บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากที่มีการนำเสนอระบบจำนวนแบบมีเครื่องหมายหรือระบบจำนวนซ้ำซ้อนของ อเวเซียนิส เพื่อแก้ปัญหาจากการคำนวณแบบดั้งเดิม ต่อมาภายหลังก็ได้มีงานวิจัยเป็นจำนวนมากที่มีแนวคิดที่จะพัฒนาระบบจำนวนซ้ำซ้อนดังกล่าว รวมถึงพัฒนาระบบจำนวนแบบอื่นขึ้นมาแทนที่ โดยมีเป้าหมายที่จะทำให้กระบวนการคำนวณทางคณิตศาสตร์สามารถคำนวณได้ในเวลาที่น้อยลง และ มีประสิทธิภาพมากขึ้น ในวิทยานิพนธ์นี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อนำเสนอขั้นตอนวิธีแบบทั่วไปของการแปลงผันชุดตัวเลขแบบสมมาตรจากระบบจำนวนซ้ำซ้อนแบบดั้งเดิมให้ไปอยู่ในรูปแบบการแสดงจำนวนแบบส่วนเติมเต็มในระบบเลขฐานเดียวกัน ซึ่งมีความยืดหยุ่นกว่าขั้นตอนวิธีที่ถูกนำเสนอในงานวิจัยอื่นๆ ที่จำกัดการแปลงผันจากระบบเลขฐานสองเท่านั้น โดยระบบจำนวนในรูปแบบส่วนเติมเต็มนี้สามารถทำการแสดงจำนวนที่มีค่าลบได้โดยไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องหมาย หากแต่ใช้ตัวเลขเพียงหนึ่งตัวในการแสดงให้เห็นว่าเป็นจำนวนลบหรือไม่ อีกทั้งยังต้องการเนื้อที่ในการเก็บข้อมูลไม่มากเท่ากับระบบจำนวนซ้ำซ้อนแบบดั้งเดิมอีกด้วย

ขั้นตอนวิธีการแปลงผันที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนของการพิจารณาตัวทดที่เกิดขึ้น ส่วนของการประกอบกันระหว่างข้อมูลนำเข้าและตัวทดที่เกิดขึ้น และส่วนสุดท้ายคือส่วนที่ทำการพิจารณาเครื่องหมายกำกับ ในส่วนการพิจารณาตัวทดที่เกิดขึ้นได้นำสถาปัตยกรรมออนเดอะฟลาย มาใช้ในการคำนวณเพื่อให้สามารถทำการคำนวณในลักษณะแบบขนานซึ่งแตกต่างกับงานวิจัยอื่นที่การคำนวณยังคงเป็นในลักษณะลำดับอยู่ นอกจากนี้หลังจากที่ทราบค่าตัวทดที่เกิดขึ้น การหาค่าคำตอบที่เกิดขึ้นในส่วนของการประกอบกันของข้อมูลนำเข้าและตัวทดที่เกิดขึ้น และ ส่วนของการพิจารณาเครื่องหมายกำกับ สามารถกระทำได้ในลักษณะขนานเฉกเช่นเดียวกัน โดยในท้ายสุดคำตอบที่ได้จะอยู่ในรูปแบบส่วนเติมเต็มซึ่งจำนวนตัวเลขของคำตอบนั้นอาจจะมากกว่าหรือเท่ากับจำนวนของข้อมูลนำเข้าก็ได้ ในส่วนของการพิสูจน์ขั้นตอนวิธีที่งานวิจัยนี้นำเสนอนั้นได้นำหลักการอุปมัยเชิงคณิตศาสตร์เข้ามาใช้ เพื่อแสดงให้เห็นว่าข้อมูลส่งออกหรือคำตอบที่ได้หลังจากทำการคำนวณมีค่าเท่ากับข้อมูลนำเข้า

การวัดประสิทธิภาพความซับซ้อนสามารถสรุปได้เป็นลำดับดังนี้ ในส่วนของการพิจารณาตัวทดที่เกิดขึ้น ผู้วิจัยได้ใช้แนวคิดของสถาปัตยกรรมออนเดอะฟลายซึ่งสามารถหาฟังก์ชัน

ที่แทนประสิทธิภาพของขั้นตอนวิธีได้อยู่ในรูปลอการิทึมของความยาวข้อมูล n หรือ $\Theta(\log n)$ ในส่วนของการประกอบกันระหว่างข้อมูลนำเข้ากับตัวทด และ ส่วนของการพิจารณาตัวเลขที่แสดงเครื่องหมาย มีการทำงานเป็นแบบขนาน เพราะฉะนั้นสามารถคำนวณความซับซ้อนได้อยู่ในรูปของค่าคงที่ ดังนั้นเมื่อนำค่าความซับซ้อนของการทำงานทั้งหมดมาคำนวณรวมกันแล้ว จะได้ว่าค่าความซับซ้อนรวมของขั้นตอนวิธีในงานวิจัยนี้จะอยู่ในรูปลอการิทึมของความยาวข้อมูล n

ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพโดยการวัดค่าความซับซ้อนของขั้นตอนวิธีที่ได้นำเสนอในงานวิจัยนี้กับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการแปลงจำนวนซ้ำซ้อนฐานสองไปเป็นส่วนเติมเต็มของสอง สามารถสรุปได้ว่า ในวิธีการแปลงของฮวง ขั้นตอนการแบ่งจำนวนซ้ำซ้อนฐานสองออกเป็นสองจำนวนสามารถกระทำได้แบบขนานแต่ในขั้นตอนการบวกของจำนวนที่ได้ทำการแบ่งในข้างต้น ยังคงมีการทำงานในลักษณะลำดับ ซึ่งส่งผลให้การประมวลผลโดยรวมมีลักษณะเป็นแบบลำดับ เช่นเดียวกับ วิธีการแปลงของโชและเดชมุก ซึ่งมีการแบ่งจำนวนซ้ำซ้อนฐานสองออกเป็นสองจำนวนโดยมีการทำงานแบบขนานเช่นกัน แต่ในการนำจำนวนทั้งสองที่ได้จากการแบ่งมาทำการบวกกันเพื่อให้ได้คำตอบจะมีลักษณะการทำงานเป็นแบบลำดับ ทำให้การทำงานโดยรวมจากขั้นตอนทั้งหมดเป็นแบบลำดับ และ วิธีการแปลงของหว่องและทูลซึ่งใช้ตารางการจับคู่มาทำการแปลง ก็มีลักษณะการคำนวณเป็นการทำงานแบบลำดับจากหลักที่มีนัยสำคัญน้อยสุดไปยังหลักที่มีนัยสำคัญมากสุด ซึ่งจากขั้นตอนการทำงานที่เป็นแบบลำดับนี้ทำให้ความซับซ้อนเชิงเวลาของขั้นตอนวิธีการแปลงทั้งสามแบบนั้นจะแปรผันตามความยาวของข้อมูลนำเข้า ซึ่งการเปรียบเทียบนี้สามารถแสดงให้เห็นได้ในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 การเปรียบเทียบความซับซ้อนเชิงเวลา

ขั้นตอนวิธี	ค่าความซับซ้อน
วิธีการแปลงของฮวง	$\Theta(n)$
วิธีการแปลงของโชและเดชมุก	$\Theta(n)$
วิธีการแปลงของหว่องและทูล	$\Theta(n)$
วิธีการแปลงที่นำเสนอ	$\Theta(\log n)$

5.2 ข้อเสนอแนะ

การพัฒนาขั้นตอนวิธีที่ถูกนำเสนอในงานวิจัยนี้ อาจมุ่งเน้นไปที่การพิจารณาการเกิดขึ้นของตัวทดโดยใช้แนวคิดแบบอื่นๆ เช่น การหาตารางจับคู่ระหว่างข้อมูลนำเข้าและตัวทดที่มีขนาดเล็กกว่าที่นำเสนอไว้ในงานวิจัยนี้ ซึ่งการลดขนาดของตัวทดสามารถทำได้โดยการสร้างฟังก์ชันสำหรับคำนวณตัวทดขึ้นใหม่ โดยฟังก์ชันนี้จะต้องควบคุมตัวทดให้อยู่ในช่วงที่เล็กลงกว่าเดิมซึ่งตัวทดอาจเป็นเพียง 0 กับ 1 ที่เป็นตัวบอกสถานะของการส่งผ่านตัวทดระหว่างตัวเลขที่เป็นบวกหรือลบ นอกจากนี้ยังสามารถพัฒนาขั้นตอนวิธีนี้ให้ประมวลผลได้ในเวลาคงที่ โดยอาจจำเป็นต้องพัฒนาฟังก์ชันในการประกอบกันระหว่างข้อมูลนำเข้าและตัวทดที่เกิดขึ้นให้สอดคล้องกับขอบเขตตัวทดที่เล็กลง

I-22876583