สำนักงานวิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษาการพัฒนาแบบจำลองสำหรับการทำนายความเข้มข้นฝุ่นละอองภายในอาคาร

5.1.1 สมการที่ใช้คำนวณความเข้มข้นฝุ่นละอองภายในอาคาร ในการศึกษาครั้งนี้ แสดงดังสมการที่ 5.1

$$VC_{M_in} = C_{MO-I} + C_{M0} - C_{Md} - C_{MI-O} \qquad 5.1$$

โดยที่ C_{in} คือ มวลของฝุ่นละอองภายในอาคาร (ไมโครกรัม)

V คือ ปริมาตรห้อง (ลูกบาศก์เมตร)

C_{MO-I} คือ มวลของฝุ่นละอองจากภายนอกที่พัดเข้าสู่ภายในอาคาร (ไมโครกรัม)

C_{M0} คือ มวลของฝุ่นละอองพื้นฐานที่มีอยู่ภายในอาคาร (ไมโคกรัม)

C_{Md} คือ มวลของฝุ่นละอองที่ตกลงสู่พื้น (ไมโครกรัม)

C_{MI-O} คือ มวลของฝุ่นละอองจากภายในที่พัดออกไปนอกอาคาร (ไมโครกรัม)

ในส่วนของมวลของฝุ่นละอองจากภายนอกที่พัดเข้าสู่ภายในอาคาร และมวลของฝุ่นละอองจากภายในที่พัดออกไปนอกอาคารคำนวณจากความเข้มข้นฝุ่นละอองคูณกับอัตราการระบายอากาศและปริมาตรห้อง

5.1.2 สมการทำนายความเข้มข้นฝุ่นละอองภายในอาคาร เหมาะกับห้องนอนซึ่งไม่เกิดฝุ่นละอองจากกิจกรรมภายในอาคาร และสมการจะต้องมีการใส่ค่าเริ่มต้น ดังนี้ คือ ค่าความเข้มข้นฝุ่นละอองภายนอกอาคาร ปริมาตรห้อง ค่าความเข้มข้นฝุ่นละอองพื้นฐานภายในอาคาร (ถ้ามี) และค่าอัตราการระบายอากาศ (ถ้ามี) โดยถ้าไม่มีค่าอัตราการระบายอากาศสามารถใส่ค่า ความเร็วลม ทิศทางลมที่กระทำต่อบานหน้าต่าง จำนวนหน้าต่างและทิศทางการเปิดหน้าต่างแทน เพื่อใช้เป็นข้อมูลในสมการทำนายอัตราการระบายอากาศ เพื่อหาค่าอัตราการระบายอากาศ โดยในส่วนของกิจกรรมภายในอาคาร (Indoor Activities) จะสามารถใส่ค่าได้แต่จะไม่ถูกนำไปใช้คำนวณในสมการ

5.1.3 เมื่อทดสอบสมการทำนายความเข้มข้นฝุ่นละอองภายในอาคาร โดยการเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นฝุ่นละอองภายในอาคารที่ได้จากสมการกับค่าความเข้มข้นฝุ่นละอองภายในอาคารที่ได้จากการตรวจวัดจริง ด้วยวิธีการ Factor of Two พบว่า ค่า Factor of Two ที่อยู่ในช่วงระหว่าง 0.5 ถึง 2.0 เป็นดังนี้

5.1.3.1 เมื่อทำนายความเข้มข้นฝุ่นละอองภายในอาคาร ด้วยการใส่ค่าฝุ่นละอองพื้นฐานภายในอาคารและอัตราการระบายอากาศด้วยค่าจริง พบว่า ค่า Factor of Two ที่อยู่ในช่วงระหว่าง 0.5 ถึง 2.0 เท่ากับ 94.83%

5.1.3.2 เมื่อทำนายความเข้มข้นฝุ่นละอองภายในอาคาร ด้วยการใส่ค่าฝุ่นละอองพื้นฐานภายในอาคารจากการตรวจวัดและค่าอัตราการระบายอากาศจากสมการทำนาย พบว่า ค่า Factor of Two ที่อยู่ในช่วงระหว่าง 0.5 ถึง 2.0 เท่ากับ 91.38%

5.1.3.3 เมื่อทำนายความเข้มข้นฝุ่นละอองภายในอาคาร ด้วยการใส่ค่าฝุ่นละอองพื้นฐานภายในอาคารจากค่าสัดส่วนความเข้มข้นฝุ่นละอองภายในต่อภายนอกอาคารและค่าอัตราการระบายอากาศจากการตรวจวัดจริง พบว่า ค่า Factor of Two ที่อยู่ในช่วงระหว่าง 0.5 ถึง 2.0 เท่ากับ 31.04%

5.1.3.4 เมื่อทำนายความเข้มข้นฝุ่นละอองภายในอาคาร ด้วยการใส่ค่าฝุ่นละอองพื้นฐานภายในอาคารจากค่าสัดส่วนความเข้มข้นฝุ่นละอองภายในต่อภายนอกอาคารและค่าอัตราการระบายอากาศจากสมการทำนาย พบว่า ค่า Factor of Two ที่อยู่ในช่วงระหว่าง 0.5 ถึง 2.0 เท่ากับ 31.04%

5.2 สรุปผลการศึกษาการพัฒนาสมการประมาณค่าอัตราการระบายอากาศ

5.2.1 การวิเคราะห์สมการถดถอยของอัตราการระบายอากาศ เพื่อสร้างสมการประมาณค่าอัตราการระบายอากาศ พบว่า ตัวแปรที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราการระบายอากาศ แบ่งได้เป็น 2 กลุ่มคือ ตัวแปรทางด้านอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ ความเร็วลม ระดับทิศทางลมหรือทิศทางลมที่กระทำต่อหน้าต่าง และตัวแปรทางด้านการเปิดหน้าต่าง (ลักษณะภายในอาคาร) ได้แก่ จำนวนหน้าต่าง ทิศทางการเปิดหน้าต่าง และการมีมุ้งลวดที่หน้าต่าง

5.2.2 เมื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีผลกับอัตราการระบายอากาศกับอัตราการระบายอากาศ โดยการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธีวิเคราะห์การถดถอยแบบเส้นตรงพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) จะได้สมการประมาณค่าอัตราการระบายอากาศ ดังสมการที่ 5.2

$$a = 0.565WS + 2.784WD + 1.567N_w + 0.065N_d + 1.835SCN - 6.03 \qquad 4.1$$

โดยที่ a คือ อัตราการระบายอากาศ (ต่อชั่วโมง)

WS คือ ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)

WD คือ ระดับทิศทางลม คือ ทิศทางลมที่พัดเข้าสู่หน้าต่าง

N_w คือ จำนวนหน้าต่าง (บาน)

N_d คือ ทิศทางของหน้าต่าง คือ ด้านเดียวกัน ทำมุมตั้งฉากกัน (เฉียงกัน)

SCN คือ การมีมุ้งลวดที่หน้าต่าง

สมการประมาณอัตราการระบายอากาศนี้จะเป็นส่วนสำคัญที่จะนำไปใช้ในการคำนวณหาความเข้มข้นฝุ่นละอองภายในอาคาร ในกรณีที่ผู้ใช้โปรแกรมไม่ทราบค่าอัตราการระบายอากาศ

5.2.3 เมื่อทดสอบค่าอัตราการระบายอากาศที่ได้จากสมการเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการตรวจวัดจริง พบว่า สมการประมาณค่าสามารถประยุกต์ใช้ทำนายอัตราการระบายอากาศได้ เมื่อนำข้อมูลอัตราการระบายอากาศจากการทำนายทดสอบความแตกต่างด้วยวิธีการ Factor of Two พบว่า ค่า Factor of Two ที่อยู่ในช่วงระหว่าง 0.5 ถึง 2.0 มีค่า 62.30%

5.2.4 การศึกษาความสัมพันธ์ของอัตราการระบายอากาศและความเข้มข้นฝุ่นละอองภายในอาคาร พบว่า ไม่พบความสัมพันธ์ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความเร็วลมและทิศทางลมในแต่ละครั้งมีความแตกต่างกันในแต่ละเงื่อนไขการเปิดหน้าต่าง ทำให้มีปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อความเข้มข้นฝุ่นละอองด้วย

5.3 สรุปผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นฝุ่นละอองภายในและภายนอกอาคาร

ความเข้มข้นฝุ่นละอองทั้งภายในและภายนอกอาคารบริเวณที่ทำการศึกษาและบริเวณที่ทำการทดสอบสมการทำนายฝุ่นละออง พบว่า ความเข้มข้นฝุ่นละอองภายในอาคาร มีปริมาณมากกว่าความเข้มข้นฝุ่นละอองภายนอกอาคาร เมื่อพิจารณาอัตราส่วนความเข้มข้นฝุ่นละอองภายในและภายนอกอาคารทั้งสองบริเวณ พบว่า

5.3.1 บริเวณที่ทำการศึกษา

5.3.1.1 ฝุ่นละอองขนาดใหญ่ (TSP) ภายในอาคารมีความเข้มข้นเฉลี่ย 3.3 เท่าของภายนอกอาคาร

5.3.1.2 ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ภายในอาคารมีความเข้มข้นเฉลี่ย 2.3 เท่าของภายนอกอาคาร

5.3.1.3 ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมโครเมตร ภายในอาคารมีความเข้มข้นเฉลี่ย 1.4 เท่าของภายนอกอาคาร

5.3.2 บริเวณที่ทำการทดสอบสมการทำนายฝุ่นละออง

5.3.2.1 ฝุ่นละอองขนาดใหญ่ (TSP) ภายในอาคารมีความเข้มข้นเฉลี่ย 5.0 เท่าของภายนอกอาคาร

5.3.2.2 ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ภายในอาคารมีความเข้มข้นเฉลี่ย 3.3 เท่าของภายนอกอาคาร

5.3.2.3 ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมโครเมตร ภายในอาคารมีความเข้มข้นเฉลี่ย 5.3 เท่าของภายนอกอาคาร

5.4 ข้อเสนอแนะสำหรับการใช้แบบจำลอง

5.4.1 แบบจำลองเหมาะสำหรับการทำนายความเข้มข้นฝุ่นละอองในห้องนอนซึ่งมีสมมติฐานว่าไม่มีฝุ่นละอองที่การเกิดขึ้นภายในอาคาร

5.4.2 แบบจำลองใช้ทำนายความเข้มข้นฝุ่นละอองได้ดีเมื่อมีการเปิดหน้าต่างด้านเดียวหรือสองด้านเฉียงกัน สำหรับการเปิดหน้าต่างตรงข้ามหรือทั้งสามด้านของผนังสามารถคำนวณได้แต่ไม่ได้มีการตรวจสอบความถูกต้อง

5.4.3 แบบจำลองจะสามารถทำนายความเข้มข้นฝุ่นละอองภายในอาคารได้ดี เมื่อใช้ค่าความเข้มข้นฝุ่นละอองภายในอาคารที่เวลาเริ่มต้นจากการตรวจวัด

5.4.4 ช่วงเวลาที่ใช้ในการทำนายความเข้มข้นฝุ่นละอองภายในอาคารต้องใส่เป็นเลขจำนวนเต็มและมีค่าไม่เกิน 99 นาที โดยแบบจำลองจะสามารถทำนายความเข้มข้นฝุ่นละอองได้ใกล้เคียงกับค่าจากการตรวจวัดในช่วง 10 นาทีแรก และถ้าอัตราการระบายอากาศมีค่ามากช่วงเวลาที่แบบจำลองจะทำนายได้ใกล้เคียงกับค่าตรวจวัดจะสั้นลง

5.4.5 ในส่วนของความเข้มข้นฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นภายในอาคาร อาจถูกพัฒนาต่อไป

5.5 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

5.5.1 การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาความเข้มข้นฝุ่นละอองภายในอาคาร ซึ่งเป็นมลสารชนิดหนึ่งในอากาศ จึงควรมีการศึกษาสารมลพิษชนิดอื่นๆ ที่อาจส่งผลต่อสุขภาพของคนที่อาศัยภายในอาคาร

5.5.2 ควรมีการศึกษาในห้องทดลองที่มีชนิดของช่องเปิดหรือหน้าต่างที่หลากหลายมากขึ้น และสามารถควบคุมความเร็วลมและทิศทางลมได้ เพื่อการทำนายค่าอัตราการระบายอากาศที่มีความถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น

5.5.3 ควรมีการศึกษาในห้องทดลองที่มีขนาดต่างๆ กันเพิ่มเติม เพื่อให้ได้สมการทำนายอัตราการระบายอากาศที่มีความถูกต้องและเหมาะสมกับห้องที่มีขนาดไม่เท่ากัน

5.5.4 เพื่อให้ได้ค่าสัดส่วนฝุ่นละอองที่สามารถเป็นตัวแทนความเข้มข้นฝุ่นละอองภายในต่อภายนอกอาคารในการคำนวณหาค่าฝุ่นละอองภายในอาคาร จึงควรมีการหาอัตราส่วนระหว่างฝุ่นละอองภายในต่อภายนอกอาคารเพิ่มขึ้น ทั้งจำนวนตัวอย่าง ความหลากหลายของพื้นที่ และลักษณะอาคารแบบต่างๆ ซึ่งอาจมีผลต่อสัดส่วนฝุ่นละออง

5.5.5 ในทางทฤษฎี เมื่อมีการระบายอากาศออกจากห้องจนหมด น่าจะมีการนำฝุ่นละอองจากภายในอาคารออกไปด้วย จนค่าสัดส่วนภายในต่อภายนอกอาคารมีค่าใกล้เคียงกัน แต่จากการทดลองพบว่า เมื่อมีการระบายอากาศออกไปจนหมด ปริมาณฝุ่นภายในอาคารก็ยังคงมีค่าสูงกว่าปริมาณฝุ่นภายนอกอาคาร ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจาก กระแสลมที่พัดเข้าตัวห้องทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองที่ตกตะกอนอยู่ตามพื้นผิวต่าง ๆ ทำให้เสมือนกับมีการเกิดฝุ่น

ภายในอาคารตลอดเวลา ซึ่งยังไม่มีผู้ที่ศึกษาเรื่องของการฟุ้งกระจายจากการพัดของลมมาก่อน จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติม เพื่อพัฒนาสมการสำหรับการคาดการณ์ความเข้มข้นฝุ่นละอองได้ดียิ่งขึ้น

5.5.6 การที่ปริมาณฝุ่นละอองภายในอาคารยังคงมีมากกว่าภายนอกอาคารแม้ว่าจะมีการระบายอากาศออกจากห้องจนหมดแล้ว อาจเกิดจากฝุ่นละอองไม่สามารถออกไปนอกอาคารได้ทั้งหมด จึงควรมีการศึกษาถึงค่าสัมประสิทธิ์ในการแพร่ออกของฝุ่นละอองภายในอาคารสู่ภายนอกอาคาร เพื่อพัฒนาสมการสำหรับการคาดการณ์ความเข้มข้นฝุ่นละอองได้ดียิ่งขึ้น

5.5.7 สมการทำนายฝุ่นละอองภายในอาคารนี้เหมาะสำหรับอาคารที่มีเงื่อนไขว่าไม่มีการเกิดฝุ่นละอองขึ้นภายในอาคาร จึงควรมีการศึกษาความเข้มข้นฝุ่นละอองที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆ ภายในอาคาร เช่น การสูบบุหรี่ การทำความสะอาด การทำอาหาร เป็นต้น เพื่อพัฒนาสมการสำหรับการคาดการณ์ความเข้มข้นฝุ่นละอองได้หลากหลายกรณีขึ้น

5.5.8 หากทำศึกษาเพิ่มเติมดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้นจะทำให้สามารถคำนวณหรือพยากรณ์ความเข้มข้นฝุ่นละอองในช่วงเวลาที่นานขึ้นได้