การคำนวณลักษณะการหมุนวนของอากาศ ด้วย Computational Fluid Dynamics

*ศาสตราจารย์ ดร. ปราโมทย์ เดชะอำไพ**
*นายวรสิทธิ์ กาญจนกิจเกษม***

ท่านผู้อ่านหลายๆ ท่านคงมีความคุ้นเคยคำว่า Computational Fluid Dynamics ที่ใช้เป็นหัวข้อของบทความนี้ ซึ่งคนทั่วไปเรียกกันโดยใช้คำย่อว่า CFD คำๆ นี้เริ่มเข้ามามีบทบาทต่อการเรียนการศึกษาในปัจจุบัน บทความนี้เป็นบทความสั้นๆ ที่อธิบายถึงคำๆ นี้ในภาพกว้างๆ ซึ่งก่อให้เกิดความเข้าใจได้โดยง่ายถึงความเป็นมาของคำนี้ และผลกระทบต่อการออกแบบของวิศวกรทางด้านระบบปรับอากาศในอนาคต

ในสมัยก่อน การทำความเข้าใจในการไหลของของไหลใดๆ จำเป็นต้องพึ่งพาการทดลอง ยกตัวอย่างเช่น การออกแบบรูปร่างรถยนต์รูปร่างใดรูปร่างหนึ่ง ผู้ออกแบบ จำเป็นต้องตระหนักถึงการลดแรงต้านจากอากาศในขณะที่รถวิ่ง แรงต้านของอากาศมีน้อยเท่าใดก็จะช่วยประหยัดน้ำมันมากขึ้นเท่านั้น วิธีการที่ทำกันในอดีตโดยตลอดมา คือ การจำลองรูปร่างรถยนต์นั้นด้วยดินเหนียวแล้วนำไปทดลองในอุโมงลม ที่มีหมอกควันสีเทาวิ่งเป็นแนวเส้นผ่านตัวรถ เพื่อจะได้ทราบถึงลักษณะการไหลและความแปรปรวนของอากาศผ่านตัวรถนั้น หากลักษณะแนวเส้นของหมอกควันนั้นมีความแปรปรวนมาก เช่น เกิดการไหลหมุนวนย้อนกลับในตอนท้ายของตัวรถก็จะฉุดให้รถวิ่งช้าลง ทำให้สิ้นเปลืองน้ำมันมากขึ้น การเปลี่ยนต้นแบบรูปร่างรถยนต์ที่ทำจากดินเหนียวนั้นกินเวลามาก รวมทั้งต้องนำกลับไปทดลองซ้ำใหม่ และที่สำคัญที่สุด รูปแบบที่เปลี่ยนไปนั้นอาจทำให้การแปรปรวนของอากาศนั้นดีขึ้นหรือเลวลงก็เป็นได้ การออกแบบการไหลของอากาศผ่านรถยนต์ในปัจจุบัน สามารถใช้ CFD ซึ่งช่วยทำให้ทราบลักษณะของการไหลได้โดยตรงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ หากผลลัพธ์ออกมาไม่เป็นที่น่าพอใจ การเปลี่ยนแปลงรูปแบบบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ก็สามารถทำได้ในระยะเวลาอันสั้นเพียงไม่กี่ชั่วโมง ทำให้กระบวนการออกแบบมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการแบบเดิมๆ ที่ทำการทดลองในอุโมงลม จนมีคนกล่าวกันว่า CFD จะเริ่มใช้กันโดยแพร่หลายมากขึ้น และเข้ามาแทนที่อุโมงลมซึ่งจะเริ่มลดน้อยลงไปตามลำดับและอาจไม่มีการใช้กันในอนาคต

แรงผลักดันต่อวิวัฒนาการทาง CFD เริ่มมาจากการพยายามแก้ปัญหาบางปัญหาที่ไม่สามารถทำการทดลองได้โดยง่าย หลายๆ ปัญหานั้นเกี่ยวข้องกับกิจการอวกาศ ยกตัวอย่างเช่น การสร้างเครื่องบินที่ต้องการให้บินเร็วกว่าเสียงหลายสิบเท่า โดยสามารถบินครึ่งรอบโลกจากเมืองไทยไปอเมริกาภายในเวลา 2 ชั่วโมง ตัวเครื่องบินจะได้รับปริมาณความร้อนมากจากการเสียดสีในชั้นบรรยากาศที่สามารถหลอมเครื่องบินนั้นได้ ปัญหาเช่นนี้ไม่สามารถทำการทดลองในอุโมงค์ลมใดๆ ที่มีอยู่บนโลกนี้ได้ ดังนั้น CFD จึงเป็นวิธีทางเดียวที่จะทำให้วิศวกรทราบลักษณะการแปรปรวนของอากาศรอบเครื่องบินนั้น เพื่อที่จะทำการออกแบบได้อย่างถูกต้องเหมาะสม

* *อาจารย์ประจำ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล*
** *นิสิตปริญญาโท คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*

เทคโนโลยี CFD ที่เกิดขึ้นจากความจำเป็นดังกล่าวนี้เองสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับงานออกแบบอื่นๆ ที่เห็นกันในชีวิตประจำวันได้โดยตรง เช่น การคำนวณสภาวะการไหลของอากาศผ่านเครื่องบินโบอิ้ง 747 ทั้งลำ การคำนวณการแปรปรวนของอากาศผ่านลำตัวรถยนต์ รวมไปถึงลักษณะการไหลของอากาศผ่านนักปั่นจักรยานหรือ นักสกี ว่าจะต้องโค้งงอตัวเช่นไรจึงทำให้เกิดแรงฉุดน้อยที่สุด เพื่อที่จะได้ไปเร็วกว่าคนอื่นๆ ในระหว่างการแข่งขันกีฬาโอลิมปิค เป็นต้น

การประยุกต์ที่สำคัญของ CFD ต่อความเป็นอยู่ในชีวิตประจำวันของมนุษย์คือ การออกแบบระบบปรับอากาศอันจะก่อให้เกิดความอุ่นหรือความเย็นที่พอเหมาะจากการหมุนวนของอากาศที่สม่ำเสมอ การไหลหมุนวนของอากาศในห้องหรืออาคารเล็กๆ สามารถออกแบบได้โดยผู้เชี่ยวชาญทั่วไป แต่การออกแบบระบบปรับอากาศในอาคารขนาดใหญ่ที่มีรูปร่างแปลกๆ ไปจากรูปร่างที่เคยออกแบบกันมาอาจก่อให้เกิดปัญหาได้โดยง่าย ยกตัวอย่างเช่น อาคารเรือนกระจกขนาดใหญ่ที่ใช้เป็นทางเดินผู้โดยสารระหว่างอาคารหลักของสนามบินไปยังเครื่องบินต่างๆ การออกแบบอาจเป็นลักษณะของเรือนกระจกโค้งขนาดใหญ่เท่าตึกหลายชั้นเพื่อความโปร่งความสบายตาในขณะเดิน เพราะมีความสวยงามทางสถาปัตย-กรรม การออกแบบเรือนกระจกโค้งขนาดใหญ่เช่นนี้โดยให้มีระบบการปรับอากาศที่ไม่ร้อนหรือเย็นเกินไปนั้นเป็นสิ่งที่ทำกันได้ไม่ง่ายนัก วิศวกรผู้ออกแบบจำเป็นต้องมีความมั่นใจในการออกแบบที่ถูกต้องก่อนการสร้างจริง ซึ่งหากสร้างไปแล้วระบบระบายอากาศไม่สามารถให้ความอุ่นหรือความเย็นได้เพียงพอก็จะก่อให้เกิดปัญหาอย่างหนักในการแก้ไขตามมา ตัวอย่างการออกแบบอาคารเช่นนี้จำเป็นต้องใช้ CFD ทำการคำนวณหาสภาวะการหมุนวนของอากาศเพื่อการออกแบบที่ดีที่สุด และที่สำคัญที่สุดทำให้ผู้ออกแบบเกิดความมั่นใจก่อนการสร้างจริง

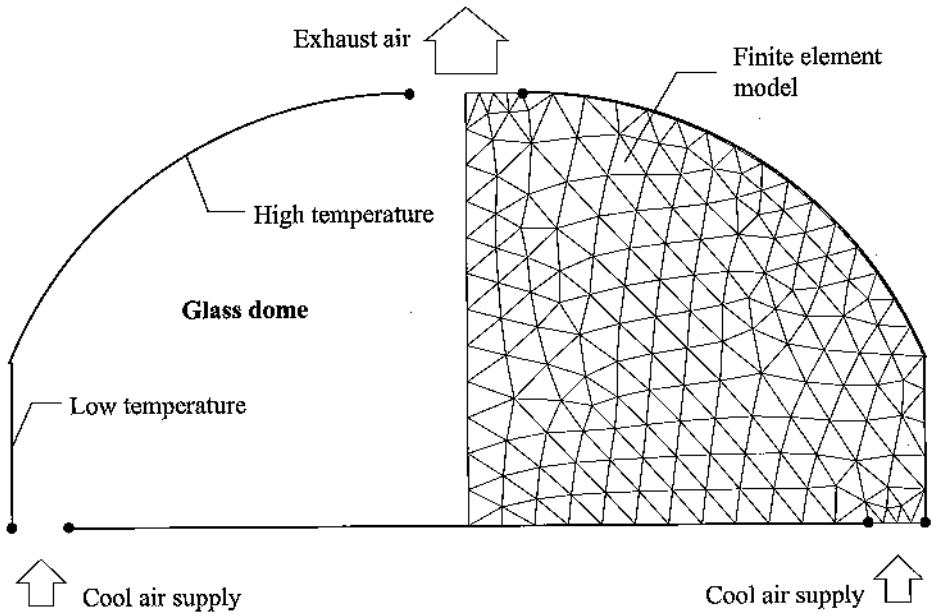
มีปัญหาอื่นๆ อีกเป็นจำนวนมากที่ CFD ได้เข้ามามีบทบาทช่วยนักออกแบบ ซึ่งบางปัญหาก็อาจคิดไม่ถึง นับตั้งแต่ ระบบระบายอากาศในอุโมงรถไฟใต้ดิน ระบบการ ควบคุมควันไฟในระหว่างการเกิดอัคคีภัยในอาคารสูง การออกแบบการไหลของเลือดในระบบหัวใจเทียม การกระจายของน้ำด้อยคุณภาพที่ไหลออกจากปากแม่น้ำเจ้าพระยาสู่อ่าวไทย รวมไปถึงทางด้านอุตุนิยมวิทยาที่ใช้ในการพยากรณ์สภาวะอากาศกันในบางประเทศขณะนี้ เป็นต้น

การคำนวณสภาวะลักษณะการไหลของปัญหาต่างๆ เหล่านี้ ทำได้โดยการแก้ระบบสมการนาเวียร์-สโตกส์ (Navier-Stokes Equations) ซึ่งในการเรียนวิศวกรรมศาสตร์โดยเฉพาะสาขาวิศวกรรมเครื่องกลนั้น วิศวกรทุกคนได้เคยเห็นสมการชุดนี้ผ่านตามาแล้ว ระบบสมการดังกล่าวประกอบด้วยสมการของการอนุรักษ์มวล โมเมนตัม และพลังงาน เป็นหลัก เพียงแต่ว่าไม่เคยได้แก้สมการเหล่านี้กันอย่างจริงจังสำหรับปัญหาที่มีความซับซ้อนทั่วไป อันเนื่องมาจากอุปสรรคในหลายๆ ด้าน เริ่มต้นจากสมการเหล่านี้ล้วนอยู่ใน รูปแบบของสมการเชิงอนุพันธ์ย่อย (Partial Differential Equations) ซึ่งอยู่ในรูปแบบของค่าอนุพันธ์ที่เขียนด้วยสัญลักษณ์คล้าย "เลขหกกลับทาง" นิสิตนักศึกษาส่วนใหญ่เห็นสัญลักษณ์เหล่านี้แล้วก็ไม่ต้องการทำความคุ้นเคยกับสมการเหล่านี้ ประกอบกับสมการเหล่านี้ไม่สามารถแก้ได้โดยวิธีเดิมๆ ที่ใช้กันในวิชาอื่นๆ ยิ่งทำให้ไม่เห็นศักยภาพของสมการชุดนี้ไปกันใหญ่

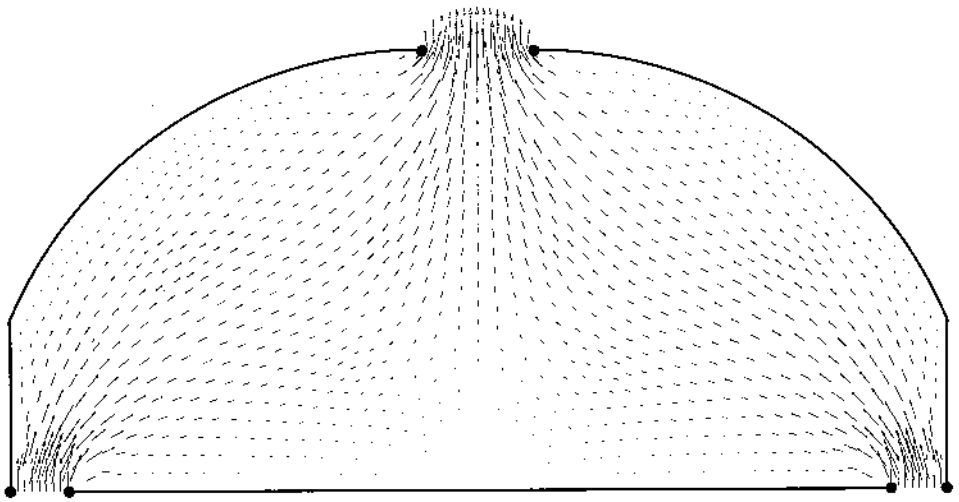
สมการชุดนี้สามารถแก้ได้อย่างมีประสิทธิภาพด้วยการใช้ระเบียบวิธีเชิงตัวเลข (Numerical Methods) อาทิเช่น ระเบียบวิธีผลต่างสืบเนื่อง (Finite Difference Method) หรือ ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method) โดยเฉพาะระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์นี้มีประโยชน์มากหากรูปร่างของปัญหานั้นมีความซับซ้อน เช่น รูปแบบอาคารเรือนกระจกขนาดใหญ่ในสนามบินที่โค้งมนที่ภายในมีโครงสร้างที่ซับซ้อน เป็นต้น ระเบียบวิธีเหล่านี้เริ่มเข้ามามีบทบาทต่อการเรียนการสอนในมหาวิทยาลัยและในภาคอุตสาหกรรมในปัจจุบัน หากผู้ออกแบบมีความรู้ในระเบียบวิธีเหล่านี้ก็สามารถวิเคราะห์การไหลหมุนวนของอากาศ เช่น ในอาคารเรือนกระจกในสนามบินดังกล่าวได้โดยไม่ยากนักด้วยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งก็คือโปรแกรมที่ทำการแก้ระบบสมการนาเวียร์-สโตกส์นั่นเอง ก่อให้เกิดผลลัพธ์รูปแบบของลูกศรที่แสดงทิศทางของการไหลและระดับอุณหภูมิตามตำแหน่งต่างๆ ปรากฏให้เห็นบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ หากวิศวกรต้องการเปลี่ยนแปลงการออกแบบใหม่ คอมพิวเตอร์โปรแกรมเดียวกันนี้ก็สามารถใช้คำนวณผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับรูปแบบใหม่ที่เปลี่ยนแปลงไปได้โดยง่ายในระยะเวลาอันสั้น

การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เหล่านี้ ผู้ใช้จำเป็นต้องมีความรู้ในหลายๆ ด้าน นับตั้งแต่ ความรู้พื้นฐานทางด้านคณิตศาสตร์ขั้นสูง ความรู้ทางด้านทฤษฎีของของไหล ความรู้ในระเบียบวิธีเชิงตัวเลขและระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ รวมไปถึงประสบการณ์ในการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณ เช่น ระดับอุณหภูมิตามตำแหน่งต่างๆ จะปรากฏออกมาเป็นสีต่างๆ ที่สวยงามบนหน้าจอ หากผู้ทำการคำนวณไม่มีความรู้ในหลายๆ ด้านดังกล่าวแล้ว จะไม่สามารถตอบได้ว่าผลลัพธ์ที่แสดงด้วยสีต่างๆ บนหน้าจอนั้นถูกต้องหรือไม่ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ต่างๆ เหล่านี้ จึงต่างจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ วาดรูปซึ่งเห็นกันในบ้านเราโดยทั่วไป ที่ใช้วาดรูปทรงต่างๆ ซึ่งผู้ใช้รู้แน่นอนว่ารูปที่วาดออกมานั้นถูกต้อง

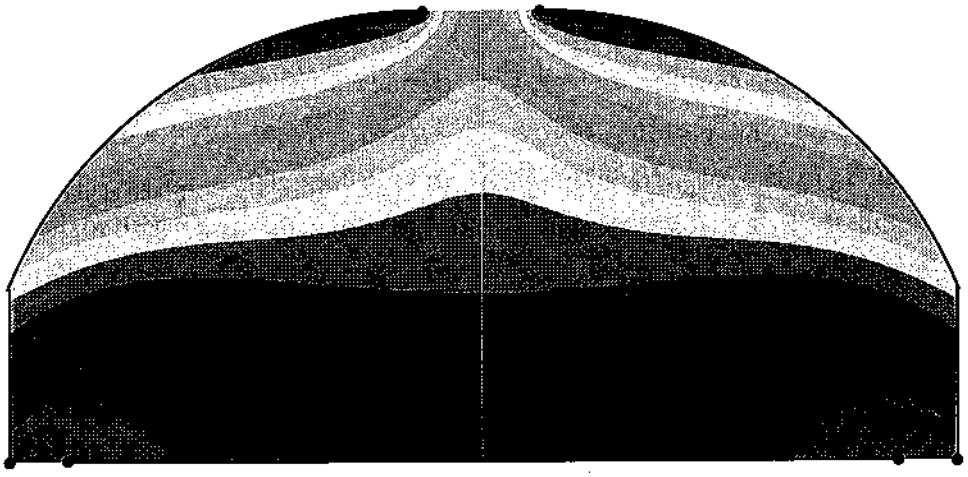
โปรแกรมคอมพิวเตอร์ทางด้าน CFD นี้ ในอนาคตจะมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีขนาดใหญ่อาจเริ่มจากราคานับล้านบาทขึ้นไป ในขณะที่โปรแกรมขนาดเล็กสามารถประดิษฐ์ขึ้นได้โดยนิสิตนักศึกษาและใช้ทำการคำนวณบนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลที่ใช้กันโดยทั่วไปนี้เอง ดังเช่นแสดงในรูปภาพท้ายบทความนี้ การเรียนการสอนวิชากลศาสตร์ของไหลในมหาวิทยาลัยก็จะเน้นทางด้าน CFD นี้มากขึ้น เพราะนิสิตนักศึกษาสามารถเห็นลักษณะการไหลหมุนวนของอากาศได้โดยตรง ในอนาคตอันใกล้นี้ อาจจะเป็นของธรรมดาที่เห็นวิศวกรคำนวณลักษณะการหมุนวนของอากาศ รวมทั้งระดับอุณหภูมิตามตำแหน่งต่างๆ ในห้องทำงาน โดยเพียงใส่แผ่นดิสก์ลงในเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลและผลลัพธ์ลักษณะการไหลภายในห้องนั้นก็จะปรากฏขึ้นบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ หากวิศวกรทำการเปลี่ยนตำแหน่งที่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศนั้นไป ลักษณะการไหลหมุนวนก็เปลี่ยนไปเป็นอีกรูปแบบหนึ่ง ทำให้วิศวกรผู้นั้นสามารถเลือกตำแหน่งเครื่องปรับอากาศที่จะก่อให้เกิดการหมุนเวียนได้ดีที่สุดก่อนการติดตั้งจริง ความรู้ทางด้าน CFD นี้ จะมีประโยชน์ต่อการพัฒนาบุคลากรของประเทศเราให้ทัดเทียมชาวต่างประเทศ เพื่อลดการจ้างวิศวกรจากต่างประเทศมาออกแบบงานที่สำคัญๆ หรืออย่างน้อยที่สุด เพื่อให้มีความรู้เพียงพอในการซักถามปรากฏการณ์ที่ได้จากการคำนวณด้วยเทคโนโลยีใหม่ๆ เช่นนี้ได้



รูปที่ 1 - ตัวอย่างการวิเคราะห์การไหลหมุนวนของอากาศและอุณหภูมิตามตำแหน่งต่างๆ ในอาคารกระจกด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

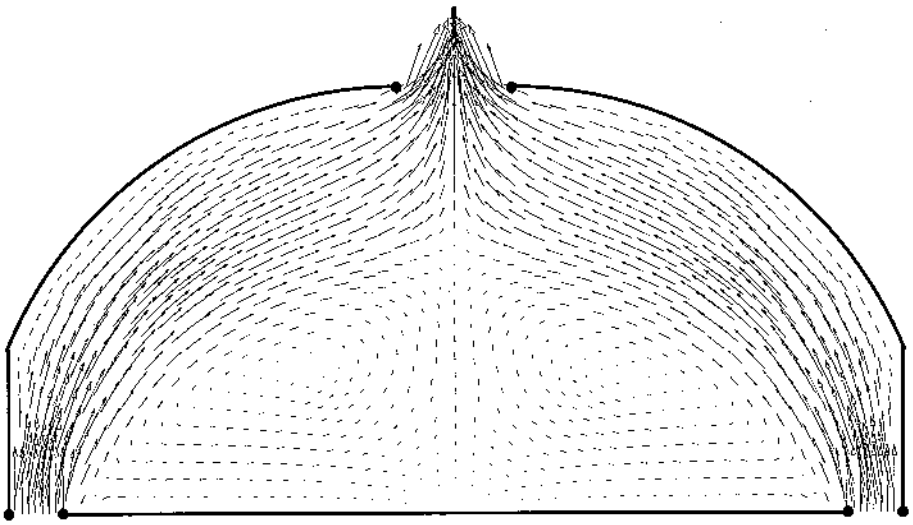


(ก) ลูกศรแสดงการไหลของอากาศในเรือนกระจก



(ข) รูปแสดงระดับอุณหภูมิของอากาศในเรือนกระจก

รูปที่ 2 - ผลลัพธ์จาก CFD คำนวณจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ประดิษฐ์ขึ้นเองบนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล สำหรับกรณีอากาศเย็นไหลเข้าด้วยความเร็วต่ำ



(ก) ลูกศรแสดงการไหลของอากาศในเรือนกระจก

(ข) รูปแสดงระดับอุณหภูมิของอากาศในเรือนกระจก

รูปที่ 3 - ผลลัพธ์จาก CFD คำนวณจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ประดิษฐ์ขึ้นเองบนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล สำหรับกรณีอากาศเย็นไหลเข้าด้วยความเร็วสูง