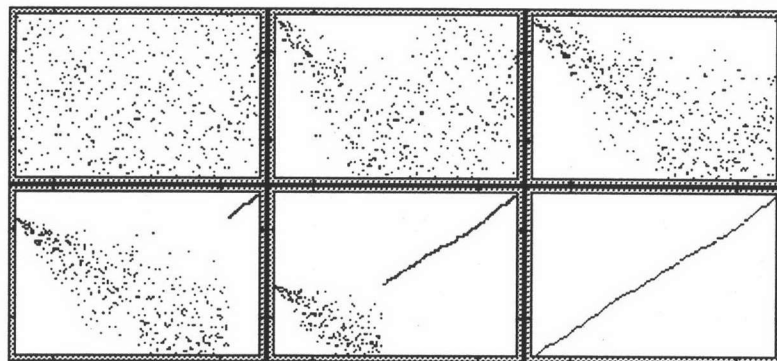




## 1. บทนำ

ในการศึกษาวิชาความรู้ทางด้านคอมพิวเตอร์นั้น การทำความเข้าใจในขอบเขตและระเบียบวิธีการแก้ปัญหาต่างๆ หรือที่เรียกว่าอัลกอริทึม (Algorithm) จัดเป็นแขนงความรู้ที่มีความสำคัญมาก ทั้งนี้เพราะหากเราไม่ทำความเข้าใจขั้นตอนของการทำงานอย่างดีแล้วเราจะไม่สามารถพัฒนาโปรแกรมเพื่อสั่งการให้เครื่องคอมพิวเตอร์ทำงานตามที่เราต้องการได้ แต่เดิมการศึกษาทำความเข้าใจอัลกอริทึมมักกระทำกันอยู่สองวิธีคือ วิธีแรกเป็นการศึกษาจากโปรแกรมต้นฉบับ (source code) หรือ จากโปรแกรมจำลอง (pseudo code) โดยตรง ส่วนอีกวิธีหนึ่งจะทำการศึกษาโดยการวิเคราะห์อัลกอริทึมด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์ แต่วิธีทั้งสองก็มีข้อเสีย กล่าวคือ วิธีการศึกษาจากโปรแกรมต้นฉบับโดยตรงนั้นผู้ศึกษาจะมองไม่เห็นการทำงานโดยรวมของอัลกอริทึม ส่วนในกรณีของการศึกษาจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์นั้น ผู้ศึกษาจะมองไม่เห็นรายละเอียดของการทำงาน อีกทั้งวิธีการทางคณิตศาสตร์ที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์มักจะเป็นวิธีการทางคณิตศาสตร์ขั้นสูง ซึ่งเป็นการยากที่บุคคลทั่วไปจะทำความเข้าใจได้ในทันที เพื่อแก้ปัญหาเหล่านี้จึงได้มีผู้พัฒนาการจินตทัศน์อัลกอริทึม (Algorithm Visualization) ขึ้นเพื่อทำให้การศึกษาทำความเข้าใจการทำงานและพฤติกรรมของอัลกอริทึมทำได้ง่ายและดียิ่งขึ้น

