

การใช้เทคนิคการจำลอง แบบการไหล (Flow Simulation) เพื่อประยุกต์ใช้ในการออกแบบงานวิศวกรรมเกษตร



Application of flow simulation
technology in agricultural
engineering design

รองศาสตราจารย์ ดร. เกรียงไกร แซมสีม่วง

คณะวิศวกรรมศาสตร์ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การใช้เทคนิคการจำลอง แบบการไหล [Flow Simulation] เพื่อประยุกต์ใช้ในการออกแบบงานวิศวกรรมเกษตร

Application of flow simulation technology in agricultural engineering design



รองศาสตราจารย์ ดร. เกรียงไกร แซมสีม่วง
คณะวิศวกรรมศาสตร์ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การใช้เทคนิคการจำลองแบบการไหล (Flow Simulation)
เพื่อประยุกต์ใช้ในการออกแบบงานวิศวกรรมเกษตร
(APPLICATION OF FLOW SIMULATION TECHNOLOGY
IN AGRICULTURAL ENGINEERING DESIGN)

สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

ห้ามทำการลอกเลียนแบบไม่ว่าส่วนหนึ่งส่วนใดของหนังสือเล่มนี้

นอกจากจะได้รับอนุญาต

พิมพ์ครั้งที่ 2 กรกฎาคม 2568

จำนวน 200 เล่ม

ราคา 220 บาท

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของหอสมุดแห่งชาติ

เกรียงไกร แซมสีม่วง.

การใช้เทคนิคการจำลองแบบการไหล (Flow simulation) เพื่อประยุกต์ใช้ในการออกแบบงานวิศวกรรมเกษตร = Application of flow simulation technology in agricultural engineering design.-- กรุงเทพฯ : ทริปเพิ้ล กรุ๊ป, 2568 . 436 หน้า.

1. วิศวกรรมเกษตร. 2. ไฟไนต์เอลิเมนต์. I. ชื่อเรื่อง.

630

ISBN 978-616-619-147-9

จัดทำโดย

รองศาสตราจารย์ ดร.เกรียงไกร แซมสีม่วง

จัดจำหน่ายโดย

รองศาสตราจารย์ ดร.เกรียงไกร แซมสีม่วง

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

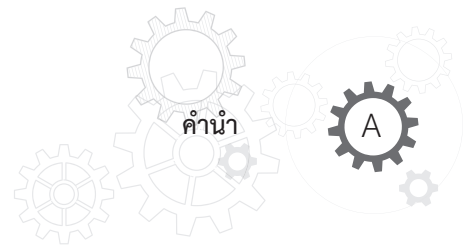
พิมพ์ที่



บริษัท ทริปเพิ้ล กรุ๊ป จำกัด

95 ถ.แจ้งวัฒนะ ซ.6 แขวงตลาดบางเขน เขตหลักสี่ กรุงเทพฯ 10210

www.triple-group.co.th



คำนำ

หนังสือการใช้เทคนิคการจำลองแบบการไหล (Flow Simulation) เพื่อประยุกต์ใช้ในการออกแบบงานวิศวกรรมเกษตร พิมพ์ครั้งที่ 2 ฉบับปรับปรุงเล่มนี้ จัดทำขึ้นโดยมีจุดประสงค์หลักเพื่อให้ผู้ศึกษาได้เข้าใจในทฤษฎีเนื้อหาของระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ การจำลองแบบการไหลและการใช้ซอฟต์แวร์ Solidworks Flow Simulation ไปพร้อมกัน โดยเนื้อหาที่บรรจุอยู่ในหนังสือเล่มนี้ จะประกอบไปด้วย เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับเทคนิคการจำลองแบบการไหล การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน การวิเคราะห์ระบบไอเสีย การวิเคราะห์อากาศไหลเวียนภายในโรงเรือนมาตรฐาน การวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพของปั๊มและค่าแรงดันตกคร่อมในบอลลวาล์ว การหาประสิทธิภาพของการระบายความร้อนและการประเมินความน่าจะเป็นในการดักจับละอองน้ำมัน การวิเคราะห์หาค่าอุณหภูมิแผ่กระจายความร้อนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ การออกแบบ และการคำนวณเพลลา แอ็กเซียล และแกน การวิเคราะห์อากาศพลศาสตร์ของรถแทรกเตอร์ เรื่องน่าสนใจเกี่ยวกับการวิเคราะห์ความเสียหายของตลับลูกปืน การประยุกต์ใช้นวัตกรรมที่น่าสนใจในงานวิศวกรรมเกษตรสมัยใหม่ ข้อควรรู้เกี่ยวกับกฎหมายและนโยบายที่เกี่ยวข้องกับเกษตรกรรมสมัยใหม่ อาชีวอนามัย ความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อมในงานวิศวกรรม และสุดท้ายจะเป็นการมองไปในอนาคตกับการประยุกต์ใช้เทคนิคการจำลองแบบการไหล โดยในหนังสือเล่มนี้มีตัวอย่างแสดงขั้นตอนทุกบท มีรูปภาพประกอบคมชัด โดยรูปภาพหลายรูปภาพส่วนใหญ่ในหนังสือเล่มนี้ผู้เขียนได้จัดทำขึ้นเอง จึงขอสงวนลิขสิทธิ์ในการเผยแพร่ ซึ่งผู้เขียนได้จัดทำหนังสือเล่มนี้ขึ้นเพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอน โดยจะครอบคลุมในส่วนของเนื้อหาของระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ แบบ Computational Fluid Dynamics Analysis ในระดับปริญญาตรี และปริญญาโท สาขาวิศวกรรมเกษตรอุตสาหกรรม วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตรและอาหาร และวิศวกรรมเครื่องกล รวมทั้งยังช่วยให้วิศวกรในสถานประกอบการเกิดความสะดวกรวดเร็ว แม่นยำ และถูกต้องสำหรับการใช้ซอฟต์แวร์ประยุกต์ในงานที่เกี่ยวข้อง สำหรับผู้ที่ทำการวิเคราะห์ทางระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ด้วยซอฟต์แวร์นั้น จะต้องมีความรู้พื้นฐานด้านการเขียนแบบออกแบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Solidworks 2012 หรือเวอร์ชันที่สูงกว่า จึงจะสามารถใช้ประโยชน์จากหนังสือเล่มนี้ได้

ผู้เขียนขอขอบคุณสาขาวิศวกรรมเกษตรอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่มีส่วนร่วมในการผลักดันจนเกิดหนังสือเล่มนี้ ขอขอบคุณกรรมการผู้จัดการ และทีมงานของบริษัท บริษัท แอปพลิแคด จำกัด (มหาชน) ที่ให้การสนับสนุนซอฟต์แวร์ Solidworks Flow Simulation สุดท้ายนี้ขอขอบคุณบิดามารดาและครอบครัวของผู้เขียน ที่เปิดโอกาสให้ได้ใช้เวลากับหนังสือเล่มนี้ อย่างเต็มที่ ในช่วงวันหยุดตลอดหลายเดือนที่ผ่านมา โดยผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเล่มนี้ จะเป็นประโยชน์ในแวดวงการศึกษาและภาคอุตสาหกรรมได้ตามสมควร หากมีสิ่งหนึ่งสิ่งใดขาดตกบกพร่อง ผู้เขียนขออภัยไว้ด้วยความยินดีและจะนำมาปรับปรุงแก้ไขต่อไป และขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

