บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

1. กรรมวิธีการหาขอบเขตพยางค์สำหรับเสียงพูดต่อเนื่องภาษาไทย ในงานวิจัยนี้มีทั้งหมด 9 กรรมวิธี ดังนี้
   - กรรมวิธีพลังงานสัมบูรณ์
   - กรรมวิธีพลังงานเฉลี่ย
   - กรรมวิธีพลังงานความถี่และเวลา
   - กรรมวิธีพลังงานกำลังสอง
   - กรรมวิธีพลังงาน Teager
   - กรรมวิธีพลังงานจากการแปลงแบบ Walsh
   - กรรมวิธีฟังก์ชันการประมาณพลังงานเฉลี่ย
   - กรรมวิธีพลังงานเฉลี่ยและอัตราการตัดผ่านระดับกำหนด
   - กรรมวิธีพลังงานเฉลี่ยร่วมกับอัตราการตัดผ่านระดับกำหนดและความถี่มูลฐาน
2. กรรมวิธีพลังงานทุกกรรมวิธี ใช้วิธี EMN ในการตรวจหาจุดแบ่งพยางค์ กรรมวิธีพลังงานเฉลี่ยและอัตราการตัดผ่านระดับกำหนด ใช้วิธี EBR ในการตรวจหาจุดแบ่งพยางค์ กรรมวิธีพลังงานเฉลี่ยร่วมกับอัตราการตัดผ่านระดับกำหนดและความถี่มูลฐาน ใช้วิธี EBF ในการตรวจหาจุดแบ่งพยางค์ ซึ่งวิธีการตรวจหาจุดแบ่งพยางค์ข้างต้นทั้ง 3 วิธี จะอยู่บนพื้นฐานการหาจุดสูงและจุดต่ำของคุณลักษณะ และกรรมวิธีฟังก์ชันการประมาณพลังงานเฉลี่ย ใช้การประมาณเชิงเส้นทางสถิติ ในการหาจุดแบ่งพยางค์
3. คุณลักษณะของสัญญาณเสียงพูด ก่อนที่จะนำมาใช้ในการตรวจหาจุดแบ่งพยางค์ จำเป็นต้องนำมาทำการปรับเรียบ เพื่อปรับแผนภูมิเส้นคุณลักษณะให้เรียบขึ้น ทำให้จุดสูงต่ำที่มีจำนวนมากลดลง ดังนั้นขนาดหน้าต่างที่ใช้ในการปรับเรียบต้องเลือกให้เหมาะสม เพื่อป้องกันการปรับเรียบมากเกินไป หรือน้อยเกินไป จากนั้นทำการปรับบรรทัดฐานเชิงขนาดคุณลักษณะ เพื่อง่ายต่อการกำหนดค่าพารามิเตอร์
4. ผลการทดสอบความถูกต้องในการตัดแบ่งพยางค์ของกรรมวิธีพลังงานสัมบูรณ์มีอัตราความถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 83.08 กรรมวิธีพลังงานเฉลี่ยมีอัตราความถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 83.49 กรรมวิธีพลังงานความถี่และเวลา มีอัตราความถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 76.93 กรรมวิธีพลังงานกำลังสอง มีอัตราความถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 71.82 กรรมวิธีพลังงาน Teager มีอัตราความถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 81.98 กรรมวิธีพลังงานจากการแปลงแบบ Walsh มีอัตราความถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 83.62 ซึ่งเป็นอัตราความถูกต้องที่สูงที่สุดในกรรมวิธีพลังงานด้วยกัน กรรมวิธีฟังก์ชัน

การประมาณพลังงานเฉลี่ย มีอัตราความถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 34.78 เป็นกรรมวิธีที่ให้อัตราความถูกต้องต่ำที่สุดในงานวิจัยนี้ กรรมวิธีพลังงานเฉลี่ยและอัตราการตัดผ่านระดับกำหนด มีอัตราความถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 89.54 และกรรมวิธีพลังงานเฉลี่ยร่วมกับอัตราการตัดผ่านระดับกำหนดและความถี่มูลฐาน มีอัตราความถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 91.05 ซึ่งเป็นกรรมวิธีที่มีอัตราความถูกต้องในการหาขอบเขตพยางค์สูงที่สุดในงานวิจัยนี้

5. ค่าความต่างพลังงานและระยะเวลาพยางค์ที่เหมาะสมกับกรรมวิธีการหาขอบเขตพยางค์วิธีต่าง ๆ สามารถสรุปได้ดังนี้

กรรมวิธี	ค่าความต่างพลังงาน (%)	ระยะเวลาพยางค์ (กรอบเสียงพูด)
กรรมวิธีพลังงานสัมบูรณ์	6	24
กรรมวิธีพลังงานเฉลี่ย	6	24
กรรมวิธีพลังงานความถี่และเวลา	ไม่มี	ไม่มี
กรรมวิธีพลังงานกำลังสอง	2	36
กรรมวิธีพลังงาน Teager	8	40
กรรมวิธีพลังงานจากการแปลง Walsh	6	24
กรรมวิธีฟังก์ชันการประมาณพลังงานเฉลี่ย	4	50
กรรมวิธีพลังงานเฉลี่ยและอัตราการตัดผ่านระดับกำหนด	8	24
กรรมวิธีพลังงานเฉลี่ยร่วมกับอัตราการตัดผ่านระดับกำหนดและความถี่มูลฐาน	4	28

6. ความผิดพลาดในการตัดแบ่งพยางค์ของกรรมวิธีพลังงาน เกิดจากคุณสมบัติของเสียงพูดบางพยางค์ส่งผลให้คุณลักษณะพลังงานมี 2 ระดับ ทำให้การตัดพยางค์เกิน และบางพยางค์มีระยะเวลาน้อยมากจึงทำให้การตัดพยางค์ขาด ดังนั้นจึงนำอัตราการตัดผ่านระดับกำหนดมาใช้ในการพิจารณาร่วมด้วย ซึ่งจากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าอัตราความถูกต้องในการตัดแบ่งพยางค์สูงขึ้น อัตราการตัดผ่านระดับกำหนดทำให้ความผิดพลาดเนื่องจากการตัดพยางค์เกินลดลง และเมื่อนำความถี่มูลฐานมาพิจารณาร่วมกับพลังงานและอัตราการตัดผ่านระดับกำหนด ส่งผลให้อัตราความถูกต้องในการตัดแบ่งพยางค์สูงขึ้นอีก โดยลดความไม่สอดคล้องกันระหว่างพลังงานและอัตราการตัดผ่านระดับกำหนด

7. ประโยคทดสอบที่กำหนดขึ้น เป็นประโยคที่เป็นปัญหาในการกำหนดขอบเขตพยางค์ทางสัทวิทยา เมื่อนำมาทดสอบการตัดแบ่งพยางค์ จากความผิดพลาดในการตัดแบ่งพยางค์ที่เกิดขึ้นไม่ได้เกิดจากพยางค์คู่ที่มีเป็นปัญหา ดังนั้นกรรมวิธีการหาขอบเขตพยางค์ต่าง ๆ ในงานวิจัยนี้สามารถใช้ตัดแบ่งพยางค์ที่เป็นปัญหาในการกำหนดขอบเขตพยางค์ทางสัทวิทยาได้

8. ขอบเขตพยางค์เสียงพูดต่อเนื่องนั้น ไม่สามารถกำหนดตำแหน่งขอบเขตพยางค์ที่แน่นอนได้ เนื่องจากเสียงพูดต่อเนื่องจะเกิดการเปลี่ยนแปลงเสียงพยัญชนะตามอิทธิพลของเสียงบริบท การออกเสียงสอดคล้องกลมกลืน (Assimilation) เกิดการรวมเสียง (Coalescence) การลดเสียง (Elision) การเพิ่มเสียง (Epenthesis) และการเชื่อมโยงเสียง (Liason) ดังนั้นการกำหนดตำแหน่งขอบเขตพยางค์ จึงต้องกำหนดเป็นค่าโดยประมาณและบวกลบค่าผิดพลาด ซึ่งประโยคเดียวกันอาจมีตำแหน่งของขอบเขตพยางค์คนละตำแหน่ง แต่ถ้าอยู่ในช่วงที่กำหนด จะถือว่าเป็นตำแหน่งที่ถูกต้อง งานวิจัยนี้ไม่ได้ทำการสร้างระบบเพื่อหาตำแหน่งที่ถูกต้องของพยางค์ แต่จะทำการดัดแปลงเสียงพูดต่อเนื่องออกเป็นพยางค์ โดยมีการปรับปรุงจุดแบ่งพยางค์ เพื่อให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

1. กรรมวิธีการหาขอบเขตพยางค์ต่างๆ ในงานวิจัยนี้ สามารถใช้ในการดัดแบ่งพยางค์ได้ แต่ตำแหน่งของจุดต้นและจุดปลายพยางค์ยังมีความคลาดเคลื่อนอยู่ ดังนั้นการสร้างระบบสำหรับการหาขอบเขตพยางค์ โดยมีการป้อนกลับ (Feedback) เมื่อพบความผิดพลาดจากผลการดัดแบ่งพยางค์ จะทำให้อัตราความถูกต้องในการดัดแบ่งพยางค์สูงขึ้น และได้ตำแหน่งของจุดต้นและจุดปลายพยางค์ที่ถูกต้องแน่นอน
2. กรรมวิธีพลังงานเฉลี่ยร่วมกับอัตราการตัดผ่านระดับกำหนดและความถี่มูลฐาน ให้อัตราความถูกต้องในการดัดแบ่งพยางค์สูงที่สุดในงานวิจัยนี้ แต่การคำนวณหาค่าความถี่มูลฐานจะใช้เวลานานกว่าการคำนวณค่าคุณลักษณะอื่น ๆ จึงทำให้เวลาที่ใช้ในการดัดแบ่งพยางค์ของกรรมวิธีพลังงานเฉลี่ยร่วมกับอัตราการตัดผ่านระดับกำหนดและความถี่มูลฐานเพิ่มขึ้น แต่อัตราความถูกต้องที่สูงขึ้นนั้นเหมาะสมกับเวลาที่เพิ่มขึ้น ข้อเสนอแนะคือเพิ่มสมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์ให้สูงขึ้น หรือใช้กรรมวิธีพลังงานเฉลี่ยและอัตราการตัดผ่านระดับกำหนด ซึ่งเป็นกรรมวิธีที่ให้อัตราความถูกต้องในการดัดแปลงพยางค์ต่างกันเพียงร้อยละ 1.51
3. กรรมวิธีพลังงานเฉลี่ยร่วมกับอัตราการตัดผ่านระดับกำหนดและความถี่มูลฐาน เป็นกรรมวิธีการหาขอบเขตพยางค์ที่ดีที่สุดในงานวิจัยนี้ แต่ยังมีความผิดพลาดในการดัดแบ่งพยางค์อยู่ เนื่องจากความไม่สอดคล้องกันของคุณลักษณะพลังงาน อัตราการตัดผ่านระดับกำหนด และความถี่มูลฐาน
4. วิธีการตรวจหาจุดแบ่งพยางค์ EMN วิธี EBR และวิธี EBF อยู่บนพื้นฐานการหาค่าสูงต่ำของคุณลักษณะ ดังนั้นจึงต้องมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ทั้งที่เป็นพารามิเตอร์ที่สามารถปรับค่าได้ และพารามิเตอร์กำหนด ซึ่งประโยคทดสอบแต่ละประโยค แต่ละคนพูดมีการเปลี่ยนแปลงอิสระ ดังนั้นในการกำหนดค่าให้กับพารามิเตอร์ต่าง ๆ อาจส่งผลให้เกิดความผิดพลาดในการดัดแบ่งพยางค์สำหรับบางคน บางประโยค แต่อาจเป็นค่าที่เหมาะสมสำหรับบาง

คน และบางประโยค ดังนั้นจึงไม่สามารถกำหนดค่าพารามิเตอร์ค่าเดียวกันแล้วสามารถใช้ร่วมกันได้

5. ประโยคที่นำมาใช้ในการทดสอบความถูกต้องของกรรมวิธีการหาขอบเขตพยางค์ มีอัตราความเร็วในการพูดแตกต่างกัน ดังแสดงในภาคผนวก ง จึงทำให้การกำหนดเวลาสำหรับหนึ่งพยางค์ไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับอัตราเร็วในการพูด ดังนั้นจึงต้องมีการกำหนดอัตราเร็วเฉลี่ยและรูปแบบในการพูดของแต่ละคนให้อยู่ให้อัตราเร็วเฉลี่ยช่วงเดียวกันและรูปแบบเดียวกัน
6. การพูดประโยคต่อเนื่องจะเกิดการเปลี่ยนแปลงเสียงพยัญชนะตามอิทธิพลของเสียงบริบท ซึ่งเกิดจาการออกเสียงสอดคล้องกลมกลืน (Assimilation) การรวมเสียง (Coalescence) การลดเสียง (Elision) การเพิ่มเสียง (Epenthesis) การเชื่อมโยงเสียง (Liason) ดังนั้นผู้พูดจึงควรพูดด้วยความชัดถ้อยชัดคำ เพื่อความสมบูรณ์ของเสียงในแต่ละพยางค์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย