมติฐาน ส่วนที่ว่า รูปแปรของสระนาสิกที่ต่างกัน ได้แก่ [ĩ] และ [ĩ^h] มีค่าระยะเวลาสระ ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก และค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เพราะพบว่า [ĩ] มีค่าระยะเวลาสระและค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่า [ĩ^h] อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ [ĩ^h] มีค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกมากกว่า [ĩ] อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

(2) สระต่ำที่มีการออกเสียงขึ้นจมูก (/CṼ/ หรือ /NṼ/) มีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระสูงที่มีการออกเสียงขึ้นจมูกอย่างมีนัยสำคัญ

เป็นไปตามสมมติฐาน เพราะพบว่าสระนาสิกที่เป็นสระต่ำ คือ /ĩ, ã/ มีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกและค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระนาสิกที่เป็นสระกลาง คือ /õ, õ̃/ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

แต่ผลการวิเคราะห์สระเสียงขึ้นจมูกไม่เป็นไปตามสมมติฐาน เพราะพบว่าสระเสียงขึ้นจมูกที่มีระดับความสูงต่างกัน 3 ระดับ คือ สูง กลาง ต่ำ มีการออกเสียงขึ้นจมูกตลอดช่วงสระ แสดงว่าสระเสียงขึ้นจมูกไม่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกกับความสูงต่ำของลิ้นของสระตามสมมติฐาน

จากข้อค้นพบเกี่ยวกับค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกข้างต้น อาจเป็นไปได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกกับสระที่มีระดับความสูงต่ำของลิ้นหลายระดับได้รับอิทธิพลจากค่าระยะเวลาสระ ดังที่ Hajek & Maeda (2000) เสนอไว้ว่า การที่สระต่ำมีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระสูง อาจเป็นเพราะสระต่ำมีค่าระยะเวลาสระมากกว่า ซึ่งในงานวิจัยนี้พบว่า สระที่มีค่าระยะเวลาสระมากกว่า มีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าเช่นกัน

นอกจากนี้ การเปรียบเทียบค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดและค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดของสระนาสิก /อ, โ, ุ, ฌ/ ยังมีข้อค้นพบที่น่าสนใจที่ว่า แม่ /ุ/ จะมีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดและค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดน้อยที่สุด แต่จะเห็นได้ว่าทั้งค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดและค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดของทุกสระมีค่าอยู่ในช่วงที่ไม่กว้างนัก คือ ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดมีค่าประมาณ 280 – 315 มิลลิวินาที ส่วนค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดมีค่าระหว่าง 75 – 79% คล้ายคลึงกับข้อค้นพบเกี่ยวกับสระเสียงขึ้นจมูกซึ่งอยู่หน้าพยัญชนะท้ายนาสิกในภาษาไทยของ Onsuwan (2005) ซึ่งพบว่าสระเสียงขึ้นจมูกที่มีความสั้นยาวของสระต่างกันมีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดใกล้เคียงกัน และเมื่อนำค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมาบวกกับค่าระยะเวลาครึ่งหนึ่งของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก พบว่า สระสั้นและสระยาวมีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดเท่ากัน Onsuwan (2005) จึงเสนอว่า หากค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดสะท้อนระยะเวลาที่เพดานอ่อนใช้ในการเคลื่อนที่เปิดปิด จะสรุปได้ว่าการเคลื่อนที่ของเพดานอ่อนในการออกเสียงขึ้นจมูกของสระสั้นและสระยาวใช้เวลาที่ค่อนข้างคงที่ (constant-sized velic gesture) ฉะนั้น การทำงานวิจัยนี้พบว่าค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดและค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดมีค่าอยู่ในช่วงแคบๆ อาจสะท้อนการเคลื่อนที่ของเพดานอ่อนที่ใช้เวลาคงที่เช่นกัน

บทที่ 7

สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาคุณสมบัตินาสิกด้วยวิธีทางกลศาสตร์ในหลายแง่มุม ได้แก่ ความแตกต่างระหว่างพยัญชนะนาสิกต่างฐานกรณ์ในภาษาสะกอ ความแตกต่างของการออกเสียงขึ้นจมูกของสระเสียงขึ้นจมูกที่อยู่ในบริบทพยัญชนะนาสิกต่างกันภาษาปะโอ และความแตกต่างของการออกเสียงขึ้นจมูกของสระนาสิกและสระเสียงขึ้นจมูกที่มีระดับความสูงต่ำของลิ้นต่างกันภาษาโป ในบทนี้ ผู้วิจัยจะสรุปผลการวิจัยในภาษาสะกอ ปะโอ และโปไว้ในหัวข้อที่ 7.1 จากนั้นจะอภิปรายผลเกี่ยวกับฐานกรณ์ของพยัญชนะต้นนาสิกและการออกเสียงขึ้นจมูกของสระในหัวข้อที่ 7.2 ส่วนหัวข้อที่ 7.3 เป็นข้อเสนอแนะ

7.1 สรุปผล

7.1.1 ภาษาสะกอ

งานวิจัยนี้ศึกษาความแตกต่างของพยัญชนะต้นนาสิก 4 ฐานกรณ์ คือ ริมฝีปาก /m-/ , ปุ่มเหงือก /n-/ , เพดานแข็ง /ŋ-/ และเพดานอ่อน /ŋ-/ ในภาษาสะกอด้วยวิธีสมการจตุรร่วมจากข้อมูลของผู้บอกภาษาสะกอ เพศชาย จำนวน 10 คน อายุระหว่าง 24 – 75 ปี อาศัยอยู่ที่บ้านห้วยหยวก ตำบลบ้านแก่ง อำเภอศรีสัชชนาลัย จังหวัดสุโขทัย การที่ภาษาสะกอมีพยัญชนะต้นนาสิก 4 ฐานกรณ์ทำให้เหมาะสำหรับการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างพยัญชนะที่มีฐานกรณ์ต่างกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเสียงพยัญชนะเพดานแข็ง ในงานวิจัยส่วนใหญ่มักศึกษาพยัญชนะกักเพียง 3 ฐานกรณ์ คือ ริมฝีปาก ปุ่มเหงือก และเพดานอ่อน นอกจากนี้ การศึกษาความแตกต่างของฐานกรณ์ของพยัญชนะต้นนาสิกด้วยวิธีสมการจตุรร่วมยังมีน้อย และในบรรดางานเหล่านี้มีเพียง Tabain (n.d.) ที่ศึกษาพยัญชนะนาสิกเพดานแข็ง

ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ประกอบด้วยพยัญชนะต้นนาสิก 4 ฐานกรณ์ โดย /m/ และ /n/ ปรากฏร่วมกับสระ 9 เสียง ได้แก่ /i, e, ε, i, ə, a, u, o, ɔ/ /ŋ/ ปรากฏร่วมกับสระ 5 เสียง ได้แก่ /e, ε, a, o, ɔ/ และ /ŋ/ ปรากฏร่วมกับสระ 2 เสียง ได้แก่ /a, ɔ/ สระแต่ละเสียงในชุดคำแต่ละชุดประกอบด้วยคำทดสอบ 5 คำ ชุดคำ /m/ และชุดคำ /n/ จึงมีคำทดสอบทั้งหมด 450 คำต่อชุด ชุดคำ /ŋ/ มีคำทดสอบทั้งหมด 250 คำ และชุดคำตัวอย่าง /ŋ/ มีคำทดสอบทั้งหมด 100 คำ รวมทั้งสิ้นมีคำทดสอบ 1,250 คำ

ค่าความชัน ค่าจุดตัดแกน y และค่าโลคัสเสมือนของพยัญชนะต้นนาสิกแต่ละฐานกรณ์ที่ได้ จากวิธีสมการจตุรรมได้นำมาทดสอบความแตกต่างทางสถิติด้วยสถิติ Kruskal-Wallis และสถิติ Wilcoxon โดยสถิติแรกใช้สำหรับเปรียบเทียบข้อมูลของพยัญชนะต้นนาสิก 4 ฐานกรณ์ เพื่อดูว่า ข้อมูลพยัญชนะต้นนาสิกต่างฐานกรณ์ทั้ง 4 ชุดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ โดย กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 0.05 ($p < 0.05$) หากพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติ ก็จะนำข้อมูลเหล่านี้มาทดสอบด้วยสถิติ Wilcoxon ซึ่งจะเปรียบเทียบข้อมูลทีละคู่ เพื่อดูว่า พยัญชนะต้นนาสิกคู่ใดบ้างที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เพื่อพิสูจน์สมมติฐานเกี่ยวกับค่า ความชัน ค่าจุดตัดแกน y และค่าโลคัสเสมือนของพยัญชนะนาสิกที่มีฐานกรณ์แตกต่างกัน ดังนี้

(1) พยัญชนะนาสิกเพดานอ่อน /ŋ-/ มีค่าความชันมากที่สุดและพยัญชนะนาสิกเพดานแข็ง /ŋ-/ มีค่าความชันน้อยที่สุด

(2) พยัญชนะนาสิกเพดานแข็ง /ŋ-/ มีค่าจุดตัดแกน y มากที่สุดและพยัญชนะนาสิกเพดานอ่อน /ŋ-/ มีค่าจุดตัดแกน y น้อยที่สุด

(3) พยัญชนะนาสิกเพดานแข็ง /ŋ-/ มีค่าโลคัสเสมือนมากที่สุดและพยัญชนะนาสิกริมฝีปาก /m-/ มีค่าโลคัสเสมือนน้อยที่สุด

สมการจตุรรม คือ สมการเส้นตรงที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพยัญชนะและสระ โดยการ พล็อตค่าความถี่ฟอร์เมนท์ที่ 2 ณ ตำแหน่งต้นสระ ($F2_{onset}$) ซึ่งแสดงลักษณะทางกลศาสตร์ของ พยัญชนะต้นบนแกน y (แกนตั้ง) และค่าความถี่ฟอร์เมนท์ที่ 2 ณ ตำแหน่งกลางสระ ($F2_{vowel}$) ซึ่ง แสดงลักษณะทางกลศาสตร์ของสระบนแกน x (แกนนอน) ค่าที่ได้จากสมการจตุรรม คือ ค่าความ ชัน และค่าจุดตัดแกน y ซึ่งใช้จำแนกพยัญชนะที่มีฐานกรณ์ต่างกันได้

สมการจตุรรมยังนำมาใช้พิสูจน์แนวคิดโลคัสเสมือนซึ่งเสนอว่า ค่าโลคัสเสมือน คือ ค่าความถี่ คงที่ซึ่งสามารถสะท้อนตำแหน่งฐานกรณ์ของพยัญชนะต้นซึ่งคงที่ได้ แนวความคิดโลคัสเสมือน แตกต่างจาก “โลคัส” ในวิธีสมการจตุรรมตามความหมายของ Lindblom (1963) ซึ่งหมายถึง ค่า ความถี่ฟอร์เมนท์ที่ 2 ณ จุดเริ่มต้นของช่วงรอยต่อระหว่างพยัญชนะและสระ ค่าโลคัสเสมือนได้จาก การสร้างสมการ $y = x$ หรือ $F2_{onset} = F2_{vowel}$ ตัดกับสมการจตุรรม ค่าที่วัดจากตำแหน่งที่ สมการทั้ง 2 เส้นตัดกัน คือ ค่าโลคัสเสมือน

ข้อค้นพบจากการเปรียบเทียบค่าความชัน ค่าจุดตัดแกน y และค่าโลคัสเสมือนของพยัญชนะ ต้นนาสิก 4 ฐานกรณ์ ได้แก่ /m, n, ŋ, ɲ/ มีดังนี้

(1) ผลการวิเคราะห์ค่าความชันระหว่างพยัญชนะต้นนาสิกต่างฐานกรณ์ คือ /ŋ/ มีค่าความ ชันมากที่สุด รองลงมาคือ /m/ และ /n/ ส่วน /ŋ/ มีค่าความชันน้อยที่สุดและความแตกต่างเหล่านี้มี นัยสำคัญทางสถิติ โดยค่าเฉลี่ยของค่าความชันจากข้อมูลของผู้บอกภาษา 10 คนมีดังนี้ /m/ มีค่าเฉลี่ย

ของค่าความชันเท่ากับ 0.61 /n/ มีค่าเฉลี่ยของค่าความชันเท่ากับ 0.44 /ŋ/ มีค่าเฉลี่ยของค่าความชันเท่ากับ 0.18 และ /ŋ/ มีค่าเฉลี่ยของค่าความชันเท่ากับ 1.38 จึงสรุปได้ว่า *ข้อค้นพบสนับสนุนสมมติฐานข้อ (1) ที่ว่า “พยัญชนะนาสิกเพดานอ่อน /ŋ-/ มีค่าความชันมากที่สุดและพยัญชนะนาสิกเพดานแข็ง /n-/ มีค่าความชันน้อยที่สุด”*

(2) ผลการศึกษา *ค่าจุดตัดแกน y* พบว่า /ŋ/ มีค่าจุดตัดแกน y มากที่สุด รองลงมาคือ /n/ และ /m/ ส่วน /ŋ/ มีค่าจุดตัดแกน y น้อยที่สุด โดยค่าเฉลี่ยของค่าจุดตัดแกน y คือ /m/ มีค่าเฉลี่ยของค่าจุดตัดแกน y 315.45 Hz /n/ มีค่าเฉลี่ยของค่าจุดตัดแกน y 839.42 Hz /ŋ/ มีค่าเฉลี่ยของค่าจุดตัดแกน y 1,786.24 Hz และ /ŋ/ มีค่าเฉลี่ยของค่าจุดตัดแกน y -364.64⁵⁷ Hz เมื่อทดสอบค่าจุดตัดแกน y ของพยัญชนะนาสิกต่างฐานกรณด้วยสถิติ พบว่า ความแตกต่างเหล่านี้มีนัยสำคัญทางสถิติ จึงกล่าวได้ว่า *ข้อค้นพบเกี่ยวกับค่าจุดตัดแกน y สนับสนุนสมมติฐานข้อ (2) ที่ว่า “พยัญชนะนาสิกเพดานแข็ง /n-/ มีค่าจุดตัดแกน y มากที่สุดและพยัญชนะนาสิกเพดานอ่อน /ŋ-/ มีค่าจุดตัดแกน y น้อยที่สุด”*

(3) *ข้อค้นพบเกี่ยวกับค่าโลคัสเสมือน* คือ /ŋ/ มีค่าโลคัสเสมือนมากที่สุด รองลงมาคือ /n/ /m/ และ /ŋ/ ตามลำดับ โดย /m/ มีค่าเฉลี่ยของค่าโลคัสเสมือน 808.36 Hz /n/ มีค่าเฉลี่ยของค่าโลคัสเสมือน 1,511.34 Hz /ŋ/ มีค่าเฉลี่ยของค่าโลคัสเสมือน 2,171.26 Hz และ /ŋ/ มีค่าเฉลี่ยของค่าโลคัสเสมือน 634.02 Hz และผลการทดสอบทางสถิติพบว่า พยัญชนะนาสิกเกือบทุกคู่มีค่าโลคัสเสมือนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นคู่ /m/ – /ŋ/ (p = 1) ดังนั้น จึงกล่าวได้ว่า *ข้อค้นพบเกี่ยวกับค่าโลคัสเสมือนเป็นไปตามสมมติฐานข้อ (3) ส่วนหนึ่งที่ว่า “พยัญชนะนาสิกเพดานแข็ง /n-/ มีค่าโลคัสเสมือนมากที่สุด” แต่ไม่เป็นไปตามสมมติฐานส่วนที่ว่า “พยัญชนะนาสิกริมฝีปาก /m-/ มีค่าโลคัสเสมือนน้อยที่สุด” ข้อค้นพบคือ /ŋ-/ มีค่าโลคัสเสมือนน้อยที่สุด*

ข้อค้นพบเกี่ยวกับค่าความชัน ค่าจุดตัดแกน y และค่าโลคัสเสมือนข้างต้นสรุปได้ตั้งในตารางที่ 7.1 และภาพที่ 7.1

⁵⁷ ค่าจุดตัดแกน y ติดลบ แสดงว่า สมการจุดร่วมตัดกับแกน y ที่มีค่าลบ ณ จุดที่ x เท่ากับ 0 ทั้งนี้ ค่าจุดตัดแกน y ที่ติดลบเป็นผลจากค่าความชันที่มีค่าสูง นั่นคือ ค่าความชันยิ่งมาก ค่าจุดตัดแกน y ยิ่งน้อย

ตารางที่ 7.1 ค่าเฉลี่ยของค่าความชัน ค่าจุดตัดแกน y และค่าโลคัสเสมือนของพยัญชนะต้นนาสิก /m, n, ŋ, ɲ/ ของผู้บอกภาษาสะกอเพศชาย 10 คน

พยัญชนะต้นนาสิก	ค่าความชัน	ค่าจุดตัดแกน y (Hz)	ค่าโลคัสเสมือน (Hz)
/m/	0.61	315.45	808.36
/n/	0.44	839.52	1511.34
/ɲ/	0.18	1786.24	2174.26
/ŋ/	1.38	-364.64	634.02

ภาพที่ 7.1 ลำดับความมากน้อยของค่าความชัน ค่าจุดตัดแกน y และค่าโลคัสเสมือนของพยัญชนะต้นนาสิก /m, n, ɲ, ŋ/ ของผู้บอกภาษาสะกอเพศชาย 10 คน



โดยสรุป ค่าความชันและค่าจุดตัดแกน y ที่ได้จากวิธีสมการจุดร่วมใช้ในการจำแนกพยัญชนะต้นนาสิกที่มีฐานกรณ์ต่างกัน 4 ฐานกรณ์ในภาษาสะกอได้ดี และแม้จะพบว่าค่าโลคัสเสมือนของ /m/ และ /ŋ/ มีค่าใกล้เคียงกันซึ่งอาจเป็นผลจากข้อมูลของ /ŋ/ มีจำนวนน้อย แต่ค่าโลคัสเสมือนของ /m/ และ /ɲ/ แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด จึงเป็นไปได้ที่พยัญชนะนาสิกแต่ละฐานกรณ์จะมีค่าโลคัสเสมือนประจำเสียงซึ่งสามารถสะท้อนตำแหน่งฐานกรณ์ของพยัญชนะต้นซึ่งคงที่ได้

7.1.2 ภาษาปะโอ

ในส่วน of ภาษาปะโอ ผู้วิจัยมุ่งศึกษาความแตกต่างของการออกเสียงขึ้นจมูกของสระที่เกิดจากอิทธิพลของพยัญชนะต้นนาสิกและพยัญชนะท้ายนาสิก เพื่อเปรียบเทียบว่าพยัญชนะนาสิกที่อยู่ในตำแหน่งต่างกันทำให้การออกเสียงขึ้นจมูกของสระต่างกันหรือไม่ และอย่างไร ภาษาปะโอเป็นภาษาในภาษากลุ่มกะเหรี่ยงที่เหมาะสมกับการศึกษาเสียงนาสิกในประเด็นนี้ เนื่องจากเป็นภาษาเดียวที่ยังคงเก็บรักษาพยัญชนะท้ายนาสิกทั้ง 3 ฐานกรณ์ในภาษากะเหรี่ยงดั้งเดิม คือ ริมฝีปาก *m, ปุ่ม

เหนือก *n และเพดานอ่อน *ŋ ไว้ ภาษาปะโอจึงมีทั้งพยัญชนะต้นนาสิกและพยัญชนะท้ายนาสิก ซึ่งเหมาะกับการเปรียบเทียบค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมุกของสระที่อยู่ระหว่างพยัญชนะต้นนาสิกและพยัญชนะท้ายกัก (NVC) และสระที่อยู่ระหว่างพยัญชนะต้นกักและพยัญชนะท้ายนาสิก (CVN)

ข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์มาจากผู้บอกภาษาปะโอ เพศชาย อายุระหว่าง 24 – 75 ปี จำนวน 19 คน อาศัยอยู่ที่บ้านห้วยมะเขือส้ม ตำบลหมอกจำแป่ อำเภอเมือง จังหวัดแม่ฮ่องสอน คำตัวอย่างประกอบด้วยพยัญชนะนาสิก พยัญชนะกัก และสระไอซ์ฐ์ที่เป็นสระหน้า คือ สระ /e/ และ /ɛ/ แต่ไม่มีสระ /i/ เนื่องจากไม่พบคำตัวอย่างที่ /i/ เกิดร่วมกับพยัญชนะต้นนาสิกและพยัญชนะท้ายกัก บริบทพยัญชนะนาสิกแต่ละบริบทจึงมีสระ 2 เสียง และสระแต่ละเสียงมีคำทดสอบ 10 คำ บริบท NVC และบริบท CVN จึงมีคำทดสอบทั้งหมด 380 คำต่อ 1 บริบท รวมทั้งสิ้น 760 คำ

การหาค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมุกของสระที่อยู่หลังพยัญชนะต้นนาสิกไม่สามารถใช้วิธีพิจารณาพลังงานได้ งานวิจัยนี้จึงศึกษาเฉพาะสระหน้าด้วยวิธีการเปรียบเทียบสเปคตรัม FFT และหลังจากหาค่าระยะเวลาต่างๆ ด้วยการวิเคราะห์ทางกลศาสตร์ได้แล้ว ได้นำค่าเหล่านั้นมาทดสอบด้วยสถิติ Wilcoxon เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าต่างๆ ของสระเสียงขึ้นจุมุกที่ปรากฏหลังและหน้าพยัญชนะนาสิก โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 0.05 ($p < 0.05$)

การวิเคราะห์ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมุกเป็นการพิสูจน์สมมติฐานที่ว่า “สระไอซ์ฐ์ซึ่งปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิก /NVC/ มีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมุกมากกว่าสระไอซ์ฐ์ซึ่งปรากฏหน้าพยัญชนะท้ายนาสิก /CVN/ อย่างมีนัยสำคัญ” ผลการศึกษาพบว่า ค่าเฉลี่ยของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมุกและค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมุกของ /e/ ที่อยู่หลังพยัญชนะต้นนาสิกเท่ากับ 106.24 มิลลิวินาทีและ 75.40% ตามลำดับ ในขณะที่ /e/ ที่อยู่หน้าพยัญชนะท้ายนาสิกมีค่าเฉลี่ยของค่าระยะเวลาและค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมุกเท่ากับ 17.83 มิลลิวินาทีและ 9.06% ตามลำดับ ส่วน /ɛ/ ที่อยู่หลังพยัญชนะต้นนาสิกมีค่าเฉลี่ยของค่าระยะเวลาและค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมุกเท่ากับ 122.45 มิลลิวินาทีและ 83.18% ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมุกและค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมุกของ /ɛ/ ที่อยู่หน้าพยัญชนะท้ายนาสิกเท่ากับ 40.12 มิลลิวินาทีและ 21.66% ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า *ข้อค้นพบข้างต้นสนับสนุนสมมติฐาน เพราะสระที่ปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิกมีการออกเสียงขึ้นจุมุกมากกว่าสระที่ปรากฏหน้าพยัญชนะท้ายนาสิก และความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติ*

นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้เปรียบเทียบค่าระยะเวลาสระและค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมุกของสระที่มีระดับความสูงต่ำของลิ้นต่างกัน คือ สระกลาง /e/ และสระต่ำ /ɛ/ เพื่อศึกษารูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะเวลาสระกับค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมุกของสระเสียงขึ้นจุมุกทั้ง 2 เสียงนี้ ข้อค้นพบที่ได้จะนำไปประกอบการตีความเรื่องการออกเสียงขึ้นจุมุกของสระนาสิกในภาษาโป

ผลจากการเปรียบเทียบสระ /e, ε/ ในบริบทพยัญชนะต้นนาสิก พบว่า ความสัมพันธ์ของค่าระยะเวลาสระและค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกเป็นแบบแปรตรง คือ เมื่อค่าระยะเวลาสระน้อย ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกก็น้อยด้วย /e/ มีค่าระยะเวลาสระและค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกน้อยกว่า /ε/ แต่เมื่อทดสอบสหสัมพันธ์แบบสเปียร์แมน (Spearman's correlation)⁵⁸ พบค่าสัมประสิทธิ์สัมพันธ์ที่ไม่สูงมาก แสดงว่าค่าระยะเวลาทั้ง 2 ค่าไม่ได้สัมพันธ์กันมาก

ส่วนผลการวิเคราะห์ค่าระยะเวลาสระและค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของสระ /e, ε/ ในบริบทพยัญชนะท้ายนาสิกพบความสัมพันธ์แบบแปรผกผัน คือ /e/ มีค่าระยะเวลาสระมากกว่า /ε/ แต่มีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกน้อยกว่า /ε/ แสดงให้เห็นว่า เมื่อค่าระยะเวลาสระมาก ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกน้อย แต่ค่าสัมประสิทธิ์สัมพันธ์ที่ได้จากสหสัมพันธ์แบบสเปียร์แมนต่ำมาก แสดงว่าค่าระยะเวลาทั้ง 2 ค่าแทบไม่สัมพันธ์กัน

7.1.3 ภาษาโป

ภาษาโปเป็นภาษาเดียวในภาษากลุ่มกะเหรี่ยงที่มีสระ 2 ชุด คือ สระโอษฐ์กับสระนาสิก และสระโอษฐ์ยังปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิกได้ด้วย ทำให้ภาษาโปมีสระที่ออกเสียงขึ้นจมูก 2 แบบ คือ *สระเสียงขึ้นจมูก* ซึ่งมีการออกเสียงขึ้นจมูกจากอิทธิพลของพยัญชนะต้นนาสิก และ *สระนาสิก* ซึ่งมีการออกเสียงขึ้นจมูกที่ทำหน้าที่แยกความหมายของคำ งานวิจัยจึงมุ่งศึกษา (1) สัทสมบัติของสระนาสิก เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะเวลาสระ ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกและค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก และ (2) ความสัมพันธ์ระหว่างการออกเสียงขึ้นจมูกของสระกับสระที่มีระดับความสูงต่ำของลิ้นต่างกัน

ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์มาจากผู้บอกภาษาโป เพศชาย อายุระหว่าง 24 – 75 ปี จำนวน 19 คน อาศัยอยู่ที่บ้านแม่แพหลวง ตำบลกองก่อ อำเภอสบเมย จังหวัดแม่ฮ่องสอน คำตัวอย่างแบ่งเป็น 2 ประเภทตามโครงสร้างพยางค์ คือ (1) รายการคำที่ประกอบด้วยพยัญชนะต้นนาสิกและสระโอษฐ์ (NV) ที่เป็นสระเดี่ยว 3 เสียง คือ /i, e, ε/ และ (2) รายการคำที่ประกอบด้วยพยัญชนะต้นกักและสระนาสิก (CṼ) ที่เป็นสระเดี่ยว 4 เสียง คือ /ṽ, ṁ, ṅ, ṅ/ และสระแต่ละเสียงมีคำทดสอบ 10 คำ บริบท CṼ จึงมีคำทดสอบทั้งหมด 760 คำ และ NV มีคำทดสอบทั้งหมด 508 คำ รวมทั้งสิ้น 1,268 คำ

เมื่อหาค่าต่างๆ ด้วยการวิเคราะห์ทางกลศาสตร์ได้แล้ว ได้นำค่าเหล่านั้นมาทดสอบด้วยสถิติ Kruskal-Wallis และสถิติ Wilcoxon โดยสถิติ Kruskal-Wallis ใช้เปรียบเทียบข้อมูลของสระเสียงขึ้นจมูก 3 เสียงหรือสระนาสิก 4 เสียง เพื่อดูว่าข้อมูลในแต่ละชุดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง

⁵⁸ ดูรายละเอียดเกี่ยวกับสหสัมพันธ์แบบสเปียร์แมนเพิ่มเติมในหัวข้อที่ 3.3.4.3

สถิติหรือไม่ โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 0.05 ($p < 0.05$) หากพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ก็จะทดสอบต่อด้วยสถิติ Wilcoxon ซึ่งจะเปรียบเทียบข้อมูลที่ละคู่ เพื่อดูว่าสระคูใดบ้างที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เพื่อทดสอบสมมติฐานที่ว่า

(1) หน่วยเสียงสระนาสิก / \tilde{V} / ซึ่งมีรูปแปร 3 รูป คือ [\tilde{V}] [\tilde{V}^n] และ [$V\eta$] มีค่าระยะเวลาสระ ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก และค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

(2) สระต่ำที่มีการออกเสียงขึ้นจมูก (/C \tilde{V} / หรือ /NV/) มีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระสูงที่มีการออกเสียงขึ้นจมูกอย่างมีนัยสำคัญ

การวิเคราะห์ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของสระเสียงขึ้นจมูกซึ่งเป็นสระหน้าใช้วิธีการเปรียบเทียบสเปกตรัม FFT ส่วนการหาค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของสระนาสิกที่เป็นสระกลางและสระหลัง จะพิจารณาพลังงานในสเปกโตรแกรม ความสูงของภาพคลื่นเสียงประกอบการฟัง โดยถือว่าช่วงสระที่มีพลังงานและความสูงของภาพคลื่นเสียงลดลงเป็นช่วงที่มีการออกเสียงขึ้นจมูก ข้อค้นพบมีดังนี้

การวิเคราะห์**สัทสมบัติของสระนาสิก**เป็นการพิสูจน์สมมติฐานข้อแรกที่ว่า “หน่วยเสียงสระนาสิก / \tilde{V} / ซึ่งมีรูปแปร 3 รูป คือ [\tilde{V}] [\tilde{V}^n] และ [$V\eta$] มีค่าระยะเวลาสระ ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก และค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ” ผลการศึกษาพบสัทสมบัติ 2 แบบ ได้แก่ สัทสมบัติแบบที่ 1 [\tilde{V}] คือ สระนาสิกมีการออกเสียงขึ้นจมูกในช่วงสระโดยไม่มีเสียงท้ายนาสิกพบได้ในสระต่ำ / \tilde{v} , \tilde{a} / ของผู้บอกภาษาทุกคนและสระกลาง / \tilde{o} , \tilde{u} / ของผู้บอกภาษา 8 คน สัทสมบัติแบบที่ 2 [\tilde{V}^n] คือ สระนาสิกมีการออกเสียงขึ้นจมูกในช่วงสระและมีเสียงท้ายนาสิกเพดานอ่อนในระดับสัทศาสตร์ พบเฉพาะในสระกลาง / \tilde{o} , \tilde{u} / ของผู้บอกภาษา 11 คน *ข้อค้นพบนี้ไม่เป็นไปตามสมมติฐาน เพราะพบรูปแปรเพียง 2 รูป คือ [\tilde{V}] กับ [\tilde{V}^n] เท่านั้น*

แต่เมื่อเปรียบเทียบค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก ค่าระยะเวลาสระและค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกระหว่างสัทสมบัติทั้ง 2 แบบจากข้อมูลสระกลาง คือ / \tilde{o} , \tilde{u} / พบว่าเป็นไปตามสมมติฐาน นั่นคือ สัทสมบัติแบบ [\tilde{V}] มีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกและค่าระยะเวลาสระทั้งที่เป็นค่าระยะเวลาสัมบูรณ์และค่าร้อยละมากกว่าสัทสมบัติแบบ [\tilde{V}^n] แต่สัทสมบัติแบบ [\tilde{V}] มีค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกและค่าร้อยละของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกน้อยกว่าสัทสมบัติแบบ [\tilde{V}^n] และ ความแตกต่างเหล่านี้มีนัยสำคัญทางสถิติ

การศึกษา**ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก**ของสระเสียงขึ้นจมูกและสระนาสิกเป็นการพิสูจน์สมมติฐานข้อ (2) ที่ว่า “สระต่ำที่มีการออกเสียงขึ้นจมูก (/C \tilde{V} / หรือ /NV/) มีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระสูงที่มีการออกเสียงขึ้นจมูกอย่างมีนัยสำคัญ” ผลการศึกษาสระเสียงขึ้นจมูกที่อยู่หลังพยัญชนะต้นนาสิกที่มีระดับความสูงต่ำของลิ้นต่างกัน 3 เสียง ได้แก่ [i^N , e^N , ε^N] พบว่า สระเสียงขึ้นจมูกมีการออกเสียงขึ้นจมูกตลอดช่วงสระ เนื่องจากพบค่าความถี่ฟอร์เมนทานาสิกในช่วง 700

- 1,000 Hz ตลอดทั้งช่วงสระ แสดงว่า สระเสียงขึ้นจมูกเหล่านี้มีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกคิดเป็น 100% จึงตีความได้ว่า ระดับความสูงต่ำของสระไม่ได้มีอิทธิพลต่อการออกเสียงขึ้นจมูกของสระเสียงขึ้นจมูกของผู้พูดภาษาโป *ข้อค้นพบนี้จึงไม่เป็นไปตามสมมติฐานข้อ (2)*

ส่วนข้อค้นพบเรื่องสระนาสิกคือ /ã/ มีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกและค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมากที่สุด รองลงมาคือ /ĩ/ /õ/ และ /õ/ ตามลำดับ โดย /ã/ /ĩ/ /õ/ และ /õ/ มีค่าเฉลี่ยของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกเท่ากับ 303.97, 281.20, 237.40, 216.30 มิลลิวินาที และมีค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกเท่ากับ 78.41% 75.17% 71.68% 70.87% ตามลำดับ ส่วนผลการทดสอบทางสถิติ พบว่า ค่าระยะเวลาและค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของสระทุกคู่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นคู่สระกลาง /ĩ, õ/ ที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.10$ และ $p = 1$ ตามลำดับ) *ผลการศึกษานี้สนับสนุนสมมติฐานข้อ (2) เพราะสระนาสิกที่มีระดับลิ้นต่ำกว่ามีการออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระนาสิกที่มีระดับลิ้นสูงกว่า และความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติ*

นอกจากนี้ เมื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะเวลาสระและค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกระหว่างสระนาสิกที่มีระดับความสูงต่ำของลิ้นต่างกันพบความสัมพันธ์แบบแปรตรง คือ สระที่มีค่าระยะเวลาสระมากมีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมากด้วย /ã/ มีค่าระยะเวลาสระและค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมากที่สุด รองลงมาคือ /ĩ/ /õ/ และ /õ/ ตามลำดับ เมื่อทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะเวลาทั้ง 2 ค่าด้วยสหสัมพันธ์แบบสเปียร์แมน พบค่าสัมประสิทธิ์สัมพันธ์สูงมาก แสดงว่าค่าระยะเวลาเหล่านี้สัมพันธ์กันมาก สระที่มีค่าระยะเวลาสระมากก็มีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมากด้วย จึงเป็นไปได้ว่าความยาวของสระที่มากเอื้อต่อการออกเสียงขึ้นจมูก

โดยสรุป ผลการวิเคราะห์คุณสมบัตินาสิกในภาษากลุ่มกะเหรี่ยงด้วยวิธีทางกลศาสตร์ ไม้ว่าจะเป็นเรื่องฐานกรณ์ของพยัญชนะนาสิกในภาษาสะกอ หรือการออกเสียงขึ้นจมูกของสระในภาษาปะโอและภาษาโป ช่วยเพิ่มเติมองค์ความรู้เกี่ยวกับลักษณะทางกลศาสตร์ของเสียงนาสิกในภาษากลุ่มกะเหรี่ยงซึ่งเป็นภาษาที่ยังมีการศึกษาในด้านนี้น้อย

7.2 อภิปรายผล

ในหัวข้อนี้ ผู้วิจัยได้นำผลการวิเคราะห์ค่าทางกลศาสตร์จากภาษาสะกอ โป และปะโอมาอภิปรายเชื่อมโยงกับผลการวิเคราะห์ในงานวิจัยอื่นๆ ทั้งงานวิจัยเชิงสรีรศาสตร์ กลศาสตร์และการรับรู้ เพื่ออธิบายข้อค้นพบเกี่ยวกับการออกเสียงขึ้นจมูกของสระและพยัญชนะนาสิกในภาษากลุ่มกะเหรี่ยง โดยแบ่งเป็น 2 หัวข้อ คือ หัวข้อที่ 8.2.1 ว่าด้วยฐานกรณ์ของพยัญชนะต้นนาสิกในภาษาสะกอ และหัวข้อที่ 8.2.2 ว่าด้วยการออกเสียงขึ้นจมูกของสระในภาษาโปและภาษาปะโอ

7.2.1 ฐานกรณ์ของพยัญชนะนาสิก

การศึกษาความแตกต่างของพยัญชนะต่างฐานกรณ์ในหลายภาษาแสดงให้เห็นว่า ค่าความชันและค่าจุดตัดแกน Y ที่ได้จากวิธีสมการจุดร่วมใช้จำแนกพยัญชนะที่มีฐานกรณ์แตกต่างกันได้ดี โดยผลการศึกษาพยัญชนะกักต่างฐานกรณ์ส่วนใหญ่พบว่า พยัญชนะเพดานอ่อนมีค่าความชันมากที่สุด รองลงมาคือ ริมฝีปากและปุ่มเหงือกตามลำดับ ส่วนค่าจุดตัดแกน y ของพยัญชนะแต่ละฐานกรณ์จะมีค่าน้อยกว่าหรือมากกว่ากัน ขึ้นอยู่กับแต่ละภาษา ตารางที่ 7.2 แสดงค่าความชันและค่าจุดตัดแกน Y ของพยัญชนะกักต่างฐานกรณ์จากหลายภาษา ได้แก่ สวีดิช (Lindblom, 1963 อ้างถึงใน Sussman et al., 1991) อังกฤษสำเนียงอเมริกัน (Sussman et al., 1991) ไทย (ธีระพันธ์ เหลืองทองคำและคณะ, 2554) อารบิก อูรดู (Sussman et al., 1993) มัง เมียน มัล (ยุพาพร ฮวดศิริ, 2551) Yanyuwa Yindjibarndi (Tabain & Butcher, 1999)

ตารางที่ 7.2 ค่าความชันและค่าจุดตัดแกน Y (Hz) ของพยัญชนะกักต่างฐานกรณ์ในภาษาต่างๆ

ภาษา	ริมฝีปาก		ปุ่มเหงือก		เพดานอ่อน	
	ค่าความชัน	ค่าจุดตัดแกน Y	ค่าความชัน	ค่าจุดตัดแกน Y	ค่าความชัน	ค่าจุดตัดแกน Y
สวีดิช	0.69	410	0.28	1225	0.95	360
อังกฤษ	0.91	51	0.54	538	0.79	654
ไทย	0.62	440.43	0.25	1331.30	0.92	379.84
อารบิก	0.77	206	0.25	1307	0.92	993
อูรดู	0.81	172	0.50	857	0.97	1070
มัง	0.52	775.46	0.28	1757.97	0.94	316.39
เมียน	0.51	774.01	0.32	1529.67	1.01	154.52
มัล	0.34	886.43	0.13	1660.87	0.97	241.83
Yanyuwa	0.80	62	0.62	726	1.03	-125
Yindjibarndi	0.83	-7	0.48	859	1.11	-213

จากตารางที่ 7.2 จะเห็นได้ว่า ในภาษาสวีดิช ไทย อารบิก อูรดู มัง เมียน มัล Yanyuwa และ Yindjibarndi พยัญชนะกักเพดานอ่อนมีค่าความชันมากที่สุด รองลงมาคือ ริมฝีปากและปุ่มเหงือกตามลำดับ ข้อค้นพบนี้แตกต่างจากผลการศึกษาค่าความชันในภาษาอังกฤษสำเนียงอเมริกันซึ่งพบว่า พยัญชนะกักริมฝีปากมีค่าความชันมากที่สุด รองลงมาคือ เพดานอ่อนและปุ่มเหงือกตามลำดับ

Sussman et al. (1993) อธิบายข้อค้นพบในภาษาอังกฤษสำเนียงอเมริกันดังกล่าวไว้ว่า การที่พยัญชนะกักเพดานอ่อนมีค่าความชันน้อยกว่าพยัญชนะกักริมฝีปาก อาจเกิดจากการที่พยัญชนะกักเพดานอ่อนเลื่อนไปข้างหน้าเมื่อเกิดคู่กับสระหน้า ซึ่งส่งผลให้ค่าความชันลดลง

ส่วนผลการวิเคราะห์ค่าจุดตัดแกน y พบว่า ในภาษาสวีดิช ไทย ม้ง เมียน มัล Yanyuwa และ Yindjibarndi พยัญชนะกักปุ่มเหงือกมีค่าจุดตัดแกน y มากที่สุด รองลงมาคือ ริมฝีปากและเพดานอ่อนตามลำดับ แต่ในภาษาอารบิก พยัญชนะกักปุ่มเหงือกมีค่าจุดตัดแกน y มากที่สุด รองลงมาคือ เพดานอ่อนและริมฝีปากตามลำดับ ส่วนกรณีของภาษาอังกฤษสำเนียงอเมริกันและอูรดู พยัญชนะกักเพดานอ่อนมีค่าจุดตัดแกน y มากที่สุด รองลงมาคือ ปุ่มเหงือกและริมฝีปากตามลำดับ จึงอาจสรุปได้ว่า ความสัมพันธ์ระหว่างค่าจุดตัดแกน y ของพยัญชนะแต่ละฐานกรณ์ขึ้นอยู่กับแต่ละภาษา

ยุพาพร ฮวดศิริ (2550) และธีระพันธ์ เหลืองทองคำและคณะ (2554) ยังได้วิเคราะห์พยัญชนะกักเพดานแข็งไว้ด้วย โดยยุพาพร ฮวดศิริ (2550) ศึกษาภาษาม้งและภาษามัล และธีระพันธ์ เหลืองทองคำและคณะ (2554) ศึกษาภาษาไทย ผลการวิเคราะห์ คือ พยัญชนะเพดานอ่อนมีค่าความชันมากที่สุด ถัดมาคือ ริมฝีปาก ปุ่มเหงือกและเพดานแข็ง (ยกเว้นภาษาไทยที่พยัญชนะปุ่มเหงือกและพยัญชนะเพดานแข็งมีค่าเฉลี่ยของค่าความชันเท่ากัน) และพยัญชนะเพดานแข็งมีค่าจุดตัดแกน y มากที่สุด ถัดมาคือ ปุ่มเหงือก ริมฝีปาก และเพดานอ่อนตามลำดับ

นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาค่าความชันและค่าจุดตัดแกน y ของพยัญชนะนาสิกต่างฐานกรณ์ในภาษาอังกฤษสำเนียงออสเตรเลีย (Tabain, 2000) Yanyuwa และ Yindjibarndi (Tabain, n.d.) พบว่า ค่าความชันมีรูปแบบความสัมพันธ์เหมือนกับผลการศึกษาพยัญชนะกักส่วนใหญ่ คือ พยัญชนะเพดานอ่อนมีค่าความชันมากที่สุด และพยัญชนะริมฝีปากมีค่าความชันมากกว่าพยัญชนะปุ่มเหงือก นั่นคือ พยัญชนะนาสิกเพดานอ่อน /ŋ/ มีค่าความชันมากที่สุด รองลงมาคือ ริมฝีปาก /m/ ปุ่มเหงือก /n/ และเพดานแข็ง /ŋ/ มีค่าความชันน้อยที่สุด แต่ผลการศึกษาค่าจุดตัดแกน y มีหลายรูปแบบ ดังนี้ ในภาษา Yanyuwa /ŋ/ มีค่าจุดตัดแกน y มากที่สุด รองลงมาคือ /n/ /m/ และ /ŋ/ ตามลำดับ (ภาษาอังกฤษมีค่าจุดตัดแกน y ของ /n/ มากกว่า /ŋ/) แต่ในภาษา Yindjibarndi /ŋ/ มีค่าจุดตัดแกน y มากที่สุด รองลงมาคือ /n/ /ŋ/ และ /m/ ตามลำดับ (ดูตารางที่ 7.3)

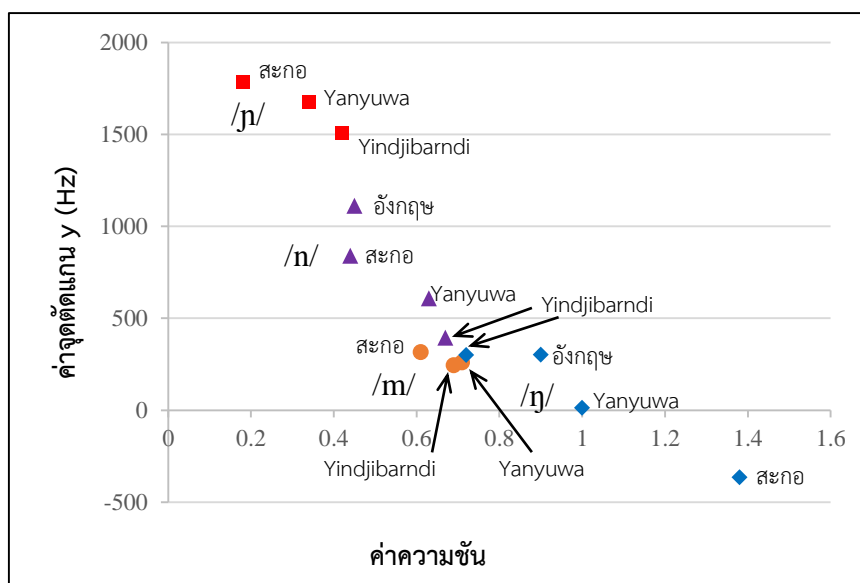
ตารางที่ 7.3 ค่าความชันและค่าจุดตัดแกน y (Hz) ของพยัญชนะนาสิกต่างฐานกรณ์ในภาษาอังกฤษ สำเนียงออสเตรเลีย Yanyuwa Yindjibarndi และสะกอ

ภาษา	ริมฝีปาก		ปุ่มเหงือก		เพดานแข็ง		เพดานอ่อน	
	ค่าความ ชัน	ค่าจุดตัด แกน y	ค่าความ ชัน	ค่าจุดตัด แกน y	ค่าความ ชัน	ค่าจุดตัด แกน y	ค่าความ ชัน	ค่าจุดตัด แกน y
อังกฤษ	-	-	0.45	1112	-	-	0.90	303
Yanyuwa	0.71	259.69	0.63	607.08	0.34	1677.16	1	14.19
Yindjibarndi	0.69	245.64	0.67	395.09	0.42	1505.39	0.72	299.94
สะกอ	0.61	315.45	0.44	839.42	0.18	1786.24	1.38	-364.64

การเปรียบเทียบข้อค้นพบเกี่ยวกับค่าความชันของพยัญชนะต้นนาสิกในภาษาสะกอจากงานวิจัยนี้กับผลการศึกษายพัญชนะนาสิกดังกล่าวข้างต้น (ดูตารางที่ 7.3) แสดงให้เห็นว่า ผลการวิเคราะห์ค่าความชันในภาษาสะกอสอดคล้องกับข้อค้นพบในภาษาอังกฤษสำเนียงออสเตรเลีย Yanyuwa และ Yindjibarndi นั่นคือ /ŋ/ มีค่าความชันมากที่สุด รองลงมาคือ /m/ /n/ และ /p/ ตามลำดับ และความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ส่วนผลการวิเคราะห์ค่าจุดตัดแกน y พบว่า /p/ มีค่าจุดตัดแกน y มากที่สุด รองลงมาคือ /n/ /m/ และ /ŋ/ ตามลำดับ และความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการศึกษาค่าจุดตัดแกน y ในภาษาสะกอเหมือนกับผลที่ได้ในภาษา Yanyuwa แต่แตกต่างจากผลการศึกษาในภาษา Yindjibarndi จึงสรุปได้ว่า ค่าจุดตัดแกน y ของพยัญชนะนาสิกแต่ละฐานกรณ์ขึ้นอยู่กับแต่ละภาษา เช่นเดียวกับผลการวิจัยพยัญชนะกักข้างต้น

เมื่อนำค่าความชันและค่าจุดตัดแกน y ของพยัญชนะต้นนาสิกจากภาษาสะกอ ภาษาอังกฤษ สำเนียงออสเตรเลีย Yanyuwa และ Yindjibarndi มาสร้างแผนภูมิแสดงบริเวณความสัมพันธ์ระหว่างพยัญชนะนาสิก 4 ฐานกรณ์กับสระ ทำให้เห็นบริเวณของพยัญชนะต้นนาสิกแต่ละฐานกรณ์ได้ดีขึ้น (ดูภาพที่ 7.2)



ภาพที่ 7.2 บริเวณความสัมพันธ์ระหว่างพยัญชนะต้นนาสิก 4 ฐานกรณกับสระ (CV space) จากค่าความถี่และค่าจุดตัดแกน y ของภาษาสระกอ อังกฤษสำเนียงออสเตรเลีย Yanyuwa และ Yindjibarndi (● แทน /m/ ▲ แทน /n/ ■ แทน /p/ ◆ แทน /ŋ/)

เมื่อพิจารณาค่าความถี่และค่าจุดตัดแกน y ร่วมกัน (ดูภาพที่ 7.2) จะเห็นได้ว่า พยัญชนะนาสิกแต่ละฐานกรณมีบริเวณเฉพาะของแต่ละเสียง ดังนี้ พยัญชนะนาสิกเพดานแข็งมีค่าความถี่และค่าจุดตัดแกน y แตกต่างจากพยัญชนะนาสิกฐานกรณอื่นอย่างชัดเจน โดยมีค่าความถี่น้อยสุดและค่าจุดตัดแกน y มากสุด ถัดมาคือ พยัญชนะนาสิกปุ่มเหงือกซึ่งมีค่าความถี่ประมาณ 0.4 – 0.6 และค่าจุดตัดแกน y ประมาณ 500 – 1,000 Hz ส่วนพยัญชนะนาสิกริมฝีปากมีค่าความถี่ประมาณ 0.6 – 0.7 และค่าจุดตัดแกน y ประมาณ 250 – 300 Hz และลำดับสุดท้ายคือ พยัญชนะนาสิกเพดานอ่อนมีค่าความถี่มากกว่าพยัญชนะนาสิกฐานกรณอื่นๆ อย่างเห็นได้ชัด

อย่างไรก็ตาม สังเกตได้ว่าบริเวณค่าความถี่ 0.6 และค่าจุดตัดแกน y ประมาณ 300 Hz มีพยัญชนะนาสิกหลายฐานกรณเกาะกลุ่มกันอยู่ ทั้งนี้ เป็นเพราะพยัญชนะนาสิกริมฝีปาก ปุ่มเหงือก และเพดานอ่อนของภาษา Yindjibarndi มีค่าความถี่และค่าจุดตัดแกน y ที่ใกล้เคียงกัน และเมื่อเปรียบเทียบค่าความถี่และค่าจุดตัดแกน y ระหว่างภาษา Yindjibarndi และภาษาอื่นๆ จะเห็นว่า ในภาษา Yindjibarndi พยัญชนะนาสิกปุ่มเหงือกมีค่าความถี่มากกว่าและค่าจุดตัดแกน y น้อยกว่าภาษาอื่นๆ และพยัญชนะนาสิกเพดานอ่อนมีค่าความถี่น้อยกว่าภาษาอื่นๆ จึงทำให้พยัญชนะนาสิกปุ่มเหงือกและพยัญชนะนาสิกเพดานอ่อนอยู่ในบริเวณเดียวกับพยัญชนะนาสิกริมฝีปากในภาษาสระกอ อังกฤษสำเนียงออสเตรเลีย และ Yanyuwa ข้อค้นพบนี้อาจสะท้อนลักษณะเฉพาะของภาษา

Yindjibarndi แต่ในภาพรวมยังสรุปได้ว่า พยัญชนะนาสิกแต่ละฐานกรณ์มีบริเวณความสัมพันธ์ระหว่างพยัญชนะกับสระเฉพาะเสียง และค่าความชันและค่าจุดตัดแกน y สามารถจำแนกพยัญชนะนาสิกต่างฐานกรณ์ได้ดี

นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาเฉพาะค่าความชัน จะเห็นได้ว่า พยัญชนะนาสิกริมฝีปากและพยัญชนะนาสิกเพดานอ่อนมีค่าความชันมาก แต่พยัญชนะนาสิกปุ่มเหงือกและพยัญชนะนาสิกเพดานแข็งมีค่าความชันน้อย ความมากน้อยของค่าความชันสะท้อน**ความสัมพันธ์ของการปรากฏร่วมกันระหว่างพยัญชนะและสระ** (coarticulation) ค่าความชันมากหรือค่าที่เข้าใกล้ 1 แสดงว่า พยัญชนะกับสระสัมพันธ์กันมาก คือ F2onset เปลี่ยนแปลงตามสระที่เกิดติดกัน แต่ถ้าค่าความชันน้อยหรือค่าที่เข้าใกล้ 0 แสดงว่า พยัญชนะกับสระสัมพันธ์กันน้อย คือ F2onset มีค่าค่อนข้างคงที่ ไม่ว่าจะสระที่ปรากฏร่วมจะเป็นสระใด (Krull, 1988, 1989; Sussman et al., 1993; ยูพาพร ฮวดศิริ, 2550)

ในอีกมุมมองหนึ่ง ค่าความชันแสดง**การต้านความสัมพันธ์ของการปรากฏร่วมกันระหว่างพยัญชนะและสระ** (coarticulation resistance) ของพยัญชนะแต่ละฐานกรณ์ (Fowler & Brancazio, 2000; Iskarous, Fowler & Whalen, 2010) พยัญชนะที่ต้านความสัมพันธ์ของการปรากฏร่วมกันระหว่างพยัญชนะและสระมากจะมีค่าความชันน้อย ดังนั้น พยัญชนะนาสิกปุ่มเหงือกและพยัญชนะนาสิกเพดานแข็งมีค่าความชันน้อย แสดงว่าพยัญชนะและสระมีความสัมพันธ์กันน้อย หรือมีการต้านความสัมพันธ์ของการปรากฏร่วมกันระหว่างพยัญชนะและสระมาก ในทางกลับกัน พยัญชนะนาสิกริมฝีปากและพยัญชนะนาสิกเพดานอ่อนมีค่าความชันมาก แสดงว่าพยัญชนะและสระมีความสัมพันธ์กันมาก หรือมีการต้านความสัมพันธ์ของการปรากฏร่วมกันระหว่างพยัญชนะและสระน้อย

เหตุที่พยัญชนะต่างฐานกรณ์มีความสัมพันธ์กับสระต่างกันเกิดจาก**ความอิสระในการเคลื่อนที่ของลิ้นขณะออกเสียงพยัญชนะ** การออกเสียงพยัญชนะนาสิกปุ่มเหงือกและพยัญชนะนาสิกเพดานแข็งที่เป็นเสียงที่มีปลายลิ้นและลิ้นส่วนหน้าเป็นกรณี ลิ้นจะสัมผัสอยู่กับปุ่มเหงือกหรือเพดานแข็ง ทำให้ลิ้นไม่อาจเคลื่อนตัวเพื่อเตรียมออกเสียงสระที่อยู่ติดกันได้ และระหว่างพยัญชนะคู่นี้ พยัญชนะนาสิกเพดานแข็งมีค่าความชันน้อยกว่า เพราะลิ้นส่วนหน้ามีการสัมผัสกับเพดานมากกว่า ทำให้ลิ้นเคลื่อนที่เพื่อเตรียมออกเสียงสระที่ปรากฏติดกันได้น้อยกว่ากรณีของพยัญชนะที่มีปลายลิ้นเป็นกรณี ในทางตรงกันข้าม ในการออกเสียงพยัญชนะนาสิกริมฝีปาก ลิ้นสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระเพราะไม่ได้มีบทบาทในการผลิตเสียงพยัญชนะ ส่วนกรณีของพยัญชนะนาสิกเพดานอ่อน ลิ้นเป็นอวัยวะหลักในการออกเสียงพยัญชนะและสระหลัง ดังนั้น การเคลื่อนที่ของลิ้นเพื่อผลิตเสียงสระจึงมีอิทธิพลต่อตำแหน่งลิ้นระหว่างออกเสียงพยัญชนะ พยัญชนะนาสิกเพดานอ่อนและสระจึงมีความสัมพันธ์ของการปรากฏร่วมกันระหว่างพยัญชนะและสระสูง (Iskarous et al., 2010; Lindblom & Sussman, 2012; Recasens & Espinosa, 2009; Tabain, n.d.; ยูพาพร ฮวดศิริ, 2550)

ในเรื่องค่าโลคัสเสมือน ซึ่งหมายถึง ค่าความถี่ซึ่งแสดงตำแหน่งเริ่มต้นเสมือน (virtual starting point) ของช่วงรอยต่อระหว่างพยัญชนะและสระ งานวิจัยนี้ศึกษาค่าโลคัสเสมือนด้วยวิธีสมการจตุรร่วม เพื่อพิสูจน์แนวคิดของ Delattre et al. (1955) ที่เสนอว่า พยัญชนะแต่ละฐานกรณ์มีค่าความถี่คงที่ซึ่งสามารถสะท้อนตำแหน่งฐานกรณ์ของพยัญชนะซึ่งคงที่ ทั้งนี้ งานวิจัยเกี่ยวกับค่าโลคัสเสมือนด้วยวิธีสมการจตุรร่วมมีไม่มากนัก ผู้วิจัยจึงนำเสนอผลการศึกษาค่าโลคัสเสมือนของพยัญชนะกักและพยัญชนะนาสิกรวมกันในตารางที่ 7.4 ผลการวิเคราะห์ภาษาอังกฤษสำเนียงอเมริกันมาจากงานของ Sussman et al. (1991) ผลการวิเคราะห์พยัญชนะกักในภาษา Yanyuwa และ Yindjibarndi มาจากงานของ Tabain & Butcher (1999) และผลการวิเคราะห์พยัญชนะนาสิกในภาษา Yanyuwa และ Yindjibarndi มาจากงานของ Tabain (n.d.)

