

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 บทสรุปจากการทดสอบและใช้งานโปรแกรม

##### 5.1.1 ความแม่นยำของโปรแกรม

การตรวจสอบความแม่นยำของโปรแกรมจะใช้การเปรียบเทียบกับสูตรในเชิงทฤษฎีที่สรุปไว้แล้วเท่านั้น ไม่ได้มีการสร้างหุ่นจำลองหรือทดลองวัดจากสภาพห้องจริงเพื่อเปรียบเทียบค่าแต่อย่างใด โดยจะนำผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณของโปรแกรมมาทำการทวนผลในสูตรเพื่อตรวจสอบความถูกต้องด้วยมืออีกครั้งหนึ่ง ผลการตรวจที่ได้คือไม่มีส่วนการคำนวณผิดพลาดไปจากสูตรที่กำหนดไว้แต่อย่างใด ผลการคำนวณจึงถูกต้องเชื่อถือได้เช่นเดียวกับการคำนวณด้วยมือ แต่ทำได้รวดเร็วกว่ามาก

##### 5.1.2 ปัญหาจุดและบกพร่องในการใช้งานโปรแกรม

ในการใช้งานโปรแกรม พบว่าประเด็นที่เป็นปัญหา และยังไม่บรรลุนิติภาวะที่ได้อ้างไว้ก็คือ ความรวดเร็วและยืดหยุ่นในการคำนวณ ซึ่งพบปัญหานี้ค่อนข้างมากเฉพาะส่วนการคำนวณเพื่อหาค่า Intensity & Echo สามเหตุของปัญหาเกิดจากความซ้ำของการคำนวณและแสดงผล ทำให้การทำงานแก้ไขไม่สามารถเห็นผลได้ทันที การตอบวัตถุประสงค์ที่ต้องการให้ผู้ใช้สามารถปรับปรุงและวัสดุของห้องโดยเห็นผลลัพธ์ที่จะเกิดขึ้นไปด้วยนั้นจึงไม่ประสบความสำเร็จในส่วนนี้

ความซ้ำของการคำนวณที่เกิดขึ้นนี้เป็นปัญหาที่ผู้วิจัยไม่ได้คาดการณ์ไว้ล่วงหน้า ซึ่งในช่วงแรกของการพัฒนาโปรแกรมนั้น การจำลองสภาพเสียงด้วยการยิง Ray ยังมีความรวดเร็วและสามารถได้ผลลัพธ์ในระยะเวลานานซึ่งไม่เป็นอุปสรรคต่อการทำงานแต่อย่างใด แต่เมื่อพัฒนาโปรแกรมจนมีขนาดใหญ่และมีชุดคำสั่งและการแสดงผลที่ซับซ้อนมากขึ้น การคำนวณ Ray นี้กลับช้าลงไปมากจนกระทั่งต้องรอผลลัพธ์เป็นเวลานาน การทำงานในหมวดดังกล่าวจึงกลายเป็นเหมือนการจำลองสถานการณ์เพื่อตรวจสอบค่ารายละเอียดสำหรับห้องออกแบบมาพอสมควรแล้วมากกว่า

จากการวิเคราะห์สาเหตุของความช้าในการคำนวณนี้ พบว่าส่วนหนึ่งเกิดจากเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาหรือ Flash นั้นมีการแสดงผลซึ่งจะหน่วงเวลาลงไปเล็กน้อยในรอบการแสดงผลแต่ละครั้ง แต่เหตุผลสำคัญที่ทำให้โปรแกรมช้ากว่าที่ควรมากเนื่องจากเทคนิคทางการเขียนโปรแกรมที่นำเอารอบของการแสดงผลซึ่งมีการคำนวณที่ซ้ำ นี้ไปแทรกอยู่ใน Loop ของการคำนวณของโปรแกรม (เช่นการใช้คำสั่งจัดวาง Ray ลงไปที่ตำแหน่งใหม่ซึ่งทำให้เกิดการแสดงผลทันทีที่แทรกอยู่ใน Loop เดียวกับการคำนวณการเคลื่อนที่) ดังนั้นเมื่อ Loop การคำนวณวนรอบเป็นจำนวนเท่าใด การแสดงผลก็จะถูกเรียกให้ทำงานตามจำนวนครั้งที่เท่ากันด้วย ทำให้เกิดการหน่วงของการแสดงผลในรอบการคำนวณหลักอย่างชัดเจน

