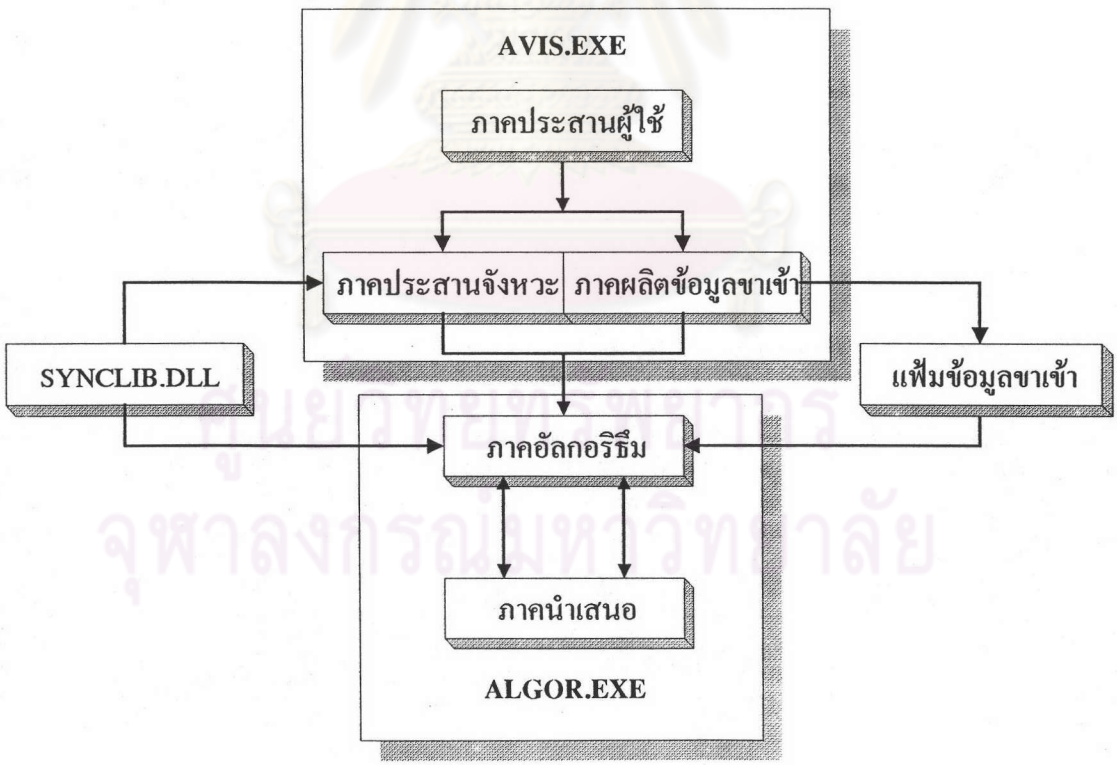
บทที่ 5

ผลการวิจัยและทดสอบโปรแกรม

จากการศึกษาและออกแบบระบบจินตทัศน์อัลกอริทึมการเรียงลำดับข้อมูลดังที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 4 เมื่อนำมาสร้างเป็นโปรแกรมแล้วจะได้โปรแกรมสองโปรแกรมชื่อ AVIS.EXE ซึ่งประกอบไปด้วย ภาคประสานกับผู้ใช้ ภาคประสานจังหวะ ภาคผลิตข้อมูลขาเข้า ส่วนอีกโปรแกรมหนึ่งคือ ALGOR.EXE ประกอบด้วยภาคอัลกอริทึมและภาคนำเสนอ ความสัมพันธ์ของทั้งสองโปรแกรมสามารถแสดงได้ในรูปที่ 5.1 ระบบจินตทัศน์อัลกอริทึมการเรียงลำดับข้อมูลที่พัฒนาขึ้นนี้จะทำงานภายใต้สภาพปฏิบัติการไมโครซอฟต์วินโดวส์รุ่น 3.1 ขึ้นไป



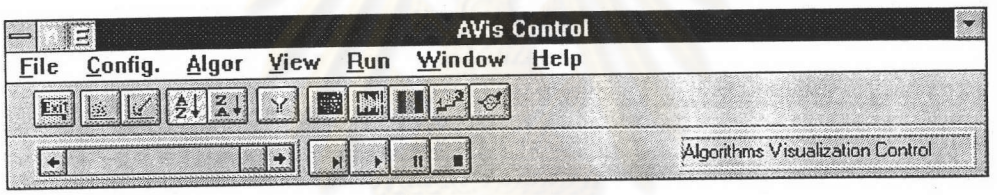
รูปที่ 5.1 โครงสร้างของระบบที่ได้ทำการพัฒนา

การทดสอบโปรแกรม

ในการใช้งานโปรแกรม ALGOR.EXE จะไม่สามารถทำงานได้โดยลำพัง เนื่องจากจะต้องอาศัยการประสานจังหวะจากโปรแกรม AVIS.EXE และเมื่อผู้ใช้ได้ทำการเรียกโปรแกรม AVIS.EXE ขึ้นมาทำงานจะปรากฏดังรูปที่ 5.2 และเพื่อให้เป็นการง่ายต่อความเข้าใจจึงขอกำหนดขั้นตอนการทดสอบ โปรแกรมเป็น 4 ขั้นตอนคือ

1. ทำการเลือกอัลกอริทึมที่ต้องการจินตทัศน์
2. ทำการสร้างข้อมูลขาเข้า
3. เลือกมุมมองในการนำเสนอ
4. เริ่มทำการจินตทัศน์

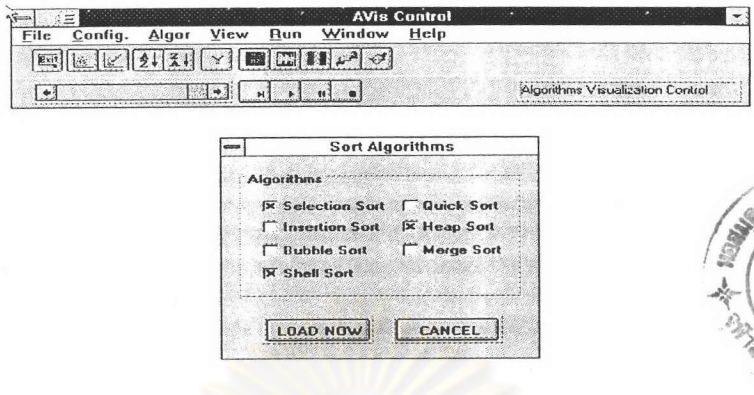
ในแต่ละขั้นตอนจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้



รูปที่ 5.2 หน้าจอของโปรแกรม AVIS.EXE

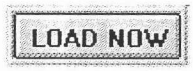
1. การเลือกอัลกอริทึม

ผู้ใช้สามารถทำการเลือกอัลกอริทึมการเรียงลำดับข้อมูลเพื่อทำการจินตทัศน์ได้จากสองทางด้วยกันคือ จากทางเมนูซึ่งจะปรากฏอยู่ในเมนูชื่อ Algor และอีกทางหนึ่งโดยการกดปุ่มที่แถบเครื่องมือที่มีรูปภาพ โปรแกรมจะทำการแสดงหน้าต่างย่อยขึ้นมาดังรูปที่ 5.3 ในหน้าต่างย่อยนี้จะมีตัวเลือกอัลกอริทึมอยู่ 7 ชนิด หากต้องการศึกษาอัลกอริทึมใดก็ให้ทำการลากเมาส์ไปที่ช่องเครื่องหมายและกดปุ่มเมาส์ด้านซ้ายมือจะปรากฏอักษร X อยู่ในช่องดังกล่าว

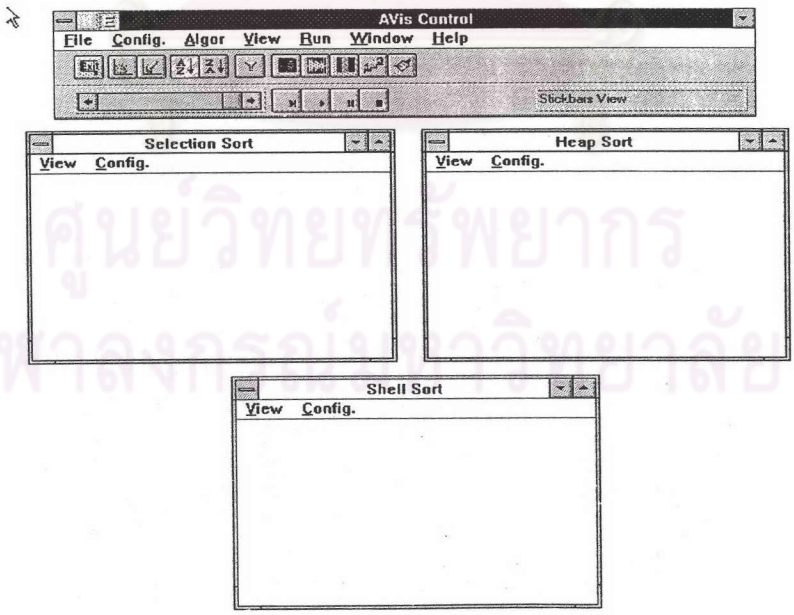


สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 5.3 การเลือกอัลกอริทึม

หลังจากนั้นก็ทำการกดปุ่มเมาส์ด้านซ้ายมือที่มีรูปภาพ 

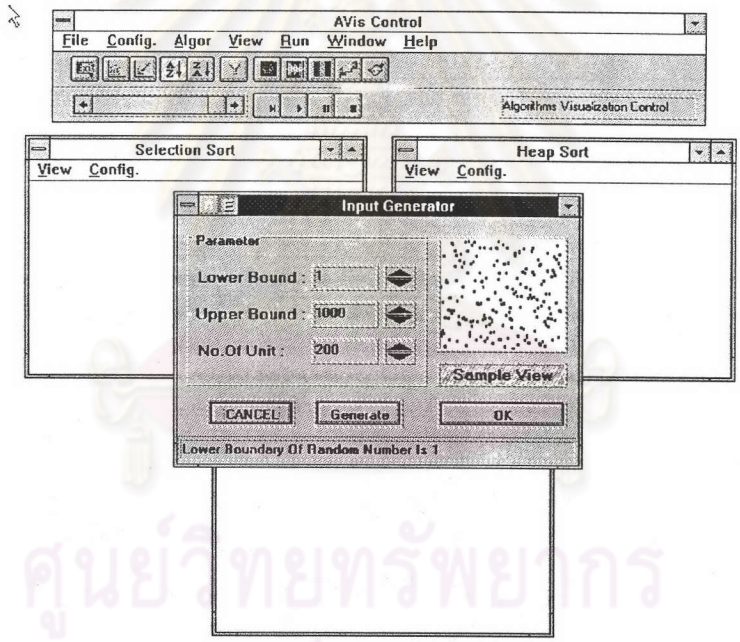
โปรแกรม AVIS.EXE จะไปทำการเรียกโปรแกรม SORT.EXE ขึ้นมาตามจำนวนอัลกอริทึมที่เลือก และในระหว่างที่เรียกโปรแกรมนั้นจะทำการส่งค่าตัวแปรไปด้วย เพื่อเป็นการบอกให้โปรแกรม SORT.EXE ประพฤติตนเป็นอัลกอริทึมใด ในที่นี้สมมติว่าเราต้องการศึกษาการทำงานของการเรียงลำดับข้อมูลแบบเลือก การเรียงลำดับข้อมูลแบบเชลล์ และการเรียงลำดับข้อมูลแบบฮีบ ผลจากการเลือกโปรแกรมจะแสดงผลออกมาดังรูปที่ 5.4 เป็นอันเสร็จขั้นตอนการเลือกอัลกอริทึม



รูปที่ 5.4 ผลการเลือกอัลกอริทึม

2. การสร้างข้อมูลขาเข้า

จากที่ได้กล่าวมาแล้วว่าระบบจินตทัศน์อัลกอริทึมควรจะมีภาคผลิตข้อมูลขาเข้าที่สามารถสร้างข้อมูลในลักษณะสุ่มโดยโปรแกรมหรือผู้ใช้สร้างเองได้ ดังนั้นสำหรับโปรแกรม AVIS.EXE ผู้ใช้สามารถเลือกได้จากเมนู ชื่อ Config เมนูย่อยชื่อ Input Generator ในเมนูย่อยนี้จะปรากฏตัวเลือกอยู่ 2 รายการคือ Random และ Manual อีกทางหนึ่งผู้ใช้สามารถเลือกได้จากแถบเครื่องมือที่มีรูปภาพ คือการสร้างข้อมูลชนิดตัวเลขสุ่ม หรือ แถบเครื่องมือที่มีรูปภาพ คือการสร้างเองโดยผู้ใช้ ในกรณีที่ผู้ใช้เลือกการสร้างข้อมูลขาเข้าเป็นเลขสุ่มจะปรากฏหน้าต่างย่อยดังรูปที่ 5.5 สังเกตได้ว่าจะมีปุ่มกด หากผู้ใช้กดปุ่มนี้โปรแกรมจะทำการสร้างตัวเลขสุ่มชุดใหม่ออกมา เมื่อพอใจแล้วก็สามารถกดปุ่ม ได้



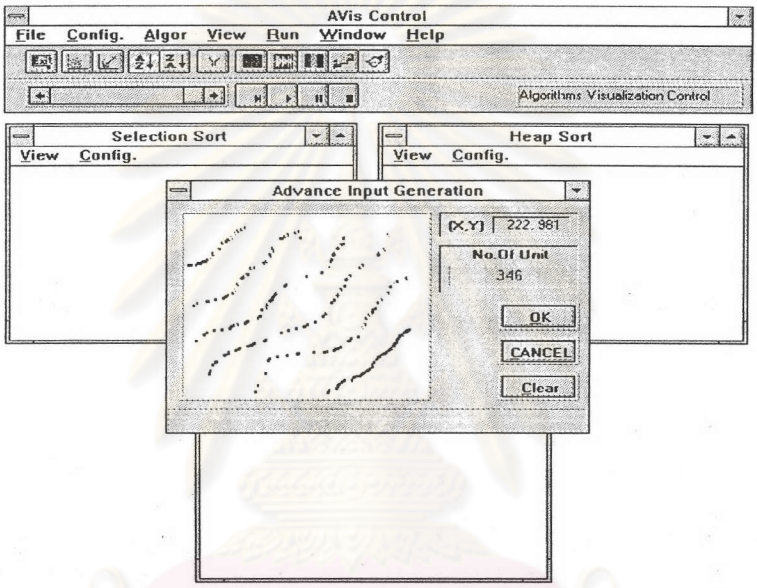
รูปที่ 5.5 การสร้างข้อมูลแบบตัวเลขสุ่ม

หากผู้ใช้เลือกการสร้างข้อมูลเอง ก็จะปรากฏหน้าต่างย่อยดังรูปที่ 5.6 โดยมีวิธีใช้งานคือ ทำการกดปุ่ม เพื่อสร้างข้อมูลเดิม จากนั้น ให้ลากเมาส์มายัง บริเวณที่เป็นพื้นที่ของข้อมูล แล้วเริ่มทำการกดปุ่มเมาส์ด้านซ้ายมือ ค้างเอาไว้พร้อมกับลากเมาส์ไปด้วย จะเกิดเป็นจุดขึ้น ณ บริเวณที่เมาส์ลากผ่านไป หากจุดใดมีข้อมูลอยู่แล้ว ข้อมูลก่อนหน้านั้นจะถูกแทนที่ด้วยข้อมูล

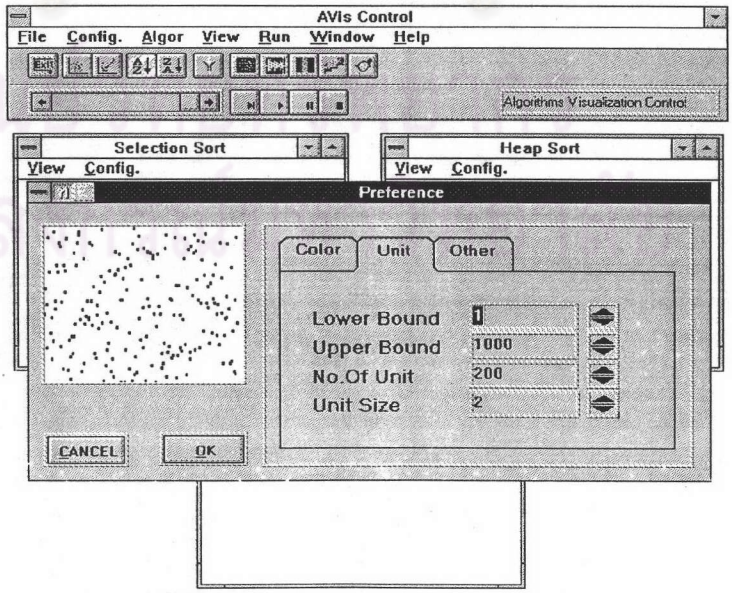
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ใหม่ โดยสังเกตได้จาก จุดก่อนหน้านั้นจะถูกลบออกไป เมื่อสร้างข้อมูลได้แล้วให้กดปุ่ม OK ก็เป็นอันเสร็จการสร้างข้อมูลขาเข้า

ในกรณีที่ผู้ใช้เลือกการสร้างข้อมูลแบบสุ่ม ผู้ใช้สามารถทำการกำหนด ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด จำนวนข้อมูลตลอดจนการกำหนดสีและขนาดของจุดหรือความหนาของเส้นในมุมมองได้ โดยการเลือกจากเมนู Config เมนูย่อย Preference ผลที่ได้ดังแสดงในรูปที่ 5.7



รูปที่ 5.6 การสร้างข้อมูลโดยผู้ใช้สร้างเอง



รูปที่ 5.7 การตั้งค่าตัวแปรต่าง ๆ ในระบบ

3. การเลือกมุมมองการนำเสนอ

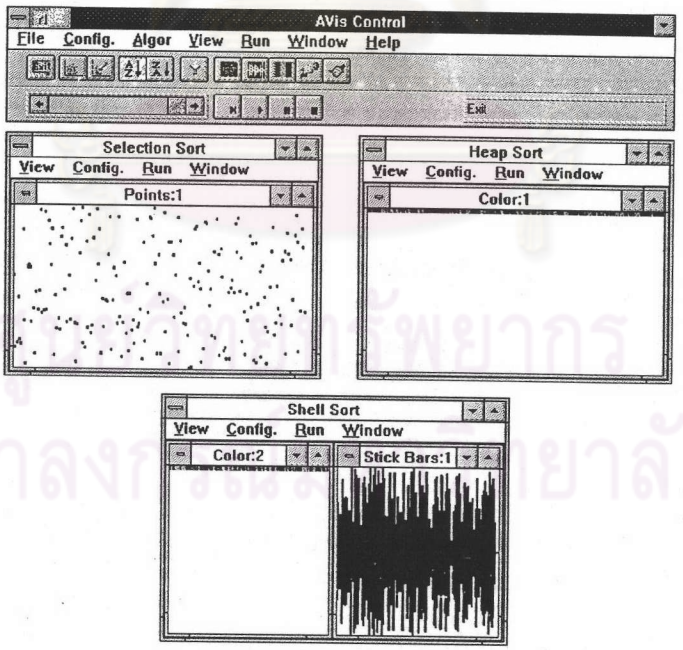
ในขั้นตอนนี้จะเป็นขั้นตอนที่ผู้ใช้จะระบุมุมมองที่ต้องการศึกษา ในแต่ละอัลกอริทึมสามารถแสดงมุมมองได้ 3 ชนิด คือ มุมมองแบบจุด มุมมองแบบแท่ง และมุมมองแบบสี โดยผู้ใช้สามารถเลือกได้ จาก เมนู View ซึ่งจะมีเมนูย่อยปรากฏอยู่ หรือมิฉะนั้นก็สามารถใช้แถบเครื่องมือที่มีรูปภาพกำกับดังนี้คือ

คือ การเลือกนำเสนอมุมมองแบบจุด

„ การเลือกนำเสนอมุมมองแบบแท่ง

„ การเลือกนำเสนอมุมมองแบบสี

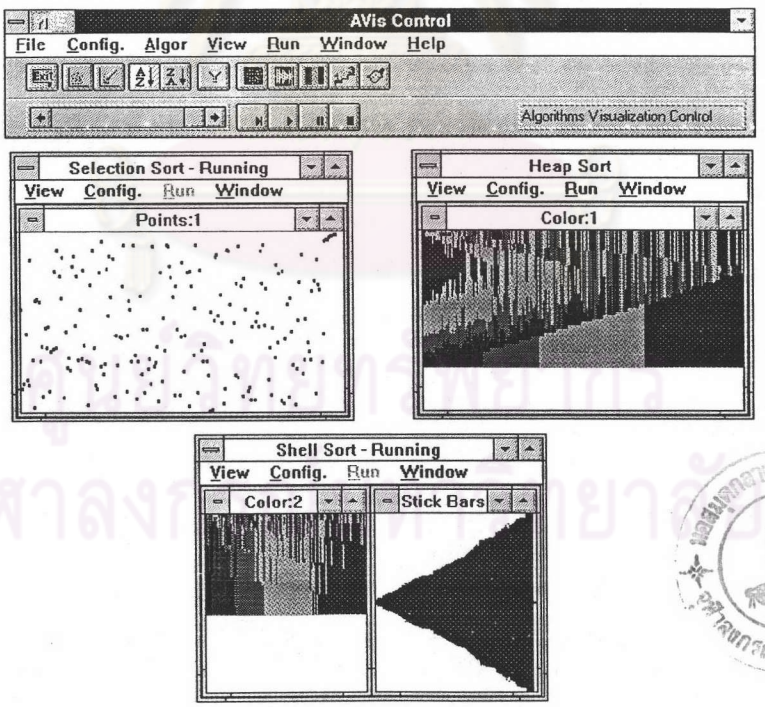
เนื่องจากการเลือกมุมมองจากโปรแกรม AVIS.EXE จะทำให้ทุกอัลกอริทึม นำเสนอมุมมองเหมือนกันซึ่งผู้ใช้อาจจะไม่ต้องการ ดังนั้นจะสังเกตได้ว่าที่อัลกอริทึมแต่ละชนิดจะมีเมนูชื่อ View เพื่อให้ผู้ใช้สามารถสร้าง View ในแต่ละอัลกอริทึมได้ ผลจากการเลือกมุมมอง แสดงในรูปที่ 5.8



รูปที่ 5.8 การเลือกมุมมองในการนำเสนอ

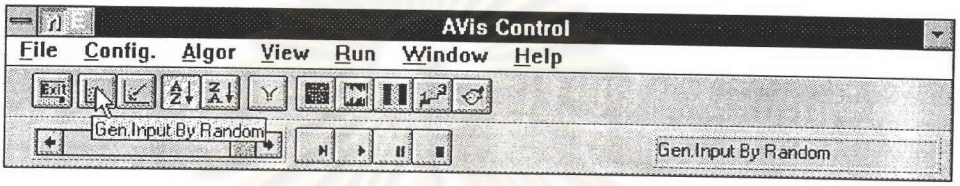
4. การเริ่มทำการจินตทัศน์

หลังจากที่ผ่านขั้นตอนทั้งสามแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการสั่งให้อัลกอริทึมเริ่มทำงานกับข้อมูลที่ผู้ใช้ได้สร้างขึ้น วิธีการสั่งให้แต่ละอัลกอริทึมเริ่มทำงานสามารถทำได้จากเมนูในหัวข้อ Run เมนูย่อยชื่อ Start หรือโดยการกดปุ่มที่ชุดของแถบเครื่องมือควบคุมการทำงานที่มีรูปภาพ จากนั้นอัลกอริทึมทั้งสามจะเริ่มทำงานทันที และในระหว่างที่แต่ละอัลกอริทึมกำลังทำงานจะสังเกตได้ว่ามุมมองต่างๆมีการเปลี่ยนแปลงจากข้อมูลที่มีลักษณะกระจายเป็นเลขสุ่มจะเริ่มถูกทำให้เรียงลำดับจากน้อยไปมากทีละน้อยจนเสร็จสิ้นการทำงาน จากรูปที่ 5.9 แสดงอัลกอริทึมทั้งสามชนิดขณะทำการเรียงลำดับข้อมูลจะเห็นได้ว่าอัลกอริทึมแต่ละแบบมีพฤติกรรมในการเรียงลำดับข้อมูลแตกต่างกันไป สำหรับอัลกอริทึมทั้งสามชนิดที่นำมาทดสอบพบว่า อัลกอริทึมการเรียงลำดับข้อมูลแบบฮีบจะใช้เวลาในการเรียงลำดับข้อมูลน้อยที่สุด ซึ่งตรงกับในทฤษฎี แต่สิ่งที่สำคัญที่สุดไม่ได้อยู่ที่ผู้ใช้ได้ทราบคำตอบว่าอัลกอริทึมใดทำงานได้เร็วที่สุดเพียงอย่างเดียว แต่การที่ผู้ใช้ได้มีโอกาสมองเห็นพฤติกรรมของอัลกอริทึมขณะทำการเรียงลำดับข้อมูลว่าแต่ละแบบมีรูปแบบเฉพาะอย่างไร มีจุดดี สุดเสียเช่นไรบ้าง จึงถือเป็นความสำเร็จของโครงงานวิจัยนี้



รูปที่ 5.9 การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในมุมมอง

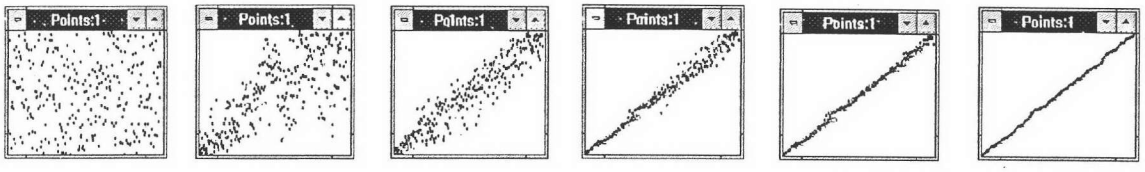
หลังจากที่อัลกอริทึมได้ทำงานจนจบแล้วผู้ใช้สามารถทำการย้อนสถานะของมุมมองกลับ ณ จุดตั้งต้นได้โดยการกดปุ่มที่มีรูปภาพ หรือหากต้องการให้อัลกอริทึมทำงานในทิศทางจากมากไปน้อยก็ได้โดยการกดปุ่มที่มีรูปภาพ อย่างไรก็ตามหากผู้ใช้ไม่สามารถจดจำหน้าที่ของแถบเครื่องมือแต่ละชนิดได้หมด ก็สามารถทำการลากเมาส์ไปวางไว้บนปุ่มต่างๆในแถบเครื่องมือและทิ้งไว้ประมาณ 1 วินาที จะปรากฏข้อความช่วยเหลือสั้นๆแสดงออกมาให้ทราบดังแสดงในรูปที่ 5.10



รูปที่ 5.10 ข้อความช่วยเหลือสำหรับแถบเครื่องมือ

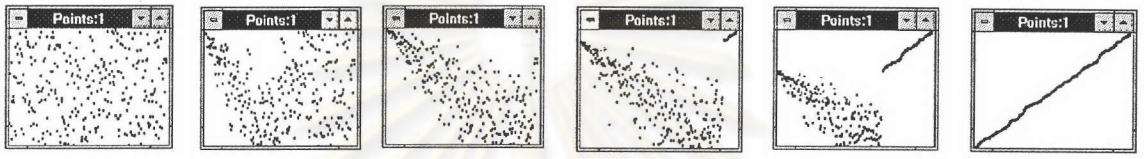
<u>สรุปผลการทดสอบโปรแกรม</u>

จากขั้นตอนการทดสอบที่ผ่านมาจะเห็นได้ว่าระบบจินตทัศน์อัลกอริทึมสามารถช่วยให้ผู้ที่ต้องการศึกษาในตัวอัลกอริทึมการเรียงลำดับข้อมูลได้เห็นขบวนการทำงานภายในได้อย่างชัดเจน ซึ่งจะไม่สามารถจินตนาการได้เลยถ้าใช้วิธีการติดตามการทำงานบนกระดาษ มุมมองแบบต่างๆจะสามารถอธิบายรูปแบบการทำงานของการเรียงลำดับข้อมูลแต่ละชนิด การจินตทัศน์หลายๆอัลกอริทึมในเวลาเดียวกัน ทำให้ผู้ศึกษาสามารถทำการเปรียบประสิทธิภาพของแต่ละอัลกอริทึมได้อย่างชัดเจน ตลอดจนความสามารถในการสร้างข้อมูลขาเข้าในลักษณะสุ่มหรือสร้างเองโดยผู้ใช้ทำให้ได้ข้อมูลหลายลักษณะซึ่งจะมีผลต่อประสิทธิภาพของอัลกอริทึม ตัวอย่างเช่น กรณีของข้อมูลแบบสุ่มกับการเรียงลำดับข้อมูลแบบเชลล์และการเรียงลำดับข้อมูลแบบฮีบ เมื่อทำการสั่งให้อัลกอริทึมเริ่มทำงานมุมมองต่างๆจะแสดงการเปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงเวลาดังแสดงใน รูปที่ 5.11.ก ถึง 5.11.ฉ เป็นขั้นตอนแสดงการเปลี่ยนแปลงขณะทำการเรียงลำดับข้อมูลแบบเชลล์ และรูปที่ 5.12.ก ถึง 5.12.ฉ เป็นการเรียงลำดับข้อมูลแบบฮีบ เวลาที่ใช้ในการเรียงลำดับข้อมูลชุดเดียวกันพบว่า การเรียงลำดับข้อมูลแบบฮีบจะเสร็จเร็วกว่าการเรียงลำดับข้อมูลแบบเชลล์



(ก) (ข) (ค) (ง) (จ) (ฉ)

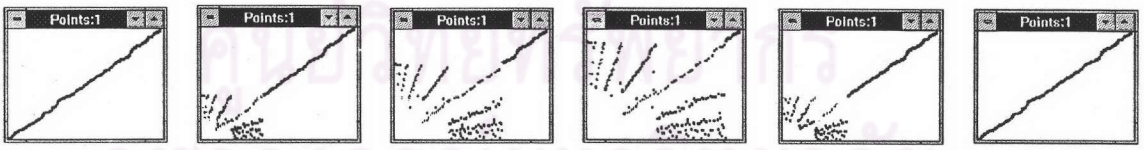
รูปที่ 5.11 มุมมองของการเรียงลำดับข้อมูลแบบเชลล์



(ก) (ข) (ค) (ง) (จ) (ฉ)

รูปที่ 5.12 มุมมองของการเรียงลำดับข้อมูลแบบฮีบ

จากรูปทั้งสองชุดทำให้ผู้ศึกษาได้มองเห็นรูปแบบการทำงานของทั้งสองอัลกอริทึมได้อย่างชัดเจน และหากผู้ศึกษาทดลองทำการเรียงลำดับข้อมูลซ้ำอีกครั้งหนึ่งซึ่งคือการเรียงลำดับข้อมูลที่เรียงลำดับอยู่แล้วจะพบว่าการเรียงลำดับข้อมูลแบบฮีบกลับทำงานได้ช้ากว่า ผลของการเปลี่ยนแปลงแบบมุมมองดังแสดงในรูปที่ 5.13.ก ถึง 5.13.ฉ



(ก) (ข) (ค) (ง) (จ) (ฉ)

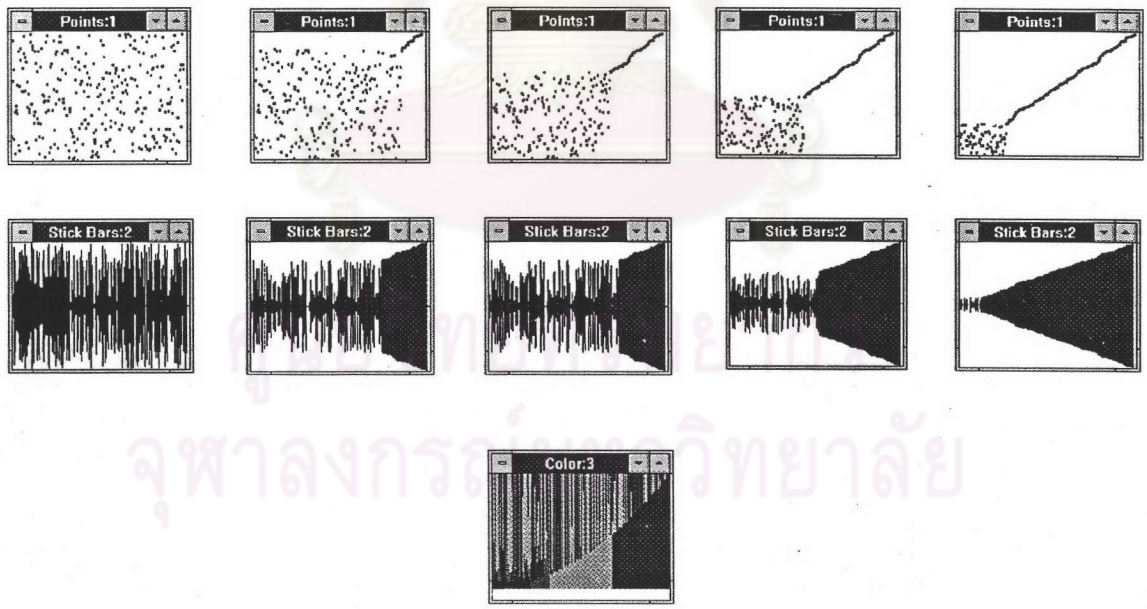
รูปที่ 5.13 มุมมองของการเรียงลำดับข้อมูลแบบฮีบเมื่อกระทำกับข้อมูลที่เรียงลำดับแล้ว

จากรูปเราพบว่าการเรียงลำดับข้อมูลแบบฮีบจะต้องใช้เวลาในการสร้างฮีบขึ้นใหม่ทั้งๆ ที่ ข้อมูลได้มีการเรียงลำดับถูกต้องอยู่แล้ว (รูปที่ 5.13.ก ถึง 5.13.ค) หลังจากนั้นจึงทำการดึงข้อมูลจากฮีบที่สร้างไว้กลับมายังตำแหน่งที่ถูกต้องทีละตัวจนเสร็จ (รูปที่ 5.13.ง ถึง 5.13.ฉ) ขณะที่

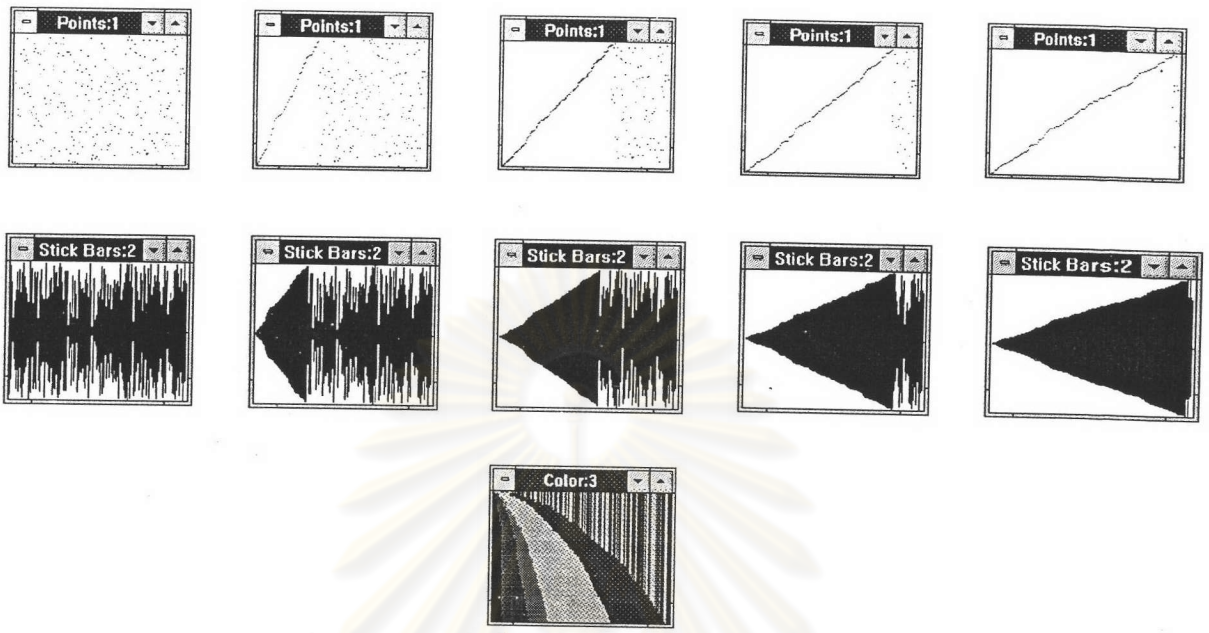
มุมมองของอัลกอริทึมการเรียงลำดับข้อมูลแบบฮีบกำลังเปลี่ยนแปลง พบว่ามุมมองของอัลกอริทึมการเรียงลำดับข้อมูลแบบเชลล์ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งแปลความหมายได้ว่าไม่มีการสลับตำแหน่งของข้อมูลจึงทำให้อัลกอริทึมการเรียงลำดับข้อมูลแบบเชลล์ทำงานเสร็จเร็วกว่า

ในกรณีเช่นนี้หากผู้ศึกษาใช้วิธีติดตามการทำงานของอัลกอริทึมการเรียงลำดับข้อมูลแบบฮีบบนกระดาษจะไม่สามารถจินตนาการรูปฟอร์มการทำงานภายในได้เลย ดังนั้นการมีระบบจินตทัศน์อัลกอริทึมจะสามารถอธิบายปรากฏการณ์นี้ได้และทำให้ผู้ศึกษาสามารถนำอัลกอริทึมไปใช้งานได้อย่างเหมาะสม

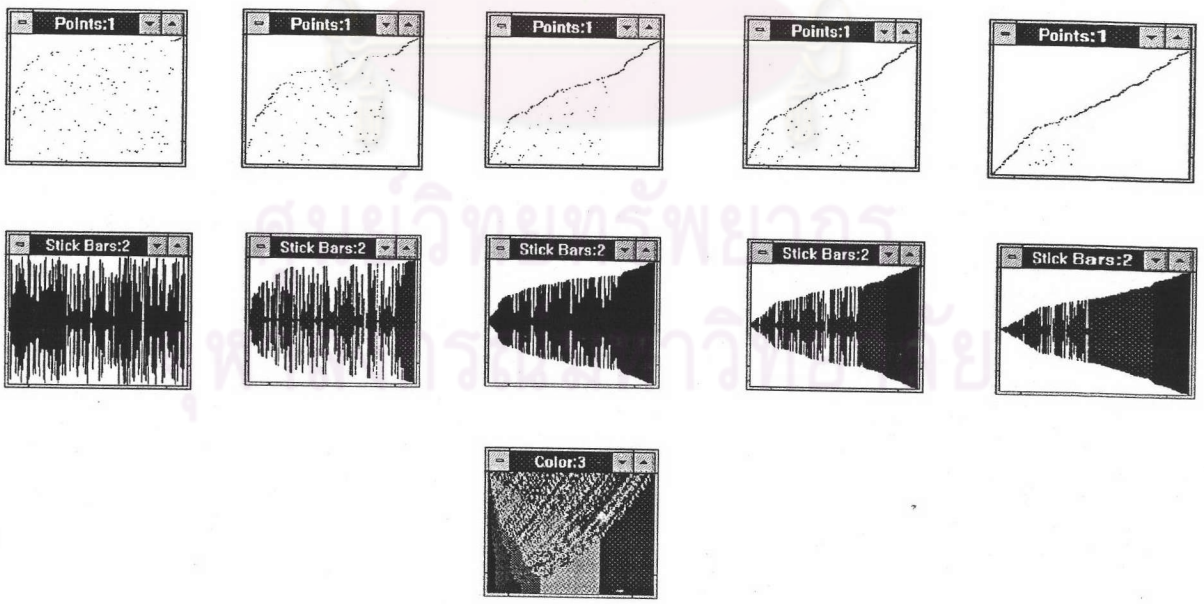
ดังที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อการออกแบบระบบ คือ ระบบจินตทัศน์อัลกอริทึมการเรียงลำดับข้อมูลนี้สามารถนำเสนอมุมมองได้สามมุมมองในแต่ละอัลกอริทึม จากการทดสอบการทำงานของโปรแกรมพบว่าในขณะที่มุมมองหนึ่งอธิบายพฤติกรรมของอัลกอริทึมหนึ่งได้อย่างชัดเจนแต่หากนำมุมมองเดียวกันนี้ไปใช้อธิบายกับอีกอัลกอริทึมหนึ่งอาจจะไม่ดีเท่าที่ควร แต่อย่างไรก็ตามผู้ศึกษาสามารถเลือกมุมมองแบบใดแบบหนึ่งในสามแบบมาใช้อธิบายการทำงานของอัลกอริทึมได้ ในรูปที่ 5.14 ถึง 5.20 จะแสดงมุมมองแบบต่างๆกับอัลกอริทึมการเรียงลำดับข้อมูลทั้ง 7 ชนิด



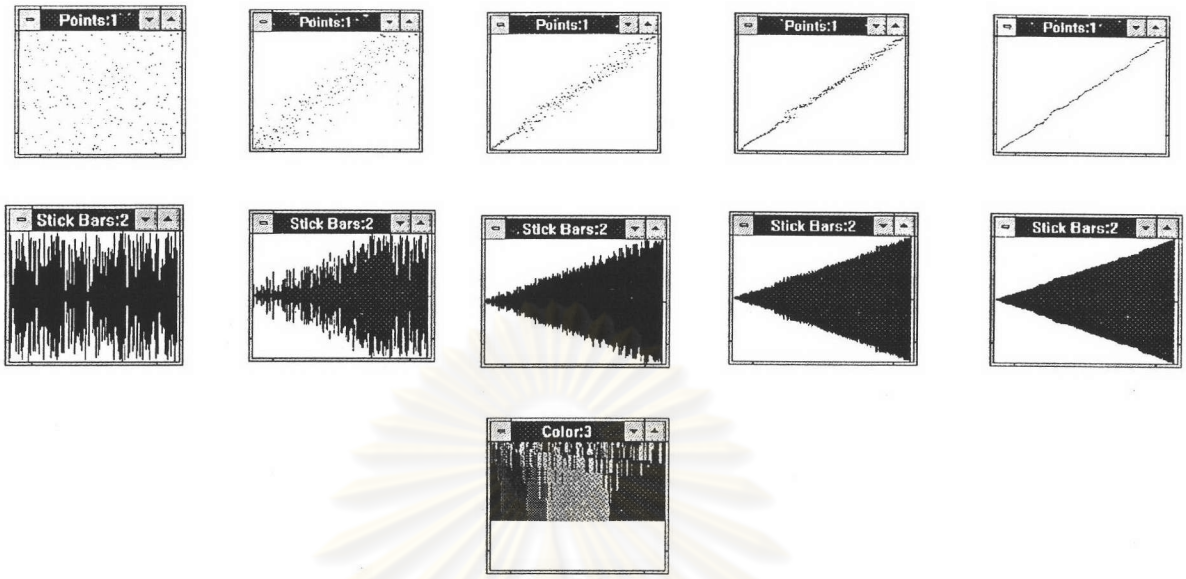
รูปที่ 5.14 มุมมองการเรียงลำดับข้อมูลแบบเลือก



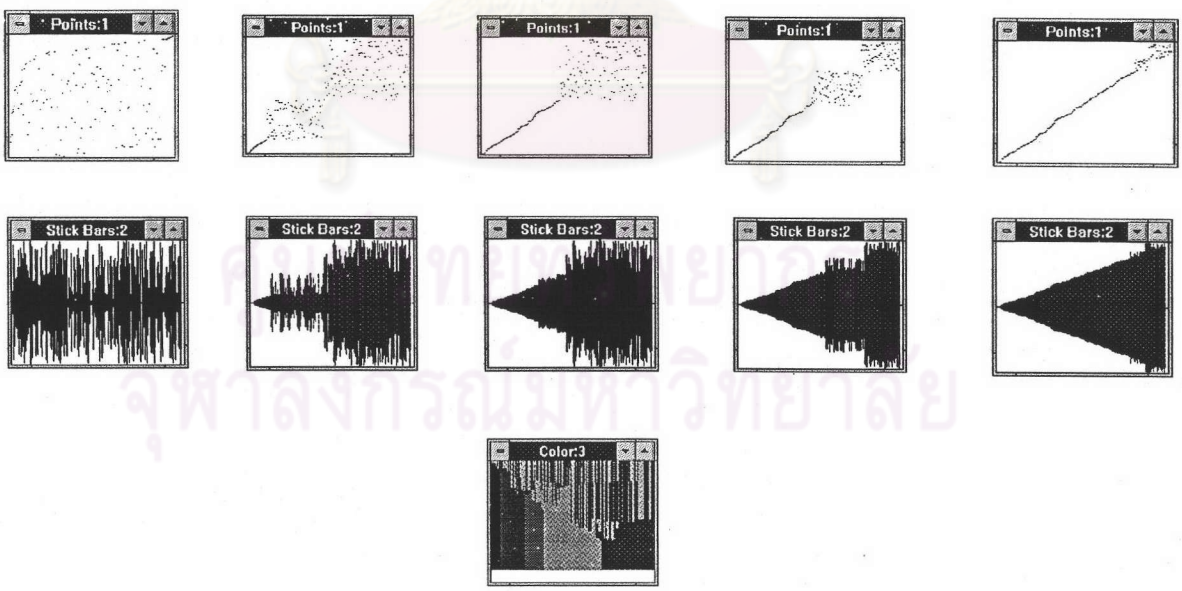
รูปที่ 5.15 มุมมองการเรียงลำดับข้อมูลแบบแทรก



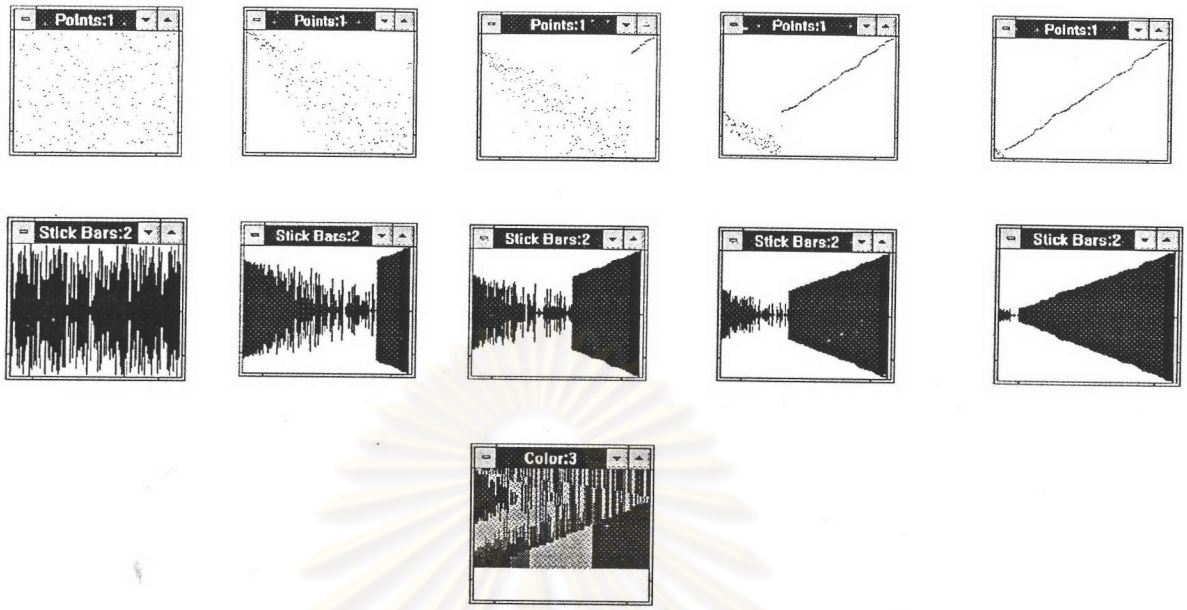
รูปที่ 5.16 มุมมองการเรียงลำดับข้อมูลแบบฟอง



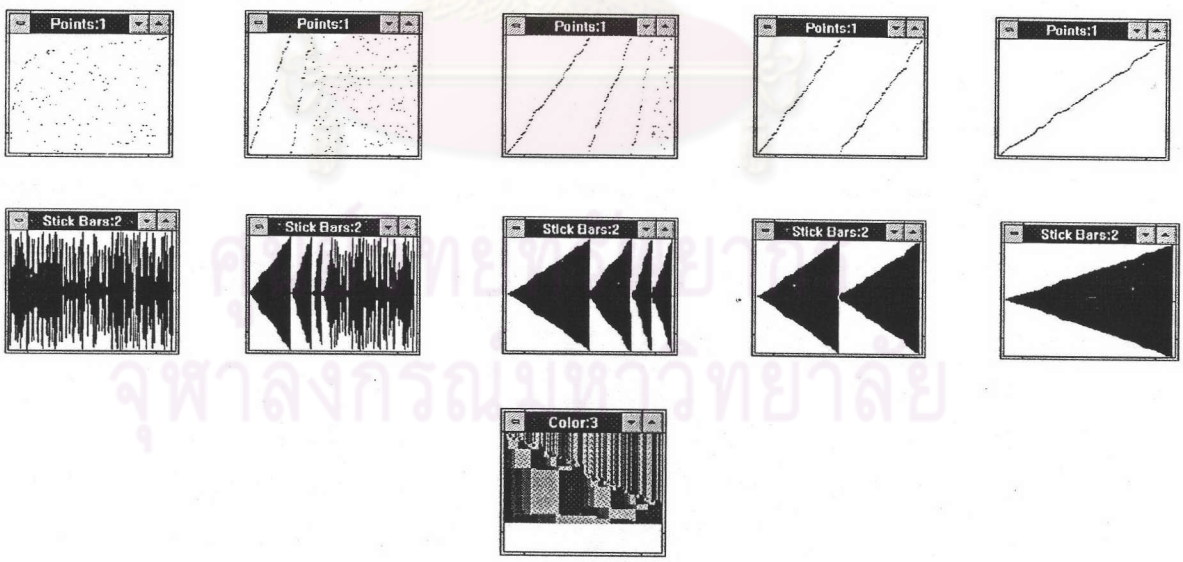
รูปที่ 5.17 มุมมองการเรียงลำดับข้อมูลแบบเชลล์



รูปที่ 5.18 มุมมองการเรียงลำดับข้อมูลแบบเร็ว



รูปที่ 5.19 มุมมองการเรียงลำดับข้อมูลแบบฮีบ



รูปที่ 5.20 มุมมองการเรียงลำดับข้อมูลแบบผสาน

จากรูปที่แสดงข้างต้นเป็นผลลัพธ์ที่ได้จากการสร้างข้อมูลขาเข้าในลักษณะของตัวเลขแบบสุ่ม จำนวน 200 ตัว มีค่าต่ำสุดของข้อมูลคือ 1 และค่าสูงสุดคือ 1000 เมื่ออัลกอริทึมเริ่มทำการเรียงลำดับข้อมูลในทิศทางจากน้อยไปมาก และทดลองจับเวลาที่ใช้ไปสำหรับอัลกอริทึมแต่ละชนิด สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 5.1 (การจับเวลากระทำภายใต้เงื่อนไขการเรียกอัลกอริทึมขึ้นมาทำงานเพียงอัลกอริทึมเดียว เพื่อให้อิสระในการทำงานอย่างเต็มประสิทธิภาพ)

อัลกอริทึม	เวลาที่ใช้ (วินาที)
1. การเรียงลำดับข้อมูลแบบเลือก	5
2. การเรียงลำดับข้อมูลแบบแทรก	12
3. การเรียงลำดับข้อมูลแบบฟอง	23
4. การเรียงลำดับข้อมูลแบบเชลล์	3
5. การเรียงลำดับข้อมูลแบบฮีบ	3
6. การเรียงลำดับข้อมูลแบบเร็ว	2
7. การเรียงลำดับข้อมูลแบบผสาน	3

ตารางที่ 5.1 เวลาที่ใช้ในการเรียงลำดับข้อมูล

จากข้อมูลที่ได้จากตารางที่ 5.1 จะเห็นว่าหากเรามีชุดของข้อมูลที่มีลักษณะกระจายเป็นเลขสุ่ม อัลกอริทึมการเรียงลำดับข้อมูลแบบเร็วจะให้ผลการทำงานที่ดีที่สุด ถัดลงมาจะมีถึงสามอัลกอริทึมที่ใช้เวลาเท่ากัน นั่นคือ การเรียงลำดับข้อมูลแบบเชลล์ การเรียงลำดับข้อมูลแบบฮีบ และการเรียงลำดับข้อมูลแบบผสาน และหากผู้ใช้ทำการทดลองต่อไปโดยสั่งให้แต่ละอัลกอริทึมทำการเรียงลำดับข้อมูลกับข้อมูลที่ได้ผ่านการเรียงลำดับมาแล้ว และทำการจับเวลาอีกเช่นกันจะได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 5.2 ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวทำให้เราพบว่า อัลกอริทึมส่วนใหญ่จะใช้เวลาน้อยลง ยกเว้นอัลกอริทึมการเรียงลำดับข้อมูลแบบฮีบกลับใช้เวลามากขึ้นกว่าเดิมซึ่งเราสามารถอธิบายได้ว่า อัลกอริทึมการเรียงลำดับข้อมูลแบบฮีบจะทำการสร้างฮีบขึ้นมาใหม่ทุกครั้งที่เริ่มการทำงาน ณ จุดนี้เองจึงทำให้เกิดการสูญเสียเวลาโดยเปล่าประโยชน์

จากผลการทดสอบเหล่านี้จะทำให้ผู้ศึกษาสามารถทำการประเมินประสิทธิภาพของอัลกอริทึมในสถานการณ์ต่างได้เป็นอย่างดี เพื่อที่จะสามารถเลือกนำไปใช้ได้อย่างเหมาะสม

อัลกอริทึม	เวลาที่ใช้ (วินาที)
1. การเรียงลำดับข้อมูลแบบเลือก	5
2. การเรียงลำดับข้อมูลแบบแทรก	1
3. การเรียงลำดับข้อมูลแบบฟอง	5
4. การเรียงลำดับข้อมูลแบบเชลล์	1
5. การเรียงลำดับข้อมูลแบบฮีป	4
6. การเรียงลำดับข้อมูลแบบเร็ว	1
7. การเรียงลำดับข้อมูลแบบผสาน	3

ตารางที่ 5.2 เวลาที่ใช้ในการเรียงลำดับข้อมูลที่มีการเรียงลำดับแล้ว

จากข้อมูลข้างต้นทั้งหมดนี้เป็นเพียงตัวอย่างของการทดสอบระบบโดยมีข้อมูลขาเข้าเป็นตัวเลขแบบสุ่มเท่านั้น ซึ่งหากลักษณะของข้อมูลขาเข้ามีการเปลี่ยนแปลงไปก็จะทำให้ผลของการจินตทัศน์เปลี่ยนแปลงตามไปด้วย เช่นการใช้ชุดของข้อมูลขาเข้าโดยผู้ใช้สร้างขึ้นเอง ดังนั้นผู้ใช้จึงสามารถทำการทดลองการจินตทัศน์ได้อีกมากมาย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย