บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อัลกอริทึม คือขั้นตอนวิธีที่ใช้อธิบายการแก้ปัญหา ซึ่งการศึกษาวิชาที่เกี่ยวเนื่องกับอัลกอริทึมถือเป็นพื้นฐานที่สำคัญในการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ สำหรับอัลกอริทึมในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับวัตถุด้านเรขาคณิตได้มีการศึกษากันอย่างแพร่หลาย และมีการประยุกต์ใช้ในหลายสาขาวิชา ทั้งในสาขาวิชาระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) คอมพิวเตอร์กราฟิกส์ การออกแบบวงจร VLSI เป็นต้น

ในการศึกษาการทำงานของอัลกอริทึมจากหนังสือซึ่งแสดงรหัสเทียม (pseudo code) หรือการอธิบายอัลกอริทึมเพียงอย่างเดียว ผู้ที่ศึกษาอาจต้องใช้เวลานานในการทำความเข้าใจการทำงานในแต่ละส่วน รวมทั้งการลำดับการทำงานของแต่ละอัลกอริทึม โดยเฉพาะปัญหาเกี่ยวกับวัตถุเรขาคณิตจะเกี่ยวข้องกับการคำนวณที่ค่อนข้างซับซ้อน หรือค่าที่ใช้คำนวณเกี่ยวข้องกับพิกัดของวัตถุ 2 มิติหรือมากกว่าและข้อมูลเข้าของอัลกอริทึมเป็นวัตถุเรขาคณิต ซึ่งอาจต้องวาดภาพประกอบในการทำความเข้าใจอัลกอริทึม ดังนั้นจึงมีแนวคิดในการสร้างระบบเพื่อให้ผู้ใช้สามารถทำความเข้าใจอัลกอริทึมโดยใช้ภาพเป็นสื่อ รวมทั้งสามารถกำหนดคุณสมบัติของข้อมูลเข้า สามารถทดสอบข้อมูลซ้ำหรือหลายแบบได้หลาย ๆ ครั้ง หรือสามารถปรับเปลี่ยนความเร็วในการแสดงผล ซึ่งระบบนี้เรียกว่า ระบบจินตทัศน์อัลกอริทึม (algorithm visualization system)

การจินตทัศน์อัลกอริทึม คือการใช้ภาพและการเปลี่ยนแปลงของภาพแทนข้อมูลของโปรแกรม หรือการดำเนินการ เพื่อแสดงให้เห็นลำดับการทำงานในการแก้ปัญหาของอัลกอริทึม หรืออาจแสดงให้เห็นถึงจุดมุ่งหมาย หรือความหมายบางอย่างจากอัลกอริทึม ในระบบจินตทัศน์อัลกอริทึม ผู้ใช้สามารถสร้างการจินตทัศน์อัลกอริทึมและทดลองปรับเปลี่ยนข้อมูลเข้า เปรียบเทียบลักษณะการทำงานของอัลกอริทึม ปรับความเร็วในการแสดงผลให้เร็วในส่วนที่ทำความเข้าใจแล้ว หรือช้าลงในส่วนที่ทำความเข้าใจยาก ในบางระบบผู้ใช้สามารถกำหนดให้ทำงานย้อนกลับได้ ดังนั้นทำให้ลดเวลาในการทำความเข้าใจ และเพิ่มความสะดวกในการศึกษาอัลกอริทึมและช่วยในการคิดค้นวิธีการใหม่ ๆ สำหรับการแก้ปัญหา หรือสามารถปรับเปลี่ยนวิธีการแก้ปัญหาที่มีอยู่ให้เหมาะสมกับความต้องการได้

1.2 ปัญหาด้านเรขาคณิตเชิงคำนวณ (Computational Geometry)

ปัญหาทางด้านเรขาคณิตเชิงคำนวณ เป็นสาขาหนึ่งของวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ซึ่งศึกษาอัลกอริทึมสำหรับการแก้ปัญหาของวัตถุเรขาคณิต (geometric object) ตัวอย่างเช่น จุด เส้น ส่วนของเส้น และรูปหลายเหลี่ยม

1.2.1 กลุ่มของปัญหา[1]

ในที่นี้ได้แบ่งปัญหาเกี่ยวกับรูปทรงเรขาคณิตออกเป็น 5 ประเภทตามลักษณะของวัตถุเรขาคณิตที่เกี่ยวข้องคือ ความนูน (convexity) การตัดกัน (intersection) การค้นหาเชิงเรขาคณิต (geometric searching) ความใกล้ชิด (proximity) และการหาค่าเหมาะที่สุด (optimization)

1. ปัญหาเกี่ยวกับเปลือกนูน (convex hull)

ปัญหาเกี่ยวกับเปลือกนูนนอกจากเป็นปัญหาที่มีการนำไปการประยุกต์ใช้งานแล้วยังเป็นเครื่องมือที่สำคัญสำหรับการแก้ปัญหาแบบอื่น ๆ ในด้านเรขาคณิตเชิงคำนวณอีกด้วย ลักษณะของปัญหาเกี่ยวกับเปลือกนูน คือ การหาเปลือกนูน การหาส่วนรวมของรูปหลายเหลี่ยมนูน (convex polygon) สองรูปที่ไม่มีส่วนร่วมกัน การหาเส้นค้ำจุน (supporting line) ของรูปหลายเหลี่ยมนูน การหารูปหลายเหลี่ยมนูนของรูปหลายเหลี่ยมอย่างง่าย (simple polygon)

2. *ปัญหาการตัดกัน*

ปัญหาการตัดกันมีการนำไปใช้ในการสอนหลายวิชา เช่น คอมพิวเตอร์กราฟิกส์ การรู้จำแบบ (pattern recognition) เป็นต้น ซึ่งเป็นลักษณะของปัญหาที่ต้องการตรวจสอบ รายงานการตัดกัน หรือการทับซ้อนของวัตถุเรขาคณิต ปัญหาเกี่ยวกับการตัดกัน เช่น การหาส่วนที่ตัดกันของรูปหลายเหลี่ยมสองรูป การหาส่วนที่ตัดกันของรูปหลายเหลี่ยมที่รูปร่างแบบดาว การหาการตัดกันของส่วนของเส้นตรง การตรวจสอบว่ารูปหลายเหลี่ยมสองรูปตัดกันหรือไม่ รายงานการตัดกันของเส้นทุกเส้น หาจำนวนคู่ของส่วนของเส้นที่ตัดกัน หาส่วนที่ตัดกันของกึ่งระนาบ (half-plane) หาส่วนที่ตัดกันของกึ่งปริภูมิ (half-space) การหาส่วนที่สามารถมองเห็นได้ของรูปหลายเหลี่ยมจากจุด หรือจากขอบ

3. *การค้นหาเชิงเรขาคณิต*

ปัญหาเกี่ยวกับการค้นหาจะประกอบด้วยการสอบถามจากฐานข้อมูล และการรวบรวมการตอบสนอง (gathering response) จากฐานข้อมูล การสอบถามมีสองแบบคือ การสอบถามแบบครั้งเดียว (one-time queries) และการสอบถามแบบที่ทำซ้ำ ๆ (repetitive queries) และมีสภาพแวดล้อมสองชนิด คือ แบบสถิตและแบบพลวัตขึ้นอยู่กับว่าฐานข้อมูลคงที่หรือมีการเปลี่ยนแปลงง่าย ปัญหาเกี่ยวกับการค้นหาเชิงเรขาคณิต เช่น การนับข้อมูลจากการค้นหาในพิสัย (range search counting) การรายงานข้อมูลจากการค้นหาในพิสัย การค้นหาจุดที่อยู่ในรูปหลายเหลี่ยม การค้นหาวัตถุที่ตัดกับวัตถุเชิงตั้งฉาก (orthogonal object) ที่กำหนด การหาบริเวณของการแบ่งย่อยซึ่งบรรจุจุดที่สอบถามจากการแบ่งย่อยเชิงระนาบที่กำหนด (planar subdivision)

4. *ความใกล้ชิดและปัญหาที่เกี่ยวข้อง*

วัตถุเรขาคณิต เช่น จุด หรือวงกลม ได้มีการนำไปใช้ในการสร้างแบบจำลองทางด้านกายภาพในงานจริง ซึ่งในบางกรณีอาจต้องการเข้าถึงวัตถุที่อยู่ใกล้เคียงวัตถุที่กำหนด เช่น ในการควบคุมการจราจรทางอากาศ สำหรับปัญหาเกี่ยวกับความใกล้ชิด บางปัญหาจะเป็นการกล่าวถึงการสร้างรูปทางเรขาคณิตเพื่อเอื้อ

---

[1] Lee and Preparata, "Computational geometry - a survey," IEEE Transactions on Computers 12(1984) : 1072-1101.

ประโยชน์ในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับความใกล้ชิด ตัวอย่างของปัญหาเกี่ยวกับความใกล้ชิด คือ การหาคู่ของจุดที่ใกล้ที่สุด (closest pair) การหาจุดที่ใกล้ที่สุดทั้งหมด (all nearest neighbors) ต้นไม้ทอดข้ามสั้นที่สุด (minimal spanning tree) การทำให้เป็นสามเหลี่ยม (triangulation) การหาแผนภาพโวโรนอย (voronoi diagram) การหาจุดยอดที่ใกล้กันที่จุดในรูปหลายเหลี่ยมแบบนูน การหาคู่ที่ไกลที่สุด

5. *การค้นหาค่าเหมาะที่สุดของปัญหาด้านเรขาคณิต*

ปัญหานี้เป็นปัญหาด้านเรขาคณิตของลักษณะเชิงการจัดซึ่งโดยทั่วไปเป็นการพิจารณาในเรื่องของทฤษฎีกราฟหรือการหาค่าเหมาะที่สุด ตัวอย่างของปัญหา เช่น กำหนดการเชิงเส้น (linear programming) การหาว่ามีเส้นตรงซึ่งสามารถแบ่งเซตของจุดสองเซตในระนาบออกเป็นสองเซตหรือไม่ (2-Dimensional linear separability) การหาวงกลม สี่เหลี่ยมหรือสามเหลี่ยมที่เล็กที่สุดที่สามารถปิดล้อมเซตของจุด

1.2.2 ตัวอย่างของการประยุกต์[2]

การประยุกต์ในสาขาคอมพิวเตอร์กราฟิกส์ ปัญหาที่สำคัญ คือ การย้ายพื้นผิวที่ซ่อนอยู่ (hidden surface removal) คือกำหนดให้มีวัตถุหลาย ๆ ชิ้นวางอยู่ด้วยกัน ต้องการหาว่าหากกำหนดตำแหน่งการมอง ณ จุดหนึ่ง จะมีส่วนไหนของวัตถุที่สามารถเห็นได้บ้าง ในการแก้ปัญหาจะคำนวณหารายละเอียดเชิงการจัด (combinatorial description) ของส่วนที่เห็นได้ของวัตถุ

ปัญหาด้านสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ เช่น ต้องการเก็บแผนที่หลายประเภทอย่างเช่น แผนที่ถนน แผนที่ความสูง แล้วถามคำถามบางอย่างเกี่ยวกับแผนที่นั้น เช่น กำหนดบริเวณสี่เหลี่ยม แล้วต้องการแสดงส่วนของแผนที่ที่อยู่ภายในบริเวณนั้นบนหน้าจอ จะเรียกการสอบถามนี้ว่า การสอบถามในพิสัย (range query) หรืออีกตัวอย่างหนึ่ง เช่น กำหนดจุดสองจุดบนแผนที่ แล้วหาเส้นทางที่สั้นที่สุดระหว่างจุดทั้งสอง โดยคำนึงถึงลักษณะภูมิประเทศที่พบ

ปัญหาที่เกี่ยวกับหุ่นยนต์ที่สำคัญ คือ ปัญหาการวางแผนการเคลื่อนที่ (motion planning) ของหุ่นยนต์คือ กำหนดให้มีหุ่นยนต์ และวัตถุหลาย ๆ ชิ้นวางอยู่ แล้วหาเส้นทางสำหรับหุ่นยนต์จากจุดตั้งต้นจนสิ้นสุด ซึ่งหุ่นยนต์จะไม่ชนกับวัตถุ ในด้านเรขาคณิตเชิงคำนวณมีทฤษฎีเกี่ยวกับการจัด (arrangement) และแผนภาพโวโรนอย สำหรับการแก้ปัญหานี้

กล่าวโดยสรุป ปัญหาด้านเรขาคณิตเชิงคำนวณเป็นปัญหาที่มีการนำไปประยุกต์ใช้ในหลาย ๆ สาขาวิชา นอกจากการนำไปประยุกต์ใช้แล้ว ยังมีกลุ่มปัญหาในด้านเชิงการจัดที่หลากหลาย ซึ่งเป็นจุดน่าสนใจสำหรับนักคณิตศาสตร์ที่สนใจในด้านคณิตศาสตร์เชิงการจัด (combinatoric) และมีการใช้อัลกอริทึมที่หลากหลายในการแก้ปัญหา เช่น อัลกอริทึมเส้นกราดตรวจ (scan line) อัลกอริทึมแบบสุ่ม (randomized) อัลกอริทึมแบ่งแยกแล้วเอาชนะ (divide-and-conquer) และมีวิธีในส่วนของการวิเคราะห์อัลกอริทึมหลายแบบ ดังนั้นจึงเป็นสาขาวิชาที่มีความสำคัญ และสามารถนำไปประยุกต์ได้

---

[2] Overmars, "Teaching Computational Geometry," Computer Graphics (1995) : 18-23.

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. พัฒนาโปรแกรมสำหรับการจินตทัศน์อัลกอริทึมของปัญหาด้านเรขาคณิตเชิงคำนวณ
2. เพื่อช่วยในด้านการเรียนการสอนเกี่ยวกับอัลกอริทึมหรือวิชาอื่นที่เกี่ยวข้อง

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1. พัฒนาโปรแกรมบนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลบนระบบปฏิบัติการไมโครซอฟต์วินโดวส์ (Microsoft Windows)
2. พัฒนาการจินตทัศน์อัลกอริทึมในปัญหาด้านเรขาคณิตเชิงคำนวณ ซึ่งพิจารณาเฉพาะในสองมิติ เป็นปัญหาในเรื่องของ การหาเปลือกนูน และการค้นหาในพิสัย
3. พัฒนาบนระบบจินตทัศน์อัลกอริทึม AVis ที่ได้พัฒนาไว้แล้ว

1.5 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

1. ศึกษาปัญหาและอัลกอริทึมในการแก้ปัญหาในด้านเรขาคณิตเชิงคำนวณ
2. ศึกษาการพัฒนาโปรแกรมด้วยภาษาวิชวลเบสิก (Visual Basic)
3. วิเคราะห์และออกแบบโปรแกรมในส่วนการแก้ปัญหาทางด้านเรขาคณิตเชิงคำนวณ
4. ศึกษาการพัฒนาการจินตทัศน์อัลกอริทึมบน AVis
5. วิเคราะห์และออกแบบโปรแกรมในส่วนของการจินตทัศน์อัลกอริทึม
6. พัฒนาและทดสอบการทำงานของโปรแกรม
7. เขียนและเรียบเรียงงานวิจัยในรูปแบบของวิทยานิพนธ์

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. คลังโปรแกรมสำหรับการจินตทัศน์อัลกอริทึมในด้านเรขาคณิตเชิงคำนวณใน 2 มิติ
2. เป็นแนวทางในการพัฒนาองค์ประกอบการจินตทัศน์

1.7 เนื้อหาของวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 7 บท ซึ่งในบทนำจะแสดงให้เห็นที่มาและความสำคัญของปัญหา และภาพรวมของสาขาวิชาทางด้านเรขาคณิตเชิงคำนวณ ส่วนในบทที่ 2 กล่าวถึงงานวิจัยทางด้านการจินตทัศน์อัลกอริทึมที่มีอยู่ ทั้งระบบจินตทัศน์อัลกอริทึมทั่วไป และระบบจินตทัศน์อัลกอริทึมในด้านเรขาคณิตเชิงคำนวณ บทที่ 3 กล่าวถึงปัญหาในด้านเรขาคณิตเชิงคำนวณและอัลกอริทึมที่ใช้ในการแก้ปัญหาในงานวิจัยนี้ บทที่ 4 กล่าวถึงระบบจินตทัศน์อัลกอริทึม AVis ซึ่งใช้เป็นระบบในการพัฒนาองค์ประกอบต่าง ๆ ในงานวิจัย บทที่ 5 เป็นบทที่กล่าวถึงรายละเอียดขององค์ประกอบ การติดต่อระหว่างองค์ประกอบที่พัฒนา โดยแบ่งออกเป็น 4 ประเภทตามที่ AVis ออกแบบไว้ บทที่ 6 เป็นตัวอย่างการจินตทัศน์อัลกอริทึมที่พัฒนาในระบบ ส่วนบทที่ 7 จะเป็นบทสรุปผลการวิจัยรวมทั้งข้อเสนอแนะสำหรับผู้ที่สนใจในงานวิจัยในด้านนี้