ตารางที่ 7.4 ค่าโลคัสเสมือน (Hz) ของพยัญชนะกักและพยัญชนะนาสิกต่างฐานกรณ์ในภาษาอังกฤษสำเนียงอเมริกัน Yanyuwa Yindjibarndi และสะกอ

เสียง	ภาษา	ริมฝีปาก	ปุ่มเหงือก	เพดานแข็ง	เพดานอ่อน
กัก	อังกฤษ	548	2073	-	3148
	Yanyuwa	306	1910	2446	4511
	Yindjibarndi	-41	1659	2433	1923
นาสิก	Yanyuwa	895	1659	2524	-3671
	Yindjibarndi	797	1200	2599	1081
	สะกอ	808	1511	2171	634

ข้อค้นพบเกี่ยวกับค่าโลคัสเสมือนในภาษาอังกฤษสำเนียงอเมริกัน Yanyuwa และ Yindjibarndi มีหลากหลายรูปแบบ ดังนี้

(1) ค่าโลคัสเสมือนของพยัญชนะกักในภาษาอังกฤษสำเนียงอเมริกันและ Yanyuwa คล้ายคลึงกัน นั่นคือ พยัญชนะเพดานอ่อนมีค่าโลคัสเสมือนมากที่สุด และพยัญชนะปุ่มเหงือกมีค่าโลคัสเสมือนมากกว่าพยัญชนะริมฝีปาก (ภาษาอังกฤษสำเนียงอเมริกันไม่มีพยัญชนะเพดานแข็ง ในขณะที่ภาษา Yanyuwa มีพยัญชนะเพดานแข็งที่มีค่าโลคัสเสมือนมากเป็นอันดับ 2 รองจากพยัญชนะเพดานอ่อน)

(2) ในกรณีของพยัญชนะกักในภาษา Yindjibarndi พยัญชนะเพดานแข็งมีค่าโลคัสเสมือนมากที่สุด รองลงมาคือ เพดานอ่อน ปุ่มเหงือก และริมฝีปากตามลำดับ

(3) สำหรับภาษา Yanyuwa พยัญชนะนาสิกเพดานแข็งมีค่าโลคัสเสมือนมากที่สุด รองลงมาคือ ปุ่มเหงือก ริมฝีปากและเพดานอ่อนตามลำดับ

(4) ในกรณีของพยัญชนะนาสิกในภาษา Yindjibarndi พยัญชนะเพดานแข็งและปุ่มเหงือกมีค่าโลคัสเสมือนมากเป็น 2 อันดับแรกเช่นเดียวกับข้อค้นพบในภาษา Yanyuwa แต่ค่าโลคัสเสมือนของพยัญชนะเพดานอ่อนมากกว่าของพยัญชนะริมฝีปาก

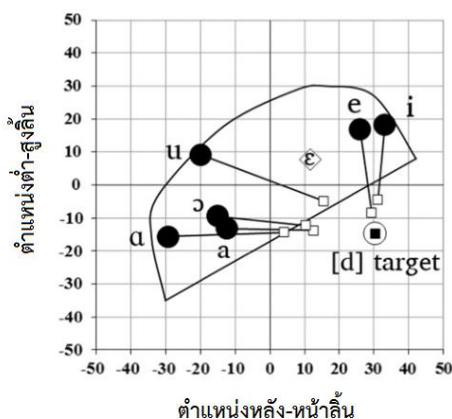
ส่วนผลการวิเคราะห์ค่าโลคัสเสมือนของพยัญชนะต้นนาสิกในภาษาสะกอ พบว่า พยัญชนะนาสิกเพดานแข็งมีค่าโลคัสเสมือนมากที่สุด รองลงมาคือ ปุ่มเหงือก ริมฝีปากและเพดานอ่อนตามลำดับ โดยพยัญชนะเกือบทุกคู่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นคู่ /m/ – /ŋ/ ข้อค้นพบนี้สอดคล้องกับผลการศึกษาค่าโลคัสเสมือนของพยัญชนะนาสิกต่างฐานกรณ์ในภาษา Yanyuwa แต่แตกต่างจากผลการศึกษายพัญชนะนาสิกในภาษา Yindjibarndi และพยัญชนะกักในภาษาอังกฤษสำเนียงอเมริกัน Yanyuwa และ Yindjibarndi ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ความสัมพันธ์ของค่าโลคัสเสมือนของพยัญชนะต่างฐานกรณ์อาจเป็นลักษณะเฉพาะของแต่ละภาษา

ในส่วนของการวิเคราะห์ค่าโลคัสเสมือนของพยัญชนะนาสิกริมฝีปาก ปุ่มเหงือก และเพดานแข็ง เมื่อพิจารณาค่าโลคัสเสมือนของพยัญชนะนาสิกแต่ละเสียงในภาษาสะกอ Yanyuwa และ Yindjibarndi พบว่า พยัญชนะนาสิกริมฝีปากมีค่าโลคัสเสมือนใกล้เคียงกัน อยู่ในช่วงประมาณ 800 – 900 Hz ซึ่งเป็นค่าที่น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับพยัญชนะนาสิกปุ่มเหงือกและเพดานแข็ง ในขณะที่พยัญชนะนาสิกเพดานแข็งมีค่าโลคัสเสมือนมากที่สุด โดยพยัญชนะนาสิกเพดานแข็งในภาษาสะกอมีค่าโลคัสเสมือนน้อยกว่าภาษา Yanyuwa และ Yindjibarndi ซึ่งมีค่าโลคัสเสมือนใกล้เคียงกัน ส่วนพยัญชนะนาสิกปุ่มเหงือกมีค่าโลคัสเสมือนอยู่ในช่วงกลางๆ โดยที่ภาษาสะกอและ Yanyuwa มีค่าโลคัสเสมือนใกล้เคียงกัน และมากกว่าค่าโลคัสเสมือนของภาษา Yindjibarndi ข้อค้นพบข้างต้นทำให้ตีความได้ว่า พยัญชนะนาสิกที่มีฐานกรณ์ต่างกันมีค่าโลคัสเสมือนเฉพาะเสียง ซึ่งสะท้อนตำแหน่งฐานกรณ์ของพยัญชนะที่คงที่ได้ตามแนวคิดของ Delattre et al. (1955) แต่ค่าโลคัสเสมือนของแต่ละฐานกรณ์แตกต่างกันได้ขึ้นอยู่กับแต่ละภาษา อย่างไรก็ตาม แม้ค่าโลคัสเสมือนจะต่างกันในแต่ละภาษา รูปแบบความสัมพันธ์ของค่าโลคัสเสมือนระหว่างพยัญชนะนาสิกริมฝีปาก ปุ่มเหงือก และเพดานแข็งยังคงเหมือนเดิม

ส่วนในกรณีค่าโลคัสเสมือนของพยัญชนะนาสิกเพดานอ่อน ผลการวิจัยจากแต่ละภาษาค่อนข้างแตกต่างกันมาก ภาษา Yindjibarndi มีค่าโลคัสเสมือนประมาณ 1,000 Hz แต่ภาษา Yanyuwa มีค่าโลคัสเสมือนติดลบ หมายความว่า ในภาษานี้พยัญชนะนาสิกเพดานอ่อนไม่มีค่าโลคัสเสมือน สำหรับภาษาสะกอ ค่าโลคัสเสมือนมีค่าประมาณ 600 Hz ซึ่งน้อยกว่าพยัญชนะนาสิกฐานกรณ์อื่นๆ แต่เมื่อพิจารณาข้อมูลของผู้บอกภาษาสะกอทั้ง 10 คนพบว่า ค่าโลคัสเสมือนมีการแปรปรวนและมีผู้บอกภาษา 1 คนที่มีค่าโลคัสเสมือนติดลบ และผลการทดสอบทางสถิติพบว่า ค่าโลคัสเสมือน

ของพยัญชนะนาสิกเพดานอ่อนและริมฝีปากแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ข้อค้นพบเรื่องค่าโลคัสเหมือนของพยัญชนะนาสิกเพดานอ่อนในภาษาสะกอและ Yanyuwa จึงไม่เป็นไปตามแนวคิดของ Delattre et al. (1955) อย่างไรก็ตาม จากข้อมูลภาษาสะกอ พบจำนวนสระที่ปรากฏกับพยัญชนะนาสิกเพดานอ่อนน้อย จึงเป็นไปได้ว่า หากมีข้อมูลของพยัญชนะนาสิกเพดานอ่อนที่ปรากฏร่วมกับสระอื่นๆ เพิ่มขึ้น อาจทำให้ได้ค่าโลคัสเหมือนที่แตกต่างไป ซึ่งอาจสามารถสะท้อนลักษณะทางกลศาสตร์ของพยัญชนะนาสิกเพดานอ่อนได้ดีขึ้น ทั้งนี้ เสียง /ŋ/ ในภาษาสะกอวิธภาษาต่างๆ อาจมีการปรากฏในคลังศัพท์ (lexicon) มากน้อยต่างกัน การเลือกวิธภาษามาทดสอบเรื่องใดเรื่องหนึ่งอาจจำเป็นต้องเลือกอย่างรอบคอบ เพื่อผลการวิจัยจะได้มีความถูกต้องและสมเหตุสมผล

แม้ผลการศึกษาค่าโลคัสเหมือนด้วยวิธีทางกลศาสตร์บางส่วนจะไม่สนับสนุนแนวคิดโลคัสเหมือน แต่ผลการศึกษาทางสรีระของ Lindblom & Sussman (2012) แสดงให้เห็นว่าแนวคิดโลคัสเหมือนน่าจะเป็นประโยชน์ โดยพบว่าพยัญชนะต่างฐานกรณ์มีบริเวณเป้าหมายของพยัญชนะ (consonant target) ตัวอย่างเช่น จากการศึกษาภาพเอกซเรย์ของการเคลื่อนที่ของลิ้นของผู้พูดภาษาสวีดิช Lindblom & Sussman (2012) สร้างภาพแสดงการเคลื่อนที่ของลิ้นจากคำที่มีเสียง [e] พยัญชนะกัก [d] และสระ (V) (edV) ซึ่งสระ (V) ได้แก่ [i: e: a a: ɔ u:] (ดูภาพที่ 7.3)



ภาพที่ 7.3 แสดงวิถีการเคลื่อนที่ของลิ้นจาก [d] ไปยังสระต่างๆ และบริเวณเป้าหมายของ [d] (ดัดแปลงจาก Lindblom & Sussman (2012))⁵⁹

ภาพที่ 7.3 แสดงการเคลื่อนที่ของลิ้นจากตำแหน่งปล่อยลมของพยัญชนะ (สี่เหลี่ยมสีขาวขนาดเล็ก) ไปยังสระที่ตามมา (วงกลมสีดำ) ซึ่งก็คือ ช่วงรอยต่อระหว่างพยัญชนะและสระ เมื่อคำนวณตำแหน่งที่ช่วงรอยต่อของแต่ละสระตัดกัน จะได้บริเวณเป้าหมายของ [d] ([d] target) ถึงแม้

⁵⁹ i e a u ในภาพที่ 8.3 หมายถึง สระยาว [i: e: a: u:]

เป้าหมายของพยัญชนะใน Lindblom & Sussman (2012) จะไม่ได้หมายถึงตำแหน่งโลคัสเหมือน แต่ก็ยังสะท้อนให้เห็นว่า พยัญชนะมีบริเวณที่เกิดการกักลมเฉพาะของแต่ละฐานกรณ์

7.2.2 การออกเสียงขึ้นจมูก

หัวข้อนี้จะกล่าวถึงการออกเสียงขึ้นจมูกของสระซึ่งเป็นหนึ่งในประเด็นหลักของงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาสระที่มีการออกเสียงขึ้นจมูกในภาษากลุ่มกะเหรี่ยง 2 ภาษา คือ ปะโอและโป เนื่องจากภาษาปะโอมีสระเสียงขึ้นจมูกที่เกิดจากอิทธิพลของพยัญชนะต้นนาสิกและพยัญชนะท้ายนาสิก การออกเสียงขึ้นจมูกที่พบในภาษาปะโออยู่ในระดับสัทศาสตร์ เพราะเป็นลักษณะที่คาดเดาได้จากบริบท พยัญชนะนาสิก ส่วนภาษาโปมีสระ 2 ชุด คือ สระโอะซู้และสระนาสิก ก็มีพยัญชนะต้นนาสิก จึงมีการออกเสียงขึ้นจมูกระดับสัทศาสตร์ในสระเสียงขึ้นจมูกที่อยู่หลังพยัญชนะต้นนาสิก และการออกเสียงขึ้นจมูกระดับสัทวิทยาในสระนาสิก ดังนั้น การศึกษาภาษาปะโอและโปทำให้สามารถวิเคราะห์การออกเสียงขึ้นจมูกของสระได้ครอบคลุมหลายประเด็น โดยจะกล่าวถึงสัทสมบัติของสระนาสิกในภาษาโปก่อน จากนั้นจะอภิปรายเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างการออกเสียงสระขึ้นจมูกกับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ระดับสูงต่ำของสระ ความสั้นยาวของสระ ตำแหน่งหน้าหลังของสระ และโครงสร้างพยางค์

กระบวนการพัฒนาเป็นสระนาสิกปกติจะเริ่มจากการที่สระโอะซู้ที่อยู่หน้าพยัญชนะท้ายนาสิกมีการออกเสียงขึ้นจมูก ในขั้นนี้การออกเสียงขึ้นจมูกของสระยังคงเป็นลักษณะที่คาดเดาได้จากบริบทพยัญชนะแวดล้อม และไม่ได้ทำให้ความหมายของคำแตกต่างกัน ต่อมาเมื่อพยัญชนะท้ายนาสิกหายไป การออกเสียงขึ้นจมูกที่ยังคงอยู่กับสระจะทำหน้าที่ในการแยกความหมายของคำ จึงเกิดเป็นสระนาสิก (Hombert, 1986; Ruhlen, 1973; Sampson, 1999) Jones (1961) ได้สืบสร้างสระนาสิกในภาษาโปดั้งเดิมจากภาษาโปถิ่นพะสิมและมะละแหม่งไว้ 6 เสียง ได้แก่ *ɛ *ɛ̃ *ɔ̃ *ã *õ *õ̃ ในปัจจุบัน สระนาสิกในภาษาโปแต่ละถิ่นได้พัฒนาไปต่างๆ กัน

งานวิจัยนี้ศึกษาสระนาสิกซึ่งเป็นสระเดี่ยว 4 เสียงในภาษาโปบ้านแม่แพหลวง ได้แก่ สระนาสิกที่เป็นสระต่ำ /ɔ̃/ และ /ã/ และสระนาสิกที่เป็นสระกลาง /ĩ/ และ /õ/ ในการออกเสียงของผู้บอกภาษาเพศชาย 19 คน อายุระหว่าง 24 – 75 ปี ผลการวิเคราะห์สัทสมบัติของสระนาสิก พบว่า สระนาสิก /ɔ̃, ã/ ที่เป็นสระต่ำของผู้บอกภาษาทุกคนมีการออกเสียงขึ้นจมูกในช่วงสระและไม่มีเสียงท้ายนาสิก ([Ṽ]) แต่สระนาสิก /ĩ, õ/ ที่เป็นสระกลางของผู้บอกภาษา 11 คนจากผู้บอกภาษาทั้งหมด 19 คนมีการออกเสียงขึ้นจมูกในช่วงสระและมีเสียงท้ายนาสิก ([Ṽ^h]) ข้อค้นพบนี้ทำให้เห็นว่า สระนาสิกอาจกำลังจะสูญเสียการออกเสียงขึ้นจมูก เนื่องจากสระนาสิกที่เป็นสระกลางของผู้บอกภาษาจำนวนหนึ่งมีการออกเสียงขึ้นจมูกในช่วงสระน้อยลง และเริ่มมีการปรากฏของเสียงท้ายนาสิกเพดานอ่อนใน

ระดับศาสตราจารย์ นอกจากนี้ ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของสระ /ɔ̃, ɔ̃/ ที่มีสัทสมบัติแบบ [Ṽ^h] มีค่าน้อยกว่าสัทสมบัติแบบ [Ṽ] แต่เมื่อพิจารณาค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกทั้งหมดซึ่งเป็นผลรวมของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกและค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกในสัทสมบัติแบบ [Ṽ^h] พบว่ามีค่าใกล้เคียงกับค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของ [Ṽ] จึงเป็นไปได้ว่า ในภาษาโปบ้านแม่แพหลวง สระนาสิกซึ่งเป็นสระกลางอาจกำลังจะสูญเสียการออกเสียงขึ้นจมูกในช่วงสระ และกำลังจะมีการทดแทนด้วยเสียงท้ายนาสิกเพดานอ่อน อย่างไรก็ตาม การออกเสียงขึ้นจมูกในสระนาสิกยังคงอยู่ แต่มีการแบ่งช่วงใหม่ จากที่ปรากฏในช่วงสระเพียงอย่างเดียวกลายเป็นปรากฏในช่วงสระและเสียงท้ายนาสิก

มีการกล่าวถึงการเปลี่ยนแปลงของสระนาสิกลักษณะดังกล่าวข้างต้นในงานอื่นๆ ด้วย อาทิ Phillips (2009) ซึ่งศึกษาระบบเสียงภาษาโปถิ่นฮอดของผู้บอกภาษาอายุประมาณ 20 – 30 ปี ได้กล่าวว่า สระนาสิกที่อยู่หลังเสียง /w/ กลายเป็นสระโอษฐ์ที่เป็นสระประสม และบางครั้งเวลาผู้บอกภาษาออกเสียงสระนาสิก มีเสียงท้ายนาสิกเพดานอ่อนด้วย Luangthongkum (2013) กล่าวว่า สระนาสิกของผู้พูดที่มีอายุน้อยกำลังกลายเป็นสระโอษฐ์ตามด้วยเสียงท้ายนาสิกเพดานอ่อน เป็นต้น ข้อค้นพบเกี่ยวกับสระนาสิกที่เป็นสระกลางในภาษาโปบ้านแม่แพหลวงจึงช่วยยืนยันแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงของสระนาสิกในภาษาโปในประเทศไทย หากการสูญเสียการออกเสียงขึ้นจมูกเป็นกระบวนการที่กำลังดำเนินอยู่ ในที่สุดสระนาสิกอาจกลายเป็นสระโอษฐ์ และเสียงท้ายนาสิกกลายเป็นพยัญชนะท้ายนาสิกในระดับสัทวิทยาเหมือนในภาษากะเหรี่ยงดั้งเดิม ซึ่งอาจได้รับการเสริมแรง (reinforcement) จากภาษาไทยด้วย

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้ไม่สามารถชี้ชัดว่าการสูญเสียการออกเสียงขึ้นจมูกในภาษาโปเกิดจากปัจจัยใด โดยปัจจัยที่อาจมีอิทธิพลต่อสระนาสิกมี 2 ปัจจัย คือ

(1) ปัจจัยภายในด้านความสูงต่ำของสระ Ruhlen (1973) และ Chen (1975) เสนอว่ากระบวนการสูญเสียการออกเสียงขึ้นจมูกของสระนาสิกเริ่มจากสระสูงก่อน ตามด้วยสระกลางและสระต่ำตามลำดับ ผลการศึกษาภาษาโปบ้านแม่แพหลวงสนับสนุนข้อค้นพบนี้ในภาษาอื่น เนื่องจากพบว่าสระนาสิกที่เป็นสระกลางของผู้บอกภาษาบางคนเริ่มมีการออกเสียงขึ้นจมูกน้อยลงและมีเสียงท้ายนาสิก ส่วนสระนาสิกที่เป็นสระต่ำยังคงมีการออกเสียงขึ้นจมูกโดยที่ไม่มีเสียงท้ายนาสิก จึงเป็นไปได้ว่า กระบวนการสูญเสียการออกเสียงขึ้นจมูกได้เกิดกับสระสูงแล้ว และกำลังดำเนินอยู่ในกรณีของสระกลาง แต่ยังไม่เกิดกับสระต่ำ

ในส่วนของสระนาสิกที่เป็นสระสูง มีหลักฐานจากการเปรียบเทียบผลการสืบสร้างคำที่ประกอบด้วยสระโอษฐ์ที่เป็นสระสูงและพยัญชนะท้ายนาสิกในภาษากะเหรี่ยงดั้งเดิมของ

Luangthongkum (2013) กับข้อมูลภาษาโปบ้านแม่แพหลวง⁶⁰ ซึ่งอาจใช้เป็นหลักฐานว่า กระบวนการสูญเสียการออกเสียงขึ้นจมูกได้เกิดขึ้นและสิ้นสุดแล้วในสระนาสิกที่เป็นสระสูง คือ คำว่า *hmin^A ‘สูง’ เปลี่ยนแปลงเป็น /mai44/ คำว่า *min^A ‘ชื่อ’ เปลี่ยนแปลงเป็น /mai42/ คำว่า *chim^A ‘หวาน’ เปลี่ยนแปลงเป็น /cha44/ จะเห็นได้ว่า คำที่มีสระโอษฐ์กับพยัญชนะท้ายนาสิกใน ภาษากะเหรี่ยงดั้งเดิมกลายเป็นสระโอษฐ์ในภาษาโปบ้านแม่แพหลวง จึงเป็นไปได้ว่า สระในคำดั้งเดิม เหล่านี้ ณ ช่วงเวลาหนึ่งได้กลายเป็นสระนาสิก และต่อมาสูญเสียการออกเสียงขึ้นจมูก อย่างไรก็ตาม หลักฐานนี้อาจไม่มีน้ำหนักมากนัก เนื่องจากไม่ทราบว่าแท้จริงแล้วการสูญเสียการออกเสียงขึ้นจมูก เกิดขึ้นในขณะที่สระนั้นเป็นสระสูงหรือไม่ ดังจะเห็นจากตัวอย่างคำทั้ง 3 คำว่าคุณสมบัติสระในปัจจุบันมีใช่สระสูง

(2) *การสัมผัสภาษา* เนื่องจากชาวโปอาศัยอยู่ร่วมกับชาวไทย จึงเป็นไปได้ว่าการติดต่อสื่อสาร กับคนไทยมีส่วนกระตุ้นให้สระนาสิกกลายเป็นสระโอษฐ์และพยัญชนะท้ายนาสิกเหมือนกับโครงสร้าง พยางค์ในภาษาไทย ทั้งนี้ ชาวโปที่มีอายุน้อย ประมาณ 30 ปีลงไป มีแนวโน้มที่จะมีการสัมผัสภาษา มากกว่า เนื่องจากส่วนใหญ่ได้รับการศึกษาในโรงเรียนไทย เป็นผู้พูดทวิภาษาภาษาโปกับไทย และมีการย้ายถิ่นไปทำงานในต่างจังหวัด ในทางตรงกันข้าม ชาวโปที่มีอายุมาก ประมาณ 50 ปีขึ้นไป ไม่ได้ เรียนหนังสือในโรงเรียนไทย และมักประกอบอาชีพทางการเกษตรในถิ่นที่อยู่อาศัย ผู้วิจัยจึง สันนิษฐานว่า ผู้บอกภาษาอายุน้อยซึ่งมีโอกาสที่จะได้รับอิทธิพลของภาษาไทยมากกว่าจะมีเสียงท้าย นาสิกเป็นส่วนหนึ่งของสระนาสิก แต่ผู้บอกภาษาอายุมากจะไม่มีเสียงท้ายนาสิก

อย่างไรก็ตาม ข้อค้นพบจากผู้บอกภาษาโป เพศชาย จำนวน 19 คนจากบ้านแม่แพหลวง แสดงให้เห็นว่า สระนาสิกที่เป็นสระกลางของผู้บอกภาษา อายุระหว่าง 50 – 74 ปี จำนวน 6 คน⁶¹ มี เสียงท้ายนาสิก โดยผู้บอกภาษากลุ่มนี้ประกอบอาชีพทำนา ทำไร่ และไม่เคยได้รับการศึกษาใน วิทยาลัยไทย ในขณะที่เดียวกัน ผู้บอกภาษากลุ่มหนึ่งซึ่งมีอายุอยู่ในช่วงเดียวกันไม่มีเสียงท้ายนาสิก ส่วนสระนาสิกที่เป็นสระกลางของผู้บอกภาษา อายุระหว่าง 28 – 35 ปี จำนวน 4 คน⁶² มีการออก เสียงขึ้นจมูกแบบไม่มีเสียงท้ายนาสิก ในบรรดา 4 คนนี้มีเพียง 1 คนที่ไม่ได้เรียนหนังสือ ส่วนคนอื่นๆ นั้นได้เรียนหนังสือในโรงเรียนไทย ข้อค้นพบเหล่านี้ไม่เป็นไปตามการสันนิษฐานของผู้วิจัยข้างต้น แม้ผู้ บอกภาษาที่มีอายุมากกว่าจะมีการสัมผัสภาษากับภาษาไทยน้อยกว่าผู้บอกภาษาอายุน้อย แต่ก็เริ่มมี

⁶⁰ ข้อมูลภาษาโปแม่แพหลวงมาจากการเก็บข้อมูลภาคสนามนาร่องจากผู้บอกภาษาโปเพศหญิง อายุ 24 ปี จำนวน 1 คน เนื่องจากไม่มี ข้อมูลของคำเหล่านี้ในข้อมูลของผู้บอกภาษาเพศชาย เพราะไม่ได้เป็นคำที่นำมาวัดค่าทางกลศาสตร์ ผู้วิจัยจึงไม่ได้ถามคำเหล่านี้ตอนที่ เก็บข้อมูล

⁶¹ ผู้บอกภาษา 6 คนประกอบด้วยผู้บอกภาษาคนที่ 2 อายุ 74 ปี คนที่ 4 อายุ 62 ปี คนที่ 5 อายุ 57 ปี คนที่ 6 และ 7 อายุ 56 ปี และ คนที่ 10 อายุ 50 ปี

⁶² ผู้บอกภาษา 4 คนประกอบด้วยผู้บอกภาษาคนที่ 11 อายุ 35 ปี คนที่ 12 อายุ 34 ปี คนที่ 13 อายุ 31 ปี และคนที่ 14 อายุ 28 ปี

การสูญเสียการออกเสียงขึ้นจมูกและมีเสียงท้ายนาสิกเกิดขึ้นมาทดแทนแล้ว นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้พิจารณาค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของผู้บอกภาษาโปที่มีอายุต่างกันทั้ง 19 คน และพบว่าอายุไม่ได้มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมของการออกเสียงขึ้นจมูกของสระนาสิก เพราะไม่พบว่าผู้พูดที่มีอายุมากกว่ามีการออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าหรือน้อยกว่าผู้พูดที่มีอายุน้อยกว่าอย่างมีรูปแบบ⁶³ ดังนั้น จึงไม่อาจสรุปได้ว่า การสูญเสียการออกเสียงขึ้นจมูกในภาษาโปเป็นผลมาจากการสัมผัสภาษากับภาษาไทย แต่อาจเป็นเพียงการเสริมแรงจากภาษาไทยที่ได้ยินได้ฟังทั้งทางวิทยุและโทรทัศน์

ผู้วิจัยยังได้เปรียบเทียบค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกและค่าร้อยละของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกของพยัญชนะท้ายนาสิก 3 ฐานกรณ์ คือ /m, n, ŋ/ ในภาษาปะโอและเสียงท้ายนาสิกเพดานอ่อน [ʰ] ในภาษาโป เพื่อดูว่าค่าระยะเวลาของเสียงท้ายนาสิกระดับสัทศาสตร์ในภาษาโปแตกต่างจากพยัญชนะท้ายนาสิกซึ่งมีสถานะเป็นหน่วยเสียงในภาษาปะโอหรือไม่ และอย่างไร ผลการศึกษาพบว่า เสียงท้ายนาสิกในภาษาโปมีค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกและค่าร้อยละของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกใกล้เคียงกับค่าของพยัญชนะท้ายนาสิกในภาษาปะโอ (ดูตารางที่ 7.5)

ตารางที่ 7.5 ค่าเฉลี่ยของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms) และค่าร้อยละของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิก หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%) ของพยัญชนะท้ายนาสิกในภาษาปะโอและภาษาโป

ภาษา	ปะโอ		โป	
	บริบท	/CVN/	/C ^h /	
พยัญชนะ	ms	%	ms	%
m	119.39	39.10		
n	147.71	42.43		
ŋ/ ^h	120.17	38.82	134.41	35.40
ค่าเฉลี่ย	129.09	40.12	134.41	35.40

ตารางที่ 7.5 แสดงให้เห็นว่า พยัญชนะท้ายนาสิกในภาษาปะโอซึ่งประกอบด้วยพยัญชนะนาสิก 3 ฐานกรณ์มีค่าเฉลี่ยของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกประมาณ 120 – 150 มิลลิวินาที โดยที่ /m/ มีค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกมากที่สุด รองลงมาคือ /n/ และ /ŋ/ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน และค่า

⁶³ ค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของสระนาสิกในภาษาโปในภาคผนวก จ

ระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกของพยัญชนะนาสิกทั้ง 3 เสียงเฉลี่ยเท่ากับ 129.09 มิลลิวินาที ส่วนเสียงท้ายนาสิกที่ปรากฏในสระนาสิกมีค่าเฉลี่ยของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกเท่ากับ 134.41 มิลลิวินาที จะเห็นได้ว่า เสียงท้ายนาสิก [ŋ] ในภาษาโปมีค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกมากกว่าค่าระยะเวลาของพยัญชนะท้ายนาสิก /ŋ/ ([ŋ]) ในภาษาปะโอเล็กน้อย ในทางตรงกันข้าม พยัญชนะท้ายนาสิกในภาษาปะโอมีค่าร้อยละของค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกมากกว่าเสียงท้ายนาสิกในภาษาโป โดยมีค่าเฉลี่ย 40.12% ในขณะที่เสียงท้ายนาสิกมีค่าเฉลี่ย 35.40% น่าสังเกตว่าพยัญชนะท้ายนาสิกและเสียงท้ายนาสิกมีค่าระยะเวลาไม่ต่างกันมาก ดังนั้น ผลการวิเคราะห์ค่าระยะเวลาเมอร์เมอร์นาสิกข้างต้นทำให้สรุปได้ว่า สัทสมบัติแบบ [V^h] ของสระนาสิกในภาษาโปมีเสียงท้ายนาสิกในระดับสัทศาสตร์ที่มีค่าระยะเวลาใกล้เคียงกับหน่วยเสียงพยัญชนะนาสิกในภาษาปะโอ

นอกจากนี้ การที่พบว่าเสียงท้ายนาสิกที่เกิดขึ้นใหม่ในภาษาโปเป็นเสียงฐานกรณณ์เพดานอ่อน เป็นเรื่องปกติที่พบได้ในการวิจัยภาษาอื่นๆ เช่นกัน ตัวอย่างเช่น ภาษาโปรตุเกสสำเนียงบราซิลเลียน (Shosted, 2011) ภาษาอิตาลีที่พูดทางเหนือ (Sampson, 1999) ภาษาฝรั่งเศสทางตะวันตกเฉียงใต้ (Johnson, Dicano & Mackenzie, 2007) มีเสียงท้ายนาสิกเพดานอ่อนหลังสระนาสิก

สาเหตุที่เสียงท้ายนาสิกที่พบคู่กับสระนาสิกมักเป็นเสียงเพดานอ่อน อาจด้วยเหตุผลทางสัทศาสตร์ดังที่ Ohala & Ohala (1993) สรุปไว้ว่า พยัญชนะนาสิกเพดานอ่อนมีความเป็นพยัญชนะน้อยกว่าพยัญชนะนาสิกฐานกรณณ์อื่น จึงมีโอกาสเกิดสลับกับสระที่ออกเสียงขึ้นจมูกได้ง่ายกว่าพยัญชนะฐานกรณณ์อื่น โดยให้เหตุผลไว้ 2 ประการ คือ (1) พยัญชนะนาสิกเพดานอ่อนมีค่าด้านฟอร์เมนต์ปรากฏในช่วงความถี่สูงซึ่งเป็นช่วงที่มีพลังงานน้อย ค่าด้านฟอร์เมนต์จึงมีความเด่นชัดน้อยมาก ทำให้สเปกตรัมของพยัญชนะนาสิกเพดานอ่อนคล้ายคลึงกับสเปกตรัมของสระที่ออกเสียงขึ้นจมูก (2) สืบเนื่องจากแนวคิดของ Möller (1971) (อ้างถึงใน Ohala & Ohala (1993)) ว่าผู้ฟังจะรับรู้การเปลี่ยนแปลงของลักษณะทางกลศาสตร์แบบกะทันหันได้ดีกว่าการเปลี่ยนแปลงอย่างค่อยเป็นค่อยไป Stevens (1980, 1989) (อ้างถึงใน Ohala & Ohala (1993)) จึงเสนอว่า พยัญชนะที่ดี คือพยัญชนะที่มีการเปลี่ยนแปลงของพลังงานและสเปกตรัมชัดเจนเมื่อเกิดคู่กับสระ เมื่อนำแนวคิดนี้มาพิจารณาพยัญชนะนาสิกเพดานอ่อน Ohala & Ohala (1993) อธิบายว่า ขณะออกเสียงพยัญชนะนาสิกเพดานอ่อนและสระ ลิ้นส่วนหลังใช้เวลาในการเคลื่อนที่จากตำแหน่งพยัญชนะไปยังตำแหน่งสระช้ากว่าเมื่อเทียบกับการเคลื่อนที่ของริมฝีปากหรือลิ้นส่วนหน้าซึ่งทำหน้าที่เป็นกรณณ์ของพยัญชนะนาสิกริมฝีปากและปุ่มเหงือก การเปลี่ยนแปลงของพลังงานและสเปกตรัมระหว่างพยัญชนะนาสิกเพดานอ่อนกับสระจึงไม่เด่นชัด ทำให้พยัญชนะนาสิกเพดานอ่อนมี “ความเป็นพยัญชนะ” น้อยกว่าพยัญชนะนาสิกริมฝีปากและพยัญชนะนาสิกปุ่มเหงือก ด้วยเหตุนี้ พยัญชนะนาสิกเพดานอ่อนซึ่งมีสัทสมบัติใกล้เคียงกับสัทสมบัติของสระมากกว่า จึงมีแนวโน้มที่จะเกิดสลับกับสระที่ออกเสียงขึ้นจมูกได้มากกว่า

แนวคิดข้างต้นของ Ohala & Ohala (1993) พบในผลการทดสอบการรับรู้ในอดีตของ House (1957) และในภายหลังของ Johnson et al. (2007) ในงานของ House (1957) ผู้ฟังมักสับสนระหว่างพยัญชนะนาสิกเพดานอ่อนกับสระเสียงขึ้นจมูก โดยตัดสินว่าเสียงร่ำที่เป็นเสียงพยัญชนะนาสิกเพดานอ่อนเป็นสระเสียงขึ้นจมูก ส่วน Johnson et al. (2007) ให้ผู้ฟังฟังเสียงสระเสียงขึ้นจมูกที่ไม่มีพยัญชนะนาสิกลงท้าย และให้ผู้ฟังตัดสินว่าพยัญชนะท้ายที่ได้ยินเป็นพยัญชนะฐานกรณัฏระหว่างริมฝีปาก ปุ่มเหงือก และเพดานอ่อน ผลการทดลองคือ ผู้ฟังมักตัดสินว่าเป็นพยัญชนะนาสิกเพดานอ่อน และในอีกการทดลองหนึ่งที่สืบเนื่องกัน ซึ่งทดลองกับผู้ฟังอีกกลุ่มหนึ่ง ผู้ทดลองเปลี่ยนคำถามเป็นว่า พยัญชนะท้ายนาสิกที่ได้ยินคือพยัญชนะนาสิกเพดานอ่อนหรือไม่ ผลการศึกษาพบว่าผู้ฟังมีแนวโน้มจะตอบว่าพยัญชนะนาสิกที่ได้ยินคือ พยัญชนะนาสิกเพดานอ่อน ผู้วิจัยจึงสรุปว่าข้อค้นพบที่แสดงให้เห็นความคล้ายคลึงของการรับรู้สระเสียงขึ้นจมูกที่ไม่มีพยัญชนะนาสิกลงท้ายและสระตามด้วยพยัญชนะนาสิกเพดานอ่อน สะท้อนความคล้ายคลึงของลักษณะทางกลศาสตร์ของสระเสียงขึ้นจมูกและพยัญชนะนาสิกเพดานอ่อน ข้อค้นพบทั้งก่อนและหลังการศึกษาของ Ohala & Ohala (1993) สอดคล้องกับแนวคิดของ Ohala & Ohala (1993)

นอกจากนี้ Johnson et al. (2007) ยังเสนอปัจจัยอีกปัจจัยหนึ่งที่คาดว่าจะมีผลต่อการที่พยัญชนะท้ายนาสิกที่เกิดขึ้นมาใหม่มักเป็นเสียงเพดานอ่อน คือ ความคล้ายคลึงของการมองเห็น (visual similarity) กล่าวคือ ขณะที่ผู้พูดออกเสียงสระที่ออกเสียงขึ้นจมูกหรือพยัญชนะนาสิกเพดานอ่อน ผู้ฟังจะมองไม่เห็นตำแหน่งที่ฐานกรณัฏระสัมผัสกัน ไม่เหมือนกับเวลาที่ผู้พูดออกเสียงพยัญชนะนาสิกริมฝีปากหรือพยัญชนะนาสิกปุ่มเหงือก ผู้ทดลองจึงสันนิษฐานว่าหากผู้ฟังเห็นการเคลื่อนไหวปากของผู้พูดขณะออกเสียงสระนาสิก ผู้ฟังน่าจะคิดว่าสระนั้นลงท้ายด้วยพยัญชนะนาสิกเพดานอ่อน ในการทดสอบส่วนนี้ ผู้ทดลองสร้างคำทดสอบสระนาสิกโดยให้ผู้พูดออกเสียงคำที่มีสระนาสิก จากนั้นจึงตัดสระส่วนหลังออกแล้วแทนที่ด้วยเสียงรบกวน (noise) แล้วให้ผู้ฟังฟังเสียงพร้อมๆ กับดูภาพวิดีโอของผู้พูดขณะออกเสียงคำ ผลการทดลองพบว่าผู้ฟังมีแนวโน้มที่จะตัดสินว่าพยัญชนะท้ายของสระ คือ พยัญชนะนาสิกเพดานอ่อน Johnson et al. (2007) จึงสรุปว่าความคล้ายคลึงของภาพการเคลื่อนไหวของปากผู้พูดขณะออกเสียงสระนาสิกกับเสียงสระตามด้วยพยัญชนะนาสิกเพดานอ่อน ทำให้ในกรณีที่ผู้ฟังคิดว่าเสียงสระนาสิกที่ฟังมีพยัญชนะท้ายนาสิก พยัญชนะนั้นมักเป็นพยัญชนะนาสิกเพดานอ่อน

จากการเปรียบเทียบสระที่มีการออกเสียงขึ้นจมูกที่มีระดับความสูงต่ำของลิ้นต่างกัน ในภาษาปะโอและภาษาโปพบว่า สระต่ำมีการออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระกลาง ในภาษาปะโอ ผลการเปรียบเทียบค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของสระ /e/ ซึ่งเป็นสระกลางและ /ɛ/ ซึ่งเป็นสระต่ำที่อยู่ระหว่างพยัญชนะนาสิกและพยัญชนะกัก พบว่า /e/ มีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกน้อยกว่า /ɛ/ และความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนในภาษาโป /ɨ/ ซึ่งเป็นสระกึ่งต่ำและ /ã/ ซึ่งเป็นสระต่ำมีค่า

ระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่า /ɔ̃/ ซึ่งเป็นสระกลางและ /õ/ ซึ่งเป็นสระกึ่งสูง (close-mid) และความแตกต่างเหล่านี้มีนัยสำคัญทางสถิติ (งานวิจัยนี้ถือว่า /ɔ̃/ และ /ã/ เป็นสระต่ำและ /õ/ และ /õ/ เป็นสระกลาง) ผลการศึกษาค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของสระนาสิกในภาษาโปและสระเสียงขึ้นจมูกในภาษาปะโอแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างการออกเสียงขึ้นจมูกกับระดับความสูงต่ำของลิ้นที่ว่า สระที่มีระดับลิ้นต่ำกว่ามีการออกเสียงขึ้นจมูกของสระมากกว่าสระที่มีระดับลิ้นสูงกว่า ข้อค้นพบนี้สอดคล้องกับผลการศึกษารอบการออกเสียงขึ้นจมูกของสระในภาษาอื่นๆ ตัวอย่างเช่น ผลการวิจัยของ Montagu (2007) ซึ่งศึกษาค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของสระโอษฐ์ที่ปรากฏหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกในภาษาฝรั่งเศส ได้แก่ /i, y, e, a, o, u/ จากการวัดสัญญาณนาสิก (nasal signal) พบว่า สระต่ำมีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระที่มีระดับความสูงต่ำของลิ้นระดับกลางและสูง Onsuwan (2005) วิเคราะห์ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของสระโอษฐ์ที่อยู่หน้าพยัญชนะท้ายนาสิกทั้งที่เป็นสระสั้นและสระยาวในภาษาไทย ได้แก่ /i, e, æ, a, i:, e:, æ:, a:/ ด้วยการระบุค่าความถี่ฟอร์เม้นท์นาสิกในสเปกตรัมของสระ พบว่า สระต่ำมีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระสูง

ผลการศึกษาทางสรีระและการรับรู้สนับสนุนผลการศึกษาทางกลศาสตร์ดังกล่าวด้วย ข้อค้นพบจากงานวิจัยจำนวนมากที่ศึกษาการเคลื่อนที่ของเพดานอ่อน คือ ในขณะที่มีการออกเสียงสระที่ออกเสียงขึ้นจมูกซึ่งเป็นสระต่ำ เพดานอ่อนเปิดมากกว่าสระสูง สระต่ำจึงมีช่องทางเดินเสียงบริเวณเพดานอ่อนกับผนังคอเปิดกว้างที่สุด (Bell-Berti et al., 1979; Clumeck, 1975; Maeda, 1982; Moll, 1962; Nusbaum et al., 1944, Bloomer, 1953 อ้างถึงใน Abramson et al., 1981; Rossato et al., 2003) และผลการศึกษาของ Bell-Berti et al. (1979) และ Clumeck (1975) ยังแสดงให้เห็นว่าเพดานอ่อนเปิดนานกว่าด้วย ดังนั้น ยิ่งช่องทางเดินเสียงบริเวณเพดานอ่อนกับผนังคอเปิดกว้าง ยิ่งทำให้กระแสลมไหลออกทางช่องจมูกได้มาก และสระมีการออกเสียงขึ้นจมูกมาก ผลการศึกษารอบการออกเสียงขึ้นจมูกของสระในภาษาฝรั่งเศสจากกระแสลมที่ไหลออกทางช่องจมูก พบว่า ในกรณีที่ผู้พูดออกเสียงด้วยความเร็วตามธรรมชาติ (spontaneous) สระต่ำที่อยู่หลังพยัญชนะต้นนาสิกมีการออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระสูงที่อยู่หลังพยัญชนะต้นนาสิก ด้วยเหตุนี้ การที่สระที่ต่ำกว่าในภาษาโปและภาษาปะโอมีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระที่สูงกว่า แสดงให้เห็นว่าในขณะที่ผู้พูดออกเสียงสระที่ออกเสียงขึ้นจมูกที่เป็นสระต่ำ เพดานอ่อนเปิดมากกว่าและนานกว่าสระกลาง ในขณะเดียวกัน ผลการศึกษารับรู้ยังสนับสนุนความสัมพันธ์ข้างต้นด้วย อาทิ Ali, Gallagher, Goldstein & Daniloff (1971), Bream (1968) (อ้างถึงใน Hajek & Maeda, 2000) Lintz & Sherman (1961) ได้ทดสอบโดยให้ผู้ฟังตัดสินระดับการ

ออกเสียงขึ้นจมูกของสระที่มีระดับความสูงต่ำของลิ้นต่างกัน ผลการศึกษาพบว่าผู้ฟังตัดสินว่าสระต่ำมีการออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระกลางและสระสูง

อย่างไรก็ตาม ความสัมพันธ์ของการออกเสียงขึ้นจมูกกับสระที่มีระดับความสูงต่ำของลิ้นต่างกันยังเป็นประเด็นที่มีการถกเถียงกันอยู่ เนื่องจากยังมีงานส่วนหนึ่งที่เสนอผลขัดแย้งกับความสัมพันธ์นี้ ตัวอย่างเช่น Al-Bamerni (1983) (อ้างถึงใน Hajek & Maeda, 2000; Shosted, 2006) ซึ่งศึกษาการเคลื่อนที่ของเพดานอ่อนด้วย Nasograph⁶⁴ พบว่า ช่องทางเดินเสียงบริเวณเพดานอ่อนกับผนังคอของสระกลางและสระสูงซึ่งเป็นสระหลังเปิดกว้างกว่าสระต่ำในภาษา गुजराती (Gujarati) และภาษาฮินดี (Hindi) Clumeck (1976) (อ้างถึงใน Hajek & Maeda, 2000; Shosted, 2006) ซึ่งศึกษาการเคลื่อนที่ของเพดานอ่อนในภาษา 6 ภาษา ได้แก่ อังกฤษสำเนียงอเมริกัน สวีดิช จีนถิ่นเอ๋หมิง (Amoy Chinese) ฮินดี ฝรั่งเศส โปรตุเกสสำเนียงบราซิลเลียน โดยใช้ Nasograph พบว่า สระต่ำมีเพดานอ่อนเปิดมากกว่าสระสูง และความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติในข้อมูลของผู้บอกภาษาเพียง 5 คนจากทั้งหมด 13 คน และมีผู้บอกภาษาเพียง 2 คนซึ่งแสดงการหย่อนตัวของเพดานอ่อนที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างสระสูงกับสระกลาง และมีผู้บอกภาษาเพียง 3 คนซึ่งสระต่ำกับสระกลางมีช่องทางเดินเสียงบริเวณเพดานอ่อนกับผนังคอแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เป็นต้น และยังมีผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกลศาสตร์และการรับรู้การออกเสียงขึ้นจมูกที่แสดงว่า สระสูงมีการออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระต่ำด้วย (Benguerel & Lafargue, 1981; Maeda, 1993; Rochet & Rochet, 1991a; Rochet & Yanmei, 1992) จึงอาจตีความได้ว่า ความสัมพันธ์ระหว่างการออกเสียงขึ้นจมูกกับระดับความสูงต่ำของลิ้นไม่ได้มีรูปแบบเป็นสากล แต่อาจมีความแตกต่างกันโดยขึ้นอยู่กับแต่ละภาษา หรืออาจขึ้นอยู่กับผู้พูดแต่ละคนก็เป็นได้

สืบเนื่องจากผลการศึกษาที่ขัดแย้งกันเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของการออกเสียงขึ้นจมูกและสระที่มีระดับความสูงต่ำของลิ้นต่างกัน Hajek (1997) และ Hajek & Maeda (2000) จึงได้เสนอปัจจัยอีกปัจจัยหนึ่งเพื่ออธิบายรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างสระและการออกเสียงขึ้นจมูก คือ **ความสั้นยาวของสระ** นั่นคือ สระที่มีค่าระยะเวลาสระมากกว่า (สระยาว) เอื้อต่อการออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระที่มีค่าระยะเวลาสระน้อยกว่า (สระสั้น) ดังนั้น สระต่ำซึ่งมีค่าระยะเวลาสระมากกว่าสระสูงจึงมีการออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าด้วย แนวความคิดนี้ได้รับการสนับสนุนจากผลการศึกษาการพัฒนาเป็นสระนาสิกในหลายภาษา รวมทั้งการศึกษารับรู้การออกเสียงขึ้นจมูก

⁶⁴ Nasograph เป็นวิธีที่สอดท่อพลาสติกซึ่งภายในท่อมมีไฟและเครื่องรับสัญญาณไฟ (sensor) เข้าไปในช่องคอผ่านทางช่องจมูก ตำแหน่งไฟอยู่ในช่องคอใกล้เพดานอ่อน และเครื่องรับสัญญาณไฟอยู่ในรูจมูก เมื่อเพดานอ่อนเปิดมาก ไฟจะกระทบเครื่องรับสัญญาณไฟได้มาก แต่ถ้าเพดานอ่อนเปิดน้อย ไฟจะกระทบเครื่องรับสัญญาณน้อย (Clumeck, 1975)

Hajek (1997) เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงจากสระโอษฐ์เป็นสระนาสิกในภาษาหลายภาษาในตระกูลโรมานซ์ (Romance) และพบว่าในบางภาษาสระโอษฐ์ซึ่งเป็นสระยาวที่ปรากฏหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกได้พัฒนาเป็นสระนาสิก แต่สระสั้นที่เกิดในบริบทเดียวกันยังคงเป็นสระโอษฐ์ และไม่มีภาษาใดที่มีสระนาสิกซึ่งเป็นสระสั้น โดยปราศจากสระนาสิกที่เป็นสระยาว ตัวอย่างเช่น สระยาวในภาษาดั้งเดิมของภาษาตระกูลโรมานซ์ที่พูดทางตอนเหนือของประเทศอิตาลี (Proto-Northern Italian) ที่อยู่หน้าพยัญชนะท้ายนาสิกดั้งเดิมในพยางค์ที่ได้รับการลงเสียงหนักพัฒนาเป็นสระนาสิก ในขณะที่สระสั้นยังคงเป็นสระโอษฐ์ เช่น *pa:n ‘ขนมปัง’ พัฒนาเป็น pɛ: แต่ *an ‘ปี’ พัฒนาเป็น a:n ในภาษา Romagnol ถิ่นลูโก (Lugo) และข้อค้นพบในภาษา Ibalí ในตระกูลภาษาไนเจอร์-คองโก (Niger-Congo) ของ Hombert (1986) แสดงให้เห็นว่า สระยาวกลายเป็นสระนาสิกก่อนสระสั้น

ส่วนผลการทดสอบการรับรู้หลายงานพบว่า ผู้ฟังตัดสินให้สระที่มีค่าระยะเวลามากกว่า มีการออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าด้วย (Delattre & Monnot, 1968; Hajek & Watson, 1998, 2007; Lintz & Sherman, 1961; Watson & Hajek, 1999, 2003; Whalen & Beddor, 1989) ตัวอย่างเช่น จากการทดลองโดยใช้เสียงเร้าสังเคราะห์ซึ่งถูกปรับให้มีช่องทางเดินเสียงบริเวณเพดานอ่อนกับผนังคอ และค่าระยะเวลาสระหลายระดับ Whalen & Beddor (1989) พบว่า ผู้ฟังตัดสินให้สระที่มีค่าระยะเวลาสระมากกว่ามีการออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระที่มีค่าระยะเวลาสระน้อยกว่า ส่วนงานวิจัยของ Delattre & Monnot (1968) ซึ่งใช้เสียงเร้าสังเคราะห์ที่มีระดับความถี่ของการออกเสียงขึ้นจมูกเท่ากัน แต่ต่างกันที่ค่าระยะเวลาสระ แสดงให้เห็นว่า ผู้ฟังรับรู้สระที่มีค่าระยะเวลาสระมากกว่าเป็นสระนาสิก และสระที่มีค่าระยะเวลาสระน้อยกว่าเป็นสระโอษฐ์

ผลการศึกษาข้างต้นแสดงให้เห็นว่าความสั้นยาวของสระและการรับรู้การออกเสียงขึ้นจมูกสัมพันธ์กัน สระที่มีค่าระยะเวลามากกว่าเอื้อให้ผู้ฟังรับรู้การออกเสียงขึ้นจมูกได้ดีกว่าสระที่มีค่าระยะเวลาน้อยกว่า ทำให้สระยาวพัฒนาเป็นสระนาสิกได้ง่ายกว่าสระสั้น นอกจากนี้ การวิเคราะห์ภาษาอังกฤษสำเนียงอเมริกันของ Clumeck (1975) แสดงให้เห็นว่าในบริบทพยัญชนะต้นนาสิกและพยัญชนะท้ายกัก สระสูงมีค่าระยะเวลาสระสั้นกว่าและเพดานอ่อนปิดไวกว่าสระต่ำ หรือก็คือ สระที่มีความยาวของสระมากกว่า มีเพดานอ่อนเปิดนานกว่า แต่การที่การออกเสียงขึ้นจมูกสัมพันธ์กับความยาวของสระไม่สามารถอธิบายได้ด้วยปัจจัยเรื่องขนาดของช่องทางเดินเสียงบริเวณเพดานอ่อนกับผนังคอ โดย Hajek (2003) รายงานว่า มีข้อค้นพบว่าสระสั้นและสระยาวมีขนาดของช่องทางเดินเสียงบริเวณเพดานอ่อนกับผนังคอใกล้เคียงกัน หรือสระสั้นอาจมีขนาดของช่องทางเดินเสียงบริเวณเพดานอ่อนกับผนังคอมากกว่าได้ด้วย

ในงานวิจัยนี้ ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะเวลาสระและค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของสระนาสิกในภาษาโปสเนบสุนุนแนวคิดเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างการออกเสียงขึ้นจมูกและความสั้นยาวของสระข้างต้น โดยผู้วิจัยได้เปรียบเทียบค่าระยะเวลาสระและค่าระยะเวลา

ออกเสียงขึ้นจมูกของสระนาสิก 4 เสียง ได้แก่ /ɔ̃, ɔ̃, ɔ̃, ɔ̃/ และพบว่า /ɔ̃/ มีค่าระยะเวลาสระมากที่สุด รองลงมาคือ /ɔ̃/ /ɔ̃/ และ /ɔ̃/ ตามลำดับ โดยสระเกือบทุกคู่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นคู่สระต่ำ /ɔ̃/ - /ɔ̃/ ในขณะที่เดียวกัน /ɔ̃/ มีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมากที่สุด รองลงมาคือ /ɔ̃/ /ɔ̃/ และ /ɔ̃/ ตามลำดับ โดยสระเกือบทุกคู่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นคู่สระกลาง /ɔ̃/ - /ɔ̃/ ผลข้างต้นแสดงให้เห็นแนวโน้มที่สระซึ่งมีค่าระยะเวลาสระมากกว่าจะมีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าด้วย ผู้วิจัยจึงได้นำค่าระยะเวลาสระและค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมาทดสอบความสัมพันธ์ด้วยสหสัมพันธ์แบบสเปียร์แมน ผลที่ได้คือ ค่าสัมประสิทธิ์สัมพันธ์ที่มีค่าสูง ($r = 0.95$) แสดงให้เห็นว่า ค่าระยะเวลาสระและค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมีความสัมพันธ์กันแบบแปรตรง คือ *สระที่มีค่าระยะเวลาสระมาก มักมีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมากด้วย* จึงช่วยสนับสนุนแนวคิดของ Hajek (1997) และ Hajek & Maeda (2000) และอาจสรุปได้ว่า การที่สระนาสิกซึ่งเป็นสระต่ำมีการออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระนาสิกซึ่งเป็นสระกลางในภาษาโป เป็นผลจากปัจจัยด้านค่าระยะเวลาของสระประกอบกับปัจจัยด้านความสูงต่ำของสระ

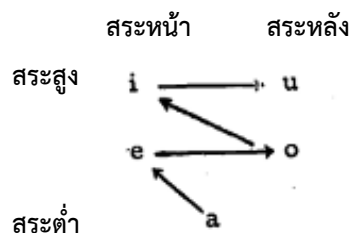
อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะเวลาสระและค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของสระเสียงขึ้นจมูก 2 เสียง ได้แก่ $[e^N, e^N]$ ในภาษาปะโอไม่ได้เป็นไปตามแนวคิดดังกล่าวข้างต้น เนื่องจากพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สัมพันธ์ของ $[e^N]$ และ $[e^N]$ มีค่าไม่สูงมาก ($r = -0.51$ และ -0.39 ตามลำดับ) แสดงว่า ค่าระยะเวลาสระและค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกไม่ได้สัมพันธ์กันมากนัก เมื่อค่าระยะเวลาสระมีค่ามาก ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกอาจมีค่ามากหรือน้อยก็ได้ จึงอาจตีความได้ว่า *แนวคิดเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะเวลาสระและค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกอาจไม่ได้เป็นลักษณะความสัมพันธ์ที่เป็นสากล แต่เป็นลักษณะที่บ่งชี้แนวโน้มความสัมพันธ์ซึ่งพบได้ในบางภาษาหรือเฉพาะภาษา*

นอกเหนือจากความสัมพันธ์ระหว่างการออกเสียงขึ้นจมูกกับสระที่มีระดับสูงต่ำของลิ้นต่างกัน งานวิจัยจำนวนหนึ่งยังศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการออกเสียงขึ้นจมูกกับตำแหน่งหน้าหลังของสระด้วย ผลการเปรียบเทียบสระที่มีตำแหน่งหน้าหลังต่างกัน คือ สระหน้ามีการออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระหลัง (Bream, 1968, Clarke & Mackiewicz-Krassowska, 1977, Rochet & Rochet, 1991b อ้างถึงใน Hajek, 1997; Delvaux et al., 2002; Lintz & Sherman, 1961; Montagu, 2007; Onsuwan, 2005; Rochet & Rochet, 1991a) จากการศึกษาการออกเสียงขึ้นจมูกของสระต่ำในภาษาไทยด้วยวิธีการทางกลศาสตร์ของ Onsuwan (2005) พบว่า ในกรณีของสระยาว /ɛ:/ ซึ่งเป็นสระหน้ามีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่า /a:/ ซึ่งเป็นสระกลาง และจากการวัดสัญญาณที่ออกทางช่องจมูกของสระที่มีระดับความสูงต่ำของลิ้นในระดับกลางและสูงของ Montagu (2007) พบว่า /i, y, e/ ซึ่งเป็นสระหน้ามีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระหลัง /u, ɔ/ ส่วน

การศึกษาด้านการรับรู้ของ Lintz & Sherman (1961) พบว่า ผู้ฟังรับรู้ว่าสระหน้า /i, e/ มีการออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระหลัง /u, o/ เป็นต้น

ส่วนผลการวิเคราะห์สระนาสิกทางกลศาสตร์พบว่า สระกลางในภาษาโป คือ /õ/ มีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่า /õ/ ซึ่งเป็นสระหลัง แต่ความแตกต่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ การที่สระที่ตำแหน่งลิ้นอยู่ด้านหน้าของช่องปากมากกว่ามีการออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระหลังในภาษาโป อาจมีที่มาจากข้อจำกัดด้านการเคลื่อนที่ของอวัยวะในการออกเสียงสระนาสิก กล่าวคือ ในขณะที่มีการออกเสียงสระหลัง ลิ้นส่วนหลังจะเคลื่อนไปยังเพดานอ่อน เพดานอ่อนจึงไม่สามารถเคลื่อนตัวลงได้มาก เพราะจะทำให้ฐานกรณัมสัมผัสกัน และเกิดเป็นพยัญชนะนาสิก แต่ในการออกเสียงสระหน้า ลิ้นส่วนหลังไม่ได้เคลื่อนไปยังเพดานอ่อน เพดานอ่อนจึงเคลื่อนตัวลงได้มากกว่า ทำให้สระหน้ามีการออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระหลัง (Delvaux et al., 2002; Montagu, 2007) และ Moll (1962) ยังพบว่าสระหน้ามีช่องทางเดินเสียงบริเวณเพดานอ่อนกับผนังคอขนาดกว้างกว่าสระหลังด้วย แต่ความแตกต่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้น เมื่อสระหน้ามีช่องทางเดินเสียงบริเวณเพดานอ่อนกับผนังคอเปิดมากกว่าสระหลัง ทำให้กระแสลมไหลออกจากช่องจมูกได้มากกว่าและนานกว่า สระหน้าจึงออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระหลัง

นอกจากนี้ ข้อค้นพบเกี่ยวกับการออกเสียงขึ้นจมูกในภาษาโปและภาษาปะโอที่พบว่า สระต่ำกว่ามีการออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระสูงกว่า และสระกลางมีการออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระหลัง ช่วยสนับสนุนกระบวนการพัฒนาเป็นสระนาสิกที่เสนอไว้ใน Ruhlen (1973, 1975) และ Chen (1975) ซึ่งมีใจความว่า สระต่ำพัฒนาเป็นสระนาสิกก่อนสระกลางและสระสูง และสระหน้าพัฒนาเป็นสระนาสิกก่อนสระหลัง ดังแสดงในภาพที่ 7.4



ภาพที่ 7.4 ลำดับการพัฒนาเป็นสระนาสิกของสระ i e a u o (ดัดแปลงจาก Ruhlen, 1973)

แนวคิดนี้ได้รับการสนับสนุนจากงานวิจัยหลายภาษา (Chen, 1975; Hombert, 1986; Sampson, 1999) อาทิ Chen (1975) ศึกษาสระนาสิกในภาษาจีนหลายถิ่น โดยการนับจำนวนคำที่มีสระนาสิกและนับจำนวนถิ่นที่พบสระนาสิกแต่ละเสียง ผลปรากฏว่าคำที่มีสระนาสิกซึ่งเป็นสระต่ำมี

จำนวนมากที่สุด รองลงมาคือ สระกลางและสระสูงตามลำดับ และสระนาสิกซึ่งเป็นสระต่ำปรากฏใน ภาษาหลายวิธภาษามากที่สุด รองลงมาคือ สระกลางและสระสูงตามลำดับ ในขณะที่เดียวกัน สระ นาสิกที่เป็นสระหน้าก็มีจำนวนค่ามากที่สุดและพบได้ในภาษาหลายวิธภาษามากที่สุด รองลงมาคือ สระกลางและสระหลังตามลำดับ Chen (1975) จึงสรุปว่า สระต่ำกลายเป็นสระนาสิกก่อนสูง และ สระหน้ากลายเป็นสระนาสิกก่อนสระหลัง และจากการศึกษาภาษา Ibalí ในตระกูลย่อยบันตู (Bantu) ของตระกูลภาษาไนเจอร์-คองโกของ Hombert (1986) พบว่า โครงสร้าง *-V1mbV2 ในภาษาบัน ตูดั้งเดิม (Proto-Bantu) สระที่เกิดหน้าเสียงพยัญชนะ *mb (V1) ที่เป็นสระกลางและสระต่ำกระตุ้น ให้สระที่เกิดหลัง *mb (V2) กลายเป็นสระนาสิก เช่น *-embo *-ambu *-omba ในภาษาบันตู ดั้งเดิม กลายเป็น -iĩ -ãĩ -uĩ ในภาษา Ibalí แต่ *-ĩmba *-ũmbu กลายเป็น -iima -uumi ตามลำดับ และในตำแหน่งสระเสียงแรก (V1) มีเพียงสระต่ำ [ã] ที่เป็นสระนาสิก แสดงว่า สระต่ำ เอื้อต่อการเป็นสระนาสิกมากกว่าสระสูง เป็นต้น

นอกจากนี้ การเปรียบเทียบค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมุกของสระที่เกิดในโครงสร้างพยางค์ 4 แบบ คือ (1) สระเสียงขึ้นจุมุกที่อยู่ระหว่างพยัญชนะต้นนาสิกและพยัญชนะท้ายกัก /NVC/ ใน ภาษาปะโอ (2) สระเสียงขึ้นจุมุกที่อยู่ระหว่างพยัญชนะต้นกักและพยัญชนะท้ายนาสิก /CVN/ ใน ภาษาปะโอ (3) สระเสียงขึ้นจุมุกที่อยู่หลังพยัญชนะต้นนาสิก /NV/ ในภาษาโป และ (4) สระนาสิกที่อยู่หลังพยัญชนะต้นกัก /CṼ/ ในภาษาโป ทำให้เห็นความแตกต่างของการออกเสียงขึ้นจุมุกที่พบใน ภาษาปะโอและโป และสะท้อนความสัมพันธ์ระหว่างการออกเสียงขึ้นจุมุกกับโครงสร้างพยางค์ ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำเสนอค่าเฉลี่ยของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมุกและค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออก เสียงขึ้นจุมุกในภาษาปะโอและโปในตารางที่ 7.6 แต่จะเน้นผลการวิจัยจากค่าร้อยละของค่า ระยะเวลาออกเสียงขึ้นจุมุกเพราะเป็นค่าที่ผ่านการปรับค่าให้เป็นกลาง ซึ่งทำให้สามารถเปรียบเทียบ ค่าระยะเวลาซึ่งมีที่มาจากผู้บอกภาษาหลายคนได้

ตารางที่ 7.6 ค่าเฉลี่ยของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms) และค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%) ของสระเสียงขึ้นจมูก [e^N] และ [ɛ^N] ในภาษาปะโอ และสระเสียงขึ้นจมูก [i^N] [e^N] และ [ɛ^N] กับสระนาสิก /อ, ๓, ๖, ๙/ ในภาษาโป

ภาษา	ปะโอ				โป				
	/NVC/		/CVN/		/NV/		/CṼ/		
สระ	ms	%	ms	%	ms	%	สระ	ms	%
i ^N	-	-	-	-	367.93	100	อ	237.40	71.68
e ^N	106.24	75.40	17.83	9.06	404.38	100	๓	216.30	70.87
ɛ ^N	122.45	83.18	40.12	21.66	361.93	100	๖	281.20	75.17
							๙	303.97	78.41
ค่าเฉลี่ย	114.35	79.29	28.98	15.36	378.08	100		259.72	74.03

จากตารางที่ 7.6 สามารถเรียงลำดับโครงสร้างพยางค์ที่มีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกจากมากไปน้อยได้ดังนี้ /NV/ > /CṼ/ > /NVC/ > /CVN/ โดยสระเสียงขึ้นจมูกที่อยู่หลังพยัญชนะต้นนาสิกในภาษาโปมีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมากที่สุด ค่าเฉลี่ยของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของ [i^N] [e^N] และ [ɛ^N] คิดเป็น 378.08 มิลลิวินาที รองลงมาคือ ค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของสระนาสิกในภาษาโปซึ่งมีค่าเฉลี่ย 259.72 มิลลิวินาที สระเสียงขึ้นจมูกที่อยู่ระหว่างพยัญชนะต้นนาสิกและพยัญชนะท้ายกักในภาษาปะโอมีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมากเป็นอันดับ 3 คือ มีค่าเฉลี่ย 114.35 มิลลิวินาที โครงสร้างพยางค์ที่มีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกน้อยที่สุดคือ สระเสียงขึ้นจมูกที่อยู่ระหว่างพยัญชนะต้นกักและพยัญชนะท้ายนาสิก มีค่าเฉลี่ย 28.98 มิลลิวินาที

ส่วนค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของโครงสร้างพยางค์ต่างๆ สามารถเรียงลำดับจากมากไปน้อยได้ดังนี้ /NV/ > /NVC/ > /CṼ/ > /CVN/ นั่นคือ ค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกในสระเสียงขึ้นจมูกที่อยู่หลังพยัญชนะต้นนาสิกมีค่ามากที่สุด เนื่องจากมีการออกเสียงขึ้นจมูกตลอดช่วงสระคิดเป็น 100% ถัดมาคือ สระเสียงขึ้นจมูกที่อยู่ระหว่างพยัญชนะต้นนาสิกและพยัญชนะท้ายกักซึ่งมีค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกเท่ากับ 79.29% ส่วนสระนาสิกมีค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก 74.03% มากเป็นลำดับที่ 3 ส่วนบริบทที่มีค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกน้อยที่สุดคือ สระเสียงขึ้นจมูกที่อยู่ระหว่างพยัญชนะต้นกักและพยัญชนะท้ายนาสิกซึ่งมีค่าเฉลี่ยเพียง 15.36%

นอกจากนี้ ผู้วิจัยคาดว่า การออกเสียงขึ้นจมูกของสระที่อยู่ระหว่างพยัญชนะต้นนาสิกและพยัญชนะท้ายนาสิก /NVN/ ในภาษาปะโอมีการออกเสียงขึ้นจมูกมากที่สุด เช่นเดียวกับผลการศึกษาของ Delvaux et al. (2008) ซึ่งวิเคราะห์สระเสียงขึ้นจมูกและสระนาสิกในภาษาฝรั่งเศสโดยการศึกษาค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกจากกระแสลม และระดับความมากน้อย (degree of nasalization) จากปริมาณลมที่ออกทางปากและจมูก พบว่า ในส่วนของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก สระเสียงขึ้นจมูกที่อยู่ระหว่างพยัญชนะต้นนาสิกและพยัญชนะท้ายนาสิกมีการออกเสียงขึ้นจมูกตลอดทั้งช่วงสระ สระเสียงขึ้นจมูกที่อยู่หลังพยัญชนะต้นนาสิกส่วนใหญ่ออกเสียงขึ้นจมูกตลอดช่วงสระ แต่ข้อมูลบางส่วนพบการออกเสียงขึ้นจมูกประมาณ 80% ของช่วงสระ และสระเสียงขึ้นจมูกที่อยู่หน้าพยัญชนะท้ายนาสิกมีการออกเสียงขึ้นจมูกน้อยที่สุด ส่วนผลการศึกษาเกี่ยวกับระดับความมากน้อยของการออกเสียงขึ้นจมูก คือ สระเสียงขึ้นจมูกที่เป็นสระสูงที่อยู่ระหว่างพยัญชนะต้นนาสิกและพยัญชนะท้ายนาสิกมีการออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระเสียงขึ้นจมูกที่ปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิก ส่วนสระนาสิกมีการออกเสียงขึ้นจมูกมากเป็นอันดับที่ 3 รองจากสระเสียงขึ้นจมูกที่อยู่หลังพยัญชนะต้นนาสิก และสระเสียงขึ้นจมูกที่อยู่หน้าพยัญชนะท้ายนาสิกมีการออกเสียงขึ้นจมูกน้อยที่สุด นอกจากนี้ Larson & Hamlet (1987) ซึ่งศึกษาระดับความมากน้อยของการออกเสียงขึ้นจมูกจากลักษณะทางกลศาสตร์ที่วัดจากสัญญาณที่ออกทางช่องจมูก (nasal signal) และ Chen et al. (2007) ซึ่งศึกษาระดับความมากน้อยของการออกเสียงขึ้นจมูกจากค่าความต่างระหว่างค่าแอมพลิจูดของค่าความถี่ฟอร์แมนท์ที่ 1 (A1) กับค่าแอมพลิจูดของยอดความถี่นาสิกที่อยู่สูงกว่าค่าความถี่ฟอร์แมนท์ที่ 1 (P1) ตามสูตร A1-P1 ต่างก็พบว่าสระเสียงขึ้นจมูกที่อยู่ระหว่างพยัญชนะต้นนาสิกและพยัญชนะท้ายนาสิกในภาษาอังกฤษสำเนียงอเมริกันมีการออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระเสียงขึ้นจมูกที่อยู่ระหว่างพยัญชนะต้นนาสิกและพยัญชนะท้ายกัก

ผลการเปรียบเทียบค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของสระในโครงสร้างพยางค์ทั้ง 4 แบบแสดงให้เห็นว่า โครงสร้างพยางค์มีผลต่อการออกเสียงขึ้นจมูกของสระ คือ สระที่ปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิกทั้งในพยางค์เปิด /NV/ และพยางค์ปิด /NVC/ มีการออกเสียงขึ้นจมูกของสระมากเป็น 2 อันดับแรก โดยพยางค์เปิดที่มีพยัญชนะต้นนาสิกและสระไอซ์มีมีการออกเสียงขึ้นจมูกตลอดช่วงสระ และพยางค์ปิดที่มีพยัญชนะต้นนาสิก สระไอซ์ และพยัญชนะท้ายกักมีการออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่า 3 ใน 4 ของช่วงสระเล็กน้อย

การที่สระเสียงขึ้นจมูกในพยางค์เปิดที่ประกอบด้วยพยัญชนะต้นนาสิกและสระไอซ์ /NV/ มีการออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระเสียงขึ้นจมูกในพยางค์ปิดที่ประกอบด้วยพยัญชนะต้นนาสิก สระไอซ์ และพยัญชนะท้ายกัก ไม่ก็อง /NVC/ อาจอธิบายได้ด้วยข้อจำกัดในการเคลื่อนที่ของอวัยวะในการออกเสียง ในโครงสร้างพยางค์แบบ /NVC/ เพดานอ่อนต้องเคลื่อนตัวขึ้น เพื่อเตรียมออกเสียงพยัญชนะท้ายกัก เนื่องจากการออกเสียงพยัญชนะกักจำเป็นต้องมีการกักลมในช่องปาก เพื่อให้เกิด

แรงดันลมหลังตำแหน่งที่ฐานกรณ์ติดกัน เมื่อฐานกรณ์แยกออกจากกัน จึงจะเกิดเสียงระเบิด ดังนั้นถ้าระหว่างที่ออกเสียงพยัญชนะกัก เพดานอ่อนเปิดอยู่ จะทำให้กระแสลมไหลออกทางช่องจมูกและเป็นเหตุให้ไม่เกิดแรงดันลมภายในช่องปาก (Ohala, 1975; Ohala & Ohala, 1993; Solé, 2007)

เมื่อพิจารณาการออกเสียงขึ้นจมูกของสระเสียงขึ้นจมูกที่อยู่ระหว่างพยัญชนะต้นนาสิกและพยัญชนะท้ายกัก /NVC/ และสระเสียงขึ้นจมูกที่อยู่ระหว่างพยัญชนะต้นกักและพยัญชนะท้ายนาสิก /CVN/ ในภาษาปะโอ พบว่า ผลที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยส่วนใหญ่ที่เสนอว่า สระโอษฐ์ที่อยู่หลังพยัญชนะต้นนาสิกมีการออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระโอษฐ์ที่อยู่หน้าพยัญชนะท้ายนาสิก (Basset et al., 2001; Beddor & Onsuwan, 2003; Beddor et al., 2002; Benguerel, 1974; Cohn, 1990; Delvaux et al., 2008; Diakoumakou, 2005; Ha & Kuehn, 2006; Klopfenstein, 2006; Rochet & Rochet, 1991a; Rossato et al., 2003) แม้จะยังมีข้อค้นพบในงานวิจัยบางงานที่ขัดแย้งกับข้อค้นพบที่นำเสนอข้างต้นอยู่บ้าง คือ สระโอษฐ์ที่ปรากฏหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกมีการออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระโอษฐ์ที่ปรากฏหลังพยัญชนะต้นนาสิก (Moll & Daniloff, 1971; Ohala, 1971; Rochet & Rochet, 1991a) แต่น่าสังเกตว่างานเหล่านี้ล้วนศึกษาเรื่องของการออกเสียงขึ้นจมูกในภาษาอังกฤษ

ความแตกต่างข้างต้นสัมพันธ์กับธรรมชาติของกลไกการออกเสียงของสระในบริบทพยัญชนะต้นนาสิกและพยัญชนะท้ายนาสิก การออกเสียงขึ้นจมูกในบริบทพยัญชนะต้นนาสิกเกิดจากกลไกการออกเสียงที่มีลักษณะเฉื่อย ส่วนการออกเสียงขึ้นจมูกในบริบทพยัญชนะท้ายนาสิกมีที่มา 2 แบบ คือ (1) กลไกในระดับสัทวิทยาที่ผู้พูดมีบทบาทในการวางแผนลักษณะการเคลื่อนที่ของอวัยวะที่ใช้ในการออกเสียง และ (2) กลไกการออกเสียงที่มีลักษณะเฉื่อย ผู้วิจัยสันนิษฐานว่าในภาษาที่พบว่าสระที่อยู่หลังพยัญชนะต้นนาสิกมีการออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระที่อยู่หน้าพยัญชนะท้ายนาสิก การออกเสียงขึ้นจมูกของสระในบริบทพยัญชนะต้นนาสิกและพยัญชนะท้ายนาสิกของภาษานั้นมีที่มาจากกลไกการเคลื่อนที่ของเพดานอ่อนที่มีลักษณะเฉื่อย กล่าวคือ ในกรณีของบริบทพยัญชนะต้นนาสิกเพดานอ่อนที่หย่อนตัวลงเพื่อผลิตเสียงพยัญชนะนาสิกไม่สามารถเคลื่อนตัวได้อย่างรวดเร็ว ทำให้ยังดำเนินอยู่ในระหว่างการแปลงเสียงสระ สระจึงมีการออกเสียงขึ้นจมูกมาก ในกรณีของบริบทพยัญชนะท้ายนาสิก เพดานอ่อนเริ่มหย่อนตัวเพื่อผลิตเสียงพยัญชนะท้ายนาสิกในช่วงท้ายของสระ ทำให้มีการออกเสียงขึ้นจมูกน้อยกว่าในบริบทพยัญชนะต้นนาสิก ส่วนกรณีที่พบว่าสระที่อยู่หน้าพยัญชนะท้ายนาสิกมีการออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระที่อยู่หลังพยัญชนะต้นนาสิก เป็นเพราะในภาษานั้น การออกเสียงขึ้นจมูกในบริบทพยัญชนะท้ายนาสิกเกิดจากการความตั้งใจของผู้พูด จึงมีการออกเสียงขึ้นจมูกมาก ดังจะเห็นได้ในผลการศึกษาของ Solé (1995)

ในงานของ Solé (1995) ซึ่งศึกษาการออกเสียงขึ้นจมูกของสระโอษฐ์หน้าพยัญชนะท้ายนาสิกที่เกิดในบริบทระดับความเร็วในการพูดหลายระดับ (ช้า ปกติ เร็ว) ในภาษาสเปนและ

ภาษาอังกฤษสำเนียงอเมริกัน Solé (1995) พบว่า ในภาษาสเปน การเคลื่อนที่ของเพดานอ่อนไม่ได้ รับผิดชอบต่อความเร็วในการพูด แม้ว่าความเร็วในการพูดจะเปลี่ยนแปลงไป อัตราความเร็ว (velocity) ที่เพดานอ่อนใช้ในการหย่อนตัวก็ยังคงที่ เพดานอ่อนเริ่มเปิด ณ ตำแหน่งเวลาที่ค่อนข้างตายตัวก่อนการออกเสียงพยัญชนะท้ายนาสิก และเปิดกว้างมากที่สุดเมื่อเริ่มออกเสียงพยัญชนะท้ายนาสิก ในทางตรงกันข้าม ในภาษาอังกฤษ การออกเสียงขึ้นจมูกของสระเสียงขึ้นจมูกในภาษาอังกฤษมีการปรับเปลี่ยนตามความเร็วในการพูด ระดับความเร็วในการพูดที่มากกว่า ทำให้เพดานอ่อนหย่อนตัวลงไวกว่า และเพดานอ่อนเริ่มหย่อนตัว ณ ตำแหน่งต้นสระและเปิดกว้างมากที่สุด ณ ตำแหน่งกลางสระ Solé (1995) จึงสรุปว่า การออกเสียงขึ้นจมูกในภาษาอังกฤษสำเนียงอเมริกันเกิดจากการวางแผนของผู้พูดและเป็นลักษณะเฉพาะภาษา แต่การออกเสียงขึ้นจมูกในภาษาสเปนเป็นผลจากกลไกการเคลื่อนที่ของอวัยวะที่ใช้ในการออกเสียงและเป็นลักษณะที่เกิดขึ้นโดยอัตโนมัติ ดังนั้น การที่ผู้พูดภาษาอังกฤษสามารถควบคุมการเคลื่อนที่ของเพดานอ่อนในบริบทพยัญชนะท้ายนาสิกได้ ทำให้มีการออกเสียงขึ้นจมูกของสระในบริบทพยัญชนะท้ายนาสิกมากกว่าในบริบทพยัญชนะต้นนาสิก

นอกจากนี้ Delvaux et al. (2008) ได้เสนอที่มาของการที่สระเสียงขึ้นจมูกซึ่งอยู่หลังพยัญชนะต้นนาสิกมีการออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระเสียงขึ้นจมูกซึ่งอยู่หน้าพยัญชนะท้ายนาสิกไว้ในขณะที่การออกเสียงขึ้นจมูกของสระมีส่วนช่วยผู้ฟังในการรับรู้พยัญชนะต้นนาสิก แต่สำหรับสระที่อยู่หน้าพยัญชนะท้ายนาสิก ผู้ฟังอาจรับรู้การออกเสียงขึ้นจมูกว่าเป็นส่วนหนึ่งของสระ ซึ่งอาจนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงจากสระเสียงขึ้นจมูกเป็นสระนาสิกได้ ดังนั้น ขณะออกเสียงสระที่อยู่หน้าพยัญชนะท้ายนาสิก ผู้พูดจึงไม่ออกเสียงขึ้นจมูกมาก เพื่อหลีกเลี่ยงการเปลี่ยนแปลงของเสียง

แนวคิดข้างต้นอาจใช้อธิบายผลการเปรียบเทียบการออกเสียงขึ้นจมูกระหว่างสระนาสิกที่อยู่หลังพยัญชนะต้นกัก /CV/ และสระเสียงขึ้นจมูกในพยางค์ปิดที่ประกอบด้วยพยัญชนะต้นกัก สระโอษฐ์ และพยัญชนะท้ายนาสิก /CVN/ ที่พบว่า สระเสียงขึ้นจมูกมีการออกเสียงขึ้นจมน้อยกว่าสระนาสิกได้เช่นกัน คือ ในกรณีของสระเสียงขึ้นจมูกที่อยู่ระหว่างพยัญชนะต้นกักและพยัญชนะท้ายนาสิก ผู้พูดออกเสียงขึ้นจมน้อย เพื่อเลี่ยงไม่ไห้สระเสียงขึ้นจมูกพัฒนาเป็นสระนาสิก นอกจากนี้ การออกเสียงขึ้นจมูกของสระเสียงขึ้นจมูกที่อยู่หน้าพยัญชนะนาสิกเป็นการออกเสียงขึ้นจมูกในระดับสัทศาสตร์ อันเกิดจากอิทธิพลของพยัญชนะท้ายนาสิก แต่การออกเสียงขึ้นจมูกของสระนาสิกเป็นการออกเสียงขึ้นจมูกในระดับสัทวิทยา ซึ่งมีบทบาทในการแยกความหมายของคำ สระเสียงขึ้นจมูกจึงมีการออกเสียงขึ้นจมน้อยกว่าสระนาสิก สอดคล้องกับข้อค้นพบของ Klopfenstein (2006) ที่ศึกษาสระเสียงขึ้นจมูกและสระนาสิกในภาษาออตตาวา

การที่สระนาสิกพัฒนามาจาก *VN แทนที่จะเป็น *NV ในภาษากะเหรี่ยงดั้งเดิม อาจอธิบายได้ด้วยปัจจัยด้านการรับรู้การออกเสียงขึ้นจมูกข้างต้น กล่าวคือ เมื่อผู้ฟังได้ยินคำที่ประกอบด้วยพยัญชนะต้นนาสิกและสระ ผู้ฟังเข้าใจอย่างถูกต้องว่าเสียงที่ได้ยินคือ พยัญชนะต้น

นาสิกและสระ และเชื่อมโยงเสียงขึ้นจมูกกับคุณสมบัติของพยัญชนะนาสิก ผู้ฟังจึงออกเสียงสระในคำเป็นสระโอษฐ์ ในทางตรงกันข้าม เมื่อผู้ฟังได้ยินคำที่ประกอบด้วยพยัญชนะท้ายนาสิกและสระ ผู้ฟังอาจเข้าใจว่าการออกเสียงขึ้นจมูกที่ได้ยินเป็นส่วนหนึ่งของสระ (แม้ว่าที่จริงเป็นส่วนหนึ่งของพยัญชนะท้ายนาสิก) ทำให้ผู้ฟังออกเสียงขึ้นจมูกในช่วงสระมากขึ้น และส่งผลให้สระเสียงขึ้นจมูกกลายเป็นสระนาสิกในที่สุด เหตุที่ผู้ฟังเชื่อมโยงเสียงขึ้นจมูกกับสระอาจมีที่มาจากการศึกษาที่พยัญชนะท้ายนาสิกมีเพดานอ่อนเปิดมากกว่าพยัญชนะต้นนาสิก ซึ่งทำให้ความแตกต่างระหว่างลักษณะทางกลศาสตร์ของสระและพยัญชนะท้ายนาสิกลดน้อยลงเมื่อเทียบกับกรณีของพยัญชนะต้นนาสิก และอาจส่งผลให้ผู้ฟังได้ยินเสียงพยัญชนะท้ายนาสิกไม่ชัด และคิดว่าเสียงขึ้นจมูกที่ได้ยินเป็นส่วนหนึ่งของสระ (Hajek, 1997; Manuel, 1991 อ้างถึงใน Hajek, 1997)

แนวคิดเรื่องปัจจัยการรับรู้ข้างต้นสอดคล้องกับคำอธิบายเรื่องการเปลี่ยนแปลงของเสียง (sound change) ของ Ohala (1993a, 1993b) ซึ่งกล่าวไว้ว่า การแปรของเสียง ณ ช่วงเวลาใด ช่วงเวลาหนึ่ง (synchronic variation) มีบทบาทต่อการเปลี่ยนแปลงของเสียง กล่าวคือ เมื่อผู้พูดเปล่งเสียง เสียงแต่ละเสียงเกิดการแปรอันเนื่องมาจากอิทธิพลจากเสียงแวดล้อม เสียงที่แปรนี้ไม่ได้เกิดจากความตั้งใจของผู้พูด ถ้าผู้ฟังรู้อารมณ์แปรที่ได้ยินเกิดจากอิทธิพลของเสียงที่เกิดร่วมกัน ผู้ฟังจะสามารถกำจัด (factor out) คุณสมบัติที่เกินมาและออกเสียงได้อย่างถูกต้อง แต่เมื่อใดก็ตามที่ผู้ฟังไม่ได้ยินเสียงที่มีอิทธิพลต่อรูปแปร ผู้ฟังจะเข้าใจผิดว่ารูปแปรที่ได้ยินเกิดจากความตั้งใจของผู้พูด ทำให้เมื่อผู้ฟังเปลี่ยนบทบาทเป็นผู้พูด ผู้ฟังไม่ได้แก้ไขการออกเสียงรูปแปร (hypo-correction) และออกเสียงตามรูปแปรที่ได้ยิน เมื่อปรากฏการณ์ที่ผู้ฟังออกเสียงรูปแปรผิดไปจากความตั้งใจของผู้พูดเกิดขึ้นอย่างแพร่หลาย จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของเสียง ตัวอย่างเช่น กรณีของวิวัฒนาการของสระนาสิก เริ่มจากผู้พูดออกเสียงสระโอษฐ์ที่เกิดหน้าพยัญชนะท้ายนาสิกเป็นสระเสียงขึ้นจมูก ถ้าผู้ฟังรู้ว่าการออกเสียงขึ้นจมูกในสระเป็นลักษณะที่เกิดจากอิทธิพลของพยัญชนะท้ายนาสิก ผู้ฟังก็จะผลิตเสียงสระโอษฐ์กับพยัญชนะท้ายนาสิก แต่ถ้าผู้ฟังไม่ได้ยินเสียงพยัญชนะนาสิก ผู้ฟังก็จะเข้าใจว่าการออกเสียงขึ้นจมูกเป็นส่วนหนึ่งของสระ และออกเสียงเป็นสระเสียงขึ้นจมูกที่ไม่มีพยัญชนะนาสิก สระเสียงขึ้นจมูกจึงพัฒนาเป็นสระนาสิก

อย่างไรก็ตาม Beddor (2009) เสนอว่า การเปลี่ยนแปลงของเสียงอาจไม่ได้เกิดจากความเข้าใจผิดของผู้ฟังตามแนวคิดของ Ohala จากการศึกษาการออกเสียงและการรับรู้คุณสมบัตินาสิกของผู้บอกภาษาอังกฤษสำเนียงอเมริกัน Beddor (2009) พบว่า ในบริบทที่สระโอษฐ์เกิดหน้าพยัญชนะนาสิกและพยัญชนะกัก ไม่ก้อง (VNC) ผู้ฟังได้ยินทั้งการออกเสียงขึ้นจมูกของสระและพยัญชนะนาสิก แต่สามารถได้ยินการออกเสียงขึ้นจมูกของสระได้ดีกว่าพยัญชนะนาสิก ซึ่งสัมพันธ์กับการที่สระมีค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกมากและพยัญชนะนาสิกมีค่าระยะเวลาน้อย ดังนั้น ในขณะที่พยัญชนะนาสิกมีความสำคัญในการรับรู้ที่น้อยลง การออกเสียงขึ้นจมูกกลับมีความเด่นชัดขึ้น ส่งผล

ให้การออกเสียงขึ้นจมูกสามารถพัฒนาเป็นลักษณะประจำเสียงซึ่งมีบทบาทในการแยกความหมายของคำ

ความเป็นไปได้อีกอย่าง คือ พยัญชนะต้นนาสิกอยู่ในตำแหน่งที่ “แข็งแรง” (strong) มากกว่าพยัญชนะท้ายนาสิก พยัญชนะต้นนาสิกในภาษาโปจึงยังคงอยู่ และทำให้คาดเดาได้ว่าการออกเสียงขึ้นจมูกที่พบในสระเกิดจากอิทธิพลของพยัญชนะต้นนาสิก สระเสียงขึ้นจมูกจึงไม่พัฒนาเป็นสระนาสิก สาเหตุที่พยัญชนะต้นนาสิกยังมีอยู่ แต่พยัญชนะท้ายนาสิกกร่อนหายไป อาจเป็นเพราะพยัญชนะท้ายนาสิกซึ่งอยู่ในตำแหน่งที่แข็งแรงน้อยกว่ามีแนวโน้มที่จะเกิดการเปลี่ยนแปลงที่ส่งผลให้เสียงเด่นชัดน้อยลงมากกว่าพยัญชนะต้นนาสิก (weakening) เช่น กลายเป็นเสียงไม่ก้อง (devoiced) หรือกลายเป็นเสียงพยัญชนะเปิด (glide) เป็นต้น ทำให้ในที่สุดพยัญชนะท้ายนาสิกอาจกร่อนหายไป

Krakow (1999) อธิบายความแตกต่างระหว่างพยัญชนะต้นและพยัญชนะท้ายซึ่งสะท้อนความแข็งแรงของพยัญชนะที่ปรากฏในตำแหน่งต่างกันไว้ว่า พยัญชนะต้นมีฐานและกรรมสัมพันธ์แน่นชิดกว่าพยัญชนะท้าย (tighter constriction) แม้ผู้พูดจะออกเสียงเร็วขึ้น แต่ฐานกรรมก็ยังคงสัมพันธ์กัน ในทางกลับกัน ความเร็วในการออกเสียงที่เพิ่มขึ้นทำให้ฐานและกรรมของพยัญชนะท้ายไม่สัมพันธ์กัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าพยัญชนะต้นมีความเสถียร (stability) มากกว่าพยัญชนะท้าย นอกจากนี้ Manuel (1991) (อ้างถึงใน Hajek, 1997) พบว่า พยัญชนะท้ายนาสิกมีเพดานอ่อนเปิดมากกว่าพยัญชนะต้นนาสิก ส่งผลให้ความเด่นชัดในการรับรู้เสียงพยัญชนะท้ายนาสิกลดลง ความแตกต่างดังกล่าวข้างต้นสะท้อนให้เห็นว่า พยัญชนะท้ายมีความแข็งแรงน้อยกว่าพยัญชนะต้น ทำให้เสียงเปลี่ยนแปลงได้ง่ายกว่าพยัญชนะต้น และท้ายที่สุดพยัญชนะท้ายอาจกร่อนหายไป

ในขณะเดียวกัน ลักษณะของเสียงพยัญชนะท้ายที่กร่อนหายไปอาจยังคงอยู่ในเสียงที่เกิดติดกัน เช่น เมื่อพยัญชนะท้ายนาสิกสูญหาย การออกเสียงขึ้นจมูกยังปรากฏในสระที่เกิดร่วมกัน ทำให้สระเสียงขึ้นจมูกพัฒนาเป็นสระนาสิก เป็นต้น เมื่อพิจารณาระบบเสียงในภาษาโป จะเห็นได้ว่ามีพยัญชนะต้นนาสิก จึงคาดเดาได้ว่าการออกเสียงขึ้นจมูกที่พบในสระเชื่อมโยงกับพยัญชนะต้นนาสิก แต่หากสมมติว่าพยัญชนะต้นนาสิกในภาษาโปดั้งเดิมกลายเป็นเสียงประเภทอื่น สระที่เกิดติดกันก็อาจพัฒนาเป็นสระนาสิก ดังผลการศึกษาของ Michaud, Jacques & Rankin (2012) ที่แสดงให้เห็นว่าภาษา Lakkia หรือ Lakkja ในตระกูลภาษาไท-กะไดมีสระนาสิกที่เกิดจากบริบทที่พยัญชนะนาสิกในตำแหน่งที่ 2 ของพยัญชนะต้นควบกล้ำกลายเป็นเสียงประเภทอื่น เช่น พยัญชนะนาสิกที่ปรากฏในพยัญชนะควบกล้ำในภาษาคำ-สูยดั้งเดิม (Proto Kam-Sui) กลายเป็นเสียงเปิดในภาษา Lakkia เช่น *kn, *kɲ กลายเป็น kj เป็นต้น เมื่อพยัญชนะนาสิกเปลี่ยนแปลงเป็นเสียงเปิดที่กระแสมไหลออก

ทางช่องปาก ทำให้สระที่ออกเสียงขึ้นจมูกในระดับสัทศาสตร์พัฒนาเป็นสระนาสิก⁶⁵ เช่น *knV กลายเป็น kjǣ ‘หน้า’ และ *knV กลายเป็น kjǣ:t ‘หนาว’ เป็นต้น จะเห็นได้ว่า เมื่อพยัญชนะนาสิก เปลี่ยนเป็นเสียงประเภทอื่น การออกเสียงขึ้นจมูกของสระซึ่งแต่แรกอยู่ในระดับสัทศาสตร์ยกระดับ เป็นลักษณะทางสัทวิทยาที่ใช้จำแนกคำ

ประเด็นต่างๆ ในการอภิปรายเกี่ยวกับการออกเสียงขึ้นจมูกข้างต้นสามารถสรุปได้ดังใน ตารางที่ 7.7

ตารางที่ 7.7 สรุปประเด็นว่าด้วยการออกเสียงขึ้นจมูกของสระ

แง่มุม	สรุป
เสียงท้ายนาสิกเพดานอ่อน	สระนาสิกในภาษาโบราณแม่แพทลงมีการเปลี่ยนแปลง ทำให้มีสัทสมบัติ 2 แบบ คือ [Ń] และ [Ńʰ] ซึ่งเสียงท้ายนาสิกเพดานอ่อนที่เกิดขึ้นใหม่ปรากฏในผลการศึกษารายงานอื่นๆ เช่นกัน (Johnson et al., 2007; Sampson, 1999; Shosted, 2011) ทั้งนี้ สันนิษฐานว่าการที่ฐานกรณ์ของเสียงที่เกิดขึ้นใหม่มักเป็นเสียงเพดานอ่อนเกิดจาก (1) พยัญชนะนาสิกเพดานอ่อนมีความเป็นพยัญชนะน้อยกว่าพยัญชนะนาสิกฐานกรณ์อื่น ทำให้เกิดสลับกับสระที่ออกเสียงขึ้นจมูกได้ง่ายกว่า (Ohala & Ohala, 1993) (2) ความคล้ายคลึงของการมองเห็น (Johnson et al., 2007) คือ ภาพการเคลื่อนไหวปากผู้พูดขณะออกเสียงสระที่ออกเสียงขึ้นจมูกหรือพยัญชนะนาสิกเพดานอ่อน คล้ายคลึงกัน ทำให้ผู้ฟังคิดว่าสระที่ได้ยินมีเสียงพยัญชนะนาสิกเพดานอ่อนลงท้าย
ระดับความสูงต่ำของลิ้น	ในภาษาปะโอและโป สระที่มีระดับลิ้นต่ำกว่าออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระที่มีระดับลิ้นสูงกว่า สอดคล้องกับผลการวิจัยในภาษาอื่นๆ (Montagu, 2007; Onsuwan, 2005) เหตุที่สระต่ำกว่ามีการออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าอาจเป็นเพราะ (1) ขณะออกเสียงสระขึ้นจมูกที่เป็นสระต่ำ เพดานอ่อนเปิดมากกว่าสระสูง สระต่ำจึงมีช่องทาง

⁶⁵ Michaud et al. (2012) กล่าวเสริมว่าการถ่ายโอนคุณสมบัตินาสิกไปยังสระ (transfer of nasality) ในโครงสร้าง CNV ไม่ได้หมายความว่า สระนาสิกที่ถือกำเนิดขึ้นเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงของพยัญชนะนาสิก แต่เป็นไปได้ว่าสระนาสิกเกิดก่อนและพยัญชนะนาสิกกลายเป็นพยัญชนะเปิดภายหลัง (เช่น *TmV > *TmŃ > TwŃ)

แจ่ม	สรุป
	<p>เดินเสียงบริเวณเพดานอ่อนกับผนังคอเปิดกว้างกว่า ทำให้กระแสมไหลออกทางช่องจมูกมากและนานกว่าสระสูง (Bell-Berti et al., 1979; Clumeck, 1975; Rossato et al., 2003) (2) ความยาวของสระที่มากกว่าเอื้อต่อการออกเสียงขึ้นจมูก ดังนั้น สระต่ำที่มีค่าระยะเวลาสระมากกว่าสระสูงจึงออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่า (Hajek, 1997; Hajek & Maeda, 2000) แนวคิดนี้ได้รับการสนับสนุนจากผลการศึกษาการรับรู้ (Delattre & Monnot, 1968; Hajek & Watson, 1998, 2007; Whalen & Beddor, 1989)</p>
ตำแหน่งหน้าหลังของสระ	<p>สระนาสิกในภาษาโปที่เป็นสระกลางมีการออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระหลัง สอดคล้องกับผลการศึกษาหลายงาน (Delvaux et al., 2002; Rochet & Rochet, 1991a) การที่สระหลังออกเสียงขึ้นจมูกน้อยกว่าสระหน้าอาจเป็นเพราะขณะออกเสียงสระหลัง ลิ้นส่วนหลังเคลื่อนไปยังเพดานอ่อน ทำให้เพดานอ่อนไม่สามารถเคลื่อนตัวลงได้มาก เพราะจะทำให้ฐานกรรณสัมผัสกัน แต่ขณะออกเสียงสระหน้า ลิ้นส่วนหลังไม่เคลื่อนไปยังเพดานอ่อน เพดานจึงเคลื่อนตัวลงได้มากกว่า ทำให้มีการออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่า (Delvaux et al., 2002; Moll, 1962)</p>
วิวัฒนาการของสระนาสิก	<p>ข้อค้นพบในภาษาปะโอและโปที่พบว่า สระต่ำมีการออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระสูงกว่า และสระที่ตำแหน่งลิ้นอยู่ด้านหน้าของช่องปากมากกว่ามีการออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าสระหลัง ช่วยสนับสนุนแนวคิดที่ว่าด้วยวิวัฒนาการของสระนาสิกที่ว่า สระต่ำเปลี่ยนแปลงเป็นสระนาสิกก่อนสระกลางและสระสูง และสระหน้าเปลี่ยนแปลงเป็นสระนาสิกก่อนสระหลัง (Ruhlen, 1973, 1975; Chen, 1975)</p>
โครงสร้างพยางค์	<p>/NV/ มีการออกเสียงขึ้นจมูกมากที่สุด รองลงมาคือ /NVC/, /CṼ/ และ /CVN/ ตามลำดับ ปัจจัยที่ส่งผลต่อลำดับการออกเสียงขึ้นจมูกดังกล่าวมีหลายประการ ได้แก่ (1) ข้อจำกัดในการเคลื่อนที่ของอวัยวะในการออกเสียง เพดานอ่อนต้องเคลื่อนตัวขึ้นเพื่อเตรียมออกเสียงพยัญชนะกัก /NVC/ จึงมีการออกเสียงขึ้นจมูกน้อยกว่า /NV/ (2) ลักษณะของกลไกการออกเสียง ในกรณีของ /CVN/ เพดานอ่อน</p>

แง่มุม	สรุป
	<p>เริ่มหย่อนตัวในช่วงท้ายของสระ ทำให้มีการออกเสียงขึ้นจมูกน้อยกว่าปริบท /NVC/ หรือ (3) การรับรู้ของผู้ฟัง ผู้ฟังอาจรับรู้การออกเสียงขึ้นจมูกว่าเป็นส่วนหนึ่งของสระ จึงพยายามไม่ออกเสียงขึ้นจมูกเพื่อหลีกเลี่ยงการเปลี่ยนแปลงของสระเสียงขึ้นจมูกเป็นสระนาสิก /NVC/ จึงมีการออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่า /CVN/ (4) สถานะของการออกเสียงขึ้นจมูก การออกเสียงขึ้นจมูกใน /CV/ อยู่ในระดับสัทวิทยาจึงมีการออกเสียงขึ้นจมูกมากกว่าการออกเสียงขึ้นจมูกใน /CVN/ ซึ่งอยู่ในระดับสัทศาสตร์</p>

โดยสรุป ข้อค้นพบเกี่ยวกับค่าความชันและค่าจุดตัดแกน y ของพยัญชนะนาสิกในภาษาสะกอสแสดงให้เห็นว่าวิธีสมการจุดร่วมเป็นวิธีการที่ดีที่สุดในการจำแนกฐานกรณ์ของพยัญชนะนาสิกด้วยวิธีการทางกลศาสตร์ ผลการศึกษายังช่วยเพิ่มเติมองค์ความรู้เกี่ยวกับลักษณะทางกลศาสตร์ของพยัญชนะนาสิกเพดานแข็งซึ่งมีการศึกษาไว้น้อย ผลการวิเคราะห์สระที่ออกเสียงขึ้นจมูกในภาษาโปและปะโอทำให้เข้าใจพฤติกรรมของการออกเสียงขึ้นจมูกของสระและช่วยทำให้มองเห็นการเปลี่ยนแปลงทางเสียงในภาษากลุ่มกะเหรี่ยงจากอดีตมาสู่ปัจจุบัน ผลการศึกษาในงานวิจัยนี้ยังช่วยสนับสนุนผลการวิจัยเชิงสรีรศาสตร์ กลศาสตร์ และการรับรู้เกี่ยวกับเสียงนาสิกในงานวิจัยภาษาอื่นๆ ที่ผ่านมามากด้วย นอกจากนี้ ผู้ที่สนใจยังอาจนำผลการวิเคราะห์จากงานวิจัยนี้ไปใช้ในการออกแบบวิธีการแก้ไขปัญหาการออกเสียงภาษาไทยไม่ชัดของผู้พูดภาษากลุ่มกะเหรี่ยงได้

7.3 ข้อเสนอแนะ

จากประสบการณ์การวิจัยเรื่องคุณสมบัตินาสิกในภาษากลุ่มกะเหรี่ยง ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยเกี่ยวกับคุณสมบัตินาสิกในอนาคต ดังนี้

(1) ควรมีการศึกษาพยัญชนะนาสิกด้วยวิธีสมการจุดร่วมจากภาษาสะกอสถิ่นที่มีพยัญชนะนาสิกเพดานอ่อนปรากฏร่วมกับสระหลายเสียง เพื่อนำค่าโลคัสเสมือนมาเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ในงานวิจัยนี้

(2) ควรมีการศึกษาการรับรู้เสียงพยัญชนะนาสิกในภาษาสะกอ เพื่อดูว่าผู้พูดภาษาสะกอสามารถจำแนกเสียงพยัญชนะต่างฐานกรณได้ดีเหมือนกับที่วิธีสมการจตุรรมซึ่งเป็นการศึกษาทางกลศาสตร์ทำให้เห็นความแตกต่างระหว่างพยัญชนะนาสิกหรือไม่

(3) ควรมีการศึกษาการเคลื่อนที่ของอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการออกเสียงขึ้นจมูกของสระในภาษาปะโอและภาษาโป เพื่อดูว่ามีความสอดคล้องกับผลการวิจัยทางกลศาสตร์หรือไม่ และสามารถอธิบายรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างการออกเสียงขึ้นจมูกกับคุณสมบัติสระหรือบริบทพยัญชนะนาสิกได้หรือไม่ และอย่างไร

(4) ควรมีการศึกษาสัมพัทธ์และการออกเสียงขึ้นจมูกของสระนาสิกในภาษาโปถิ่นอื่นๆ เพื่อเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ในงานวิจัยนี้

(5) ควรมีการศึกษาระดับความมากน้อยของคุณสมบัตินาสิก (degree of nasality) ของสระเสียงขึ้นจมูกและสระนาสิกในภาษาโป เพื่อดูว่ามีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติสระหรือไม่ และอย่างไร

(6) ควรมีการศึกษาเรื่องการออกเสียงขึ้นจมูกในภาษาเอเชียตะวันออกเฉียงใต้อื่นๆ ที่มีสระ 2 ชุด คือ สระโอษฐ์กับสระนาสิก เช่น ภาษามลายูปัตตานี ภาษาม้งขาว ภาษามปี ภาษากันชิว (เงาะหรือซาไก) ฯลฯ ว่าจะมีพฤติกรรมเหมือนหรือแตกต่างกับสระโอษฐ์และสระนาสิกในภาษาโปหรือไม่ และอย่างไร เพื่อยืนยันแนวคิดทฤษฎีที่มีนักสัทศาสตร์เสนอไว้

รายการอ้างอิง

- Abramson, A. S. (1962). The vowels and tones of standard Thai: Acoustical measurements and experiments. In C. F. Voegelin (Ed.), *Publication twenty of the Indiana University research center in anthropology, folklore, and linguistics*. Bloomington, Indiana: Indiana University.
- Abramson, A. S., Nye, P. W., Henderson, J. B. & Marshall, C. W. (1981). Vowel height and the perception of consonantal nasality. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 70(2), 329-339.
- Al-Bamerni, A. (1983). *Oral, velic, and laryngeal coarticulation across languages*. (Ph.D. dissertation), Oxford University, Oxford.
- Ali, L., Gallagher, T., Goldstein, J. & Daniloff, R. G. (1971). Perception of coarticulated nasality. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 49(2B), 538-540.
- Baart, J. (2010). *A field manual of acoustic phonetics*. Texas: SIL International.
- Ball, M. J. & Rahilly, J. (1999). *Phonetics: The science of speech*. Cornwall: Arnold.
- Basset, P., Amelot, A., Vaissière, J. & Roubeau, B. (2001). Nasal airflow in French spontaneous speech. *Journal of the International Phonetic Association*, 31(1), 87-99.
- Beddor, P. S. (2007). Nasals and nasalization: The relation between segmental and coarticulatory timing. *Proceedings of the 16th International Congress of Phonetic Sciences* (pp. 249-254). Saarbrücken, Germany.
- Beddor, P. S. (2009). A coarticulatory path to sound change. *Language*, 85, 785-821.
- Beddor, P. S. & Onsuwan, C. (2003). Perception of prenasalized stop. *Proceedings of the 15th International Congress of Phonetic Sciences* (pp. 407-410). Barcelona, Spain.
- Beddor, P. S., Onsuwan, C. & Letsholo, R. (2002). Segmental and coarticulatory timing in Ikalanga prenasalized stops. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 111(5), 2365-2365.
- Bell-Berti, F., Baer, T., Harris, K. S. & Niimi, S. (1979). Coarticulatory effects of vowel quality on velar function. *Phonetica*, 187-193.

- Benguerel, A. P. (1974). Nasal airflow patterns and velar coarticulation in French. *Speech Communication Seminar Proceedings* (Vol. 2, pp. 105-112).
- Benguerel, A. P. & Lafargue, A. (1981). Perception of vowel nasalization in French. *Journal of Phonetics*, 5, 149-158.
- Blackburn, C. S. (1996). *Articulatory methods for speech production and recognition*. (Ph.D. dissertation), University of Cambridge, Cambridge.
- Bloomer, H. (1953). Observations on palate-pharyngeal movements in speech and deglutition. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 18, 230-246.
- Boersma, P. & Weenink, D. (2014). Praat: doing phonetics by computer [Computer program] Version 5.3.80. Retrieved 19 July 2014, from <http://www.praat.org/>
- Bognar, E. & Fujisaki, H. (1986). Analysis, synthesis and perception of the French nasal vowels. *Proceedings of the International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing* 86 (Vol. 11, pp. 1601-1604). Tokyo.
- Boyce, S. E., Krakow, R. A., Bell-Berti, F. & Gelfer, C. E. (1990). Converging sources of evidence for dissecting articulatory movements into core gestures. *Haskins Laboratories Status Report on Speech Research SR-103*, 39-50.
- Bradley, D. (1997). Tibeto-Burman languages and classification. In D. Bradley (Ed.), *Papers in Southeast Asian linguistics: Tibeto-Burman languages of the Himalayas* (Vol. 14). Canberra: Pacific Linguistics.
- Bream, C. (1968). La nasalisation des voyelles orales suivies de consonnes nasales dans le français et l'anglais parlés au Canada. In P. R. Léon (Ed.), *Recherches sur la structure phonique du français canadien* (pp. 100-118). Montreal: Marcel Didier.
- Burling, R. (1969). Proto-Karen: A reanalysis. In A. L. Becker (Ed.), *Occasional papers of the Wolfenden Society on Tibeto-Burman linguistics* (pp. 1-116). S.I.: University of Michigan.
- Chafcouloff, M. & Marchal, A. (1999). Velopharyngeal coarticulation. In W. J. Handcastle & N. Hewlett (Eds.), *Coarticulation: Theory, data and techniques* (pp. 69-79). Cambridge: Cambridge University Press.

- Chang, Y. C., Hsieh, F. F. & Hsieh, Y. L. (2011). Phonetic implementation of nasality in Taiwanese (and French): Aerodynamic case studies. *Proceedings of the 17th International Congress of Phonetic Sciences* (pp. 436-439). Hongkong, China.
- Chen, M. Y. (1975). An areal study of nasalization in Chinese. In C. Ferguson, L. M. Hyman, & J. J. Ohaja (Eds.), *Nasalfest: Papers from a symposium on nasals and nasalization* (pp. 81-123). Stanford University: Department of Linguistics.
- Chen, M. Y. (1995). Acoustic parameters of nasalized vowels in hearing-impaired and normal-hearing speakers. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 98(5), 2443-2453.
- Chen, M. Y. (1996). *Acoustic correlates of nasality in speech*. (Ph.D. dissertation), Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts.
- Chen, M. Y. (1997). Acoustic correlates of English and French nasalized vowels. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 102(4), 2360-2370.
- Chen, M. Y. (2000). Acoustic analysis of simple vowels preceding a nasal in Standard Chinese. *Journal of Phonetics*, 28(1), 43-67.
- Chen, N. F., Slifka, J. L. & Stevens, K. N. (2007). Vowel nasalization in American English: Acoustic variability due to phonetic context. *Proceedings of the 16th International Congress of Phonetic Sciences* (pp. 905-908). Saarbrücken, Germany.
- Chuensukon, N. (1995). *A phonological study of Pwo Karen at Huay-Hom-Nok village, tambon Tha-Mae-Lob, Mae-Tha district, Lamphun province*. (Master thesis), Mahidol University, Nakhon Pathom.
- Clarke, W. M. & Mackiewicz-Krassowska, H. (1977). Variation in the oral and nasal sound pressure level of vowels in changing phonetic contexts. *Journal of Phonetics*, 5, 195-203.
- Clumeck, H. (1975). A cross-linguistic investigation of vowel nasalization: An instrumental study. In C. Ferguson, L. M. Hyman, & J. J. Ohaja (Eds.), *Nasalfest: Papers from a symposium on nasals and nasalization* (pp. 133-154). Stanford University: Department of Linguistics.
- Clumeck, H. (1976). Patterns of soft palate movement in six languages. *Journal of Phonetics*, 4, 337-351.

- Cohn, A. C. (1990). Phonetic and phonological rules of nasalization. *UCLA Working Papers in Phonetics*, 76.
- Cooke, J. R., Hudspith, J. E. & Morris, J. A. (1976). Phlong (Pwo Karen of Hot district, Chiang Mai). In W. A. Smalley (Ed.), *Phonemes and orthography: Language planning in ten minority languages of Thailand* (Vol. 43, pp. 187-220). Canberra: Australian National University.
- Daniloff, R. G. & Hammarberg, R. E. (1973). On defining coarticulation. *Journal of Phonetics*, 1, 239-248.
- Delattre, P. (1958). Les indices acoustiques de la parole: Premier rapport. *Phonetica*, 2(3-4), 226-251.
- Delattre, P. C., Liberman, A. M. & Cooper, F. S. (1955). Acoustic loci and transitional cues for consonants. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 27(4), 769-773.
- Delattre, P. C. & Monnot, M. (1968). The role of duration in the identification of French nasal vowels. *International Review of Applied Linguistics in Language Teaching*, 6(3), 267-288.
- Delvaux, V., Demolin, D., Harmegnies, B. & Soquet, A. (2008). The aerodynamics of nasalization in French. *Journal of Phonetics*, 36(4), 578-606.
- Delvaux, V., Metens, T. & Soquet, A. (2002). French nasal vowels: Acoustic and articulatory properties. *Proceedings of the 7th International Conference on Spoken Language Processing* (Vol. 1, pp. 53-56).
- Dhananjayananda, P. (1983). *The phonology of Sgaw Karen, with comparisons to Thai*. (Master thesis), Mahidol University, Nakhon Pathom.
- Diakoumakou, E. (2004). *Coarticulatory vowel nasalization in modern Greek*. (Ph.D. dissertation), University of Michigan, Michigan.
- Diakoumakou, E. (2005). Coarticulatory nasalization in modern Greek: Evidence for a link between coarticulation and syllable structure. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 117(4), 2459-2459.
- Dukiewicz, L. (1967). Polskie gloski nosowe. *Analiza akustyczna*.
- Fant, G. (1960). *Acoustic theory of speech production*. The Hague: Mouton.
- Fant, G. (1970). *Acoustic theory of speech production* (2nd ed.). The Hague: Mouton.

- Fant, G. (1973). Acoustic description and classification of phonetic units. *Speech Sounds and Features* (pp. 93-108). Cambridge, MA: The MIT Press.
- Farnetani, E. & Recasens, D. (2010). Coarticulation and connected speech processes. In W. J. Handcastle & J. Laver (Eds.), *The handbook of phonetic sciences* (pp. 316-352): Blackwell Publishing Ltd.
- Flege, J. E. (1988). Anticipatory and carry-over nasal coarticulation in the speech of children and adults. *Journal of Speech and Hearing Research*, 31(4), 525-536.
- Forel, C. A. & Puskás, G. (2005). *Phonetics and phonology: Reader for first year English linguistics*. University of Geneva.
- Fowler, C. A. & Brancazio, L. (2000). Coarticulation resistance of American English consonants and its effects on transconsonantal vowel-to-vowel coarticulation. *Language and speech*, 43(1), 1-41.
- Fujimura, O. (1962). Analysis of nasal consonants. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 34(12), 1865-1875.
- Ha, S. & Kuehn, D. (2006). Temporal characteristics of nasalization in children and adult speakers of American English and Korean during production of three vowel contexts. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 120(3), 1622-1630.
- Hajek, J. (1997). *Universal of sound change in nasalisation*. Oxford: Blackwell.
- Hajek, J. (2003). Patterns of vowel nasalisation in Northern Italy: Articulatory versus perceptual. *Proceedings of the 15th International Congress of Phonetic Sciences* (pp. 235-238). Barcelona, Spain.
- Hajek, J. & Maeda, S. (2000). Investigating universals of sound change: The effect of vowel height and duration on the development of distinctive nasalization. In M. B. Broe & J. B. Pierrehumbert (Eds.), *Papers in laboratory phonology V: Acquisition and the lexicon* (pp. 52-69). Cambridge: Cambridge University Press.
- Hajek, J. & Watson, I. (1998). More evidence for the perceptual basis of sound change? Suprasegmental effects in the development of distinctive nasalisation. In R. H. Mannell & J. Robert-Ribes (Eds.), *Proceedings of the 5th International Conference on Spoken Language Processing* (Vol. 5, pp. 1763-

- 1766). Sydney, Australia: Australian Speech Science and Technology Association, Incorporated (ASSTA).
- Hajek, J. & Watson, I. (2007). Prosodic conditioning of Portuguese subjects' perception of vowel nasality. *Proceedings of the 16th International Congress of Phonetic Sciences* (pp. 741-744). Saarbrücken, Germany.
- Harding, S. & Meyer, G. (2003). Changes in the perception of synthetic nasal consonants as a result of vowel formant manipulations. *Speech Communication*, 39(3-4), 173-189.
- Harrington, R. A. (1944). A study of the mechanism of velo-pharyngeal closure. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 9, 325-345.
- Hattori, S., Yamamoto, K. & Fujimura, O. (1958). Nasalization of vowels in relation to nasals. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 30(4), 267-274.
- Hawkins, S. & Stevens, K. N. (1985). Acoustic and perceptual correlates of the non-nasal – nasal distinction for vowels. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 77(4), 1560-1575.
- Hockett, C. F. (1955). *A manual of phonology*. Baltimore: Waverly Press, Inc.
- Hombert, J. M. (1986). The development of nasalized vowel in the Teke group, Bantu. In K. Bogers, H. van der Hulst, & M. Mous (Eds.), *The phonological representation of suprasegmentals* (pp. 359-379). Dordrecht: Foris.
- House, A. S. (1957). Analog studies of nasal consonants. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 22(2), 190-204.
- House, A. S. & Stevens, K. N. (1956). Analog studies of the nasalization of vowels. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 21(2), 218-232.
- Huffman, M. K. (1990). Implementation of nasal: Timing and articulatory landmarks. *UCLA Working Papers in Phonetics*, 75.
- Intajamornrak, C. (2012). Variation and change of the Phrae Pwo Karen vowels and tones induced by language contact with the Tai languages. *Manusya: Journal of Humanities*, 15(2), 1-20.
- Iskarous, K., Fowler, C. A. & Whalen, D. H. (2010). Locus equations are an acoustic expression of articulator synergy. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 128(4), 2021-2032.

- Jha, S. K. (1985). The nasal vowels in Maithili: An acoustic study. *Contributions to Nepalese studies CNAS, Tribhuvan University*, 13(1), 19-32.
- Jitwiriyanont, S. (2012). Ban Pa La-U Sgaw Karen tones: An analysis of semitones, quadratic trendlines and coefficients. *Manusya: Journal of Humanities*, 15(2), 60-77.
- Jitwiriyanont, S. (n.d.). Northern Pa-O tones revisited.
- Johnson, K. (2003). *Acoustic and auditory phonetics* (2nd ed.). Oxford: Blackwell.
- Johnson, K., Dicanio, C. T. & Mackenzie, L. (2007). The acoustic and visual phonetic basis of place of articulation in excrescent nasals. *UC Berkeley Phonology Lab Annual Report* (pp. 529-561).
- Jones, R. B. (1961). *Karen Linguistic studies: Description, comparison, and texts*. Los Angeles: University of California Press.
- Kacprowski, J. & Mikiel, W. (1965). Simplified rules for parametric synthesis of nasal and stop consonants in C-V syllables by means of the termina-analog speech synthesizer. *Acustica*, 16(6), 356-364.
- Kaewsilpa, C. (1982). *A phonological study of Pwo Karen as spoken in Phop-Phra, Tak province*. (Master thesis), Mahidol University, Nakhon Pathom.
- Kato, A. (1995). The phonological systems of three Pwo Karen dialects. *Linguistics of the Tibeto-Burman Area*, 18(1), 63-103.
- Kauffman, W. G. (1993). *The great tone split and Central Karen*. (Master thesis), University of North Dakota, North Dakota.
- Kerdpol, K. (2012). Formant transitions as effective cues to differentiate the places of articulation of Ban Pa La-U Sgaw Karen nasals. *Manusya: Journal of Humanities*, 15(2), 21-38.
- Klopfenstein, M. (2006). *Phonetic implementation of phonological categories: The case of contextual and contrastive vowel nasalization in Ottawa*. (Master thesis), Wayne State University, Detroit, Michigan.
- Krakov, R. A. (1999). Physiological organization of syllables: A review. *Journal of Phonetics*, 27(1), 23-54.

- Krull, D. (1988). Acoustic properties as predictors of perceptual responses: A study of Swedish voiced stops. *Phonetic Experimental Research at the Institute of Linguistics University of Stockholm (PERILUS)*, 7, 66-70.
- Krull, D. (1989). Second formant locus patterns and consonant-vowel coarticulation in spontaneous speech. *Phonetic Experimental Research at the Institute of Linguistics University of Stockholm (PERILUS)*, 10, 87-108.
- Kurowski, K. & Blumstein, S. E. (1987). Acoustic properties for place of articulation in nasal consonants. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 81(6), 1917-1927.
- Kutanan, W., Srikumool, M., Pittayaporn, P., Seielstad, M., Kangwanpong, D., Kumar, V., . . . Chantawannakul, P. (2015). Admixed origin of the Kayah (Red Karen) in Northern Thailand revealed by biparental and paternal markers. *Annals of human genetics*, 79(2), 108-121.
- Lapolla, R. J. (2001). The role of migration and language contact in the development of the Sino-Tibetan language family. In R. M. W. Dixon & A. Y. Aikhenvald (Eds.), *Areal diffusion and genetic inheritance*. Oxford: Oxford University Press.
- Lebar, F. M., Hickey, G. C. & Musgrave, J. K. (1964). *Ethnic groups of Mainland Southeast Asia*. New Haven, Connecticut: Human Relations Area Files.
- Lehiste, I. (1970). *Suprasegmentals*. Cambridge: MIT Press.
- Lieberman, A. M., Delattre, P. C., Cooper, F. S. & Gerstman, L. J. (1954). The role of consonant-vowel transitions in the perception of the stop and nasal consonants. *Psychological Monographs: General and Applied*, 68(8), 1-13.
- Lindblom, B. (1963). On vowel reduction. *Report No. 29*. The Royal Institute of Technology, Speech Transmission Laboratory, Stockholm, Sweden.
- Lindblom, B. & Sussman, H. M. (2012). Dissecting coarticulation: How locus equations happen. *Journal of Phonetics*, 40(1), 1-19.
- Lintz, L. B. & Sherman, D. (1961). Phonetic elements and perception of nasality. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 4(4), 381-396.
- Lisker, L. (1978). Segment duration, voicing and the syllable. *Haskins Laboratories: Status report on speech research SR-54*, 175-189.

- Luangthongkum, T. (2014). Proto-Karen (*k-rjanA) fauna. *Manusya: Journal of Humanities*, 20, 86-123.
- Luangthongkum, T., Intajamornrak, C., Putthasatien, K., Huadsiri, Y. & Phalipat, S. (2011). A synopsis of Mal phonetics. *Mon-Khmer Studies Journal Special Issue No. 2*, 69-80.
- Maeda, S. (1982). The role of the sinus cavities in the production of nasal vowels. *Proceedings of the International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing 82* (Vol. 7, pp. 911-914). Paris.
- Maeda, S. (1993). Acoustics of vowel nasalization and articulatory shifts in French nasal vowels. In M. K. Huffman & R. A. Krakow (Eds.), *Nasals, nasalization, and the velum* (Vol. 5, pp. 147-167). San Diego: Academic Press.
- Magdics, K. (1969). *Studies in the acoustic characteristics of Hungarian speech sounds*. Bloomington: Indiana University.
- Malécot, A. (1956). Acoustic cues for nasal consonants: An experimental study involving a tape-splicing technique. *Language*, 32(2), 274-284.
- Manson, K. (2009). Prolegomena to reconstructing Proto-Karen. *LaTrobe Working Papers in Linguistics*, 12.
- Manson, K. (2011). *The subgrouping of Karen*. Paper presented at the 21th Annual Meeting of the Southeast Asian Linguistics Society (SEALS), Kasetsart University, Bangkok.
- Manuel, S. (1991). Some phonetic bases for the relative malleability of syllable-final vs. syllable-initial consonants. *Proceedings of the 12th International Congress of Phonetic Sciences* (pp. 118-121). Aix-en-Provence, France.
- Manyah, K. F. (2011). Oral-nasal vowel contrasts: New perspectives on a debated question. *Proceedings of the 17th International Congress of Phonetic Sciences* (pp. 200-203). Hongkong, China.
- Matisoff, J. A. (1978). *Variational semantics in Tibeto-Burman*. Pennsylvania: Institute for the Study of Human Issues, Inc.
- Matisoff, J. A. (1991). Sino-Tibetan linguistics: Present state and future prospects. *Annual Review of Anthropology*, 20, 469-504.

- Matisoff, J. A. (2008). *The Tibeto-Burman reproductive system: Toward an etymological thesaurus*. California: University of California Press.
- McDonald, E. T. & Baker, H. K. (1951). Cleft palate speech: An integration of research and clinical observation. *Journal of Speech Hearing Disorders*, 16, 9-20.
- McKillup, S. (2006). *Statistics explained : An introductory guide for life scientists*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Michaud, A., Jacques, G. & Rankin, R. L. (2012). Historical transfer of nasality between consonantal onset and vowel: From C to V or from V to C? *Diachronica*, 29(2), 201-230.
- Moll, K. L. (1962). Velopharyngeal closure in vowels. *Journal of Speech and Hearing Research*, 5(1), 30-37.
- Moll, K. L. & Daniloff, R. G. (1971). Investigation of the timing of velar movements during speech. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 50(2B), 678-684.
- Möller, A. (1971). Unit responses in the rat cochlear nucleus to tones of rapidly varying frequency and amplitude. *Acta Physiologica Scandinavica*, 81, 540-556.
- Montagu, J. (2007). Temporal extent of nasalization relative to the tongue articulation in French nasalized vowels. *Proceedings of the 16th International Congress of Phonetic Sciences* (pp. 621-624). Saarbrücken, Germany.
- Noinaj, W. (1996). *A phonological study of Pwo Karen as spoken in Phop-Phra, Tak province*. (Master thesis), Mahidol University, Nakhon Pathom.
- Nusbaum, E. A., Foley, L. & Wells, C. (1935). Experimental studies of the firmness of velar-pharyngeal occlusion during the production of English vowels. *Speech Monographs*, 2, 71-80.
- Ohala, J. J. (1971). Monitoring soft palate movements in speech. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 50, 140.
- Ohala, J. J. (1975). Phonetic explanations for nasal sound patterns. In C. Ferguson, L. M. Hyman, & J. J. Ohala (Eds.), *Nasalfest: Papers from a symposium on nasals and nasalization* (pp. 289-316). Stanford University: Language Universals Project.

- Ohala, J. J. (1993a). Coarticulation and phonology. *Language and speech*, 36(2, 3), 155-170.
- Ohala, J. J. (1993b). The phonetics of sound change. In C. Jones (Ed.), *Historical linguistics: Problems and perspective* (pp. 237-278). Longman: London.
- Ohala, J. J. (2007). Moving phonological science from paper to the laboratory: The case of nasals and nasalization. *Proceedings of the 16th International Congress of Phonetic Sciences* (pp. 267-270). Saarbrücken, Germany.
- Ohala, J. J. & Amador, M. (1981). Spontaneous nasalization. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 69(S1), S54-S54.
- Ohala, J. J. & Ohala, M. (1993). The phonetics of nasal phonology: Theorems and data. In M. K. Huffman & R. A. Krakow (Eds.), *Nasals, nasalization, and the velum* (Vol. 5, pp. 225-249). San Diego: Academic Press.
- Onsuwan, C. (2005). *Temporal relations between consonants and vowels in Thai syllables*. (Ph.D. dissertation), University of Michigan, Michigan.
- Phillips, A. (2000). *West-Central Thailand Pwo Karen phonology*. Paper presented at the 33rd Sino-Tibetan Conference of Language and Linguistics (ICSTLL), Ramkhamkaeng University, Bangkok.
- Phillips, A. (2009). Omkoi Pwo Karen phonology and orthography. *PYU Working Papers in Linguistics*, 5.
- Pickett, J. M. (1980). *The sounds of speech communication : A primer of acoustic phonetics and speech perception*. Baltimore: University Park Press.
- Pruthi, T. (2007). *Analysis, vocal-tract modeling and automatic detection of vowel nasalization*. (Ph.D. dissertation), University of Maryland, Maryland.
- Rajah, A. (2008). *Remaining Karen: A study of cultural reproduction and the maintenance of identity*. Australia: ANU E Press.
- Ramsey, D. J. (2011). *Statistics For Dummies* (2nd ed.). Indiana: Wiley Publishing Inc.
- Rattanaporn, P. (2012). *Phonetics of Sgaw Karen in Thailand: An acoustic description*. (Master thesis), Chiangmai University, Chiangmai.
- Recasens, D. (1983). Place cues for nasal consonants with special reference to Catalan. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 73(4), 1346-1353.

- Recasens, D. & Espinosa, A. (2009). An articulatory investigation of lingual coarticulatory resistance and aggressiveness for consonants and vowels in Catalan. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 125(4), 2288-2298.
- Repp, B. H. (1986). Perception of the [m]–[n] distinction in CV syllables. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 79(6), 1987-1999.
- Repp, B. H. & Svastikula, K. (1988). Perception of the [m]–[n] distinction in VC syllables. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 83(1), 237-247.
- Rochet, A. P. & Rochet, B. L. (1991a). Acoustical analysis of nasal resonance patterns in speech. *Canadian Acoustics*, 19(4), 89-90.
- Rochet, A. P. & Rochet, B. L. (1991b). The effect of vowel height on patterns of assimilation nasality in French and English. *Proceedings of the 12th International Congress of Phonetic Sciences* (Vol. 12, pp. 54-57). Aix-en-Provence, France.
- Rochet, B. L. & Yanmei, F. (1992). Acoustic measurements of vocalic nasality in Mandarin Chinese. *Canadian Acoustics*, 20(3), 53-54.
- Roengpitya, R. (2001). *A Study of vowels, diphthongs, and tones in Thai*. (Ph.D. dissertation), University of California, Berkeley, California.
- Romportl, M. (1973). Zur akustischen analyse und klassifizierung der nasale *Studies in Phonetics* (pp. 78-83). The Hague: Mouton.
- Rossato, S., Badin, P. & Bouaouni, F. (2003). Velar movements in French: An articulatory and acoustical analysis of coarticulation. *Proceedings of the 15th International Congress of Phonetic Sciences* (pp. 3141-3144). Barcelona, Spain.
- Ruhlen, M. (1973). Nasal vowels. *Working Papers on Language Universals*, 12.
- Ruhlen, M. (1975). Patterning of nasal vowels. In C. Ferguson, L. M. Hyman, & J. J. Ohala (Eds.), *Nasalfest: Papers from a symposium on nasals and nasalization* (pp. 333-351). Stanford University: Language Universals Project.
- Sampson, R. (1999). *Nasal vowel evolution in Romance*. New York: Oxford University.
- Saw Lar Baa. (2001). *The phonological basis of a Sgaw and northwest Karenic orthography*. (Master thesis), Payap University, Chiangmai.
- Scarborough, R., Styler, W. & Marques, L. (2015). Coarticulation and contrast: Neighborhood density conditioned phonetic variation in French. *Proceedings*

- of the 18th International Congress of Phonetic Sciences. Glasgow, UK: the University of Glasgow.
- Schliesinger, J. (2000). *Ethnic groups of Thailand: Non-Tai-speaking peoples*. Bangkok: White Lotus Press.
- Shintani, T. (2003). Classification of Brakaloungic (Karenic) languages, in relation to their tonal evolution. In S. Kaji (Ed.), *Proceedings of the Symposium Cross-Linguistic Studies of Tonal Phenomena: Historical Development, Phonetics of Tone, and Descriptive Studies* (pp. 37-54). Tokyo: Tokyo University of Foreign Studies.
- Shosted, R. (2006). Vocalic context as a condition for nasal coda emergence: Aerodynamic evidence. *Journal of the International Phonetic Association*, 36(01), 39-58.
- Shosted, R. (2011). Excrescent nasal codas in Brazilian Portuguese: An electropalatographic study. *Proceedings of the 17th International Congress of Phonetic Sciences* (pp. 1834-1837). Hongkong, China.
- Shosted, R., Carignan, C. & Rong, P. (2012). Managing the distinctiveness of phonemic nasal vowels: Articulatory evidence from Hindi. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 131(1), 455-465.
- Smith, S. (1951). Vocalization and added nasal resonance. *Folia Phoniatica et Logopaedica*, 3(3), 165-169.
- Solé, M. J. (1992). Phonetic and phonological processes: The case of nasalization. *Language and speech*, 35(1), 29-34.
- Solé, M. J. (1995). Spatio-temporal patterns of velopharyngeal action in phonetic and phonological nasalization. *Language and speech*, 38(1), 1-23.
- Solé, M. J. (2007). Compatibility of features and phonetic content. The case of nasalization. *Proceedings of the 16th International Congress of Phonetic Sciences* (pp. 261-266). Saarbrücken, Germany.
- Solé, M. J. & Ohala, J. I. (2010). What is and what is not under the control of the speaker: Intrinsic vowel duration. In C. Fougeron, B. Kühnert, M. D'Imperio, & N. Vallée (Eds.), *Papers in Laboratory Phonology 10* (pp. 607-655). Berlin: de Gruyter.

- Solnit, D. B. (2013). *Proto-Karen rhymes*. Paper presented at the 46th International Conference on Sino-Tibetan Languages and Linguistics, Dartmouth.
- Srisavasdi, B. C. (1963). *The hill tribes of Siam*. Bangkok: Bamroong Nukoulkit Press.
- Stevens, K. N. (1980). Discussion. *Proceedings of the 9th International Congress of Phonetic Sciences* (Vol. 3, pp. 185-186). Copenhagen: University of Copenhagen, Institute of Phonetics.
- Stevens, K. N. (1989). On the quantal nature of speech. *Journal of Phonetics*, 17, 3-45.
- Sussman, H. M., Hoemeke, K. A. & Ahmed, F. S. (1993). A cross-linguistic investigation of locus equations as a phonetic descriptor for place of articulation. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 94(3 Pt 1), 1256-1268.
- Sussman, H. M., McCaffrey, H. A. & Matthews, S. A. (1991). An investigation of locus equations as a source of relational invariance for stop place categorization. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 90(3), 1309-1325.
- Sussman, H. M. & Shore, J. (1996). Locus equations as phonetic descriptors of consonantal place of articulation. *Perception & Psychophysics*, 58(6), 936-946.
- Tabain, M. (2000). Coarticulation in CV syllables: A comparison of Locus Equation and EPG data. *Journal of Phonetics*, 28(2), 137-159.
- Tabain, M. (n.d.). *Nasal consonants in Yanyuwa and Yindjibarndi: An acoustic study*. Speech Hearing and Language Research Centre, Macquarie University.
- Tabain, M. & Butcher, A. (1999). Stop consonants in Yanyuwa and Yindjibarndi: Locus equation data. *Journal of Phonetics*, 27(4), 333-357.
- Teeranon, P. (2012). Initial consonant voicing perturbation of the fundamental frequency of oral vowels and nasal vowels: A controversial case from Ban Doi Pwo Karen. *Manusya: Journal of Humanities*, 15(2), 39-59.
- Thanamteun, O. (2000). *A phonological study of Pa-O (Taungthu) at Ban Huay Salop, Tambon Huay Pha, Muang district, Mae Hong Son province*. (Master thesis), Mahidol University, Nakhon Pathom.
- Thomas, J. M. C., Bouquieux, L. & Cloarec-Heiss, F. (1976). *Initialtion a la phonetique*. Paris: Puf.

- Vaggies, K., Ferrero, F. E., Caldognetto-Magno, E. & Lavagnoli, C. (1978). Some acoustic characteristics of Italian consonants. *Journal of Italian Linguistics*, 3, 69-85.
- van Driem, G. (2001). *Languages of the Himalayas : An ethnolinguistic handbook of the greater Himalayan region* (Vol. 1-2). Leiden: Brill.
- van Driem, G. (2007). The diversity of the Tibeto-Burman language family and the linguistic ancestry of Chinese. *Bulletin of the Chinese Linguistics*, 1(2), 211-270.
- van Driem, G. (2015). Tibeto-Burman. In W. S.-Y. Wang & C. Sun (Eds.), *The Oxford handbook of Chinese linguistics* (pp. 135-148). New York: Oxford University Press.
- Watson, I. & Hajek, J. (1999). A perceptual basis for the foot parameter in the development of distinctive nasalization. *Proceedings of the 14th International Congress of Phonetic Sciences* (pp. 1857-1860). San Francisco, USA.
- Watson, I. & Hajek, J. (2003). Cross-linguistic study of the effect of suprasegmental features conditioning the development of nasal vowels. *Proceedings of the 15th International Congress of Phonetic Sciences* (pp. 2809-2812). Barcelona, Spain.
- Whalen, D. H. & Beddor, P. S. (1989). Connections between nasality and vowel duration and height: Elucidation of the Eastern Algonquian intrusive nasal. *Language*, 65(3), 457-486.
- Wood, S. (2005). Praat for beginners. Retrieved 1 May 2015, from <http://person2.sol.lu.se/SidneyWood/praaate/frames.html>
- กัญญารัตน์ เอี่ยมวันทอง. (2551). ลักษณะทางกลศาสตร์ของสระในภาษามลายูถิ่นปัตตานี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาภาษาศาสตร์ คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กัลยา วานิชย์บัญชา. (2553). การใช้ *SPSS for Windows* ในการวิเคราะห์ข้อมูล. กรุงเทพฯ: บริษัทธรรมสาร จำกัด.
- จรัล ทรัพย์เสรี. (2010). รู้จักกับ Box Plot. *For Quality Management*, 16, 35-37.
- ณัฐพล พึ่งน้อย. (2553). การศึกษาลักษณะทางกลศาสตร์ของพยางค์ที่ได้รับการลงเสียงหนักและพยางค์ที่ไม่ได้รับการลงเสียงหนักในภาษามลายูถิ่นปัตตานีและภาษาอูรักลาโว้ย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาภาษาศาสตร์ คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ดำรงค์ ทิพย์โยธา. (2544). ความน่าจะเป็นและสถิติ สรุปเนื้อหา โจทย์แบบฝึกหัดและเฉลย.

กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธีระพันธ์ เหลืองทองคำและคณะ. (2554). เสียงภาษาไทย: การศึกษาทางกลศาสตร์. กรุงเทพฯ:

โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บัญชา ศรีสมบัติ. (ม.ป.ป.) หลักสถิติ รหัส 4111101. เข้าถึงได้จาก

<http://pibul2.psu.ac.th/~buncha/>.

พจนารถ เสมอมิตร. (2526). ระบบเสียงในภาษาไทย อำเภอศรีสวัสดิ์ จังหวัดกาญจนบุรี.

วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาภาษาศาสตร์ คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2540). วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์. กรุงเทพฯ: สำนัก

ทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

ยุพาพร ฮวดศิริ. (2550). การจำแนกความแตกต่างของฐานกรณ์ชุดพยัญชนะต้นอีกด้วยวิธีสมการจุด

ร่วม: การศึกษาภาษาม้ง เมี่ยน และมัล. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาภาษาศาสตร์ คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิชาติ บุรณะประเสริฐสุข และคณะ. (2555). เรื่องเล่าจากชายแดนไทย-พม่า: ประกายไฟทางปัญญา

เพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วีระวัชร สำราญจิตต์. (2516). ระบบหน่วยเสียงของภาษากะเหรี่ยงในตำบลสวนผึ้ง. กรุงเทพฯ: หน่วย

ศึกษานิเทศก์ กรมการฝึกหัดครู.

สุรียา รัตนกุล. (2529). พจนานุกรมภาษาไทย-กะเหรี่ยงสะกอ. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย และ

สถาบันวิจัยภาษาและวัฒนธรรมเพื่อพัฒนาชนบท มหาวิทยาลัยมหิดล.

สุรียา รัตนกุล. (2537). นานาภาษาในเอเชียอาคเนย์ ภาคที่ 1 ภาษาตระกูลออสโตรเอเชียติกและ

ตระกูลจีน-ทิเบต. กรุงเทพฯ: บริษัทสหธรรมมิก.

สุรียา รัตนกุล. (2547). รวมบทความวิชาการ เล่ม 1 กะเหรี่ยง. กรุงเทพฯ: คณะกรรมการเผยแพร่

ผลงานทางวิชาการ คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.



ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ก

รายการคำที่ประกอบด้วยพยัญชนะกักและสระ

ภาษาปะโอ

e		ε	
คำ	ความหมาย	คำ	ความหมาย
tek44	กต	tεt44	จิ้ม
kep33	เก็บ	ηau42 tek42	ร้องเพลงแบบไม่มีดนตรี

ภาษาโป

i		e		ε	
คำ	ความหมาย	คำ	ความหมาย	คำ	ความหมาย
pi44	เล็ก	pe42	ฟาด	bε33	ถูก
di33	เขียด	de33	สะไ้	dε33	เห็น

ภาคผนวก ข

ค่า F2onset (Hz) และค่า F2vowel (Hz) ของผู้บอกภาษาสะกอ

คน ที่	สระ	/m/		/n/		/ɲ/		/ŋ/	
		F2onset	F2vowel	F2onset	F2vowel	F2onset	F2vowel	F2onset	F2vowel
1	i	1574.50	2218.72	1894.28	2282.64	-	-	-	-
1	i	1588.11	2192.79	1805.82	2252.07	-	-	-	-
1	i	1719.17	1936.28	1905.76	2282.14	-	-	-	-
1	i	1453.54	2125.14	1859.89	2223.56	-	-	-	-
1	i	1381.50	2186.45	1938.09	2149.61	-	-	-	-
1	e	1554.51	1846.01	1842.45	2101.72	2002.26	1945.62	-	-
1	e	1555.73	1966.58	1783.66	1969.36	2158.71	1998.17	-	-
1	e	1588.79	1860.16	1822.67	1906.05	1922.11	1876.54	-	-
1	e	1487.14	1961.68	1876.95	2104.68	2121.55	1968.24	-	-
1	e	1486.61	1900.99	1841.08	1979.63	2115.30	2013.19	-	-
1	ɛ	1592.52	1874.93	1907.01	2079.88	2166.57	2061.35	-	-
1	ɛ	1501.03	1953.52	1745.54	1969.63	2172.97	2066.26	-	-
1	ɛ	1445.95	1875.24	1606.44	1938.18	2108.63	1983.66	-	-
1	ɛ	1479.51	1959.48	1768.03	1902.30	2109.85	1974.39	-	-
1	ɛ	1564.65	1886.77	1860.50	2047.57	2146.35	2053.25	-	-
1	ɨ	1091.92	1435.57	1501.73	1342.16	-	-	-	-
1	ɨ	1132.84	1464.63	1474.67	1367.48	-	-	-	-
1	ɨ	1093.25	1320.24	1500.39	1343.73	-	-	-	-
1	ɨ	1105.42	1454.45	1580.17	1353.41	-	-	-	-
1	ɨ	1080.35	1512.56	1565.52	1355.96	-	-	-	-
1	ə	1059.06	1481.23	1624.40	1506.72	-	-	-	-
1	ə	1075.96	1478.70	1622.05	1492.71	-	-	-	-
1	ə	1028.11	1531.90	1516.14	1459.89	-	-	-	-
1	ə	1031.83	1367.31	1557.29	1441.32	-	-	-	-
1	ə	1066.42	1524.40	1505.06	1438.65	-	-	-	-
1	a	953.89	1650.03	1624.78	1606.86	1977.62	1605.52	1915.52	1657.89
1	a	990.91	1616.57	1556.59	1597.80	1985.53	1704.19	1937.90	1688.05
1	a	1086.15	1556.51	1567.70	1575.42	1875.43	1571.62	1860.12	1660.91
1	a	1056.29	1658.29	1528.50	1517.68	1968.18	1852.22	1906.10	1732.33

คน ที่	สระ	/m/		/n/		/ɲ/		/ŋ/	
		F2onset	F2vowel	F2onset	F2vowel	F2onset	F2vowel	F2onset	F2vowel
1	a	1092.46	1660.13	1634.48	1668.08	1841.88	1753.42	1826.85	1554.48
1	u	622.15	717.44	1313.94	811.13	-	-	-	-
1	u	715.51	706.43	1320.97	740.32	-	-	-	-
1	u	723.39	789.35	1308.40	811.13	-	-	-	-
1	u	645.63	692.92	1220.89	776.22	-	-	-	-
1	u	768.04	678.55	1296.47	787.49	-	-	-	-
1	o	714.36	812.41	1238.86	929.90	2090.47	685.08	-	-
1	o	823.83	771.86	1352.82	982.15	2164.86	738.51	-	-
1	o	680.43	658.92	1340.45	832.11	1979.65	794.04	-	-
1	o	696.12	741.05	1296.38	863.41	1843.27	811.65	-	-
1	o	770.18	750.25	1167.23	905.92	1845.26	780.84	-	-
1	ɔ	871.70	895.65	1323.90	923.08	2102.79	846.99	680.60	767.21
1	ɔ	877.65	927.09	1342.22	834.39	1897.69	881.58	788.59	790.12
1	ɔ	939.26	864.77	1313.54	1116.22	1979.02	977.97	818.93	862.87
1	ɔ	756.87	890.10	1377.71	1181.96	1968.94	979.86	796.15	889.10
1	ɔ	821.72	893.86	1308.62	985.01	1973.04	951.84	783.27	753.48
2	i	1913.07	2142.76	1877.12	2205.46	-	-	-	-
2	i	1654.32	2092.91	2031.65	2218.43	-	-	-	-
2	i	1870.00	2025.69	1982.55	2032.62	-	-	-	-
2	i	1822.59	2087.00	2069.59	2325.82	-	-	-	-
2	i	1682.28	2004.00	1922.44	2204.11	-	-	-	-
2	e	1820.68	2125.93	1921.56	2085.17	2077.93	2030.67	-	-
2	e	1742.86	2044.79	1881.49	2061.68	2156.97	2127.30	-	-
2	e	1829.28	2136.06	1900.66	2094.19	2187.53	2124.35	-	-
2	e	1726.35	2062.39	1847.77	2030.40	2156.27	2062.53	-	-
2	e	1656.72	2067.85	1875.27	2001.39	2186.84	2092.57	-	-
2	ɛ	1752.49	2056.81	1779.38	2121.14	2372.28	2191.12	-	-
2	ɛ	1783.63	2029.15	1844.01	2052.32	2310.54	2211.18	-	-
2	ɛ	1664.52	2157.60	1907.24	2170.18	2219.02	2093.53	-	-
2	ɛ	1670.43	2122.31	1884.52	2198.63	2279.65	2193.83	-	-
2	ɛ	1839.22	2121.59	1900.46	2188.81	2185.64	2059.13	-	-
2	ɨ	1191.04	1651.33	1634.12	1681.87	-	-	-	-
2	ɨ	1249.82	1718.34	1640.29	1747.82	-	-	-	-

คน ที่	สระ	/m/		/n/		/ɲ/		/ŋ/	
		F2onset	F2vowel	F2onset	F2vowel	F2onset	F2vowel	F2onset	F2vowel
2	ิ	1228.86	1653.37	1632.32	1707.34	-	-	-	-
2	ิ	1165.11	1682.51	1750.92	1751.79	-	-	-	-
2	ิ	1016.54	1712.72	1747.01	1712.49	-	-	-	-
2	อ	1169.21	1525.19	1589.11	1466.54	-	-	-	-
2	อ	1207.08	1536.27	1584.50	1536.71	-	-	-	-
2	อ	1209.12	1537.61	1600.58	1524.55	-	-	-	-
2	อ	1224.29	1535.01	1618.86	1528.23	-	-	-	-
2	อ	1219.97	1576.62	1646.55	1506.18	-	-	-	-
2	า	1185.27	1568.64	1627.75	1601.59	2107.27	1778.84	2124.04	1747.37
2	า	1220.43	1631.62	1608.95	1647.75	2190.55	1720.23	1902.51	1843.48
2	า	1297.89	1621.97	1591.09	1582.63	2217.34	1734.79	2125.70	1781.24
2	า	1272.29	1653.36	1582.63	1659.77	2156.25	1745.79	2094.47	1754.05
2	า	1270.21	1560.63	1638.04	1690.09	2189.65	1804.98	1839.18	1719.57
2	อุ	718.54	624.11	1436.29	642.85	-	-	-	-
2	อุ	746.83	626.83	1391.09	637.79	-	-	-	-
2	อุ	750.26	621.79	1405.31	636.83	-	-	-	-
2	อุ	719.14	624.98	1338.41	676.24	-	-	-	-
2	อุ	745.64	684.87	1402.49	607.87	-	-	-	-
2	อ	865.98	787.71	1388.85	861.93	1939.27	846.85	-	-
2	อ	846.32	742.99	1349.88	866.34	1938.62	811.65	-	-
2	อ	824.04	759.29	1374.69	864.55	1938.04	813.61	-	-
2	อ	880.49	680.13	1367.65	885.37	1965.23	811.70	-	-
2	อ	826.30	709.03	1368.24	939.80	1937.66	687.42	-	-
2	อ	812.96	868.09	1430.79	813.02	1936.80	906.16	904.58	902.51
2	อ	807.40	877.60	1320.15	821.67	1995.53	945.17	873.22	873.68
2	อ	825.96	884.88	1400.73	845.82	1994.95	901.33	812.22	874.02
2	อ	808.45	833.16	1351.13	863.62	1986.81	933.50	906.25	905.90
2	อ	811.83	897.08	1309.47	886.29	1997.87	913.65	812.02	782.03
3	ิ	1598.66	2370.10	1999.74	2398.61	-	-	-	-
3	ิ	1612.06	2398.72	1779.46	2428.75	-	-	-	-
3	ิ	1444.50	2337.90	1797.08	2431.63	-	-	-	-
3	ิ	1636.44	2377.48	1907.88	2579.04	-	-	-	-
3	ิ	1773.63	2377.55	1732.15	2538.57	-	-	-	-

คน ที่	สระ	/m/		/n/		/ɲ/		/ŋ/	
		F2onset	F2vowel	F2onset	F2vowel	F2onset	F2vowel	F2onset	F2vowel
3	e	1472.53	2135.40	1911.27	2250.61	2488.18	2011.69	-	-
3	e	1601.67	2124.16	1876.33	2277.06	2330.17	2179.99	-	-
3	e	1499.55	1999.36	1799.56	2247.11	2306.69	2076.10	-	-
3	e	1436.19	2191.39	1804.95	2248.99	2332.55	1929.49	-	-
3	e	1542.03	2188.41	1761.43	2213.53	2353.10	2027.51	-	-
3	ɛ	1639.80	2204.38	1824.16	2282.57	2268.00	2032.98	-	-
3	ɛ	1565.42	2100.82	1822.08	2071.76	2325.58	2226.33	-	-
3	ɛ	1648.58	2109.71	1641.68	2289.70	2178.35	2232.61	-	-
3	ɛ	1730.52	2143.40	1745.48	2099.06	2312.02	2053.86	-	-
3	ɛ	1594.95	2162.05	1872.10	2184.93	2251.37	1928.13	-	-
3	ɨ	1155.49	1209.75	1549.18	1371.81	-	-	-	-
3	ɨ	1197.08	1215.06	1525.77	1402.39	-	-	-	-
3	ɨ	1121.78	1179.17	1573.23	1404.45	-	-	-	-
3	ɨ	1132.71	1123.78	1682.19	1378.76	-	-	-	-
3	ɨ	1209.56	1302.51	1816.35	1345.73	-	-	-	-
3	ə	1137.05	1227.67	1532.27	1350.89	-	-	-	-
3	ə	1064.27	1258.27	1519.93	1326.91	-	-	-	-
3	ə	1009.95	1249.86	1491.73	1400.49	-	-	-	-
3	ə	1109.25	1150.36	1487.25	1378.98	-	-	-	-
3	ə	991.47	1235.53	1502.23	1350.74	-	-	-	-
3	a	1202.42	1563.85	1538.66	1462.17	2080.85	1524.97	1489.70	1516.92
3	a	1322.80	1545.28	1498.25	1598.80	2047.63	1471.72	1409.77	1498.37
3	a	1335.03	1532.75	1555.06	1499.44	1830.65	1463.81	1558.25	1486.61
3	a	1215.95	1595.87	1511.53	1541.43	1830.58	1437.39	1447.37	1496.96
3	a	1223.17	1597.81	1486.72	1599.41	1894.79	1562.87	1507.79	1513.43
3	u	804.47	620.23	1152.36	781.73	-	-	-	-
3	u	776.43	636.06	1202.50	898.39	-	-	-	-
3	u	785.57	673.49	1346.58	648.06	-	-	-	-
3	u	688.08	582.55	1191.39	935.09	-	-	-	-
3	u	653.48	625.73	1279.93	715.32	-	-	-	-
3	o	618.73	799.65	1370.90	808.50	2187.98	787.41	-	-
3	o	822.09	769.81	1348.75	865.23	2160.96	834.56	-	-
3	o	697.96	730.47	1374.92	864.55	2180.21	748.84	-	-

คน ที่	สระ	/m/		/n/		/ɲ/		/ŋ/	
		F2onset	F2vowel	F2onset	F2vowel	F2onset	F2vowel	F2onset	F2vowel
3	o	783.35	818.55	1365.24	885.26	2181.23	792.07	-	-
3	o	719.01	772.33	1336.80	981.03	2127.52	804.45	-	-
3	ɔ	831.77	903.62	1281.72	834.24	2095.95	882.45	872.11	845.36
3	ɔ	913.44	942.28	1302.22	841.94	2032.54	942.42	950.37	969.15
3	ɔ	761.54	856.12	1254.02	881.29	2062.56	926.48	843.69	833.08
3	ɔ	734.05	776.11	1235.95	936.55	2092.90	940.72	863.70	941.03
3	ɔ	776.51	810.61	1315.26	959.23	2154.86	901.62	883.31	903.02
4	i	1927.02	2177.57	1976.85	2250.33	-	-	-	-
4	i	1923.23	2184.40	1811.22	2252.13	-	-	-	-
4	i	1965.79	2247.90	1937.48	2252.00	-	-	-	-
4	i	1989.45	2185.93	1963.32	2342.12	-	-	-	-
4	i	1966.58	2125.19	1879.91	2248.58	-	-	-	-
4	e	1610.82	1969.50	1765.76	2106.12	2199.58	2045.90	-	-
4	e	1744.39	2001.22	1763.03	2072.07	2167.90	2053.34	-	-
4	e	1491.13	1942.85	1760.46	2090.66	2220.75	1988.14	-	-
4	e	1823.83	1940.78	1790.55	1949.14	2196.47	1982.42	-	-
4	e	1601.91	2060.73	1755.77	1986.10	2270.98	2055.09	-	-
4	ɛ	1672.53	1979.76	1803.03	1999.52	2159.62	1971.91	-	-
4	ɛ	1692.32	1999.06	1699.19	1896.30	2105.05	1938.96	-	-
4	ɛ	1737.01	1923.93	1815.84	1955.65	2081.01	1969.75	-	-
4	ɛ	1598.67	1889.77	1706.16	1874.51	2183.47	2002.37	-	-
4	ɛ	1623.05	1913.93	1673.68	1911.06	2150.58	1991.27	-	-
4	ɨ	1097.42	1410.09	1572.72	1472.10	-	-	-	-
4	ɨ	1147.78	1407.84	1602.45	1529.66	-	-	-	-
4	ɨ	1104.47	1435.19	1563.41	1606.09	-	-	-	-
4	ɨ	1102.53	1434.54	1774.66	1545.84	-	-	-	-
4	ɨ	1153.23	1405.39	1760.00	1596.10	-	-	-	-
4	ə	1164.76	1324.13	1586.04	1572.88	-	-	-	-
4	ə	1113.34	1315.28	1524.05	1501.18	-	-	-	-
4	ə	1148.53	1328.56	1490.97	1474.90	-	-	-	-
4	ə	1112.35	1331.93	1486.56	1461.69	-	-	-	-
4	ə	1147.65	1316.04	1545.03	1468.04	-	-	-	-
4	a	1191.83	1463.54	1569.62	1654.27	2008.60	1627.13	1762.15	1568.63

คน ที่	สระ	/m/		/n/		/ɲ/		/ŋ/	
		F2onset	F2vowel	F2onset	F2vowel	F2onset	F2vowel	F2onset	F2vowel
4	a	1214.21	1543.31	1596.59	1629.64	2038.98	1622.84	1614.17	1568.94
4	a	1278.61	1534.48	1603.64	1618.97	1969.60	1619.16	1577.73	1529.74
4	a	1286.18	1589.68	1562.54	1654.34	1942.90	1641.34	1593.21	1506.84
4	a	1267.73	1598.87	1596.90	1600.86	1939.30	1649.12	1553.59	1506.24
4	u	938.66	899.39	1131.76	952.71	-	-	-	-
4	u	990.09	902.87	1118.46	989.78	-	-	-	-
4	u	952.81	927.99	1124.48	977.24	-	-	-	-
4	u	968.10	959.20	1184.16	924.82	-	-	-	-
4	u	982.44	881.76	1195.58	1040.36	-	-	-	-
4	o	931.61	841.68	1219.68	872.44	1948.95	936.87	-	-
4	o	974.71	864.53	1233.57	905.82	1993.74	1024.40	-	-
4	o	976.70	837.86	1223.80	833.57	1995.68	1019.57	-	-
4	o	975.08	846.44	1226.60	913.81	1900.18	999.40	-	-
4	o	976.13	884.67	1240.19	921.29	1920.93	983.76	-	-
4	ɔ	986.56	935.91	1163.87	912.35	2052.54	945.37	954.44	1012.56
4	ɔ	1043.18	892.09	1183.98	927.53	2182.98	980.19	1003.37	1009.46
4	ɔ	956.80	920.27	1158.33	956.95	2027.75	990.76	933.41	980.20
4	ɔ	925.30	903.05	1161.06	930.54	2120.58	996.72	905.29	953.21
4	ɔ	970.46	913.23	1197.90	959.44	2102.76	987.36	907.70	924.48
5	i	1815.29	2221.63	1654.40	2127.16	-	-	-	-
5	i	1877.77	2276.71	1779.06	2089.32	-	-	-	-
5	i	2082.53	2118.45	1779.78	2186.78	-	-	-	-
5	i	1663.82	2169.78	1810.91	2283.28	-	-	-	-
5	i	1952.66	2217.76	1663.47	2309.65	-	-	-	-
5	e	1354.21	2101.05	1582.43	2063.11	2136.91	2102.35	-	-
5	e	1593.10	2062.71	1641.30	2026.38	2123.43	2151.08	-	-
5	e	1386.55	2143.35	1654.39	2060.27	2070.03	2103.44	-	-
5	e	1446.44	2123.80	1646.88	2047.39	2171.37	2088.37	-	-
5	e	1402.65	2052.13	1676.30	2061.78	2156.22	2106.63	-	-
5	ɛ	1377.74	2116.77	1758.34	2073.51	2208.51	2119.92	-	-
5	ɛ	1594.72	2020.45	1845.98	2065.52	2125.57	2089.96	-	-
5	ɛ	1544.24	2046.16	1710.53	2097.19	2172.93	2116.75	-	-

คน ที่	สระ	/m/		/n/		/ɲ/		/ŋ/	
		F2onset	F2vowel	F2onset	F2vowel	F2onset	F2vowel	F2onset	F2vowel
5	ɛ	1567.23	2033.53	1536.21	2020.44	2048.06	2035.09	-	-
5	ɛ	1456.08	2103.51	1498.30	2020.01	2215.97	2158.66	-	-
5	ɨ	1032.12	1502.06	1366.49	1658.68	-	-	-	-
5	ɨ	887.79	1505.24	1401.51	1595.46	-	-	-	-
5	ɨ	1149.68	1553.36	1397.76	1592.20	-	-	-	-
5	ɨ	1022.54	1618.65	1429.92	1658.74	-	-	-	-
5	ɨ	988.85	1509.50	1335.26	1531.15	-	-	-	-
5	ə	1099.37	1533.88	1324.47	1470.44	-	-	-	-
5	ə	1078.12	1578.70	1378.67	1501.77	-	-	-	-
5	ə	1076.28	1584.18	1299.67	1501.31	-	-	-	-
5	ə	1132.30	1561.14	1312.96	1403.46	-	-	-	-
5	ə	1158.00	1580.32	1452.38	1508.68	-	-	-	-
5	a	1170.84	1434.51	1325.37	1532.76	1944.74	1547.81	2127.41	1608.86
5	a	1188.46	1471.06	1333.32	1533.05	1931.54	1579.39	2045.03	1667.89
5	a	1178.49	1502.82	1356.83	1586.11	1977.14	1790.26	2100.09	1674.38
5	a	1188.83	1468.35	1376.88	1555.13	1861.73	1640.46	2056.61	1699.90
5	a	1141.94	1530.37	1356.64	1570.79	1815.11	1685.60	2026.98	1608.84
5	u	872.94	843.27	1051.21	815.83	-	-	-	-
5	u	875.50	783.26	1166.93	843.60	-	-	-	-
5	u	846.23	812.17	1139.11	814.91	-	-	-	-
5	u	844.23	804.06	1144.49	842.58	-	-	-	-
5	u	875.24	847.21	1088.88	780.46	-	-	-	-
5	o	827.37	814.66	1167.05	844.27	1683.68	845.31	-	-
5	o	811.19	821.94	1189.15	812.57	1808.19	836.57	-	-
5	o	837.71	807.74	1222.06	881.22	1814.65	888.07	-	-
5	o	838.64	813.10	1210.00	873.98	1759.20	857.22	-	-
5	o	756.10	788.98	1214.34	1058.43	1716.47	856.86	-	-
5	ɔ	858.31	848.85	1137.55	877.26	1890.05	939.64	1115.60	989.98
5	ɔ	886.61	851.07	1087.12	869.14	1880.61	1011.98	909.85	899.01
5	ɔ	855.54	871.49	1144.61	938.16	1791.30	915.62	986.67	914.67
5	ɔ	871.60	870.53	1141.37	932.73	1775.48	888.50	1035.18	969.22
5	ɔ	853.16	896.90	1157.85	909.55	1775.85	997.33	1108.76	949.86
6	i	2251.50	2557.86	1561.38	2188.12	-	-	-	-

คน ที่	สระ	/m/		/n/		/ɲ/		/ŋ/	
		F2onset	F2vowel	F2onset	F2vowel	F2onset	F2vowel	F2onset	F2vowel
6	i	2191.23	2533.03	1840.04	2220.11	-	-	-	-
6	i	2181.51	2562.54	1874.75	2219.44	-	-	-	-
6	i	2216.21	2536.41	1748.87	2314.73	-	-	-	-
6	i	2215.65	2587.05	1657.84	2339.14	-	-	-	-
6	e	1690.12	2271.33	1656.60	2094.14	2187.50	2174.63	-	-
6	e	1616.05	2237.85	1684.57	2093.08	2237.23	2181.69	-	-
6	e	1704.37	2197.67	1760.99	2126.64	2219.89	2222.97	-	-
6	e	1628.51	2157.48	1609.33	2177.87	2264.51	2222.28	-	-
6	e	1685.12	2187.22	1643.84	2159.03	2222.17	2213.62	-	-
6	ɛ	1592.09	1898.34	1653.45	1938.08	2195.67	2037.73	-	-
6	ɛ	1678.35	1977.93	1683.65	1937.17	2188.74	2090.93	-	-
6	ɛ	1412.82	1933.24	1599.54	1935.98	2216.42	2123.32	-	-
6	ɛ	1478.00	1896.88	1564.19	1970.27	2249.61	2076.36	-	-
6	ɛ	1491.40	1988.97	1650.27	2062.56	2248.34	2075.64	-	-
6	ɨ	1064.83	1344.18	1377.97	1436.46	-	-	-	-
6	ɨ	1109.22	1371.87	1390.27	1464.69	-	-	-	-
6	ɨ	1101.37	1376.00	1496.44	1371.86	-	-	-	-
6	ɨ	1089.01	1434.56	1594.54	1625.34	-	-	-	-
6	ɨ	1071.23	1374.13	1560.22	1652.72	-	-	-	-
6	ə	1176.70	1372.52	1385.69	1366.67	-	-	-	-
6	ə	1115.26	1328.82	1486.86	1405.08	-	-	-	-
6	ə	1235.81	1310.20	1402.34	1393.46	-	-	-	-
6	ə	1233.50	1366.54	1399.67	1369.33	-	-	-	-
6	ə	1262.22	1360.59	1491.10	1406.86	-	-	-	-
6	a	1200.86	1395.72	1259.40	1388.07	2087.31	1596.90	2031.71	1656.81
6	a	1215.85	1435.82	1383.98	1431.78	2117.29	1608.04	2187.07	1627.15
6	a	1219.60	1413.65	1427.11	1411.91	2028.32	1686.24	2122.15	1621.00
6	a	1239.78	1411.54	1452.39	1488.87	2120.89	1564.96	2060.07	1559.14
6	a	1274.63	1472.58	1470.04	1475.49	2094.58	1655.00	2185.59	1620.96
6	u	1042.54	998.01	1129.86	1028.96	-	-	-	-
6	u	967.80	972.10	1097.03	1006.28	-	-	-	-
6	u	1028.94	1001.68	1175.32	1007.90	-	-	-	-
6	u	1021.50	992.40	1124.76	1031.45	-	-	-	-

คน ที่	สระ	/m/		/n/		/ɲ/		/ŋ/	
		F2onset	F2vowel	F2onset	F2vowel	F2onset	F2vowel	F2onset	F2vowel
6	u	1047.94	1018.40	1165.39	1030.40	-	-	-	-
6	o	1036.77	981.11	1223.44	965.17	1751.69	969.11	-	-
6	o	1047.74	975.88	1167.26	923.90	1935.66	941.57	-	-
6	o	1047.73	966.80	1206.28	996.60	1966.13	964.74	-	-
6	o	1028.66	991.66	1315.38	930.38	2000.89	999.68	-	-
6	o	1039.35	992.35	1191.34	973.50	1968.21	1060.08	-	-
6	ɔ	1079.10	1071.16	1176.62	999.27	2124.48	1097.11	1024.53	1044.16
6	ɔ	1043.09	1011.15	1302.76	966.65	1993.47	1022.79	1035.19	1042.49
6	ɔ	1063.58	991.45	1209.37	1036.63	2031.03	1061.90	1029.71	1018.88
6	ɔ	1050.08	997.76	1258.52	1032.83	2120.26	1098.07	1008.39	1023.01
6	ɔ	1029.09	1008.16	1173.27	1038.39	2087.69	1109.80	1039.86	1018.76
7	i	1996.04	2156.25	1746.63	1905.95	-	-	-	-
7	i	1938.58	2061.24	1654.70	1875.42	-	-	-	-
7	i	1939.61	2063.15	1653.24	1937.88	-	-	-	-
7	i	1937.08	2092.00	1720.57	2151.13	-	-	-	-
7	i	1937.20	2190.12	1702.73	2003.90	-	-	-	-
7	e	1398.07	1835.06	1441.72	1887.00	1875.75	1766.59	-	-
7	e	1465.43	1980.49	1530.48	1885.36	1988.44	1902.92	-	-
7	e	1207.45	1999.80	1574.78	1736.80	1841.56	1873.86	-	-
7	e	1266.63	2050.57	1596.17	1749.80	1901.61	1842.11	-	-
7	e	1235.34	1883.75	1420.43	1703.66	1925.48	1843.23	-	-
7	ɛ	1429.57	1816.66	1531.71	1797.42	2065.28	1809.22	-	-
7	ɛ	1448.46	1845.09	1698.26	1803.32	1877.16	1804.20	-	-
7	ɛ	1282.29	1820.55	1474.37	1813.81	1860.22	1730.75	-	-
7	ɛ	1393.00	1899.40	1427.31	1735.64	1852.87	1757.59	-	-
7	ɛ	1399.42	1873.37	1531.91	1669.94	2041.65	1759.89	-	-
7	ɨ	994.00	1265.25	1638.83	1224.52	-	-	-	-
7	ɨ	1136.57	1197.09	1542.44	1284.40	-	-	-	-
7	ɨ	1075.62	1363.50	1567.00	1194.79	-	-	-	-
7	ɨ	1074.67	1311.03	1507.92	1338.79	-	-	-	-
7	ɨ	1026.86	1313.48	1450.65	1258.01	-	-	-	-
7	ə	1093.27	1393.23	1478.29	1212.29	-	-	-	-
7	ə	1125.51	1375.79	1464.93	1259.86	-	-	-	-

คน ที่	สระ	/m/		/n/		/ɲ/		/ŋ/	
		F2onset	F2vowel	F2onset	F2vowel	F2onset	F2vowel	F2onset	F2vowel
7	๑	1069.71	1363.50	1422.13	1289.02	-	-	-	-
7	๑	1087.80	1306.63	1454.38	1276.59	-	-	-	-
7	๑	1112.02	1370.79	1449.67	1299.83	-	-	-	-
7	a	1038.32	1447.18	1365.86	1422.94	1966.59	1497.39	1859.80	1394.79
7	a	1085.22	1445.22	1346.64	1492.52	1896.42	1484.16	1806.06	1418.93
7	a	1194.34	1499.22	1253.34	1462.37	1888.89	1486.42	1837.22	1436.00
7	a	1175.48	1441.88	1351.55	1407.04	1784.32	1505.09	1792.95	1425.02
7	a	1023.55	1487.03	1258.17	1469.57	1882.38	1525.14	1764.34	1422.33
7	u	905.97	969.62	1127.13	910.45	-	-	-	-
7	u	1000.69	967.44	1249.65	909.90	-	-	-	-
7	u	1028.72	995.26	1067.62	968.03	-	-	-	-
7	u	968.52	968.52	1222.08	908.11	-	-	-	-
7	u	937.07	907.57	1073.77	853.80	-	-	-	-
7	o	949.63	790.76	1187.54	806.95	1781.08	832.87	-	-
7	o	902.32	790.34	1130.47	840.55	1784.54	782.47	-	-
7	o	975.92	774.65	1169.79	817.34	1842.02	830.03	-	-
7	o	939.31	808.48	1243.58	811.83	1655.78	811.22	-	-
7	o	879.52	791.13	1232.88	875.40	1853.21	812.09	-	-
7	๑	824.09	865.94	1201.39	874.81	1718.98	943.05	1032.99	1043.53
7	๑	874.33	899.40	1121.07	980.39	1813.06	1018.41	1024.52	1019.52
7	๑	842.25	877.34	1178.10	949.32	1784.00	980.26	911.82	954.95
7	๑	823.85	879.86	1236.56	912.32	1874.89	1009.12	953.62	954.13
7	๑	880.87	895.36	1182.04	959.16	1713.54	948.68	958.22	986.21
8	i	1762.73	2384.01	2000.57	2437.19	-	-	-	-
8	i	2035.36	2438.33	2020.88	2373.03	-	-	-	-
8	i	1731.73	2446.68	1914.17	2405.94	-	-	-	-
8	i	1863.55	2438.25	1935.77	2530.63	-	-	-	-
8	i	1961.41	2562.57	1998.44	2436.36	-	-	-	-
8	e	1388.83	2185.48	1769.90	2217.45	2225.71	2109.75	-	-
8	e	1371.78	2157.12	1735.94	2191.47	2249.16	2126.68	-	-
8	e	1347.68	2206.84	1786.53	2141.78	2257.30	2146.80	-	-
8	e	1400.23	2164.37	1785.76	2093.24	2222.97	2074.52	-	-
8	e	1403.45	2185.99	1720.77	1995.07	2274.35	2184.67	-	-

คน ที่	สระ	/m/		/n/		/ɲ/		/ŋ/	
		F2onset	F2vowel	F2onset	F2vowel	F2onset	F2vowel	F2onset	F2vowel
8	ɛ	1379.11	2061.65	1704.22	2034.30	2049.07	2015.43	-	-
8	ɛ	1348.40	2046.96	1685.38	2126.39	2148.88	2199.89	-	-
8	ɛ	1396.50	2011.05	1550.59	1974.01	2186.46	2060.27	-	-
8	ɛ	1533.37	2092.92	1767.09	2073.56	2116.25	2003.91	-	-
8	ɛ	1508.17	1906.39	1604.89	1938.66	2111.71	1969.70	-	-
8	ɨ	1060.40	1453.21	1574.56	1719.52	-	-	-	-
8	ɨ	1071.86	1531.51	1634.53	1526.85	-	-	-	-
8	ɨ	1070.01	1516.33	1572.68	1524.21	-	-	-	-
8	ɨ	1152.23	1421.88	1457.25	1624.17	-	-	-	-
8	ɨ	1128.08	1453.22	1518.46	1620.48	-	-	-	-
8	ə	1107.93	1351.78	1610.33	1432.68	-	-	-	-
8	ə	1179.28	1406.03	1560.89	1530.11	-	-	-	-
8	ə	1164.87	1342.99	1551.02	1531.95	-	-	-	-
8	ə	1152.49	1469.60	1674.07	1564.88	-	-	-	-
8	ə	1207.76	1498.09	1523.35	1586.34	-	-	-	-
8	a	1199.45	1653.64	1514.79	1724.79	2051.77	1622.32	1951.24	1656.14
8	a	1231.99	1667.44	1550.53	1639.52	2011.91	1609.88	2092.31	1617.15
8	a	1380.49	1678.91	1529.22	1746.51	2032.11	1696.71	1933.62	1631.07
8	a	1206.91	1683.66	1445.77	1659.61	1948.43	1704.53	2186.83	1689.09
8	a	1229.99	1685.52	1485.47	1676.23	2033.99	1736.36	2157.46	1716.42
8	u	973.53	1028.50	1255.88	1062.73	-	-	-	-
8	u	981.27	904.66	1275.85	938.72	-	-	-	-
8	u	974.83	940.43	1210.23	1062.04	-	-	-	-
8	u	1018.10	1062.42	1205.19	905.18	-	-	-	-
8	u	993.75	937.05	1257.03	953.17	-	-	-	-
8	o	1002.48	968.90	1123.93	934.31	1815.57	743.15	-	-
8	o	1033.60	865.72	1183.65	917.24	1813.34	772.27	-	-
8	o	1010.92	848.94	1164.70	906.79	1844.32	746.92	-	-
8	o	965.97	811.57	1239.44	882.87	1849.05	798.68	-	-
8	o	928.95	812.75	1226.57	893.17	1909.49	823.62	-	-
8	ɔ	1036.09	1002.05	1194.08	1036.03	1808.76	1064.22	906.15	1018.17
8	ɔ	953.27	1029.95	1271.11	1037.28	1870.82	1009.10	941.85	964.84
8	ɔ	1013.77	1093.13	1251.97	933.26	1843.18	1088.75	945.36	1010.15

คน ที่	สระ	/m/		/n/		/ɲ/		/ŋ/	
		F2onset	F2vowel	F2onset	F2vowel	F2onset	F2vowel	F2onset	F2vowel
8	อ	970.21	1002.98	1323.09	1000.59	1877.28	1125.04	915.60	987.52
8	อ	990.24	1124.83	1263.51	1104.20	1963.70	1114.45	982.55	1027.74
9	ิ	1512.12	2188.52	1845.48	2284.40	-	-	-	-
9	ิ	1379.86	2276.64	1631.28	2195.92	-	-	-	-
9	ิ	1686.21	2154.76	1782.86	2270.17	-	-	-	-
9	ิ	1876.77	2198.14	1897.24	2331.05	-	-	-	-
9	ิ	1525.61	2197.25	1812.97	2368.82	-	-	-	-
9	เอ	1546.38	2185.28	1631.04	2008.40	2275.12	1889.54	-	-
9	เอ	1589.90	2118.37	1607.19	2076.83	2181.85	1925.35	-	-
9	เอ	1610.06	2188.19	1663.44	2071.82	2228.87	2023.10	-	-
9	เอ	1615.49	2121.19	1723.24	2001.07	2184.08	1948.09	-	-
9	เอ	1493.71	2153.58	1718.74	2064.08	2237.12	2025.07	-	-
9	เ	1628.66	2062.84	1692.08	1975.70	2197.67	1918.99	-	-
9	เ	1437.73	2053.78	1730.38	1923.90	2001.06	1883.99	-	-
9	เ	1576.10	2097.06	1703.49	1853.73	2094.47	1873.31	-	-
9	เ	1408.72	2000.64	1706.56	1992.83	2123.05	1930.56	-	-
9	เ	1503.53	1990.82	1699.04	1987.28	2155.28	1935.34	-	-
9	ิ	1060.34	1456.58	1605.75	1687.10	-	-	-	-
9	ิ	1112.23	1496.66	1650.32	1687.80	-	-	-	-
9	ิ	1040.64	1492.57	1549.57	1655.66	-	-	-	-
9	ิ	1190.56	1447.25	1527.16	1689.47	-	-	-	-
9	ิ	1103.52	1496.86	1621.02	1679.76	-	-	-	-
9	อ	1160.55	1430.92	1478.00	1507.44	-	-	-	-
9	อ	1149.98	1429.97	1398.04	1466.78	-	-	-	-
9	อ	1157.20	1493.05	1496.36	1509.46	-	-	-	-
9	อ	1228.89	1471.53	1428.21	1482.13	-	-	-	-
9	อ	1223.59	1453.83	1485.18	1567.50	-	-	-	-
9	า	1249.36	1550.03	1512.72	1596.05	2024.30	1558.29	1782.14	1629.02
9	า	1269.92	1527.91	1476.94	1596.74	2061.93	1554.33	1864.30	1625.89
9	า	1331.36	1570.24	1542.44	1596.99	2030.66	1657.19	1700.62	1618.96
9	า	1262.46	1619.60	1534.98	1618.11	1999.79	1582.91	1782.70	1635.28
9	า	1262.94	1600.11	1551.12	1604.99	1879.32	1612.34	1804.44	1610.60
9	อุ	781.89	781.89	1228.77	782.70	-	-	-	-

คน ที่	สระ	/m/		/n/		/ɲ/		/ŋ/	
		F2onset	F2vowel	F2onset	F2vowel	F2onset	F2vowel	F2onset	F2vowel
9	u	780.87	688.28	1220.44	746.36	-	-	-	-
9	u	858.65	838.96	1247.14	718.03	-	-	-	-
9	u	887.99	778.79	1213.23	779.10	-	-	-	-
9	u	844.57	776.76	1254.82	783.34	-	-	-	-
9	o	916.03	915.49	1232.49	914.33	1939.72	906.86	-	-
9	o	813.78	898.30	1249.65	918.01	1963.33	1060.00	-	-
9	o	905.25	811.65	1240.04	942.39	1993.37	906.97	-	-
9	o	843.03	813.05	1312.89	914.95	1880.41	873.79	-	-
9	o	893.43	821.22	1279.49	975.47	1988.33	906.97	-	-
9	ɔ	921.17	882.85	1174.38	943.01	1943.45	1030.03	1073.85	961.51
9	ɔ	904.68	891.11	1207.05	958.33	1970.28	1005.88	1119.49	994.65
9	ɔ	924.75	964.44	1190.49	1054.19	1903.51	1056.04	1109.27	972.32
9	ɔ	873.39	939.83	1210.15	1039.84	1936.15	972.00	1110.09	985.61
9	ɔ	906.48	902.84	1210.80	1028.33	1916.12	1000.19	1081.18	992.04
10	i	2151.75	2343.11	2092.03	2347.08	-	-	-	-
10	i	2096.90	2343.02	2094.31	2399.15	-	-	-	-
10	i	1926.55	2280.75	2122.90	2316.12	-	-	-	-
10	i	2072.21	2373.74	2155.24	2405.30	-	-	-	-
10	i	1916.31	2374.98	2157.74	2467.65	-	-	-	-
10	e	1589.86	1842.26	1808.57	2499.30	2253.04	2275.64	-	-
10	e	1492.20	1976.02	2064.84	2232.90	2214.32	2207.04	-	-
10	e	1578.60	2032.92	1845.62	2461.37	2196.02	2271.67	-	-
10	e	1418.15	1985.19	2083.47	2256.17	2210.61	2173.95	-	-
10	e	1432.96	1907.46	2067.36	2282.04	2226.67	2192.05	-	-
10	ɛ	1827.42	2067.82	1854.74	2279.07	2281.46	1965.21	-	-
10	ɛ	1809.00	2093.14	1908.40	2102.11	2266.11	1880.09	-	-
10	ɛ	1593.59	2055.92	1812.36	2084.67	2312.93	1842.78	-	-
10	ɛ	1422.49	2037.36	1764.85	2217.79	2251.44	1875.56	-	-
10	ɛ	1487.99	2022.26	1885.17	2309.77	2343.91	1907.19	-	-
10	ɨ	1116.79	1409.47	1696.76	1209.20	-	-	-	-
10	ɨ	1014.71	1438.44	1786.32	1317.42	-	-	-	-
10	ɨ	1111.15	1301.37	1324.10	1299.54	-	-	-	-
10	ɨ	1021.08	1358.34	1642.95	1292.99	-	-	-	-

คน ที่	สระ	/m/		/n/		/ɲ/		/ŋ/	
		F2onset	F2vowel	F2onset	F2vowel	F2onset	F2vowel	F2onset	F2vowel
10	ิ	1064.81	1328.04	1411.34	1310.96	-	-	-	-
10	อ	1032.71	1272.92	1854.99	1419.31	-	-	-	-
10	๑	1133.69	1249.52	1879.15	1395.82	-	-	-	-
10	๑	1028.58	1322.42	1829.54	1467.36	-	-	-	-
10	๑	1102.61	1370.41	1845.68	1490.13	-	-	-	-
10	๑	1104.28	1328.82	1864.70	1491.78	-	-	-	-
10	a	1157.22	1399.03	1601.01	1474.42	2180.76	1539.00	1532.03	1471.07
10	a	1154.25	1421.34	1621.32	1447.06	2198.69	1457.86	1529.49	1458.01
10	a	1136.24	1436.44	1497.66	1470.79	2092.75	1602.40	1542.73	1538.07
10	a	1125.41	1482.31	1469.07	1414.60	2123.56	1508.66	1586.82	1519.31
10	a	1139.59	1486.38	1450.63	1444.51	2037.24	1541.55	1505.73	1435.26
10	u	653.51	654.81	1005.68	746.83	-	-	-	-
10	u	690.23	590.79	912.25	779.40	-	-	-	-
10	u	686.45	593.51	1000.05	782.15	-	-	-	-
10	u	720.68	716.85	956.34	774.15	-	-	-	-
10	u	734.30	697.16	900.09	763.99	-	-	-	-
10	o	785.41	806.49	881.64	774.13	2233.44	853.28	-	-
10	o	724.90	772.89	866.09	836.60	2196.96	857.41	-	-
10	o	829.98	823.41	828.35	773.55	2129.07	829.74	-	-
10	o	845.81	841.54	1002.66	885.34	2172.62	837.06	-	-
10	o	874.12	808.80	1034.63	826.90	2140.90	781.15	-	-
10	๑	833.89	915.89	1283.17	935.91	2118.90	991.56	945.70	873.19
10	๑	800.73	874.64	1282.01	935.75	2142.22	966.82	946.57	897.81
10	๑	788.83	939.89	1288.10	1003.53	2152.93	919.30	952.27	958.23
10	๑	781.39	988.60	1233.43	932.83	2120.12	977.67	984.57	975.43
10	๑	819.41	990.72	1282.39	1157.55	2159.77	994.75	976.02	971.18

ภาคผนวก ค

ค่าระยะเวลาสัมบูรณ์ (ms) และค่าร้อยละของค่าระยะเวลาต่างๆ ของผู้บอกภาษาปะโอ

บริษัท NVC

คนที่	สระ	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
1	e	147.39	39.10	16.53	108.29	73.47	89.13	37.68	197.42	83.47
1	e	160.42	49.76	20.14	110.66	68.98	86.69	35.08	197.35	79.86
1	e	170.70	43.55	17.47	127.15	74.49	78.51	31.50	205.66	82.53
1	e	185.61	64.16	24.30	121.45	65.43	78.42	29.70	199.87	75.70
1	e	189.81	69.59	23.65	120.22	63.34	104.44	35.49	224.66	76.35
1	e	179.78	54.16	19.51	125.62	69.87	97.84	35.24	223.46	80.49
1	e	173.82	63.52	24.22	110.30	63.45	88.45	33.72	198.75	75.78
1	e	195.08	71.25	25.80	123.83	63.48	81.10	29.36	204.93	74.20
1	e	179.84	58.74	22.76	121.11	67.34	78.25	30.32	199.35	77.24
1	e	178.59	57.33	20.79	121.26	67.90	97.15	35.23	218.41	79.21
1	ε	153.31	38.01	16.69	115.30	75.21	74.46	32.69	189.76	83.31
1	ε	153.34	38.46	17.71	114.88	74.92	63.84	29.40	178.72	82.29
1	ε	159.25	34.89	16.80	124.36	78.09	48.39	23.31	172.76	83.20
1	ε	182.00	49.63	18.84	132.37	72.73	81.42	30.91	213.79	81.16
1	ε	156.06	37.15	16.46	118.92	76.20	69.58	30.84	188.50	83.54
1	ε	162.69	32.04	13.61	130.65	80.30	72.80	30.91	203.45	86.39
1	ε	160.85	26.12	11.70	134.73	83.76	62.50	27.98	197.23	88.30
1	ε	165.08	43.41	19.67	121.67	73.70	55.58	25.19	177.25	80.33
1	ε	185.79	50.36	20.47	135.42	72.89	60.27	24.49	195.69	79.53
1	ε	154.49	28.76	13.20	125.73	81.38	63.44	29.11	189.16	86.80
2	e	151.07	40.64	12.96	110.43	73.10	162.60	51.84	273.03	87.04
2	e	123.17	29.52	10.36	93.65	76.03	161.78	56.78	255.42	89.64
2	e	143.62	44.10	13.95	99.51	69.29	172.63	54.59	272.14	86.05
2	e	166.85	59.36	18.11	107.49	64.42	161.00	49.11	268.49	81.89
2	e	167.93	56.26	18.55	111.67	66.50	135.33	44.62	247.00	81.45
2	e	184.62	55.68	15.92	128.94	69.84	165.05	47.20	293.99	84.08

คน ที่	สระ	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
2	e	166.49	45.79	13.68	120.70	72.50	168.18	50.25	288.88	86.32
2	e	157.65	59.72	19.45	97.93	62.12	149.42	48.66	247.35	80.55
2	e	156.49	47.72	16.05	108.77	69.51	140.78	47.36	249.55	83.95
2	e	162.92	59.02	21.91	103.90	63.77	106.49	39.53	210.39	78.09
2	ε	162.32	48.23	16.27	114.09	70.29	134.11	45.24	248.20	83.73
2	ε	146.59	37.75	13.36	108.84	74.25	135.94	48.12	244.78	86.64
2	ε	148.54	41.32	16.94	107.22	72.18	95.40	39.11	202.62	83.06
2	ε	175.56	33.56	12.75	142.00	80.88	87.70	33.31	229.69	87.25
2	ε	171.02	40.77	17.13	130.26	76.16	66.99	28.15	197.25	82.87
2	ε	184.10	59.80	25.43	124.29	67.52	51.09	21.72	175.39	74.57
2	ε	190.48	60.73	24.21	129.75	68.12	60.30	24.05	190.06	75.79
2	ε	186.64	71.62	24.47	115.03	61.63	106.05	36.23	221.08	75.53
2	ε	157.08	55.60	24.07	101.48	64.60	73.93	32.00	175.41	75.93
2	ε	156.15	59.82	26.66	96.33	61.69	68.19	30.39	164.52	73.34
3	e	143.06	49.65	19.37	93.40	65.29	113.25	44.19	206.66	80.63
3	e	150.41	50.42	18.23	99.99	66.48	126.12	45.61	226.11	81.77
3	e	148.32	42.69	15.30	105.62	71.21	130.78	46.86	236.40	84.70
3	e	149.99	56.46	22.08	93.53	62.36	105.74	41.35	199.27	77.92
3	e	144.57	41.88	16.76	102.70	71.03	105.23	42.13	207.93	83.24
3	e	167.81	40.10	15.99	127.71	76.10	82.95	33.08	210.66	84.01
3	e	150.20	40.09	15.95	110.11	73.31	101.08	40.23	211.19	84.05
3	e	154.15	60.06	21.18	94.09	61.04	129.50	45.65	223.59	78.82
3	e	155.97	48.32	18.02	107.66	69.02	112.21	41.84	219.87	81.98
3	e	192.05	38.40	12.34	153.65	80.00	119.04	38.27	272.68	87.66
3	ε	139.77	37.89	18.78	101.88	72.89	61.94	30.71	163.82	81.22
3	ε	149.39	42.03	18.64	107.35	71.86	76.06	33.74	183.41	81.36
3	ε	168.48	44.11	17.97	124.37	73.82	76.94	31.35	201.31	82.03
3	ε	152.87	35.34	15.82	117.52	76.88	70.57	31.58	188.09	84.18
3	ε	157.65	46.35	20.96	111.29	70.60	63.50	28.71	174.79	79.04
3	ε	159.21	36.56	17.78	122.66	77.04	46.36	22.55	169.01	82.22
3	ε	149.16	48.18	21.72	100.98	67.70	72.66	32.76	173.63	78.28
3	ε	166.73	35.09	15.23	131.64	78.96	63.63	27.62	195.27	84.77
3	ε	172.26	54.44	22.18	117.82	68.40	73.24	29.83	191.06	77.82

คน ที่	สระ	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
3	ε	137.37	40.33	18.79	97.04	70.64	77.22	35.99	174.26	81.21
4	e	176.45	0	0	176.45	100	66.45	27.36	242.90	100
4	e	137.92	0	0	137.92	100	62.65	31.24	200.57	100
4	e	152.29	0	0	152.29	100	67.52	30.72	219.81	100
4	e	143.94	0	0	143.94	100	68.83	32.35	212.77	100
4	e	151.20	0	0	151.20	100	72.78	32.49	223.98	100
4	e	149.15	0	0	149.15	100	82.14	35.51	231.29	100
4	e	124.22	0	0	124.22	100	82.61	39.94	206.84	100
4	e	139.57	0	0	139.57	100	98.22	41.31	237.79	100
4	e	150.96	0	0	150.96	100	95.94	38.86	246.90	100
4	e	163.34	0	0	163.34	100	90.22	35.58	253.56	100
4	ε	145.89	0	0	145.89	100	45.65	23.83	191.53	100
4	ε	129.96	0	0	129.96	100	76.29	36.99	206.24	100
4	ε	155.09	0	0	155.09	100	78.54	33.62	233.63	100
4	ε	157.10	0	0	157.10	100	76.50	32.75	233.60	100
4	ε	130.41	0	0	130.41	100	72.89	35.85	203.30	100
4	ε	173.83	0	0	173.83	100	91.86	34.57	265.69	100
4	ε	132.08	0	0	132.08	100	67.92	33.96	199.99	100
4	ε	153.66	0	0	153.66	100	82.98	35.07	236.64	100
4	ε	126.98	0	0	126.98	100	64.17	33.57	191.15	100
4	ε	169.45	0	0	169.45	100	67.89	28.61	237.34	100
5	e	137.54	44.20	16.90	93.34	67.87	123.94	47.40	217.28	83.10
5	e	140.96	0.00	0	140.96	100.00	130.68	48.11	271.64	100
5	e	140.98	40.72	16.15	100.26	71.12	111.09	44.07	211.35	83.85
5	e	141.73	45.86	17.73	95.87	67.64	116.92	45.20	212.79	82.27
5	e	142.67	46.31	18.26	96.37	67.54	110.94	43.74	207.31	81.74
5	e	155.11	50.70	19.39	104.41	67.31	106.37	40.68	210.78	80.61
5	e	148.80	66.87	25.66	81.93	55.06	111.79	42.90	193.72	74.34
5	e	145.87	56.63	23.21	89.24	61.18	98.13	40.22	187.37	76.79
5	e	163.80	63.65	23.70	100.15	61.14	104.70	39.00	204.85	76.30
5	e	140.21	38.20	15.43	102.01	72.76	107.32	43.36	209.33	84.57
5	ε	133.88	31.74	15.31	102.14	76.29	73.50	35.44	175.64	84.69
5	ε	108.75	0	0	108.75	100	107.77	49.78	216.52	100

คน ที่	สระ	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
5	ε	157.42	36.58	16.62	120.83	76.76	62.67	28.48	183.51	83.38
5	ε	138.86	30.73	14.19	108.13	77.87	77.64	35.86	185.77	85.81
5	ε	127.42	0	0	127.42	100	66.10	34.16	193.52	100
5	ε	138.93	0	0	138.93	100	73.99	34.75	212.92	100
5	ε	149.79	0	0	149.79	100	78.97	34.52	228.76	100
5	ε	144.89	0	0	144.89	100	91.35	38.67	236.25	100
5	ε	144.22	49.40	20.99	94.82	65.75	91.16	38.73	185.98	79.01
5	ε	133.95	32.44	14.29	101.51	75.78	93.15	41.02	194.66	85.71
6	e	142.25	55.06	24.78	87.19	61.29	79.96	35.98	167.16	75.22
6	e	134.16	53.72	24.35	80.44	59.96	86.47	39.19	166.91	75.65
6	e	118.19	65.92	29.11	52.28	44.23	108.29	47.81	160.56	70.89
6	e	129.95	67.74	32.56	62.21	47.87	78.08	37.53	140.29	67.44
6	e	145.89	81.65	31.20	64.24	44.03	115.77	44.24	180.01	68.80
6	e	163.54	74.42	31.22	89.12	54.49	74.80	31.38	163.92	68.78
6	e	159.45	60.49	24.71	98.95	62.06	85.34	34.86	184.30	75.29
6	e	146.05	46.51	18.72	99.54	68.15	102.43	41.22	201.97	81.28
6	e	159.92	66.79	26.98	93.13	58.23	87.68	35.41	180.81	73.02
6	e	182.72	67.14	24.70	115.58	63.26	89.14	32.79	204.72	75.30
6	ε	121.89	28.51	14.39	93.38	76.61	76.20	38.47	169.58	85.61
6	ε	131.24	24.95	13.63	106.29	80.99	51.82	28.31	158.10	86.37
6	ε	120.62	22.81	11.54	97.81	81.09	77.13	39.00	174.94	88.46
6	ε	107.89	23.68	12.23	84.21	78.05	85.77	44.29	169.98	87.77
6	ε	133.55	32.09	16.86	101.46	75.97	56.81	29.84	158.26	83.14
6	ε	119.85	25.07	11.82	94.78	79.08	92.24	43.49	187.02	88.18
6	ε	124.61	0	0	124.61	100	85.96	40.82	210.57	100
6	ε	133.98	0	0	133.98	100	56.96	29.83	190.95	100
6	ε	102.44	0	0	102.44	100	55.97	35.33	158.41	100
6	ε	148.05	32.48	15.11	115.57	78.06	66.89	31.12	182.46	84.89
7	e	157.69	90.91	35.41	66.78	42.35	99.05	38.58	165.83	64.59
7	e	145.13	75.40	27.41	69.73	48.05	129.98	47.25	199.72	72.59
7	e	159.16	75.95	29.37	83.21	52.28	99.45	38.45	182.66	70.63
7	e	159.07	82.04	30.30	77.02	48.42	111.72	41.26	188.74	69.70

คน ที่	สระ	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
7	e	160.61	60.29	25.11	100.32	62.46	79.51	33.11	179.83	74.89
7	e	149.45	71.31	25.99	78.14	52.28	124.94	45.53	203.08	74.01
7	e	168.66	93.81	31.06	74.85	44.38	133.39	44.16	208.24	68.94
7	e	161.22	75.58	27.33	85.64	53.12	115.35	41.71	200.99	72.67
7	e	153.35	82.36	26.75	70.99	46.29	154.48	50.18	225.48	73.25
7	e	168.31	85.81	30.46	82.50	49.02	113.37	40.25	195.88	69.54
7	ε	160.95	60.29	29.58	100.66	62.54	42.90	21.05	143.56	70.42
7	ε	174.94	56.21	23.91	118.73	67.87	60.10	25.57	178.84	76.09
7	ε	179.65	75.35	30.08	104.30	58.06	70.85	28.28	175.15	69.92
7	ε	200.46	80.20	30.96	120.26	59.99	58.56	22.61	178.82	69.04
7	ε	164.97	62.76	29.26	102.21	61.96	49.48	23.07	151.69	70.74
7	ε	163.75	62.18	30.54	101.58	62.03	39.86	19.58	141.43	69.46
7	ε	179.31	96.96	43.34	82.34	45.92	44.43	19.86	126.77	56.66
7	ε	169.68	62.58	26.14	107.10	63.12	69.69	29.11	176.79	73.86
7	ε	182.36	62.26	27.50	120.10	65.86	44.04	19.45	164.14	72.50
7	ε	198.02	79.93	31.79	118.09	59.63	53.39	21.24	171.47	68.21
8	e	143.72	0	0	143.72	100	78.42	35.30	222.13	100
8	e	131.91	0	0	131.91	100	99.28	42.94	231.18	100
8	e	150.97	0	0	150.97	100	82.72	35.40	233.69	100
8	e	150.59	0	0	150.59	100	92.19	37.97	242.78	100
8	e	144.40	0	0	144.40	100	106.83	42.52	251.23	100
8	e	168.10	0	0	168.10	100	103.93	38.21	272.04	100
8	e	159.81	0	0	159.81	100	90.95	36.27	250.77	100
8	e	163.16	0	0	163.16	100	108.14	39.86	271.30	100
8	e	181.47	0	0	181.47	100	83.24	31.44	264.71	100
8	e	164.98	0	0	164.98	100	86.14	34.30	251.12	100
8	ε	145.80	0	0	145.80	100	47.64	24.63	193.45	100
8	ε	154.57	0	0	154.57	100	51.87	25.13	206.43	100
8	ε	177.26	0	0	177.26	100	48.75	21.57	226.01	100
8	ε	158.47	0	0	158.47	100	41.50	20.75	199.96	100
8	ε	167.65	0	0	167.65	100	58.12	25.74	225.77	100
8	ε	153.88	0	0	153.88	100	46.90	23.36	200.78	100

คน ที่	สระ	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
8	ε	163.95	0	0	163.95	100	52.85	24.38	216.80	100
8	ε	180.58	0	0	180.58	100	24.58	11.98	205.16	100
8	ε	162.56	0	0	162.56	100	45.72	21.95	208.28	100
8	ε	166.61	0	0	166.61	100	46.11	21.68	212.72	100
9	e	112.11	33.30	12.08	78.81	70.29	163.60	59.34	242.41	87.92
9	e	115.28	34.95	13.46	80.33	69.68	144.39	55.61	224.72	86.54
9	e	122.99	39.15	17.68	83.84	68.17	98.39	44.45	182.23	82.32
9	e	151.52	46.12	13.95	105.40	69.56	179.18	54.18	284.58	86.05
9	e	143.40	40.20	14.65	103.20	71.96	131.00	47.74	234.20	85.35
9	e	135.01	49.11	18.38	85.90	63.63	132.24	49.48	218.14	81.62
9	e	160.21	38.93	12.71	121.29	75.70	146.16	47.71	267.45	87.29
9	e	177.26	45.35	14.19	131.91	74.42	142.38	44.54	274.29	85.81
9	e	144.54	37.24	12.60	107.31	74.24	150.96	51.09	258.26	87.40
9	e	169.71	68.88	21.86	100.83	59.41	145.33	46.13	246.16	78.14
9	ε	161.54	60.73	21.74	100.80	62.40	117.88	42.19	218.69	78.26
9	ε	206.95	65.93	20.84	141.02	68.14	109.43	34.59	250.45	79.16
9	ε	199.37	74.18	25.58	125.19	62.79	90.59	31.24	215.78	74.42
9	ε	218.83	80.17	24.03	138.66	63.36	114.81	34.41	253.47	75.97
9	ε	145.49	48.85	20.68	96.64	66.42	90.71	38.40	187.35	79.32
9	ε	215.87	68.06	19.22	147.81	68.47	138.19	39.03	286.01	80.78
9	ε	268.70	87.15	22.13	181.55	67.57	125.17	31.78	306.72	77.87
9	ε	182.66	56.54	19.41	126.12	69.04	108.68	37.30	234.80	80.59
9	ε	224.05	62.68	16.23	161.36	72.02	162.11	41.98	323.48	83.77
9	ε	259.85	58.90	15.56	200.95	77.33	118.76	31.37	319.71	84.44
10	e	140.40	45.05	19.41	95.35	67.91	91.65	39.50	187.00	80.59
10	e	114.50	33.95	16.65	80.56	70.35	89.37	43.84	169.92	83.35
10	e	131.13	35.64	16.59	95.49	72.82	83.67	38.95	179.16	83.41
10	e	115.62	32.37	15.27	83.25	72.00	96.41	45.47	179.65	84.73
10	e	115.51	32.68	14.76	82.83	71.71	105.91	47.83	188.74	85.24
10	e	131.48	41.91	18.52	89.56	68.12	94.78	41.89	184.34	81.48
10	e	125.01	35.84	17.17	89.17	71.33	83.76	40.12	172.93	82.83
10	e	116.57	35.82	16.92	80.76	69.28	95.15	44.94	175.91	83.08

คน ที่	สระ	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
10	e	136.78	0	0	136.78	100	73.23	34.87	210.01	100
10	e	131.59	0	0	131.59	100	103.49	44.02	235.08	100
10	ε	132.25	0	0	132.25	100	43.39	24.70	175.64	100
10	ε	139.59	41.23	22.58	98.36	70.46	43.03	23.56	141.39	77.42
10	ε	119.07	33.04	21.43	86.03	72.25	35.11	22.77	121.14	78.57
10	ε	126.87	40.63	25.44	86.24	67.98	32.85	20.57	119.10	74.56
10	ε	125.08	39.39	27.58	85.69	68.51	17.73	12.41	103.42	72.42
10	ε	121.69	0	0	121.69	100	33.42	21.54	155.11	100
10	ε	141.88	47.72	29.63	94.17	66.37	19.15	11.89	113.31	70.37
10	ε	127.16	41.17	24.56	85.99	67.62	40.49	24.15	126.48	75.44
10	ε	133.06	34.12	20.41	98.95	74.36	34.09	20.39	133.03	79.59
10	ε	122.34	0	0	122.34	100	26.64	17.88	148.98	100
11	e	146.46	32.87	13.91	113.59	77.56	89.93	38.04	203.52	86.09
11	e	156.04	62.00	22.48	94.04	60.27	119.74	43.42	213.79	77.52
11	e	178.56	119.34	43.45	59.22	33.16	96.08	34.98	155.29	56.55
11	e	159.36	59.89	24.56	99.47	62.42	84.44	34.63	183.91	75.44
11	e	187.98	74.71	24.92	113.27	60.26	111.86	37.31	225.13	75.08
11	e	175.01	50.86	18.55	124.15	70.94	99.20	36.18	223.35	81.45
11	e	178.45	65.67	23.12	112.78	63.20	105.55	37.17	218.33	76.88
11	e	183.62	74.18	24.60	109.44	59.60	117.92	39.11	227.36	75.40
11	e	184.91	60.68	18.75	124.24	67.19	138.78	42.87	263.02	81.25
11	e	164.33	52.62	18.49	111.72	67.98	120.18	42.24	231.89	81.51
11	ε	164.30	0	0	164.30	100	59.41	26.56	223.72	100
11	ε	171.30	0	0	171.30	100	68.05	28.43	239.35	100
11	ε	155.30	46.88	20.20	108.42	69.81	76.78	33.08	185.20	79.80
11	ε	181.05	43.52	15.97	137.53	75.96	91.53	33.58	229.06	84.03
11	ε	181.80	47.22	18.32	134.57	74.03	75.91	29.46	210.48	81.68
11	ε	175.53	41.80	14.42	133.73	76.19	114.31	39.44	248.04	85.58
11	ε	176.26	28.98	10.07	147.28	83.56	111.58	38.76	258.86	89.93
11	ε	179.41	35.54	11.99	143.87	80.19	117.11	39.50	260.98	88.01
11	ε	185.19	42.29	14.36	142.90	77.16	109.34	37.12	252.24	85.64
11	ε	195.99	47.39	16.39	148.61	75.82	93.07	32.20	241.68	83.61

คน ที่	สระ	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
12	e	104.22	0	0	104.22	100	106.48	50.54	210.70	100
12	e	128.52	0	0	128.52	100	115.93	47.42	244.45	100
12	e	123.69	0	0	123.69	100	142.60	53.55	266.29	100
12	e	115.94	0	0	115.94	100	104.46	47.40	220.40	100
12	e	111.51	0	0	111.51	100	113.53	50.45	225.03	100
12	e	104.87	0	0	104.87	100	115.36	52.38	220.23	100
12	e	117.21	0	0	117.21	100	126.72	51.95	243.93	100
12	e	128.29	0	0	128.29	100	102.52	44.42	230.81	100
12	e	120.02	0	0	120.02	100	124.34	50.88	244.36	100
12	e	130.30	0	0	130.30	100	125.36	49.03	255.66	100
12	ε	116.85	0	0	116.85	100	95.05	44.86	211.91	100
12	ε	116.49	0	0	116.49	100	52.67	31.14	169.17	100
12	ε	123.52	0	0	123.52	100	106.73	46.35	230.25	100
12	ε	124.07	0	0	124.07	100	75.62	37.87	199.69	100
12	ε	134.38	0	0	134.38	100	65.80	32.87	200.19	100
12	ε	141.64	0	0	141.64	100	70.46	33.22	212.10	100
12	ε	129.18	0	0	129.18	100	83.53	39.27	212.71	100
12	ε	139.01	0	0	139.01	100	69.13	33.21	208.14	100
12	ε	139.29	0	0	139.29	100	65.71	32.06	205.00	100
12	ε	139.52	0	0	139.52	100	54.17	27.97	193.69	100
13	e	103.58	28.50	11.37	75.08	72.49	147.00	58.66	222.08	88.63
13	e	125.15	35.48	13.42	89.68	71.65	139.24	52.66	228.92	86.58
13	e	117.42	35.22	15.81	82.21	70.01	105.37	47.29	187.57	84.19
13	e	115.30	35.45	14.97	79.85	69.26	121.56	51.32	201.41	85.03
13	e	118.22	28.31	11.73	89.91	76.05	123.15	51.02	213.07	88.27
13	e	146.22	42.61	15.33	103.61	70.86	131.66	47.38	235.27	84.67
13	e	134.44	35.96	14.34	98.48	73.25	116.37	46.40	214.85	85.66
13	e	140.28	27.98	10.18	112.30	80.05	134.50	48.95	246.80	89.82
13	e	113.73	36.27	15.74	77.46	68.11	116.71	50.65	194.17	84.26
13	e	139.58	28.43	10.07	111.16	79.63	142.68	50.55	253.83	89.93
13	ε	112.90	0	0	112.90	100	96.32	46.04	209.22	100
13	ε	129.39	0	0	129.39	100	71.00	35.43	200.39	100
13	ε	127.41	0	0	127.41	100	63.68	33.32	191.09	100

คน ที่	สระ	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
13	ε	116.55	0	0	116.55	100	77.17	39.84	193.72	100
13	ε	137.97	0	0	137.97	100	81.06	37.01	219.03	100
13	ε	138.88	0	0	138.88	100	87.07	38.54	225.94	100
13	ε	136.46	0	0	136.46	100	104.40	43.34	240.86	100
13	ε	117.34	0	0	117.34	100	131.70	52.88	249.05	100
13	ε	110.76	0	0	110.76	100	41.60	27.30	152.35	100
13	ε	117.80	0	0	117.80	100	70.29	37.37	188.08	100
14	e	108.24	0	0	108.24	100	154.20	58.76	262.44	100
14	e	116.81	0	0	116.81	100	140.45	54.59	257.27	100
14	e	103.71	0	0	103.71	100	124.52	54.56	228.22	100
14	e	103.60	0	0	103.60	100	144.18	58.19	247.77	100
14	e	101.86	0	0	101.86	100	126.01	55.30	227.88	100
14	e	94.29	0	0	94.29	100	140.44	59.83	234.73	100
14	e	112.10	0	0	112.10	100	127.83	53.28	239.93	100
14	e	87.91	0	0	87.91	100	140.68	61.54	228.59	100
14	e	102.51	0	0	102.51	100	138.00	57.38	240.51	100
14	e	112.54	0	0	112.54	100	150.62	57.24	263.16	100
14	ε	116.15	0	0	116.15	100	83.16	41.73	199.31	100
14	ε	131.15	0	0	131.15	100	165.64	55.81	296.80	100
14	ε	113.88	0	0	113.88	100	142.24	55.54	256.12	100
14	ε	107.36	0	0	107.36	100	169.02	61.16	276.38	100
14	ε	113.51	0	0	113.51	100	128.04	53.01	241.55	100
14	ε	113.31	0	0	113.31	100	146.04	56.31	259.35	100
14	ε	108.11	0	0	108.11	100	109.27	50.27	217.38	100
14	ε	114.81	0	0	114.81	100	119.25	50.95	234.07	100
14	ε	118.43	0	0	118.43	100	149.55	55.81	267.99	100
14	ε	99.70	0	0	99.70	100	134.61	57.45	234.31	100
15	e	119.88	64.35	28.17	55.54	46.32	108.57	47.52	164.10	71.83
15	e	123.30	57.80	28.39	65.50	53.12	80.29	39.44	145.80	71.61
15	e	118.91	48.42	25.30	70.49	59.28	72.46	37.87	142.95	74.70
15	e	131.11	55.15	23.32	75.97	57.94	105.33	44.55	181.30	76.68
15	e	136.72	47.09	18.17	89.64	65.56	122.37	47.23	212.01	81.83
15	e	135.34	33.26	14.00	102.08	75.43	102.18	43.02	204.26	86.00

คน ที่	สระ	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
15	e	139.52	73.84	29.97	65.68	47.07	106.91	43.38	172.59	70.03
15	e	138.52	48.04	19.82	90.48	65.32	103.80	42.84	194.28	80.18
15	e	156.48	41.70	15.51	114.78	73.35	112.31	41.78	227.09	84.49
15	e	116.80	34.24	14.77	82.55	70.68	115.11	49.64	197.67	85.23
15	ε	138.41	41.19	20.15	97.22	70.24	65.98	32.28	163.20	79.85
15	ε	123.87	49.50	23.70	74.38	60.04	84.95	40.68	159.32	76.30
15	ε	139.71	53.46	20.59	86.25	61.74	119.85	46.18	206.11	79.41
15	ε	133.03	41.62	20.24	91.40	68.71	72.66	35.32	164.06	79.76
15	ε	178.50	59.22	23.68	119.28	66.82	71.59	28.62	190.87	76.32
15	ε	162.45	43.53	17.20	118.91	73.20	90.63	35.81	209.54	82.80
15	ε	154.43	36.14	18.06	118.29	76.60	45.66	22.82	163.95	81.94
15	ε	166.86	59.53	25.36	107.33	64.32	67.90	28.92	175.23	74.64
15	ε	175.45	45.37	18.91	130.07	74.14	64.55	26.90	194.63	81.09
15	ε	152.09	35.07	18.05	117.02	76.94	42.24	21.73	159.26	81.95
16	e	167.07	60.89	24.41	106.18	63.56	82.33	33.01	188.52	75.59
16	e	167.19	67.42	24.76	99.77	59.68	105.11	38.60	204.89	75.24
16	e	171.12	53.40	19.84	117.72	68.79	98.07	36.43	215.79	80.16
16	e	249.29	41.40	11.38	207.89	83.39	114.63	31.50	322.52	88.62
16	e	171.97	46.49	17.67	125.48	72.97	91.06	34.62	216.54	82.33
16	e	175.70	55.65	19.93	120.05	68.33	103.58	37.09	223.63	80.07
16	e	197.23	36.77	13.31	160.47	81.36	79.04	28.61	239.51	86.69
16	e	163.76	43.62	16.47	120.14	73.37	101.04	38.16	221.18	83.53
16	e	163.85	38.65	13.99	125.20	76.41	112.42	40.69	237.62	86.01
16	e	180.98	36.16	12.43	144.82	80.02	109.89	37.78	254.71	87.57
16	ε	138.31	0	0	138.31	100	61.58	30.81	199.90	100
16	ε	121.60	0	0	121.60	100	84.95	41.13	206.55	100
16	ε	125.42	0	0	125.42	100	58.89	31.95	184.31	100
16	ε	181.57	0	0	181.57	100	52.71	22.50	234.28	100
16	ε	170.12	0	0	170.12	100	70.97	29.44	241.09	100
16	ε	130.02	0	0	130.02	100	74.87	36.54	204.89	100
16	ε	137.97	0	0	137.97	100	82.49	37.42	220.46	100
16	ε	152.29	0	0	152.29	100	60.99	28.59	213.28	100
16	ε	161.17	0	0	161.17	100	56.49	25.95	217.66	100

คน ที่	สระ	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
16	ε	153.69	0	0	153.69	100	61.21	28.48	214.89	100
17	e	139.98	55.53	22.70	84.45	60.33	104.65	42.78	189.10	77.30
17	e	135.82	47.29	21.35	88.52	65.18	85.68	38.68	174.20	78.65
17	e	130.97	47.56	19.86	83.41	63.68	108.48	45.30	191.89	80.14
17	e	154.47	39.79	15.36	114.68	74.24	104.54	40.36	219.21	84.64
17	e	157.50	32.05	11.78	125.45	79.65	114.64	42.13	240.10	88.22
17	e	122.87	36.99	14.55	85.88	69.89	131.40	51.68	217.28	85.45
17	e	141.72	46.66	17.90	95.05	67.07	118.93	45.63	213.99	82.10
17	e	131.97	41.82	16.90	90.15	68.31	115.43	46.66	205.58	83.10
17	e	123.77	34.17	14.71	89.60	72.39	108.57	46.73	198.17	85.29
17	e	125.99	33.08	14.58	92.92	73.75	100.90	44.47	193.82	85.42
17	ε	143.63	50.96	23.74	92.67	64.52	71.04	33.09	163.71	76.26
17	ε	128.84	42.67	19.38	86.18	66.88	91.30	41.47	177.47	80.62
17	ε	143.08	48.79	21.33	94.29	65.90	85.61	37.44	179.91	78.67
17	ε	129.07	47.26	20.36	81.81	63.38	103.07	44.40	184.88	79.64
17	ε	140.10	45.48	18.18	94.62	67.54	109.99	43.98	204.61	81.82
17	ε	132.93	40.66	17.14	92.27	69.41	104.26	43.96	196.53	82.86
17	ε	133.19	48.88	21.42	84.32	63.30	95.03	41.64	179.35	78.58
17	ε	117.12	30.96	16.07	86.16	73.57	75.52	39.20	161.68	83.93
17	ε	111.15	21.73	10.64	89.41	80.45	93.05	45.57	182.46	89.36
17	ε	119.37	34.98	19.99	84.39	70.70	55.63	31.79	140.02	80.01
18	e	123.56	43.33	17.61	80.23	64.93	122.46	49.77	202.69	82.39
18	e	112.60	36.56	16.52	76.04	67.53	108.72	49.13	184.77	83.48
18	e	130.24	48.26	19.65	81.98	62.95	115.36	46.97	197.34	80.35
18	e	129.17	38.28	14.22	90.89	70.37	140.07	52.02	230.96	85.78
18	e	134.52	40.93	15.71	93.58	69.57	126.05	48.38	219.63	84.29
18	e	124.44	30.84	11.54	93.60	75.22	142.70	53.42	236.30	88.46
18	e	114.17	43.39	18.03	70.78	61.99	126.55	52.57	197.33	81.97
18	e	110.89	47.11	20.24	63.78	57.51	121.88	52.36	185.65	79.76
18	e	117.95	36.98	15.38	80.97	68.65	122.56	50.96	203.53	84.62
18	e	138.99	54.31	22.17	84.68	60.93	105.98	43.26	190.65	77.83
18	ε	131.48	61.05	27.93	70.42	53.56	87.07	39.84	157.50	72.07
18	ε	136.97	47.31	24.36	89.66	65.46	57.22	29.47	146.88	75.64

คน ที่	สระ	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
18	ε	145.91	48.38	18.99	97.53	66.84	108.83	42.72	206.36	81.01
18	ε	146.52	55.51	24.04	91.01	62.11	84.40	36.55	175.41	75.96
18	ε	122.14	50.12	24.44	72.03	58.97	82.94	40.44	154.96	75.56
18	ε	149.42	46.79	20.97	102.63	68.69	73.68	33.03	176.31	79.03
18	ε	150.68	51.34	20.30	99.33	65.92	102.19	40.41	201.53	79.70
18	ε	146.73	48.53	22.45	98.20	66.93	69.45	32.13	167.65	77.55
18	ε	159.14	69.39	29.27	89.75	56.40	77.94	32.88	167.69	70.73
18	ε	146.36	60.67	26.44	85.69	58.55	83.09	36.21	168.78	73.56
19	e	107.43	0	0	107.43	100	98.55	47.85	205.98	100
19	e	107.34	0	0	107.34	100	107.82	50.11	215.16	100
19	e	94.74	0	0	94.74	100	109.03	53.51	203.78	100
19	e	108.21	0	0	108.21	100	105.06	49.26	213.27	100
19	e	98.01	0	0	98.01	100	118.91	54.82	216.93	100
19	e	106.17	0	0	106.17	100	103.49	49.36	209.66	100
19	e	102.42	0	0	102.42	100	107.61	51.23	210.03	100
19	e	118.70	0	0	118.70	100	113.20	48.81	231.89	100
19	e	100.90	0	0	100.90	100	125.45	55.42	226.35	100
19	e	114.25	0	0	114.25	100	121.98	51.64	236.23	100
19	ε	130.60	0	0	130.60	100	53.46	29.04	184.06	100
19	ε	128.73	0	0	128.73	100	72.89	36.15	201.62	100
19	ε	131.81	0	0	131.81	100	60.41	31.43	192.22	100
19	ε	136.16	0	0	136.16	100	53.78	28.31	189.94	100
19	ε	142.66	0	0	142.66	100	48.07	25.20	190.73	100
19	ε	131.47	0	0	131.47	100	49.03	27.16	180.50	100
19	ε	166.27	0	0	166.27	100	79.87	32.45	246.13	100
19	ε	167.35	0	0	167.35	100	67.04	28.60	234.39	100
19	ε	137.56	0	0	137.56	100	59.09	30.05	196.65	100
19	ε	138.74	0	0	138.74	100	46.11	24.94	184.85	100

บริษัท CVN

คน ที่	สระ	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
1	e	231.40	231.40	52.53	0	0	209.13	47.47	209.13	47.47
1	e	255.99	255.99	60.47	0	0	167.36	39.53	167.36	39.53
1	e	228.05	228.05	62.21	0	0	138.55	37.79	138.55	37.79
1	e	196.58	196.58	64.75	0	0	107.01	35.25	107.01	35.25
1	e	181.22	181.22	57.80	0	0	132.31	42.20	132.31	42.20
1	e	211.73	211.73	56.18	0	0	165.18	43.82	165.18	43.82
1	e	215.25	215.25	61.30	0	0	135.87	38.70	135.87	38.70
1	e	201.10	201.10	62.57	0	0	120.32	37.43	120.32	37.43
1	e	188.50	188.50	56.31	0	0	146.26	43.69	146.26	43.69
1	e	186.21	186.21	59.28	0	0	127.90	40.72	127.90	40.72
1	ε	166.10	149.65	53.40	16.45	9.90	114.13	40.73	130.58	46.60
1	ε	188.75	159.68	56.75	29.08	15.40	92.63	32.92	121.71	43.25
1	ε	175.29	139.75	51.76	35.54	20.28	94.71	35.08	130.25	48.24
1	ε	179.79	151.30	54.01	28.49	15.85	100.34	35.82	128.83	45.99
1	ε	222.00	171.65	53.88	50.35	22.68	96.57	30.31	146.91	46.12
1	ε	219.15	174.78	51.77	44.37	20.25	118.46	35.09	162.83	48.23
1	ε	180.50	156.47	50.44	24.03	13.31	129.70	41.81	153.73	49.56
1	ε	191.57	156.07	52.36	35.49	18.53	106.50	35.73	141.99	47.64
1	ε	199.63	153.70	53.40	45.93	23.01	88.19	30.64	134.13	46.60
1	ε	193.19	156.41	55.93	36.78	19.04	86.44	30.91	123.23	44.07
2	e	190.20	190.20	57.83	0	0	138.70	42.17	138.70	42.17
2	e	209.44	209.44	56.99	0	0	158.07	43.01	158.07	43.01
2	e	249.32	249.32	55.10	0	0	203.18	44.90	203.18	44.90
2	e	303.88	303.88	65.20	0	0	162.22	34.80	162.22	34.80
2	e	259.54	259.54	60.46	0	0	169.74	39.54	169.74	39.54
2	e	244.35	244.35	61.08	0	0	155.68	38.92	155.68	38.92
2	e	269.00	269.00	64.69	0	0	146.84	35.31	146.84	35.31
2	e	287.81	287.81	63.55	0	0	165.11	36.45	165.11	36.45
2	e	358.29	358.29	68.07	0	0	168.04	31.93	168.04	31.93
2	e	311.49	311.49	67.72	0	0	148.46	32.28	148.46	32.28

คน ที่	สระ	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
2	ε	196.17	157.31	52.66	38.86	19.81	102.57	34.33	141.43	47.34
2	ε	209.88	180.63	62.91	29.25	13.94	77.26	26.91	106.51	37.09
2	ε	198.07	157.64	52.39	40.43	20.41	102.85	34.18	143.28	47.61
2	ε	190.01	147.22	50.55	42.79	22.52	101.23	34.76	144.03	49.45
2	ε	196.90	155.24	47.11	41.65	21.16	132.67	40.26	174.32	52.89
2	ε	179.93	128.00	41.52	51.93	28.86	128.34	41.63	180.27	58.48
2	ε	201.00	150.21	50.39	50.79	25.27	97.09	32.57	147.88	49.61
2	ε	182.58	139.87	50.18	42.71	23.39	96.15	34.50	138.85	49.82
2	ε	173.19	126.68	44.96	46.50	26.85	108.61	38.54	155.11	55.04
2	ε	207.51	169.57	60.63	37.93	18.28	72.17	25.80	110.10	39.37
3	e	210.97	177.90	42.83	33.07	15.68	204.38	49.21	237.45	57.17
3	e	203.25	178.95	47.54	24.30	11.96	173.16	46.00	197.46	52.46
3	e	225.82	193.84	45.11	31.98	14.16	203.89	47.45	235.88	54.89
3	e	223.83	190.22	48.70	33.61	15.02	166.77	42.70	200.37	51.30
3	e	207.79	177.05	45.76	30.74	14.79	179.12	46.30	209.86	54.24
3	e	227.57	195.33	45.90	32.24	14.17	197.95	46.52	230.19	54.10
3	e	224.76	200.55	48.01	24.21	10.77	193.00	46.20	217.21	51.99
3	e	194.16	168.31	42.28	25.85	13.31	203.89	51.22	229.74	57.72
3	e	232.61	194.39	47.51	38.22	16.43	176.51	43.14	214.73	52.49
3	e	209.97	186.88	47.08	23.09	11.00	186.96	47.10	210.05	52.92
3	ε	211.49	167.71	47.27	43.78	20.70	143.32	40.39	187.10	52.73
3	ε	207.58	156.91	45.89	50.68	24.41	134.34	39.29	185.01	54.11
3	ε	210.24	173.60	51.18	36.65	17.43	128.94	38.02	165.59	48.82
3	ε	208.30	166.35	47.67	41.94	20.14	140.66	40.31	182.60	52.33
3	ε	215.64	152.09	40.50	63.55	29.47	159.89	42.58	223.43	59.50
3	ε	221.60	167.53	44.00	54.07	24.40	159.17	41.80	213.24	56.00
3	ε	197.16	158.64	48.90	38.52	19.54	127.28	39.23	165.79	51.10
3	ε	196.07	148.82	42.17	47.25	24.10	156.81	44.44	204.07	57.83
3	ε	181.55	140.36	50.73	41.18	22.69	95.13	34.38	136.32	49.27
3	ε	204.18	144.04	42.56	60.14	29.45	134.29	39.68	194.43	57.44
4	e	216.84	169.16	48.49	47.68	21.99	131.99	37.84	179.67	51.51
4	e	310.54	263.58	59.57	46.97	15.12	131.93	29.82	178.90	40.43

คน ที่	สระ	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
4	e	228.26	187.91	48.50	40.35	17.68	159.22	41.09	199.57	51.50
4	e	256.23	205.67	46.37	50.56	19.73	187.31	42.23	237.87	53.63
4	e	193.11	148.74	41.68	44.37	22.98	163.76	45.89	208.13	58.32
4	e	214.90	182.91	48.72	31.99	14.89	160.51	42.76	192.50	51.28
4	e	234.28	198.47	54.18	35.81	15.28	132.05	36.05	167.86	45.82
4	e	210.13	179.81	52.42	30.32	14.43	132.86	38.74	163.18	47.58
4	e	227.38	188.24	47.40	39.14	17.22	169.75	42.74	208.89	52.60
4	e	217.57	179.33	50.41	38.24	17.58	138.20	38.85	176.44	49.59
4	ε	189.84	125.06	43.80	64.78	34.12	95.70	33.52	160.48	56.20
4	ε	218.89	181.00	53.63	37.90	17.31	118.58	35.14	156.47	46.37
4	ε	250.81	205.20	53.89	45.61	18.18	129.96	34.13	175.57	46.11
4	ε	216.80	172.28	54.20	44.52	20.54	101.06	31.79	145.58	45.80
4	ε	220.01	159.26	41.07	60.75	27.61	167.74	43.26	228.49	58.93
4	ε	238.75	181.17	47.80	57.57	24.11	140.28	37.01	197.85	52.20
4	ε	204.87	152.26	45.96	52.61	25.68	126.44	38.16	179.06	54.04
4	ε	223.47	179.56	53.24	43.91	19.65	113.77	33.74	157.68	46.76
4	ε	216.89	167.77	55.18	49.11	22.64	87.14	28.66	136.25	44.82
4	ε	179.65	148.47	50.90	31.18	17.35	112.06	38.42	143.24	49.10
5	e	159.17	159.17	53.80	0	0	136.70	46.20	136.70	46.20
5	e	185.22	185.22	56.29	0	0	143.85	43.71	143.85	43.71
5	e	158.47	158.47	46.86	0	0	179.73	53.14	179.73	53.14
5	e	178.46	178.46	53.45	0	0	155.40	46.55	155.40	46.55
5	e	179.26	179.26	55.81	0	0	141.93	44.19	141.93	44.19
5	e	159.64	159.64	46.33	0	0	184.94	53.67	184.94	53.67
5	e	170.55	170.55	45.86	0	0	201.38	54.14	201.38	54.14
5	e	181.86	181.86	51.99	0	0	167.93	48.01	167.93	48.01
5	e	202.11	202.11	51.86	0	0	187.59	48.14	187.59	48.14
5	e	192.29	192.29	45.77	0	0	227.83	54.23	227.83	54.23
5	ε	192.51	151.86	47.75	40.65	21.11	125.54	39.47	166.18	52.25
5	ε	189.41	143.64	44.75	45.77	24.16	131.60	41.00	177.36	55.25
5	ε	202.56	158.40	42.24	44.15	21.80	172.42	45.98	216.57	57.76
5	ε	206.40	159.70	47.87	46.70	22.63	127.19	38.13	173.89	52.13

คน ที่	สระ	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
5	ε	167.17	126.53	45.08	40.64	24.31	113.49	40.44	154.13	54.92
5	ε	207.85	159.21	43.58	48.64	23.40	157.52	43.11	206.16	56.42
5	ε	197.91	142.67	39.63	55.24	27.91	162.08	45.02	217.32	60.37
5	ε	197.65	151.41	47.96	46.24	23.39	118.04	37.39	164.28	52.04
5	ε	179.01	124.57	44.44	54.44	30.41	101.28	36.13	155.72	55.56
5	ε	202.29	149.77	48.98	52.52	25.96	103.46	33.84	155.98	51.02
6	e	147.09	147.09	47.68	0	0	161.38	52.32	161.38	52.32
6	e	226.70	226.70	62.48	0	0	136.15	37.52	136.15	37.52
6	e	169.65	169.65	54.80	0	0	139.91	45.20	139.91	45.20
6	e	153.82	153.82	51.06	0	0	147.44	48.94	147.44	48.94
6	e	162.07	162.07	50.43	0	0	159.30	49.57	159.30	49.57
6	e	222.95	222.95	58.36	0	0	159.07	41.64	159.07	41.64
6	e	207.26	207.26	59.26	0	0	142.49	40.74	142.49	40.74
6	e	205.79	205.79	60.88	0	0	132.25	39.12	132.25	39.12
6	e	219.48	219.48	61.12	0	0	139.61	38.88	139.61	38.88
6	e	213.04	213.04	61.43	0	0	133.74	38.57	133.74	38.57
6	ε	201.90	156.95	43.01	44.95	22.26	163.03	44.67	207.98	56.99
6	ε	203.13	203.13	57.74	0	0	148.69	42.26	148.69	42.26
6	ε	180.11	180.11	59.67	0	0	121.76	40.33	121.76	40.33
6	ε	173.32	173.32	59.35	0	0	118.74	40.65	118.74	40.65
6	ε	184.95	134.39	44.36	50.56	27.34	118.01	38.95	168.57	55.64
6	ε	246.46	193.69	48.43	52.77	21.41	153.49	38.38	206.26	51.57
6	ε	197.83	197.83	61.37	0	0	124.50	38.63	124.50	38.63
6	ε	177.40	154.49	49.54	22.91	12.91	134.47	43.12	157.38	50.46
6	ε	201.95	157.67	43.61	44.28	21.93	159.63	44.15	203.91	56.39
6	ε	205.15	161.96	48.80	43.19	21.05	126.73	38.18	169.91	51.20
7	e	186.80	138.51	43.34	48.28	25.85	132.77	41.55	181.06	56.66
7	e	247.90	190.61	48.11	57.29	23.11	148.27	37.43	205.56	51.89
7	e	257.83	208.84	55.73	48.99	19.00	116.92	31.20	165.91	44.27
7	e	277.85	204.61	51.59	73.24	26.36	118.77	29.95	192.01	48.41
7	e	247.69	187.72	47.04	59.97	24.21	151.37	37.93	211.33	52.96
7	e	209.91	158.71	43.13	51.19	24.39	158.05	42.95	209.24	56.87

คน ที่	สระ	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
7	e	236.40	192.93	58.93	43.46	18.39	90.98	27.79	134.45	41.07
7	e	200.29	155.18	49.71	45.11	22.52	111.87	35.84	156.98	50.29
7	e	246.55	198.62	52.64	47.93	19.44	130.76	34.66	178.68	47.36
7	e	262.70	191.04	47.70	71.66	27.28	137.78	34.40	209.44	52.30
7	ε	223.67	191.29	65.79	32.38	14.48	67.07	23.07	99.45	34.21
7	ε	232.49	199.10	63.93	33.40	14.36	78.94	25.35	112.34	36.07
7	ε	210.19	168.57	61.21	41.62	19.80	65.22	23.68	106.84	38.79
7	ε	216.32	191.08	62.75	25.24	11.67	88.19	28.96	113.43	37.25
7	ε	194.07	142.26	41.60	51.81	26.70	147.92	43.25	199.73	58.40
7	ε	222.27	152.53	41.22	69.75	31.38	147.80	39.94	217.54	58.78
7	ε	226.76	206.72	61.82	20.05	8.84	107.60	32.18	127.65	38.18
7	ε	236.57	214.72	65.92	21.85	9.24	89.14	27.37	110.99	34.08
7	ε	202.32	163.37	55.57	38.95	19.25	91.66	31.18	130.61	44.43
7	ε	218.85	171.35	57.39	47.50	21.71	79.70	26.70	127.20	42.61
8	e	212.01	212.01	70.94	0	0	86.85	29.06	86.85	29.06
8	e	198.53	198.53	57.46	0	0	147.00	42.54	147	42.54
8	e	199.66	199.66	61.43	0	0	125.34	38.57	125.34	38.57
8	e	212.43	212.43	62.47	0	0	127.61	37.53	127.61	37.53
8	e	196.71	196.71	61.45	0	0	123.39	38.55	123.39	38.55
8	e	194.13	194.13	60.03	0	0	129.26	39.97	129.26	39.97
8	e	201.80	179.86	55.71	21.94	10.87	121.07	37.50	143.01	44.29
8	e	207.49	180.28	52.35	27.21	13.11	136.89	39.75	164.10	47.65
8	e	192.41	159.07	50.55	33.34	17.33	122.24	38.85	155.59	49.45
8	e	220.77	194.85	55.83	25.92	11.74	128.24	36.74	154.17	44.17
8	ε	183.04	139.60	51.05	43.44	23.73	90.43	33.07	133.87	48.95
8	ε	200.48	167.94	55.23	32.53	16.23	103.59	34.07	136.12	44.77
8	ε	187.55	132.45	41.97	55.10	29.38	128.06	40.57	183.16	58.03
8	ε	205.41	152.17	48.48	53.24	25.92	108.46	34.56	161.71	51.52
8	ε	173.85	136.96	46.60	36.89	21.22	120.05	40.85	156.94	53.40
8	ε	190.45	156.73	45.70	33.72	17.71	152.52	44.47	186.24	54.30
8	ε	199.59	165.60	56.18	33.99	17.03	95.18	32.29	129.17	43.82
8	ε	158.29	133.23	51.22	25.06	15.83	101.83	39.15	126.89	48.78

คน ที่	สระ	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
8	ε	155.86	117.89	48.92	37.97	24.36	85.15	35.33	123.12	51.08
8	ε	168.70	107.67	41.01	61.03	36.18	93.82	35.74	154.85	58.99
9	e	191.10	159.45	37.62	31.64	16.56	232.71	54.91	264.35	62.38
9	e	179.29	157.87	46.55	21.41	11.94	159.85	47.14	181.27	53.45
9	e	197.66	152.55	35.67	45.11	22.82	230.07	53.79	275.18	64.33
9	e	197.43	166.90	37.08	30.54	15.47	252.70	56.14	283.24	62.92
9	e	199.58	164.45	35.57	35.14	17.61	262.78	56.83	297.91	64.43
9	e	181.57	144.43	33.41	37.14	20.46	250.74	58.00	287.88	66.59
9	e	147.54	111.04	30.22	36.50	24.74	219.87	59.84	256.37	69.78
9	e	272.63	219.65	40.02	52.98	19.43	276.17	50.32	329.15	59.98
9	e	222.85	170.72	35.00	52.13	23.39	264.91	54.31	317.04	65.00
9	e	209.81	151.28	33.02	58.53	27.90	248.38	54.21	306.90	66.98
9	ε	208.52	171	43.47	37.51	17.99	184.85	46.99	222.36	56.53
9	ε	201.26	157.10	41.80	44.16	21.94	174.58	46.45	218.74	58.20
9	ε	228.38	185.17	47.79	43.20	18.92	159.09	41.06	202.29	52.21
9	ε	205.94	154.03	39.71	51.91	25.21	181.92	46.90	233.83	60.29
9	ε	194.00	135.57	36.41	58.43	30.12	178.33	47.90	236.75	63.59
9	ε	200.43	156.25	41.05	44.18	22.04	180.23	47.35	224.41	58.95
9	ε	219.11	219.11	46.12	0	0	255.99	53.88	255.99	53.88
9	ε	200.45	168.46	46.05	31.98	15.96	165.38	45.21	197.36	53.95
9	ε	209.41	128.36	33.86	81.05	38.71	169.64	44.75	250.70	66.14
9	ε	202.76	113.81	32.19	88.95	43.87	150.82	42.66	239.77	67.81
10	e	151.95	111.09	40.51	40.86	26.89	122.25	44.58	163.11	59.49
10	e	184.10	144.76	40.94	39.34	21.37	169.50	47.93	208.83	59.06
10	e	180.07	146.02	41.53	34.05	18.91	171.56	48.79	205.61	58.47
10	e	180.79	138.82	42.25	41.97	23.21	147.80	44.98	189.76	57.75
10	e	177.54	144.32	40.09	33.22	18.71	182.43	50.68	215.65	59.91
10	e	161.28	135.99	45.90	25.29	15.68	134.97	45.56	160.26	54.10
10	e	169.91	135.47	41.31	34.43	20.26	158.04	48.19	192.47	58.69
10	e	179.97	145.26	45.48	34.71	19.29	139.40	43.65	174.11	54.52
10	e	169.89	135.15	42.49	34.75	20.45	148.17	46.58	182.91	57.51
10	e	158.45	140.29	44.15	18.16	11.46	159.29	50.13	177.45	55.85

คน ที่	สระ	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
10	ε	146.81	116.89	46.78	29.92	20.38	103.08	41.25	133	53.22
10	ε	145.42	120.71	45.32	29.85	19.83	115.77	43.47	145.62	54.68
10	ε	132.64	109.21	54.71	23.42	17.66	67.00	33.56	90.42	45.29
10	ε	170.31	124.61	48.22	45.70	26.83	88.14	34.10	133.83	51.78
10	ε	155.03	99.12	38.48	55.92	36.07	102.58	39.82	158.49	61.52
10	ε	181.10	131.70	49.02	49.39	27.28	87.58	32.60	136.97	50.98
10	ε	149.55	127.21	49.87	22.35	14.94	105.52	41.37	127.87	50.13
10	ε	142.05	142.05	59.55	0	0	96.48	40.45	96.48	40.45
10	ε	166.17	112.96	45.06	53.22	32.03	84.49	33.71	137.71	54.94
10	ε	161.57	114.99	43.72	46.58	28.83	101.44	38.57	148.02	56.28
11	e	198.93	167.67	52.33	31.26	15.71	121.48	37.91	152.73	47.67
11	e	217.07	217.07	60.96	0	0	139	39.04	139.00	39.04
11	e	184.60	184.60	60.63	0	0	119.87	39.37	119.87	39.37
11	e	197.28	197.28	59.52	0	0	134.15	40.48	134.15	40.48
11	e	237.19	237.19	67.61	0	0	113.61	32.39	113.61	32.39
11	e	222.31	222.31	62.67	0	0	132.40	37.33	132.40	37.33
11	e	275.37	275.37	61.45	0	0	172.74	38.55	172.74	38.55
11	e	246.00	246.00	58.20	0	0	176.69	41.80	176.69	41.80
11	e	288.53	288.53	62.58	0	0	172.52	37.42	172.52	37.42
11	e	231.31	191.81	48.25	39.49	17.07	166.24	41.82	205.73	51.75
11	ε	228.78	173.76	52.08	55.02	24.05	104.84	31.43	159.87	47.92
11	ε	230.10	196.45	56.43	33.65	14.62	118.04	33.91	151.69	43.57
11	ε	209.35	174.16	55.88	35.19	16.81	102.34	32.83	137.53	44.12
11	ε	211.38	163.34	48.30	48.04	22.73	126.82	37.50	174.87	51.70
11	ε	230.39	184.52	53.61	45.88	19.91	113.79	33.06	159.66	46.39
11	ε	224.03	172.71	54.73	51.32	22.91	91.53	29.01	142.85	45.27
11	ε	206.77	179.99	55.35	26.78	12.95	118.42	36.42	145.20	44.65
11	ε	196.45	177.43	56.13	19.01	9.68	119.68	37.86	138.69	43.87
11	ε	182.33	129.77	46.13	52.56	28.83	98.96	35.18	151.52	53.87
11	ε	167.25	132.85	48.95	34.40	20.57	104.16	38.38	138.56	51.05
12	e	163.47	163.47	58.79	0	0	114.61	41.21	114.61	41.21
12	e	151.80	151.80	49.13	0	0	157.20	50.87	157.20	50.87

คน ที่	สระ	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
12	e	189.47	153.79	47.44	35.68	18.83	134.71	41.55	170.39	52.56
12	e	191.56	191.56	55.62	0	0	152.86	44.38	152.86	44.38
12	e	178.20	178.20	57.53	0	0	131.56	42.47	131.56	42.47
12	e	169.74	169.74	52.55	0	0	153.28	47.45	153.28	47.45
12	e	160.16	160.16	53.31	0	0	140.27	46.69	140.27	46.69
12	e	160.67	160.67	55.91	0	0	126.71	44.09	126.71	44.09
12	e	176.69	135.47	41.51	41.22	23.33	149.64	45.86	190.86	58.49
12	e	170.42	143.86	45.77	26.57	15.59	143.88	45.78	170.44	54.23
12	ε	169.01	141.56	49.92	27.45	16.24	114.54	40.40	141.99	50.08
12	ε	170.87	138.79	46.89	32.08	18.77	125.11	42.27	157.19	53.11
12	ε	209.63	177.85	53.38	31.78	15.16	123.52	37.08	155.30	46.62
12	ε	211.21	211.21	62.78	0	0	125.21	37.22	125.21	37.22
12	ε	184.03	155.13	53.31	28.90	15.70	106.97	36.76	135.87	46.69
12	ε	198.15	170.19	54.29	27.96	14.11	115.31	36.79	143.27	45.71
12	ε	173.15	153.77	53.39	19.38	11.19	114.86	39.88	134.24	46.61
12	ε	199.82	167.56	53.20	32.26	16.14	115.15	36.56	147.41	46.80
12	ε	203.82	171.43	55.45	32.40	15.89	105.32	34.07	137.71	44.55
12	ε	195.41	161.94	49.70	33.47	17.13	130.44	40.03	163.91	50.30
13	e	175.53	175.53	47.43	0	0	194.58	52.57	194.58	52.57
13	e	154.12	154.12	44.21	0	0	194.51	55.79	194.51	55.79
13	e	157.22	157.22	46.77	0	0	178.92	53.23	178.92	53.23
13	e	168.75	168.75	41.30	0	0	239.87	58.70	239.87	58.70
13	e	206.12	206.12	51.40	0	0	194.91	48.60	194.91	48.60
13	e	172.82	172.82	44.90	0	0	212.05	55.10	212.05	55.10
13	e	146.82	146.82	48.89	0	0	153.47	51.11	153.47	51.11
13	e	144.35	144.35	45.45	0	0	173.23	54.55	173.23	54.55
13	e	178.08	178.08	48.59	0	0	188.40	51.41	188.40	51.41
13	e	159.41	159.41	51.74	0	0	148.67	48.26	148.67	48.26
13	ε	169.33	169.33	54.73	0	0	140.09	45.27	140.09	45.27
13	ε	151.95	130.36	46.41	21.59	14.21	128.92	45.90	150.51	53.59
13	ε	154.63	125.58	41.72	29.06	18.79	146.33	48.62	175.39	58.28
13	ε	171.65	137.95	43.04	33.70	19.63	148.88	46.45	182.58	56.96

คน ที่	สระ	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
13	ε	148.56	104.21	30.54	44.35	29.85	192.70	56.47	237.05	69.46
13	ε	150.43	105.15	31.66	45.28	30.10	181.70	54.71	226.98	68.34
13	ε	152.09	152.09	46.95	0	0	171.86	53.05	171.86	53.05
13	ε	131.68	102.46	41.55	29.22	22.19	114.89	46.60	144.11	58.45
13	ε	132.43	86.59	31.91	45.84	34.62	138.92	51.19	184.76	68.09
13	ε	145.07	109.61	41.41	35.46	24.44	119.63	45.19	155.09	58.59
14	e	169.69	128.77	50.07	40.92	24.11	87.49	34.02	128.41	49.93
14	e	165.09	116.47	36.49	48.62	29.45	154.10	48.28	202.73	63.51
14	e	165.52	109.71	34.41	55.81	33.72	153.27	48.08	209.08	65.59
14	e	165.83	122.89	41.32	42.95	25.90	131.53	44.23	174.48	58.68
14	e	160.59	104.63	35.38	55.96	34.85	135.15	45.70	191.11	64.62
14	e	162.61	123.55	42.77	39.07	24.02	126.26	43.71	165.32	57.23
14	e	161.97	115.35	39	46.61	28.78	133.80	45.24	180.41	61
14	e	155.24	120.07	34.26	35.17	22.66	195.18	55.70	230.35	65.74
14	e	147.63	102.17	38.26	45.46	30.79	119.43	44.72	164.89	61.74
14	e	153.98	116.60	39.00	37.38	24.28	144.97	48.49	182.34	61
14	ε	137.81	96.11	41.15	41.71	30.26	95.76	41	137.47	58.85
14	ε	145.51	104.38	39.06	41.13	28.27	121.74	45.55	162.87	60.94
14	ε	142.51	95.18	31.27	47.32	33.21	161.84	53.18	209.17	68.73
14	ε	145.23	99.45	33.07	45.78	31.52	155.53	51.71	201.31	66.93
14	ε	162.50	107.17	39.12	55.33	34.05	111.46	40.69	166.79	60.88
14	ε	162.31	114.74	41.34	47.57	29.31	115.26	41.53	162.84	58.66
14	ε	141.01	98.84	41.89	42.17	29.91	94.95	40.24	137.12	58.11
14	ε	142.25	105.51	46.26	36.73	25.82	85.85	37.64	122.58	53.74
14	ε	135.27	74.81	30.27	60.46	44.69	111.89	45.27	172.35	69.73
14	ε	138.59	87.62	36.62	50.98	36.78	100.67	42.07	151.65	63.38
15	e	137.97	137.97	56.88	0	0	104.59	43.12	104.59	43.12
15	e	147.74	147.74	53.68	0	0	127.47	46.32	127.47	46.32
15	e	170.85	170.85	61.20	0	0	108.32	38.80	108.32	38.80
15	e	153.19	153.19	51.85	0	0	142.24	48.15	142.24	48.15
15	e	149.85	149.85	56.22	0	0	116.69	43.78	116.69	43.78
15	e	147.21	147.21	44.39	0	0	184.41	55.61	184.41	55.61

คน ที่	สระ	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
15	e	192.24	192.24	52.74	0	0	172.26	47.26	172.26	47.26
15	e	151.15	151.15	40.55	0	0	221.59	59.45	221.59	59.45
15	e	174.15	174.15	50.86	0	0	168.26	49.14	168.26	49.14
15	e	168.46	168.46	50.98	0	0	161.98	49.02	161.98	49.02
15	ε	147.77	147.77	63.23	0	0	85.92	36.77	85.92	36.77
15	ε	157.42	114.37	42.67	43.05	27.35	110.65	41.28	153.70	57.33
15	ε	159.28	131.34	47.46	27.94	17.54	117.43	42.44	145.38	52.54
15	ε	176.50	139.45	49.83	37.06	20.99	103.35	36.93	140.40	50.17
15	ε	134.99	96.72	38.84	38.27	28.35	114.04	45.79	152.31	61.16
15	ε	167.86	132.30	48.37	35.56	21.18	105.67	38.63	141.23	51.63
15	ε	158.34	132.68	53.35	25.66	16.20	90.37	36.33	116.03	46.65
15	ε	164.57	140.71	51.32	23.86	14.50	109.64	39.98	133.49	48.68
15	ε	152.14	116.63	46.16	35.51	23.34	100.55	39.79	136.06	53.84
15	ε	164.71	120.04	50.41	44.67	27.12	73.41	30.83	118.08	49.59
16	e	201.38	201.38	48.42	0	0	214.53	51.58	214.53	51.58
16	e	194.74	194.74	41.20	0	0	277.98	58.80	277.98	58.80
16	e	231.05	231.05	52.34	0	0	210.40	47.66	210.40	47.66
16	e	253.57	253.57	51.20	0	0	241.72	48.80	241.72	48.80
16	e	285.25	285.25	61.76	0	0	176.62	38.24	176.62	38.24
16	e	269.58	269.58	54.62	0	0	223.96	45.38	223.96	45.38
16	e	258.12	258.12	48.31	0	0	276.15	51.69	276.15	51.69
16	e	374.94	374.94	57.86	0	0	273.02	42.14	273.02	42.14
16	e	333.65	333.65	46.84	0	0	378.69	53.16	378.69	53.16
16	e	300.93	300.93	54.23	0	0	253.99	45.77	253.99	45.77
16	ε	179.86	130.60	44.71	49.26	27.39	112.22	38.42	161.48	55.29
16	ε	173.71	141.37	47.32	32.35	18.62	125.06	41.86	157.41	52.68
16	ε	193.18	155.27	49.17	37.91	19.62	122.59	38.82	160.50	50.83
16	ε	167.51	151.05	58.01	16.46	9.82	92.89	35.67	109.34	41.99
16	ε	221.76	186.66	55.99	35.10	15.83	111.61	33.48	146.71	44.01
16	ε	247.28	207.68	57.67	39.61	16.02	112.81	31.33	152.41	42.33
16	ε	188.72	131.42	43.61	57.31	30.36	112.61	37.37	169.92	56.39
16	ε	197.15	166.75	49.48	30.40	15.42	139.85	41.50	170.25	50.52

คน ที่	สระ	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
16	ε	199.62	148.14	47.58	51.48	25.79	111.71	35.88	163.20	52.42
16	ε	217.98	153.21	48.02	64.77	29.71	101.06	31.68	165.83	51.98
17	e	222.23	173.73	50.49	48.50	21.83	121.87	35.42	170.37	49.51
17	e	170.01	139.73	47.92	30.28	17.81	121.60	41.70	151.88	52.08
17	e	188.50	79.86	22.63	108.65	57.64	164.34	46.58	272.99	77.37
17	e	235.79	188.05	50.98	47.74	20.25	133.08	36.08	180.82	49.02
17	e	179.38	108.77	35.37	70.61	39.36	128.17	41.67	198.77	64.63
17	e	185.47	130.09	39.19	55.38	29.86	146.46	44.12	201.84	60.81
17	e	169.07	133.12	40.66	35.95	21.26	158.31	48.36	194.26	59.34
17	e	165.77	127.10	48.32	38.67	23.33	97.25	36.98	135.92	51.68
17	e	232.38	154.12	42.28	78.26	33.68	132.11	36.25	210.37	57.72
17	e	172.28	133.81	43.94	38.46	22.33	132.27	43.43	170.73	56.06
17	ε	159.76	121.53	43.81	38.22	23.92	117.68	42.42	155.90	56.19
17	ε	166.15	122.92	46.51	43.23	26.02	98.12	37.13	141.34	53.49
17	ε	171.61	110.50	41.98	61.11	35.61	91.59	34.80	152.70	58.02
17	ε	175.92	136.32	57.99	39.60	22.51	59.14	25.16	98.74	42.01
17	ε	168.15	110.79	39.96	57.35	34.11	109.10	39.35	166.45	60.04
17	ε	189.42	148.86	40.37	40.56	21.41	179.29	48.63	219.85	59.63
17	ε	179.02	128.98	46.51	50.04	27.95	98.29	35.44	148.33	53.49
17	ε	182.21	143.75	52.24	38.46	21.11	92.96	33.78	131.41	47.76
17	ε	155.89	103.12	39.08	52.76	33.85	107.98	40.92	160.75	60.92
17	ε	160.50	100.11	35.20	60.39	37.62	123.92	43.57	184.31	64.80
18	e	203.19	203.19	64.79	0	0	110.44	35.21	110.44	35.21
18	e	184.62	184.62	60.34	0	0	121.34	39.66	121.34	39.66
18	e	191.43	191.43	59.78	0	0	128.79	40.22	128.79	40.22
18	e	211.42	211.42	66.96	0	0	104.31	33.04	104.31	33.04
18	e	201.93	201.93	65.08	0	0	108.34	34.92	108.34	34.92
18	e	208.59	208.59	62.05	0	0	127.59	37.95	127.59	37.95
18	e	192.41	192.41	58.34	0	0	137.42	41.66	137.42	41.66
18	e	232.52	232.52	71.61	0	0	92.19	28.39	92.19	28.39
18	e	214.20	214.20	64.58	0	0	117.50	35.42	117.50	35.42
18	e	203.47	203.47	61.35	0	0	128.16	38.65	128.16	38.65

คน ที่	สระ	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
18	ε	218.43	168.43	56.06	50	22.89	82.03	27.30	132.03	43.94
18	ε	195.73	153.91	50.49	41.82	21.37	109.13	35.80	150.95	49.51
18	ε	189.25	137.73	49.41	51.52	27.22	89.51	32.11	141.03	50.59
18	ε	189.61	148.39	53.29	41.22	21.74	88.85	31.91	130.07	46.71
18	ε	168.55	118.01	44.47	50.54	29.98	96.83	36.49	147.36	55.53
18	ε	174.42	132.43	46.14	41.99	24.07	112.64	39.24	154.62	53.86
18	ε	173.60	135.82	48.45	37.78	21.76	106.75	38.08	144.53	51.55
18	ε	187.35	142.98	49.79	44.37	23.68	99.82	34.76	144.19	50.21
18	ε	142.96	107.83	43.33	35.13	24.57	105.92	42.56	141.05	56.67
18	ε	178.36	136.37	51.18	41.99	23.54	88.09	33.06	130.08	48.82
19	e	136.61	136.61	40.95	0	0	196.99	59.05	196.99	59.05
19	e	135.92	135.92	49.24	0	0	140.09	50.76	140.09	50.76
19	e	152.32	152.32	49.41	0	0	155.97	50.59	155.97	50.59
19	e	135.76	135.76	45.85	0	0	160.35	54.15	160.35	54.15
19	e	159.41	159.41	49.89	0	0	160.10	50.11	160.10	50.11
19	e	167.83	145.34	45.90	22.49	13.40	148.84	47.00	171.33	54.10
19	e	149.71	120.32	38.88	29.39	19.63	159.77	51.62	189.16	61.12
19	e	161.93	133.76	43.54	28.17	17.40	145.26	47.29	173.43	56.46
19	e	192.86	192.86	54.26	0	0	162.59	45.74	162.59	45.74
19	e	187.54	150.95	45.67	36.59	19.51	142.98	43.26	179.57	54.33
19	ε	213.67	172.74	47.22	40.93	19.16	152.17	41.59	193.10	52.78
19	ε	198.16	151.57	40.40	46.59	23.51	177.05	47.19	223.64	59.60
19	ε	180.63	129.85	39.49	50.78	28.11	148.16	45.06	198.94	60.51
19	ε	176.90	140.98	46.33	35.92	20.31	127.37	41.86	163.29	53.67
19	ε	186.99	145.29	46.11	41.70	22.30	128.08	40.65	169.78	53.89
19	ε	186.49	139.29	39.84	47.20	25.31	163.11	46.66	210.31	60.16
19	ε	153.34	110.34	44.26	43.00	28.04	95.96	38.49	138.96	55.74
19	ε	172.94	138.57	43.60	34.38	19.88	144.90	45.59	179.28	56.40
19	ε	203.26	142.08	41.79	61.18	30.10	136.75	40.22	197.93	58.21
19	ε	228.20	174.38	50.53	53.82	23.58	116.88	33.87	170.70	49.47

ภาคผนวก ง

ค่าระยะเวลาสัมบูรณ์ (ms) และค่าร้อยละของค่าระยะเวลาต่างๆ ของผู้บอกภาษาโป

บริษัท NV

คนที่	สระ	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
1	i	429.61	0	0	429.61	100	91.99	17.64	521.60	100
1	i	385.31	0	0	385.31	100	96.28	19.99	481.59	100
1	i	434.75	0	0	434.75	100	101.90	18.99	536.64	100
1	i	357.23	0	0	357.23	100	100.75	22.00	457.98	100
1	i	430.34	0	0	430.34	100	101.83	19.13	532.18	100
1	i	400.70	0	0	400.70	100	163.70	29.00	564.40	100
1	i	380.28	0	0	380.28	100	65.91	14.77	446.20	100
1	i	434.95	0	0	434.95	100	84.93	16.34	519.88	100
1	i	411.56	0	0	411.56	100	111.24	21.28	522.80	100
1	i	418.61	0	0	418.61	100	112.98	21.25	531.59	100
1	e	439.28	0	0	439.28	100	146.52	25.01	585.80	100
1	e	397.25	0	0	397.25	100	147.47	27.07	544.72	100
1	e	510.77	0	0	510.77	100	124.08	19.54	634.84	100
1	e	416.28	0	0	416.28	100	110.39	20.96	526.66	100
1	e	465.27	0	0	465.27	100	116.41	20.01	581.69	100
1	e	380.28	0	0	380.28	100	119.84	23.96	500.11	100
1	e	438.71	0	0	438.71	100	135.26	23.57	573.96	100
1	e	472.16	0	0	472.16	100	184.83	28.13	656.99	100
1	ε	441.39	0	0	441.39	100	87.15	16.49	528.54	100
1	ε	429.85	0	0	429.85	100	70.44	14.08	500.29	100
1	ε	408.57	0	0	408.57	100	118.84	22.53	527.42	100
1	ε	464.71	0	0	464.71	100	95.79	17.09	560.49	100
1	ε	457.68	0	0	457.68	100	111.36	19.57	569.03	100
1	ε	441.41	0	0	441.41	100	114.15	20.55	555.56	100
1	ε	355.18	0	0	355.18	100	76.28	17.68	431.45	100
1	ε	377.66	0	0	377.66	100	110.79	22.68	488.46	100

คน ที่	สระ	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
1	ε	373.49	0	0	373.49	100	122.57	24.71	496.06	100
1	ε	427.13	0	0	427.13	100	130.27	23.37	557.40	100
2	i	443.23	0	0	443.23	100	116.67	20.84	559.89	100
2	i	353.08	0	0	353.08	100	111.71	24.03	464.79	100
2	i	352.34	0	0	352.34	100	102.90	22.60	455.24	100
2	i	350.74	0	0	350.74	100	104.53	22.96	455.27	100
2	i	365.97	0	0	365.97	100	133.21	26.69	499.18	100
2	i	350.01	0	0	350.01	100	79.18	18.45	429.19	100
2	i	374.12	0	0	374.12	100	97.96	20.75	472.08	100
2	i	365.38	0	0	365.38	100	74.31	16.90	439.68	100
2	i	351.06	0	0	351.06	100	120.19	25.50	471.26	100
2	i	339.01	0	0	339.01	100	154.60	31.32	493.61	100
2	e	381.84	0	0	381.84	100	86.52	18.47	468.37	100
2	e	366.89	0	0	366.89	100	119.05	24.50	485.94	100
2	e	429.78	0	0	429.78	100	76.98	15.19	506.76	100
2	e	377.41	0	0	377.41	100	111.24	22.76	488.65	100
2	e	320.54	0	0	320.54	100	98.39	23.49	418.93	100
2	e	418.42	0	0	418.42	100	123.94	22.85	542.36	100
2	e	388.14	0	0	388.14	100	128.16	24.82	516.30	100
2	e	409.45	0	0	409.45	100	141.69	25.71	551.15	100
2	e	294.64	0	0	294.64	100	108.59	26.93	403.23	100
2	e	400.97	0	0	400.97	100	95.21	19.19	496.18	100
2	ε	290.53	0	0	290.53	100	128.84	30.72	419.37	100
2	ε	322.72	0	0	322.72	100	112.85	25.91	435.57	100
2	ε	350.81	0	0	350.81	100	113.91	24.51	464.72	100
2	ε	344.09	0	0	344.09	100	142.73	29.32	486.82	100
2	ε	327.86	0	0	327.86	100	83.66	20.33	411.53	100
2	ε	355.38	0	0	355.38	100	150.00	29.68	505.38	100
2	ε	344.75	0	0	344.75	100	155.37	31.07	500.13	100
2	ε	461.26	0	0	461.26	100	123.52	21.12	584.78	100
2	ε	381.57	0	0	381.57	100	142.94	27.25	524.51	100
2	ε	381.23	0	0	381.23	100	105.86	21.73	487.09	100
4	i	413.63	0	0	413.63	100	87.79	17.51	501.42	100

คน ที่	สระ	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
4	i	447.12	0	0	447.12	100	98.82	18.10	545.95	100
4	i	508.84	0	0	508.84	100	107.65	17.46	616.49	100
4	i	354.54	0	0	354.54	100	146.98	29.31	501.53	100
4	i	403.12	0	0	403.12	100	154.81	27.75	557.93	100
4	i	391.24	0	0	391.24	100	84.21	17.71	475.45	100
4	i	440.44	0	0	440.44	100	69.64	13.65	510.08	100
4	i	444.64	0	0	444.64	100	69.97	13.60	514.61	100
4	i	434.41	0	0	434.41	100	96.74	18.21	531.14	100
4	i	490.20	0	0	490.20	100	78.46	13.80	568.67	100
4	e	421.76	0	0	421.76	100	130.72	23.66	552.48	100
4	e	401.48	0	0	401.48	100	116.96	22.56	518.44	100
4	e	405.29	0	0	405.29	100	149.67	26.97	554.96	100
4	e	397.12	0	0	397.12	100	104.50	20.83	501.62	100
4	e	440.57	0	0	440.57	100	112.58	20.35	553.15	100
4	e	415.51	0	0	415.51	100	134.66	24.48	550.17	100
4	e	440.35	0	0	440.35	100	137.67	23.82	578.02	100
4	e	494.34	0	0	494.34	100	122.04	19.80	616.38	100
4	e	434.50	0	0	434.50	100	102.01	19.01	536.50	100
4	e	449.78	0	0	449.78	100	122.81	21.45	572.59	100
4	ε	365.06	0	0	365.06	100	99.38	21.40	464.44	100
4	ε	367.27	0	0	367.27	100	96.99	20.89	464.26	100
4	ε	386.15	0	0	386.15	100	81.87	17.49	468.01	100
4	ε	383.23	0	0	383.23	100	65.97	14.69	449.20	100
4	ε	465.57	0	0	465.57	100	117.04	20.09	582.61	100
4	ε	393.67	0	0	393.67	100	59.85	13.20	453.52	100
4	ε	443.19	0	0	443.19	100	62.69	12.39	505.88	100
4	ε	415.05	0	0	415.05	100	130.01	23.85	545.06	100
4	ε	443.17	0	0	443.17	100	136.76	23.58	579.93	100
4	ε	404.52	0	0	404.52	100	150.40	27.10	554.92	100
5	i	357.45	0	0	357.45	100	83.74	18.98	441.19	100
5	i	318.79	0	0	318.79	100	100.16	23.91	418.96	100
5	i	349.09	0	0	349.09	100	86.44	19.85	435.52	100
5	i	279.62	0	0	279.62	100	54.43	16.29	334.05	100

คน ที่	สระ	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
5	i	311.48	0	0	311.48	100	56.83	15.43	368.31	100
5	i	300.64	0	0	300.64	100	58.09	16.19	358.73	100
5	i	323.63	0	0	323.63	100	88.03	21.38	411.66	100
5	i	330.72	0	0	330.72	100	76.69	18.82	407.41	100
5	i	334.94	0	0	334.94	100	74.21	18.14	409.15	100
5	i	333.09	0	0	333.09	100	92.74	21.78	425.83	100
5	e	305.73	0	0	305.73	100	116.02	27.51	421.75	100
5	e	391.31	0	0	391.31	100	123.44	23.98	514.75	100
5	e	358.43	0	0	358.43	100	91.22	20.29	449.65	100
5	e	363.19	0	0	363.19	100	100.96	21.75	464.15	100
5	e	359.93	0	0	359.93	100	132.50	26.91	492.42	100
5	e	309.21	0	0	309.21	100	103.69	25.11	412.90	100
5	e	325.29	0	0	325.29	100	106.00	24.58	431.29	100
5	e	311.74	0	0	311.74	100	86.07	21.64	397.81	100
5	e	337.76	0	0	337.76	100	105.75	23.84	443.51	100
5	e	305.28	0	0	305.28	100	98.48	24.39	403.76	100
5	ε	297.20	0	0	297.20	100	86.36	22.52	383.57	100
5	ε	252.67	0	0	252.67	100	87.29	25.68	339.96	100
5	ε	328.95	0	0	328.95	100	94.54	22.32	423.49	100
5	ε	276.22	0	0	276.22	100	74.24	21.18	350.46	100
5	ε	301.06	0	0	301.06	100	96.48	24.27	397.54	100
5	ε	282.38	0	0	282.38	100	113.10	28.60	395.48	100
5	ε	302.20	0	0	302.20	100	109.58	26.61	411.78	100
5	ε	333.76	0	0	333.76	100	85.94	20.48	419.69	100
5	ε	316.91	0	0	316.91	100	73.70	18.87	390.60	100
5	ε	297.40	0	0	297.40	100	71.64	19.41	369.04	100
6	i	447.26	0	0	447.26	100	139.45	23.77	586.70	100
6	i	411.43	0	0	411.43	100	141.70	25.62	553.14	100
6	i	472.93	0	0	472.93	100	131.55	21.76	604.48	100
6	i	402.79	0	0	402.79	100	89.06	18.11	491.85	100
6	i	404.29	0	0	404.29	100	126.65	23.85	530.94	100
6	i	403.54	0	0	403.54	100	127.46	24.00	531.00	100
6	i	428.30	0	0	428.30	100	141.03	24.77	569.33	100

คน ที่	สระ	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
6	i	425.81	0	0	425.81	100	117.62	21.64	543.43	100
6	i	356.60	0	0	356.60	100	103.58	22.51	460.18	100
6	i	423.56	0	0	423.56	100	121.86	22.34	545.41	100
6	e	474.87	0	0	474.87	100	151.90	24.23	626.77	100
6	e	449.88	0	0	449.88	100	141.54	23.93	591.42	100
6	e	410.63	0	0	410.63	100	132.63	24.41	543.26	100
6	e	475.18	0	0	475.18	100	139.21	22.66	614.39	100
6	e	544.66	0	0	544.66	100	166.87	23.45	711.53	100
6	e	499.97	0	0	499.97	100	174.99	25.93	674.97	100
6	e	467.44	0	0	467.44	100	139.33	22.96	606.76	100
6	e	500.47	0	0	500.47	100	190.34	27.55	690.81	100
6	e	510.05	0	0	510.05	100	190.02	27.14	700.07	100
6	e	547.90	0	0	547.90	100	194.99	26.25	742.88	100
6	ε	299.33	0	0	299.33	100	119.13	28.47	418.45	100
6	ε	375.26	0	0	375.26	100	104.38	21.76	479.63	100
6	ε	471.64	0	0	471.64	100	122.51	20.62	594.15	100
6	ε	382.01	0	0	382.01	100	83.79	17.99	465.81	100
6	ε	496.40	0	0	496.40	100	107.80	17.84	604.21	100
6	ε	321.39	0	0	321.39	100	116.21	26.56	437.59	100
6	ε	362.54	0	0	362.54	100	148.08	29.00	510.61	100
6	ε	490.37	0	0	490.37	100	127.32	20.61	617.68	100
6	ε	286.90	0	0	286.90	100	130.32	31.23	417.22	100
6	ε	531.97	0	0	531.97	100	138.73	20.68	670.69	100
7	i	375.08	0	0	375.08	100	73.32	16.35	448.40	100
7	i	343.79	0	0	343.79	100	64.58	15.81	408.37	100
7	i	341.32	0	0	341.32	100	71.98	17.42	413.31	100
7	i	306.46	0	0	306.46	100	72.31	19.09	378.77	100
7	i	436.91	0	0	436.91	100	66.14	13.15	503.05	100
7	i	310.08	0	0	310.08	100	57.33	15.60	367.41	100
7	i	355.14	0	0	355.14	100	72.20	16.89	427.34	100
7	i	298.42	0	0	298.42	100	79.10	20.95	377.51	100
7	i	290.18	0	0	290.18	100	80.15	21.64	370.33	100
7	i	309.20	0	0	309.20	100	79.55	20.46	388.74	100

คน ที่	สระ	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
7	e	363.11	0	0	363.11	100	71.33	16.42	434.44	100
7	e	446.19	0	0	446.19	100	74.65	14.33	520.83	100
7	e	365.50	0	0	365.50	100	59.09	13.92	424.59	100
7	e	320.55	0	0	320.55	100	66.32	17.14	386.86	100
7	e	456.04	0	0	456.04	100	72.38	13.70	528.41	100
7	e	425.16	0	0	425.16	100	91.19	17.66	516.35	100
7	e	478.48	0	0	478.48	100	93.52	16.35	572.00	100
7	e	452.32	0	0	452.32	100	76.20	14.42	528.51	100
7	e	382.19	0	0	382.19	100	75.66	16.52	457.85	100
7	e	466.69	0	0	466.69	100	64.30	12.11	531.00	100
7	ε	356.99	0	0	356.99	100	62.19	14.84	419.19	100
7	ε	341.52	0	0	341.52	100	57.10	14.32	398.63	100
7	ε	396.90	0	0	396.90	100	47.00	10.59	443.90	100
7	ε	382.34	0	0	382.34	100	65.34	14.60	447.68	100
7	ε	337.75	0	0	337.75	100	58.17	14.69	395.92	100
7	ε	332.74	0	0	332.74	100	58.62	14.98	391.36	100
7	ε	419.11	0	0	419.11	100	66.18	13.64	485.29	100
7	ε	311.20	0	0	311.20	100	104.34	25.11	415.54	100
7	ε	355.73	0	0	355.73	100	86.77	19.61	442.51	100
7	ε	285.87	0	0	285.87	100	72.65	20.26	358.52	100
8	i	566.09	0	0	566.09	100	75.16	11.72	641.25	100
8	i	489.90	0	0	489.90	100	92.48	15.88	582.38	100
8	i	446.04	0	0	446.04	100	120.83	21.31	566.87	100
8	i	384.24	0	0	384.24	100	135.99	26.14	520.23	100
8	i	411.22	0	0	411.22	100	104.57	20.27	515.79	100
8	i	459.49	0	0	459.49	100	115.98	20.15	575.47	100
8	i	431.78	0	0	431.78	100	76.90	15.12	508.68	100
8	i	486.34	0	0	486.34	100	69.09	12.44	555.43	100
8	i	410.24	0	0	410.24	100	76.68	15.75	486.92	100
8	i	463.08	0	0	463.08	100	90.19	16.30	553.27	100
8	e	447.46	0	0	447.46	100	84.30	15.85	531.76	100
8	e	639.89	0	0	639.89	100	174.63	21.44	814.52	100
8	e	475.45	0	0	475.45	100	96.31	16.85	571.76	100

คน ที่	สระ	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
8	e	484.98	0	0	484.98	100	83.07	14.62	568.04	100
8	e	447.79	0	0	447.79	100	98.52	18.03	546.31	100
8	e	703.38	0	0	703.38	100	172.48	19.69	875.86	100
8	e	564.59	0	0	564.59	100	136.90	19.52	701.49	100
8	e	543.60	0	0	543.60	100	102.47	15.86	646.07	100
8	e	481.47	0	0	481.47	100	115.80	19.39	597.27	100
8	e	504.51	0	0	504.51	100	93.64	15.66	598.16	100
8	ε	479.29	0	0	479.29	100	91.58	16.04	570.87	100
8	ε	456.12	0	0	456.12	100	80.76	15.04	536.88	100
8	ε	496.19	0	0	496.19	100	76.60	13.37	572.79	100
8	ε	462.90	0	0	462.90	100	80.93	14.88	543.83	100
8	ε	437.83	0	0	437.83	100	59.63	11.99	497.46	100
8	ε	479.20	0	0	479.20	100	85.51	15.14	564.71	100
8	ε	340.13	0	0	340.13	100	56.54	14.25	396.67	100
8	ε	488.73	0	0	488.73	100	131.89	21.25	620.63	100
8	ε	544.00	0	0	544.00	100	112.09	17.08	656.09	100
8	ε	429.34	0	0	429.34	100	107.33	20.00	536.68	100
9	i	518.45	0	0	518.45	100	104.53	16.78	622.99	100
9	i	517.74	0	0	517.74	100	88.09	14.54	605.83	100
9	i	550.49	0	0	550.49	100	85.92	13.50	636.41	100
9	i	461.85	0	0	461.85	100	98.16	17.53	560.01	100
9	i	464.41	0	0	464.41	100	89.26	16.12	553.68	100
9	i	478.84	0	0	478.84	100	84.02	14.93	562.86	100
9	i	536.12	0	0	536.12	100	97.02	15.32	633.13	100
9	i	534.30	0	0	534.30	100	77.19	12.62	611.49	100
9	i	501.46	0	0	501.46	100	72.12	12.57	573.57	100
9	i	504.04	0	0	504.04	100	77.16	13.28	581.20	100
9	e	448.68	0	0	448.68	100	74.28	14.20	522.97	100
9	e	542.91	0	0	542.91	100	92.08	14.50	635.00	100
9	e	529.99	0	0	529.99	100	111.55	17.39	641.54	100
9	e	538.68	0	0	538.68	100	73.65	12.03	612.33	100
9	e	617.95	0	0	617.95	100	104.16	14.42	722.12	100
9	e	524.59	0	0	524.59	100	103.62	16.49	628.21	100

คน ที่	สระ	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
9	e	529.77	0	0	529.77	100	86.70	14.06	616.47	100
9	e	520.30	0	0	520.30	100	84.23	13.93	604.53	100
9	e	524.21	0	0	524.21	100	101.43	16.21	625.65	100
9	e	578.13	0	0	578.13	100	120.74	17.28	698.87	100
9	ε	478.37	0	0	478.37	100	54.32	10.20	532.69	100
9	ε	504.89	0	0	504.89	100	53.44	9.57	558.33	100
9	ε	514.80	0	0	514.80	100	67.54	11.60	582.34	100
9	ε	512.42	0	0	512.42	100	69.08	11.88	581.49	100
9	ε	518.92	0	0	518.92	100	73.75	12.44	592.67	100
9	ε	489.54	0	0	489.54	100	79.75	14.01	569.29	100
9	ε	438.92	0	0	438.92	100	84.79	16.19	523.72	100
9	ε	480.11	0	0	480.11	100	135.70	22.04	615.81	100
9	ε	532.37	0	0	532.37	100	105.84	16.58	638.21	100
9	ε	533.88	0	0	533.88	100	85.73	13.84	619.62	100
10	i	271.65	0	0	271.65	100	72.04	20.96	343.69	100
10	i	283.24	0	0	283.24	100	101.27	26.34	384.51	100
10	i	316.41	0	0	316.41	100	108.49	25.53	424.90	100
10	i	195.84	0	0	195.84	100	85.89	30.49	281.72	100
10	i	236.45	0	0	236.45	100	78.83	25.00	315.28	100
10	i	227.16	0	0	227.16	100	86.37	27.55	313.54	100
10	i	256.34	0	0	256.34	100	74.21	22.45	330.55	100
10	i	262.16	0	0	262.16	100	200.69	43.36	462.85	100
10	i	272.96	0	0	272.96	100	75.90	21.76	348.86	100
10	i	252.39	0	0	252.39	100	116.74	31.63	369.13	100
10	e	262.08	0	0	262.08	100	118.10	31.06	380.17	100
10	e	232.56	0	0	232.56	100	83.79	26.49	316.35	100
10	e	283.36	0	0	283.36	100	111.10	28.16	394.46	100
10	e	320.09	0	0	320.09	100	77.90	19.57	397.98	100
10	e	314.35	0	0	314.35	100	74.94	19.25	389.29	100
10	e	291.79	0	0	291.79	100	109.34	27.26	401.14	100
10	e	295.16	0	0	295.16	100	94.54	24.26	389.70	100
10	e	282.67	0	0	282.67	100	95.57	25.27	378.24	100
10	e	329.33	0	0	329.33	100	103.04	23.83	432.37	100

คน ที่	สระ	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
10	e	320.68	0	0	320.68	100	119.23	27.10	439.91	100
10	ε	212.74	0	0	212.74	100	65.00	23.40	277.75	100
10	ε	257.43	0	0	257.43	100	93.10	26.56	350.53	100
10	ε	287.12	0	0	287.12	100	57.68	16.73	344.80	100
10	ε	294.11	0	0	294.11	100	69.07	19.02	363.18	100
10	ε	295.29	0	0	295.29	100	57.59	16.32	352.88	100
10	ε	231.80	0	0	231.80	100	78.10	25.20	309.90	100
10	ε	228.64	0	0	228.64	100	135.29	37.17	363.93	100
10	ε	292.50	0	0	292.50	100	113.19	27.90	405.70	100
10	ε	310.56	0	0	310.56	100	86.96	21.88	397.52	100
10	ε	274.02	0	0	274.02	100	87.62	24.23	361.64	100
12	i	525.28	0	0	525.28	100	87.10	14.22	612.38	100
12	i	503.77	0	0	503.77	100	74.34	12.86	578.11	100
12	i	511.47	0	0	511.47	100	73.83	12.61	585.30	100
12	i	391.26	0	0	391.26	100	76.36	16.33	467.62	100
12	i	382.49	0	0	382.49	100	78.74	17.07	461.24	100
12	i	379.13	0	0	379.13	100	67.70	15.15	446.84	100
12	i	505.76	0	0	505.76	100	52.25	9.36	558.02	100
12	i	523.83	0	0	523.83	100	78.88	13.09	602.71	100
12	i	539.15	0	0	539.15	100	75.18	12.24	614.33	100
12	i	543.90	0	0	543.90	100	74.96	12.11	618.86	100
12	e	478.66	0	0	478.66	100	68.20	12.47	546.87	100
12	e	471.94	0	0	471.94	100	70.20	12.95	542.14	100
12	e	499.65	0	0	499.65	100	51.49	9.34	551.13	100
12	e	487.99	0	0	487.99	100	60.72	11.07	548.71	100
12	e	539.01	0	0	539.01	100	60.27	10.06	599.28	100
12	e	464.45	0	0	464.45	100	107.34	18.77	571.78	100
12	e	493.95	0	0	493.95	100	85.47	14.75	579.41	100
12	e	501.28	0	0	501.28	100	86.65	14.74	587.93	100
12	e	536.24	0	0	536.24	100	87.49	14.03	623.73	100
12	e	536.66	0	0	536.66	100	100.90	15.83	637.56	100
12	ε	377.15	0	0	377.15	100	54.22	12.57	431.37	100
12	ε	416.88	0	0	416.88	100	53.94	11.46	470.82	100

คน ที่	สระ	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
12	ε	490.32	0	0	490.32	100	64.96	11.70	555.28	100
12	ε	523.25	0	0	523.25	100	65.81	11.17	589.06	100
12	ε	505.23	0	0	505.23	100	50.79	9.13	556.02	100
12	ε	368.65	0	0	368.65	100	68.12	15.60	436.77	100
12	ε	399.71	0	0	399.71	100	67.40	14.43	467.10	100
12	ε	500.15	0	0	500.15	100	84.39	14.44	584.54	100
12	ε	550.66	0	0	550.66	100	83.55	13.17	634.21	100
12	ε	512.59	0	0	512.59	100	95.55	15.71	608.14	100
13	i	370.64	0	0	370.64	100	48.18	11.50	418.82	100
13	i	271.50	0	0	271.50	100	27.16	9.09	298.66	100
13	i	294.05	0	0	294.05	100	39.41	11.82	333.47	100
13	i	262.04	0	0	262.04	100	59.48	18.50	321.52	100
13	i	249.40	0	0	249.40	100	59.21	19.19	308.62	100
13	i	259.20	0	0	259.20	100	76.66	22.82	335.85	100
13	i	266.76	0	0	266.76	100	44.98	14.43	311.74	100
13	i	244.66	0	0	244.66	100	26.02	9.61	270.68	100
13	i	248.25	0	0	248.25	100	33.54	11.90	281.79	100
13	i	229.54	0	0	229.54	100	43.06	15.79	272.60	100
13	e	224.70	0	0	224.70	100	82.15	26.77	306.85	100
13	e	359.82	0	0	359.82	100	130.89	26.67	490.71	100
13	e	289.02	0	0	289.02	100	80.10	21.70	369.12	100
13	e	314.38	0	0	314.38	100	62.43	16.57	376.82	100
13	e	319.79	0	0	319.79	100	40.47	11.23	360.26	100
13	e	302.64	0	0	302.64	100	71.30	19.07	373.94	100
13	e	372.31	0	0	372.31	100	81.50	17.96	453.80	100
13	e	306.39	0	0	306.39	100	79.98	20.70	386.38	100
13	e	293.14	0	0	293.14	100	49.16	14.36	342.29	100
13	e	273.43	0	0	273.43	100	66.83	19.64	340.27	100
13	ε	237.12	0	0	237.12	100	68.77	22.48	305.88	100
13	ε	283.42	0	0	283.42	100	53.96	15.99	337.38	100
13	ε	264.56	0	0	264.56	100	28.49	9.72	293.04	100
13	ε	269.29	0	0	269.29	100	37.44	12.21	306.72	100
13	ε	261.47	0	0	261.47	100	35.74	12.03	297.21	100

คน ที่	สระ	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
13	ε	277.28	0	0	277.28	100	50.98	15.53	328.26	100
13	ε	287.44	0	0	287.44	100	39.17	11.99	326.61	100
13	ε	266.44	0	0	266.44	100	62.75	19.06	329.18	100
13	ε	338.63	0	0	338.63	100	46.62	12.10	385.25	100
13	ε	271.55	0	0	271.55	100	46.00	14.49	317.55	100
14	i	302.33	0	0	302.33	100	87.48	22.44	389.81	100
14	i	306.37	0	0	306.37	100	74.53	19.57	380.89	100
14	i	314.81	0	0	314.81	100	103.64	24.77	418.45	100
14	i	261.89	0	0	261.89	100	47.18	15.26	309.07	100
14	i	255.27	0	0	255.27	100	74.10	22.50	329.37	100
14	i	223.55	0	0	223.55	100	58.48	20.73	282.02	100
14	i	288.34	0	0	288.34	100	58.54	16.88	346.88	100
14	i	287.57	0	0	287.57	100	60.28	17.33	347.85	100
14	i	308.61	0	0	308.61	100	50.66	14.10	359.28	100
14	i	316.43	0	0	316.43	100	81.17	20.42	397.60	100
14	e	289.74	0	0	289.74	100	116.17	28.62	405.92	100
14	e	292.71	0	0	292.71	100	109.13	27.16	401.85	100
14	e	351.40	0	0	351.40	100	90.73	20.52	442.13	100
14	e	333.51	0	0	333.51	100	130.91	28.19	464.42	100
14	e	319.35	0	0	319.35	100	61.19	16.08	380.54	100
14	e	311.86	0	0	311.86	100	186.54	37.43	498.40	100
14	e	291.99	0	0	291.99	100	109.13	27.21	401.11	100
14	e	317.27	0	0	317.27	100	96.87	23.39	414.14	100
14	e	285.96	0	0	285.96	100	113.40	28.39	399.36	100
14	e	318.23	0	0	318.23	100	116.14	26.74	434.37	100
14	ε	227.72	0	0	227.72	100	61.46	21.25	289.18	100
14	ε	219.18	0	0	219.18	100	43.33	16.51	262.51	100
14	ε	255.88	0	0	255.88	100	76.55	23.03	332.43	100
14	ε	251.51	0	0	251.51	100	60.55	19.40	312.06	100
14	ε	225.55	0	0	225.55	100	57.95	20.44	283.50	100
14	ε	192.37	0	0	192.37	100	37.83	16.44	230.20	100
14	ε	255.45	0	0	255.45	100	91.41	26.35	346.86	100
14	ε	245.56	0	0	245.56	100	75.40	23.49	320.96	100

คน ที่	สระ	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
14	ε	300.55	0	0	300.55	100	61.71	17.04	362.26	100
14	ε	281.54	0	0	281.54	100	57.91	17.06	339.45	100
15	i	454.36	0	0	454.36	100	114.01	20.06	568.37	100
15	i	455.89	0	0	455.89	100	61.49	11.89	517.38	100
15	i	452.50	0	0	452.50	100	79.59	14.96	532.10	100
15	i	358.48	0	0	358.48	100	77.52	17.78	436.00	100
15	i	401.86	0	0	401.86	100	58.33	12.67	460.19	100
15	i	353.86	0	0	353.86	100	62.57	15.03	416.44	100
15	i	407.78	0	0	407.78	100	58.50	12.55	466.29	100
15	i	386.81	0	0	386.81	100	72.35	15.76	459.17	100
15	i	398.46	0	0	398.46	100	58.79	12.86	457.25	100
15	i	414.29	0	0	414.29	100	52.18	11.19	466.47	100
15	e	445.95	0	0	445.95	100	73.42	14.14	519.37	100
15	e	434.00	0	0	434.00	100	78.22	15.27	512.22	100
15	e	480.99	0	0	480.99	100	45.73	8.68	526.72	100
15	e	486.38	0	0	486.38	100	65.02	11.79	551.40	100
15	e	427.20	0	0	427.20	100	166.68	28.07	593.88	100
15	e	505.06	0	0	505.06	100	89.11	15.00	594.18	100
15	e	453.58	0	0	453.58	100	80.56	15.08	534.14	100
15	e	431.85	0	0	431.85	100	104.85	19.54	536.70	100
15	e	481.99	0	0	481.99	100	70.29	12.73	552.28	100
15	e	492.87	0	0	492.87	100	63.44	11.40	556.31	100
15	ε	487.87	0	0	487.87	100	44.66	8.39	532.54	100
15	ε	439.04	0	0	439.04	100	49.63	10.16	488.67	100
15	ε	419.51	0	0	419.51	100	60.79	12.66	480.30	100
15	ε	423.46	0	0	423.46	100	73.00	14.70	496.46	100
15	ε	448.48	0	0	448.48	100	73.48	14.08	521.96	100
15	ε	413.81	0	0	413.81	100	82.50	16.62	496.30	100
15	ε	415.87	0	0	415.87	100	41.46	9.07	457.33	100
15	ε	403.21	0	0	403.21	100	83.49	17.15	486.70	100
15	ε	387.44	0	0	387.44	100	74.82	16.19	462.26	100
15	ε	487.13	0	0	487.13	100	59.99	10.97	547.12	100
16	i	417.45	0	0	417.45	100	91.30	17.95	508.75	100

คน ที่	สระ	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
16	i	352.17	0	0	352.17	100	88.42	20.07	440.59	100
16	i	428.16	0	0	428.16	100	95.76	18.28	523.92	100
16	i	291.73	0	0	291.73	100	82.23	21.99	373.95	100
16	i	343.21	0	0	343.21	100	100.26	22.61	443.48	100
16	i	350.72	0	0	350.72	100	81.25	18.81	431.97	100
16	i	309.15	0	0	309.15	100	104.54	25.27	413.68	100
16	i	348.04	0	0	348.04	100	96.94	21.79	444.98	100
16	i	371.34	0	0	371.34	100	99.61	21.15	470.95	100
16	i	376.20	0	0	376.20	100	89.05	19.14	465.26	100
16	e	323.34	0	0	323.34	100	88.68	21.52	412.02	100
16	e	357.77	0	0	357.77	100	93.03	20.64	450.80	100
16	e	434.90	0	0	434.90	100	78.56	15.30	513.46	100
16	e	379.71	0	0	379.71	100	57.42	13.14	437.13	100
16	e	363.74	0	0	363.74	100	77.75	17.61	441.48	100
16	e	436.43	0	0	436.43	100	87.43	16.69	523.87	100
16	e	439.93	0	0	439.93	100	86.64	16.45	526.57	100
16	e	415.82	0	0	415.82	100	69.50	14.32	485.33	100
16	ε	336.14	0	0	336.14	100	78.38	18.91	414.52	100
16	ε	305.66	0	0	305.66	100	76.00	19.91	381.66	100
16	ε	311.46	0	0	311.46	100	91.29	22.67	402.75	100
16	ε	357.67	0	0	357.67	100	93.27	20.68	450.94	100
16	ε	322.54	0	0	322.54	100	85.88	21.03	408.42	100
16	ε	288.64	0	0	288.64	100	99.36	25.61	388.00	100
16	ε	314.56	0	0	314.56	100	98.39	23.83	412.95	100
16	ε	344.85	0	0	344.85	100	107.74	23.81	452.59	100
16	ε	317.06	0	0	317.06	100	78.26	19.80	395.32	100
16	ε	340.95	0	0	340.95	100	89.43	20.78	430.38	100
17	i	305.15	0	0	305.15	100	53.81	14.99	358.97	100
17	i	246.48	0	0	246.48	100	66.09	21.14	312.56	100
17	i	283.38	0	0	283.38	100	61.80	17.90	345.18	100
17	i	233.77	0	0	233.77	100	54.34	18.86	288.11	100
17	i	233.14	0	0	233.14	100	55.31	19.17	288.44	100
17	i	220.34	0	0	220.34	100	34.07	13.39	254.41	100

คน ที่	สระ	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
17	i	240.91	0	0	240.91	100	48.38	16.72	289.29	100
17	i	257.59	0	0	257.59	100	47.84	15.66	305.43	100
17	i	279.59	0	0	279.59	100	60.42	17.77	340.01	100
17	i	282.13	0	0	282.13	100	51.15	15.35	333.28	100
17	e	277.05	0	0	277.05	100	45.74	14.17	322.79	100
17	e	254.71	0	0	254.71	100	82.52	24.47	337.23	100
17	e	287.87	0	0	287.87	100	52.76	15.49	340.64	100
17	e	280.04	0	0	280.04	100	67.23	19.36	347.27	100
17	e	295.29	0	0	295.29	100	76.43	20.56	371.71	100
17	e	246.91	0	0	246.91	100	62.13	20.10	309.05	100
17	e	265.84	0	0	265.84	100	52.67	16.54	318.52	100
17	e	276.43	0	0	276.43	100	58.38	17.44	334.80	100
17	e	282.13	0	0	282.13	100	67.68	19.35	349.80	100
17	e	290.81	0	0	290.81	100	74.50	20.39	365.31	100
17	ε	268.76	0	0	268.76	100	36.97	12.09	305.73	100
17	ε	245.31	0	0	245.31	100	43.49	15.06	288.80	100
17	ε	238.58	0	0	238.58	100	42.75	15.20	281.33	100
17	ε	257.30	0	0	257.30	100	36.32	12.37	293.62	100
17	ε	246.00	0	0	246.00	100	42.72	14.80	288.72	100
17	ε	245.75	0	0	245.75	100	51.70	17.38	297.45	100
17	ε	241.44	0	0	241.44	100	49.84	17.11	291.28	100
17	ε	246.08	0	0	246.08	100	42.04	14.59	288.12	100
17	ε	265.00	0	0	265.00	100	49.47	15.73	314.47	100
17	ε	254.60	0	0	254.60	100	53.88	17.47	308.47	100
18	i	392.06	0	0	392.06	100	121.30	23.63	513.36	100
18	i	350.14	0	0	350.14	100	117.36	25.10	467.51	100
18	i	413.41	0	0	413.41	100	115.75	21.87	529.16	100
18	i	364.79	0	0	364.79	100	117.91	24.43	482.70	100
18	i	351.30	0	0	351.30	100	90.81	20.54	442.11	100
18	i	370.12	0	0	370.12	100	93.44	20.16	463.56	100
18	i	380.77	0	0	380.77	100	81.47	17.62	462.24	100
18	i	335.63	0	0	335.63	100	85.74	20.35	421.37	100
18	i	372.64	0	0	372.64	100	75.18	16.79	447.81	100

คน ที่	สระ	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
18	i	415.72	0	0	415.72	100	78.86	15.94	494.58	100
18	e	414.81	0	0	414.81	100	90.71	17.94	505.52	100
18	e	347.36	0	0	347.36	100	85.56	19.76	432.93	100
18	e	353.03	0	0	353.03	100	61.48	14.83	414.51	100
18	e	392.50	0	0	392.50	100	87.92	18.30	480.42	100
18	e	389.92	0	0	389.92	100	90.51	18.84	480.43	100
18	e	395.72	0	0	395.72	100	86.33	17.91	482.06	100
18	e	400.84	0	0	400.84	100	100.51	20.05	501.35	100
18	e	386.06	0	0	386.06	100	100.08	20.59	486.14	100
18	e	396.77	0	0	396.77	100	115.43	22.54	512.20	100
18	e	405.62	0	0	405.62	100	98.85	19.59	504.47	100
18	ε	400.30	0	0	400.30	100	93.08	18.87	493.37	100
18	ε	347.57	0	0	347.57	100	76.86	18.11	424.43	100
18	ε	394.03	0	0	394.03	100	103.74	20.84	497.77	100
18	ε	371.36	0	0	371.36	100	86.83	18.95	458.19	100
18	ε	383.61	0	0	383.61	100	84.70	18.09	468.30	100
18	ε	383.45	0	0	383.45	100	81.62	17.55	465.07	100
18	ε	380.43	0	0	380.43	100	77.93	17.00	458.36	100
18	ε	340.38	0	0	340.38	100	85.88	20.15	426.26	100
18	ε	422.86	0	0	422.86	100	94.35	18.24	517.21	100
18	ε	374.59	0	0	374.59	100	69.54	15.66	444.13	100
19	i	329.86	0	0	329.86	100	45.11	12.03	374.97	100
19	i	345.44	0	0	345.44	100	53.05	13.31	398.49	100
19	i	306.50	0	0	306.50	100	43.97	12.55	350.47	100
19	i	318.57	0	0	318.57	100	58.70	15.56	377.27	100
19	i	350.49	0	0	350.49	100	33.78	8.79	384.27	100
19	i	311.30	0	0	311.30	100	75.79	19.58	387.09	100
19	i	304.07	0	0	304.07	100	66.46	17.94	370.53	100
19	i	295.79	0	0	295.79	100	53.40	15.29	349.19	100
19	i	291.31	0	0	291.31	100	59.61	16.99	350.93	100
19	i	296.31	0	0	296.31	100	53.42	15.28	349.73	100
19	e	389.80	0	0	389.80	100	52.54	11.88	442.34	100
19	e	423.19	0	0	423.19	100	35.85	7.81	459.04	100

คน ที่	สระ	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
19	e	378.17	0	0	378.17	100	44.34	10.49	422.51	100
19	e	368.07	0	0	368.07	100	54.59	12.92	422.65	100
19	e	371.93	0	0	371.93	100	46.21	11.05	418.14	100
19	e	374.18	0	0	374.18	100	63.07	14.43	437.25	100
19	e	345.74	0	0	345.74	100	72.60	17.35	418.34	100
19	e	381.94	0	0	381.94	100	66.52	14.83	448.46	100
19	e	418.64	0	0	418.64	100	87.03	17.21	505.66	100
19	e	299.20	0	0	299.20	100	27.91	8.53	327.11	100
19	ε	273.07	0	0	273.07	100	42.28	13.41	315.35	100
19	ε	301.20	0	0	301.20	100	78.90	20.76	380.10	100
19	ε	353.99	0	0	353.99	100	54.67	13.38	408.66	100
19	ε	351.50	0	0	351.50	100	75.38	17.66	426.88	100
19	ε	344.55	0	0	344.55	100	73.33	17.55	417.88	100
19	ε	258.71	0	0	258.71	100	58.06	18.33	316.77	100
19	ε	295.24	0	0	295.24	100	82.62	21.87	377.86	100
19	ε	314.54	0	0	314.54	100	58.35	15.65	372.88	100
19	ε	338.77	0	0	338.77	100	54.96	13.96	393.73	100
19	ε	334.32	0	0	334.32	100	63.86	16.04	398.18	100

บริบท CV

คน ที่	สระ	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
1	อ	418.57	354.33	84.65	64.24	15.35	0	0	354.33	84.65
1	อ	390.33	321.00	82.24	69.33	17.76	0	0	321.00	82.24
1	อ	380.58	323.54	85.01	57.04	14.99	0	0	323.54	85.01
1	อ	458.91	379.74	82.75	79.17	17.25	0	0	379.74	82.75
1	อ	440.44	382.54	86.85	57.90	13.15	0	0	382.54	86.85
1	อ	490.32	418.26	85.30	72.06	14.70	0	0	418.26	85.30
1	อ	493.53	424.91	86.10	68.62	13.90	0	0	424.91	86.10
1	อ	448.91	388.23	86.48	60.68	13.52	0	0	388.23	86.48
1	อ	446.00	382.67	85.80	63.33	14.20	0	0	382.67	85.80

คน ที่	สระ	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
1	อ	477.71	417.73	87.45	59.97	12.55	0	0	417.73	87.45
1	อ	414.23	340.22	82.13	74.01	17.87	0	0	340.22	82.13
1	อ	469.29	387.82	82.64	81.48	17.36	0	0	387.82	82.64
1	อ	466.26	402.15	86.25	64.11	13.75	0	0	402.15	86.25
1	อ	427.12	372.67	87.25	54.45	12.75	0	0	372.67	87.25
1	อ	434.57	368.62	84.82	65.96	15.18	0	0	368.62	84.82
1	อ	379.71	336.76	88.69	42.95	11.31	0	0	336.76	88.69
1	อ	423.38	370.96	87.62	52.42	12.38	0	0	370.96	87.62
1	อ	474.26	408.09	86.05	66.17	13.95	0	0	408.09	86.05
1	อ	450.14	394.47	87.63	55.67	12.37	0	0	394.47	87.63
1	อ	479.86	438.75	91.43	41.11	8.57	0	0	438.75	91.43
1	อ	441.04	385.17	87.33	55.87	12.67	0	0	385.17	87.33
1	อ	535.87	479.21	89.43	56.66	10.57	0	0	479.21	89.43
1	อ	345.02	276.10	80.03	68.92	19.97	0	0	276.10	80.03
1	อ	439.55	382.60	87.04	56.95	12.96	0	0	382.60	87.04
1	อ	463.05	394.33	85.16	68.72	14.84	0	0	394.33	85.16
1	อ	465.98	411.05	88.21	54.93	11.79	0	0	411.05	88.21
1	อ	446.15	393.18	88.13	52.97	11.87	0	0	393.18	88.13
1	อ	489.44	434.09	88.69	55.35	11.31	0	0	434.09	88.69
1	อ	433.61	387.19	89.29	46.42	10.71	0	0	387.19	89.29
1	อ	423.50	377.51	89.14	45.99	10.86	0	0	377.51	89.14
1	อ	461.05	398.41	86.41	62.64	13.59	0	0	398.41	86.41
1	อ	480.38	431.48	89.82	48.90	10.18	0	0	431.48	89.82
1	อ	437.42	381.88	87.30	55.54	12.70	0	0	381.88	87.30
1	อ	402.99	350.90	87.07	52.09	12.93	0	0	350.90	87.07
1	อ	355.04	306.54	86.34	48.50	13.66	0	0	306.54	86.34
1	อ	408.71	353.08	86.39	55.63	13.61	0	0	353.08	86.39
1	อ	473.37	410.96	86.82	62.41	13.18	0	0	410.96	86.82
1	อ	487.33	424.98	87.21	62.35	12.79	0	0	424.98	87.21
1	อ	461.50	387.49	83.96	74.01	16.04	0	0	387.49	83.96
1	อ	437.01	380.83	87.14	56.18	12.86	0	0	380.83	87.14
2	อ	257.99	183.29	71.05	74.69	20.25	110.90	30.06	294.19	79.75
2	อ	264.43	188.84	71.41	75.59	19.33	126.60	32.38	315.44	80.67

คน ที่	สระ	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
2	อ	269.67	200.75	74.44	68.92	15.81	166.16	38.13	366.91	84.19
2	อ	282.87	232.22	82.09	50.65	11.36	162.80	36.53	395.03	88.64
2	อ	277.47	221.20	79.72	56.27	12.81	161.66	36.81	382.85	87.19
2	อ	229.23	180.46	78.72	48.77	11.35	200.52	46.66	380.97	88.65
2	อ	237.64	178.50	75.11	59.14	16.80	114.33	32.48	292.83	83.20
2	อ	246.81	185.74	75.26	61.07	14.67	169.50	40.72	355.24	85.33
2	อ	292.66	232.24	79.35	60.42	13.43	157.19	34.94	389.43	86.57
2	อ	225.51	153.14	67.91	72.36	18.50	165.64	42.35	318.78	81.50
2	อ	197.57	141.08	71.41	56.49	18.47	108.34	35.42	249.42	81.53
2	อ	223.37	146.94	65.78	76.43	22.67	113.78	33.75	260.72	77.33
2	อ	233.73	155.36	66.47	78.37	18.51	189.71	44.80	345.07	81.49
2	อ	227.01	132.75	58.48	94.27	25.57	141.62	38.42	274.37	74.43
2	อ	249.99	164.11	65.65	85.87	22.58	130.29	34.26	294.40	77.42
2	อ	164.10	103.29	62.94	60.81	18.17	170.57	50.97	273.86	81.83
2	อ	129.83	83.99	64.69	45.85	16.31	151.36	53.83	235.34	83.69
2	อ	198.05	121.07	61.13	76.98	22.88	138.32	41.12	259.39	77.12
2	อ	243.68	158.80	65.17	84.88	19.31	195.89	44.56	354.69	80.69
2	อ	228.06	165.52	72.58	62.54	15.75	169.08	42.58	334.60	84.25
2	อ	404.47	334.06	82.59	70.41	17.41	0	0	334.06	82.59
2	อ	383.54	318.45	83.03	65.08	16.97	0	0	318.45	83.03
2	อ	226.04	190.52	84.29	35.52	15.71	0	0	190.52	84.29
2	อ	344.31	287.16	83.40	57.15	16.60	0	0	287.16	83.40
2	อ	399.53	322.82	80.80	76.71	19.20	0	0	322.82	80.80
2	อ	412.51	329.01	79.76	83.50	20.24	0	0	329.01	79.76
2	อ	351.53	284.24	80.86	67.29	19.14	0	0	284.24	80.86
2	อ	310.46	243.58	78.46	66.88	21.54	0	0	243.58	78.46
2	อ	335.92	272.13	81.01	63.79	18.99	0	0	272.13	81.01
2	อ	405.41	339.95	83.85	65.46	16.15	0	0	339.95	83.85
2	อ	363.89	279.12	76.70	84.77	23.30	0	0	279.12	76.70
2	อ	394.09	317.28	80.51	76.81	19.49	0	0	317.28	80.51
2	อ	364.05	279.28	76.71	84.77	23.29	0	0	279.28	76.71
2	อ	353.59	286.49	81.02	67.10	18.98	0	0	286.49	81.02
2	อ	325.40	273.76	84.13	51.64	15.87	0	0	273.76	84.13

คน ที่	สระ	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
2	้า	339.77	279.18	82.17	60.58	17.83	0	0	279.18	82.17
2	้า	420.45	346.65	82.45	73.81	17.55	0	0	346.65	82.45
2	้า	420.61	353.58	84.06	67.03	15.94	0	0	353.58	84.06
2	้า	382.96	305.44	79.76	77.52	20.24	0	0	305.44	79.76
2	้า	423.40	347.64	82.11	75.76	17.89	0	0	347.64	82.11
3	ั้	431.12	351.98	81.64	79.14	18.36	0	0	351.98	81.64
3	ั้	422.39	328.42	77.75	93.97	22.25	0	0	328.42	77.75
3	ั้	438.80	361.26	82.33	77.54	17.67	0	0	361.26	82.33
3	ั้	473.65	403.60	85.21	70.05	14.79	0	0	403.60	85.21
3	ั้	488.33	401.41	82.20	86.92	17.80	0	0	401.41	82.20
3	ั้	449.85	371.62	82.61	78.23	17.39	0	0	371.62	82.61
3	ั้	470.46	404.02	85.88	66.44	14.12	0	0	404.02	85.88
3	ั้	506.24	417.69	82.51	88.55	17.49	0	0	417.69	82.51
3	ั้	489.02	429.57	87.84	59.45	12.16	0	0	429.57	87.84
3	ั้	483.95	400.57	82.77	83.39	17.23	0	0	400.57	82.77
3	อ้	303.59	258.38	85.11	45.22	14.89	0	0	258.38	85.11
3	อ้	422.11	340.75	80.73	81.36	19.27	0	0	340.75	80.73
3	อ้	440.36	383.75	87.14	56.61	12.86	0	0	383.75	87.14
3	อ้	378.67	337.97	89.25	40.70	10.75	0	0	337.97	89.25
3	อ้	380.08	331.81	87.30	48.27	12.70	0	0	331.81	87.30
3	อ้	347.82	273.42	78.61	74.41	21.39	0	0	273.42	78.61
3	อ้	411.83	333.30	80.93	78.53	19.07	0	0	333.30	80.93
3	อ้	397.09	350.67	88.31	46.42	11.69	0	0	350.67	88.31
3	อ้	408.48	340.47	83.35	68.02	16.65	0	0	340.47	83.35
3	อ้	422.80	360.43	85.25	62.38	14.75	0	0	360.43	85.25
3	ั๊	537.39	424.29	78.95	113.10	21.05	0	0	424.29	78.95
3	ั๊	469.15	360.40	76.82	108.75	23.18	0	0	360.40	76.82
3	ั๊	481.35	411.12	85.41	70.22	14.59	0	0	411.12	85.41
3	ั๊	445.96	372.93	83.62	73.03	16.38	0	0	372.93	83.62
3	ั๊	407.84	310.43	76.11	97.42	23.89	0	0	310.43	76.11
3	ั๊	390.01	287.86	73.81	102.15	26.19	0	0	287.86	73.81
3	ั๊	438.81	371.98	84.77	66.83	15.23	0	0	371.98	84.77
3	ั๊	422.17	347.89	82.41	74.27	17.59	0	0	347.89	82.41

คน ที่	สระ	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
3	อ	465.99	419.47	90.02	46.52	9.98	0	0	419.47	90.02
3	อ	538.26	489.78	90.99	48.48	9.01	0	0	489.78	90.99
3	แ	428.18	336.06	78.49	92.12	21.51	0	0	336.06	78.49
3	แ	425.50	344.15	80.88	81.35	19.12	0	0	344.15	80.88
3	แ	465.69	377.28	81.01	88.42	18.99	0	0	377.28	81.01
3	แ	394.83	317.43	80.39	77.41	19.61	0	0	317.43	80.39
3	แ	444.24	361.74	81.43	82.50	18.57	0	0	361.74	81.43
3	แ	365.43	296.07	81.02	69.36	18.98	0	0	296.07	81.02
3	แ	443.99	387.38	87.25	56.61	12.75	0	0	387.38	87.25
3	แ	437.64	373.69	85.39	63.96	14.61	0	0	373.69	85.39
3	แ	418.30	349.12	83.46	69.18	16.54	0	0	349.12	83.46
3	แ	462.75	402.29	86.93	60.47	13.07	0	0	402.29	86.93
4	โ	281.28	196.77	69.96	84.51	20.47	131.49	31.85	328.26	79.53
4	โ	320.97	204.46	63.70	116.51	22.64	193.55	37.62	398.01	77.36
4	โ	332.51	203.02	61.06	129.49	25.53	174.64	34.44	377.66	74.47
4	โ	347.65	181.59	52.23	166.06	35.80	116.25	25.06	297.84	64.20
4	โ	314.97	174.72	55.47	140.25	32.65	114.63	26.68	289.35	67.35
4	โ	290.81	137.93	47.43	152.88	33.20	169.64	36.84	307.57	66.80
4	โ	268.17	153.25	57.15	114.92	25.36	184.96	40.82	338.21	74.64
4	โ	258.33	138.83	53.74	119.50	25.94	202.29	43.92	341.11	74.06
4	โ	326.89	147.65	45.17	179.23	34.95	185.93	36.26	333.59	65.05
4	โ	312.94	163.54	52.26	149.40	26.55	249.72	44.38	413.26	73.45
4	โ	234.98	148.12	63.04	86.86	19.26	215.92	47.89	364.04	80.74
4	โ	250.38	155.93	62.28	94.45	23.66	148.82	37.28	304.75	76.34
4	โ	290.33	124.60	42.92	165.73	30.21	258.29	47.08	382.89	69.79
4	โ	284.11	223.92	78.81	60.19	11.10	258.38	47.63	482.30	88.90
4	โ	271.92	174.67	64.24	97.25	21.76	174.90	39.14	349.57	78.24
4	โ	260.79	186.18	71.39	74.61	16.56	189.70	42.11	375.88	83.44
4	โ	219.09	153.92	70.25	65.17	16.03	187.51	46.12	341.43	83.97
4	โ	278.19	183.29	65.89	94.90	19.42	210.38	43.06	393.67	80.58
4	โ	316.74	245.98	77.66	70.76	11.63	291.58	47.93	537.56	88.37
4	โ	315.72	274.90	87.07	40.82	7.24	247.85	43.98	522.75	92.76
4	โ	415.53	337.01	81.10	78.52	18.90	0	0	337.01	81.10

คน ที่	สระ	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
4	ĩ	444.83	378.94	85.19	65.89	14.81	0	0	378.94	85.19
4	ĩ	321.44	241.76	75.21	79.68	24.79	0	0	241.76	75.21
4	ĩ	373.53	289.53	77.51	84.00	22.49	0	0	289.53	77.51
4	ĩ	414.18	314.82	76.01	99.36	23.99	0	0	314.82	76.01
4	ĩ	389.62	303.98	78.02	85.65	21.98	0	0	303.98	78.02
4	ĩ	323.48	238.27	73.66	85.21	26.34	0	0	238.27	73.66
4	ĩ	424.87	341.70	80.42	83.17	19.58	0	0	341.70	80.42
4	ĩ	286.22	209.78	73.29	76.44	26.71	0	0	209.78	73.29
4	ĩ	415.94	337.01	81.02	78.93	18.98	0	0	337.01	81.02
4	ã	411.10	331.41	80.61	79.69	19.39	0	0	331.41	80.61
4	ã	463.54	385.86	83.24	77.68	16.76	0	0	385.86	83.24
4	ã	461.64	381.54	82.65	80.10	17.35	0	0	381.54	82.65
4	ã	435.05	340.34	78.23	94.70	21.77	0	0	340.34	78.23
4	ã	378.68	293.26	77.44	85.42	22.56	0	0	293.26	77.44
4	ã	372.08	304.24	81.77	67.84	18.23	0	0	304.24	81.77
4	ã	420.62	329.79	78.41	90.83	21.59	0	0	329.79	78.41
4	ã	454.67	365.82	80.46	88.85	19.54	0	0	365.82	80.46
4	ã	390.04	320.86	82.26	69.18	17.74	0	0	320.86	82.26
4	ã	462.49	367.55	79.47	94.94	20.53	0	0	367.55	79.47
5	õ	203.99	126.60	62.06	77.39	21.45	156.78	43.46	283.37	78.55
5	õ	166.70	103.47	62.07	63.23	18.92	167.54	50.13	271.01	81.08
5	õ	199.61	115.57	57.90	84.04	27.81	102.59	33.95	218.16	72.19
5	õ	161.15	102.96	63.89	58.18	19.63	135.29	45.64	238.26	80.37
5	õ	192.95	116.38	60.31	76.57	21.86	157.40	44.93	273.78	78.14
5	õ	255.19	172.75	67.70	82.44	19.93	158.45	38.31	331.21	80.07
5	õ	274.52	197.93	72.10	76.59	19.37	120.87	30.57	318.80	80.63
5	õ	208.17	133.31	64.04	74.86	20.01	165.98	44.36	299.30	79.99
5	õ	258.89	182.90	70.65	75.99	18.07	161.63	38.44	344.52	81.93
5	õ	234.50	171.63	73.19	62.87	17.53	124.13	34.61	295.76	82.47
5	õ	225.21	137.73	61.16	87.48	24.47	132.30	37.01	270.03	75.53
5	õ	202.63	124.04	61.21	78.60	25.03	111.33	35.46	235.36	74.97
5	õ	275.00	163.10	59.31	111.90	30.11	96.62	26.00	259.72	69.89
5	õ	216.63	130.56	60.27	86.06	24.15	139.67	39.20	270.24	75.85

คน ที่	สระ	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
5	อ	186.26	123.41	66.26	62.85	19.94	128.97	40.91	252.38	80.06
5	อ	169.19	105.82	62.55	63.37	24.92	85.11	33.47	190.94	75.08
5	อ	139.95	73.64	52.62	66.31	27.74	99.09	41.45	172.73	72.26
5	อ	209.15	114.18	54.59	94.97	29.78	109.70	34.41	223.88	70.22
5	อ	170.80	97.36	57.00	73.44	25.27	119.86	41.24	217.22	74.73
5	อ	152.23	87.17	57.26	65.06	21.89	144.91	48.77	232.08	78.11
5	อิ	363.08	273.36	75.29	89.72	24.71	0	0	273.36	75.29
5	อิ	357.65	287.57	80.41	70.08	19.59	0	0	287.57	80.41
5	อิ	317.09	242.30	76.41	74.80	23.59	0	0	242.30	76.41
5	อิ	227.98	152.34	66.82	75.64	33.18	0	0	152.34	66.82
5	อิ	303.00	224.40	74.06	78.59	25.94	0	0	224.40	74.06
5	อิ	277.03	192.27	69.40	84.76	30.60	0	0	192.27	69.40
5	อิ	256.62	174.61	68.04	82.01	31.96	0	0	174.61	68.04
5	อิ	338.01	266.30	78.79	71.70	21.21	0	0	266.30	78.79
5	อิ	287.18	226.91	79.01	60.27	20.99	0	0	226.91	79.01
5	อิ	352.80	295.18	83.67	57.62	16.33	0	0	295.18	83.67
5	เ	353.79	268.64	75.93	85.15	24.07	0	0	268.64	75.93
5	เ	367.68	253.93	69.06	113.75	30.94	0	0	253.93	69.06
5	เ	349.07	276.43	79.19	72.63	20.81	0	0	276.43	79.19
5	เ	301.57	231.63	76.81	69.94	23.19	0	0	231.63	76.81
5	เ	266.51	208.23	78.13	58.29	21.87	0	0	208.23	78.13
5	เ	305.35	238.49	78.10	66.86	21.90	0	0	238.49	78.10
5	เ	324.34	244.11	75.26	80.23	24.74	0	0	244.11	75.26
5	เ	320.25	246.18	76.87	74.07	23.13	0	0	246.18	76.87
5	เ	333.98	251.90	75.42	82.08	24.58	0	0	251.90	75.42
5	เ	344.37	262.48	76.22	81.89	23.78	0	0	262.48	76.22
6	อ	326.79	252.60	77.30	74.18	14.80	174.55	34.82	427.15	85.20
6	อ	280.30	208.07	74.23	72.23	16.64	153.81	35.43	361.87	83.36
6	อ	327.70	240.87	73.50	86.83	17.77	161.01	32.95	401.88	82.23
6	อ	295.42	211.63	71.64	83.79	18.69	152.99	34.12	364.62	81.31
6	อ	328.81	231.27	70.34	97.54	21.24	130.42	28.40	361.69	78.76
6	อ	333.80	246.81	73.94	86.99	16.98	178.44	34.84	425.25	83.02
6	อ	339.10	269.79	79.56	69.31	14.49	139.12	29.09	408.92	85.51

คน ที่	สระ	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
6	อ	281.87	194.73	69.09	87.14	19.81	158.09	35.93	352.82	80.19
6	อ	422.33	334.38	79.18	87.95	14.62	179.28	29.80	513.65	85.38
6	อ	316.09	263.17	83.26	52.92	11.05	162.70	33.98	425.87	88.95
6	อ	294.63	227.17	77.11	67.45	14.00	187.23	38.86	414.40	86.00
6	อ	336.08	261.30	77.75	74.79	15.64	142.11	29.72	403.41	84.36
6	อ	368.12	281.39	76.44	86.73	15.87	178.28	32.63	459.67	84.13
6	อ	325.92	223.30	68.51	102.62	19.77	193.21	37.22	416.51	80.23
6	อ	334.88	242.67	72.46	92.21	16.93	209.63	38.50	452.30	83.07
6	อ	218.57	144.80	66.25	73.77	19.79	154.25	41.37	299.05	80.21
6	อ	283.97	205.36	72.32	78.61	15.51	222.93	43.98	428.29	84.49
6	อ	237.08	164.23	69.27	72.85	17.79	172.34	42.09	336.57	82.21
6	อ	394.56	306.46	77.67	88.10	14.98	193.68	32.93	500.14	85.02
6	อ	335.71	258.51	77.00	77.20	15.15	173.84	34.12	432.35	84.85
6	อ	437.16	327.39	74.89	109.78	25.11	0	0	327.39	74.89
6	อ	458.99	331.52	72.23	127.46	27.77	0	0	331.52	72.23
6	อ	540.15	456.87	84.58	83.28	15.42	0	0	456.87	84.58
6	อ	400.87	332.43	82.93	68.44	17.07	0	0	332.43	82.93
6	อ	420.10	326.00	77.60	94.10	22.40	0	0	326.00	77.60
6	อ	403.94	298.06	73.79	105.89	26.21	0	0	298.06	73.79
6	อ	416.40	358.14	86.01	58.26	13.99	0	0	358.14	86.01
6	อ	500.71	427.77	85.43	72.94	14.57	0	0	427.77	85.43
6	อ	355.84	293.96	82.61	61.88	17.39	0	0	293.96	82.61
6	อ	354.49	297.98	84.06	56.51	15.94	0	0	297.98	84.06
6	อ	504.07	427.87	84.88	76.20	15.12	0	0	427.87	84.88
6	อ	494.00	438.94	88.85	55.06	11.15	0	0	438.94	88.85
6	อ	411.95	351.97	85.44	59.98	14.56	0	0	351.97	85.44
6	อ	405.32	335.47	82.77	69.84	17.23	0	0	335.47	82.77
6	อ	405.35	337.62	83.29	67.73	16.71	0	0	337.62	83.29
6	อ	442.87	380.92	86.01	61.94	13.99	0	0	380.92	86.01
6	อ	487.55	381.76	78.30	105.78	21.70	0	0	381.76	78.30
6	อ	456.12	396.41	86.91	59.71	13.09	0	0	396.41	86.91
6	อ	454.00	386.05	85.03	67.95	14.97	0	0	386.05	85.03
6	อ	453.72	320.57	70.65	133.14	29.35	0	0	320.57	70.65

คน ที่	สระ	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
7	อ	295.20	185.47	62.83	109.73	28.86	85.03	22.36	270.50	71.14
7	อ	276.45	181.31	65.58	95.15	26.68	80.18	22.48	261.49	73.32
7	อ	298.99	203.27	67.98	95.72	23.76	103.86	25.78	307.13	76.24
7	อ	241.65	171.36	70.91	70.29	18.40	140.43	36.75	311.78	81.60
7	อ	306.02	207.29	67.74	98.73	22.55	131.86	30.11	339.15	77.45
7	อ	270.48	154.58	57.15	115.90	28.22	140.22	34.14	294.80	71.78
7	อ	282.98	185.84	65.67	97.14	26.59	82.41	22.55	268.25	73.41
7	อ	231.01	151.89	65.75	79.12	26.09	72.21	23.82	224.11	73.91
7	อ	228.22	147.67	64.71	80.55	25.86	83.30	26.74	230.97	74.14
7	อ	278.86	191.74	68.76	87.13	21.59	124.59	30.88	316.33	78.41
7	อ	295.00	211.88	71.82	83.12	18.54	153.31	34.20	365.19	81.46
7	อ	258.39	188.12	72.80	70.27	17.47	143.84	35.76	331.95	82.53
7	อ	272.24	209.65	77.01	62.58	14.74	152.28	35.87	361.93	85.26
7	อ	297.64	237.94	79.94	59.69	14.44	115.67	27.99	353.61	85.56
7	อ	256.99	178.32	69.39	78.68	19.89	138.52	35.02	316.84	80.11
7	อ	187.86	122.12	65.01	65.74	21.50	117.89	38.56	240.01	78.50
7	อ	201.97	143.36	70.98	58.61	18.43	116.06	36.49	259.42	81.57
7	อ	282.04	203.28	72.08	78.75	20.46	102.92	26.74	306.20	79.54
7	อ	250.06	184.61	73.83	65.45	17.86	116.51	31.78	301.12	82.14
7	อ	280.40	207.18	73.89	73.21	18.96	105.81	27.40	312.99	81.04
7	อ	425.28	359.89	84.62	65.39	15.38	0	0	359.89	84.62
7	อ	373.38	307.75	82.42	65.63	17.58	0	0	307.75	82.42
7	อ	344.60	289.54	84.02	55.06	15.98	0	0	289.54	84.02
7	อ	336.43	263.72	78.39	72.70	21.61	0	0	263.72	78.39
7	อ	437.40	342.79	78.37	94.60	21.63	0	0	342.79	78.37
7	อ	420.01	310.75	73.99	109.25	26.01	0	0	310.75	73.99
7	อ	404.76	339.82	83.95	64.95	16.05	0	0	339.82	83.95
7	อ	370.96	304.25	82.02	66.71	17.98	0	0	304.25	82.02
7	อ	364.08	290.60	79.82	73.48	20.18	0	0	290.60	79.82
7	อ	385.02	319.77	83.05	65.25	16.95	0	0	319.77	83.05
7	อ	387.24	311.44	80.43	75.79	19.57	0	0	311.44	80.43
7	อ	392.21	301.90	76.97	90.31	23.03	0	0	301.90	76.97
7	อ	399.31	328.97	82.39	70.34	17.61	0	0	328.97	82.39

คน ที่	สระ	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
7	ã	261.43	200.17	76.57	61.26	23.43	0	0	200.17	76.57
7	ã	401.25	343.21	85.53	58.04	14.47	0	0	343.21	85.53
7	ã	402.06	317.50	78.97	84.56	21.03	0	0	317.50	78.97
7	ã	353.92	276.71	78.18	77.21	21.82	0	0	276.71	78.18
7	ã	398.97	331.24	83.02	67.73	16.98	0	0	331.24	83.02
7	ã	425.13	345.19	81.20	79.94	18.80	0	0	345.19	81.20
7	ã	387.62	303.69	78.35	83.94	21.65	0	0	303.69	78.35
8	õ	360.86	162.01	44.89	198.85	55.11	0	0	162.01	44.89
8	õ	440.99	269.16	61.04	171.83	38.96	0	0	269.16	61.04
8	õ	385.62	190.12	49.30	195.50	50.70	0	0	190.12	49.30
8	õ	412.11	230.07	55.83	182.04	44.17	0	0	230.07	55.83
8	õ	485.34	297.41	61.28	187.93	38.72	0	0	297.41	61.28
8	õ	368.56	294.23	79.83	74.33	20.17	0	0	294.23	79.83
8	õ	385.00	259.19	67.32	125.81	32.68	0	0	259.19	67.32
8	õ	360.54	267.96	74.32	92.59	25.68	0	0	267.96	74.32
8	õ	396.01	271.04	68.44	124.98	31.56	0	0	271.04	68.44
8	õ	533.30	343.79	64.46	189.51	35.54	0	0	343.79	64.46
8	õ	396.71	231.42	58.33	165.29	41.67	0	0	231.42	58.33
8	õ	553.77	309.35	55.86	244.42	44.14	0	0	309.35	55.86
8	õ	490.68	350.11	71.35	140.57	28.65	0	0	350.11	71.35
8	õ	481.67	290.11	60.23	191.56	39.77	0	0	290.11	60.23
8	õ	560.34	291.13	51.96	269.20	48.04	0	0	291.13	51.96
8	õ	548.01	410.95	74.99	137.07	25.01	0	0	410.95	74.99
8	õ	372.25	249.74	67.09	122.51	32.91	0	0	249.74	67.09
8	õ	434.29	296.61	68.30	137.68	31.70	0	0	296.61	68.30
8	õ	449.31	323.09	71.91	126.21	28.09	0	0	323.09	71.91
8	õ	508.38	303.35	59.67	205.03	40.33	0	0	303.35	59.67
8	õ	448.26	188.34	42.02	259.92	57.98	0	0	188.34	42.02
8	õ	536.52	315.21	58.75	221.32	41.25	0	0	315.21	58.75
8	õ	392.23	227.04	57.88	165.20	42.12	0	0	227.04	57.88
8	õ	418.10	243.06	58.13	175.05	41.87	0	0	243.06	58.13
8	õ	441.83	310.50	70.28	131.33	29.72	0	0	310.50	70.28
8	õ	466.70	305.31	65.42	161.39	34.58	0	0	305.31	65.42

คน ที่	สระ	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
8	อ	428.92	282.09	65.77	146.83	34.23	0	0	282.09	65.77
8	อ	456.55	348.46	76.32	108.09	23.68	0	0	348.46	76.32
8	อ	389.31	262.54	67.44	126.77	32.56	0	0	262.54	67.44
8	อ	559.99	422.23	75.40	137.76	24.60	0	0	422.23	75.40
8	อ	444.11	283.99	63.94	160.13	36.06	0	0	283.99	63.94
8	อ	420.63	291.02	69.19	129.61	30.81	0	0	291.02	69.19
8	อ	470.45	366.05	77.81	104.40	22.19	0	0	366.05	77.81
8	อ	453.45	281.48	62.08	171.97	37.92	0	0	281.48	62.08
8	อ	540.95	380.58	70.35	160.37	29.65	0	0	380.58	70.35
8	อ	477.70	275.96	57.77	201.73	42.23	0	0	275.96	57.77
8	อ	436.84	276.61	63.32	160.24	36.68	0	0	276.61	63.32
8	อ	465.17	322.75	69.38	142.42	30.62	0	0	322.75	69.38
8	อ	456.33	352.64	77.28	103.69	22.72	0	0	352.64	77.28
8	อ	680.62	403.60	59.30	277.02	40.70	0	0	403.60	59.30
9	อ	533.52	416.92	78.14	116.60	21.86	0	0	416.92	78.14
9	อ	547.44	450.63	82.32	96.81	17.68	0	0	450.63	82.32
9	อ	539.97	450.11	83.36	89.86	16.64	0	0	450.11	83.36
9	อ	541.23	425.91	78.69	115.32	21.31	0	0	425.91	78.69
9	อ	572.61	463.16	80.89	109.45	19.11	0	0	463.16	80.89
9	อ	565.34	489.20	86.53	76.14	13.47	0	0	489.20	86.53
9	อ	580.43	483.31	83.27	97.12	16.73	0	0	483.31	83.27
9	อ	536.33	447.83	83.50	88.50	16.50	0	0	447.83	83.50
9	อ	606.80	513.72	84.66	93.07	15.34	0	0	513.72	84.66
9	อ	543.55	439.38	80.84	104.17	19.16	0	0	439.38	80.84
9	อ	505.04	422.96	83.75	82.08	16.25	0	0	422.96	83.75
9	อ	513.78	423.27	82.38	90.51	17.62	0	0	423.27	82.38
9	อ	545.53	459.14	84.16	86.39	15.84	0	0	459.14	84.16
9	อ	522.73	442.52	84.66	80.21	15.34	0	0	442.52	84.66
9	อ	492.36	404.81	82.22	87.55	17.78	0	0	404.81	82.22
9	อ	510.26	431.66	84.60	78.60	15.40	0	0	431.66	84.60
9	อ	530.95	451.50	85.04	79.46	14.96	0	0	451.50	85.04
9	อ	506.92	429.13	84.65	77.79	15.35	0	0	429.13	84.65
9	อ	511.97	442.30	86.39	69.66	13.61	0	0	442.30	86.39

คน ที่	สระ	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
9	อ	532.66	448.74	84.24	83.93	15.76	0	0	448.74	84.24
9	อ	474.58	389.60	82.09	84.98	17.91	0	0	389.60	82.09
9	อ	544.51	437.15	80.28	107.36	19.72	0	0	437.15	80.28
9	อ	498.42	424.22	85.11	74.20	14.89	0	0	424.22	85.11
9	อ	470.46	383.62	81.54	86.84	18.46	0	0	383.62	81.54
9	อ	539.34	465.44	86.30	73.90	13.70	0	0	465.44	86.30
9	อ	507.53	411.12	81.00	96.41	19.00	0	0	411.12	81.00
9	อ	529.04	431.77	81.61	97.27	18.39	0	0	431.77	81.61
9	อ	531.71	450.26	84.68	81.44	15.32	0	0	450.26	84.68
9	อ	452.25	357.23	78.99	95.02	21.01	0	0	357.23	78.99
9	อ	570.07	491.33	86.19	78.74	13.81	0	0	491.33	86.19
9	อ	530.95	428.58	80.72	102.37	19.28	0	0	428.58	80.72
9	อ	549.92	457.26	83.15	92.66	16.85	0	0	457.26	83.15
9	อ	534.08	441.63	82.69	92.45	17.31	0	0	441.63	82.69
9	อ	508.60	435.49	85.62	73.11	14.38	0	0	435.49	85.62
9	อ	468.36	381.91	81.54	86.45	18.46	0	0	381.91	81.54
9	อ	482.63	396.84	82.22	85.79	17.78	0	0	396.84	82.22
9	อ	540.40	414.50	76.70	125.90	23.30	0	0	414.50	76.70
9	อ	560.21	442.83	79.05	117.38	20.95	0	0	442.83	79.05
9	อ	504.32	426.57	84.58	77.76	15.42	0	0	426.57	84.58
9	อ	555.01	444.25	80.04	110.76	19.96	0	0	444.25	80.04
10	อ	138.17	90.45	65.46	47.73	18.15	124.78	47.45	215.23	81.85
10	อ	147.81	92.60	62.65	55.21	19.25	139.06	48.48	231.66	80.75
10	อ	151.40	103.02	68.04	48.39	16.41	143.48	48.66	246.49	83.59
10	อ	166.61	106.40	63.86	60.21	22.36	102.70	38.13	209.10	77.64
10	อ	170.08	95.60	56.21	74.48	24.70	131.40	43.59	227.00	75.30
10	อ	177.21	115.52	65.19	61.69	24.52	74.39	29.57	189.92	75.48
10	อ	177.86	119.22	67.03	58.64	20.90	102.69	36.60	221.91	79.10
10	อ	155.56	104.08	66.91	51.48	19.94	102.55	39.73	206.63	80.06
10	อ	173.04	104.47	60.37	68.57	22.49	131.80	43.24	236.27	77.51
10	อ	167.95	105.95	63.08	62.00	22.11	112.45	40.10	218.41	77.89
10	อ	164.20	78.64	47.89	85.56	35.84	74.56	31.23	153.20	64.16
10	อ	166.98	99.84	59.79	67.14	27.79	74.63	30.89	174.47	72.21

คน ที่	สระ	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
10	õ	176.23	106.93	60.68	69.30	24.44	107.32	37.85	214.25	75.56
10	õ	144.60	88.46	61.18	56.14	21.03	122.34	45.83	210.81	78.97
10	õ	132.20	81.57	61.71	50.62	18.93	135.24	50.57	216.81	81.07
10	õ	136.70	77.11	56.41	59.59	21.63	138.86	50.39	215.97	78.37
10	õ	165.18	98.21	59.46	66.96	25.67	95.66	36.67	193.88	74.33
10	õ	152.47	72.98	47.87	79.49	28.16	129.84	45.99	202.82	71.84
10	õ	152.22	73.82	48.49	78.40	30.80	102.32	40.20	176.14	69.20
10	õ	163.78	96.90	59.17	66.88	23.63	119.18	42.12	216.09	76.37
10	õ	279.56	214.68	76.79	64.88	23.21	0	0	214.68	76.79
10	õ	260.98	191.38	73.33	69.59	26.67	0	0	191.38	73.33
10	õ	261.43	188.76	72.20	72.67	27.80	0	0	188.76	72.20
10	õ	244.71	167.21	68.33	77.50	31.67	0	0	167.21	68.33
10	õ	320.98	226.77	70.65	94.20	29.35	0	0	226.77	70.65
10	õ	308.47	200.38	64.96	108.09	35.04	0	0	200.38	64.96
10	õ	265.95	178.58	67.15	87.37	32.85	0	0	178.58	67.15
10	õ	282.90	208.08	73.55	74.82	26.45	0	0	208.08	73.55
10	õ	281.23	212.56	75.58	68.67	24.42	0	0	212.56	75.58
10	õ	248.43	188.04	75.69	60.39	24.31	0	0	188.04	75.69
10	ã	302.55	238.23	78.74	64.31	21.26	0	0	238.23	78.74
10	ã	300.18	228.31	76.06	71.88	23.94	0	0	228.31	76.06
10	ã	361.86	299.76	82.84	62.10	17.16	0	0	299.76	82.84
10	ã	255.25	193.99	76.00	61.27	24.00	0	0	193.99	76.00
10	ã	293.94	246.60	83.89	47.34	16.11	0	0	246.60	83.89
10	ã	296.52	248.19	83.70	48.33	16.30	0	0	248.19	83.70
10	ã	321.63	252.50	78.51	69.13	21.49	0	0	252.50	78.51
10	ã	315.00	260.16	82.59	54.83	17.41	0	0	260.16	82.59
10	ã	315.58	252.66	80.06	62.93	19.94	0	0	252.66	80.06
10	ã	342.94	280.20	81.70	62.74	18.30	0	0	280.20	81.70
11	õ	352.78	247.33	70.11	105.45	29.89	0	0	247.33	70.11
11	õ	366.43	285.34	77.87	81.09	22.13	0	0	285.34	77.87
11	õ	390.89	293.41	75.06	97.49	24.94	0	0	293.41	75.06
11	õ	390.55	298.06	76.32	92.49	23.68	0	0	298.06	76.32
11	õ	367.58	274.28	74.62	93.30	25.38	0	0	274.28	74.62

คน ที่	สระ	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
11	อ	357.51	263.53	73.71	93.98	26.29	0	0	263.53	73.71
11	อ	358.27	278.52	77.74	79.75	22.26	0	0	278.52	77.74
11	อ	355.45	253.84	71.41	101.62	28.59	0	0	253.84	71.41
11	อ	360.37	269.51	74.79	90.86	25.21	0	0	269.51	74.79
11	อ	368.74	272.89	74.01	95.85	25.99	0	0	272.89	74.01
11	อ	331.53	258.18	77.87	73.35	22.13	0	0	258.18	77.87
11	อ	375.87	283.51	75.43	92.37	24.57	0	0	283.51	75.43
11	อ	349.18	282.62	80.94	66.56	19.06	0	0	282.62	80.94
11	อ	319.83	248.17	77.59	71.66	22.41	0	0	248.17	77.59
11	อ	347.92	283.33	81.44	64.59	18.56	0	0	283.33	81.44
11	อ	339.44	277.87	81.86	61.57	18.14	0	0	277.87	81.86
11	อ	372.05	307.03	82.52	65.02	17.48	0	0	307.03	82.52
11	อ	338.64	229.43	67.75	109.21	32.25	0	0	229.43	67.75
11	อ	359.94	295.43	82.08	64.51	17.92	0	0	295.43	82.08
11	อ	338.23	261.12	77.20	77.11	22.80	0	0	261.12	77.20
11	อ	393.38	287.00	72.96	106.38	27.04	0	0	287.00	72.96
11	อ	382.27	282.07	73.79	100.20	26.21	0	0	282.07	73.79
11	อ	388.37	287.15	73.94	101.22	26.06	0	0	287.15	73.94
11	อ	388.33	287.98	74.16	100.35	25.84	0	0	287.98	74.16
11	อ	324.18	247.32	76.29	76.86	23.71	0	0	247.32	76.29
11	อ	369.26	274.53	74.35	94.72	25.65	0	0	274.53	74.35
11	อ	345.82	271.70	78.57	74.11	21.43	0	0	271.70	78.57
11	อ	349.21	267.22	76.52	81.99	23.48	0	0	267.22	76.52
11	อ	354.02	266.29	75.22	87.73	24.78	0	0	266.29	75.22
11	อ	402.36	298.79	74.26	103.57	25.74	0	0	298.79	74.26
11	อ	403.63	269.25	66.71	134.38	33.29	0	0	269.25	66.71
11	อ	391.15	282.91	72.33	108.24	27.67	0	0	282.91	72.33
11	อ	413.57	285.79	69.10	127.78	30.90	0	0	285.79	69.10
11	อ	330.21	228.00	69.05	102.21	30.95	0	0	228.00	69.05
11	อ	369.46	268.67	72.72	100.79	27.28	0	0	268.67	72.72
11	อ	372.22	273.60	73.51	98.62	26.49	0	0	273.60	73.51
11	อ	376.36	276.54	73.48	99.82	26.52	0	0	276.54	73.48
11	อ	390.21	313.82	80.42	76.39	19.58	0	0	313.82	80.42

คน ที่	สระ	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
11	ã	393.14	291.64	74.18	101.50	25.82	0	0	291.64	74.18
11	ã	390.90	291.50	74.57	99.40	25.43	0	0	291.50	74.57
12	õ	429.38	340.22	79.24	89.16	20.76	0	0	340.22	79.24
12	õ	445.64	358.89	80.53	86.75	19.47	0	0	358.89	80.53
12	õ	478.41	376.49	78.70	101.92	21.30	0	0	376.49	78.70
12	õ	487.14	400.01	82.11	87.13	17.89	0	0	400.01	82.11
12	õ	502.62	419.82	83.53	82.80	16.47	0	0	419.82	83.53
12	õ	493.42	372.91	75.58	120.51	24.42	0	0	372.91	75.58
12	õ	496.36	395.05	79.59	101.32	20.41	0	0	395.05	79.59
12	õ	541.31	425.28	78.57	116.03	21.43	0	0	425.28	78.57
12	õ	541.33	445.99	82.39	95.34	17.61	0	0	445.99	82.39
12	õ	522.36	413.13	79.09	109.24	20.91	0	0	413.13	79.09
12	õ	326.71	237.68	72.75	89.04	27.25	0	0	237.68	72.75
12	õ	356.24	275.83	77.43	80.41	22.57	0	0	275.83	77.43
12	õ	387.52	320.27	82.65	67.25	17.35	0	0	320.27	82.65
12	õ	451.46	364.93	80.83	86.53	19.17	0	0	364.93	80.83
12	õ	444.14	366.28	82.47	77.86	17.53	0	0	366.28	82.47
12	õ	293.56	239.53	81.59	54.03	18.41	0	0	239.53	81.59
12	õ	301.72	241.75	80.13	59.96	19.87	0	0	241.75	80.13
12	õ	386.86	299.24	77.35	87.62	22.65	0	0	299.24	77.35
12	õ	401.10	330.00	82.27	71.10	17.73	0	0	330.00	82.27
12	õ	501.50	422.80	84.31	78.70	15.69	0	0	422.80	84.31
12	õ	509.08	405.87	79.73	103.22	20.27	0	0	405.87	79.73
12	õ	498.86	407.45	81.68	91.41	18.32	0	0	407.45	81.68
12	õ	347.48	278.81	80.24	68.67	19.76	0	0	278.81	80.24
12	õ	403.30	291.11	72.18	112.19	27.82	0	0	291.11	72.18
12	õ	546.58	457.15	83.64	89.43	16.36	0	0	457.15	83.64
12	õ	584.11	499.20	85.46	84.91	14.54	0	0	499.20	85.46
12	õ	323.74	257.10	79.42	66.63	20.58	0	0	257.10	79.42
12	õ	373.50	313.10	83.83	60.39	16.17	0	0	313.10	83.83
12	õ	337.92	292.40	86.53	45.52	13.47	0	0	292.40	86.53
12	õ	310.68	258.45	83.19	52.23	16.81	0	0	258.45	83.19
12	ã	416.82	327.32	78.53	89.50	21.47	0	0	327.32	78.53

คน ที่	สระ	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
12	ã	543.38	459.43	84.55	83.94	15.45	0	0	459.43	84.55
12	ã	530.38	437.50	82.49	92.88	17.51	0	0	437.50	82.49
12	ã	380.27	306.01	80.47	74.25	19.53	0	0	306.01	80.47
12	ã	415.91	341.83	82.19	74.08	17.81	0	0	341.83	82.19
12	ã	379.70	310.67	81.82	69.03	18.18	0	0	310.67	81.82
12	ã	448.65	374.79	83.54	73.86	16.46	0	0	374.79	83.54
12	ã	456.24	382.45	83.83	73.79	16.17	0	0	382.45	83.83
12	ã	525.62	458.72	87.27	66.90	12.73	0	0	458.72	87.27
12	ã	520.45	460.70	88.52	59.75	11.48	0	0	460.70	88.52
13	õ	265.31	175.53	66.16	89.78	33.84	0	0	175.53	66.16
13	õ	226.30	144.69	63.94	81.60	36.06	0	0	144.69	63.94
13	õ	325.10	228.23	70.20	96.88	29.80	0	0	228.23	70.20
13	õ	300.66	198.48	66.02	102.18	33.98	0	0	198.48	66.02
13	õ	359.09	273.26	76.10	85.83	23.90	0	0	273.26	76.10
13	õ	273.70	187.93	68.66	85.77	31.34	0	0	187.93	68.66
13	õ	260.89	153.74	58.93	107.15	41.07	0	0	153.74	58.93
13	õ	296.29	188.62	63.66	107.67	36.34	0	0	188.62	63.66
13	õ	295.37	210.55	71.28	84.82	28.72	0	0	210.55	71.28
13	õ	280.66	184.15	65.61	96.51	34.39	0	0	184.15	65.61
13	õ	210.74	142.85	67.78	67.89	32.22	0	0	142.85	67.78
13	õ	205.80	118.82	57.73	86.99	42.27	0	0	118.82	57.73
13	õ	264.82	174.59	65.93	90.23	34.07	0	0	174.59	65.93
13	õ	265.56	176.20	66.35	89.36	33.65	0	0	176.20	66.35
13	õ	277.41	199.19	71.81	78.22	28.19	0	0	199.19	71.81
13	õ	203.82	135.76	66.60	68.07	33.40	0	0	135.76	66.60
13	õ	210.00	129.72	61.77	80.28	38.23	0	0	129.72	61.77
13	õ	296.05	204.97	69.23	91.09	30.77	0	0	204.97	69.23
13	õ	243.70	156.04	64.03	87.66	35.97	0	0	156.04	64.03
13	õ	261.90	167.44	63.94	94.45	36.06	0	0	167.44	63.94
13	õ	263.69	148.03	56.14	115.66	43.86	0	0	148.03	56.14
13	õ	260.66	150.82	57.86	109.84	42.14	0	0	150.82	57.86
13	õ	245.52	137.69	56.08	107.83	43.92	0	0	137.69	56.08
13	õ	242.99	128.50	52.88	114.49	47.12	0	0	128.50	52.88

คน ที่	สระ	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
13	ĩ	276.36	176.92	64.02	99.45	35.98	0	0	176.92	64.02
13	ĩ	284.96	189.55	66.52	95.42	33.48	0	0	189.55	66.52
13	ĩ	187.83	88.05	46.88	99.78	53.12	0	0	88.05	46.88
13	ĩ	236.27	157.34	66.59	78.93	33.41	0	0	157.34	66.59
13	ĩ	224.11	168.90	75.36	55.21	24.64	0	0	168.90	75.36
13	ĩ	256.65	183.50	71.50	73.14	28.50	0	0	183.50	71.50
13	ã	287.23	211.39	73.60	75.84	26.40	0	0	211.39	73.60
13	ã	310.22	216.12	69.67	94.10	30.33	0	0	216.12	69.67
13	ã	280.38	192.76	68.75	87.62	31.25	0	0	192.76	68.75
13	ã	248.76	175.39	70.51	73.37	29.49	0	0	175.39	70.51
13	ã	259.45	168.10	64.79	91.35	35.21	0	0	168.10	64.79
13	ã	268.91	190.43	70.82	78.48	29.18	0	0	190.43	70.82
13	ã	289.85	206.53	71.25	83.33	28.75	0	0	206.53	71.25
13	ã	321.54	239.65	74.53	81.89	25.47	0	0	239.65	74.53
13	ã	307.10	234.23	76.27	72.87	23.73	0	0	234.23	76.27
13	ã	271.60	202.48	74.55	69.12	25.45	0	0	202.48	74.55
14	õ	271.09	184.39	68.02	86.70	31.98	0	0	184.39	68.02
14	õ	281.55	201.27	71.49	80.28	28.51	0	0	201.27	71.49
14	õ	270.39	185.16	68.48	85.23	31.52	0	0	185.16	68.48
14	õ	218.17	138.63	63.54	79.54	36.46	0	0	138.63	63.54
14	õ	249.72	175.47	70.26	74.26	29.74	0	0	175.47	70.26
14	õ	261.87	171.46	65.47	90.41	34.53	0	0	171.46	65.47
14	õ	265.15	183.32	69.14	81.83	30.86	0	0	183.32	69.14
14	õ	264.84	173.79	65.62	91.06	34.38	0	0	173.79	65.62
14	õ	263.70	185.34	70.28	78.36	29.72	0	0	185.34	70.28
14	õ	281.71	214.63	76.19	67.08	23.81	0	0	214.63	76.19
14	õ	223.15	119.03	53.34	104.11	46.66	0	0	119.03	53.34
14	õ	232.69	136.35	58.60	96.34	41.40	0	0	136.35	58.60
14	õ	198.45	105.92	53.37	92.53	46.63	0	0	105.92	53.37
14	õ	271.53	150.42	55.40	121.11	44.60	0	0	150.42	55.40
14	õ	311.71	220.74	70.82	90.97	29.18	0	0	220.74	70.82
14	õ	219.76	157.39	71.62	62.37	28.38	0	0	157.39	71.62
14	õ	231.77	153.85	66.38	77.92	33.62	0	0	153.85	66.38

คน ที่	สระ	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
14	อ	273.98	181.05	66.08	92.93	33.92	0	0	181.05	66.08
14	อ	268.22	160.72	59.92	107.50	40.08	0	0	160.72	59.92
14	อ	277.40	197.22	71.10	80.17	28.90	0	0	197.22	71.10
14	อ	311.45	189.73	60.92	121.72	39.08	0	0	189.73	60.92
14	อ	267.16	149.66	56.02	117.51	43.98	0	0	149.66	56.02
14	อ	272.57	173.10	63.51	99.47	36.49	0	0	173.10	63.51
14	อ	227.53	135.11	59.38	92.41	40.62	0	0	135.11	59.38
14	อ	302.97	171.15	56.49	131.83	43.51	0	0	171.15	56.49
14	อ	295.23	153.19	51.89	142.04	48.11	0	0	153.19	51.89
14	อ	243.13	138.96	57.15	104.17	42.85	0	0	138.96	57.15
14	อ	260.83	138.14	52.96	122.69	47.04	0	0	138.14	52.96
14	อ	245.04	168.05	68.58	76.99	31.42	0	0	168.05	68.58
14	อ	259.52	181.34	69.88	78.18	30.12	0	0	181.34	69.88
14	อ	224.57	150.00	66.80	74.57	33.20	0	0	150.00	66.80
14	อ	209.95	137.92	65.69	72.04	34.31	0	0	137.92	65.69
14	อ	254.20	167.33	65.83	86.87	34.17	0	0	167.33	65.83
14	อ	237.19	164.93	69.53	72.26	30.47	0	0	164.93	69.53
14	อ	242.74	147.60	60.81	95.14	39.19	0	0	147.60	60.81
14	อ	216.63	135.95	62.76	80.68	37.24	0	0	135.95	62.76
14	อ	283.63	207.37	73.11	76.26	26.89	0	0	207.37	73.11
14	อ	299.88	225.27	75.12	74.61	24.88	0	0	225.27	75.12
14	อ	249.33	197.76	79.32	51.57	20.68	0	0	197.76	79.32
14	อ	274.06	214.95	78.43	59.11	21.57	0	0	214.95	78.43
15	อ	303.40	223.78	73.76	79.63	18.09	136.75	31.07	360.52	81.91
15	อ	355.91	278.53	78.26	77.38	14.88	163.99	31.54	442.51	85.12
15	อ	337.33	246.02	72.93	91.31	17.31	190.07	36.04	436.10	82.69
15	อ	304.41	221.70	72.83	82.70	19.38	122.40	28.68	344.10	80.62
15	อ	364.20	286.63	78.70	77.57	15.35	141.17	27.93	427.80	84.65
15	อ	287.74	207.91	72.26	79.82	18.71	138.82	32.54	346.73	81.29
15	อ	332.24	242.93	73.12	89.31	17.90	166.60	33.40	409.53	82.10
15	อ	316.99	234.24	73.89	82.75	16.85	174.01	35.44	408.24	83.15
15	อ	408.29	325.94	79.83	82.35	15.54	121.67	22.96	447.61	84.46
15	อ	391.97	301.89	77.02	90.08	18.27	101.10	20.50	403.00	81.73

คน ที่	สระ	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
15	õ	253.32	167.53	66.14	85.79	22.45	128.87	33.72	296.40	77.55
15	õ	278.74	184.79	66.29	93.95	22.58	137.37	33.01	322.16	77.42
15	õ	288.69	216.28	74.92	72.40	18.98	92.87	24.34	309.15	81.02
15	õ	280.46	212.79	75.87	67.67	17.28	111.15	28.38	323.94	82.72
15	õ	332.77	255.30	76.72	77.47	16.43	138.72	29.42	394.02	83.57
15	õ	264.96	194.66	73.47	70.31	19.57	94.36	26.26	289.02	80.43
15	õ	257.12	184.77	71.86	72.35	18.81	127.49	33.15	312.25	81.19
15	õ	268.42	192.20	71.60	76.22	18.42	145.26	35.11	337.46	81.58
15	õ	258.07	179.79	69.67	78.28	19.13	151.14	36.93	330.93	80.87
15	õ	307.06	228.31	74.35	78.76	17.60	140.54	31.40	368.85	82.40
15	õ	440.61	349.98	79.43	90.63	20.57	0	0	349.98	79.43
15	õ	479.65	352.09	73.41	127.56	26.59	0	0	352.09	73.41
15	õ	301.33	173.07	57.44	128.26	42.56	0	0	173.07	57.44
15	õ	348.09	197.07	56.61	151.02	43.39	0	0	197.07	56.61
15	õ	455.49	256.06	56.22	199.43	43.78	0	0	256.06	56.22
15	õ	450.20	251.61	55.89	198.59	44.11	0	0	251.61	55.89
15	õ	389.26	175.71	45.14	213.55	54.86	0	0	175.71	45.14
15	õ	355.20	221.91	62.48	133.29	37.52	0	0	221.91	62.48
15	õ	300.35	213.48	71.07	86.88	28.93	0	0	213.48	71.07
15	õ	343.96	228.26	66.36	115.69	33.64	0	0	228.26	66.36
15	ã	438.64	277.75	63.32	160.89	36.68	0	0	277.75	63.32
15	ã	454.29	330.77	72.81	123.53	27.19	0	0	330.77	72.81
15	ã	401.95	283.00	70.41	118.95	29.59	0	0	283.00	70.41
15	ã	391.63	280.09	71.52	111.55	28.48	0	0	280.09	71.52
15	ã	373.54	270.18	72.33	103.35	27.67	0	0	270.18	72.33
15	ã	403.26	298.05	73.91	105.21	26.09	0	0	298.05	73.91
15	ã	456.38	362.65	79.46	93.73	20.54	0	0	362.65	79.46
15	ã	452.06	381.27	84.34	70.79	15.66	0	0	381.27	84.34
15	ã	481.40	390.28	81.07	91.12	18.93	0	0	390.28	81.07
15	ã	468.37	366.09	78.16	102.28	21.84	0	0	366.09	78.16
16	õ	234.86	169.86	72.32	65.00	18.91	108.95	31.69	278.81	81.09
16	õ	253.17	174.83	69.06	78.34	21.24	115.70	31.37	290.53	78.76
16	õ	227.87	181.09	79.47	46.78	13.32	123.24	35.10	304.32	86.68

คน ที่	สระ	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
16	อ	232.37	156.09	67.17	76.28	22.54	106.11	31.35	262.20	77.46
16	อ	246.30	197.02	79.99	49.28	12.97	133.68	35.18	330.70	87.03
16	อ	236.31	171.45	72.55	64.86	19.17	102.06	30.16	273.51	80.83
16	อ	288.99	240.70	83.29	48.30	12.30	103.78	26.42	344.48	87.70
16	อ	264.18	199.26	75.43	64.92	16.28	134.63	33.76	333.89	83.72
16	อ	287.32	221.40	77.05	65.93	16.33	116.51	28.85	337.90	83.67
16	อ	271.86	212.98	78.34	58.89	14.13	144.99	34.78	357.97	85.87
16	อ	222.67	143.84	64.60	78.83	24.96	93.14	29.49	236.98	75.04
16	อ	182.53	106.94	58.59	75.59	25.83	110.15	37.64	217.09	74.17
16	อ	231.92	176.15	75.95	55.77	15.43	129.58	35.84	305.73	84.57
16	อ	229.33	171.92	74.97	57.40	16.56	117.33	33.85	289.26	83.44
16	อ	167.75	119.58	71.28	48.17	18.09	98.55	37.01	218.13	81.91
16	อ	183.64	117.03	63.73	66.61	21.17	131.06	41.65	248.09	78.83
16	อ	205.53	141.27	68.73	64.27	21.28	96.42	31.93	237.69	78.72
16	อ	205.15	130.07	63.40	75.08	23.54	113.88	35.69	243.95	76.46
16	อ	251.01	184.97	73.69	66.04	18.27	110.44	30.55	295.41	81.73
16	อ	263.06	191.62	72.84	71.44	18.25	128.39	32.80	320.00	81.75
16	อ	358.96	271.52	75.64	87.44	24.36	0	0	271.52	75.64
16	อ	365.88	287.67	78.62	78.21	21.38	0	0	287.67	78.62
16	อ	295.31	214.54	72.65	80.78	27.35	0	0	214.54	72.65
16	อ	238.78	166.54	69.75	72.24	30.25	0	0	166.54	69.75
16	อ	368.97	266.26	72.16	102.71	27.84	0	0	266.26	72.16
16	อ	351.62	268.65	76.41	82.96	23.59	0	0	268.65	76.41
16	อ	313.07	227.20	72.57	85.87	27.43	0	0	227.20	72.57
16	อ	316.22	224.94	71.13	91.28	28.87	0	0	224.94	71.13
16	อ	245.58	202.07	82.28	43.51	17.72	0	0	202.07	82.28
16	อ	289.08	213.17	73.74	75.91	26.26	0	0	213.17	73.74
16	อ	369.61	300.29	81.24	69.32	18.76	0	0	300.29	81.24
16	อ	417.85	348.67	83.44	69.18	16.56	0	0	348.67	83.44
16	อ	409.00	332.54	81.31	76.46	18.69	0	0	332.54	81.31
16	อ	319.38	253.78	79.46	65.60	20.54	0	0	253.78	79.46
16	อ	321.59	242.36	75.36	79.23	24.64	0	0	242.36	75.36
16	อ	342.46	249.61	72.89	92.85	27.11	0	0	249.61	72.89

คน ที่	สระ	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
16	้า	346.67	280.50	80.91	66.17	19.09	0	0	280.50	80.91
16	้า	341.67	299.58	87.68	42.10	12.32	0	0	299.58	87.68
16	้า	407.17	331.79	81.49	75.38	18.51	0	0	331.79	81.49
16	้า	378.54	286.26	75.62	92.27	24.38	0	0	286.26	75.62
17	อ้	184.48	90.35	48.97	94.13	32.78	102.71	35.76	193.06	67.22
17	อ้	154.09	104.41	67.76	49.69	17.78	125.40	44.87	229.81	82.22
17	อ้	166.88	121.33	72.70	45.55	17.70	90.50	35.16	211.83	82.30
17	อ้	164.64	106.15	64.47	58.50	20.71	117.80	41.71	223.95	79.29
17	อ้	181.92	136.33	74.94	45.59	16.37	96.68	34.70	233.01	83.63
17	อ้	192.25	135.85	70.66	56.40	19.75	93.32	32.68	229.17	80.25
17	อ้	193.36	135.10	69.87	58.26	21.11	82.56	29.92	217.66	78.89
17	อ้	182.59	111.33	60.98	71.25	24.83	104.42	36.38	215.75	75.17
17	อ้	181.56	115.02	63.35	66.54	24.89	85.77	32.08	200.80	75.11
17	อ้	205.74	151.61	73.69	54.13	19.32	74.47	26.58	226.07	80.68
17	อ้อ	179.39	114.58	63.87	64.81	26.29	67.11	27.23	181.69	73.71
17	อ้อ	197.70	140.05	70.84	57.65	19.09	104.29	34.54	244.34	80.91
17	อ้อ	198.22	128.06	64.60	70.16	23.63	98.73	33.25	226.79	76.37
17	อ้อ	167.05	123.07	73.68	43.97	16.32	102.33	37.99	225.40	83.68
17	อ้อ	200.77	140.34	69.90	60.43	19.67	106.47	34.65	246.80	80.33
17	อ้อ	138.48	87.11	62.91	51.36	22.33	91.55	39.80	178.67	77.67
17	อ้อ	196.72	134.79	68.52	61.93	20.87	100.02	33.71	234.81	79.13
17	อ้อ	184.92	128.29	69.38	56.63	19.03	112.66	37.86	240.95	80.97
17	อ้อ	213.08	161.95	76	51.13	16.59	95.05	30.85	257	83.41
17	อ้อ	184.38	111.02	60.21	73.36	24.01	121.13	39.65	232.15	75.99
17	อ๋	283.16	230.88	81.54	52.28	18.46	0	0	230.88	81.54
17	อ๋	298.75	232.79	77.92	65.96	22.08	0	0	232.79	77.92
17	อ๋	297.70	207.48	69.70	90.22	30.30	0	0	207.48	69.70
17	อ๋	301.47	236.79	78.54	64.68	21.46	0	0	236.79	78.54
17	อ๋	319.12	237.57	74.45	81.55	25.55	0	0	237.57	74.45
17	อ๋	286.27	201.02	70.22	85.24	29.78	0	0	201.02	70.22
17	อ๋	286.07	214.59	75.01	71.48	24.99	0	0	214.59	75.01
17	อ๋	261.60	179.93	68.78	81.67	31.22	0	0	179.93	68.78
17	อ๋	261.66	209.43	80.04	52.23	19.96	0	0	209.43	80.04

คน ที่	สระ	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
17	ĩ	287.47	233.53	81.24	53.93	18.76	0	0	233.53	81.24
17	ã	271.07	210.83	77.78	60.24	22.22	0	0	210.83	77.78
17	ã	267.99	188.79	70.45	79.20	29.55	0	0	188.79	70.45
17	ã	255.58	199.01	77.87	56.56	22.13	0	0	199.01	77.87
17	ã	237.27	175.97	74.17	61.30	25.83	0	0	175.97	74.17
17	ã	253.07	184.62	72.95	68.45	27.05	0	0	184.62	72.95
17	ã	246.29	177.80	72.19	68.49	27.81	0	0	177.80	72.19
17	ã	290.12	222.39	76.65	67.73	23.35	0	0	222.39	76.65
17	ã	278.22	217.78	78.28	60.44	21.72	0	0	217.78	78.28
17	ã	282.90	239.60	84.70	43.30	15.30	0	0	239.60	84.70
17	ã	295.89	227.39	76.85	68.50	23.15	0	0	227.39	76.85
18	õ	236.12	136.42	57.78	99.70	26.05	146.61	38.31	283.03	73.95
18	õ	281.44	159.06	56.52	122.38	28.53	147.45	34.38	306.51	71.47
18	õ	277.73	168.44	60.65	109.29	25.36	153.21	35.55	321.66	74.64
18	õ	303.92	194.91	64.13	109.01	26.34	109.96	26.57	304.87	73.66
18	õ	305.63	216.66	70.89	88.97	19.74	145.13	32.20	361.79	80.26
18	õ	272.57	142.21	52.17	130.36	33.81	113.04	29.32	255.25	66.19
18	õ	284.93	190.45	66.84	94.48	22.06	143.42	33.48	333.87	77.94
18	õ	235.39	142.16	60.39	93.23	24.72	141.67	37.57	283.83	75.28
18	õ	272.71	207.62	76.13	65.09	16.13	130.79	32.41	338.42	83.87
18	õ	268.76	206.37	76.78	62.40	15.52	133.21	33.14	339.58	84.48
18	õ	221.62	111.43	50.28	110.20	34.30	99.62	31.01	211.05	65.70
18	õ	217.63	126.92	58.32	90.72	25.91	132.53	37.85	259.45	74.09
18	õ	252.22	168.25	66.71	83.97	21.02	147.32	36.87	315.57	78.98
18	õ	228.40	123.05	53.87	105.35	26.86	163.77	41.76	286.82	73.14
18	õ	233.91	123.02	52.59	110.89	28.48	155.42	39.92	278.44	71.52
18	õ	231.45	159.73	69.01	71.72	23.17	78.12	25.23	237.85	76.83
18	õ	227.25	153.38	67.49	73.87	24.21	77.93	25.54	231.32	75.79
18	õ	252.38	165.08	65.41	87.31	19.93	185.66	42.38	350.74	80.07
18	õ	271.98	196.13	72.11	75.84	18.15	145.84	34.91	341.97	81.85
18	õ	262.74	176.45	67.16	86.29	19.89	171.01	39.43	347.46	80.11
18	õ	346.11	272.40	78.70	73.71	21.30	0	0	272.40	78.70
18	õ	379.00	281.18	74.19	97.81	25.81	0	0	281.18	74.19

คน ที่	สระ	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
18	ĩ	307.89	224.13	72.79	83.76	27.21	0	0	224.13	72.79
18	ĩ	289.55	208.33	71.95	81.23	28.05	0	0	208.33	71.95
18	ĩ	425.27	287.50	67.60	137.77	32.40	0	0	287.50	67.60
18	ĩ	400.39	299.72	74.86	100.67	25.14	0	0	299.72	74.86
18	ĩ	381.20	287.46	75.41	93.74	24.59	0	0	287.46	75.41
18	ĩ	382.66	269.49	70.43	113.17	29.57	0	0	269.49	70.43
18	ĩ	363.33	287.18	79.04	76.15	20.96	0	0	287.18	79.04
18	ĩ	378.34	279.47	73.87	98.87	26.13	0	0	279.47	73.87
18	ã	378.27	301.70	79.76	76.57	20.24	0	0	301.70	79.76
18	ã	409.31	333.87	81.57	75.44	18.43	0	0	333.87	81.57
18	ã	398.04	325.06	81.66	72.98	18.34	0	0	325.06	81.66
18	ã	369.63	286.50	77.51	83.13	22.49	0	0	286.50	77.51
18	ã	360.10	284.90	79.12	75.20	20.88	0	0	284.90	79.12
18	ã	355.60	281.16	79.07	74.44	20.93	0	0	281.16	79.07
18	ã	397.71	345.34	86.83	52.37	13.17	0	0	345.34	86.83
18	ã	384.81	326.77	84.92	58.03	15.08	0	0	326.77	84.92
18	ã	426.14	306.27	71.87	119.88	28.13	0	0	306.27	71.87
18	ã	397.02	350.66	88.32	46.36	11.68	0	0	350.66	88.32
19	õ	316.07	211.67	66.97	104.40	22.85	140.77	30.81	352.44	77.15
19	õ	237.77	169.51	71.29	68.26	19.37	114.58	32.52	284.09	80.63
19	õ	250.87	189.09	75.37	61.78	17.96	93.03	27.05	282.13	82.04
19	õ	252.93	194.18	76.77	58.75	16.81	96.53	27.62	290.71	83.19
19	õ	286.34	217.07	75.81	69.27	17.80	102.83	26.42	319.90	82.20
19	õ	292.09	223.72	76.60	68.36	18.51	77.22	20.91	300.94	81.49
19	õ	239.11	180.43	75.46	58.68	18.05	85.91	26.43	266.34	81.95
19	õ	269.66	201.21	74.62	68.44	19.14	87.93	24.59	289.14	80.86
19	õ	300.13	249.59	83.16	50.54	12.84	93.48	23.75	343.07	87.16
19	õ	248.20	185.73	74.83	62.47	17.88	101.22	28.97	286.94	82.12
19	õ	199.21	133.95	67.24	65.26	19.47	135.96	40.56	269.91	80.53
19	õ	225.64	151.45	67.12	74.19	20.83	130.55	36.65	282.00	79.17
19	õ	274.73	212.57	77.37	62.17	14.98	140.13	33.78	352.70	85.02
19	õ	232.51	169.43	72.87	63.08	17.37	130.69	35.98	300.11	82.63
19	õ	245.61	178.56	72.70	67.05	18.74	112.13	31.34	290.69	81.26

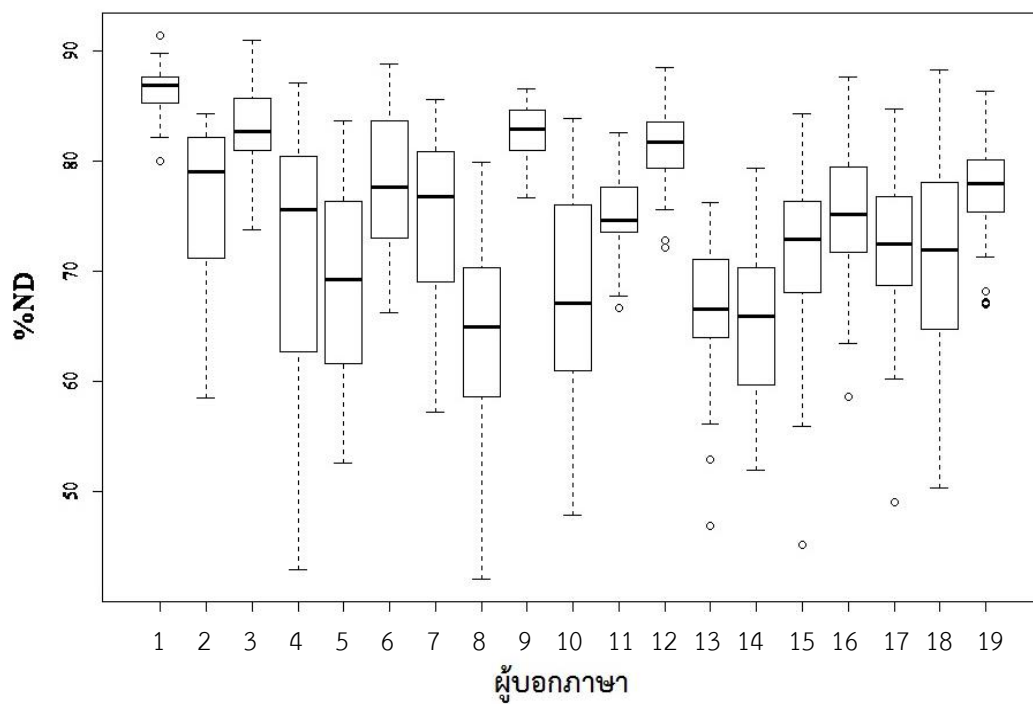
คน ที่	สระ	VD	OVDP	%OVDP	ND	%ND	NMD	%NMD	TN	%TN
19	อ	200.27	155.10	77.45	45.17	12.73	154.59	43.56	309.69	87.27
19	อ	220.85	176.41	79.88	44.44	13.62	105.34	32.29	281.75	86.38
19	อ	313.35	242.85	77.50	70.49	17.26	94.99	23.26	337.84	82.74
19	อ	273.79	213.23	77.88	60.56	14.96	130.95	32.35	344.18	85.04
19	อ	242.68	165.46	68.18	77.22	19.89	145.56	37.49	311.02	80.11
19	อิ	376.80	302.54	80.29	74.26	19.71	0	0	302.54	80.29
19	อิ	335.84	270.66	80.59	65.18	19.41	0	0	270.66	80.59
19	อิ	360.78	281.55	78.04	79.23	21.96	0	0	281.55	78.04
19	อิ	338.21	267.63	79.13	70.58	20.87	0	0	267.63	79.13
19	อิ	341.15	274.98	80.61	66.16	19.39	0	0	274.98	80.61
19	อิ	320.87	255.13	79.51	65.74	20.49	0	0	255.13	79.51
19	อิ	324.19	248.22	76.57	75.97	23.43	0	0	248.22	76.57
19	อิ	344.12	278.90	81.05	65.22	18.95	0	0	278.90	81.05
19	อิ	376.86	294.41	78.12	82.46	21.88	0	0	294.41	78.12
19	อิ	354.66	286.50	80.78	68.16	19.22	0	0	286.50	80.78
19	ไ	399.56	318.71	79.77	80.85	20.23	0	0	318.71	79.77
19	ไ	365.59	282.68	77.32	82.91	22.68	0	0	282.68	77.32
19	ไ	358.21	285.76	79.78	72.45	20.22	0	0	285.76	79.78
19	ไ	346.91	274.16	79.03	72.75	20.97	0	0	274.16	79.03
19	ไ	328.31	270.82	82.49	57.48	17.51	0	0	270.82	82.49
19	ไ	299.10	234.34	78.35	64.76	21.65	0	0	234.34	78.35
19	ไ	305.77	244.00	79.80	61.77	20.20	0	0	244.00	79.80
19	ไ	362.30	309.21	85.35	53.09	14.65	0	0	309.21	85.35
19	ไ	356.74	302.45	84.78	54.29	15.22	0	0	302.45	84.78
19	ไ	332.44	287.12	86.37	45.32	13.63	0	0	287.12	86.37

ภาคผนวก จ

ค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของสระนาสิกของผู้บอกภาษาไป

ตารางที่ 1 ค่าร้อยละ (%) ของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูกของสระนาสิก /อ, ั, ุ, ฌ/ ของผู้บอกภาษาไปเพศชาย 19 คน เรียงลำดับตามอายุจากมากไปน้อย โดยระบุค่าต่ำสุด (Min) ควอร์ไทล์ที่ 1 (Q1) ค่ามัธยฐาน (Median) ควอร์ไทล์ที่ 3 (Q3) ค่าสูงสุด (Max) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

ผู้บอก ภาษา	อายุ	Min	Q1	Median	Q3	Max	Mean	SD
1	75	80.03	85.27	86.84	87.62	91.43	86.45	2.31
2	74	58.48	71.32	79.04	82.10	84.29	75.93	7.41
3	65	73.81	80.92	82.69	85.53	90.99	83.15	3.92
4	62	42.92	62.85	75.61	80.43	87.07	70.69	12.13
5	57	52.62	61.85	69.23	76.27	83.67	68.98	8.38
6	56	66.25	73.24	77.64	83.48	88.85	78.08	6.11
7	56	57.15	69.23	76.77	80.62	85.53	74.90	7.17
8	54	42.02	58.65	64.94	70.30	79.83	64.36	8.83
9	53	76.70	80.97	82.92	84.65	86.53	82.71	2.45
10	50	47.87	61.05	67.09	76.01	83.89	68.09	9.97
11	35	66.71	73.50	74.60	77.63	82.52	75.16	3.82
12	34	72.18	79.37	81.75	83.53	88.52	81.25	3.42
13	31	46.88	63.94	66.55	70.92	76.27	66.35	6.56
14	28	51.89	59.79	65.95	70.27	79.32	65.23	7.21
15	28	45.14	68.84	72.88	76.08	84.34	71.12	8.08
16	26	58.59	71.94	75.17	79.46	87.68	74.67	6.16
17	25	48.97	68.72	72.45	76.70	84.70	71.67	6.93
18	24	50.28	65.09	71.91	77.81	88.32	70.37	9.85
19	24	66.97	75.44	77.96	79.98	86.37	77.42	4.68



ภาพที่ 1 ค่าร้อยละของค่าระยะเวลาออกเสียงขึ้นจมูก (%ND) ของสระนาสิก /อ, อด, อด, อด/ รวมกันของผู้บอกภาษาโปแตชาย 19 คน เรียงลำดับตามอายุจากมากไปน้อย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวกานต์ธิดา เกิดผล เกิดเมื่อวันที่ 5 ตุลาคม พ.ศ. 2529 ที่จังหวัดสุโขทัย สำเร็จ การศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรอักษรศาสตรบัณฑิต (เกียรตินิยมอันดับหนึ่ง) วิชาเอก ภาษาอังกฤษ วิชาโทภาษาญี่ปุ่น จากคณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2551 และได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรอักษรศาสตรดุษฎีบัณฑิต (หลักสูตรต่อเนื่องโท-เอก) ภาควิชาภาษาศาสตร์ คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2552 ได้รับทุน ผู้ช่วยวิจัยในโครงการปริญญาเอกกาญจนาภิเษก (คปก.) สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