แต่อย่างไรก็ดี การคำนวณในหมวดอื่นๆเช่น Reverberation time หรือ Ray diagram ก็ยังมีความรวดเร็วเพียงพอ และสามารถตอบสนองการออกแบบของสถาปนิกได้อย่างน่าพอใจ ดังนั้นแม้โปรแกรมจะไม่สำเร็จตามวัตถุประสงค์บางส่วนแต่ก็ยังมีส่วนที่ประสบความสำเร็จในประเด็นด้านการช่วยออกแบบนี้อยู่พอสมควร

### 5.1.3 ประเด็นที่บรรล่วัตถุประสงค์ในการพัฒนา

จากแนวความคิดในการพัฒนาและวัตถุประสงค์หลายประการที่ได้ตั้งไว้ จะพบว่าโปรแกรมสามารถแก้ไขปัญหาคำสั่งที่พบในโปรแกรมประเภทเดียวกันและบรรล่วัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ในแต่ละด้านมากน้อยแตกต่างกันดังนี้

#### ความง่ายต่อการเรียนรู้

โปรแกรมสามารถตอบสนองวัตถุประสงค์นี้ได้เป็นอย่างดี จากการออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน (User Interface) ที่สวยงามดึงดูด การจัดกลุ่มของคำสั่งและจัดวางแยกหมวดหมู่ที่ชัดเจน ตลอดจนการแสดงผล Interface แยกตามหมวดของผลลัพธ์ที่ผู้ใช้งานต้องการ เพื่อให้ผู้ใช้ทราบตัวแปรและคำสั่งต่างๆที่ใช้ควบคุมอย่างชัดเจน การแสดงชุดคำสั่งที่เกี่ยวข้องเชื่อมโยงกันเมื่อผู้ใช้เลือกวัตถุต่างๆบนพื้นที่ทำงาน การเชื่อมโยงและแยกหมวดหมู่ด้วยสี เป็นต้น

นอกจาก Interface ที่ดีแล้วปัจจัยอีกประการที่ทำให้โปรแกรมง่ายต่อการเรียนรู้ก็คือ การเปลี่ยนค่าตัวแปรทางเทคนิค ให้เป็นภาษาที่ผู้ใช้เข้าใจได้ง่าย หรือเป็นสัญลักษณ์ เช่นการป้อนข้อมูลของโดยการเลือกจากตัวอย่างแทนการกรอกค่าทางเทคนิคต่างๆที่อยู่ยากโดยตรง โปรแกรมจะทำหน้าที่เปลี่ยนข้อมูลเหล่านี้ ให้เป็นข้อมูลทางเทคนิคเพื่อไปคำนวณอีกทอดหนึ่ง

ประเด็นนี้ทำให้ โปรแกรมมีความเป็นมิตรกับผู้ใช้ (User friendly) ค่อนข้างมาก สามารถใช้งานได้โดยไม่ต้องเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านเสียง และยังใช้เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ทางด้านกรอกแบบควบคุมเสียงได้ดีอีกด้วย



### ความสะดวกในการทำงาน

โปรแกรมสามารถแก้ไขปัญหาความซับซ้อนของข้อมูลและขั้นตอนการทำงานได้มากพอสมควร เนื่องจากการลดรายละเอียดของข้อมูลบางส่วนที่ไม่จำเป็นในการออกแบบเบื้องต้น เป็นการประหยัดเวลาที่ใช้ในการป้อนข้อมูลลงได้มาก การมีค่า Default เริ่มต้นสำหรับทุกตัวแปรซึ่งทำให้ผู้ใช้ไม่ต้องป้อนข้อมูลทุกตัวก่อนที่จะทำการคำนวณ อีกทั้งการแบ่งแยกระดับการคำนวณออกจากรันอย่างชัดเจน ซึ่งช่วยให้ผู้ใช้ไม่ต้องทำงานกับตัวแปรหรือขั้นตอนที่ไม่เกี่ยวข้องกับผลลัพธ์ที่ต้องการ เป็นการลดขั้นตอนในการทำงานลงได้มาก

อีกประเด็นหนึ่ง ซึ่งช่วยให้การทำงานสะดวกขึ้น ก็คือการใช้เทคนิคการป้อนข้อมูลที่สะดวกรวดเร็ว เช่น การใช้ Slider Bar กำหนดค่าตัวแปร หรือการ Drag วัตถุเพื่อกำหนดตำแหน่ง เป็นต้น นอกจากนี้การออกแบบ Interface ที่พยายามให้จำนวนครั้งของการกดปุ่มเพื่อป้อนค่าหรือสั่งงานน้อยครั้งที่สุด เช่นการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรทันทีระหว่างที่ผู้ใช้กรอกข้อมูล หรือการเรียกคำสั่งที่เกี่ยวข้องมาแสดงทันทีที่เลือกวัตถุนั้นที่ทำงานใดๆ ก็เป็นส่วนช่วยให้การทำงานลดจำนวนขั้นตอนลง สามารถทำงานได้รวดเร็วขึ้นอีกด้วย

โดยสรุปแล้วโปรแกรมจึงสามารถตอบสนององวัตถุประสงค์ด้านความสะดวกในการใช้งานนี้ได้เป็นอย่างดี

### ความยืดหยุ่นเหมาะที่จะใช้ช่วยออกแบบ

จากวัตถุประสงค์ที่โปรแกรมจะต้องเหมาะกับขั้นตอนและวิธีการทำงานของสถาปนิก และต้องมีความยืดหยุ่นสะดวกต่อการปรับเปลี่ยนเพื่อหาค่าผลลัพธ์ที่เหมาะสม การปรับรูปร่างของห้อง การใส่วัสดุ ตลอดจนการป้อนค่าตัวแปรทุกส่วนนั้น จึงออกแบบมาให้สามารถปรับเปลี่ยนได้สะดวกรวดเร็วที่สุด แนวทางหลักของโปรแกรมจึงเป็นแบบ 2 มิติคล้ายการ Sketch บนกระดาษ ซึ่งผลลัพธ์จากการคำนวณนั้นไม่ต่างจากการคิดแบบ 3 มิติมากนักและยังอยู่ในขอบเขตที่ยอมรับได้ อีกทั้งสถาปนิกใช้งานได้สะดวกและเคยชินกว่า สามารถตอบสนองกับวัตถุประสงค์ในการช่วยออกแบบได้ดีกว่าการทำงาน 3 มิติที่พบในโปรแกรมประเภทเดียวกัน ซึ่งแม้แม่นยำแต่ก็ทำงานได้ยาก

แม้ว่าโดยแนวทางแล้วจะสนับสนุนการช่วยคิดแบบเป็นอย่างมาก แต่ความต้องการอีกประการคือ การสามารถเห็นผลลัพธ์ได้รวดเร็วหรือทันที เพื่อให้ผู้ใช้ปรับตัวแปรต้นให้ได้ผลลัพธ์ที่ต้องการได้ง่ายที่สุด จากปัญหาความช้าของการคำนวณและแสดงผลในบางหมวดการทำงานที่ได้กล่าวไป ทำให้ผู้ใช้ไม่สามารถเห็นผลลัพธ์ได้ในทันที ซึ่งทำให้การปรับเปลี่ยนตัวแปรเพื่อหาค่าที่เหมาะสมทำได้ยาก ดังนั้นโปรแกรมจึงตอบสนองกับวัตถุประสงค์ข้อนี้ได้ไม่ครอบคลุมทั้งหมด แต่ก็มีส่วนที่ประสบความสำเร็จพอสมควรเช่น การคำนวณค่า RT การวิเคราะห์ Ray Diagram เป็นต้น

### ผลลัพธ์ที่ได้ตรงตามความต้องการ

เนื่องจากค่าผลลัพธ์ที่กำหนดโปรแกรมทำการคำนวณนั้น ได้มาจากการวิเคราะห์ความต้องการและการทำงานของสถาปนิกโดยตรง ดังนั้นผลลัพธ์ที่ได้จึงตรงจุดและต้องการตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานซึ่งเป็นสถาปนิกได้อย่างสมบูรณ์ แก้ปัญหาเรื่องปริมาณของผลลัพธ์ทางเทคนิคมากเกินไปจนเกิดความจำเป็น ที่พบในโปรแกรมใกล้เคียง เมื่อผลลัพธ์น้อยลง ก็ทำให้ผู้ใช้ไม่สับสน อีกทั้งยังส่งผลถึงตัวแปรต้นที่ผู้ใช้ต้องป้อนให้มีจำนวนน้อยลงเฉพาะที่จำเป็นเท่านั้น การใช้งานโปรแกรมจึงสะดวกรวดเร็วขึ้นอีกด้วย ผลลัพธ์ที่ได้เมื่อเทียบกับข้อมูลตัวแปรที่ต้องป้อนก็นับว่าเหมาะสมคุ้มค่า ผลลัพธ์ไม่น้อยเกินไปและตัวแปรที่ต้องระบุก็ไม่มากเกินไป

อีกส่วนหนึ่งคือการแสดงผลลัพธ์ โปรแกรมได้เปลี่ยนค่าทางเทคนิคที่เข้าใจได้ยากให้เป็นสิ่งที่เข้าใจง่ายและผู้ใช้เคยชินเช่น การสร้างภาพเคลื่อนไหว หรือแม้กระทั่งเล่นตัวอย่างเสียงจริง รวมทั้งมีการประเมินผลลัพธ์ที่ได้ว่ามีความเหมาะสมมากน้อยเพียงไรอีกด้วย วิธีการเหล่านี้ทำให้โปรแกรมสามารถ แก้ปัญหาความไม่เข้าใจในพฤติกรรมของเสียงหรือผลลัพธ์ของผู้ใช้ที่ไม่มีพื้นฐานความรู้ทางด้านเสียงไปได้มาก ช่วยให้ผู้ใช้โดยทั่วไปสามารถเข้าใจค่าผลลัพธ์ทางเทคนิคนี้ได้อย่างชัดเจนและรวดเร็ว

โดยรวมแล้วโปรแกรมสามารถตอบสนองวัตถุประสงค์ในการใช้งานหลักที่สำคัญที่สุดของโปรแกรมซึ่งก็คือ การให้ผู้ใช้ซึ่งเป็นสถาปนิกทดลองปรับเปลี่ยนรูปร่างและวัสดุของห้อง เพื่อตรวจสอบพฤติกรรมการสะท้อนของเสียง และตรวจสอบค่าคุณสมบัติทางด้านเสียงต่างๆว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานหรือไม่ สำหรับช่วยประกอบการตัดสินใจในการออกแบบรูปร่างและวัสดุของห้องเบื้องต้น ได้อย่างน่าพอใจ

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## 5.2 ปัญหา อุปสรรคที่พบในการศึกษาวิจัยและพัฒนาโปรแกรม

