# บทที่ 6

# สรุปผลการวิจัย

## 6.1. สรุปผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอเทคนิคใหม่สำหรับสร้างโครงสร้างตาข่ายสามเหลี่ยม (Triangular Mesh) สำหรับแบบจำลอง STL จากข้อมูลจุดของผิววัตถุซึ่งมีลักษณะคล้ายกับกลุ่มเมฆ (Point Cloud) ที่ได้มาจากการวัดพิกัด 3 มิติ บนผิวของวัตถุ โดยได้คิดค้นและได้พัฒนาอัลกอริทึมการจัดการและคัดแยกข้อมูลจุด (Organizing and Clustering) แบบโครงสร้างสืบทอดปรับตัวได้สองระดับ (Two-Level Adaptive Hierarchical Clustering Algorithm) ข้อมูลจุดที่อยู่ในโครงสร้างสืบทอดสองระดับจะเป็นข้อมูลจุดที่ได้ถูกคัดแยกอย่างเหมาะสมเพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลอง STL ด้วยอัลกอริทึมสำหรับปรับการเชื่อมโยงโครงสร้างตาข่ายสามเหลี่ยมแบบปรับตัวเองได้ (Adaptive Self-Adjustable Connectivity of Triangular Mesh Structure Algorithm)

การทดสอบประสิทธิภาพของเทคนิคใหม่ที่ได้คิดค้นและพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการสร้างโครงสร้างตาข่ายสามเหลี่ยมจากข้อมูลจุดของผิววัตถุที่วัดมาจากเครื่องมือวัดพิกัด 3 มิติระบบต่างๆจะเห็นได้ว่า เทคนิคนี้มีประสิทธิภาพและมีความยืดหยุ่นสูงในการนำข้อมูลจุดที่วัดได้จากเครื่องวัดพิกัดระบบต่างๆ มาใช้สร้างแบบจำลอง STL กล่าวคือ ไม่ว่าข้อมูลจุดของผิววัตถุซึ่งวัดมาจากเครื่องมือวัดพิกัดระบบไหนก็สามารถสร้างแบบจำลอง STL ได้ เช่น ข้อมูลจุดของผิววัตถุที่มีความหนาแน่นไม่คงที่ หรือข้อมูลจุดที่ได้จะมีค่าผิดพลาดเนื่องจากเครื่องมือวัดซึ่งจะทำให้ข้อมูลจุดของผิววัตถุมีลักษณะคล้ายกับเป็นผิวที่ขรุขระ โดยคุณภาพของผิวแบบจำลอง STL ซึ่งจะมีความเรียบไม่ขรุขระและมีความถูกต้องแม่นยำมากหรือน้อยเมื่อเทียบกับผิววัตถุจริง จะขึ้นอยู่กับความสามารถของเครื่องมือวัดพิกัดเป็นสำคัญ เพราะผิวแบบจำลอง STL ที่ได้นั้นสร้างจากข้อมูลจุดที่วัดได้จากเครื่องมือวัดพิกัดโดยตรง

การทดสอบความสามารถของอัลกอริทึมการจัดการและคัดแยกข้อมูลจุดด้วยจำนวนข้อมูลจุด 61 จุด อัลกอริทึมนี้จะมีการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์เพียง 1 ตัว คือ ค่าจำกัดความยาว หรือค่าความยาวของขอบของผิวสามเหลี่ยมโดยการเปลี่ยนแปลงค่า $\rho$ นี้เพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างตาข่ายผิวสามเหลี่ยมที่สร้างขึ้น ถ้าค่า $\rho$ กำหนดค่าน้อยกว่าระยะห่างระหว่างข้อมูลจุด ก็จะไม่สามารถสร้างโครงสร้างตาข่ายผิวสามเหลี่ยมได้สมบูรณ์ตามรูปที่ 5.14, รูปที่ 5.15 และเมื่อกำหนดค่า $\rho$ มีค่ามากเกินกว่าค่าที่เหมาะสม ตามรูปที่ 5.17 โครงสร้างตาข่ายสามเหลี่ยมยังสามารถที่จะสร้างได้แต่ที่บริเวณขอบนอกสุดของผิวตาข่ายสามเหลี่ยมจะมีผิว

สามเหลี่ยมเกิดขึ้นเกินความต้องการเท่านั้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอัลกอริทึมนี้มีความยืดหยุ่นและเสถียรภาพในการจัดการข้อมูลจุด ในรูปที่ 5.16 แสดงโครงสร้างตาข่ายสามเหลี่ยมที่สร้างจากค่าจำกัดความยาว (Limited Length, $\rho$) ที่เหมาะสม

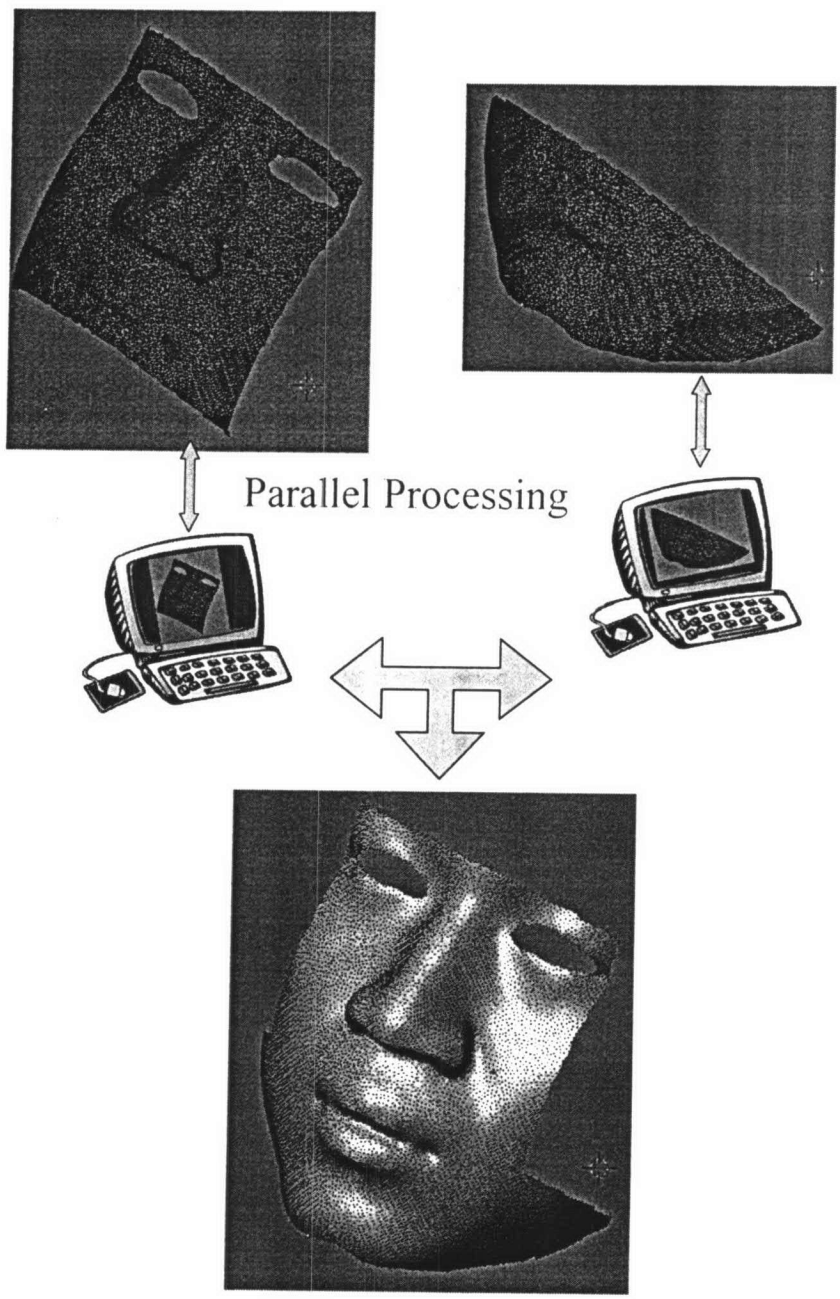
ชิ้นงานตัวอย่างมากมายได้มีการทดสอบการสร้างแบบจำลอง STL ของชิ้นงานที่มีผิวที่ซับซ้อนด้วยการใช้อัลกอริทึมสำหรับปรับการเชื่อมโยงโครงสร้างตาข่ายสามเหลี่ยมแบบปรับตัวเองได้ (Adaptive Self-Adjustable Connectivity of Triangular Mesh Structure Algorithm) อัลกอริทึมนี้ต้องการค่าพารามิเตอร์ คือ ระยะห่างระหว่างระนาบชไลซ์ และค่ามุม $\psi$ สำหรับการตรวจสอบการซ้อนกันของสองผิวสามเหลี่ยม ดังนั้นเทคนิคที่นำเสนอนี้ใช้ค่าพารามิเตอร์เพียง 3 ค่า สำหรับใช้ในการสร้างแบบจำลอง STL ซึ่งแตกต่างจากอัลกอริทึมที่ใช้ระบบนิวรอลเน็ตเวิร์คอื่นๆ [10-18] มีพารามิเตอร์ในระบบการเรียนรู้ของเน็ตเวิร์คจำนวนมากและยากต่อปรับโหนดของโครงสร้างเน็ตเวิร์คหรือปรับจุดปลายของแต่ละผิวสามเหลี่ยมของโครงสร้างตาข่ายสามเหลี่ยมให้เข้าใกล้กับข้อมูลจุดของผิววัตถุซึ่งโครงสร้างตาข่ายสามเหลี่ยมที่ได้นั้นไม่ได้มาจากข้อมูลจุดของผิววัตถุโดยตรง ดังนั้นผิวตาข่ายสามเหลี่ยมที่ได้จะมีค่าผิดพลาดเทียบกับข้อมูลจุดของผิววัตถุ ซึ่งไม่เหมาะกับการนำไปใช้งานที่ต้องการความถูกต้องสูง เช่น งานสร้างต้นแบบอย่างเร็ว และงานผลิตผลิตภัณฑ์ นอกจากนั้นผิวที่ได้จากอัลกอริทึมเหล่านี้ไม่ใช่แบบจำลอง STL แต่สำหรับเทคนิคที่นำเสนอในงานวิจัยนี้จะได้แบบจำลอง STL ซึ่งสร้างจากข้อมูลจุดของผิววัตถุที่ได้จากการวัดบนผิวของวัตถุโดยตรง ซึ่งแบบจำลอง STL นี้สามารถนำไปใช้ได้กับงานต่างๆ มากมาย รวมทั้งนำไปใช้ได้กับโปรแกรมประยุกต์ใช้งานทางด้านการผลิตทั่วๆไป (CAD/CAM Software) จากการทดสอบกับตัวอย่างต่างๆ พบว่าเทคนิคใหม่นี้ใช้งานได้อย่างน่าพอใจสำหรับสร้างแบบจำลอง STL ของผิววัตถุที่ซับซ้อน เช่น แบบจำลองผิวแบบเปิดและผิวแบบปิดที่มีลักษณะผิวที่ต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง

นอกจากนั้นเทคนิคใหม่ที่นำเสนอนี้มีอัลกอริทึมที่ง่ายไม่ซับซ้อนลดการคำนวณและประมวลผลจากสมการคณิตศาสตร์ที่ยุ่งยากและซับซ้อน ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

## 6.2. ข้อเสนอแนะ

ด้วยเทคนิคใหม่ที่ได้นำเสนอในงานวิจัยสามารถแบ่งช่วงที่ต้องการสร้างโครงสร้างตาข่ายสามเหลี่ยมเฉพาะบริเวณส่วนต่างๆ ที่ต้องการได้ ดังนั้นในกรณีที่ข้อมูลจุดของผิววัตถุซึ่งมีขนาดที่ใหญ่มากและต้องการการคำนวณที่รวดเร็วเพื่อสร้างแบบจำลองผิวของวัตถุนั้นได้ในเวลาที่รวดเร็ว ด้วยเทคนิคในงานวิจัยนี้สามารถแบ่งข้อมูลจุดของผิววัตถุนี้เป็นส่วนๆ ในช่วงที่กำหนดแล้วใช้คอมพิวเตอร์หลายหลายตัวช่วยในการคำนวณโดยการประมวลผลของคอมพิวเตอร์

แต่ละตัวนั้นจะทำงานไปพร้อมกันเรียกว่าขบวนการประมวลผลแบบขนาน (Parallel Processing) จากนั้นเมื่อการคำนวณของคอมพิวเตอร์แต่ละเสร็จแล้วก็นำมาต่อกันได้โดยตรงตามรูปที่ 6.1 ดังนั้นเทคนิคในงานวิจัยนี้ไม่จำกัดพื้นที่ในสร้างแบบจำลองผิว โดยที่ข้อมูลจุดที่ได้มานั้นอาจเป็นข้อมูลจุดที่เป็นสภาพสิ่งแวดล้อม (Environments) ในพื้นที่ต่างๆ ก็สามารถนำเทคนิคนี้ไปใช้สร้างแบบจำลองพื้นผิวได้เช่นกัน




รูปที่ 6.1 ขบวนการสร้างแบบจำลองผิวของวัตถุโดยใช้คอมพิวเตอร์หลายตัว