



วิธีดำเนินการวิจัย

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า ผลการศึกษาวิจัยในงานวิจัยต่าง ๆ ที่ผ่านมา ยังมีข้อสรุปที่ขัดแย้งกันบางส่วน ซึ่งผู้วิจัยมีความคิดเห็นว่า ความขัดแย้งของข้อสรุปดังกล่าวนี้อาจเนื่องมาจากวิธีดำเนินการวิจัยที่แตกต่างกัน อันขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยนั้น ๆ เป็นสำคัญ กล่าวคือ ในงานวิจัยบางเรื่องให้ผู้บอกภาษาร่วมอ่านคำทดสอบที่ปรากฏโดด ๆ ทีละคำ ซึ่งมีข้อดีที่สามารถจำกัดตัวแปรอื่น ๆ นอกจากการลงเสียงหนัก-เบา ที่อาจมีอิทธิพลต่อระดับเสียงสูงต่ำได้ แต่ลักษณะข้อมูลไม่เอื้อต่อการเป็นพียงค์เสียงเบามากเท่าที่ควร ส่วนในงานวิจัยบางเรื่อง ใช้คำพูดต่อเนื่องซึ่งมีความเป็นธรรมชาติมากยิ่งขึ้น แต่อาจได้รับอิทธิพลจากทำนองเสียงในถ้อยความ ดังนั้น งานวิจัยนี้ จึงพยายามสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลอย่างระมัดระวัง เพื่อให้ข้อมูลมีลักษณะเอื้อต่อการปรากฏของพียงค์เสียงเบา และหลีกเลี่ยงอิทธิพลของทำนองเสียงในถ้อยความด้วย

เพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย จึงได้ดำเนินการวิจัย ดังขั้นตอนต่อไปนี้

2.1 การสร้างเครื่องมือในการเก็บข้อมูล

ในการสร้างเครื่องมือได้ดำเนินการหลายขั้นตอน เริ่มจากการสร้างชุดทดสอบขั้นนำร่อง การทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดสอบ และการปรับปรุงวิธีการสร้างเครื่องมือเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องของชุดทดสอบในขั้นแรก

2.1.2 การสร้างชุดทดสอบขั้นนำร่อง

การสร้างชุดทดสอบขั้นนำร่องนี้ได้สร้างชุดทดสอบจำนวน 3 ชุด ชุดที่ 1 เป็นคำสามัญหรือคำพสม 2 พยางค์ที่พยางค์แรกเป็นพยางค์เบา ชุดที่ 2 เป็น คำทดสอบเดียวกันกับชุดที่ 1 แต่ปรากฏในประโยค และชุดที่ 3 เป็นคำพยางค์เดี่ยวซึ่งประกอบด้วย

หน่วยเสียงพยัญชนะ สระ และวรรณยุกต์หน่วยเดียวกันกับพยางค์แรกของคำทดสอบชุดที่ 1 แต่เป็นพยางค์หนัก แม้ว่า คำทดสอบชุดที่ 3 นี้จะไม่รวมอยู่ในวัตถุประสงค์ของการวิจัย เนื่องจากไม่มีศึกษาภาพที่ปรากฏเป็นพยางค์เสียงเบา แต่สร้างขึ้นเพื่อใช้เปรียบเทียบกับคำทดสอบชุดที่ 1 และ 2 ซึ่งจะเป็นแนวทางในการคัดเลือกคำทดสอบที่มีพยางค์เสียงเบา ปรากฏได้อย่างเหมาะสม

2.1.1.1 ชุดทดสอบที่ 1 (#syll.syll.#)

ชุดทดสอบที่ 1 มีคำทดสอบจำนวน 105 คำ ซึ่งพยางค์แรกเป็นพยางค์เบา แต่เนื่องจากพยางค์แรกของคำทดสอบบางคำมีลักษณะทางเสียงของพยัญชนะ สระ และวรรณยุกต์เหมือนกัน คำทดสอบเหล่านี้ จึงมีพยางค์แรกที่มีลักษณะทางเสียงที่แตกต่างกันอยู่เพียง 76 พยางค์ ต่อไปนี้เป็นลักษณะของคำทดสอบ

1) เป็นคำสามัญ 2 พยางค์ หรือคำผสม 2 พยางค์ที่คาดว่ามีการลงเสียงหนักเบาแบบ ตัวอย่างเช่น กะทะ การบ้าน กับข้าว

2) พยางค์แรกของคำทดสอบ มีโครงสร้าง 6 แบบดังนี้

โครงสร้างพยางค์ CV?	โครงสร้างพยางค์ CVS	โครงสร้างพยางค์ CV:S
โครงสร้างพยางค์ CV:	โครงสร้างพยางค์ CVN	โครงสร้างพยางค์ CV:N

ก) โครงสร้างพยางค์ CV? : พยางค์ตายหรือพยางค์เปิดที่มีสระเสียงสั้น พยัญชนะท้ายเป็นเสียงกักที่เส้นเสียง ตัวอย่างเช่น พกา /phaʔ² 'ka:¹/ ชบา /chaʔ² 'ba:¹/

ข) โครงสร้างพยางค์ CVS : พยางค์ตายหรือพยางค์เปิดที่มีสระเสียงสั้น พยัญชนะท้ายเป็นเสียงกักที่ริมฝีปาก /p/ ที่ปลายลิ้น-ปุ่มเหงือก /t/ หรือที่โคนลิ้น-เพดานอ่อน /k/ ตัวอย่างเช่น พับเพียบ /phap⁴ 'phiap²/ ผัดไทย /phat² 'thay¹/ ผักบุ้ง /phak² 'buŋ³/

ค) โครงสร้างพยางค์ CV:S : พยางค์ตายหรือ พยางค์เปิดที่มีสระเสียงยาว พยัญชนะท้ายเป็นเสียงกักที่ริมฝีปาก /p/ ที่ปลายลิ้น-ปุ่มเหงือก /t/ หรือที่โคนลิ้น-เพดานอ่อน /k/ ตัวอย่างเช่น ภาพถ่าย /pha:p³ 'tha:y²/ ชาติชาย /cha:t³ 'cha:y¹/ ปากกา /pa:k² 'ka:¹/

ง) โครงสร้างพยางค์ CV: : พยางค์เป็นหรือ พยางค์เปิดที่มีสระเสียงยาวและไม่มีเสียงพยัญชนะท้าย ตัวอย่างเช่น ภาษา /pha:¹ 'sa:⁵/ ท่าทาง /tha:³ 'tha:ŋ¹/

จ) โครงสร้างพยางค์ CVN : พยางค์เป็นหรือ พยางค์เปิดที่มีสระสั้น พยัญชนะท้ายเป็นเสียงนาสิก /m n ŋ/ หรือเสียงกึ่งสระ /w y/ ตัวอย่างเช่น คำรับ /tam¹ 'rap²/ กรรไกร /kan¹ 'kray¹/ อังกคาร /ʔaŋ¹ 'kha:n¹/ เก้อ /kaw³ 'ʔi³/ ไ้เน่า /khay² 'naw³/

ฉ) โครงสร้างพยางค์ CV:N : พยางค์เป็นหรือ พยางค์เปิดที่มีสระเสียงยาว พยัญชนะท้ายเป็นเสียงนาสิก /m n ŋ/ หรือเสียงกึ่งสระ /w y/ ตัวอย่างเช่น กำมกราม /ka:m³ 'kra:m¹/ กำบ้าน /ka:n¹ 'ba:n³/ ค้ำงคาว /kha:ŋ⁴ 'kha:w¹/ ข้ำวโหด /kha:w³ 'pho:t³/ ท้ำยทอช /tha:y⁴ 'tho:y¹/

การแบ่งโครงสร้างพยางค์เหล่านี้สอดคล้องกับ แนวความคิด ของแมรี ฮาส (Hass, M. 1956 : 25-26) ที่แบ่งพยางค์ในภาษาไทยออกเป็น 4 ประเภทคือ

ก) พยางค์ตายที่ลงท้ายด้วยเสียงกักที่เส้นเสียง ตัวอย่างเช่น กะ /kaʔ²/

ข) พยางค์ตายที่ลงท้ายด้วยเสียงกักที่อื่น ๆ ตัวอย่างเช่น กีบ /kap²/ กาบ /ka:p²/ กัด /kat²/ กาด /ka:t²/ กัก /kak²/ กาก /ka:k²/

ค) พยางค์เป็นที่ลงท้ายด้วยสระเสียงยาวหรือสระประสม ตัวอย่างเช่น กา /ka:¹/ เกลี้ย /kliã²/

ง) พยางค์เป็นที่ลงท้ายด้วยเสียงนาสิกหรือกึ่งสระ ตัวอย่างเช่น กั้น /kan³/ ก้าน /ka:n³/ ไก่ /kay¹/ กาย /ka:y¹/

ผู้วิจัยมีความคิดเห็นว่า พยางค์ประเภทที่ 2 และ 4 นี้ ยังแบ่งย่อยออกไปได้อีกเป็นพยางค์เสียงสั้นและเสียงยาว ซึ่งมีความจำเป็นต่องานวิจัยนี้เนื่องจากการศึกษาค่าระยะเวลาของเสียงก้องในพยางค์ประเภทต่าง ๆ เหล่านี้ด้วย จึงแบ่งโครงสร้างพยางค์ได้เป็น 6 ประเภทดังกล่าวข้างต้น

3) วรรณยุกต์ของพยางค์แรกเป็นเสียงสามัญ เอก โท ตรี จิตวา และเนื่องจากมีข้อจำกัดในการปรากฏร่วมกันของวรรณยุกต์และโครงสร้างพยางค์ กล่าวคือ พยางค์เป็นสามารถปรากฏร่วมกับวรรณยุกต์ได้ทุกหน่วยเสียง แต่พยางค์ตายสามารถปรากฏร่วมกับวรรณยุกต์ได้เพียง 3 หน่วยเสียง คือ พยางค์ตายเสียงสั้น ปรากฏร่วมกับวรรณยุกต์เอก และตรี ส่วนพยางค์ตายเสียงยาวปรากฏร่วมกับวรรณยุกต์เอก และโท ทั้งนี้ ไม่รวมถึงระบบเสียงของคำแสดงอารมณ์และเลียนเสียงธรรมชาติ เช่น ปรี๊ดปรี๊ด /pru:t⁴ pra:t⁴/ เจ็บ ๆ /ciap⁴ ciap⁴/ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงสร้างคำทดสอบที่มีการปรากฏร่วมกันของหน่วยเสียงวรรณยุกต์และโครงสร้างพยางค์ทั้งหมด 21 แบบดังนี้

ตารางที่ 3 : การปรากฏร่วมกันของเสียงวรรณยุกต์ และโครงสร้างพยางค์

หน่วยเสียงวรรณยุกต์	CV?	CVS	CV:S	CV:	CVN	CV:N
1 (สามัญ)				/	/	/
2 (เอก)	/	/	/	/	/	/
3 (โท)			/	/	/	/
4 (ตรี)	/	/		/	/	/
5 (จิตวา)				/	/	/

4) ควบคุมลักษณะเสียงพยัญชนะต้น และเสียงสระของพยางค์แรก

ก) ควบคุมลักษณะเสียงพยัญชนะต้นของพยางค์แรกให้เป็นเสียงกักอโฆชะ (Voiceless Stop) หรือเสียงกักเสียดแทรกอโฆชะ (Voiceless Affricate) เท่านั้น อันได้แก่ /p ph t th k kh ʔ c ch/ รวมทั้งสิ้น 9 หน่วยเสียงจากระบบเสียงพยัญชนะในภาษาไทยจำนวน 21 หน่วยเสียงดังนี้ คือ

ตารางที่ 4 : หน่วยเสียงพยัญชนะของภาษาไทย (อุคม วโรตม์สิกขลิตต์ 2513 : 43)

ลักษณะเสียง ริมฝีปากทั้งสอง ริมฝีปากล่าง ปุ่มเหงือก ปุ่มเหงือก เพดานแข็ง เพดานอ่อน คอหอย
 ฟันบน เพดานแข็ง

กัก อโฆชะ	ลึกล	p		t		k	ʔ
	ชนิด	ph		th		kh	
โฆชะ	ลึกล	b		d			
กักเสียดแทรก อโฆชะ	ลึกล					c	
	ชนิด					ch	
เสียดแทรก อโฆชะ			f	s			h
นาสิก	โฆชะ	m		n		ɲ	
ข้างลิ้น	โฆชะ			l			
ลิ้นกระดูกหรือลิ้นริว	โฆชะ			r			
กึ่งสระ	โฆชะ	w				y	

เนื่องจาก พยัญชนะต้นมีอิทธิพลต่อระดับเสียงสูงต่ำในช่วงต้นของพยางค์ กล่าวคือ พยัญชนะต้นที่เป็นเสียงอโหชนะ (เสียงไม่ก้อง) จะทำให้ระดับเสียงในช่วงต้นของพยางค์นั้นสูงขึ้น ในขณะที่พยัญชนะต้นที่เป็นเสียงโหชนะ (เสียงก้อง) จะทำให้ระดับเสียงในช่วงต้นของพยางค์นั้นต่ำลง (Ohala 1973, Wayne 1973 และ Fromkin 1978) เพื่อป้องกันปรากฏการณ์และเพื่อความ เป็นระบบเดียวกันของข้อมูล ผู้วิจัยจึงสร้างคำทดสอบที่พยางค์แรกมีพยัญชนะต้นเป็นเสียงอโหชนะเท่านั้น พยัญชนะอโหชนะในภาษาไทย มี 3 ประเภทคือ เสียงกัก (Stop) เสียงเสียดแทรก (Fricative) และเสียงกักเสียดแทรก (Affricate) แต่เนื่องจากพยัญชนะต้นที่เป็นเสียงเสียดแทรกอาจมีอิทธิพลทำให้ระดับเสียงต้นพยางค์นั้นสูงขึ้นด้วย (Wayne 1973) ผู้วิจัยจึงกำหนดให้พยางค์แรกของคำทดสอบมีพยัญชนะต้นเป็นเสียงกักและเสียงกักเสียดแทรกเท่านั้น นอกจากนี้ยังหลีกเลี่ยงพยัญชนะควบกล้ำ เนื่องจากเสียงที่สองของพยัญชนะควบกล้ำ อันได้แก่ /r l w/ เป็นเสียงโหชนะ

ข) ความคมลักษณะเสียงสระของพยางค์แรกให้เป็นเสียงสระกลางต่ำเท่านั้น อันได้แก่ /a/ กับ /ə:/ เพียง 2 หน่วยเสียง จากหน่วยเสียงสระเดี่ยวในภาษาไทยจำนวน 18 หน่วยเสียง ดังนี้

ตารางที่ 5 : หน่วยเสียงสระเดี่ยวของภาษาไทย (อุดม วโรตม์สิขชิตต์ 2513 : 80)

	หน้า	กลาง	หลัง
สูง	i i:	ɨ ɨ:	u u:
กลาง	e e:	ə ə:	o o:
ต่ำ	ɤ ɤ:	ɛ ɛ:	ɔ ɔ:

เนื่องจากระดับเสียงธรรมชาติของเสียงสระ (Intrinsic Pitch) มีอิทธิพลต่อระดับเสียงสูงต่ำประจำพยางค์ กล่าวคือ ระดับเสียงจะสูงขึ้นเล็กน้อยในพยางค์ที่มีเสียงสระสูง

(Ladefoged 1975 : 49) ซึ่งกล่าวได้ว่า ระดับเสียงของเสียงสระมีอิทธิพลต่อระดับเสียงสูงต่ำในพยางค์ ผู้วิจัยจึงกำหนดให้พยางค์แรกของคำทดสอบมีเสียงสระต่ำกลาง /a a:/ เพียง 2 หน่วยเสียงเท่านั้น เนื่องจากคำที่มีเสียงสระดังกล่าวนี้มีจำนวนมากในภาษาไทย (คำที่มีเสียงสระ /x x:/ และ /v v:/ มีจำนวนน้อย)

จากการปรากฏร่วมกันของหน่วยเสียงวรรณยุกต์และโครงสร้างพยางค์ทั้งหมด 21 แบบดังกล่าวแล้วในตารางที่ 3 ผู้วิจัยนำพยางค์เหล่านี้มาเป็นพยางค์แรกในการสร้างคำทดสอบ โดยกำหนดว่าโครงสร้างพยางค์แบบหนึ่งจะสร้างคำทดสอบ 5 คำ จึงได้คำทดสอบทั้งสิ้น 105 คำ (21x5) แต่เนื่องจากพยางค์แรกของคำทดสอบบางคำมีลักษณะทางเสียงของพยัญชนะ สระ และวรรณยุกต์เหมือนกัน เช่น คำว่า "กางเกง" "กางเขน" คำทดสอบเหล่านี้จึงมีพยางค์แรกที่มีลักษณะทางเสียงที่แตกต่างกันอยู่เพียง 76 พยางค์เท่านั้น

ตารางที่ 6 : ชุดทดสอบที่ 1

หน่วยเสียงวรรณยุกต์	โครงสร้างพยางค์	หน่วยคำทดสอบ	จำนวนคำทดสอบ	คำทดสอบ
1 (สามัญ)	CV:	/pha: ¹ /	1	ภา <u>ษา</u>
		/ʔa: ¹ /	4	อา <u>ทิต</u> ย์ อา <u>จา</u> รย์ อา <u>เจ</u> ษ อา <u>รม</u> ณ์
	CVN	/tam ¹ /	1	คำ <u>ร</u> ีบ
		/tham ¹ /	1	ทำ <u>ม</u>
		/kan ¹ /	1	กร <u>ร</u> ไทร
		/ʔaŋ ¹ /	1	อ <u>ัง</u> คาร
		/tay ¹ /	1	ไ <u>ต</u> ปลา
	CV:N	/ka:n ¹ /	1	การ <u>บ</u> ้าน
		/ka:ŋ ¹ /	2	ก <u>าง</u> เก <u>ง</u> ก <u>าง</u> เข <u>น</u>
		/kha:ŋ ¹ /	1	ค <u>าง</u> ค <u>ก</u>

ตารางที่ 6 : ชุดทดสอบที่ 1 (ต่อ)

หน่วยเสียงวรรณยุกต์		โครงสร้างพยางค์	หน่วยคำทดสอบ	จำนวนคำทดสอบ	คำทดสอบ	
1 (สามัญ)			/cha:w ¹ /	1	<u>ชา</u> บ้าน	
2 (เอก)	CV?		/phaʔ ² /	1	<u>พ</u> กา	
			/kaʔ ² /	1	<u>ก</u> ทะ	
			/khaʔ ² /	2	<u>ข</u> วาน <u>ข</u> นม	
			/ʔaʔ ² /	1	<u>อ</u> ะไร	
	CVS		/phat ² /	1	<u>พ</u> ัดไทย	
			/phak ² /	2	<u>พ</u> ักบัง <u>พ</u> ักซี	
			/kap ² /	1	<u>ก</u> ับข้าว	
			/ʔak ² /	1	<u>อ</u> ักษร	
			/pa:k ² /	2	<u>ป</u> ากกา <u>ป</u> ากน้ำ	
	CV:S		/ka:p ² /	1	<u>ก</u> าบกล้วย	
			/cha:t ² /	1	<u>จ</u> าดจาน	
			/ʔa:p ² /	1	<u>อ</u> าบน้ำ	
		CV:		/pa: ² /	3	<u>ป</u> ่าช้า <u>ป</u> ่าไม้ <u>ป</u> ่าสัก
				/ca: ² /	1	<u>จ</u> ำหน้า
			/kha: ² /	1	<u>ข</u> ้ำแดง	
	CVN		/khay ² /	5	<u>ไ</u> ้ปลา <u>ไ</u> ้ดาว <u>ไ</u> ้ไก่ <u>ไ</u> ้ข้าว <u>ไ</u> ้เน่า	
		CV:N		/ta:ŋ ² /	1	<u>ต</u> ่างหาก
				/tha:y ² /	1	<u>ถ</u> ้ำสรุป
			/kha:w ² /	2	<u>ข</u> ้าวแก้ว <u>ข</u> ้าวคราว	

ตารางที่ 6 : ชุดทดสอบที่ 1 (ต่อ)

หน่วยเสียงวรรณยุกต์	โครงสร้างพยางค์	หน่วยคำทดสอบ	จำนวนคำทดสอบ	คำทดสอบ
2 (เอก)		/ʔa:p ^๒ /	1	<u>อ่าว</u> ไทย
3 (โท)	CV:S	/pha:p ^๓ /	3	<u>ภาพ</u> ถ่าย <u>ภาพ</u> วาด <u>ภาพ</u> วิว
		/pha:k ^๓ /	1	<u>ปาก</u> เพ็ชร
		/cha:t ^๓ /	1	<u>ชาติ</u> ชาย
	CV:	/pa:p ^๓ /	2	<u>ป่า</u> ปุ่น <u>ป่า</u> แดง
		/pha:p ^๓ /	2	<u>ผ้า</u> ป่า <u>ผ้า</u> เหลือง
		/tha:p ^๓ /	1	<u>ท่า</u> ทาง
	CVN	/pan ^๓ /	1	<u>ปั่น</u> สีบ
		/taŋ ^๓ /	1	<u>ตั้ง</u> แต่
		/kha:p ^๓ /	1	<u>เข้า</u> ใจ
		/tha:p ^๓ /	1	<u>เท้า</u> แก่
		/kaw ^๓ /	1	<u>แก้ว</u> สี
		/ka:m ^๓ /	1	<u>ก้าม</u> กราม
	CV:N	/kha:p ^๓ /	1	<u>ข้าง</u> ซ้าย
		/ca:p ^๓ /	1	<u>จ้าว</u> เก่า
		/kha:p ^๓ /	2	<u>ข้าว</u> โพด <u>ข้าว</u> เกรียบ
4 (ตรี)	CV?	/cha? ^๔ /	3	<u>ช</u> บา <u>ช</u> นี้ <u>ช</u> เงี้ยว
		/kha? ^๔ /	2	<u>ค</u> น้ำ <u>ค</u> แนน
	CVS	/phap ^๔ /	1	<u>พ</u> บเพ็ช
		/phat ^๔ /	1	<u>พ</u> ดลม
		/thap ^๔ /	2	<u>ท</u> พพี <u>ท</u> บทิม

ตารางที่ 6 : ชุดทดสอบที่ 1 (ต่อ)

หน่วยเสียงวรรณยุกต์	โครงสร้างพยางค์	หน่วยคำทดสอบ	จำนวนคำทดสอบ	คำทดสอบ
		/chak ^a /	1	ชั <u>ก</u> ชั <u>า</u>
	CV:	/tha: ^a /	1	ท <u>า</u> ท <u>า</u> ย
		/cha: ^a /	1	ช <u>า</u> ล <u>า</u>
		/kha: ^a /	3	ค <u>า</u> ปล <u>ี</u> ก ค <u>า</u> ส <u>ด</u>
				ค <u>า</u> ส <u>ง</u>
	CVN	/thaj ^a /	3	ท <u>ัง</u> ป <u>ี</u> ท <u>ัง</u> ท <u>ม</u> ด
				ท <u>ัง</u> น <u>น</u>
		/chan ^a /	1	ช <u>ัน</u> บ <u>น</u>
		/chay ^a /	1	ไ <u>ช</u> ไ <u>ท</u> า
	CV:N	/cha:ŋ ^a /	2	ช <u>้าง</u> น <u>้ำ</u> ช <u>้าง</u> น <u>้อย</u>
		/kha:ŋ ^a /	1	ค <u>้าง</u> ค <u>ว</u>
		/cha:w ^a /	1	เ <u>้า</u> ม <u>ี</u> ด
		/tha:y ^a /	1	ท <u>้าย</u> ท <u>อย</u>
5 (จัตวา)	CV:	/pa: ⁵ /	1	ป <u>่า</u> เป <u>ร</u> ม
		/pha: ⁵ /	1	พ <u>า</u> ด <u>ง</u>
		/cha: ⁵ /	1	จ <u>า</u> ย <u>า</u>
		/ka: ⁵ /	1	ก <u>่า</u> ก <u>ั้น</u>
		/kha: ⁵ /	1	ช <u>า</u> น <u>ั่ง</u>
	CVN	/chan ⁵ /	1	จ <u>ัน</u> ท <u>ะ</u>
		/thaw ⁵ /	1	เ <u>า</u> ว <u>ัล</u> ล <u>ี</u>
		/khaw ⁵ /	2	เ <u>า</u> ค <u>ือ</u> เ <u>า</u> ท <u>ร</u> าย
		/khay ⁵ /	1	ไ <u>ช</u> ค <u>ว</u> ง
	CV:N	/kha:m ⁵ /	1	ช <u>าม</u> ท <u>ศ</u>

ตารางที่ 6 : ชุดทดสอบที่ 1 (ต่อ)

หน่วยเสียงวรรณยุกต์	โครงสร้างพยางค์	หน่วยคำทดสอบ	จำนวนคำทดสอบ	คำทดสอบ
		/cha:p ^๕ /	1	ฉา <u>ว</u> โล่
		/kha:p ^๕ /	1	ช <u>า</u> ว <u>่</u> อง
		/cha:y ^๕ /	1	ฉ <u>า</u> ย <u>่</u> สง
		/kha:y ^๕ /	1	ช <u>า</u> ย <u>่</u> หน้า

2.1.1.2 ชุดทดสอบที่ 2 (#syll.syll....#)

ชุดทดสอบที่ 2 มีคำทดสอบเหมือนกับชุดทดสอบที่ 1 แต่แตกต่างจากชุดทดสอบที่ 1 คือ คำทดสอบทั้งหมดปรากฏในตำแหน่งแรกของประโยค โดยมีพยางค์หนักตามมา และมีพยางค์ที่หนักและเบาตามมาไม่กำหนดจำนวน ประโยคละ 1 คำ รวมทั้งสิ้น 105 ประโยค ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตารางที่ 7 : ตัวอย่างประโยคในชุดทดสอบที่ 2

หน่วยเสียงวรรณยุกต์	โครงสร้างพยางค์	ตัวอย่างหน่วยคำทดสอบ	ตัวอย่างการปรากฏ ในประโยค
1 สามัญ	CV:	/ʔa: ^๑ /	อ <u>า</u> ท <u>ิ</u> ศ <u>์</u> หน้า <u>ก</u> ี <u>มา</u> แล้ว
	CVN	/kan ^๑ /	ก <u>ร</u> ร <u>ไ</u> ก <u>ร</u> ห <u>ร</u> ือ <u>มี</u> ค <u>้</u> ก <u>้</u> ได้
	CV:N	/ka:ɔ ^๑ /	ก <u>าง</u> เช <u>น</u> ตัว <u>นี้</u> น <u>ง</u> <u>เ</u> เห็น <u>ม</u> ือ

ตารางที่ 7 : ตัวอย่างประโยคในชุดทดสอบที่ 2 (ต่อ)

หน่วยเสียงวรรณยุกต์	โครงสร้างพยางค์	ตัวอย่างหน่วยคำทดสอบ	ตัวอย่างการปรากฏ ในประโยค
2 เอก	CV?	/kaʔ ² /	กะทะร้อนแล้ว ใส่ไปเลยสิ
	CVS	/phat ² /	ผิดไทยใส่ไข่จานนี้
	CV:S	/pa:k ² /	ปากกาคำนี้ดีกว่า
	CV:	/pa: ² /	ป่าไม้ชนิดมาเก่าโหมง
	CVN	/khay ² /	ไข่เน่ากะพริกกะเกลือ สองถุง
	CV:N	/tha:y ² /	ถ้าสรุปไว้คุณ่อยสิ
3 (โท)	CV:S	/pha:p ³ /	ภาพวาดรูสีจะมีนะ
	CV:	/tha: ³ /	ท่าทางเค้าดูแปลกแปลก
	CVN	/thaw ³ /	เก้าอี้ เอะเอ๋มร้อย ชวคนี้
	CV:N	/kha:ŋ ³ /	ข้างซ้ายมือใกล้ใกล้กัน นี่ไง
4 (ตรี)	CV?	/chaʔ ⁴ /	ชบาออกดอกเร็วเลย
	CVS	/phap ⁴ /	พับเพียบเรียบร้อยหน่อยนะ
	CV:	/tha: ⁴ /	ท่าทายนะงานเนี่ย
	CVN	/chan ⁴ /	ชั้นบนมีแต่กล่องเปล่า
	CV:N	/tha:y ⁴ /	ท้ายทอยเธอแดงแดง

ตารางที่ 7 : ตัวอย่างประโยคในชุดทดสอบที่ 2 (ต่อ)

หน่วยเสียงวรรณยุกต์ โครงสร้างพยางค์ ตัวอย่างหน่วยคำทดสอบ ตัวอย่างการปรากฏ
ในประโยค

5 (จัตวา)	CV:	/ka: ⁵ /	กำกั้นอีกแล้วลูกฉัน
	CVN	/khaw ⁵ /	เขากลายชนะทั้งปี
	CV:N	/kha:y ⁵ /	ขายหน้าเค้ามียล่หนู

2.1.1.3 ชุดทดสอบที่ 3 (# Syll. #)

ชุดทดสอบที่ 3 มีคำทดสอบจำนวน 76 คำ ซึ่งประกอบด้วยหน่วยเสียงพยัญชนะ สระ และวรรณยุกต์เหมือนกับพยางค์แรก (พยางค์เบา) ของชุดทดสอบที่ 1 แต่แตกต่างจากชุดทดสอบที่ 1 ที่คำทดสอบในชุดทดสอบนี้เป็นคำพยางค์เดี่ยว (พยางค์หนัก) ดังนี้

ตารางที่ 8 : ชุดทดสอบที่ 3

หน่วยเสียงวรรณยุกต์ โครงสร้างพยางค์	หน่วยคำทดสอบ	คำทดสอบ	
1 (สามัญ)	CV:	/pha: ¹ /	ฟา
		/ʔa: ¹ /	ฮา

ตารางที่ 8 : ชุดทดสอบที่ 3 (ต่อ)

หน่วยเสียงวรรณยุกต์ โครงสร้างพยางค์	หน่วยคำทดสอบ	คำทดสอบ	
CVN	/tam ¹ /	ตำ	
	/tham ¹ /	ท่า	
	/kan ¹ /	กัน	
	/ʔaŋ ¹ /	อัง	
	/tay ¹ /	ไต	
	CV:N	/ka:n ¹ /	การ
		/ka:ŋ ¹ /	กาง
		/kha:ŋ ¹ /	คาง
		/cha:w ¹ /	ชาว
	2 (เอก)	CVʔ	/phaʔ ² /
/kaʔ ² /			กะ
/khaʔ ² /			ษะ
/ʔaʔ ² /			อะ
CVS		/phat ² /	ฝัด
		/phak ² /	ฝัก
		/kap ² /	กับ
		/ʔak ² /	อัก
CV:S		/pa:k ² /	ปาก
		/ka:p ² /	กาบ
		/cha:t ² /	จาด
		/ʔa:p ² /	อาบ

ตารางที่ 8 : ชุดทดสอบที่ 3 (ต่อ)

หน่วยเสียงวรรณยุกต์ โครงสร้างพยางค์	หน่วยคำทดสอบ	คำทดสอบ	
CV:	/pa: ² /	ป่า	
	/ca: ² /	จำ	
	/kha: ² /	ข่า	
	CVN	/khay ² /	ไช้
		CV:N	/ta:ŋ ² /
	/tha:y ² /	ถ้าย	
	/kha:w ² /	ข้าว	
/ʔa:w ² /	อ้าว		
3 (โท)	CV:S	/pha:p ³ /	ภาพ
		/pha:k ³ /	ภาคย์
		/cha:t ³ /	ชาติ
	CV:	/pa: ³ /	ป้า
		/pha: ³ /	ผ้า
		/tha: ³ /	ท่า
	CVN	/pan ³ /	ป็น
		/taŋ ³ /	ตั้ง
		/khaw ³ /	เข้า
		/thaw ³ /	เท่า
		/kaw ³ /	แก้ว
	CV:N	/ka:m ³ /	ก้าม
		/kha:ŋ ³ /	ข้าง
		/ca:w ³ /	จ้าว

ตารางที่ 8 : ชุดทดสอบที่ 3 (ต่อ)

หน่วยเสียงวรรณยุกต์ โครงสร้างพยางค์	หน่วยคำทดสอบ	คำทดสอบ	
	CV:N	/kha:p ³ /	ข้าว
4 (ตรี)	CV?	/cha? ⁴ /	ชะ
		/kha? ⁴ /	คะ
	CVS	/phap ⁴ /	พับ
		/phat ⁴ /	พัด
		/thap ⁴ /	ทับ
		/chak ⁴ /	ชัก
	CV:	/tha: ⁴ /	ท่า
		/cha: ⁴ /	ช้า
		/kha: ⁴ /	ค้ำ
	CVN	/thaj ⁴ /	ตั้ง
		/chan ⁴ /	ชั้น
		/chay ⁴ /	ไฉ้
	CV:N	/cha:p ⁴ /	ช้าง
		/kha:p ⁴ /	ค้าง
		/cha:p ⁴ /	เข้า
		/tha:y ⁴ /	ท้าย
5 (จัตวา)	CV:	/pa: ⁵ /	ป่า
		/pha: ⁵ /	พา
		/cha: ⁵ /	ฉา
		/ka: ⁵ /	กำ
		/kha: ⁵ /	ขา

ตารางที่ 8 : ชุดทดสอบที่ 3 (ต่อ)

หน่วยเสียงวรรณยุกต์ โครงสร้างพยางค์	หน่วยคำทดสอบ	คำทดสอบ
CVN	/chan ^๕ /	จัน
	/thaw ^๕ /	เตา
	/khaw ^๕ /	เขา
	/khay ^๕ /	ไซ
CV:N	/kha:๓ ^๕ /	ขาม
	/cha:พ ^๕ /	ฉาว
	/kha:พ ^๕ /	ขาว
	/cha:y ^๕ /	ฉาย
	/kha:y ^๕ /	ขาย

ผู้วิจัยนำคำทดสอบมาเขียนลงในบัตรคำ บัตรละ 1 คำ และ
เรียงลำดับคำภายในชุดทดสอบแต่ละชุดใหม่โดยการสุ่ม

2.1.2 การทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดสอบขึ้นนำร่อง

ผู้วิจัยนำชุดทดสอบทั้ง 3 ชุดมาซักซ้อมความเข้าใจและฝึกทำแบบ
ทดสอบกับผู้ออกภาษา 1 คน และนำผู้ออกภาษามายังห้องบันทึกเสียงภายในหน่วยปฏิบัติการวิจัย
ทางภาษาศาสตร์ คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย บันทึกเสียงโดยใช้เครื่อง
TASCAM 32 ไมโครโฟน AGK รุ่น D330 BT แถบบันทึกเสียงแบบม้วน บันทึกเสียงด้วย
ความเร็ว 7.5 นิ้ว/วินาที ทดลองบันทึกเสียงส่วนหนึ่งเพื่อทดสอบคุณภาพและความดังของเสียง
เมื่อได้ผลเป็นที่พอใจแล้วจึงเริ่มบันทึกจริง ในการบันทึกเสียงผู้วิจัยยกบัตรคำให้ผู้ออกภาษา
ดูทีละแผ่น ช่วงละ 20 แผ่น และหยุดพักช่วงละ 2 นาที หลังจากบันทึกเสียงเรียบร้อยแล้วจึง

นำเทปบันทึกเสียงคำทดสอบทั้งหมดจำนวน 286 คำ ซึ่งเป็นผลรวมของคำทดสอบชุดที่ 1 จำนวน 105 คำ คำทดสอบชุดที่ 2 จำนวน 105 คำ และคำทดสอบชุดที่ 3 จำนวน 76 คำ มาเปรียบเทียบกันในแต่ละคู่คำ ตัวอย่างเช่น "ท่า" เปรียบเทียบระหว่าง

ท่าทาง ในชุดทดสอบที่ 1

ท่าทาง คำคู่แปลก ๆ ในชุดทดสอบที่ 2

ท่า ในชุดทดสอบที่ 3

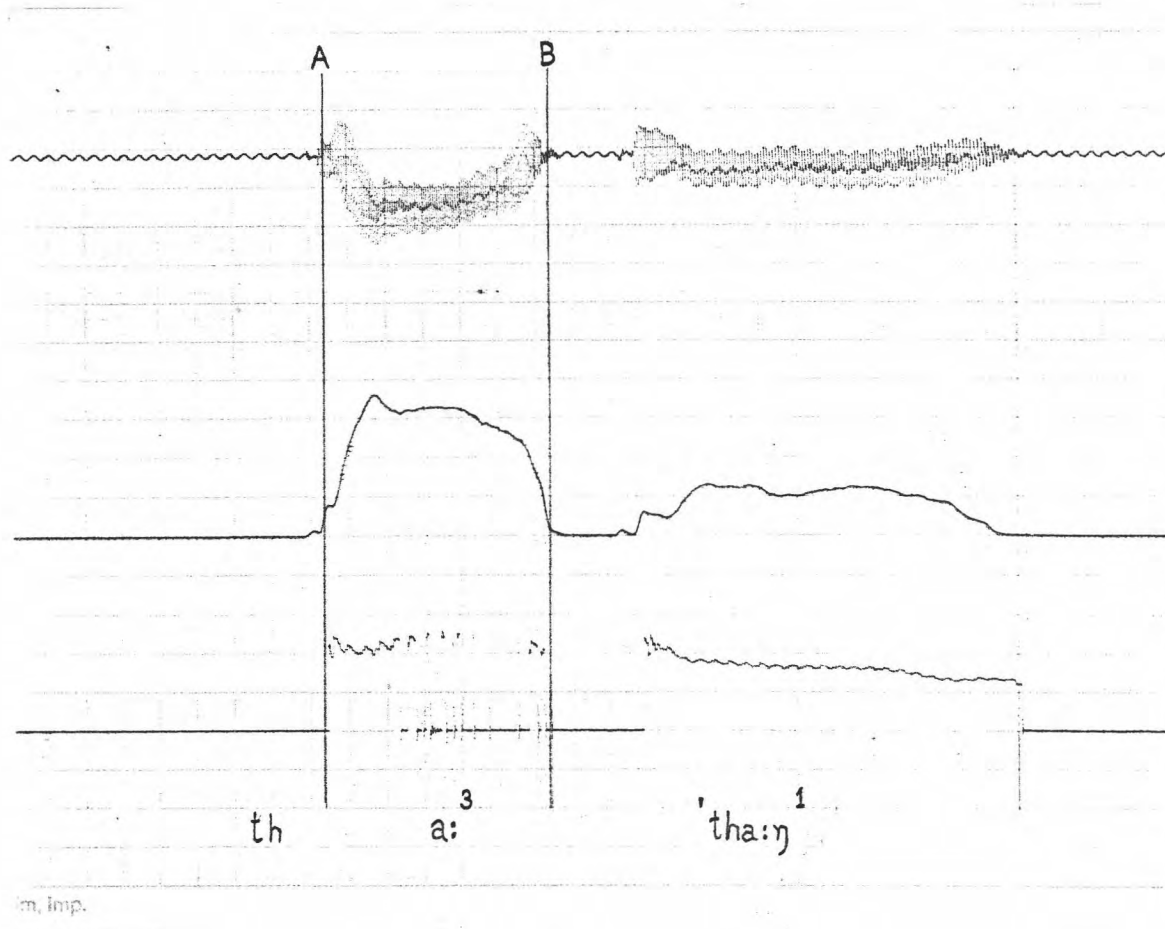
การวิเคราะห์เพื่อคัดเลือกพยางค์เสียงเบา^{นี้} จะใช้วิธีการฟังเป็นหลัก โดยนำคำทดสอบทั้งหมดมาสังเกตด้วยการฟังลักษณะร่วมทางสัทศาสตร์ทั้ง 5 ประการ คือ ความดังค่อยของพยางค์ ความยาวของพยางค์ คุณสมบัติของเสียงพยัญชนะ สระ และวรรณยุกต์ในฐานะที่เป็นเจ้าของภาษาว่า พยางค์แรกของคำทดสอบในชุดที่ 1 และชุดที่ 2 (พยางค์เบา) มีลักษณะเหล่านี้ แตกต่างจากคู่คำทดสอบในชุดทดสอบที่ 3 (พยางค์หนัก) หรือไม่ หากรับฟังได้มีความแตกต่างจะจัดให้พยางค์แรกของคำทดสอบชุดที่ 1 และชุดที่ 2 เป็นพยางค์เสียงเบา แต่หากรับฟังได้ว่าไม่มีความแตกต่างจะจัดให้เป็นพยางค์เสียงหนัก แต่จากการฟังพบว่า พยางค์เบาส่วนใหญ่ไม่ปรากฏเป็นพยางค์เสียงเบาตามที่ผู้วิจัยคาดไว้

เพื่อช่วยเพิ่มความมั่นใจในการฟัง ผู้วิจัยได้นำเทปบันทึกเสียงมาผ่านเข้าเครื่องวิเคราะห์เสียง 2 ชนิดคือ เครื่องวิเคราะห์ความเข้ม (Intensity Metre) รุ่น IM 360 และเครื่องวิเคราะห์ความถี่มูลฐาน (Fundamental Frequency Metre) รุ่น FFM ของบริษัท E-J Electronics A/s เครื่องวิเคราะห์เหล่านี้จะผ่านสัญญาณไปยังเครื่องพิมพ์ภาพ คือ Mingograph 34 T ของบริษัท Siemens โดยกำหนดให้พิมพ์ภาพด้วยความเร็ว 125 มิลลิเมตร/วินาที ผลการวิเคราะห์จากเครื่องดังกล่าว จะปรากฏออกมาในรูปของสัญญาณที่ให้ข้อมูลแยกกันในกระดาษมิงโกแกรม โดยสัญญาณแสดงการสั่นของเส้นเสียง (Audio Waveform) สัญญาณแสดงความเข้มของเสียง (Intensity Curve) และสัญญาณแสดงค่าความถี่มูลฐานของเสียง (Fundamental Frequency Curve) จะแสดงค่าของระยะเวลาในรูปของความยาวเป็นเซ็นติวินาที (Cs.) พร้อมกันตามแนวนอนของกระดาษ การวิเคราะห์ว่าพยางค์ใดเป็นพยางค์เสียงเบาใช้เกณฑ์ทางด้านค่าระยะเวลาหรือความยาวเท่านั้น เนื่องจากเป็นลักษณะหนึ่งที่ปรากฏให้เห็นอย่างชัด

เจนในแผ่นภาพ จึงตีความได้ไม่ยากนัก และค่าระยะเวลายังเป็นลักษณะร่วมทางสัทศาสตร์ที่ บ่งชี้การเป็นพยางค์เสียงหนัก-เบาได้อย่างเด่นชัดที่สุดในภาษาไทย (ธีระพันธ์ เหลืองทองคำ) อย่างไรก็ตาม ในการหาขอบเขตของเสียงก้องในพยางค์ ได้ใช้ลักษณะทางกลศาสตร์อีก 3 ประการดังกล่าวข้างต้น ประกอบการพิจารณาด้วย (ดูตัวอย่างในภาพที่ 1, 2 และ 3)

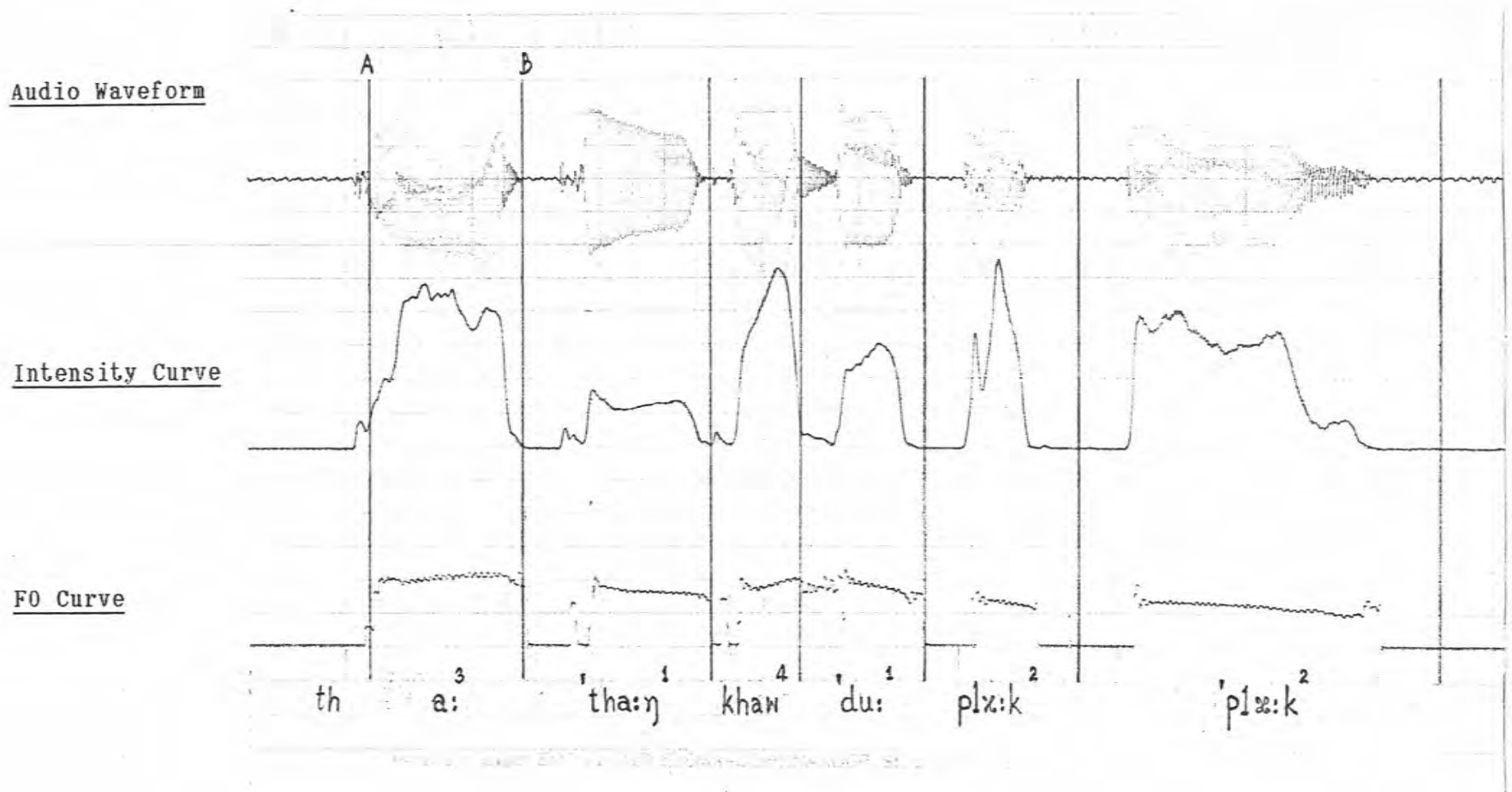
ภาพที่ 1 : แสดงลักษณะของคลื่นเสียง ความเข้มของเสียง และความถี่มูลฐานของเสียง ของคำว่า ท่าทาง/tha:³'tha:ŋ¹/ในชุดทดสอบขึ้นนำร่อง

Audio Waveform



ภาพที่ 2 : แสดงลักษณะของคลื่นเสียง ความเข้มของเสียง และความถี่มูลฐานของเสียงของประโยคที่ว่า ทำทางเค้าวัดแปลง ๆ

/ thə:³ 'thə:ŋ¹ khaw⁴ 'du:¹ plɔ:k² 'plɔ:k² / ในชุดทดสอบชั้นนำร่อง

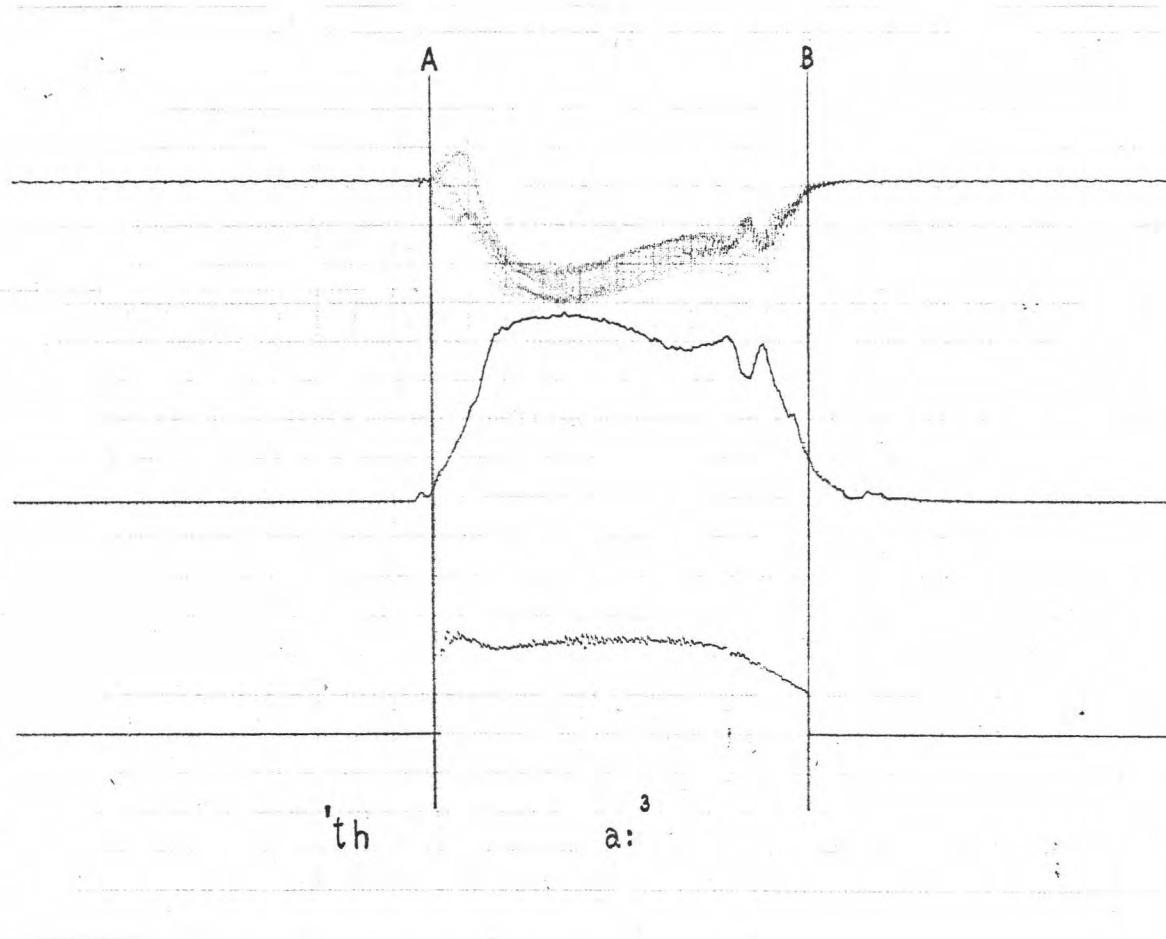


ภาพที่ 3 : แสดงลักษณะของคลื่นเสียง ความเข้มของเสียง และความถี่มูลฐานของเสียง ของคำว่า ท่า/tha:³/ ในชุดทดสอบขึ้นนำร่อง

Audio Waveform

Intensity Curve

F0 Curve



การวัดค่าระยะเวลาในการวิจัยนี้ จะวัดเพียงส่วนที่เป็นเสียงก้อง ซึ่งเป็นตัวนำพาเสียงวรรณยุกต์เท่านั้น อันได้แก่ เสียงสระซึ่งปรากฏในโครงสร้างพยางค์ CV? CVS CV:S และ CV: หรือเสียงสระและเสียงพยัญชนะท้ายประเภท เสียงก้องในโครงสร้างพยางค์ CVN และ CV:N ซึ่งปรากฏให้เห็นในรูปของคลื่นเสียงที่มีการสั่นอย่างชัดเจน และเส้นแสดงความเข้มรวมทั้งเส้นแสดงค่าความถี่มูลฐานยกกระดับสูงขึ้น ซึ่งหมายถึง ช่วงระหว่างจุด A และ B ในแผนภาพ (ส่วนที่เป็นเส้นตรงในแนวระนาบ คือ ส่วนที่ไม่มีสัญญาณการสั่นของเส้นเสียง อันหมายถึง ช่วงหยุด และเสียงพยัญชนะกักไม่ก้อง ซึ่งไม่ปรากฏภาพของเสียงวรรณยุกต์) ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงต้องกำหนดวิธีการวัดค่าระยะเวลาไว้ 2 วิธี แตกต่างกันตามลักษณะของโครงสร้างพยางค์คือ ในโครงสร้างพยางค์ CV? CVS CV:S และ CV: จะวัดเพียงส่วนที่เป็นเสียงสระ เนื่องจากโครงสร้างพยางค์ CV: ไม่มีเสียงพยัญชนะท้าย ส่วนโครงสร้างพยางค์ CV? CVS และ CV:S มีเสียงพยัญชนะท้ายเป็นเสียงกักไม่ก้องที่ไม่มี การสั่นของเส้นเสียงในขณะเปล่งเสียง จึงไม่ปรากฏเสียงวรรณยุกต์ในส่วนที่เป็นเสียงพยัญชนะท้าย แม้ว่าจะมีค่าระยะเวลาของเสียงพยัญชนะท้ายด้วยก็ตาม แต่จะปรากฏเป็นเสียงเงิบจึงไม่วัดค่าระยะเวลาในส่วนนี้ ส่วนในโครงสร้างพยางค์ CVN และ CV:N จะวัดทั้งส่วนที่เป็นเสียงสระและเสียงพยัญชนะท้ายเนื่องจากมีเสียงพยัญชนะท้ายเป็นเสียงก้อง ที่มีการสั่นของเส้นเสียงขณะเปล่งเสียง จึงปรากฏเสียงวรรณยุกต์ในส่วนที่เป็นเสียงพยัญชนะท้ายด้วย

จากการเปรียบเทียบค่าระยะเวลาในภาพที่ 1, 2 และ 3 จะเห็นได้ว่าพยางค์เบา ท่า /tʰa:³/ ในคำผสม 2 พยางค์ ท่าทาง /tʰa:³'tʰa:๓¹/ ที่ปรากฏต้นประโยคในภาพที่ 2 มีค่าระยะเวลาน้อยที่สุด ส่วนพยางค์เบา ท่า /tʰa:³/ ในคำผสม 2 พยางค์ ท่าทาง /tʰa:³'tʰa:๓¹/ ที่ปรากฏโดด ๆ ในภาพที่ 1 มีค่าระยะเวลามากเป็นอันดับที่ 2 และพยางค์หนัก ท่า /tʰa:³/ ที่ปรากฏเป็นคำพยางค์เดี่ยวโดด ๆ ในภาพที่ 3 มีค่าระยะเวลามากที่สุด แต่อย่างไรก็ตาม ค่าระยะเวลาของพยางค์เบา และค่าระยะเวลาของพยางค์หนักนี้เทียบได้เป็นสัดส่วนถึง 1:2 และจากการเปรียบเทียบค่าระยะเวลาโดยประมาณของพยางค์หนักและพยางค์เบาในคำทดสอบแต่ละคู่ จำนวน 105 คู่ พบว่า คู่คำทดสอบส่วนใหญ่มีความแตกต่างระหว่างค่าระยะเวลาของพยางค์หนักและพยางค์เบาไม่มากเท่าที่ควร ตัวอย่างอื่น ๆ เช่นคำว่า ฉันทะ ฉาวโฉ ฉำส่ง เป็นต้น จึงกล่าวได้ว่า

ความแตกต่างระหว่างค่าระยะเวลาของพยางค์ที่คาดว่าจะ เป็นพยางค์เสียงหนักและพยางค์เสียงเบาในชุดทดสอบขึ้นนำร่องนี้ไม่เด่นชัดพอที่จะทำให้ผู้วิจัยมั่นใจได้ว่า พยางค์แรกในค่าทดสอบชุดที่ 2 นี้เป็นพยางค์เสียงเบา

ผู้วิจัยมีความคิดเห็นว่า การที่พยางค์เบาส่วนใหญ่ไม่ปรากฏเป็นพยางค์เสียงเบาอย่างเด่นชัดนี้ไม่ได้มีสาเหตุเนื่องมาจากความบกพร่องของค่าทดสอบ เนื่องจากค่าทดสอบทุกค่าเป็นค่าสามัญ 2 พยางค์หรือค่าผสม 2 พยางค์ ที่พยางค์แรกมีศักยภาพที่จะปรากฏเป็นพยางค์เสียงเบา ซึ่งอาจมีโอกาที่จะปรากฏเป็นพยางค์เสียงหนักได้บ้างเพียงบางส่วน แต่ในกรณีนี้พบว่า มีปรากฏเป็นพยางค์เสียงหนักหลายค่า จึงมีอาจสรุปได้ว่าปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเป็นข้อยกเว้นที่ผู้บอกภาษาออกเสียงพยางค์นั้นเป็นพยางค์เสียงหนักโดยบังเอิญ แต่มีความคิดเห็นว่าอาจมีสาเหตุเนื่องมาจากปัจจัยอื่นซึ่งได้แก่ วิธีการสร้างเครื่องมือในการเก็บข้อมูลที่ไม่เหมาะสม กล่าวคือ ถึงแม้ว่าได้มีการกำหนดให้ค่าทดสอบที่พยางค์แรกเป็นพยางค์เบาปรากฏอยู่ในประโยคแล้ว แต่ข้อความในประโยคแต่ละประโยคยังขาดความต่อเนื่อง ผู้บอกภาษาไม่ทราบความหมายทางทัศนคติและอารมณ์ (Addititional Meaning) ที่แฝงอยู่ จึงไม่สามารถกำหนดจังหวะและทำนองเสียงได้อย่างเหมาะสม และมีผลให้การลงเสียงหนัก-เบาไม่เป็นไปตามที่ผู้วิจัยคาดหวัง ดังนั้น ผู้วิจัยจึงปรับปรุงวิธีการสร้างเครื่องมือในการเก็บข้อมูลใหม่เพื่อให้เหมาะสมยิ่งขึ้น

2.1.3 การปรับปรุงเครื่องมือสำหรับเก็บข้อมูล

เพื่อให้ได้เครื่องมือสำหรับเก็บข้อมูลที่เหมาะสมยิ่งขึ้น ผู้วิจัยได้ดำเนินการโดยนำค่าทดสอบทั้งหมดมาสร้างเป็นบทสนทนา ซึ่งข้อความภายในบทสนทนานั้นยังมีความต่อเนื่องเป็นเรื่องราวเดียวกัน โดยใส่ค่าทดสอบไว้ในบทสนทนาของผู้บอกภาษาประโยคละ 1 ค่า และค่าทดสอบแต่ละค่าจะปรากฏเพียง 1 ครั้งไม่ซ้ำกัน บทสนทนาแบ่งออกเป็น 2 ชุด ชุดที่ 1 มี 5 ตอน ชุดที่ 2 มี 1 ตอน บทสนทนาชุดที่ 1 (ตอนที่ 1-5) มีค่าในชุดทดสอบที่ 1 ของขึ้นนำร่อง (พยางค์เบา) จำนวน 105 ค่า ส่วนบทสนทนาชุดที่ 2 (ตอนที่ 6) มีค่าในชุดทดสอบที่ 3 ของขึ้นนำร่อง (พยางค์หนัก) จำนวน 76 ค่า ผู้วิจัยสร้างบทสนทนาจากชุดทดสอบทั้ง 2 ชุดนี้เพื่อหาค่าระยะเวลาของพยางค์หนักและพยางค์เบา

ของคู่คำทดสอบแต่ละคู่ และนำมาเปรียบเทียบกันเพื่อช่วยยืนยันผลการคัดเลือกพยางค์เสียงเบา

นอกจากนี้ ในบทสนทนายังกำหนดให้มีปริบทและสถานการณ์ที่คาดว่า จะควบคุมจังหวะและทำนองเสียงได้อย่างเหมาะสม ทั้งนี้เพราะจังหวะและทำนองเสียงมีผลต่อการลงเสียงหนัก-เบา และระดับเสียงสูงต่ำในพยางค์

การควบคุมจังหวะ จะควบคุมทั้งในชุดทดสอบที่ 1 ซึ่งเป็นพยางค์เบา และในชุดทดสอบที่ 2 ซึ่งเป็นพยางค์หนัก เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบค่าระยะเวลาในพยางค์เสียงหนักและพยางค์เสียงเบา ส่วนการควบคุมทำนองเสียงจะควบคุมเฉพาะในชุดทดสอบที่ 1 เพื่อใช้ในการศึกษาค่าความถี่มูลฐานของวรรณยุกต์ในพยางค์เสียงเบาเท่านั้น

1) บทสนทนาชุดที่ 1

บทสนทนาชุดที่ 1 สร้างขึ้นโดยมีการควบคุมจังหวะและทำนองเสียงด้วยปริบทและสถานการณ์ ตัวอย่างเช่น

ตัวอย่างที่ 1 ลูก : คุณพ่อขา มีกรรไกรตัดกระดาษมั๊ยคะ
 พ่อ : กรรไกรอะไร อ้อ ในลิ้นชักนั่นน่ะ
 ลูก : ข้างซ้ายข้างขวาคะ
 พ่อ : ข้างซ้ายงะ

ตัวอย่างที่ 2 พ่อ : การบ้านเสร็จรึยังนะลูก จะดูทีวีแล้ว

จากตัวอย่างข้างต้น มีการควบคุมจังหวะของคำทดสอบ เพื่อส่งเสริมให้พยางค์แรกของคำทดสอบมีศักยภาพที่จะปรากฏเป็นพยางค์เสียงเบามากยิ่งขึ้น โดยกำหนดให้คำทดสอบทุกคำปรากฏในตำแหน่งแรกของประโยค และควบคุมสถานการณ์ให้ผู้บอกภาษาค้นเคยกับคำทดสอบเหล่านั้นมาก่อน โดยผู้วิจัยเอ่ยถึงคำนั้นล่วงหน้า ผู้บอกภาษาเพียงเอ่ยซ้ำคำนั้น ดังตัวอย่าง คำว่า "กรรไกร" "ข้างซ้าย" หรือ ในกรณีที่ไม่มีการเอ่ยถึงคำนั้นมาก่อน ก็จะสมมติสถานการณ์ร่วมกันว่า คำ ๆ นั้น ใช้อ้างถึงสิ่งที่คู่สนทนารู้จักคุ้นเคยกัน

คืออยู่แล้ว ตั้งตัวอย่างคำว่า "การบ้าน" นอกจากนี้ยังควบคุมทำนองเสียงในประโยคโดยการสร้างสถานการณ์ให้ผู้บอกภาษาไม่สนใจกับการสนทนาครั้งนี้นัก เนื่องจากเป็นการพูดคุยกับลูกตามปกติในชีวิตประจำวัน จึงมีลักษณะการพูดแบบไม่เห็นเข้ามากไปกว่าการพูดปกติ ทำให้ไม่มีการเปลี่ยนแปลงระดับเสียงสูงต่ำประจำคำของพยางค์แรกในถ้อยความตามอารมณ์ที่รุนแรง

2) บทสนทนาชุดที่ 2

บทสนทนาชุดที่ 2 สร้างขึ้นโดยมีการควบคุมจังหวะด้วยปริบทและสถานการณ์ ตัวอย่างเช่น

พ่อ : คำที่หนึ่ง เอาเป็น "ลิน" ไป

คำที่สอง เอาเป็น "ชย" ไป

จากตัวอย่างข้างต้น มีการควบคุมจังหวะของคำทดสอบเพื่อส่งเสริมให้คำทดสอบมีศักยภาพที่จะปรากฏเป็นพยางค์เสียงหนักแบบปกติเหมือนลักษณะการพูดที่เป็นธรรมชาติ ไม่มีการลงเสียงหนักมากเกินไปอย่างพยางค์หนักที่ปรากฏเป็นคำพยางค์เดี่ยวโดด ๆ โดยกำหนดให้คำทดสอบทุกคำปรากฏภายในกรอบประโยค และควบคุมสถานการณ์ให้คำทดสอบมีฐานะเป็นคำสำคัญ (Key Word) ในประโยคทำให้มีการเน้นย้ำที่คำนั้นอย่างเหมาะสม

บทสนทนานี้มีคู่สนทนา 2 คนคือ เด็ก (ลูก) กับผู้ใหญ่ (พ่อหรือแม่) โดยผู้วิจัยรับบทเป็นเด็กเสมอ ส่วนผู้บอกภาษาจะรับบทเป็นผู้ใหญ่ ซึ่งจะเป็นพ่อหรือแม่ขึ้นอยู่กับเพศของผู้บอกภาษา ข้อความในบทของพ่อและแม่จะเหมือนกันเป็นส่วนใหญ่ ยกเว้นคำสรรพนาม และคำลงท้ายที่แปรไปตามเพศเท่านั้น ในการเก็บข้อมูลจะแยกบทสนทนาที่ใช้กับผู้บอกภาษาเพศชายและหญิงออกจากกันเป็น 2 ฉบับ และไม่มีการขีดเส้นใต้คำทดสอบ ผู้บอกภาษาจึงไม่ทราบว่ามีการทดสอบใดซ่อนอยู่ แต่ในการนำเสนอจะรวมบทสนทนาที่ใช้กับผู้บอกภาษาทั้ง 2 เพศไว้ในชุดเดียวกันเพื่อความกระชับรัดของข้อความ และจะขีดเส้นใต้คำทดสอบไว้ให้เห็นอย่างชัดเจนด้วย (ดูรายละเอียดของบทสนทนาในภาคผนวก ก)

เมื่อสร้างบทสนทนาชุดที่ 1 (พยางค์เบา) และบทสนทนาชุดที่ 2 (พยางค์หนัก) เสร็จเรียบร้อยแล้ว จึงนำบทสนทนาชุดที่ 1 มาซักซ้อมความเข้าใจกับผู้บอกภาษาทีละคน และบันทึกเสียง หลังจากนั้นจึงนำบทสนทนาชุดที่ 2 มาซักซ้อมความเข้าใจและบันทึกเสียงอีก ในขณะที่ซักซ้อมได้อนุญาตให้ผู้บอกภาษาแก้ไขปรับปรุงบทบางส่วน เช่น ลำเนวนและคำลงท้าย เพื่อให้สอดคล้องกับลักษณะการพูดของผู้บอกภาษาแต่ละคนคุ้นเคยและผู้วิจัยได้ทดสอบประสิทธิภาพของบทสนทนาไปพร้อมๆกัน ผลปรากฏว่า สื่การพูดมีความเป็นธรรมชาติดี มีความเร็วปานกลางโดยตลอด และมีการลงเสียงหนักเบา รวมทั้งทำนองเสียงที่เหมาะสม ทำให้ผู้วิจัยคาดว่าค่าทดสอบทั้ง 105 คำ ในบทสนทนาชุดที่ 1 จะปรากฏเป็นพยางค์เสียงเบา และค่าทดสอบทั้ง 76 คำ ในบทสนทนาชุดที่ 2 จะปรากฏเป็นพยางค์เสียงหนัก

2.2 การคัดเลือกผู้บอกภาษา

ในการวิจัย ผู้วิจัยใช้ผู้บอกภาษาจำนวน 5 คน เป็นผู้บอกภาษาในการวิจัยขั้นนำร่อง 1 คน และเป็นผู้บอกภาษาในการวิจัยขั้นที่ 2 จำนวน 4 คน ผู้บอกภาษาในขั้นนำร่องเป็นเพศหญิง ส่วนผู้บอกภาษาในขั้นที่ 2 เป็นเพศชาย 2 คน เพศหญิง 2 คน ผู้บอกภาษาทั้งหมดมีอายุระหว่าง 26-30 ปี พูดภาษาไทยในชีวิตประจำวัน โดยไม่ได้ใช้ภาษาอื่นหรือภาษาถิ่นอื่นเป็นภาษาที่สอง และทุกคนพูดเสียงดังชัดเจน ต่อไปนี้เป็นรายชื่อผู้บอกภาษา

ผู้บอกภาษาขั้นนำร่อง	:	นางสาวกัลยาณี ธรรมธนาคร
ผู้บอกภาษาขั้นที่ 2	ผู้บอกภาษา 1	: นางสาวแสงสุรีย์ สุรีย์
	ผู้บอกภาษา 2	: นางสาวทิพย์รัตน์ ทิรวิฒนวงศ์
	ผู้บอกภาษา 3	: นายวิชัย กฤตประโยชน์
	ผู้บอกภาษา 4	: นายจงดร เลาศรีสกุล

2.3 การเก็บข้อมูล

การเก็บข้อมูลในงานวิจัยนี้แบ่งเป็น 2 ขั้นตอนคือ การบันทึกเสียง และการตัดต่อแถบบันทึกเสียง

2.3.1 การบันทึกเสียง

หลังจากได้สร้างเครื่องมือในการเก็บข้อมูล และคัดเลือกผู้บอกภาษาแล้ว ผู้วิจัยจึงเริ่มลงมือเก็บข้อมูลโดยนำผู้บอกภาษามาทันทีเสียงทีละ 1 คนที่หน่วยปฏิบัติการวิจัยทางภาษาศาสตร์ คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยใช้เครื่องบันทึกเสียง TASCAM 32 ไมโครโฟน AGK รุ่น D 330 BT แถบบันทึกเสียงแบบม้วนบันทึกเสียงด้วยความเร็ว 7.5 นิ้ว/วินาที ทดลองบันทึกเสียงส่วนหนึ่งเพื่อทดสอบคุณภาพและความดังของเสียง เมื่อได้ผลเป็นที่พอใจแล้วจึงเริ่มบันทึกจริง การบันทึกเสียงในชุดที่ 1 (บทที่ 1 ถึง 5) จะเว้นช่วงเวลาเพื่อหยุดพักบทละ 5 นาที

2.3.2 การตัดต่อแถบบันทึกเสียง

เมื่อบันทึกเสียงเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยจึงตัดต่อแถบบันทึกเสียงโดยใช้เครื่องบันทึกเสียง 2 เครื่อง ปลั๊กสัญญาณ Output จากเครื่องที่ 1 สู่อุปกรณ์ Input ในเครื่องที่ 2 และเลือกตัดต่อเอาเฉพาะคำที่ต้องการไว้ เพื่อใช้เป็น Input สำหรับเครื่องวิเคราะห์คลื่นเสียงต่อไป

2.4 การคัดเลือกข้อมูล

การคัดเลือกพยางค์เสียงเบาที่ปรากฏในบทสนทนา เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์หาค่าความถี่มูลฐานและค่าระยะเวลาในงานวิจัยนี้ ใช้วิธีการฟังเป็นหลักและใช้เครื่องมือทางกลศาสตร์เพื่อช่วยทดสอบและอธิบายผลการฟัง

2.4.1 การคัดเลือกพยางค์เสียงเบาโดยการฟัง

ผู้วิจัยนำคำตัวอย่างในบทสนทนาชุดที่ 1 (พยางค์เบา) จำนวน 420 คำ ซึ่งเป็นผลรวมของการออกเสียงคำทดสอบ 105 คำ โดยผู้บอกภาษา 4 คน และคำตัวอย่างในบทสนทนาชุดที่ 2 (พยางค์หนัก) จำนวน 304 คำ ซึ่งเป็นผลรวมของการออกเสียงคำทดสอบ 76 คำ โดยผู้บอกภาษา 4 คน รวมทั้งสิ้น 724 คำมาเปรียบเทียบกัน ภายในคู่คำตัวอย่างแต่ละคู่ โดยนำคำตัวอย่างทั้งหมดมาสังเกตด้วยการฟังลักษณะร่วมทางสัทศาสตร์ ทั้ง 5 ประการ เช่นเดียวกับขั้นนำร่อง คือความดังค่อยของพยางค์ ความยาวของพยางค์ คุณสมบัติของเสียงพยัญชนะ สระ และวรรณยุกต์ในฐานะที่เป็นเจ้าของภาษาว่า พยางค์แรกของคำตัวอย่างในบทสนทนาชุดที่ 1 มีลักษณะเหล่านี้แตกต่างจากคู่คำตัวอย่างในบทสนทนาชุดที่ 2 หรือไม่ หากรับฟังได้ว่า มีความแตกต่างจะจัดให้พยางค์แรกของคำทดสอบชุดที่ 1 เป็นพยางค์เสียงเบา แต่หากรับฟังได้ว่าไม่มีความแตกต่างจะจัดให้เป็นพยางค์เสียงหนัก และในการคัดเลือกข้อมูลนี้จะคัดเลือกเอาเฉพาะคำที่พยางค์แรกรับฟังได้ว่าเป็นพยางค์เสียงเบาจากการออกเสียงของผู้บอกภาษาทั้ง 4 คน

ผลการคัดเลือกพยางค์เสียงเบาจากบทสนทนาโดยการฟังพบว่า

1) พยางค์แรกของคำทดสอบ 2 พยางค์ส่วนใหญ่ปรากฏเป็นพยางค์เสียงเบา กล่าวคือ เป็นพยางค์เสียงเบา 97 พยางค์ จากคำทดสอบทั้งหมด 105 คำ คิดเป็นร้อยละ 92 ส่วนอีก 8 พยางค์ปรากฏเป็นพยางค์เสียงหนัก คิดเป็นร้อยละ 8 ซึ่งได้แก่ พยางค์แรกของคำว่า ขาดง ค้าปลีก ค้าสด ค้าส่ง ฉันทะ ข้าวคราว อ่าวไทย ฉาวโจ้

2) พยางค์เสียงเบา 97 พยางค์นี้ แบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 คือคำทดสอบที่พยางค์แรกเป็นโครงสร้างพยางค์ที่ลงท้ายด้วยเสียงกักที่สั้นเสียง (CV2) จำนวน 10 คำได้แก่ ผูก กะทะ ชบวน ชนม อะไร ชบา ชนี้ ชเง้อ คะน้ำ คะแนน มีความแตกต่างทางด้านลักษณะร่วมทางสัทศาสตร์ทั้ง 5 ประการ จากพยางค์เสียงหนักมากกว่ากลุ่มที่ 2 ซึ่งพยางค์แรกเป็นโครงสร้างพยางค์ประเภทอื่น ๆ อีก

5 แบบ ได้แก่ CVS CV:S CV: CVN และ CV:N จำนวน 87 คำ

2.4.2 การใช้เครื่องมือทางกลศาสตร์เพื่อช่วยทดสอบผลการฟัง

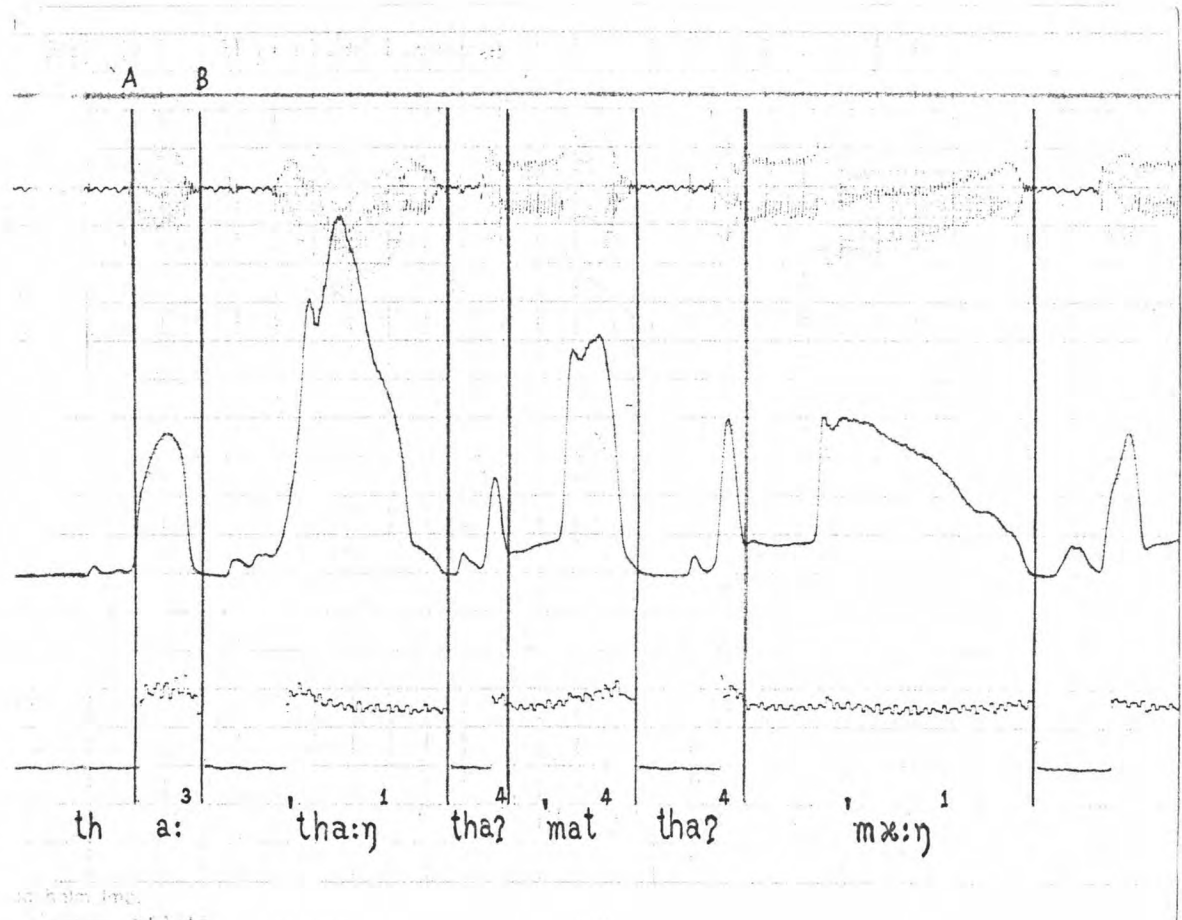
เพื่อช่วยเพิ่มความมั่นใจในการคัดเลือกพยางค์เสียงเบาโดยการฟัง ผู้วิจัยได้นำเทปบันทึกเสียงที่มีคำทดสอบที่ตัดต่อไว้แล้วมาผ่านเข้าเครื่องมือวิเคราะห์ทางกลศาสตร์ และวัดค่าระยะเวลาอีกเช่นเดียวกับขั้นนำร่อง (ดูตัวอย่างในภาพที่ 4 และ 5)

ภาพที่ 4 : แสดงลักษณะของคลื่นเสียง ความเข้มของเสียง และความถี่มูลฐานของเสียง ของประโยคว่า ทำทางทะมัดทะแมง
 /tha:³ 'tha:ŋ¹ tha?⁴ 'mat⁴ tha?⁴ 'mɔ:¹/ ในชุดทดสอบขั้นที่สองที่ปรับปรุงแล้ว

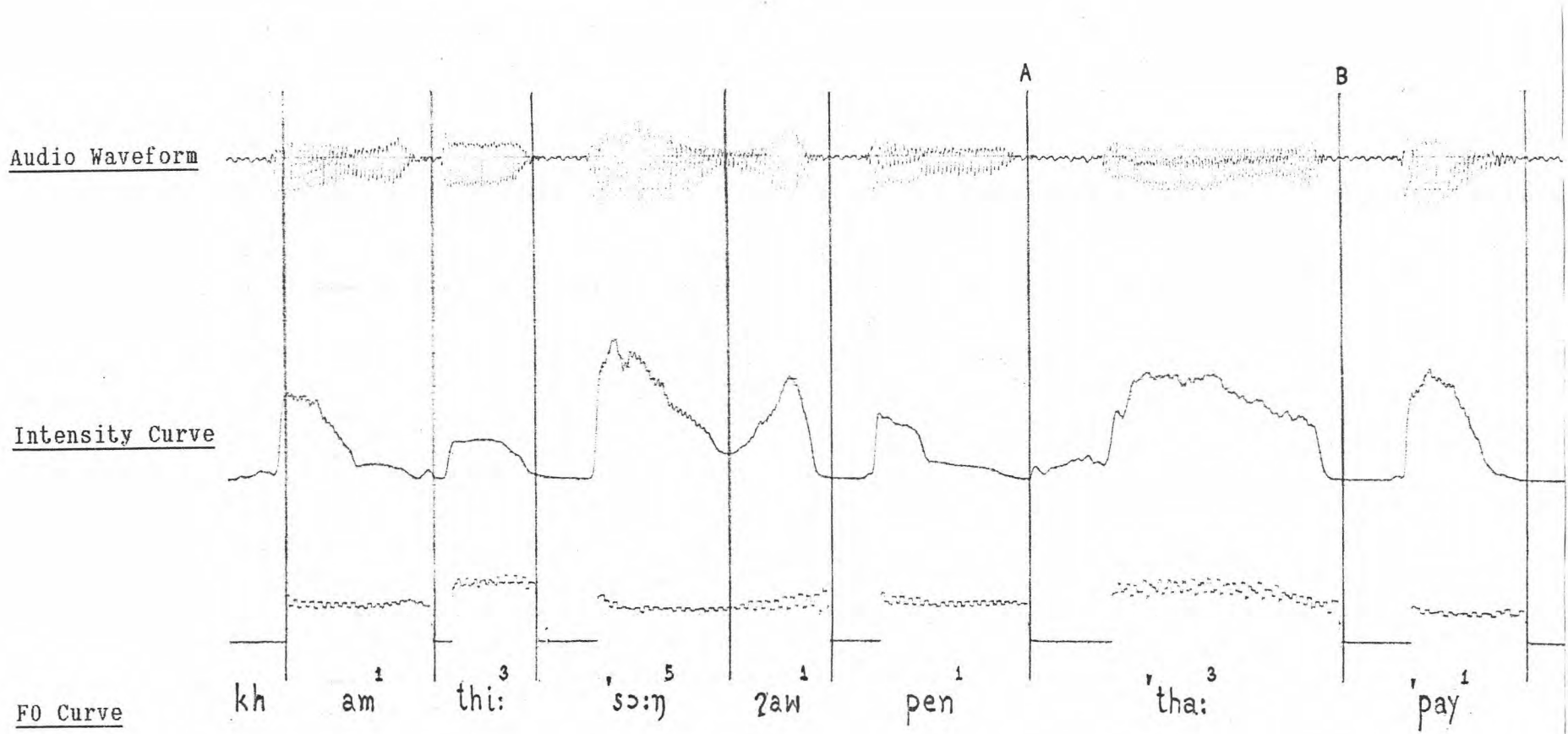
Audio Waveform

Intensity Curve

F0 Curve



ภาพที่ 5 : แสดงลักษณะของคลื่นเสียง ความเข้มของเสียง และความถี่มูลฐานของเสียง ของประโยคที่ว่า คำที่สองเอาเป็น "ท่า" ไป
 / kham¹ thi:³ 'sɔ:⁵ ʔaw¹ pen¹ 'tha:³ 'pay¹ / ในชุดทดสอบครั้งที่สองที่ปรับปรุงแล้ว



จากการเปรียบเทียบค่าระยะเวลาในภาพที่ 4 และ 5 จะเห็นว่าพยางค์เบา ท่า /tba:³/ ในคำผสม 2 พยางค์ ท่าทาง /tba:³'tba:η¹/ ที่ปรากฏต้นประโยคในบทสนทนาในภาพที่ 4 มีค่าระยะเวลาน้อยกว่าพยางค์หนัก ท่า /tba:³/ ที่ปรากฏเป็นคำสำคัญกลางประโยคในบทสนทนาอย่างเห็นได้ชัด มีสัดส่วน 1:5 และจากการเปรียบเทียบค่าระยะเวลาโดยประมาณของพยางค์หนักและพยางค์เบาในคำทดสอบแต่ละคู่จำนวน 105 คู่ พบว่าคู่คำทดสอบส่วนใหญ่ก็มีความแตกต่างกันของค่าระยะเวลามากอย่างเห็นได้ชัดด้วย มีสัดส่วนโดยเฉลี่ยเท่ากับ 1:3 จึงกล่าวได้ว่า การวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือทางกลศาสตร์ ซึ่งมีผลที่สนับสนุนการวิเคราะห์ด้วยการฟัง ทำให้ผู้วิจัยมั่นใจได้ว่าพยางค์แรกของคำทดสอบส่วนใหญ่ในชุดที่ 1 ของการเก็บข้อมูลนี้เป็นพยางค์เสียงเบา และผลการวิเคราะห์นี้ยังสอดคล้องกับผลการวัดค่าระยะเวลาของธีระพันธ์ เหลืองทองคำ (1977) ด้วย จึงสรุปได้ว่าค่าระยะเวลาเป็นลักษณะร่วมทางสัทศาสตร์อย่างหนึ่งที่สามารถใช้บ่งชี้การเป็นพยางค์เสียงหนักและพยางค์เสียงเบาได้เป็นอย่างดี

การคัดเลือกข้อมูลจากคำทดสอบที่สร้างขึ้นเป็นบทสนทนา¹ ได้ผลเป็นที่น่าพอใจ เนื่องจากสามารถคัดเลือกคำทดสอบที่มีพยางค์แรกเป็นพยางค์เสียงเบาได้ ถึง 97 คำจากคำทดสอบทั้งหมด 105 คำ และผลของการฟัง² นี้ได้ผ่านการตรวจสอบด้วยเครื่องมือทางกลศาสตร์มาแล้วพบว่ามีความถูกต้อง จึงนำคำทดสอบที่คัดเลือกไว้มาศึกษา ลักษณะเชิงกลศาสตร์โดยละเอียดต่อไป

2.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

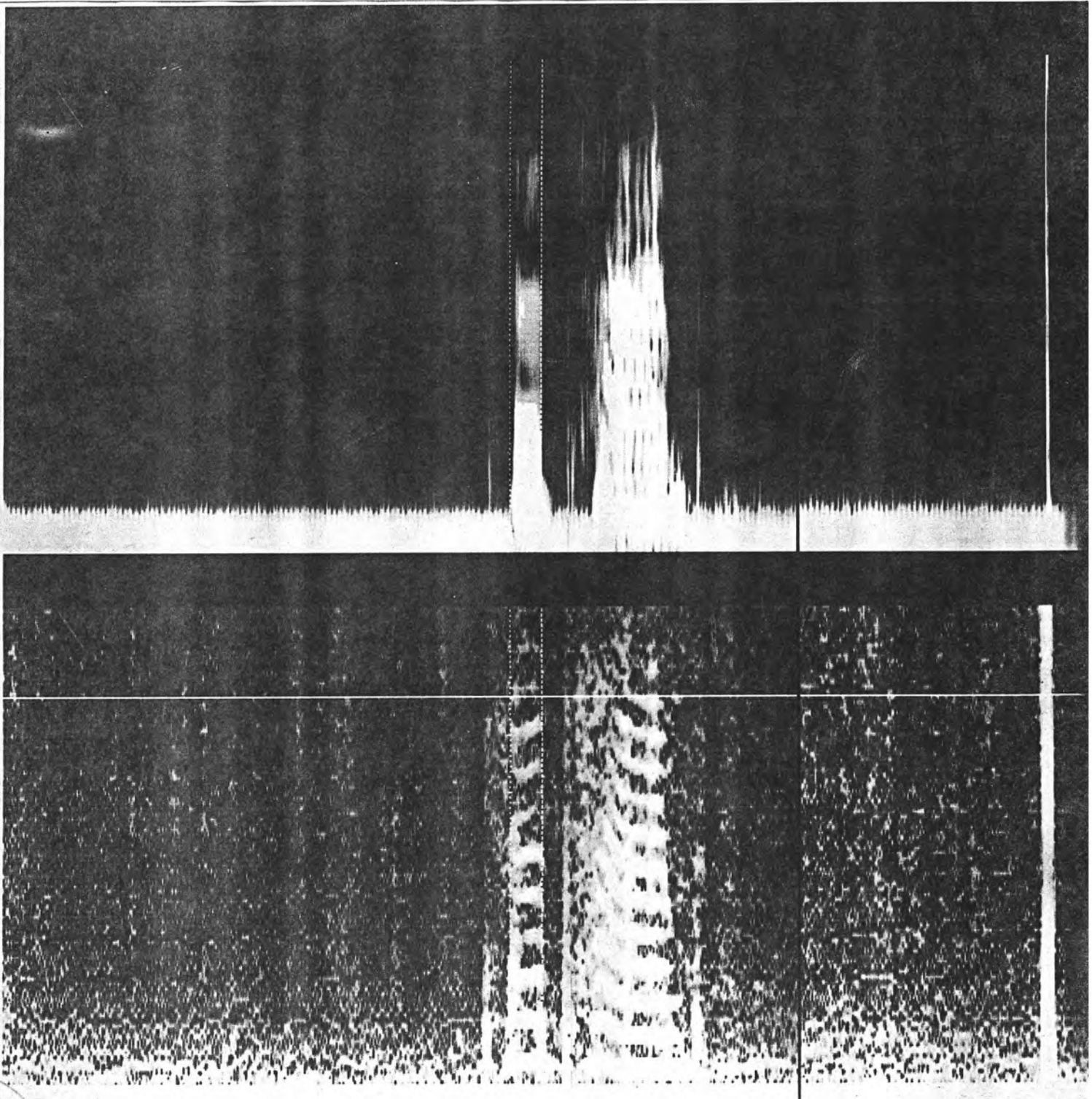
การวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยนี้ ใช้วิธีการทางกลศาสตร์ทั้งหมด โดยแบ่งออกเป็น 2 ประเด็นใหญ่ ๆ คือ การวิเคราะห์ค่าความถี่มูลฐานของเสียงวรรณยุกต์ ในช่วงเวลาต่าง ๆ ของพยางค์เสียงเบา และการวิเคราะห์ค่าระยะเวลาของเสียงก้องในพยางค์เสียงเบา

การวิเคราะห์ข้อมูลมีขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้คือ

2.5.1 การวิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์คลื่นเสียง

ผู้วิจัยนำค่าทดสอบที่มีพยางค์เสียงเบาซึ่งได้คัดเลือกไว้จำนวน 97 คำที่ออกเสียงโดยผู้บอกภาษา 4 คนรวมทั้งสิ้น 388 คำตัวอย่างมาผ่านเข้าเครื่องวิเคราะห์คลื่นเสียง Sound Spectrograph เครื่องที่ใช้คือ DSP Sona-Graph รุ่น 5500 ของบริษัท Kay Elemetrics จำกัด ซึ่งมีจอภาพที่สามารถแสดงภาพได้พร้อมกันหลายมิติ เช่น Spectrograph, Power Spectrum และ Waveform แต่ในงานวิจัยนี้จะเลือกใช้เพียง Spectrograph เท่านั้น การทำงานของเครื่องมีลักษณะเป็น Workstation ที่ประกอบด้วย Menu ต่าง ๆ เช่น Input Menu, Analysis Menu, Display Menu และ Print Menu เป็นต้น ซึ่งภายในแต่ละ Menu นั้นจะมีคำสั่งย่อยที่ใช้ในการเก็บรายละเอียดต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับสิ่งที่ต้องการวิเคราะห์ ตัวอย่างเช่น Analysis Format ช่วยในการเลือกชนิดของภาพคลื่นเสียง เช่น Spectrograph หรือ Waveform ฯลฯ Channel Select ช่วยในการจัดตำแหน่งของภาพคลื่นเสียงบนจอ ว่าต้องการให้ภาพชนิดใดปรากฏที่จอบนหรือจอล่าง Dynamic Range ช่วยในการปรับความเข้มของภาพ Frequency Range ช่วยในการปรับช่วงการกรองของเสียงซึ่งสามารถปรับให้แตกต่างกันได้ที่จอบนและจอล่าง ดังนั้น การวิเคราะห์ค่าระยะเวลาและความถี่จึงสามารถกระทำได้พร้อม ๆ กัน กล่าวคือ ปรับให้จอบนเป็น Spectrograph ชนิดช่วงการกรองแบบกว้าง (Wide-band Filter) เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ค่าระยะเวลา โดยปรับช่วงการกรองที่ 4 KHz. สำหรับเสียงของผู้บอกภาษาเพศหญิง และปรับช่วงการกรองที่ 2 KHz. สำหรับเสียงของผู้บอกภาษาเพศชาย และปรับให้จอล่างเป็น Spectrograph ชนิดช่วงการกรองแบบแคบ (Narrow-band Filter) เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ค่าความถี่ โดยปรับช่วงการกรองที่ 0.5 KHz. เมื่อผ่านสัญญาณเสียงเข้าไป เครื่องจะแสดงภาพคลื่นเสียงไว้บนจอภาพทันที การวัดค่าระยะเวลาและความถี่สามารถทำได้โดยการกดปุ่มเลื่อนเส้นแกนเวลาหรือเส้นแกนความถี่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการวัดบนจอภาพ เส้นตั้งเป็นเส้นแกนเวลา ส่วนเส้นนอนเป็นเส้นแกนความถี่ ดังตัวอย่างในภาพที่ 6

ภาพที่ 6 : แสดงภาพคลื่นเสียงชนิดช่วงการกรองแบบกว้าง และช่วงการกรองแบบแคบของคำว่า
ท่าทาง /tha:³ 'tha:ŋ¹/



ในการกำหนดขอบเขตของจุดวัดทั้งด้านค่าความถี่และค่าระยะเวลา จะกำหนดที่จุดเดียวกัน คือ ที่จุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของเสียงก้องในพยางค์ ซึ่งในพยางค์เสียงหนัก การกำหนดจุดเริ่มต้นของเสียงสระจะต้องมีความแตกต่างกันเล็กน้อยตามลักษณะของเสียงพยัญชนะต้นในพยางค์ สำหรับพยางค์ที่ขึ้นต้นด้วยเสียงกักไม่ก้องประเภทไม่พ่นลม (Voiceless Unaspirated Stop) การวัดจะเริ่ม ณ จุดแรกที่ปรากฏภาพคลื่นเสียงที่เป็นส่วนของเสียงสระ ส่วนเสียงกักไม่ก้องประเภทพ่นลม (Voiceless Aspirated Stop) จะปรากฏภาพคลื่นเสียงของการพ่นลมก่อนส่วนที่เป็นเสียงสระเล็กน้อย และเสียงก้องเสียดแทรกไม่ก้อง (Voiceless Affricate) จะมีช่วงที่เป็นเสียงซ่าเนื่องด้วยความถี่ที่ไม่เป็นจังหวะก่อนการปรากฏเสียงสระด้วยอีกเล็กน้อยซึ่งไม่นำมาวัดเนื่องจากไม่เกี่ยวข้องกับเสียงวรรณยุกต์ แต่ลักษณะเหล่านี้จะไม่ปรากฏให้เห็นอย่างเด่นชัดนักในพยางค์เสียงเบา

แม้ว่าการกำหนดขอบเขตของจุดวัดด้านค่าระยะเวลาและความถี่จะเหมือนกัน แต่มีวิธีการวัดที่แตกต่างกัน กล่าวคือ การวัดค่าระยะเวลาจะวัดระหว่างจุด 2 จุดซึ่งหมายถึง จุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของเสียงก้องในพยางค์ ส่วนการวัดความถี่จะวัด ณ 5 จุดของเวลา คือจุดเริ่มต้นที่ 0% 25% 50% 75% และจุดสุดท้ายที่ 100% ของฮาร์โมนิกที่ 10 ยกเว้นในบางพยางค์ ถ้าภาพของฮาร์โมนิกที่ 10 ไม่ชัดเจน จึงเลือกใช้ฮาร์โมนิกใกล้เคียงคือ ฮาร์โมนิกที่ 9 หรือ 8 และนำค่าความถี่ของฮาร์โมนิกเหล่านี้มาหาค่าความถี่มูลฐานโดยหารด้วยค่าฮาร์โมนิกที่ใช้วัด

2.5.2 การวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติ

เมื่อได้ค่าระยะเวลาและความถี่มูลฐานของคำตัวอย่างแต่ละคำแล้ว จึงนำมาจัดกลุ่มลักษณะเชิงกล และหาค่าเฉลี่ยเลขคณิตเพื่อใช้เป็นค่ากลางหรือตัวแทนของกลุ่มข้อมูลกลุ่มต่าง ๆ พร้อมทั้งหาพิสัย เพื่อแสดงให้เห็นถึงผลต่างระหว่างค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของข้อมูล หลังจากนั้นจึงวิเคราะห์ความแปรปรวน และทดสอบหาความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากรตัวอย่างสองประชากร ภายหลังจากวิเคราะห์ความแปรปรวน เพื่อทดสอบว่าค่าเฉลี่ยเหล่านั้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ ถ้าแตกต่าง แตกต่างกันระหว่างคู่ใดบ้าง

2.5.2.1 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic Mean หรือ \bar{X}) เป็นวิธีการหาค่ากลางของข้อมูลเพื่อใช้เป็นตัวแทนของข้อมูลชุดนั้น ๆ โดยนำค่าของข้อมูลทุกตัวมารวมกันและหารด้วยจำนวนข้อมูลตามสูตร $\bar{X} = 1/N (x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n)$ (สรชัย พิศาลบุตร 2527)

2.5.2.2 พิสัย (Range) คือ ค่าที่ได้จากผลต่างระหว่างค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของข้อมูล ถ้า x_{max} และ x_{min} เป็นค่าสูงสุดและต่ำสุดของข้อมูลที่ประกอบด้วยค่า $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ พิสัย = $x_{max} - x_{min}$ (สรชัย พิศาลบุตร 2527)

2.5.2.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance ใช้ตัวย่อว่า ANOVA) เป็นวิธีการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากรหลาย ๆ ประชากรว่า ประชากรเหล่านั้นมีค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ โดยแยกความแปรปรวนของข้อมูลที่ได้มาทั้งหมดออกเป็นส่วน ๆ แต่ละส่วนใช้การกระจายเฉพาะอย่าง เป็นต้นว่า ความแปรปรวนระหว่างประชากรกลุ่มต่าง ๆ หรือความแปรปรวนภายในของประชากรแต่ละกลุ่ม แล้วนำเอาความแปรปรวนที่ได้นี้มาใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

สาเหตุสำคัญที่ต้องใช้การวิเคราะห์ความ

แปรปรวนเนื่องมาจากในการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของประชากรหลาย ๆ ประชากร ถ้าเพียงแต่เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของประชากรแต่ละกลุ่ม เช่น การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระยะเวลาของโครงสร้างพยางค์แต่ละโครงสร้างซึ่งมีค่าแตกต่างกันอยู่จำนวนหนึ่งนั้นไม่สามารถสรุปได้โดยทันทีว่ามีค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกัน แต่จะต้องพิจารณาความแตกต่างของหน่วยแต่ละหน่วยที่อยู่ในประชากรกลุ่มเดียวกันด้วย ซึ่งในที่นี้คือ ค่าระยะเวลาของค่าทดสอบแต่ละค่าที่ปรากฏร่วมกับหน่วยเสียงวรรณยุกต์แต่ละหน่วยเสียงที่ออกเสียงโดยผู้บอกภาษาแต่ละคนในโครงสร้างพยางค์แต่ละโครงสร้างนั้นๆ มีความแตกต่างกันมากน้อยเพียงใดด้วย จึงจะสามารถสรุปผลที่ถูกต้องได้โดยพิจารณาจากอัตราส่วนของความแตกต่างระหว่างประชากรแต่ละกลุ่ม และของความแตกต่างระหว่างหน่วยแต่ละหน่วยในประชากรกลุ่มเดียวกันนั้น ถ้าความแตกต่างระหว่างหน่วยแต่ละหน่วยในประชากรกลุ่มเดียวกันมีมากเท่าเทียมกับความแตกต่างระหว่างประชากรแต่ละกลุ่มแล้ว ก็อาจสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยของประชากรแต่ละกลุ่มนั้นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ แต่ในทางตรงกันข้าม ถ้าความแตกต่างระหว่างหน่วยแต่ละหน่วยในประชากรกลุ่มเดียวกันมีน้อยกว่าความแตกต่างระหว่างประชากรแต่ละกลุ่มแล้ว ก็อาจสรุป

ได้ว่าค่าเฉลี่ยของประชากรแต่ละกลุ่มนั้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ขั้นตอนของการทดสอบ มีดังต่อไปนี้

- 1) ตั้งสมมติฐานเพื่อการทดสอบ 2 แบบ คือ สมมติฐานเท่า (Ho) และสมมติฐานแย้ง (Ha)
- 2) กำหนดตัวสถิติที่ใช้ในการทดสอบ โดยใช้ตัวสถิติ "F"
- 3) เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการทดสอบ
- 4) กำหนดระดับนัยสำคัญ หรือความผิดพลาดที่ยอมรับได้ในการทดสอบ (α) ในที่นี้ต้องการให้มีความเชื่อมั่นสูงถึง 95% จึงกำหนดระดับนัยสำคัญไว้ที่ 0.05
- 5) คำนวณค่าสถิติจากข้อมูลโดยใช้สูตร

$$F = \frac{\sum_{i=1}^k (n_i - k) (\bar{X}_i - \bar{X})^2}{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{X}_i)^2}$$

$$= \frac{\sum_{i=1}^k (n_i - k) \left(\frac{T_i^2}{n_i} - \frac{T^2}{n} \right)}{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij}^2 - \frac{T^2}{n}}$$

$$= \frac{\sum_{i=1}^k (n_i - k) \left(\frac{T_i^2}{n_i} - \frac{T^2}{n} \right)}{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij}^2 - \frac{T^2}{n}}$$

$$\text{เมื่อ } n = \text{จำนวนตัวอย่างรวม ทั้ง } k \text{ ประชากร} = \sum_{i=1}^k n_i$$

$$T_i = \text{ผลรวมของข้อมูลที่เกี่ยวข้องรวมได้จากตัวอย่างที่เลือกมาจากประชากรที่ } i = \sum_{j=1}^k x_{ij}$$

$$T = \text{ผลรวมของข้อมูลที่เกี่ยวข้องรวมได้จากตัวอย่างที่เลือกมาจากทุก ๆ ประชากร} = \sum_{i=1}^k T_i$$

$$\bar{X}_i = \text{ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่เกี่ยวข้องรวมได้จากตัวอย่างที่เลือกมาจากประชากรที่ } i = T_i/n_i$$

$$\bar{X} = \text{ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่เกี่ยวข้องรวมได้จากตัวอย่างที่เลือกมาจากทุก ๆ ประชากร} = T/n$$

6) หาค่าวิกฤต (Critical Value) จากตารางการแจกแจงแบบ "F" แล้วเปรียบเทียบค่าในตาราง กับค่าสถิติที่คำนวณได้จากข้อมูลเพื่อสรุปผลการทดสอบ ซึ่งจะปฏิเสธสมมติฐานเท่า ยอมรับสมมติฐานแย้ง เมื่อค่าสถิติที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่าในตาราง และจะยอมรับสมมติฐานเท่า ปฏิเสธสมมติฐานแย้ง เมื่อค่าสถิติที่คำนวณได้มีค่าน้อยกว่าในตาราง

ถ้าผลการทดสอบปรากฏว่า ยอมรับสมมติฐานเท่า จะสรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยระยะเวลาของโครงสร้างพยางค์ทั้ง 6 โครงสร้างนี้เท่ากัน หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่า แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ นั่นคือ ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของตัวอย่างที่สังเกตได้นี้เป็นผลมาจากความคลาดเคลื่อนในการเลือกตัวอย่าง แต่ถ้าผลการทดสอบปรากฏว่าต้องปฏิเสธสมมติฐานเท่า หรือยอมรับสมมติฐานแย้ง ย่อมหมายความว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างค่าเฉลี่ยระยะเวลาของโครงสร้างพยางค์ทั้ง 6 โครงสร้าง เนื่องจากความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของตัวอย่างที่เกิดขึ้นนั้น มีมากเกินกว่าที่จะถือว่าเป็นความคลาดเคลื่อนจากการเลือกตัวอย่างได้

2.5.2.4 การทดสอบหาความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากรตัวอย่างสองประชากร (ซึ่งในที่นี้หมายถึง ค่าเฉลี่ยความถี่มูลฐาน และค่าเฉลี่ยระยะเวลาของรูปแบบแต่ละคู่) ภายหลังจากการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Least Significant Difference ใช้ตัวย่อว่า LSD)

เนื่องจากการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากรโดยใช่วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนนั้น หากผลการทดสอบเป็นการยอมรับสมมติฐานเท่า แสดงว่าค่าเฉลี่ยของประชากรทุกประชากรที่นำมาทดสอบไม่มีความแตกต่างกัน หรือมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ แต่ถ้าผลการทดสอบเป็นการปฏิเสธสมมติฐานเท่า เราสามารถสรุปได้แต่เพียงว่ามีค่าเฉลี่ยของประชากรอย่างน้อยหนึ่งประชากรที่แตกต่างไปจากค่าเฉลี่ยของประชากรอื่น ๆ ที่นำมาเปรียบเทียบ แต่ไม่สามารถบอกได้ว่ามีค่าเฉลี่ยของประชากรคู่ใดบ้างที่แตกต่างกันและคู่ใดบ้างที่ไม่แตกต่างกันจึงต้องมีวิธีการทดสอบเพื่อหาความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากรแต่ละคู่อีกวิธีทดสอบที่นิยมใช้กันมากคือวิธี Least Significant Difference (LSD) เนื่องจากเป็นวิธีที่ง่ายและสามารถใช้ตารางการแจกแจงแบบ "t" ซึ่งเป็นตารางสถิติที่ใช้กันโดยทั่วไปได้อีกด้วย

การทดสอบหาความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยมีวิธีการที่แตกต่างกันตามลักษณะของขนาดตัวอย่าง คือ

1) ตัวอย่างที่เลือกมาจากประชากรแต่ละประชากรมีจำนวนเท่ากันกรณีตัวอย่าง เช่น ถ้าต้องการทดสอบว่าโครงสร้างพยางค์ CV: และ CVS ซึ่งมีจำนวนตัวอย่างโครงสร้างพยางค์ละ 40 ตัวอย่างเท่า ๆ กันนั้น มีค่าเฉลี่ยระยะเวลาของเสียงก้องที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ วิธีการวิเคราะห์ทำได้โดยใช้สูตร
$$LSD = t_{(0.05)} \sqrt{2s^2/n}$$
 โดยที่ n คือขนาดตัวอย่างที่เลือกมาจากโครงสร้างพยางค์แต่ละโครงสร้างซึ่งมีจำนวนเท่ากัน s^2 คือ ความแปรปรวนร่วม ซึ่งคำนวณมาแล้วจากการวิเคราะห์ความแปรปรวน

2) ตัวอย่างที่เลือกมาจากประชากรแต่ละประชากรมีจำนวนไม่เท่ากัน กรณีตัวอย่าง เช่น ถ้าต้องการทดสอบว่าโครงสร้างพยางค์ cv: และ cv:s ซึ่งมีจำนวนตัวอย่างโครงสร้างพยางค์ละ 84 ตัวอย่าง และ 40 ตัวอย่างตามลำดับนั้น มีค่าเฉลี่ยระยะเวลาของเสียงก้องที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ วิธีการวิเคราะห์ทำได้โดยใช้สูตร
$$LSD = t_{(0.05)} \sqrt{s^2 (1/n_1 + 1/n_2)}$$
 โดยที่ n_1 คือ ขนาดตัวอย่างของโครงสร้างพยางค์ CV: และ n_2 คือ ขนาดตัวอย่างของ

โครงสร้างพยางค์ CV:S

การทดสอบค่าเฉลี่ยของประชากรคู่ใด ต้องเปรียบเทียบผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างของประชากรคู่หนึ่ง กับค่า LSD ของประชากรคู่หนึ่ง ถ้าผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างของประชากรคู่ใดมีค่ามากกว่าค่า LSD แสดงว่าค่าเฉลี่ยของประชากรคู่หนึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ถ้าผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างของประชากรคู่ใดมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่า LSD แสดงว่าค่าเฉลี่ยของประชากรคู่หนึ่งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ซึ่งกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่า ไม่แตกต่างกันนั่นเอง

2.6 การสรุปผลการวิจัย และการนำเสนอ

การสรุปผล และการนำเสนอเนื้อหาสาระ จะแบ่งออกเป็น 2 บท คือ บทความถี่มูลฐาน ซึ่งเป็นการสรุปลักษณะเชิงกลศาสตร์ของหน่วยเสียงวรรณยุกต์ต่าง ๆ ในพยางค์เสียงเบาของผู้บอกภาษาแต่ละคน และของผู้บอกภาษาทั้งหมด โดยนำเสนอเป็นเส้นแสดงค่าเฉลี่ยความถี่มูลฐานและตารางประกอบค่าบรรยาย และบทค่าระยะเวลา ซึ่งเป็นการสรุปเปรียบเทียบค่าระยะเวลาของเสียงก้องในพยางค์เสียงเบาซึ่งมีโครงสร้างพยางค์แบบต่างๆ โดยนำเสนอเป็นตารางประกอบค่าบรรยาย ส่วนรายละเอียดต่าง ๆ ของข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์จะนำเสนอไว้ในภาคผนวกทั้งหมด