### 5.2.1 ข้อจำกัดด้านระยะเวลา

ระยะเวลาที่จำกัดของการวิจัยเป็นประเด็นสำคัญที่ส่งผลต่อการกำหนดขอบเขตความสามารถและการพัฒนาโปรแกรม รวมทั้งการเลือกเครื่องมือในการพัฒนาอีกด้วย อย่างไรก็ตามในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นงานวิจัยในสายคอมพิวเตอร์สำหรับงานสถาปัตยกรรม มีจุดมุ่งหมายที่จะแสดงออกซึ่งแนวความคิด และวิธีการในการพัฒนาโปรแกรม Computer ให้เข้ามาเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้เกิดประโยชน์ต่อการทำงานด้านสถาปัตยกรรมเป็นหลัก การศึกษาเรื่องเสียงในงานสถาปัตยกรรมนั้นเป็นเพียงส่วนประกอบหนึ่งในการทำวิจัย เพื่อให้ผู้วิจัยสามารถแสดงแนวความคิดในการพัฒนาที่น่าสนใจได้ ด้วยความเหมาะสมทางด้านระยะเวลาทำให้ความสามารถของโปรแกรมนี้อาจครอบคลุมทุกประเด็นความรู้ทั้งหมดของสาขาการออกแบบเสียง แต่เป็นการพิจารณาหยิบยกประเด็นสำคัญนั้นคือการออกแบบควบคุมเสียงภายในห้อง ( Room Acoustic ) ที่ผู้วิจัยคาดว่าน่าจะเป็นประโยชน์ต่อสถาปนิกมากที่สุดขึ้นมาพัฒนาเพียงประเด็นเดียว ซึ่งยังคงมีประเด็นอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับสถาปนิกอีกมากเช่น Sound Isolation , Sound Reinforcing System และ Mechanical System Noise Control เป็นต้น แต่ทั้งนี้เมื่อสามารถแก้ปัญหาและพัฒนาเครื่องมือสำหรับประเด็นที่เลือกมาเป็นตัวอย่างนี้ได้ ก็ย่อมหมายถึงการสามารถพัฒนาและสร้างโปรแกรมเพื่อเป็นเครื่องมือช่วยออกแบบทั้งในเชิงการออกแบบเสียง และการออกแบบสถาปัตยกรรมในประเด็นอื่นๆที่น่าสนใจได้เช่นกัน

### 5.2.2 เครื่องมือและวิธีการที่เลือกใช้

แม้ว่า การเลือกเครื่องมือ Macromedia Flash จะทำให้การพัฒนาบรรลุวัตถุประสงค์ที่สำคัญหลายประการได้ไม่ยากนัก แต่ปัญหาและอุปสรรคส่วนใหญ่ที่พบระหว่างการพัฒนาโปรแกรมนั้นก็มักเกิดจากเหตุผลด้านขีดจำกัดของโปรแกรม Macromedia Flash ซึ่งเครื่องมือในการพัฒนานั้นเอง ข้อจำกัดประการสำคัญที่สุดของ Flash ก็คือ ความไม่สะดวกในการเชื่อมโยงกับข้อมูลภายนอกโปรแกรม เช่นการไม่สามารถสร้าง File ใหม่ขึ้นได้ หรือไม่สามารถบันทึก File ได้จากคำสั่งภายใน Flash โดยตรง เนื่องจากวัตถุประสงค์ของการพัฒนาโปรแกรม Flash ของผู้ผลิตนั้นเน้นไปในแนวทางการทำงานผ่าน Web และใช้ร่วมกับภาษาอื่นเช่น ASP PHP JAVA เป็นต้น โดยความสามารถในการเชื่อมต่อกับ External File หรือการบันทึกข้อมูล จะต้องใช้การสั่งงานผ่านภาษาเหล่านี้ ในลักษณะของ Sever Side Script เท่านั้น ทำให้การพัฒนามีข้อจำกัด เป็นข้อเสียที่ใหญ่มากของ Flash ทำให้ ข้อมูลที่ได้ไม่สามารถบันทึกเป็น File ในลักษณะปกติ หรือข้อมูลไปยังโปรแกรมอื่นๆได้ การทำงานจึงจะอยู่ภายในโปรแกรมเท่านั้น

นอกจากนั้นยังมีปัญหาเล็กน้อยอื่นๆที่พบระหว่างการทำงานเช่น ปัญหาการไม่สามารถคำนวณค่าทางคณิตศาสตร์บางประการได้โดยตรงได้ เช่น การหาค่า Logarithm ทำให้ต้องใช้การเขียน Function ในการคำนวณเพิ่มเติมด้วยตัวเอง และปัญหาความหน่วงในการแสดงผลเล็กน้อยของ Flash ทำให้กดปุ่มหรือสั่งงานต่างๆมีการ Delay หลังจากการกดบ้าง เป็นต้น

แต่โดยสรุปแล้ว Flash เป็นเครื่องมือสาริตที่เหมาะสม ในการแสดงออกซึ่งแนวความคิดและกระบวนการ ในการพัฒนาโปรแกรมเพื่อช่วยสนับสนุนการออกแบบได้มากพอสมควร

### 5.3 ข้อเสนอแนะในการพัฒนาโปรแกรมต่อไปในอนาคต

#### 5.3.1 ความสามารถโปรแกรม

หากมีการพัฒนาต่อไปในอนาคต โปรแกรมควรจะมีการเพิ่มความสามารถในส่วนต่างๆ และแก้ไขข้อบกพร่องบางประการดังนี้

-แม้ว่าการทำงาน 2 มิติและแนวคิดในการทำงานปรับเปลี่ยนรูปร่างและวัสดุ จะทำให้ผู้ใช้เข้าใจและทำงานได้ง่าย แต่หากนำแนวคิดในการทำงานนี้ไปพัฒนาเป็นโปรแกรม 3 มิติ โปรแกรมก็จะบรรลุวัตถุประสงค์ทั้งในความใช้งานง่าย และมีความแม่นยำเพิ่มขึ้นอีกด้วย แต่ทั้งนี้การพัฒนาให้โปรแกรมมีลักษณะดังกล่าวนี้จะค่อนข้างซับซ้อน ต้องใช้เวลาและกำลังในการพัฒนามากขึ้นตามไปด้วย หากการทำงานไม่สามารถเป็น 3 มิติโดยสมบูรณ์ได้ ก็อาจจะใช้ลักษณะการแสดงผลหรือการคำนวณแบบ กึ่ง 3 มิติ นั่นคืออาจจะใช้ความเชื่อมโยงในการกำหนดรูปร่างและวัสดุในผังและรูปตัด 2 ภาพไปพร้อมๆกัน ซึ่งทำให้โปรแกรมสามารถคำนวณได้แม่นยำขึ้น

-การเพิ่มความสามารถในการสร้าง จำนวน Source มากกว่า 1 จะทำให้ความครอบคลุมของโปรแกรมขยายไปถึงการวิเคราะห์ Sound System ได้ด้วย เช่นการจำลองการติดตั้งตำแหน่งเครื่องขยายเสียงที่ตำแหน่งต่างๆภายในห้องมากกว่า 1 จุด และตรวจสอบระดับความดังที่ผู้รับ เป็นต้น ทั้งนี้การใช้ Source เพียง 1 แม้จะสามารถทดสอบได้เพียงเสียงจาก Source ธรรมชาติ เช่น การพูด หรือ เสียงดนตรีเท่านั้นแต่ก็นับว่าเพียงพอต่อการเบื้องต้นของสถาปนิก การเพิ่มความสามารถในส่วนนี้จึงไม่ใช่ปัญหาที่ต้องแก้ไข แต่เป็นความสามารถเสริมที่ผู้วิจัยแนะนำให้เพิ่มเติมเท่านั้น



-อาจมีการเพิ่มคุณสมบัติที่เกี่ยวกับความถี่บางประการ เพื่อให้มีความละเอียดครอบคลุมมากขึ้น เช่น Absorption Coefficient พลังงานแต่ละช่วงความถี่ของ Source หรือขนาดระนาบที่สัมพันธ์กับความถี่ว่าจะสะท้อนหรือไม่สะท้อนความถี่ช่วงใด แต่ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงความสะดวกของผู้ใช้งานด้วยข้อมูลต้องไม่มากเกินไปจนผู้ใช้ลำบาก หรืออาจใช้วิธีการเปิดโอกาสให้ผู้ใช้ได้เลือกได้ว่าจะนำช่วงความถี่มาคำนวณด้วยหรือไม่ก็ได้ โดยจะนำมาคำนวณต่อเมื่อต้องการการวิเคราะห์ที่ละเอียดมากเท่านั้น

-ความสามารถอีกประการหนึ่ง ที่โปรแกรมควรจะต้องมีก็คือความสามารถในการบันทึกและเรียกอ่านข้อมูลในลักษณะ File ข้อมูลภายนอก หรืออาจเป็นความสามารถในการทำงานเชื่อมโยงกับโปรแกรมมาตรฐานอื่นๆ ตัวอย่างเช่น อาจใช้วิธี Export ข้อมูลจากการคำนวณเป็น Text File หรือ ส่งข้อมูลไปยังโปรแกรม Microsoft Excel เพื่อนำไป Plot กราฟหรือประเมินผลอื่นๆ ก็จะทำให้ได้การใช้งานได้ประโยชน์อย่างเต็มที่

-การพัฒนาให้เป็นโปรแกรมช่วยออกแบบทางด้านเสียงสำหรับสถาปนิกที่สมบูรณ์ได้นั้น อาจจะต้องเพิ่มความสามารถในประเด็นอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบของสถาปนิกนอกเหนือจาก Room Acoustic ตัวอย่างเช่น Sound Isolation , Sound Reinforcing System และ Mechanical System Noise Control เป็นต้น

### 5.3.2 การเขียนโปรแกรมและ การเลือกเครื่องมือ

เพื่อให้แก้ปัญหาในด้านเทคนิคการคำนวณ และปัญหาอื่นๆที่เกิดจากข้อจำกัดของเครื่องมือโปรแกรมควรมีการพัฒนาปรับปรุงในประเด็นต่างๆดังนี้

-ในการเขียนโปรแกรมนั้น ต้องแยกการคำนวณกับการแสดงผลออกจากกันอย่างชัดเจน ไม่เขียนคำสั่งที่ใช้แสดงผลเข้าไปใน Loop ของการคำนวณ เทคนิคที่มีประสิทธิภาพในการทำงานได้รวดเร็วที่สุดคือ การบันทึกข้อมูลที่คำนวณได้ลงในลักษณะของ File ก่อน แล้วให้ส่วนของการแสดงผลไปเรียกค่าจาก File มาอ่านและแสดงผล โปรแกรมยังสามารถหน่วงเวลาเพื่อรอให้อ่านข้อมูลจาก File ให้เสร็จทั้งหมดก่อน แล้วจึงแสดงผลเพื่อความต่อเนื่องอีกด้วย การใช้เทคนิคนี้อาจมีประโยชน์มากและส่งผลถึงลักษณะการทำงานของโปรแกรมให้ง่ายขึ้นได้อีกด้วย เช่นถ้าหากเก็บทุกค่าที่ Ray วิ่งผ่านไปในทุกตำแหน่งไว้ก่อนล่วงหน้า การตรวจสอบค่าคุณสมบัติก็อาจได้ทุกตำแหน่งภายในห้องทันที โดยไม่ต้องอาศัย Receiver เนื่องจากเป็นการเรียกอ่านจากค่าบันทึกเอาไว้ หรืออาจสามารถใช้เทคนิคการแสดงผลด้วยสี (Mapping) เพื่อแทนค่าคุณสมบัติต่างๆลงบนผังห้องทั้งหมดได้

-สิ่งที่อาจช่วยให้โปรแกรมมีประสิทธิภาพมากขึ้น อีกประการหนึ่งคือการทำให้โปรแกรมสามารถมองเห็นแนวโน้มของผลลัพธ์และคาดการณ์ได้ล่วงหน้า หรือมีความฉลาดที่เลียนแบบการประเมินสถานการณ์และการตัดสินใจของมนุษย์ (Artificial Intelligent) นั่นเอง การที่ผู้ใช้งานต้องรอ

ผลการคำนวณนี้ส่วนหนึ่งเกิด จากโปรแกรมไม่สามารถเห็นว่าผลลัพธ์กำลังจะไปทิศทางใด เป็นไปได้หรือไม่หรือควรหยุดการคำนวณแล้วเลือกวิธีอื่นหรือไม่ โดยจะต้องรอให้การคำนวณถึงที่สุด และได้ผลลัพธ์ออกมาก่อนจึงสามารถประเมินได้ว่าผลลัพธ์นั้นเหมาะสมหรือไม่ ดังนั้นผู้ใช้งานจึงต้องรอให้การคำนวณเสร็จสิ้นก่อนเสมอ ถ้ามีการเพิ่มความฉลาดในส่วนนี้ คือมีการแสดงแนวโน้มของผลลัพธ์สุดท้ายในระหว่างคำนวณคร่าวๆก่อน แล้วค่อยๆเพิ่มความถูกต้องมากขึ้นเมื่อระยะเวลาการคำนวณมากขึ้น ผู้ใช้ก็จะสามารถประมาณการล่วงหน้าได้ว่าผลลัพธ์น่าจะเป็นไปตามต้องการหรือไม่ โดยไม่ต้องรอให้โปรแกรมคำนวณเสร็จสิ้นก่อน ประเด็นนี้จะทำให้ผู้ใช้สามารถใช้งานโปรแกรมได้รวดเร็วขึ้น คือเมื่อเห็นแนวโน้มที่ไม่ดี ก็สามารถหยุดเพื่อแก้ไขและคำนวณใหม่ได้ทันที

-ในส่วนของเครื่องมือที่ใช้พัฒนาโปรแกรมนั้น โปรแกรม Macromedia Flash นับว่ามีความเหมาะสมในเบื้องต้นกับวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้พอสมควร และตอบวัตถุประสงค์ในการสร้างโปรแกรมสาธิตที่ใช้แสดงออกถึงแนวความคิดในการพัฒนาได้ แต่ถ้าหากต้องการพัฒนาโปรแกรมไปเชิงวัตถุประสงค์อื่นๆ หรือพัฒนาโปรแกรมที่มีความสมบูรณ์เป็นมาตรฐาน ก็ควรเลือกใช้ภาษาระดับมาตรฐานในการพัฒนา เนื่องจากโครงสร้างและแนวทางในการเขียน Action script ใน Flash มีรากฐานมาจากภาษา C ดังนั้นการพัฒนาอาจใช้โปรแกรม Microsoft Visual C++ เป็นเครื่องมือหลักก็ได้ ทั้งนี้อาจต้องมีการใช้ Library ในการช่วยสร้าง User Interface เพิ่มเติมด้วย เนื่องจากโปรแกรมมีความสามารถในการสร้างและจัดการ Interface ที่ไม่ดีนัก

-ในส่วนของ การเก็บข้อมูลที่มีจำนวนมากในโปรแกรมเช่น ข้อมูลวัสดุนั้นอาจใช้การจัดเก็บในลักษณะ Database เพื่อให้ง่ายต่อการค้นหาและการเพิ่มเติมแก้ไข รวมทั้งควรจัดเก็บข้อมูลบางประเภท เช่นรูปร่างและวัสดุของห้อง หรือผลลัพธ์จากการคำนวณ ในลักษณะของ File เพื่อให้สะดวกในการเรียกใช้หรือนำข้อมูลไปใช้ในโปรแกรมอื่นๆต่อไป

-หากต้องการพัฒนาโปรแกรมในลักษณะ 3 มิติ จะต้องมีการใช้ Graphic Library ร่วมในการพัฒนาด้วย โดยอาจใช้ OpenGL ร่วมกับ Visual C++ ก็ได้ อีกส่วนหนึ่งคือหาต้องการพัฒนาความสามารถทางด้านการเล่นเสียงให้มากขึ้น เช่นการจำลองสภาพเสียงจริงจากค่าผลลัพธ์ทั้งหมด ก็จำเป็นต้องมี Sound Library ร่วมในการพัฒนาเพิ่มเติมด้วย

ในการที่จะสร้างโปรแกรมที่สมบูรณ์แบบมีประสิทธิภาพสูง อาจเป็นเรื่องที่เป็นไปได้ยากในระยะเวลา และระดับความรู้ความสามารถที่ผู้ศึกษาวิจัยพึงมี แต่อย่างไรก็ตามผู้วิจัยก็หวังว่าผลงานชิ้นนี้ จะมีผู้หยิบยกนำแนวความคิด วิธีการ หรือข้อมูลที่ผู้วิจัยได้รวบรวมเอาไว้ ไปพัฒนาต่อให้เกิดโปรแกรมที่มีความสมบูรณ์มากขึ้น และยังหวังว่าผลงานชิ้นนี้จะเป็นส่วนหนึ่งในจุดเริ่มต้นของการสร้างสรรค์ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีประโยชน์ต่อการทำงานด้านสถาปัตยกรรม โดยมีมือของสถาปนิกไทย และเพื่อสถาปนิกไทย ต่อไปในภายภาคหน้า