การจินตทัศน์อัลกอริทึมเป็นกรรมวิธีหนึ่งในการศึกษาทำความเข้าใจการทำงานของอัลกอริทึมด้วยการใช้ภาพและการเปลี่ยนแปลงของภาพเป็นสื่อในการแสดงถึงการทำงานของอัลกอริทึมและสถานะต่างๆ ระหว่างการทำงาน เพื่อให้ผู้ศึกษาการทำงานของอัลกอริทึมเข้าใจการทำงานของอัลกอริทึมได้ดียิ่งขึ้น ตัวอย่างเช่นในรูปที่ 1.1 แสดงภาพการจินตทัศน์ของอัลกอริทึมจัดเรียงลำดับข้อมูลแบบฮีป เพื่อเรียงข้อมูลจากน้อยไปหามาก ข้อมูลทั้งหมดจะแทนด้วยจุดในระนาบสองมิติ จุดหนึ่งจุดแทนข้อมูลหนึ่งตัว พิกัด  $x$  ของจุดจะแทนตำแหน่งของข้อมูลในรายการ และพิกัด  $y$  ของจุดแทนค่าของข้อมูล รูปซ้ายมือสุดจะแสดงลักษณะของข้อมูลก่อนที่จะเริ่มทำการจัดเรียง ส่วนรูปที่อยู่ถัดออกไปจะแสดงตำแหน่งของข้อมูลในขณะที่อัลกอริทึมทำงาน จะเห็นว่าจะมีการสร้างฮีปขึ้นมาก่อนจากนั้นจึงค่อยๆดึงข้อมูลตัวที่มากที่สุดออกจากฮีปทีละตัว แล้วนำไปวางไว้ในตำแหน่งที่ถูกต้องในการทำงานจะเห็นว่าขนาดของฮีปจะค่อยๆลดลง จนข้อมูลทั้งหมดถูกจัดเรียงเรียบร้อยแล้วดังในรูปขวาสุด



รูปที่ 1.1 ตัวอย่างการจินตทัศน์การเรียงลำดับข้อมูลแบบฮีปบนข้อมูลเริ่มต้นแบบสุ่ม

จากตัวอย่างการจินตทัศน์ที่แสดงข้างต้นนี้ ผู้ใช้สามารถเรียนรู้และทำการทดลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมของอัลกอริทึม โดยเฉพาะอย่างยิ่งพฤติกรรมของอัลกอริทึมเมื่อทำงานกับข้อมูลที่มีลักษณะแตกต่างกัน การ

ประยุกต์ระบบจินตทัศน์ที่เห็นเด่นชัดคือ การนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน ใช้เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ ความซับซ้อนของอัลกอริทึม ใช้ประกอบการออกแบบอัลกอริทึมใหม่ หรือใช้ปรับประสิทธิภาพของอัลกอริทึมให้ เข้ากับลักษณะของปัญหา เป็นต้น

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

แต่เดิมในการสร้างการจินตทัศน์อัลกอริทึมหนึ่งๆ ผู้สร้างจะต้องเริ่มสร้างส่วนประกอบของการจินต ทัศน์อัลกอริทึมขึ้นมาเองทั้งหมด ตั้งแต่ส่วนสร้างข้อมูลเพื่อใช้ในการทำงาน ส่วนตัวอัลกอริทึมเอง ส่วนแสดงผล และส่วนควบคุมการทำงานและประสานงานกับผู้ใช้ (user interface) ดังในงานวิจัยของนายถาวร ลิขนะไพบูลย์<sup>1</sup> โดยทั่วไปเราจะพบว่าส่วนประกอบเหล่านี้โดยเฉพาะส่วนควบคุมการทำงาน ส่วนสร้างข้อมูล และส่วนแสดงผล มักจะเหมือนๆกับการจินตทัศน์อัลกอริทึมอื่นที่ทำงานกับกลุ่มของปัญหา (problem domain) เดียวกัน เช่น การ จัดเรียงข้อมูล (sorting) หรืออัลกอริทึมของกราฟ เป็นต้น การที่เราต้องสร้างส่วนประกอบเหล่านี้ขึ้นใหม่ทุกครั้งจึง เป็นงานที่ไม่มีมีความจำเป็นและเสียเวลาโดยเปล่าประโยชน์ นอกจากนี้ในบางครั้งผู้ที่พัฒนาอัลกอริทึมที่ดีอาจไม่ ได้เป็นผู้ที่มีความชำนาญในการสร้างส่วนแสดงผลให้มีประสิทธิภาพก็ได้ ทำให้การจินตทัศน์อัลกอริทึมที่ได้ดูไม่ น่าสนใจและเข้าใจได้ยาก ดังนั้นหากเราสามารถลดจำนวนงานซึ่งต้องกระทำเมื่อมีการสร้างการจินตทัศน์อัลกอริ ทึมขึ้นมาใหม่ได้โดยการนำส่วนประกอบเก่าๆที่เคยสร้างไว้แล้วมาใช้ใหม่ และแบ่งการสร้างการจินตทัศน์อัลกอริ ทึมอันหนึ่งๆออกเป็นส่วนประกอบย่อยๆ แล้วกระจายงานแต่ละส่วน เช่น ส่วนอัลกอริทึม ส่วนแสดงผล ออกไปให้ ผู้เชี่ยวชาญในแต่ละด้านเป็นผู้พัฒนาส่วนประกอบเหล่านี้ได้ ก็จะทำให้การพัฒนาการจินตทัศน์อัลกอริทึม สามารถทำได้สะดวก รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

แต่การที่จะแบ่งการจินตทัศน์อัลกอริทึมหนึ่งๆออกเป็นส่วนประกอบย่อยๆ เพื่อแยกนำไปพัฒนาและ นำกลับมารวมกันเพื่อใช้งานในภายหลังได้นั้น จะต้องมีการกำหนดมาตรฐานการสร้างส่วนประกอบเหล่านี้ขึ้นมา ก่อน เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาเมื่อต้องการนำส่วนประกอบเหล่านี้มาทำงานร่วมกันในภายหลัง นอกจากนี้หากมีการ สร้างคลังคำสั่งร่วมที่เก็บคำสั่งซึ่งจะต้องใช้งานอยู่เสมอเมื่อมีการสร้างจินตทัศน์อัลกอริทึมเตรียมไว้ก่อน ก็จะช่วย ลดการทำงานได้อีกส่วนหนึ่ง เป็นผลให้การพัฒนาการจินตทัศน์อัลกอริทึมทำได้เร็วยิ่งขึ้น

### 1.2 AVIs

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะกล่าวถึงการออกแบบและพัฒนาระบบการจินตทัศน์อัลกอริทึม (Algorithm Visualization System) บนระบบปฏิบัติการไมโครซอฟต์วินโดวส์รุ่น 3.1 ซึ่งมีชื่อว่า AVIs

AVIs เป็นระบบการจินตทัศน์อัลกอริทึมที่ออกแบบขึ้นโดยมีจุดมุ่งหมายหลักเพื่อ

1. ให้มีการแบ่งการจินตทัศน์อัลกอริทึมออกเป็นส่วนประกอบย่อยเรียกว่าองค์ประกอบการจินต ทัศน์ (AVIs Component) เพื่อจะได้แยกนำองค์ประกอบการจินตทัศน์แต่ละส่วนแยกไปพัฒนา ต่างหากได้

<sup>1</sup> ถาวร ลิขนะไพบูลย์, "การออกแบบและพัฒนาระบบการจินตทัศน์อัลกอริทึมสำหรับปัญหาทางทฤษฎีกราฟ" (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิตสาขาวิชา วิทยาการคอมพิวเตอร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538), หน้า 4.

2. ส่วนต่างๆของระบบจะต้องเป็นอิสระจากกัน เนื่องจากผู้พัฒนาส่วนต่างๆมีบทบาทและความถนัดต่างกัน การพัฒนาส่วนต่างๆโดยคำนึงถึงส่วนอื่นๆในระบบให้น้อยที่สุดจะยังผลให้สามารถมุ่งความสนใจเฉพาะส่วน ทั้งนี้ทำให้การกำหนดบทบาทของผู้พัฒนาแต่ละส่วนมีความชัดเจนยิ่งขึ้น
3. ส่วนทำงานที่เกี่ยวข้องกับการจินตทัศน์อัลกอริทึม ที่ทำงานที่พัฒนาขึ้นควรถูกเก็บอยู่ในคลังคำสั่ง ที่สามารถนำไปใช้ใหม่ได้ นอกจากนี้การปรับปรุงประสิทธิภาพของคลังคำสั่งควรกระทำได้โดยไม่มีผลต่อส่วนประกอบอื่นๆในระบบ
4. สามารถนำองค์ประกอบการจินตทัศน์ซึ่งสร้างขึ้นแล้วมาประกอบเป็นการจินตทัศน์อัลกอริทึมได้เลยโดยไม่ต้องทำการสร้างองค์ประกอบการจินตทัศน์ใหม่อีก ทั้งนี้เพื่อลดเวลาซึ่งจะต้องใช้ในการพัฒนาการจินตทัศน์อัลกอริทึม
5. สามารถนำอัลกอริทึมมากกว่าหนึ่งอัลกอริทึมมาทำการไปพร้อมๆกัน เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการทำงานได้
6. การพัฒนาการจินตทัศน์อัลกอริทึมและองค์ประกอบการจินตทัศน์ บน AVis จะต้องทำได้ง่ายและรวดเร็ว
7. AVis จะต้องเป็นระบบซึ่งใช้งานได้ง่ายสำหรับผู้ใช้ทุกกลุ่ม

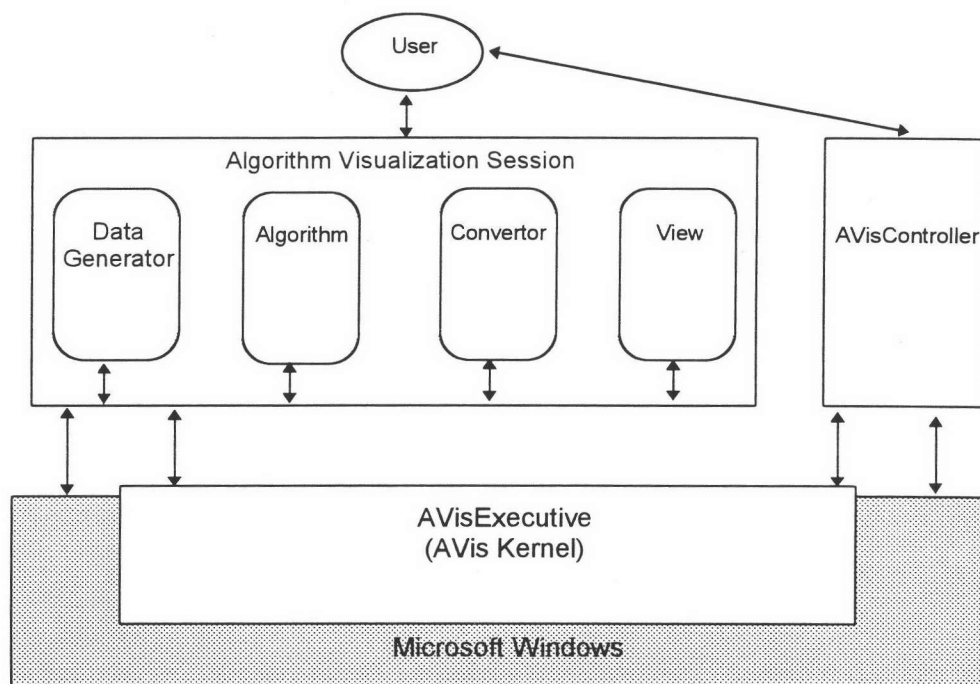
ถึงแม้ชื่อของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะพูดถึงเฉพาะการออกแบบและพัฒนาแก่นกลาง (kernel) ของระบบ แต่ระบบการจินตทัศน์อัลกอริทึมซึ่งมีเฉพาะแก่นกลางแต่ไม่มีผู้ใช้และผู้พัฒนาการองค์ประกอบการจินตทัศน์อัลกอริทึมให้ ก็ยังเป็นระบบซึ่งไม่สามารถนำไปใช้งานได้จริง ดังนั้นจึงต้องมีการสร้างโปรแกรมช่วยทำงานเพื่อให้ผู้ใช้สามารถใช้งานระบบได้สะดวกยิ่งขึ้น รวมทั้งออกแบบกำหนดรูปแบบการเขียนโปรแกรมที่เป็นมาตรฐานเพื่อให้ผู้พัฒนาองค์ประกอบการจินตทัศน์อัลกอริทึมสามารถเรียกใช้เพื่อติดต่อประสานงานกับ AVis และทำงานร่วมกับองค์ประกอบการจินตทัศน์อื่นๆได้ กล่าวโดยสรุปก็คือในงานวิจัยชิ้นนี้สามารถแบ่งงานที่ทำได้สามส่วนหลักคือ

1. การพัฒนาโปรแกรมช่วยทำงานเพื่อให้ผู้ใช้นำระบบไปใช้งานได้ง่ายขึ้น
2. การออกแบบกำหนดรูปแบบและวิธีการพัฒนาองค์ประกอบการจินตทัศน์
3. การออกแบบและพัฒนาแก่นกลาง (kernel) ของระบบ ซึ่งมีชื่อว่าหน่วยบริหารการจินตทัศน์ (AVisExecutive)

### 1.3 โครงสร้างของระบบ AVis

โครงสร้างและความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบต่างๆของระบบ AVis รวมถึงผู้ใช้งานระบบ AVis ด้วย จะมีลักษณะดังในรูปที่ 1.2 ในระบบ AVis จะแบ่งการจินตทัศน์อัลกอริทึม (Algorithm Visualization Session) ออกเป็นส่วนประกอบย่อยๆ สี่ประเภทคือส่วนสร้างข้อมูล (data generator) ส่วนอัลกอริทึม (algorithm) ส่วนแปลงคำสั่ง (converter) และส่วนแสดงผล (view) ที่สร้างขึ้นโดยผู้พัฒนาองค์ประกอบการจินตทัศน์ องค์ประกอบทั้งสี่ประเภทนี้จะถูกนำมารวมเข้าโดยผู้สร้างบทการจินตทัศน์เพื่อสร้างเป็นการจินตทัศน์อัลกอริทึม จากนั้นผู้ใช้งานการจินตทัศน์ก็จะนำการจินตทัศน์อัลกอริทึมที่ได้ไปใช้งานต่อไป ในระหว่างทำงานองค์ประกอบ

เหล่านี้ อาจจะมีการติดต่อประสานงานกันเองหรือติดต่อกับโปรแกรมควบคุมการจินตทัศน์ (AVisController) นอกจากนี้ยังอาจทำการติดต่อกับหน่วยบริหารการจินตทัศน์ (AVisExecutive) ของ AVis ก็ได้ นอกจากนี้ในระหว่างทำงานผู้ใช้ อาจควบคุมการทำงานของ การจินตทัศน์ได้ โดยการสั่งงานผ่านตัวควบคุมหรือทำการควบคุมองค์ประกอบการจินตทัศน์แต่ละองค์ประกอบโดยตรงก็ได้



รูปที่ 1.2 โครงสร้างและความสัมพันธ์ของส่วนประกอบต่างๆของ AVis

#### 1.4 ผู้ใช้งานระบบ AVis

ผู้ใช้ซึ่งจะมีส่วนเกี่ยวข้องกับ AVis จะมีอยู่สองกลุ่มคือ (1)นักเขียนโปรแกรม (programmer) ซึ่งจะ เป็นผู้พัฒนาองค์ประกอบการจินตทัศน์และ (2)ผู้ใช้ปลายทาง (end user) ซึ่งจะนำองค์ประกอบการจินตทัศน์ที่ สร้างโดยผู้ใช้กลุ่มแรกมาประกอบเป็นบทการจินตทัศน์ และเป็นผู้นำบทการจินตทัศน์ไปใช้งานเพื่อศึกษาและ เปรียบเทียบการทำงานของอัลกอริทึม

ผู้ใช้ทั้งสองกลุ่มจะมีมุมมองและบทบาทหน้าที่ต่อ AVis ที่แตกต่างกันกล่าวคือ

1. ผู้ใช้ปลายทาง จะมองว่า AVis เป็นกลุ่มของโปรแกรมชุดหนึ่งซึ่งช่วยให้ผู้ใช้สร้างบทการจินตทัศน์ อัลกอริทึมจากองค์ประกอบการจินตทัศน์ที่มีอยู่ได้ และสามารถนำบทการจินตทัศน์อัลกอริทึมที่สร้างขึ้นมาทำ งานเพื่อศึกษาการทำงาน ดังนั้นผู้ใช้ปลายทางจึงมีหน้าที่

**สร้างบทการจินตทัศน์อัลกอริทึม :** เป็นการนำองค์ประกอบการจินตทัศน์หลายๆ องค์ประกอบมา ประกอบกันเป็นบทการจินตทัศน์อัลกอริทึม กำหนดความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบและทำ การตั้งค่าพารามิเตอร์ (parameter) ต่างๆขององค์ประกอบที่อยู่ในบทการจินตทัศน์

**นำบทการจินตทัศน์อัลกอริทึมที่สร้างขึ้นไปใช้งาน :** เป็นการนำบทการจินตทัศน์ที่สร้างขึ้นไปใช้งานเพื่อ ศึกษาและเปรียบเทียบการทำงาน โดยระหว่างทำงานผู้ใช้อาจหยุดการทำงานของ การจินตทัศน์ที่

สร้างจากบทการจินตทัศน์ชั่วคราวเพื่อดูสถานะการทำงานในขณะนั้น และอาจทดลองปรับค่าพารามิเตอร์บางอย่างเพื่อสังเกตความแตกต่างของผลการทำงาน

2. ผู้พัฒนาองค์ประกอบการจินตทัศน์ จะเป็นผู้ที่จะเขียนโปรแกรมด้วยภาษาคอมพิวเตอร์ต่างๆเพื่อสร้างองค์ประกอบการจินตทัศน์ขึ้น ซึ่งองค์ประกอบการจินตทัศน์เหล่านี้จะทำงานติดต่อกับหน่วยบริหารการจินตทัศน์โดยตรงเพื่อเรียกใช้บริการต่างๆซึ่งมีอยู่ภายในหน่วยบริหารการจินตทัศน์ ผู้ใช้กลุ่มนี้จะมองว่า AVis เป็นกลุ่มของคำสั่งคำสั่งร่วมและระเบียบวิธีเขียนโปรแกรมแบบหนึ่งซึ่งใช้ในการพัฒนาองค์ประกอบการจินตทัศน์

ในส่วนตัวโปรแกรมขององค์ประกอบการจินตทัศน์ซึ่งผู้พัฒนาองค์ประกอบการจินตทัศน์จะต้องสร้างขึ้นนั้น โดยทั่วไปตัวโปรแกรมขององค์ประกอบแต่ละองค์ประกอบจะสามารถแบ่งออกเป็นสองส่วนใหญ่ๆ คือ

1. ส่วนหน่วยทำงาน ซึ่งเป็นส่วนทำงานจริงขององค์ประกอบการจินตทัศน์ ซึ่งไม่มีผลกระทบและไม่ได้ขอใช้บริการต่างๆ จาก AVis เช่นส่วนที่เป็นตัวอัลกอริทึมที่ต้องการจินตทัศน์อัลกอริทึม หรือส่วนแสดงภาพกราฟฟิก งานส่วนนี้เป็นงานที่ไม่เกี่ยวข้องกับ AVis ผู้พัฒนาองค์ประกอบการจินตทัศน์สามารถพัฒนาโปรแกรมได้ในลักษณะเดียวกับการพัฒนาโปรแกรมทั่วไป

2. ส่วนติดต่อประสานงาน จากที่กล่าวมาแล้วว่า AVis เป็นการระบบจินตทัศน์อัลกอริทึมซึ่งแบ่งการจินตทัศน์อัลกอริทึมออกเป็นองค์ประกอบย่อยๆ เพื่อแยกกันไปพัฒนาแล้วนำมาประกอบรวมกันในภายหลัง ดังนั้นจึงต้องมีส่วนของโปรแกรมส่วนหนึ่งขององค์ประกอบการจินตทัศน์แต่ละตัวซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวประสานการทำงานกับองค์ประกอบการจินตทัศน์อื่นๆหรือกับติดต่อกับระบบ AVis เองในภายหลัง ซึ่งหากส่วนติดต่อประสานงานเหล่านี้ไม่มีมาตรฐานที่แน่นอนและไม่สามารถปรับเปลี่ยนได้ง่ายก็จะทำให้การนำองค์ประกอบการจินตทัศน์ต่างๆมาทำงานรวมกันทำได้ลำบากหรืออาจทำไม่ได้เลยก็ได้ ดังนั้นผู้พัฒนาองค์ประกอบการจินตทัศน์ในระบบ AVis จึงจะต้องเขียนโปรแกรมในส่วนติดต่อประสานงานนี้ตามมาตรฐานที่ AVis กำหนดไว้อย่างเคร่งครัด

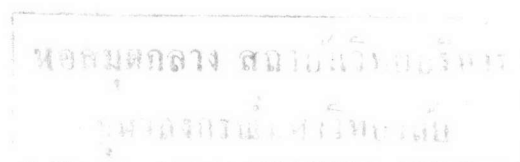
### 1.5 เนื้อหาซึ่งอยู่นอกขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยชิ้นนี้ไม่ได้ศึกษาถึงปัญหาทุกอย่างซึ่งเกิดขึ้นในการศึกษาในเรื่องของการจินตทัศน์อัลกอริทึม ตัวอย่างของปัญหาบางประการของการจินตทัศน์อัลกอริทึมซึ่งงานวิจัยชิ้นนี้ไม่ได้กล่าวถึงและทำการศึกษาได้แก่

1. วิธีการนำเสนอข้อมูล (data visualization) ที่มีประสิทธิภาพ
2. ความถูกต้องของการเลือกข้อมูลซึ่งแสดงถึงการทำงานที่แท้จริงของอัลกอริทึม
3. วิธีการเพิ่มความเร็วให้กับการนำเสนอข้อมูล
4. การนำเสนอการทำงานของอัลกอริทึมด้วยเสียง

### 1.6 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ออกแบบและพัฒนาคลังโปรแกรมรวมสำหรับระบบการจินตทัศน์อัลกอริทึม
2. ออกแบบและกำหนดรูปแบบวิธีการพัฒนาองค์ประกอบการจินตทัศน์
3. ออกแบบและพัฒนาโปรแกรมช่วยทำงาน เพื่อให้การพัฒนาการจินตทัศน์อัลกอริทึมทำได้ง่ายยิ่งขึ้น



### 1.7 ขอบเขตของการวิจัย

1. ออกแบบและพัฒนาค้างคำสั่งร่วมเพื่อนำมาใช้งานร่วมกับระบบการจินตทัศน์อัลกอริทึมบนระบบปฏิบัติการไมโครซอฟต์วินโดวส์รุ่น 3.1
2. ออกแบบและกำหนดรูปแบบการพัฒนาองค์ประกอบการจินตทัศน์
3. ออกแบบและพัฒนาโปรแกรมช่วยทำงานเพื่อใช้งานร่วมกับระบบการจินตทัศน์อัลกอริทึมบนระบบปฏิบัติการไมโครซอฟต์วินโดวส์รุ่น 3.1
4. สร้างการจินตทัศน์อัลกอริทึมของอัลกอริทึมต้นไม้มอดข้ามที่สั้นที่สุดเพื่อทดสอบระบบที่พัฒนาขึ้น

### 1.8 ขั้นตอนและวิธีดำเนินงาน

1. ศึกษาการทำงานและการพัฒนาโปรแกรมบนระบบไมโครซอฟต์วินโดวส์รุ่น 3.1
  - 1.1 ศึกษาการพัฒนาค้างโปรแกรมเชื่อมโยงแบบพลวัต (Dynamic Link Library) ด้วยภาษา C
  - 1.2 ศึกษาการทำงานของไมโครซอฟต์วินโดวส์รุ่น 3.1 ในเรื่องการส่งข้อความ (Message Passing) และการจัดตารางการทำงานของโปรแกรม (Task Scheduling)
  - 1.3 ศึกษาการพัฒนาโปรแกรมด้วยภาษาวิซวลเบสิก
2. ออกแบบและกำหนดคำสั่งที่จำเป็นต่อการพัฒนาการจินตทัศน์อัลกอริทึม
3. ออกแบบและพัฒนาเครื่องมือที่ช่วยในการพัฒนาการจินตทัศน์อัลกอริทึม
4. ทดสอบการทำงานและปรับปรุงประสิทธิภาพในการทำงาน
5. ออกแบบและพัฒนาระบบการจินตทัศน์อัลกอริทึมสำหรับปัญหาต้นไม้ทอดข้ามที่เล็กที่สุด เพื่อทดสอบระบบซึ่งพัฒนาขึ้น
6. สรุปผลงานวิจัย ประเมินผล
7. เสนอรายงานการวิจัยในรูปแบบของวิทยานิพนธ์

### 1.9 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. รูปแบบและวิธีการพัฒนาการจินตทัศน์อัลกอริทึม ค้างโปรแกรมสำหรับการพัฒนาองค์ประกอบการจินตทัศน์ รวมถึงโปรแกรมช่วยพัฒนาการจินตทัศน์อัลกอริทึม
2. รูปแบบวิธีการพัฒนา และเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาองค์ประกอบการจินตทัศน์
3. ระบบการจินตทัศน์อัลกอริทึมบนระบบปฏิบัติการไมโครซอฟต์วินโดวส์รุ่น 3.1

### 1.10 เนื้อหาของวิทยานิพนธ์

เนื้อหาของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะถูกแบ่งออกเป็นเจ็ดบทย่อยๆ ซึ่งนอกจากบทที่ 1 ซึ่งเป็นบทนำแล้ว ในบทถัดไปจะกล่าวถึงงานวิจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้องและมีอิทธิพลต่อการพัฒนา AVis จากนั้นในบทที่ 3 จะเป็นการขยายความในเรื่องของความสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้ปลายทางกับ AVis ซึ่งจะรวมถึงการพัฒนาและการนำการจินตทัศน์อัลกอริทึมซึ่งพัฒนาด้วย AVis ไปใช้งานโดยการใส่โปรแกรมช่วยงานบางตัวของ AVis ได้แก่โปรแกรมออกแบบการจินตทัศน์อัลกอริทึม (AVisDesigner) และโปรแกรมควบคุมการจินตทัศน์อัลกอริทึม (AVisController) ผู้ใช้งานระบบ AVis ทั้งสองกลุ่มควรศึกษาบทนี้ก่อนเพื่อจะได้ทำความเข้าใจแนวคิดพื้นฐานของ AVis ได้ดียิ่งขึ้น

ในบทที่ 4 จะเป็นบทของผู้พัฒนาองค์ประกอบการจินตทัศน์เพราะจะกล่าวถึงวิธีการพัฒนาองค์ประกอบการจินตทัศน์เพื่อให้สามารถนำมาทำงานร่วมกับ AVis ได้ ส่วนบทที่ 5 จะกล่าวถึงการออกแบบ โครงสร้าง และการทำงานของหน่วยบริหารการจินตทัศน์ สำหรับผู้ใช้ปลายทางซึ่งไม่ต้องการพัฒนาการจินตทัศน์อัลกอริทึมด้วยตนเองสามารถข้ามบททั้งสองนี้ได้ บทที่ 6 จะแสดงถึงการนำระบบการจินตทัศน์อัลกอริทึมไปทดลองใช้ในการแสดงการทำงานของอัลกอริทึมต้นไม้ออกแบบที่สั้นที่สุด การเปรียบเทียบการทำงานระหว่างการจินตทัศน์อัลกอริทึมซึ่งพัฒนาโดยการใช้ AVis และการจินตทัศน์อัลกอริทึมซึ่งพัฒนาในลักษณะของโปรแกรมเดี่ยว (single program) ส่วนบทที่ 7 จะเป็นบทสรุปของการวิจัยรวมทั้งข้อเสนอแนะซึ่งควรนำไปใช้ในการปรับปรุง AVis ให้ดียิ่งขึ้น