ระบบจินตทัศน์อัลกอริทึมของปัญหาทางด้านเรขาคณิตเชิงคำนวณ

นางสาว ปวีณา ทองใบ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2540

ISBN 974-637-707-8

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I17972437

ALGORITHM VISUALIZATION FOR COMPUTATIONAL GEOMETRY PROBLEMS

Miss Paweena Tongbai

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Computer Science
Department of Computer Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 1997

ISBN 974-637-707-8

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ระบบจินตทัศน์อัลกอริทึมของปัญหาทางด้านเรขาคณิตเชิงคำนวณ

โดย นางสาว ปวีณา ทองใบ

ภาควิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมชาย ประสิทธิ์จูตระกูล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ นพ. ศุภวัฒน์ ชุติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(อาจารย์ ดร. สืบสกุล พิภพมงคล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมชาย ประสิทธิ์จูตระกูล)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร. ฐิต ศิริบูรณ์)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร. บุญเสริม กิจศิริกุล)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

ปวีณา ทองใบ : ระบบจินตทัศน์อัลกอริทึมของปัญหาทางด้านเรขาคณิตเชิงคำนวณ (ALGORITHM VISUALIZATION FOR COMPUTATIONAL GEOMETRY PROBLEMS) อ. ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมชาย ประสิทธิ์จูตระกูล, 94 หน้า. ISBN 974-637-707-8.

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการออกแบบและการพัฒนาระบบจินตทัศน์อัลกอริทึมสำหรับปัญหาเรขาคณิตเชิงคำนวณในสองมิติสองปัญหาคือปัญหาเปลือกนูน และปัญหาการค้นหาในพิสัย ระบบนี้ได้รับการพัฒนาให้ใช้งานกับระบบ AVis ซึ่งเป็นระบบบริหารจินตทัศน์อัลกอริทึมที่ทำงานบนสภาพปฏิบัติการวินโดวส์ บทจินตทัศน์หนึ่ง ๆ ประกอบด้วยสี่กลุ่มขององค์ประกอบ คือ ส่วนอัลกอริทึม ส่วนสร้างข้อมูล ส่วนแสดงผล และส่วนแปลงคำสั่ง ระบบนี้มีส่วนอัลกอริทึมหกส่วนเพื่อการจินตทัศน์ปัญหาเปลือกนูน ได้แก่ อัลกอริทึมแบบห่อของขวัญของ Javis อัลกอริทึมแบบกราดตรวจของ Graham อัลกอริทึมแบบค่อย ๆ เพิ่มจุด อัลกอริทึมแบบแบ่งแยกแล้วเอาชนะ อัลกอริทึมการหาเปลือกนูนแบบเร็ว อัลกอริทึมแบบกำจัด และส่วนอัลกอริทึมอีกสี่ส่วนสำหรับปัญหาการค้นหาในพิสัย ได้แก่ การค้นหาแบบลำดับ การค้นหาด้วยวิธีกริด การค้นหาโดยใช้ต้นไม้สองมิติ การค้นหาโดยใช้ต้นไม้สองมิติที่มีแกนที่ใช้เป็นคีย์เป็นตัวเลขสุ่ม และการค้นหาโดยใช้ต้นไม้มัธยฐาน ข้อมูลขาเข้าของอัลกอริทึมถูกสร้างทั้งแบบสุ่ม แบบสร้างขึ้นเอง และแบบอ่านจากแฟ้มข้อมูลโดยใช้ส่วนสร้างข้อมูล ระบบมีส่วนแสดงผลสองส่วน คือ การแสดงจุดบนระนาบ และการแสดงกราฟเส้น เพื่อการจินตทัศน์อัลกอริทึมการหาเปลือกนูน และมีส่วนแสดงผลอีกส่วนที่แสดงจุดและต้นไม้ เพื่อการจินตทัศน์อัลกอริทึมการค้นหาในพิสัย นอกจากนี้ยังมีส่วนแปลงคำสั่งอีกจำนวนหนึ่งที่ทำงานหน้าที่รับเหตุการณ์จากส่วนอัลกอริทึมเพื่อแปลงเป็นคำสั่งการสร้างภาพของส่วนแสดงผล ระบบนี้เหมาะสำหรับใช้เพื่อการศึกษาพฤติกรรมของอัลกอริทึมต่าง ๆ ข้างต้น เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะของข้อมูลขาเข้า และเป็นระบบที่ได้รับการพัฒนาเพื่อเป็นต้นแบบในการพัฒนาการจินตทัศน์ปัญหาเรขาคณิตเชิงคำนวณอื่น ๆ ต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ลายมือชื่อนิสิต ปวีณา ทองใบ

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา สมชาย ประสิทธิ์จูตระกูล

ปีการศึกษา 2540 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

C718350 : MAJOR COMPUTER SCIENCE
KEY WORD: ALGORITHM / VISUALIZATION / COMPUTATIONAL GEOMETRY
PAWEENA TONGBAI : ALGORITHM VISUALIZATION FOR COMPUTATIONAL GEOMETRY PROBLEMS. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. SOMCHAI PRASITJUTRAKUL, Ph. D. 94 pp.
ISBN 974-637-707-8.

This thesis presents a design and development of an algorithm visualization for two 2D computational geometry problems; convex hull and range search problems. The system was developed to be used in AVis, an algorithm visualization management running on MS Windows operating environment. Each visualization session consists of four classes of components; algorithms, data generators, views and converters. There are six algorithm components for visualizing the convex hull problem; Javis's march, Graham's scan, incremental, divide-and-conquer, quick hull, and "throw-away" algorithms, and the other four algorithm components for the range search problem; brute force, grid method, 2D tree, 2D tree with randomized discriminator, and median tree algorithms. Input data can be randomly generated, manually-created, or read from a data file using a data generator component. Two views, point-in-the-plane and line graph views, are provided for visualizing the convex hull algorithms, and another point-and-tree view are used for the range search algorithms. In addition, there are a number of converters used for converting events from the algorithm components to graphic commands in the view components. The system is well-suited for studying behaviours of the algorithms when varying input parameters and was developed as a prototype for further development in visualizing more computational geometry problems.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ปีการศึกษา 2540 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของอาจารย์ที่ปรึกษา คือผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมชาย ประสิทธิ์จูตระกูล ที่ให้คำปรึกษา ดูแล ให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับงานวิจัยด้วยดีมาตลอด รวมทั้งช่วยเหลือ กระตุ้นให้งานนี้เสร็จได้ทันเวลา

ขอขอบคุณ คุณ ชัชวาลย์ วงศ์ศิริประเสริฐ สำหรับความช่วยเหลือ และแนะนำวิธีการใช้ AVis รวมทั้งช่วยแก้ไขข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น

ขอขอบคุณ คุณ บูรณี จันทรปรรณิก ที่ให้ใช้สถานที่ทำงาน และอุปกรณ์ต่าง ๆ รวมทั้งให้ลาหยุดงานเป็นเวลานานสำหรับการทำวิทยานิพนธ์นี้

ท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ซึ่งสนับสนุนและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ญ
สารบัญภาพ ..... ฐ
1. บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 ปัญหาด้านเรขาคณิตเชิงคำนวณ (Computational Geometry) 1
1.2.1 กลุ่มของปัญหา 2
1.2.2 ตัวอย่างของการประยุกต์ 3
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 4
1.4 ขอบเขตของการวิจัย 4
1.5 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน 4
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4
1.7 เนื้อหาของวิทยานิพนธ์ 4
2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5
2.1 BALSA-II 5
2.1.1 แนวคิดต้นแบบ 6
2.1.2 ส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ใน BALSA-II 8
2.2 Tango 10
2.2.1 ส่วนประกอบของระบบ 10
2.2.2 การทำงานใน Tango 12
2.2.3 การสร้างการจินตทัศน์ใน Tango 13
2.2.4 ตัวอย่างการจินตทัศน์ใน Tango 15
2.3 Geometric Animation System, Princeton (GASP) 16
2.3.1 แนวคิดต้นแบบ 16
2.3.2 ส่วนต่อประสาน 17
2.3.3 โครงสร้างของ GASP 20
2.4 XYZ GeoBench (eXperimental geometrY Zurich) 21
2.4.1 โครงสร้างและส่วนประกอบของ XYZ GeoBench 21
2.5 AVis 25

สารบัญ (ต่อ)

2.5.1 โครงสร้างของ AVis 25
2.6 สรุป 26
3. ปัญหาทางด้านเรขาคณิตเชิงคำนวณในงานวิจัย 27
3.1 คำศัพท์และการดำเนินการที่ใช้ในงานวิจัย 27
3.2 ปัญหาการหาเปลือกนูน (convex hull) 28
3.2.1 อัลกอริทึมแบบห่อของขวัญของ Javis (Javis's March) 28
3.2.2 อัลกอริทึมแบบกราดตรวจของ Graham (Graham's Scan) 29
3.2.3 อัลกอริทึมแบบค่อย ๆ เพิ่มจุด (Incremental) 31
3.2.4 อัลกอริทึมแบบแบ่งแยกแล้วเอาชนะ (Divide-and-conquer) 32
3.2.5 การหาเปลือกนูนแบบเร็ว (Quick Hull) 34
3.2.6 อัลกอริทึมแบบกำจัด 36
3.3 ปัญหาการค้นหาในพิสัย (Range Searching) 37
3.3.1 การค้นหาแบบลำดับ 37
3.3.2 วิธีกริด (Grid Method) 38
3.3.3 ต้นไม้แบบสองมิติ (2 Dimensional Tree) 39
3.3.4 ต้นไม้ที่แกนที่ใช้เป็นคีย์เป็นตัวเลขสุ่ม 40
3.3.5 ต้นไม้มัธยฐาน (Median Tree) 41
4. AVis 44
4.1 โครงสร้างของ AVis 44
4.1.1 หน่วยบริหารการจินตทัศน์ (AVisExecutive) 45
4.1.2 โปรแกรมควบคุมการจินตทัศน์ (AVisController) 45
4.1.3 องค์ประกอบการจินตทัศน์อัลกอริทึม (AvisComponent) 46
4.2 ผู้ใช้งานระบบ AVis 46
4.3 การพัฒนาองค์ประกอบการจินตทัศน์อัลกอริทึม 47
4.3.1 โครงสร้างโปรแกรมขององค์ประกอบ 47
4.3.2 การติดต่อประสานงานขององค์ประกอบการจินตทัศน์ 48
4.3.3 การประสานจังหวะการทำงานขององค์ประกอบอัลกอริทึม 49
4.3.4 แฟ้มรายละเอียดองค์ประกอบ 49
4.4 การสร้างบทการจินตทัศน์อัลกอริทึมและการใช้งาน 50
4.5 สรุป 51
5. การพัฒนาระบบจินตทัศน์ด้านเรขาคณิตเชิงคำนวณบน AVis 52

สารบัญ (ต่อ)

5.1 ปัญหาการหาเปลือกนูน 52
5.1.1 ส่วนสร้างข้อมูล 52
5.1.2 ส่วนอัลกอริทึม 53
5.1.3 ส่วนแปลงคำสั่ง 55
5.1.4 ส่วนแสดงผล 55
5.1.5 ข้อความคำสั่งระหว่างองค์ประกอบ 59
5.2 ปัญหาการค้นหาในพิสัย 63
5.2.1 ส่วนสร้างข้อมูล 63
5.2.2 ส่วนอัลกอริทึม 64
5.2.3 ส่วนแสดงผล 66
5.2.4 ข้อความคำสั่งระหว่างองค์ประกอบ 68
6. ตัวอย่างของการจินตทัศน์ 71
6.1 ตัวอย่างที่ 1 71
6.2 ตัวอย่างที่ 2 73
6.3 ตัวอย่างที่ 3 74
6.4 ตัวอย่างที่ 4 75
6.5 ตัวอย่างที่ 5 75
6.6 ตัวอย่างที่ 6 77
6.7 สรุป 78
7. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 79
7.1 สรุปผลการวิจัย 79
7.2 ข้อเสนอแนะ 79
รายการอ้างอิง 81
ภาคผนวก 83
ภาคผนวก ก 84
ภาคผนวก ข 86
ภาคผนวก ค 89
ประวัติผู้วิจัย 94

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2-1 แสดงการดำเนินการของส่วนประกอบการจินตทัศน์ 11
ตารางที่ 5-1 พารามิเตอร์ขององค์ประกอบสร้างข้อมูล 53
ตารางที่ 5-2 การดำเนินการพื้นฐานของอัลกอริทึมในการแก้ปัญหาการหาเปลือกนูน 54
ตารางที่ 5-3 การแสดงการทำงานของอัลกอริทึม 54
ตารางที่ 5-4 ข้อความคำสั่งเหตุการณ์ขาเข้าจากองค์ประกอบอัลกอริทึมไปยังองค์ประกอบสร้างข้อมูล 60
ตารางที่ 5-5 ข้อความคำสั่งเหตุการณ์ขาออกจากองค์ประกอบอัลกอริทึมไปยังองค์ประกอบแปลงคำสั่ง 60
ตารางที่ 5-6 ข้อความคำสั่งเหตุการณ์ขาออกจากองค์ประกอบแปลงคำสั่งไปยังองค์ประกอบแสดงผล 61
ตารางที่ 5-7 ข้อความคำสั่งที่มีการแปลงในองค์ประกอบแปลงคำสั่ง 61
ตารางที่ 5-8 การดำเนินการพื้นฐานของอัลกอริทึมในการแก้ปัญหาการค้นหาในพิสัย 65
ตารางที่ 5-9 การแสดงการทำงานของอัลกอริทึม 65
ตารางที่ 5-10 ข้อความคำสั่งเหตุการณ์ขาเข้าจากองค์ประกอบอัลกอริทึมไปยังองค์ประกอบสร้างข้อมูล 68
ตารางที่ 5-11 ข้อความคำสั่งเหตุการณ์ขาออกจากองค์ประกอบอัลกอริทึมไปยังองค์ประกอบแสดงผล 69
ตารางที่ 5-12 ข้อความคำสั่งเหตุการณ์ขาเข้าที่ส่งจากองค์ประกอบแสดงผลไปยังองค์ประกอบอัลกอริทึม 69

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

รูปที่ 2-1 แสดงหน้าต่างของส่วนแสดงผลหลาย ๆ รูปแบบใน BALSA-II 5
รูปที่ 2-2 แสดงการจัดโครงสร้างของโปรแกรมการเรียงลำดับแบบเร็ว 7
รูปที่ 2-3 ภาพรวมความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบภายในระบบ 8
รูปที่ 2-4 เมนูและหน้าต่างส่วนแสดงผลของ BALSA-II 9
รูปที่ 2-5 ภาพการกำหนดพารามิเตอร์สำหรับอัลกอริทึมการเรียงลำดับแบบเร็ว 9
รูปที่ 2-6 เค้าโครงส่วนประกอบของระบบ 10
รูปที่ 2-7 รูปแสดงการสร้างความสัมพันธ์ 12
รูปที่ 2-8 ภาพรวมการติดต่อระหว่าง 2 กระบวนงานใน Tango 13
รูปที่ 2-9 โปรแกรมภาพการเคลื่อนไหว 14
รูปที่ 2-10 ตัวอย่างแฟ้มควบคุม 15
รูปที่ 2-11 ภาพการจินตทัศน์อัลกอริทึมการเรียงลำดับแบบฟอง 15
รูปที่ 2-12 ตัวอย่างการสร้างหน่วยอะตอม 18
รูปที่ 2-13 ตัวอย่างแฟ้มลักษณะ 19
รูปที่ 2-14 รูปแสดงสภาวะแวดล้อมของ GASP 19
รูปที่ 2-15 โครงสร้างของ GASP 20
รูปที่ 2-16 โครงสร้างของ XYZ Geobench และความสัมพันธ์กับโปรแกรมสำเร็จรูปในระบบ 21
รูปที่ 2-17 หน้าต่างข่าวสารและหน้าต่างเรขาคณิต 22
รูปที่ 2-18 เมนูการดำเนินการของ XYZ Geobench 23
รูปที่ 2-19 ตัวอย่างสำหรับการสร้างภาพเคลื่อนไหว 23
รูปที่ 2-20 กลุ่มข้อมูลนามธรรม point2d 24
รูปที่ 2-21 โครงสร้างและความสัมพันธ์ของส่วนประกอบต่าง ๆ ใน AVis 26
รูปที่ 3-1 เส้นค้ำจุนของรูปหลายเหลี่ยม Q 28
รูปที่ 3-2 ภาพของเปลือกนูน 28
รูปที่ 3-3 การเปรียบเทียบเพื่อหาค่ามุมที่น้อยที่สุด 29
รูปที่ 3-4 อัลกอริทึมแบบห่อของขวัญของ Javis 29
รูปที่ 3-5 การเรียงลำดับของจุดตามมุมเทียบกับจุดอ้างอิง 30
รูปที่ 3-6 อัลกอริทึมแบบกราดตรวจของ Graham 30
รูปที่ 3-7 การขยายเปลือกนูนในกรณีที่จุดที่เพิ่มเข้าไปใหม่ไม่อยู่ในเปลือกนูน 31
รูปที่ 3-8 อัลกอริทึมแบบค่อย ๆ เพิ่มจุด 31
รูปที่ 3-9 เส้นค้ำจุนสำหรับการผสานเปลือกนูน 33
รูปที่ 3-10 อัลกอริทึมแบบแบ่งแยกแล้วเอาชนะ 33

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่ 3-11 การแบ่งเขตของจุดในการหาเปลือกนูนแบบเร็ว 35
รูปที่ 3-12 อัลกอริทึมการหาเปลือกนูนแบบเร็ว 35
รูปที่ 3-13 การแบ่งบริเวณในการหาเปลือกนูน 36
รูปที่ 3-14 อัลกอริทึมการหาเปลือกนูนแบบกำจัด 36
รูปที่ 3-15 อัลกอริทึมการค้นหาแบบลำดับ 37
รูปที่ 3-16 อัลกอริทึมการใส่จุดลงในตารางและการค้นหา 38
รูปที่ 3-17 ตัวอย่างของต้นไม้สองมิติ 39
รูปที่ 3-18 อัลกอริทึมการสร้างต้นไม้สองมิติและการค้นหา 40
รูปที่ 3-19 อัลกอริทึมการสร้างต้นไม้สองมิติโดยแกนที่เป็นคีย์ใช้ตัวเลขสุ่มและการค้นหา 41
รูปที่ 3-20 อัลกอริทึมการสร้างต้นไม้มัธยฐานและการค้นหา 42
รูปที่ 4-1 โครงสร้างของระบบจินตทัศน์อัลกอริทึม 44
รูปที่ 4-2 ภาพองค์ประกอบจินตทัศน์ และทิศทางการส่งข้อมูล 46
รูปที่ 4-3 โปรแกรมจำลองขององค์ประกอบ 47
รูปที่ 4-4 ข้อความคำสั่งขององค์ประกอบ 48
รูปที่ 4-5 ตัวอย่างแฟ้มรายละเอียดองค์ประกอบขององค์ประกอบสร้างข้อมูล 49
รูปที่ 4-6 บทการจินตทัศน์ใน AVisDesingner 50
รูปที่ 4-7 แสดงการกำหนดพารามิเตอร์ใน AVisDesigner 51
รูปที่ 4-8 หน้าจอของส่วนควบคุมขณะทำการจินตทัศน์ 51
รูปที่ 5-1 ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของปัญหาการหาเปลือกนูน 52
รูปที่ 5-2 แสดงการเปรียบเทียบมุม 55
รูปที่ 5-3 แสดงการเรียงลำดับจุด 56
รูปที่ 5-4 แสดงการขยายเปลือกนูน 56
รูปที่ 5-5 แสดงเปลือกนูนของเขตย่อยของจุด 57
รูปที่ 5-6 การหาจุดที่มีระยะห่างจากเส้นตรงมากที่สุด 57
รูปที่ 5-7 การแบ่งบริเวณที่เกิดจากจุดสุดขีด 57
รูปที่ 5-8 ตัวอย่างขององค์ประกอบแสดงผลกราฟ 58
รูปที่ 5-9 แผนภาพแสดงการติดต่อระหว่างองค์ประกอบในปัญหาการหาเปลือกนูน 59
รูปที่ 5-10 ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของปัญหาการค้นหาในพิสัย 63
รูปที่ 5-11 โครงสร้างของโปรแกรมในการเริ่มต้นการจินตทัศน์ของส่วนสร้างข้อมูล 64
รูปที่ 5-12 โครงสร้างของโปรแกรมในการเริ่มต้นอัลกอริทึม 64
รูปที่ 5-13 การแทรกจุดในต้นไม้สองมิติ 66

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่ 5-14 ขอบเขตในการค้นหาของต้นไม้สองมิติ 67
รูปที่ 5-15 การสลับที่ของจุดเพื่อหาจุดที่เป็นมัธยฐาน 67
รูปที่ 5-16 การค้นหาโดยวิธีกริด 67
รูปที่ 5-17 แผนภาพแสดงการติดต่อระหว่างองค์ประกอบในปัญหาการค้นหาในพิสัย 68
รูปที่ 6-1 ภาพของเปลือกนูนที่เป็นผลลัพธ์ของข้อมูลทั้งสี่ชุด 71
รูปที่ 6-2 แสดงการหาเปลือกนูน 72
รูปที่ 6-3 กราฟระหว่างจำนวนจุดที่อัลกอริทึมหาได้ถูกต้องกับเวลาของอัลกอริทึมแบบห่อของขวัญของ Javis 72
รูปที่ 6-4 จุดที่ใช้เป็นข้อมูลเข้า 73
รูปที่ 6-5 แสดงขั้นตอนการทำงานโดยใช้ข้อมูลเข้าชุดที่หนึ่ง 73
รูปที่ 6-6 แสดงขั้นตอนการทำงานโดยใช้ข้อมูลเข้าชุดที่สอง 73
รูปที่ 6-7 กราฟระหว่างจำนวนจุดที่อัลกอริทึมหาได้ถูกต้องกับเวลาของอัลกอริทึมแบบค่อย ๆ เพิ่มจุด 74
รูปที่ 6-8 กราฟระหว่างจำนวนจุดที่อัลกอริทึมหาได้ถูกต้องกับเวลาของอัลกอริทึมแบบกราดตรวจของ Graham74
รูปที่ 6-9 กราฟระหว่างจำนวนจุดที่อัลกอริทึมหาได้ถูกต้องกับเวลาของอัลกอริทึมแบบห่อของขวัญของ Javis 75
รูปที่ 6-10 จุดที่ใช้เป็นข้อมูลเข้า (ก) จุดส่วนใหญ่กระจายอยู่ตรงกลาง (ข) มีการกระจายของจุดอยู่รอบ ๆ 75
รูปที่ 6-11 แสดงขั้นตอนการทำงานโดยใช้ข้อมูลเข้าชุดที่หนึ่ง 76
รูปที่ 6-12 แสดงขั้นตอนการทำงานโดยใช้ข้อมูลเข้าชุดที่สอง 76
รูปที่ 6-13 กราฟระหว่างจำนวนจุดที่อัลกอริทึมหาได้ถูกต้องกับเวลาของอัลกอริทึมแบบกำจัด 76
รูปที่ 6-14 ข้อมูลเข้าสำหรับการสร้างต้นไม้ 77
รูปที่ 6-15 ต้นไม้สองมิติของข้อมูลชุดที่หนึ่ง 77
รูปที่ 6-16 ต้นไม้มัธยฐานของข้อมูลชุดที่หนึ่ง 77
รูปที่ 6-17 ต้นไม้สองมิติที่สลับตำแหน่งข้อมูลเข้าใหม่ 78
รูปที่ 6-18 ต้นไม้มัธยฐานที่สลับตำแหน่งข้อมูลเข้าใหม่ 78
รูปที่ ข-1 หน้าจอแสดงชื่อกลุ่มของปัญหา 86
รูปที่ ข-2 หน้าจอแสดงรายการองค์ประกอบในกลุ่มของปัญหา 87
รูปที่ ข-3 หน้าจอบทการจินตทัศน์ใน AVisDesigner 87
รูปที่ ข-4 ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของปัญหาการหาเปลือกนูนและการค้นหาในพิสัย 88
รูปที่ ข-5 หน้าจอของโปรแกรม AVisRun ซึ่งเรียกภายใน AVisDesigner 88
รูปที่ ข-6 หน้าจอของโปรแกรม AVisRun ซึ่งเรียกผ่านโปรแกรมเมเนเจอร์ 86
รูปที่ ค-1 หน้าจอขององค์ประกอบรับข้อมูลแบบสุ่ม 89
รูปที่ ค-2 หน้าจอขององค์ประกอบรับข้อมูลแบบสุ่ม 90
รูปที่ ค-3 หน้าจอขององค์ประกอบรับข้อมูลเข้าโดยป้อนจากผู้ใช้ 91

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่ ค-4 หน้าจอสำหรับการกำหนดขนาดของกริด 91
รูปที่ ค-5 หน้าจอแสดงผลของปัญหาการค้นหาในพิสัย 92
รูปที่ ค-6 หน้าจอของกล่องโต้ตอบสำหรับการกำหนดสีของวัตถุ 93

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย