



การจำลองและการตรวจสอบสภาพความถูกต้องทางความร้อน

ภายในห้องโดยสารรถยนต์โดยใช้การคำนวณทาง

พลศาสตร์ของไหล

Simulation and Validation of Thermal Environment Inside Car Cabin Using Computational Fluid Dynamics

รณชาติ มั่นศิลป์ และ ชัชวาลย์ ชัยชนะ

Ronnachart Mansil and Chatchawan Chaichana

ภาควิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อทำการจำลองและตรวจสอบสภาพความถูกต้องทางความร้อนภายในห้องโดยสารรถยนต์โดยใช้การคำนวณทางพลศาสตร์ของไหล และทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสบายเชิงความร้อน (PMV) ภายในห้องโดยสารรถยนต์กับอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ค่าความเข้มแสงอาทิตย์ อุณหภูมิอากาศภายนอกห้องโดยสาร ค่าความเร็วและอุณหภูมิอากาศที่ออกจากช่องกระจายอากาศ ในการคำนวณทางพลศาสตร์ของไหลได้ทำการตรวจสอบความถูกต้องและทำการจำลองในสภาวะต่าง ๆ โดยการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^k และทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ผลจากการจำลองการไหลของห้องโดยสารรถยนต์ถูกตรวจสอบความถูกต้องด้วยข้อมูลตรวจวัดจากห้องโดยสารรถยนต์จริง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลการจำลองสอดคล้องกับข้อมูลจากการทดลองทั้งในกรณีของการจำลองในสภาวะคงที่และในสภาวะไม่คงที่ โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองประมาณ 9% และ 14.32 % ตามลำดับ และในการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อค่า PMV จากมากไปหาน้อยคือ ค่าความเข้มแสงอาทิตย์ ความเร็วอากาศที่ออกจากช่องกระจายอากาศ อุณหภูมิอากาศที่ออกจากช่องกระจายอากาศ และค่าอุณหภูมิอากาศภายนอกห้องโดยสาร โดยที่ค่าความเข้มแสงอาทิตย์ อุณหภูมิอากาศที่ออกจากช่องกระจายอากาศ และ ค่าอุณหภูมิอากาศภายนอกห้องโดยสาร แปรผันตรงกับค่า PMV ในขณะที่ความเร็วอากาศที่ออกจากช่องกระจายอากาศ แปรผันแบบผกผันกับ PMV

ABSTRACT

The main objective of this research was to simulate and validate the thermal environment inside car cabin using computational fluid dynamics (CFD) and investigate the influence of environment factors (i.e. solar intensity, ambient temperature, inlet air velocity and temperature) on predicted mean vote (PMV) inside the car cabin. Validation and simulation by 2^k factorial design then statistical analysis were also made. The simulation results of the car cabin model were validated and agreed well with experimental data in both steady and transient cases with the average relative errors were 9 % and 14.32 %, respectively. Statistical analysis indicated that the influences of environment on PMV ordered from maximum to minimum were solar intensity, inlet air velocity, inlet air temperature and ambient temperature. The solar intensity, the ambient temperature and the inlet air temperature were direct proportional to PMV while the inlet air velocity was inverse proportional to the value.

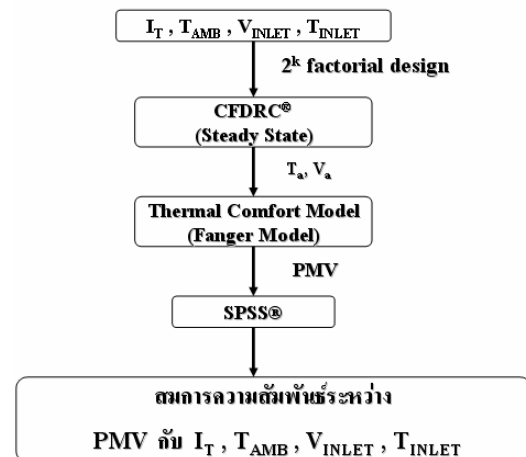
1. บทนำ

ระบบปรับอากาศเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่งสำหรับรถต่าง ๆ เพื่อควบคุมสภาพแวดล้อมทางความร้อนภายในห้องผู้โดยสารรถยนต์ให้อยู่ในสภาวะสบาย แต่เนื่องจากสภาพแวดล้อมทางความร้อนภายในห้องผู้โดยสารไม่มีรูปแบบที่แน่นอน ทำให้การออกแบบและพัฒนาระบบปรับอากาศเป็นเรื่องที่ค่อนข้างซับซ้อน สำหรับการทดสอบจริงแต่ละครั้ง หากผลการออกแบบไม่เป็นที่น่าพอใจแล้ว จะต้องมีการแก้ไขและทดสอบใหม่ ซึ่งมีค่าใช้จ่ายสูงและใช้เวลานาน ดังนั้น จึงนำเอาวิธีการคำนวณทางพลศาสตร์ของไหล (Computational Fluid Dynamics: CFD) มาใช้เป็นเครื่องมือเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว แต่จากรายงานวิจัยที่ผ่านมา [1-5] พบว่าจะใช้วิธีการคำนวณทางพลศาสตร์ของไหล ทำนายผลของอุณหภูมิและความเร็วของอากาศภายในห้องผู้โดยสารและค่าระดับความรู้สึกทางความร้อนเฉลี่ย (Predicted Mean Vote) [6-7] ที่เกิดจากอิทธิพลของสภาพอากาศภายนอกห้องโดยสาร แต่ยังไม่มีการศึกษาใดที่ทำการหาความสัมพันธ์ของสภาพแวดล้อมทางความร้อนภายนอกกับค่าความสบายภายในห้องผู้โดยสาร

ด้วยเหตุผลดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น จึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ ที่ต้องการหาความสัมพันธ์ของสภาพแวดล้อมทางความร้อนภายนอกกับค่าความสบายภายในห้องผู้โดยสาร ซึ่งผลที่ได้จะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาระบบปรับอากาศและโครงสร้างของรถยนต์เพื่อลดการใช้พลังงานได้ต่อไป

2. ขั้นตอนและลักษณะการวิจัย

ในขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

2.1 การทดลอง

ในการทดลองได้ใช้รถยนต์จริงในการทดสอบแสดงไว้ดังรูปที่ 2



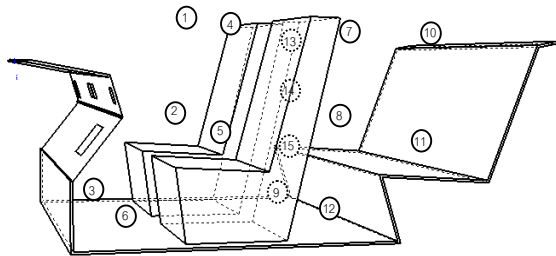
รูปที่ 2 รถยนต์ในการทดสอบ

การทดลองแบ่งออกเป็น 2 การทดลองคือ กรณีที่จอดรถแดดโดยไม่มีการเปิดระบบปรับอากาศ (Hot soak) และ กรณีที่มีการเปิดระบบปรับอากาศ (Cool down) ซึ่งทั้ง 2 การทดลองจะหันหน้ารถไปทางทิศใต้เพื่อให้แสงอาทิตย์ได้ส่องผ่านเข้ามาทางด้านกระจกด้านหน้าได้ตลอดทั้งวัน รายละเอียดการทดลองมีดังต่อไปนี้

(ก) กรณีที่จอดรถแดดโดยไม่มีการเปิดระบบปรับอากาศ

ทำการทดลองโดยนำรถยนต์จอดนิ่งตากแดด ไม่มีการติดเครื่องยนต์ และไม่เปิดระบบปรับอากาศ บริเวณลานโล่งที่ไม่มีสิ่งปลูกสร้างหรือต้นไม้บังแสงอาทิตย์

ทำการบันทึกข้อมูลอุณหภูมิ ทุก 20 วินาที ตั้งแต่เวลา 07:00 - 18:00 น. ณ ตำแหน่งระดับใบหน้า เอว และเท้า ของเบาะหน้าและเบาะหลัง แสดงไว้ดังรูปที่ 3 รูปที่



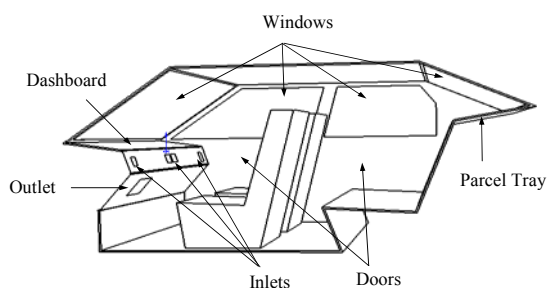
รูปที่ 3 ตำแหน่งที่ทำการตรวจวัด

(ข) กรณีที่มีการเปิดระบบปรับอากาศ

ทำการทดลองเหมือนกับกรณีแรก แต่จะมีการติด เครื่องยนต์และเปิดระบบปรับอากาศเป็นระยะเวลา 60 นาที ในช่วงเวลา 13:00 - 14:00 น. เพราะเป็นช่วงที่มีการระ ความร้อนภายในห้องโดยสารสูงที่สุดในรอบวัน [5] ทำ การบันทึกข้อมูล ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ทุก 20 วินาที ความเร็ว ลมทุก 5 นาที

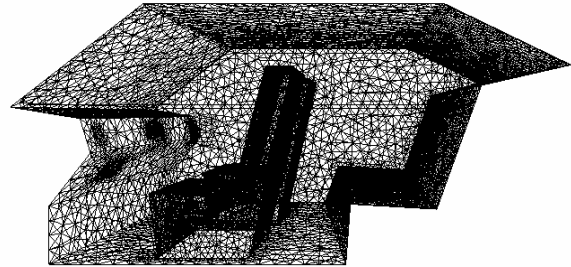
2.2 การสร้างแบบจำลองเชิงตัวเลข

การสร้างแบบจำลองห้องโดยสารรถยนต์แบบ 3 มิติ โดยสร้างตามขนาดจริงของห้องโดยสารรถยนต์ ไม่มี ผู้โดยสารอยู่ภายใน เพราะจะทำให้แบบจำลองมีรูปร่างที่ ซับซ้อนจนเกินไป ซึ่งจะทำให้เกิดปัญหาเรื่องความละเอียด ของกริด [1-5] ซึ่งแบบจำลองห้องโดยสารรถยนต์แสดงได้ ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 แบบจำลองห้องโดยสารรถยนต์

ลำดับถัดมาจะทำการสร้างกริดเซลล์ (Grid Generation) ซึ่งจะได้กริดเป็นแบบ Unstructure Grid แบบทรงสี่หน้า สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 แบบจำลองห้องโดยสารรถยนต์ที่มีการสร้างกริด

ในขั้นตอนการสร้างกริดจะต้องมีการตรวจสอบความ เป็นอิสระของกริด (Grid Independent Study) ก่อนนำ แบบจำลองไปใช้ทำนายในกรณีอื่นๆ ซึ่งการตรวจสอบ ความเป็นอิสระของกริดทำได้โดยการเพิ่มจำนวนกริดครั้ง ละ 1/3 ของจำนวนกริดเดิม แล้วตรวจสอบว่าจำนวนกริด เท่าใดที่ไม่ทำให้คำตอบเปลี่ยนแปลง [8]

โดยจำนวนกริดเซลล์ของแบบจำลองห้องโดยสารที่ ใช้ทำการตรวจสอบความเป็นอิสระของกริดอยู่ในช่วง 65,694 - 897,027 เซลล์

2.3 สมมติฐานสำหรับแบบจำลอง

ในแบบจำลองห้องโดยสารรถยนต์จะใช้สมมติฐาน ดังต่อไปนี้

1. กำหนดให้การไหลของอากาศที่ปล่อยออกมาจาก ช่องกระจายอากาศเป็นการไหลแบบปั่นป่วน และเป็นการ ไหลที่สามารถอัดตัวได้
2. ไม่มีการสิ้นเปลืองที่ผิวผนัง
3. การปรับอากาศภายในห้องโดยสารพิจารณาเป็น ระบบปิด โดยขณะเปิดระบบปรับอากาศไม่เปิดรับอากาศ จากภายนอกเข้ามาผสมกับอากาศภายในห้องโดยสาร และ ไม่มีการรั่วซึมของอากาศจากภายนอกเข้ามาบริเวณขอบ ประตู

4. แหล่งความร้อนพิจารณาเฉพาะความร้อนจากอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมและการแผ่รังสีดวงอาทิตย์เท่านั้น โดยไม่พิจารณาความร้อนจากแหล่งอื่นเช่น เครื่องยนต์ หรือ พื้นผิวผนัง

5. การถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนผ่านผนังพิจารณาเป็นแบบ 1 มิติ และมีทิศทางที่ตั้งฉากกับพื้นผิวผนัง

2.4 การกำหนดคุณสมบัติของอากาศและการตั้งเงื่อนไขขอบเขต

ในการคำนวณได้กำหนดคุณสมบัติของอากาศไว้คือ คุณสมบัติอากาศเป็นไปตามกฎของก๊าซในอุดมคติ (Ideal Gas Law) ที่มีมวลโมเลกุลเท่ากับ 29 kg/kmol ความหนืดของอากาศกำหนดให้เป็นค่าคงที่เท่ากับ 1.846E-005 kg/m-s ค่าความร้อนจำเพาะของอากาศมีค่าเท่ากับ 1,007 J/kg-K และค่าการนำความร้อนของอากาศเท่ากับ 0.0263 W/m-K

เงื่อนไขขอบเขตบริเวณต่างๆ ของแบบจำลองห้องผู้โดยสารรถยนต์ สำหรับกรณีที่มีการปรับอากาศที่สภาวะคงที่ จะกำหนดไว้ 3 แบบคือ ทางเข้า (Inlet) ทางออก (Outlet) และผนัง (Wall) การกำหนดเงื่อนไขขอบเขตได้แสดงรายละเอียดไว้ดังตารางที่ 1 - ตารางที่ 3

ตารางที่ 1 เงื่อนไขขอบเขตของทางเข้า

รายละเอียด	ค่าที่กำหนด
Inlet ซ้าย	
ค่าความเร็วอากาศ (m/s)	u=0, v=0, w=3.2
อุณหภูมิอากาศ (K)	288
Inlet กลาง (m/s)	
ค่าความเร็วอากาศ (m/s)	u=0, v=0, w=6.8
อุณหภูมิอากาศ (K)	288
Inlet ขวา (m/s)	
ค่าความเร็วอากาศ (m/s)	u=0, v=0, w=3.2
อุณหภูมิอากาศ (K)	288
ชนิดของสมการการไหลแบบปั่นป่วน [5]	Standard k-ε
Turbulent Kinetic Energy (m^2/s^2)	1
Turbulent Dissipation Rate (m^2/s^3)	1

ตารางที่ 2 เงื่อนไขขอบเขตของทางออก

รายละเอียด	ค่าที่กำหนด
Gauge Pressure	0 (ค่าคงที่)
อุณหภูมิของ Outlet (K)	300 (ค่าคงที่)
ชนิดของสมการการไหลแบบปั่นป่วน [5]	Standard k-ε
Turbulent Kinetic Energy (m^2/s^2)	1
Turbulent Dissipation Rate (m^2/s^3)	1

ตารางที่ 3 เงื่อนไขขอบเขตของผนัง

รายละเอียด	ค่าที่กำหนด
อุณหภูมิของพื้นผิวผนัง (K)	Isothermal
ประตูด้านซ้าย	329
ประตูด้านขวา	332
หลังคา	340
เบาะหน้า	320
เบาะหลัง	315
Dash board	336
Parcel shelf	333
พื้นและผนังส่วนอื่นๆ	Adiabatic
ฟลักซ์ความร้อนของผนัง (W/m^2)	Heat Flux
กระจกหน้า	225
กระจกหลัง	55
กระจกด้านซ้าย	-41
กระจกด้านขวา	121
ความเร็วอากาศที่พื้นผิวผนัง (m/s)	0

2.5 กรณีที่ทำการศึกษสำหรับแบบจำลองคอมพิวเตอร์

(ก) การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองทำได้โดยการเปรียบเทียบผลการคำนวณจากแบบจำลองกับผลการทดลอง โดยแบ่งออกได้เป็น 2 กรณี ดังต่อไปนี้

(1) สภาวะคงที่ (Steady state)

ช่วงที่กำหนดให้เป็นสภาวะคงที่คือ ระยะเวลาหลังจากการเปิดระบบปรับอากาศไว้ 15 นาที [4]

(2) สภาวะไม่คงที่ (Transient)

การจำลองในกรณีสภาวะไม่คงที่จะแบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ กรณีที่จอตตากแดดโดยไม่มีการเปิดระบบปรับอากาศ และกรณีที่มีการเปิดระบบปรับอากาศ

ในกรณีที่ไมเปิดระบบปรับอากาศจะใช้ข้อมูลในช่วงเวลา 07.00 – 18.00 น. เพื่อกำหนดเงื่อนไขขอบและเงื่อนไขเริ่มต้นในแบบจำลอง โดยจะกำหนดให้ Time step = 60 นาที มีทั้งหมด 12 Time step

ส่วนกรณีที่มีการเปิดระบบปรับอากาศ ใช้ข้อมูลที่เวลา 13.30 น. ในการกำหนดเงื่อนไขขอบและเงื่อนไขเริ่มต้นจากการทดลอง โดยช่วงเวลาที่ทำการจำลองจะพิจารณาในช่วงเวลา 5 นาที (300 วินาที) หลังจากเปิดระบบปรับอากาศ ซึ่ง Time step ในแต่ละช่วงเวลาจะแตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 Time step สำหรับการจำลองกรณีที่มีการเปิดระบบปรับอากาศในสถานะไม่คงที่

ช่วงเวลาหลังเปิดระบบปรับอากาศ (วินาที)	Time Step (วินาที)	จำนวน Time Step
0-60	1	60
61-300	5	48

(ข) การสร้างสมการความสัมพันธ์

กรณีที่ทำการศึกษาสำหรับการสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสบายภายในห้องโดยสารกับสภาพอากาศภายนอก ได้ใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^K [9] ในการจำลองสถานการณ์ต่าง ๆ ในสถานะคงที่

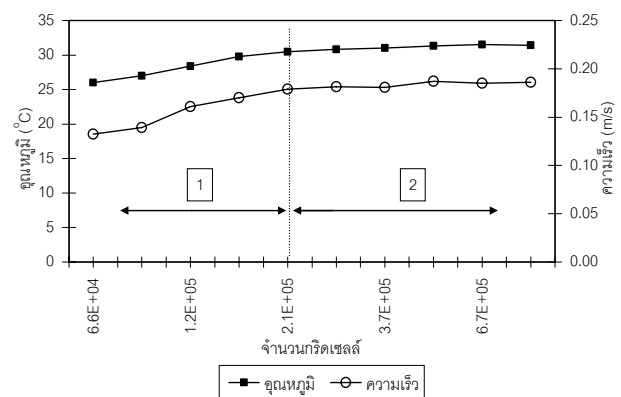
ตัวแปรที่ใช้ในการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^K ได้กำหนดให้มีตัวแปรตาม 1 ตัว คือค่าความสบายภายในห้องโดยสาร (PMV) และตัวแปรอิสระ (K) 4 ตัว คือ ค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ (I_T), ค่าอุณหภูมิของสภาพอากาศภายนอกห้องโดยสาร (T_{AMB}), ค่าความเร็วของอากาศที่ออกจาก Inlet (V_{INLET}) และอุณหภูมิของอากาศ ที่ออกจาก Inlet (T_{INLET}) ดังนั้นจำนวนที่ต้องทำการจำลองทั้งหมด $2^4 = 16$ การทดลอง ซึ่งผลการคำนวณที่ได้จะนำไปสร้างสมการความถดถอยต่อไป

3. การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองแยกได้เป็นการตรวจสอบความเป็นอิสระของกริด การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองในสถานะคงที่ และสถานะไม่คงที่

3.1 การตรวจสอบความเป็นอิสระของกริด

ผลของแบบจำลองที่มีจำนวนกริด แตกต่างกัน แสดงได้ดังรูปที่ 6 พบว่า ในช่วงที่ 1 จำนวนกริดเซลล์ที่มีการเปลี่ยนแปลงทำให้ผลตอบของแบบจำลอง (อุณหภูมิและความเร็วของอากาศ) เปลี่ยนตามค่อนข้างมาก แต่ในช่วงที่ 2 จำนวนกริดที่เพิ่มขึ้นเริ่มไม่ทำให้ค่าคำตอบเปลี่ยนแปลง ดังนั้นสรุปได้ว่า ที่จำนวนกริดเซลล์ตั้งแต่ 210,000 เซลล์ขึ้นไป จะมีความเป็นอิสระของกริด

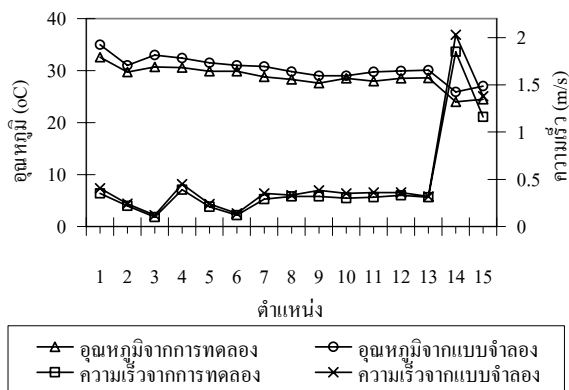


รูปที่ 6 อุณหภูมิและความเร็วอากาศในห้องโดยสารที่จำนวนกริดแตกต่างกัน

3.2 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองในสถานะคงที่

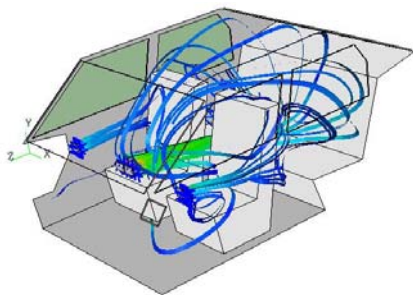
ค่าอุณหภูมิและความเร็วอากาศจากแบบจำลองในสถานะคงที่มีแนวโน้มที่ใกล้เคียงกับค่าจากการทดลอง แสดงได้ดังรูปที่ 7 โดยผลของแบบจำลองมีค่าสูงกว่าข้อมูลจากการทดลอง สาเหตุเกิดจากปริมาณความร้อนจากการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ผ่านกระจกด้านต่าง ๆ ที่กำหนดในเงื่อนไขขอบของแบบจำลอง อาจจะมีค่าสูงกว่าความเป็นจริง เนื่องจากค่าความร้อนจากการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ผ่านกระจกขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยอาจทำให้เกิดความ

คลาดเคลื่อนขึ้นได้ เป็นผลทำให้ค่าอุณหภูมิอากาศภายในห้องโดยสารของแบบจำลองสูงกว่าความเป็นจริง

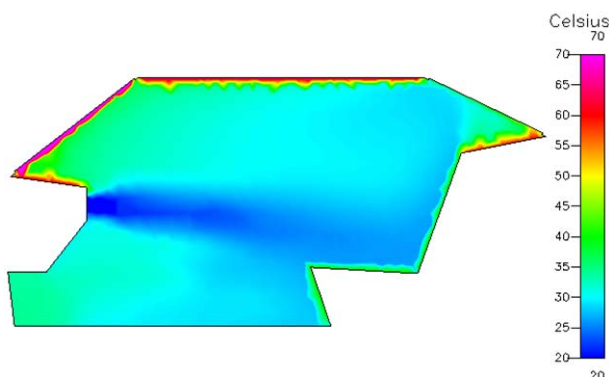


รูปที่ 7 อุณหภูมิและความเร็วอากาศที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในกรณีสภาวะคงตัว

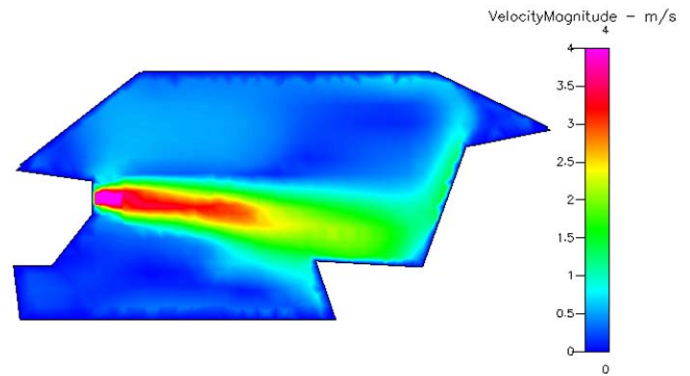
จากแบบจำลองพบว่าลักษณะการไหลของอากาศภายในห้องโดยสารเป็นการไหลแบบปั่นป่วนทั่วทั้งห้องโดยสาร สามารถแสดงได้โดยเส้นทางการเดินของอากาศดังรูปที่ 8 และแสดงค่าอุณหภูมิและค่าความเร็วอากาศที่ระนาบกึ่งกลางห้องโดยสาร ได้ดังรูปที่ 9 และรูปที่ 10



รูปที่ 8 ลักษณะการไหลของอากาศภายในห้องโดยสาร



รูปที่ 9 สนามอุณหภูมิอากาศระนาบกึ่งกลางห้องโดยสาร

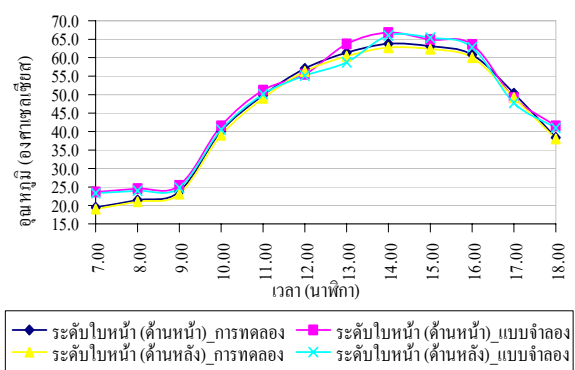


รูปที่ 10 สนามความเร็วอากาศระนาบกึ่งกลางห้องโดยสาร

3.3 การตรวจสอบความถูกต้องแบบจำลองในสภาวะไม่คงที่

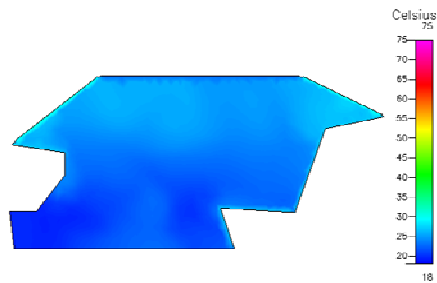
(ก) กรณีที่จ่อครดตากแดดโดยไม่มีการเปิดระบบปรับอากาศ

อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศที่ระดับใบหน้าที่เวลาต่าง ๆ แสดงได้ดังรูปที่ 11 ซึ่งอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยที่ระดับใบหน้าที่จากแบบจำลองมีค่าที่สูงกว่าการทดลอง สาเหตุเกิดจากปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ ทั้งในเรื่องของสภาพแวดล้อมจริงขณะทำการทดลองเพราะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ในขณะที่ในแบบจำลองต้องใช้สมมติฐานต่าง ๆ เพื่อจำกัดขอบเขตในการคำนวณ จึงอาจทำให้ค่าที่คำนวณออกมาเกิดความผิดพลาดขึ้นได้

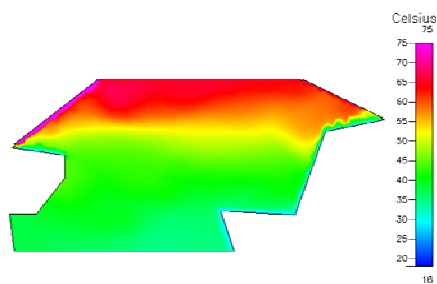


รูปที่ 11 อุณหภูมิเฉลี่ยระดับใบหน้าที่เวลาของกรณีไม่เปิดระบบปรับอากาศ

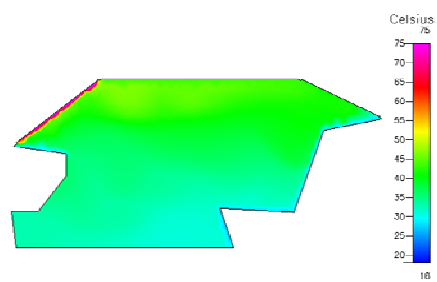
ลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิอากาศภายในห้องโดยสารของแบบจำลองบนระนาบกึ่งกลางห้องโดยสาร สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 12



เวลา 08:00 น.



เวลา 14:00 น.

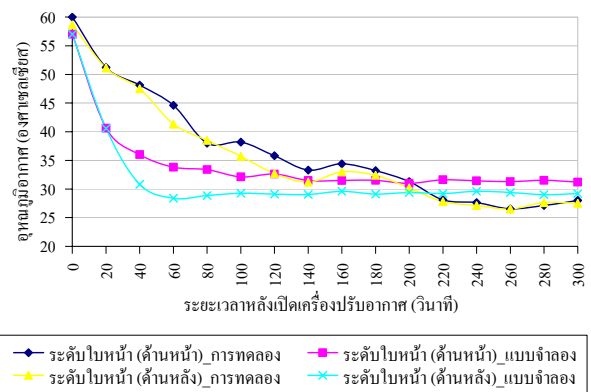


เวลา 18:00 น.

รูปที่ 12 การกระจายตัวของอุณหภูมิอากาศบนระนาบกึ่งกลางห้องโดยสารที่เวลาต่างๆ

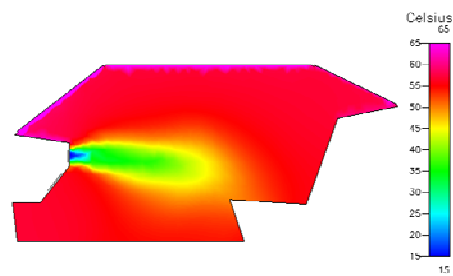
(ข) กรณีที่จอตลอดแดดแต่ได้มีการเปิดระบบปรับอากาศ

ที่บริเวณระดับใบหน้าอุณหภูมิอากาศจากแบบจำลองมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับผลการทดลอง ในช่วงแรกค่าอุณหภูมิอากาศภายในห้องโดยสารจากแบบจำลองจะลดลงเร็วกว่าการทดลอง แต่เมื่อเวลาผ่านไปค่าจากแบบจำลองจะสูงกว่า แสดงดังรูปที่ 13

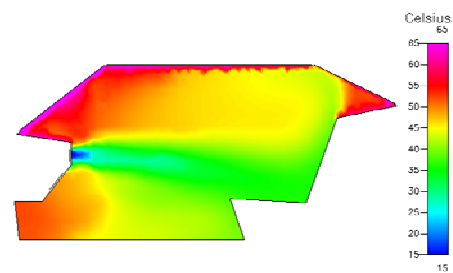


รูปที่ 13 อุณหภูมิเฉลี่ยระดับใบหน้ากับเวลาของกรณีเปิดระบบปรับอากาศ

ลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิอากาศบนระนาบกึ่งกลางห้องโดยสาร สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 14

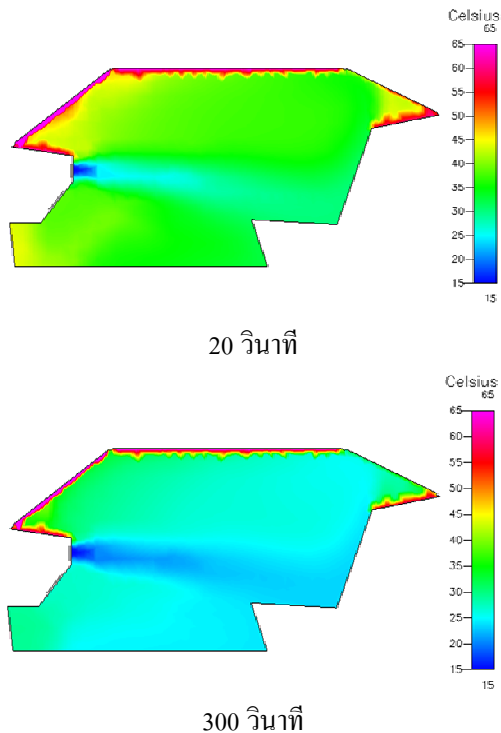


1 วินาที



10 วินาที

รูปที่ 14 การกระจายตัวของอุณหภูมิอากาศบนระนาบกึ่งกลางห้องโดยสารหลังเปิดระบบปรับอากาศ



รูปที่ 14 (ต่อ) การกระจายตัวของอุณหภูมิอากาศบนระนาบ
กึ่งกลางห้องโดยสารหลังเปิดระบบปรับอากาศ

4. การหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสบาย ภายในห้องโดยสารกับสิ่งแวดล้อม

การสร้างสมการความสัมพันธ์จะทำการวิเคราะห์เป็น
แบบสมการความถดถอยเชิงพหุแบบเส้นตรงที่ระดับ
นัยสำคัญ 0.05

จากผลการวิเคราะห์พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การ
ตัดสินใจเชิงพหุ (R^2) มีค่าเท่ากับ 0.996 แสดงว่า
เปอร์เซ็นต์ที่ตัวแปรอิสระสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลง
ของตัวแปรตามมีมาก [10] ซึ่งจะได้สมการความสัมพันธ์
ระหว่างค่าความสบายภายในห้องโดยสารกับสิ่งแวดล้อม
เป็น

$$\begin{aligned} \text{PMV} = & -1.738 + 0.005 I_T + 0.014 T_{\text{AMB}} - 0.348 V_{\text{INLET}} \\ & + 0.068 T_{\text{INLET}} \end{aligned}$$

ตัวแปรอิสระที่มีอิทธิพลต่อค่าความสบาย (PMV)
จากมากไปหาน้อยคือ ค่าความเข้มแสงอาทิตย์ (I_T)
ความเร็วอากาศที่ออกจาก Inlet (V_{INLET}) อุณหภูมิอากาศ
ที่ออกจาก Inlet (T_{INLET}) และ ค่าอุณหภูมิอากาศภายนอก
ห้องโดยสาร (T_{AMB}) ตามลำดับ โดยที่ I_T , T_{INLET} และ
 T_{AMB} มีความสัมพันธ์โดยตรงกับ PMV ในขณะที่
 V_{INLET} มีความสัมพันธ์แบบผกผันกับ PMV

5. สรุป

จากการศึกษาพบว่า การคำนวณทางพลศาสตร์
ของไหลสามารถนำมาใช้ทำนายแนวโน้มการกระจายตัว
ของอุณหภูมิและความเร็วอากาศภายในห้องโดยสาร
รถยนต์ได้ โดยตรวจสอบจากการเปรียบเทียบผลจาก
แบบจำลองกับข้อมูลจากการตรวจวัดจากการทดลอง
ค่าอุณหภูมิและความเร็วอากาศภายในห้องโดยสาร
สามารถนำไปคำนวณหาความสบาย ก่อนการปรับปรุง
ห้องโดยสาร เพื่อหลีกเลี่ยงการทดสอบจริงที่ใช้ระยะ
เวลานาน

จากการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความ
สบายภายในห้องโดยสารพบว่า ค่าความเข้มแสงอาทิตย์
มีผลต่อค่าความสบายภายในห้องโดยสารมากที่สุด
หากสามารถลดปริมาณความร้อนที่เข้าสู่ห้องโดยสารที่เกิด
จากแสงอาทิตย์ได้จะทำให้ผู้โดยสารเกิดความรู้สึกสบาย
เพิ่มมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] Aroussi, A. and Aghil, S. 2000. *Charaterisation of the flow field in a passenger car model. Optical Diagnostics in Engineering*, 4 (1): 1-15.
- [2] Fujita, A., Kanemaru, J., Nakagawa, H. and Ozeki, Y. 2001. *Numerical Simulation method to predict the environment inside a car cabin*. JSAE Review, 22: 39-47.
- [3] Hodder, S. G. and Parsons, K. 2006. *The effect of solar radiation on thermal comfort*. Int J biometeorol, 51:233-250.
- [4] Huang, L. and Han, T. 2002. *Validation of 3-D Passenger Compartment Hot Soak and Cool-Down Analysis for Virtual Thermal Comfort Engineering*. SAE Technical paper series, 2002-01-1304.
- [5] Jonsson, J. 2007. *Including Solar Load in CFD Analysis of Temperature Distribution in a Car Passenger Compartment*. Master of Science Program, Lulea University of Technology, Sweden.
- [6] ASHRAE. 1992. *Thermal environmental conditions for human occupancy*. ASHRAE Standard 55a-1995, American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, Atlanta.
- [7] Fanger, P.O. 1982. *Thermal comfort*. Robert E. Krieger Plublishing Company, Malabar, FL.
- [8] Wei, Y., Jian, W. and Guangxuan, L. 2006. “*Grid-Independent Issue in Numerical Heat Transfer*” [Online]. Available [http://arxiv.org/ftp/math-ph/papers/0609/0609066 .pdf](http://arxiv.org/ftp/math-ph/papers/0609/0609066.pdf) (12 May 2008).
- [9] ปารเมศ ชูติมา. 2545. *การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนัก พิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [10] กัลยา วานิชชัยบัญชา. 2546. *การใช้ SPSS for Window ในการวิเคราะห์ข้อมูล*. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.