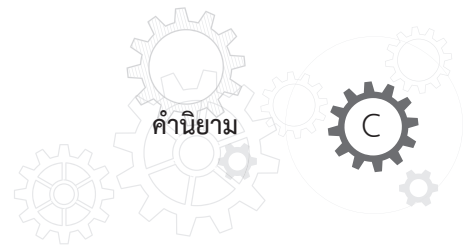
รองศาสตราจารย์ ดร. เกรียงไกร แซมสีม่วง

กรกฎาคม 2568



การใช้เทคนิคการจำลองแบบการไหล (Flow Simulation)

เพื่อประยุกต์ใช้ในการออกแบบงานวิศวกรรมเกษตรพิมพ์ครั้งที่ 2 ฉบับปรับปรุง



ค่านิยาม

หนังสือการใช้เทคนิคการจำลองแบบการไหล (Flow Simulation) เพื่อประยุกต์ใช้ในการออกแบบงานวิศวกรรมเกษตร พิมพ์ครั้งที่ 2 ฉบับปรับปรุงเล่มนี้ ซึ่งจัดทำขึ้นโดย รองศาสตราจารย์ ดร. เกรียงไกร แซมสีม่วง นั้น เป็นหนังสือที่มีตัวอย่างชิ้นงานประกอบจากเครื่องจักรกลหลากหลายรูปแบบที่มีการรับภาระกระทำ (Load) กับชิ้นส่วนในลักษณะที่แตกต่างกัน เพื่อประกอบการเรียนการสอนให้กับนักศึกษาสาขาวิศวกรรมเครื่องกล เกษตร สาขาวิศวกรรมเกษตรอุตสาหกรรม และสาขาวิศวกรรมเครื่องกล ที่เกี่ยวข้อง ทำให้นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจถึงวิธีการจำลองแบบการไหลชิ้นงานเสมือนจริง (Flow Simulation) ในงานจริง วิธีการเลือกใช้วัสดุที่มีความเหมาะสม วิธีการออกแบบชิ้นงานตามความเหมาะสมของชิ้นส่วนเครื่องจักรกลเกษตร ให้มีค่าความปลอดภัยในการออกแบบ (Factor Of Safety, FOS) ที่เหมาะสมกับการใช้งาน (ไม่มากเกินไป) ทำให้สามารถลดขนาดของวัสดุลงได้มากหากมีการผลิตเชิงพาณิชย์ หนังสือการใช้เทคนิคการจำลองแบบการไหล (Flow Simulation) เพื่อประยุกต์ใช้ในการออกแบบงานวิศวกรรมเกษตร พิมพ์ครั้งที่ 2 ฉบับปรับปรุงเล่มนี้ นอกจากจะประยุกต์ใช้ในงานวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตรแล้ว ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการจำลองแบบการไหลในชิ้นงานเสมือนจริงกับชิ้นส่วนเครื่องจักรกลอื่นๆ ได้เช่นกัน

หนังสือการใช้เทคนิคการจำลองแบบการไหล (Flow Simulation) เพื่อประยุกต์ใช้ในการออกแบบงานวิศวกรรมเกษตร พิมพ์ครั้งที่ 2 ฉบับปรับปรุงเล่มนี้ จึงมีความเหมาะสมมากกับการเรียนการสอนในสาขาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร สาขาวิศวกรรมเกษตรอุตสาหกรรม สาขาวิศวกรรมเครื่องกล-เกษตรสมัยใหม่ วิศวกรรมอาหาร และสาขาวิศวกรรมเครื่องกลที่เกี่ยวข้อง ที่สามารถนำไปประกอบวิชาชีพได้เป็นอย่างดีในสถานประกอบการที่มีการผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักรกลต่างๆ ได้ต่อไป

รองศาสตราจารย์ มานพ ตันตระบัณฑิตย์

กรกฎาคม 2568



การใช้เทคนิคการจำลองแบบการไหล (Flow Simulation)

เพื่อประยุกต์ใช้ในการออกแบบงานวิศวกรรมเกษตรพิมพ์ครั้งที่ 2 ฉบับปรับปรุง



ตัวย่อและสัญลักษณ์

ตัวย่อ	ความหมาย	ตัวย่อ	ความหมาย
CFD	Computational fluid dynamics	$\dot{m}$	Mass Flow Rate
HVAC	Heating, Ventilation, and Air-conditioning	m	Mass
PCB	Printed circuit board	$^{\circ}\text{C}$	Celsius degree
$\dot{Q}$	Heat convection	A_v	Average
π	Pi	Min	Minimum
k	Conduction constant	Max	Maximum
T_A	Temperature A	Conv.	Convergent
T_B	Temperature B	SG	Surface Goals
h_1	Convection constant 1	UV	Ultraviolet
h_2	Convection constant 2	LED	Light Emitting Diode
r_1	Radius 1	Q	Heat Source
r_2	Radius 2	PMV	Predicted Mean Vote
ln	Natural logarithm	PPD	Predicted Percent Dissatisfied
ϵ	Efficiency	LAQI	Local Air Quality Index
W	Watt	rpm	Revolutions per minute
CPU	Central Processing Unit	rad	Radian
V_x	Velocity-X axis	V_r	Relative velocity
V_y	Velocity-Y axis	V_{abs}	Absolute Velocity
V_z	Velocity-Z axis	ω	ความเร็วรอบ
Pa	Pascal	P_r	Relative pressure
atm	atmospheric pressure	P_{abs}	Absolute Pressure
T	Temperature	P_{outlet}	ความดันคงที่เฉลี่ยที่บริเวณใบพัดทางออก



การใช้เทคนิคการจำลองแบบการไหล (Flow Simulation)

เพื่อประยุกต์ใช้ในการออกแบบงานวิศวกรรมเกษตรพิมพ์ครั้งที่ 2 ฉบับปรับปรุง

ตัวย่อ	ความหมาย	ตัวย่อ	ความหมาย
X	X-axis	P_{inlet}	ความดันคงที่ที่ทางเข้าปั๊ม
Y	Y-axis	η	Performance
Z	Z-axis	Ω	ความเร็วเชิงมุมของใบพัด (rad/s)
kg	kilogram	s	second
MOM	อัลกอริทึมการแก้ปัญหาตามทั้งวิธีการของช่วงเวลา	CM	วิธีการคลาสแบบไม่ต่อเนื่อง
PBE	การแก้ปัญหาของสมการสมดุลประชากร	t_1	อุณหภูมิภายในที่ผนัง
h_0	ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมต่อหน่วยความยาว	Pr_t	หมายเลข Prandtl ที่ปั่นป่วน
μ_t	ความหนืดวุ่นปั่นป่วน	$\bar{\phi}$	ฟังก์ชันการกระจายเฉลี่ย
$\partial p / \partial t$	ฟังก์ชันการกระจายเฉลี่ย	g_i	เป็นส่วนประกอบความเร่งโน้มถ่วง (0, -g, 0)
ρ_{ref}	ความหนาแน่นอ้างอิง	$\bar{p}$	ค่าความดันพลวัต
ρ	ความหนาแน่น, u, v and w	ϕ_0	ตัวแปรที่เป็นเงื่อนไขเริ่มต้นสำหรับความพรุน
p_0	ตัวแปรที่เป็นเงื่อนไขเริ่มต้นสำหรับความดันอ้างอิง	u_0	ตัวแปรที่เป็นเงื่อนไขเริ่มต้นสำหรับการกระจัดที่เป็นของแข็ง
N_i	ตัวแปรความเข้มข้นของพื้นกรามของส่วนประกอบ	k_{ra}	การซึมผ่านสัมพัทธ์ของเฟส
ξ_i^α	ค่าเศษส่วนพื้นกรามของส่วนประกอบ	K	เทนเซอร์การซึมผ่านสัมบูรณ์
$\tilde{\sigma}$	ค่าความเครียดที่มีประสิทธิภาพที่น่าพอใจ	$h_p = 2h_u$	ขนาดตาข่ายสำหรับความดัน
$(x, y) \in IR^2$	พิกัดคาร์ทีเซียน	$(\xi, \eta) \in [0,1]^2$	พิกัดการติดตั้งร่างกาย
$D \subset IR^2$	โดเมนฟิลด์โฟลว์	$\partial D = B \cup C$	ขอบเขตเขตข้อมูลการไหล
$B = \{(\xi, 1)\}$	สนาม Far Field	$C = \{(\xi, 0)\}$	ผนังที่บีบ

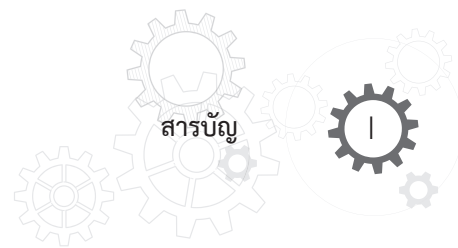


ตัวย่อ	ความหมาย	ตัวย่อ	ความหมาย
$\vec{n} = \begin{pmatrix} n_x \\ n_y \end{pmatrix} \perp D$	เวกเตอร์หน่วยปกติชี้ออกไปด้านนอก	$\vec{v} = \begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix}$	ความเร็ว
M_∞	จำนวนมัค	γ	อัตราส่วนของความร้อนจำเพาะ
C_{ref}	ความยาวสายไฟ	C_p	ค่าสัมประสิทธิ์ความดัน
C_D	ค่าสัมประสิทธิ์การลาก	C_L	ค่าสัมประสิทธิ์การยก
C_m	ค่าสัมประสิทธิ์ช่วงเวลาการข้วาง	(x_m, y_m)	จุดอ้างอิงของ Pitching Moment
i	ฟังก์ชัน COST	$-d(i)$	RHS ของเงื่อนไขขอบเขตที่อยู่ติดกันบน C
$X \in IR^n$	เวกเตอร์ของตัวแปรการออกแบบ	$w = \begin{pmatrix} \rho \\ \rho u \\ \rho v \\ \rho E \end{pmatrix}$	เวกเตอร์ของตัวแปรอนุรักษ์ W
COSI	เครื่องจำลองแบบโคไซ	χ	เศษส่วนมวลของส่วนประกอบที่กำหนด
MMi	ค่าน้ำหนักโมเลกุลของส่วนประกอบ i	s	ค่าความอิมิตัว
$\nabla \phi$	ค่าศักย์เนื่องจากแรงโน้มถ่วงและความดัน	$\hat{H}$	ความสูงของเซลล์
$S_{i,k}$	ค่าการสะสม	$\psi_{i,k}$	ค่าฟังก์ชันของส่วนประกอบ i
T_C	อุณหภูมิที่ครอบคลุม CPU	T_A	อุณหภูมิของอากาศโดยรอบ
P_D	พลังงานความร้อนที่ใช้ในการออกแบบของ CPU	Ψ_{CA}	ประสิทธิภาพของการระบายความร้อน



การใช้เทคนิคการจำลองแบบการไหล (Flow Simulation)

เพื่อประยุกต์ใช้ในการออกแบบงานวิศวกรรมเกษตรพิมพ์ครั้งที่ 2 ฉบับปรับปรุง

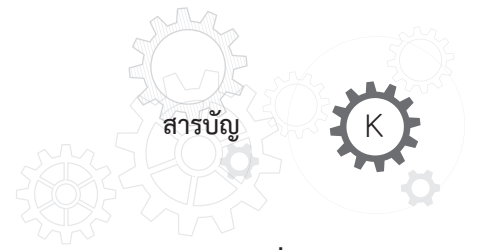


สารบัญ

หัวข้อเรื่อง	หน้าที่
บทที่ 1 เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับเทคนิคการจำลองแบบการไหล	1
1.1 ประวัติ และความเป็นมาของการจำลองแบบการไหล	1
1.2 ความหมายของการจำลองแบบการไหล	2
1.3 ความสำคัญของการจำลองแบบการไหลในงานวิศวกรรมสมัยใหม่	3
1.4 ประเภทและชนิดของการจำลองแบบการไหล	4
1.5 การประยุกต์ใช้ในงานด้านการวิเคราะห์การไหลในการสร้างแบบจำลองความสมดุลของประชากรสำหรับการไหลแบบหลายเฟส ในงานวิศวกรรมเกษตร	6
1.6 บทสรุป	10
1.7 เอกสารอ้างอิง	11
แบบฝึกหัดทดสอบความเข้าใจ	12
บทที่ 2 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน	15
2.1 ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรมจำลองแบบการไหล	15
2.2 อุปกรณ์เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน	17
2.3 การกำหนดประสิทธิภาพของอุปกรณ์เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน	19
2.4 คำสั่งเบื้องต้นในเมนูคำสั่งโปรแกรมการจำลองแบบการไหล	20
2.5 การจำลองแบบการไหลในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน	23
2.6 การประยุกต์ใช้ในงานด้านการวิเคราะห์การไหลของท่อของความร้อนนิวเคลียร์ยูเรเนียมด้วยการถ่ายเทความร้อนแบบคอนจูเกต ในงานวิศวกรรมเกษตร	39
2.7 บทสรุป	45
2.8 เอกสารอ้างอิง	46
แบบฝึกหัดทดสอบความเข้าใจ	47



หัวข้อเรื่อง	หน้าที่
บทที่ 3 การวิเคราะห์ระบบไอเสีย	51
3.1 ระบบไอเสีย	51
3.2 การไหลในส่วนของท่อไอเสียรถยนต์	52
3.3 การประยุกต์ใช้ในงานด้านการวิเคราะห์การไหลในการจำลองแบบการไหลใน สื่อที่มีรูพรุน: การใช้งานในพลังงานและสิ่งแวดล้อมสำหรับงานวิศวกรรม เกษตร	66
3.4 บทสรุป	69
3.5 เอกสารอ้างอิง	69
แบบฝึกหัดทดสอบความเข้าใจ	70
บทที่ 4 การวิเคราะห์อากาศไหลเวียนภายในโรงเรือนมาตรฐาน	73
4.1 ระบบฉีดปุ๋ยและสารเคมีแบบแปรผันอัตราได้ในโรงเรือนมาตรฐาน	73
4.2 ระบบการวิเคราะห์การไหลของอากาศภายในโรงเรือน	79
4.3 การเลือกช่องอากาศให้เป็นสถานะอากาศเข้าในโรงเรือน	81
4.4 การใส่อัตราแรงดันของสิ่งแวดล้อม	82
4.5 การประยุกต์ใช้ในงานด้านการวิเคราะห์การไหลในการจำลองแบบการไหลเข้า กับปัญหาของโรงที่ขับเคลื่อนด้วยพลังงานสามมิติในงานวิศวกรรมเกษตร	86
4.6 บทสรุป	93
4.7 เอกสารอ้างอิง	94
แบบฝึกหัดทดสอบความเข้าใจ	95
บทที่ 5 การวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพของปั๊ม และค่าแรงดันตกคร่อมใน บอลลวลว	101
5.1 ปั๊มในงานอุตสาหกรรม	101
5.2 บอลลวลวในงานอุตสาหกรรม	102
5.3 ปัญหาหลักขณะการไหลของอากาศผ่านปั๊มแรงเหวี่ยงที่มีใบพัดหมุนอยู่ด้านใน	103
5.4 บทสรุปลักษณะความเร็วของของไหลในขณะไหลผ่านใบพัด	108
5.5 การวิเคราะห์ค่าแรงดัน และการออกแบบบอลลวลว	110
5.6 การประยุกต์ใช้ในงานด้านการวิเคราะห์การไหลในการเพิ่มประสิทธิภาพ รูปร่างตามหลักอากาศพลศาสตร์ในงานวิศวกรรมเกษตร	122



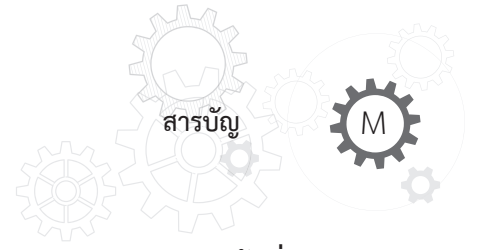
หัวข้อเรื่อง	หน้าที่
5.7 บทสรุป	128
5.8 เอกสารอ้างอิง	129
แบบฝึกหัดทดสอบความเข้าใจ	130
บทที่ 6 การหาประสิทธิภาพของการระบายความร้อน และการประเมิน ความน่าจะเป็นในการดักจับละอองน้ำมัน	133
6.1 การจำลองแบบการไหลในการหาประสิทธิภาพของการระบายความร้อน	133
6.2 การหาประสิทธิภาพของอุปกรณ์ระบายความร้อนของระบบคอมพิวเตอร์	136
6.3 การสร้างแบบจำลองของการไหล	137
6.4 การระบุตำแหน่งของผนังหยุดนิ่ง	140
6.5 การตั้งค่าเริ่มต้นของโครงข่ายชั้นงาน	141
6.6 การระบุเป้าหมายของโครงการ	143
6.7 การประยุกต์ใช้ในงานด้านการวิเคราะห์การไหลในการจำลองแบบการไหล ของอุปกรณ์ดักจับน้ำมันในงานวิศวกรรมเกษตร	146
6.8 บทสรุป	157
6.9 เอกสารอ้างอิง	158
แบบฝึกหัดทดสอบความเข้าใจ	159
บทที่ 7 การวิเคราะห์หาค่าอุณหภูมิแผ่กระจายความร้อนอุปกรณ์ อิเล็กทรอนิกส์	163
7.1 การออกแบบแผ่กระจายความร้อน	163
7.2 การประยุกต์ใช้การวิเคราะห์การไหลในแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์	165
7.3 การประยุกต์ใช้ในงานด้านการวิเคราะห์การไหลสำหรับวิธีปริมาณจำกัด ปัญหาการพาความร้อน และการแพร่กระจายในงานวิศวกรรมเกษตร	178
7.4 บทสรุป	187
7.5 เอกสารอ้างอิง	188
แบบฝึกหัดทดสอบความเข้าใจ	189



การใช้เทคนิคการจำลองแบบการไหล (Flow Simulation)

เพื่อประยุกต์ใช้ในการออกแบบงานวิศวกรรมเกษตรพิมพ์ครั้งที่ 2 ฉบับปรับปรุง

หัวข้อเรื่อง	หน้าที่
บทที่ 8 การออกแบบและการคำนวณ เพลา แอ็กเชิล และแกน	195
8.1 เพลา แอ็กเชิล และแกน	195
8.2 หลักเกณฑ์ทั่วไปในการออกแบบ เพลา แอ็กเชิล และแกน	197
8.3 วัสดุการผลิตเพลา แอ็กเชิล และแกน	199
8.4 การคำนวณเพลา แอ็กเชิล และแกน	200
8.5 การประยุกต์ใช้ในงานด้านการวิเคราะห์การไหลสำหรับการคำนวณหาค่า ความร้อนที่เกิดขึ้นบนเพลา แอ็กเชิล และแกน ในงานวิศวกรรมเกษตร	214
8.6 บทสรุป	225
8.7 เอกสารอ้างอิง	226
แบบฝึกหัดทดสอบความเข้าใจ	227
บทที่ 9 การวิเคราะห์อากาศพลศาสตร์ของรถแทรกเตอร์	231
9.1 ความรู้ทั่วไปในการวิเคราะห์ตามหลักอากาศพลศาสตร์	231
9.2 การประยุกต์ใช้ในงานด้านการวิเคราะห์การไหลสำหรับการวิเคราะห์อากาศ พลศาสตร์ของรถแทรกเตอร์เครื่องจักรกลทางการเกษตร	235
9.3 บทสรุป	247
9.4 เอกสารอ้างอิง	247
แบบฝึกหัดทดสอบความเข้าใจ	249
บทที่ 10 เรื่องน่าสนใจเกี่ยวกับการวิเคราะห์ความเสียหายของตลับลูกปืน	255
10.1 เรื่องที่ควรทำความเข้าใจในการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน	255
10.2 ความรู้ทั่วไปของตลับลูกปืน	261
10.3 การอ่านโค้ดตลับลูกปืน	266
10.4 ลักษณะการกระจายตัวของแรงที่ผิวรางวิ่ง แยกตามประเภทของภาระโหลด กระทำ	270
10.5 การประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ความเสียหายของตลับลูกปืนและสาเหตุที่ เกิดขึ้นในเครื่องจักรกลทางการเกษตร	274
10.6 บทสรุป	279
10.7 เอกสารอ้างอิง	280
แบบฝึกหัดทดสอบความเข้าใจ	281



หัวข้อเรื่อง

หน้าที่

บทที่ 11 การประยุกต์ใช้นวัตกรรมที่น่าสนใจในงานวิศวกรรมเกษตรสมัยใหม่	285
11.1 การออกแบบและสร้างเครื่องพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูมะพร้าวที่ภาคพื้นพร้อมระบบการมองเห็นระยะไกล	285
11.2 การออกแบบ และสร้างชุดแขนพ่นสารเคมีแบบควบคุมระยะไกลที่ติดตั้งบนโดรนสำหรับฉีดพ่นบริเวณยอดมะพร้าวที่เกิดด้วงเจาะทำลาย	301
11.3 บทสรุป	315
11.4 เอกสารอ้างอิง	316
แบบฝึกหัดทดสอบความเข้าใจ	318
บทที่ 12 ข้อควรรู้เกี่ยวกับ กฎหมาย และนโยบายที่เกี่ยวข้องกับเกษตรกรรมสมัยใหม่	321
12.1 พระราชบัญญัติวัตถุอันตราย (ฉบับที่ 4) พ.ศ. 2562	321
12.2 กำหนดเกณฑ์ค่าคลาดเคลื่อนจากปริมาณที่กำหนดไว้ของสารสำคัญในวัตถุอันตรายที่กรมวิชาการเกษตรเป็นผู้รับผิดชอบ พ.ศ. 2560	334
12.3 กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับอากาศยานไร้คนขับ	336
12.4 มาตรฐานสำหรับเกษตรอัจฉริยะ และจุดเริ่มต้นขับเคลื่อนอุตสาหกรรมเกษตรดิจิทัล	341
12.5 สรุปการขึ้นทะเบียนเครื่องวิทยุคมนาคมที่ใช้ในอากาศยานซึ่งไม่มีนักบินประเภทอากาศยานที่ควบคุมการบินจากภายนอก	343
12.6 บทสรุป	345
12.7 เอกสารอ้างอิง	345
แบบฝึกหัดทดสอบความเข้าใจ	347
บทที่ 13 อาชีวอนามัย ความปลอดภัย และสิ่งแวดล้อมในงานวิศวกรรม	349
13.1 อาชีวอนามัย และความปลอดภัยตลอดจนกฎหมายที่เกี่ยวข้อง	349
13.2 ระบบการจัดการอาชีวอนามัย และความปลอดภัย	355
13.3 วิธีประเมินความเสี่ยงที่เกิดจากสภาวะแวดล้อมในโรงงานอุตสาหกรรม	359



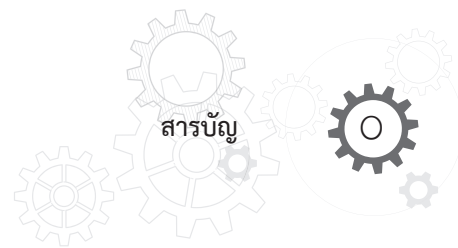
การใช้เทคนิคการจำลองแบบการไหล (Flow Simulation)

เพื่อประยุกต์ใช้ในการออกแบบงานวิศวกรรมเกษตรพิมพ์ครั้งที่ 2 ฉบับปรับปรุง

หัวข้อเรื่อง	หน้าที่
13.4 การประยุกต์ใช้ในการบริหารความปลอดภัยในงานวิศวกรรมสมัยใหม่	360
13.5 บทสรุป	361
13.6 เอกสารอ้างอิง	361
แบบฝึกหัดทดสอบความเข้าใจ	362
บทที่ 14 มองไปในอนาคตกับการประยุกต์ใช้เทคนิคการจำลองแบบการไหล	365
14.1 ปัญหาในอดีต ทำไมต้องใช้การจำลองแบบการไหลในงานวิศวกรรม	366
14.2 แนวโน้มค่านิยมปัจจุบันในงานวิศวกรรม	367
14.3 ทิศทางอนาคตข้างหน้าในมุมมองของผู้เขียนหนังสือ	368
14.4 บทสรุป	370
14.5 เอกสารอ้างอิง	371
แบบฝึกหัดทดสอบความเข้าใจ	372
บรรณานุกรม	375
บรรณานุกรม	387
ประวัติผู้เขียน	401

สารบัญรูปภาพ

รูปภาพแสดง	หน้าที่
รูปที่ 1.1 แสดงการคาดการณ์ IAC ของแต่ละชั้นฟองตามทิศทางรัศมีสำหรับเคส L3 ที่สถานีวัด	7
รูปที่ 1.2 การคาดการณ์อัตราการสร้างฟองสุทธิเนื่องจากการรวมตัวกันและการแตกตัวและการควบแน่นของคลาสฟองที่เลือกของแบบจำลอง MUSIG ที่เปลี่ยนไป	8
รูปที่ 1.3 การคาดการณ์เศษส่วนโมฆะอนุภาคลิสระในท้องถิ่น Sauter หมายถึงเส้นผ่านศูนย์กลางฟอง IAC และการกระจายความเร็วก๊าซของการเปลี่ยน	8



รูปภาพแสดง

หน้าที่

สภาพการไหลของฟองเป็นทากโดยแบบจำลอง MUSIG ที่เป็นเนื้อเดียวกันและไม่เป็นเนื้อเดียวกัน

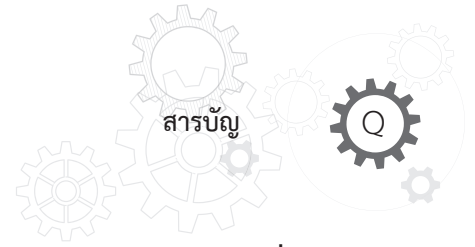
รูปที่ 2.1 แสดงเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน; (a) แบบท่อ; (b) แบบไหลข้าม	18
รูปที่ 2.2 แสดงโครงสร้างทางเรขาคณิตของการถ่ายเทความร้อนระหว่างของเหลว 2 ชนิด	19
รูปที่ 2.3 แสดงภาพจำลองของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบไหลสวนกัน และภาพตัดขวาง	24
รูปที่ 2.4 แสดงหน้าต่างแสดงการเลือก configuration name	25
รูปที่ 2.5 แสดงหน้าต่างการกำหนดค่า result resolution	26
รูปที่ 2.6 แสดงการกำหนดเลือก flange 1 ผิวด้านใน (ในส่วนที่ติดกับของเหลว)	27
รูปที่ 2.7 แสดงการเลือกพื้นผิวในการกำหนด inlet mass flow	29
รูปที่ 2.8 แสดงการเลือกพื้นผิว	30
รูปที่ 2.9 แสดงหน้าจอการเลือกพื้นผิว	31
รูปที่ 2.10 แสดงการเลือกพื้นผิว	32
รูปที่ 2.11 แสดงหน้าต่างการกำหนดค่าเป้าหมายแบบค่าเฉลี่ย	33
รูปที่ 2.12 แสดงการกำหนดค่า velocity	34
รูปที่ 2.13 แสดงผลลัพธ์ค่าความเร็วแบบเวกเตอร์	35
รูปที่ 2.14 แสดงผลลัพธ์ภาพตัดขวาง temperature (K)	35
รูปที่ 2.15 แสดงผลลัพธ์ temperature (K)	36
รูปที่ 2.16 แสดงหน้าต่างกำหนดค่า appearance	37
รูปที่ 2.17 แสดงผลลัพธ์ ความเร็ว (velocity) trajectory	38
รูปที่ 2.18 แสดงผลลัพธ์ trajectories	38
รูปที่ 2.19 แสดง local พารามิเตอร์ ค่าอุณหภูมิเฉลี่ย ณ จุด outlet	39
รูปที่ 2.20 (a) เวกเตอร์ความเร็วและ (b) รูปทรงความเร็วรอบซิปที่มีรูพรุน	44
รูปที่ 2.21 การแยกการไหลใกล้กับพื้นผิวที่ตรวจสอบโดย CFD และการจับ PIV	44
รูปที่ 2.22 แสดงโมเดลแบบจำลองของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน	47
รูปที่ 2.23 แสดงผลเฉลยแบบจำลองการไหลของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน	48



การใช้เทคนิคการจำลองแบบการไหล (Flow Simulation)

เพื่อประยุกต์ใช้ในการออกแบบงานวิศวกรรมเกษตรพิมพ์ครั้งที่ 2 ฉบับปรับปรุง

รูปภาพแสดง	หน้าที่
รูปที่ 2.24 แสดงโมเดลแบบจำลองของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบ two-pipe heat exchanger	49
รูปที่ 2.25 แสดงผลเฉลยแบบจำลองการไหลของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบ two-pipe heat exchanger	50
รูปที่ 3.1 แสดงรูปแบบจำลอง porous media	54
รูปที่ 3.2 แสดงหน้าจอเริ่มต้นการสร้างโปรเจกต์ flow simulation	54
รูปที่ 3.3 แสดงหน้าจอการกำหนดชนิดของของไหลในการวิเคราะห์	55
รูปที่ 3.4 แสดงการเลือกพื้นผิวหน้าตัดด้านในของทางเข้า	56
รูปที่ 3.5 แสดงการเลือกพื้นผิวหน้าตัดด้านในของทางออก	56
รูปที่ 3.6 แสดงหน้าต่างกำหนดค่า static pressure	57
รูปที่ 3.7 แสดงหน้าต่างกำหนดค่า porous media, user defined	57
รูปที่ 3.8 แสดงฐานข้อมูล (database)	58
รูปที่ 3.9 แสดงหน้าต่างกำหนดค่า insert surface goals	59
รูปที่ 3.10 แสดงหน้าต่างการสร้างสมการด้วย insert equation goal	60
รูปที่ 3.11 แสดงผลลัพธ์ลักษณะของการไหล velocity (m/s)	62
รูปที่ 3.12 แสดงหน้าต่าง clone project	62
รูปที่ 3.13 แสดงหน้าต่าง engineering database	63
รูปที่ 3.14 แสดงทิศทางการไหลของของไหลที่ได้จากค่าต่างๆ	64
รูปที่ 3.15 แสดงแบบจำลองของระบบไอเสีย (exhaust systems)	71
รูปที่ 3.16 แสดงผลเฉลยการวิเคราะห์ในแบบจำลองระบบท่อไอเสีย (Exhaust systems)	72
รูปที่ 4.1 แสดง (a) แสดงลักษณะเครื่องฟนสารเคมีอัตโนมัติแบบพวงติดท้ายรถแทรกเตอร์; (b) แสดงตำแหน่งการติดตั้งชุดควบคุมการฟนสารเคมี และ (c) แสดงตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ทั้งหมด	75
รูปที่ 4.2 แสดงลักษณะโรงเรือนควบคุมและโรงเรือนต้นแบบสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง	76
รูปที่ 4.3 แสดงลักษณะโรงเรือนควบคุมและโรงเรือนต้นแบบสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง	77



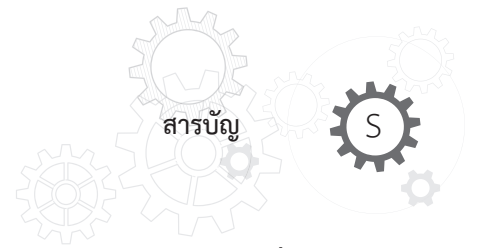
รูปภาพแสดง	หน้าที่
รูปที่ 4.4 แสดงลักษณะโรงเรือนต้นแบบสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง	78
รูปที่ 4.5 แสดงการปรับตั้งค่าต่างๆ ในคำสั่ง wizard – project name	80
รูปที่ 4.6 แสดงการปรับตั้งค่าต่างๆ ในคำสั่ง wizard –analysis type	80
รูปที่ 4.7 แสดงการเลือกพื้นที่อากาศให้เป็นสถานะอากาศเข้า	81
รูปที่ 4.8 แสดงการเลือกช่องอากาศให้เป็นสถานะอากาศออก	82
รูปที่ 4.9 แสดงวิธีการใส่ค่าความร้อน (q) ให้แก่ผักกาดแก้ว	83
รูปที่ 4.10 แสดงวิธีการใส่ค่าความร้อน (q) ให้แก่หลอดไฟ	83
รูปที่ 4.11 แสดงการเปิด volume parameters	84
รูปที่ 4.12 แสดงการตั้งค่าในคำสั่ง cut plot	85
รูปที่ 4.13 แสดงแรงลมในคำสั่ง flow trajectories	86
รูปที่ 4.14 การเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่เป็นตัวเลขที่ได้รับสำหรับ $h = 1/80$ (บน) และ $1/120$ (ล่าง) ที่ $Re = 400$ (ซ้าย) และ 1000 (ขวา)	87
รูปที่ 4.15 เวกเตอร์ความเร็วการไหลคงที่ที่ $Re = 400$ (ซ้าย) และ 1000 (ขวา) ที่ฉายบนระนาบ (a) $x_2 = 0.5$ (ด้านบน), (b) $x_1 = 0.5$ (กลาง) และ (c) $x_3 = 0.5$ (ด้านล่าง) สำหรับ $h = 1/120$ และ $\Delta t = 0.001$ มาตรฐานเวกเตอร์ในแปลงกลางและล่างเป็นสามเท่าของขนาดจริง	89
รูปที่ 4.16 ประวัติความเป็นมาของ $\ u_h\ $ (ด้านบน) สำหรับ $Re = 1950$ ที่ได้รับด้วย $h = 1/120$ และ $\Delta t = 0.001$ และการขยายระยะเวลาการสั้นหนึ่งครั้ง (ด้านล่าง)	90
รูปที่ 4.17 เวกเตอร์ความเร็วที่ $Re = 1950$ ฉายบนระนาบแนวตั้ง $x_1 = 68/120$ ที่ $t = 605, 606, 607, 608, 609$ และ 610 (จากบนลงล่างก่อนแล้วจากซ้ายไปขวา) ที่ได้ด้วย $h = 1/120$ และ $\Delta t = 0.001$ มาตรฐานเวกเตอร์เป็นสี่เท่าของขนาดจริง ระนาบแนวตั้ง $x_1 = 68/120$ ตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของฝา	90
รูปที่ 4.18 แสดงการกำหนดเงื่อนไขค่า Inlet Boundary Condition ค่า Outlet Boundary Condition และค่า Specifying Project Goals	92
รูปที่ 4.19 แสดงผลลัพธ์ค่า Velocity ค่า Av Static Pressure และค่า Max Temperature (Solid)	93



การใช้เทคนิคการจำลองแบบการไหล (Flow Simulation)

เพื่อประยุกต์ใช้ในการออกแบบงานวิศวกรรมเกษตรพิมพ์ครั้งที่ 2 ฉบับปรับปรุง

รูปภาพแสดง	หน้าที่
รูปที่ 4.20 แสดงแบบจำลองห้องนั่งเล่นและรับแขกสุดหรูหรรษาในคอนโดมิเนียมแห่งหนึ่ง ภายในประกอบด้วย ceiling light (120 W) และชุด tv set (50 W)	96
รูปที่ 4.21 แสดงผลเฉลยค่าการวิเคราะห์ flow trajectories ในแบบจำลองห้องนั่งเล่นและรับแขกสุดหรูหรรษา	97
รูปที่ 4.22 แสดงรูปโมเดลแบบจำลองของโรงเก็บรถยนต์ทั้งมีระบบ ventilation systems และระบบ lights กับแบบไม่มี	98
รูปที่ 4.23 แสดงผลเฉลยแบบจำลองของโรงเก็บรถยนต์ทั้งมีระบบ ventilation systems และระบบ lights กับแบบไม่มี	99
รูปที่ 5.1 แสดงปั๊มแรงเหวี่ยงที่มีใบพัดหมุนอยู่ด้านใน	104
รูปที่ 5.2 แสดงการ filter faces	107
รูปที่ 5.3 แสดงการเปลี่ยนชื่อเป้าหมายในการวิเคราะห์	108
รูปที่ 5.4 แสดงทิศทางการไหล และค่าแรงดันคงที่	109
รูปที่ 5.5 แสดงค่าผลลัพธ์แรงดันที่ใบพัด และการกระจายตัวของของไหลของแรงดันคงที่ผ่านลำตัวของใบพัด	109
รูปที่ 5.6 แสดงภาพประกอบอุปกรณ์ ball valve โมเดลจำลอง	110
รูปที่ 5.7 แสดงการกำหนดค่าใหม่จะมีข้อมูลจำลองการไหล	111
รูปที่ 5.8 แสดงการเริ่มต้นการกำหนดค่าเงื่อนไขขอบเขต	112
รูปที่ 5.9 แสดงการเลือกผิวด้านในของชิ้นงาน lid <1>	112
รูปที่ 5.10 แสดงการเลือกพื้นผิวชิ้นงานที่บริเวณทางออก	113
รูปที่ 5.11 แสดงการนำเข้าเป้าหมายการวิเคราะห์ใน insert surface goals	114
รูปที่ 5.12 แสดงการกำหนดค่าเฉลี่ยแบบ av ของ static pressure	114
รูปที่ 5.13 แสดงหน้าต่างความคืบหน้าในการวิเคราะห์	115
รูปที่ 5.14 แสดงการ insert ที่ cut plots	116
รูปที่ 5.15 แสดงผลลัพธ์ cut plots	116
รูปที่ 5.16 แสดง edit definition ที่ cut plot 1	117
รูปที่ 5.17 แสดงผลลัพธ์ contours แบบ vectors	117
รูปที่ 5.18 แสดงการดูพื้นผิวของพล็อต	117
รูปที่ 5.19 แสดงลักษณะ surface plot	118
รูปที่ 5.20 แสดงการดู isosurface plots	119



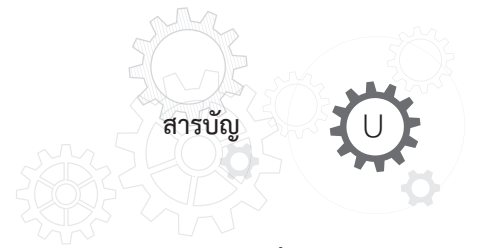
รูปภาพแสดง	หน้าที่
รูปที่ 5.21 แสดงดูการไหลของ trajectories	119
รูปที่ 5.22 แสดงการไหลของ trajectories	120
รูปที่ 5.23 แสดง flow trajectories 1	121
รูปที่ 5.24 แสดงหน้าต่าง xy plot	121
รูปที่ 5.25 แสดงแผนภูมิสำหรับความเร็วและความดัน	122
รูปที่ 5.26 แสดงการกำหนดเงื่อนไขขอบเขตค่า Inlet Boundary Condition ค่า Outlet Boundary Condition และค่า Specifying Project Goals	127
รูปที่ 5.27 แสดงผลลัพธ์ค่าแรงดันของปั๊ม ความเร็วของใบพัด แรงดันตกคร่อม และค่าความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของปั๊มและอัตราการไหลที่เกิดขึ้น	128
รูปที่ 5.28 แสดงรูปแบบโมเดลจำลองอุปกรณ์วาล์วที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่	131
รูปที่ 5.29 แสดงผลเฉลยแบบจำลองการไหลทั้งแบบ flow trajectories และแบบ cut plot ในรูปแบบโมเดลอุปกรณ์วาล์วที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่	132
รูปที่ 6.1 แสดงการระบายความร้อน	137
รูปที่ 6.2 แสดงขอบเขตของการหมุนแบบ rotation region ถูกล้อมรอบด้วยสีแดง	139
รูปที่ 6.3 แสดงการหมุน (rotation region)	140
รูปที่ 6.4 แสดงพื้นผิวเป้าหมายที่จะทำการกำหนดค่า	140
รูปที่ 6.5 แสดงหน้าต่างกำหนดค่า create control planes	142
รูปที่ 6.6 ส่วนบนของตัวครอบคลุม	143
รูปที่ 6.7 rotation region	143
รูปที่ 6.8 ด้านล่างของ rotation region	144
รูปที่ 6.9 แสดงลักษณะของอุณหภูมิและทิศทางการไหล (ภาพด้านหน้า, ไม่มีการซ้อนทับ, ระยะห่างของเวกเตอร์ = 0.003 m, arrow size = 0.015 m)	145
รูปที่ 6.10 แสดงลักษณะของอุณหภูมิและทิศทางการไหล (ภาพด้านขวา, ไม่มีการซ้อนทับ, ระยะห่างของเวกเตอร์ = 0.003 m, arrow size = 0.015 m)	145



การใช้เทคนิคการจำลองแบบการไหล (Flow Simulation)

เพื่อประยุกต์ใช้ในการออกแบบงานวิศวกรรมเกษตรพิมพ์ครั้งที่ 2 ฉบับปรับปรุง

รูปภาพแสดง	หน้าที่
รูปที่ 6.11 แสดงลักษณะของการกระจายความเร็ว (ภาพด้านหน้า, ไม่มีการซ้อนทับ)	146
รูปที่ 6.12 แสดงลักษณะของการกระจายความเร็ว (ภาพด้านขวา, ไม่มีการซ้อนทับ)	146
รูปที่ 6.13 แสดงโครงสร้างภายในกระป๋องดักจับน้ำมัน	147
รูปที่ 6.14 แสดงพื้นผิวตำแหน่งทางเข้า inlet	148
รูปที่ 6.15 แสดงพื้นผิวตำแหน่งทางออก outlet	148
รูปที่ 6.16 แสดงหน้าต่างกำหนดเป้าหมาย equation goal	149
รูปที่ 6.17 แสดงหน้าต่างกำหนดค่า calculation control	150
รูปที่ 6.18 แสดงหน้าต่าง table	150
รูปที่ 6.19 แสดงการกำหนดค่าใน starting points	152
รูปที่ 6.20 แสดงหน้าต่าง default wall condition	152
รูปที่ 6.21 แสดงหน้าต่าง physical features	153
รูปที่ 6.22 แสดงขนาดหยดที่แตกต่างกันเมื่อความเร็วแตกต่างกัน	154
รูปที่ 6.23 แสดงการกำหนดเงื่อนไขขอบเขตค่า Inlet Boundary Condition ค่า Outlet Boundary Condition และค่า Specifying Project Goals	155
รูปที่ 6.24 แสดงค่าผลลัพธ์อัตราการไหลที่ทางเข้าและทางปลายของต้นแบบสลูกลำเลียงเมล็ดข้าวเปลือก และค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่ามุมเอียงของสลูกลำเลียง (องศา) กับค่าอัตราการไหล (kgs^{-1})	156
รูปที่ 6.25 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการไหลของเมล็ดที่วัดได้ทางปฏิบัติ (kgs^{-1}) กับค่าอัตราการไหลของเมล็ดทางทฤษฎี (kgs^{-1})	156
รูปที่ 6.26 แสดงการจำลองแบบโมเดลเครื่องดักฝุ่นอุตสาหกรรม	160
รูปที่ 6.27 แสดงผลเฉลยแบบโมเดลการไหลของเครื่องดักฝุ่นอุตสาหกรรม	160
รูปที่ 7.1 แสดงการจัดวางตำแหน่งอุปกรณ์ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์	165
รูปที่ 7.2 แสดงการกำหนดค่าเริ่มต้นของ level of initial mesh	167
รูปที่ 7.3 แสดง inlet	168
รูปที่ 7.4 แสดง outlet	168
รูปที่ 7.5 แสดงการกรองพื้นผิวที่ไม่จำเป็นออกไป	169
รูปที่ 7.6 แสดงการระบุค่าความร้อน	169



รูปภาพแสดง	หน้าที่
รูปที่ 7.7 แสดงการเลือกพื้นผิวเป้าหมายในการกำหนดเป้าหมายในการทำ วิเคราะห์	170
รูปที่ 7.8 แสดงการกำหนดปริมาณความร้อน 5 W	170
รูปที่ 7.9 แสดงหน้าต่างการกำหนดเป้าหมาย	170
รูปที่ 7.10 แสดงการกำหนด mesh ตัดจุด obtained ของ heat sink	171
รูปที่ 7.11 แสดงหน้าต่าง clone project	172
รูปที่ 7.12 แสดงการ add to existing ของ local mesh-sink no.1-n2	173
รูปที่ 7.13 แสดงการระบุเงื่อนไขขอบเขต	173
รูปที่ 7.14 แสดงหน้าต่าง copy features	174
รูปที่ 7.15 แสดงหน้าต่างการกำหนดค่าใน volume source	174
รูปที่ 7.16 แสดงหน้าต่าง reset	175
รูปที่ 7.17 แสดงหน้าต่างผลลัพธ์ EFD zooming และ local mesh at y=2.19 inch	176
รูปที่ 7.18 แสดงหน้าต่างผลลัพธ์ EFD zooming และ local mesh at z=0.32 inch	176
รูปที่ 7.19 แสดงหน้าต่างผลลัพธ์ EFD zooming และ local mesh at x=1.53 inch	176
รูปที่ 7.20 แสดงหน้าต่างผลลัพธ์ heat sink no.2 EFD zooming และ local mesh at y=2.19 inch	177
รูปที่ 7.21 แสดงหน้าต่างผลลัพธ์ heat sink no.2 EFD zooming และ local mesh at z=0.32 inch	177
รูปที่ 7.22 แสดงหน้าต่างผลลัพธ์ heat sink no.2 EFD zooming และ local mesh at x=1.53 inch	178
รูปที่ 7.23 ระดับเสียงควบคุมมิติเดียวรอบโหนด P	179
รูปที่ 7.24 ปัญหาการพาความร้อน – การแพร่กระจายมิติเดียว	183
รูปที่ 7.25 การเปรียบเทียบวิธีการจำกัดปริมาณกับสารละลายที่แน่นอน	184
รูปที่ 7.26 แสดงการกำหนดเงื่อนไขขอบเขตค่า Inlet Boundary Condition ค่า Outlet Boundary Condition และค่า Specifying Project Goals ของ ชุดอุปกรณ์ควบคุมหลัก	186



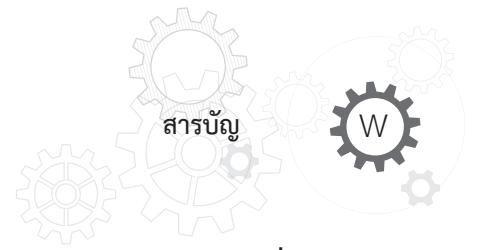
การใช้เทคนิคการจำลองแบบการไหล (Flow Simulation)

เพื่อประยุกต์ใช้ในการออกแบบงานวิศวกรรมเกษตรพิมพ์ครั้งที่ 2 ฉบับปรับปรุง

รูปภาพแสดง

หน้าที่

รูปที่ 7.27 แสดงผลลัพธ์ค่า Specifying Project Goals เช่น ค่า Av Static Pressure ค่า Bulk Av Static Pressure และ ค่า Max Temperature (Solid)	187
รูปที่ 7.28 แสดงรูปจำลองโมเดลของ compact desktop cpu enclosure	190
รูปที่ 7.29 แสดงผลเฉลยรูปจำลองโมเดลการไหลของชุด compact desktop cpu enclosure	191
รูปที่ 7.30 แสดงรูปแบบจำลองโมเดลของชุด compact desktop cpu enclosure	192
รูปที่ 7.31 แสดงผลเฉลยแบบการไหล flow trajectories และแบบ cut plot ของรูปจำลองโมเดลของชุด compact desktop cpu enclosure	192
รูปที่ 8.1 เพลลา แอ็กเชิล และแกน; (a) แอ็กเชิลแบบไม่หมุน (รับแรงดัดสามารถรับภาระสถิต (i) หรือภาระเปลี่ยนแปลง (ii) ได้); (b) แอ็กเชิลแบบหมุนที่มีแกนแอ็กเชิล (รับแรงดัดที่ทำให้เกิดภาระสถิต (iii) ในขณะหมุน); (c) เพลลาที่มีแกนเพลลา (รับแรงบิดและแรงดัดที่ทำให้เกิดภาระสถิต)	195
รูปที่ 8.2 แสดงแกนเดี่ยว (a) ทำหน้าที่แกนนำ (ล้อหมุนรอบตัว มีโมเมนต์ดัด $m = f \cdot l$); (b) แกนข้อเหวี่ยง ($m = f \cdot l/2$); (c) แกนคอก ($m = f \cdot l/2$) โดยมีภาคตัดขวาง a-b เป็นพื้นที่รับภาระมากที่สุด	196
รูปที่ 8.3 แสดงแกนรูน (thrust journal), ตัวอย่างงานครอนจะรับแรงอัดตามพื้นที่และโมเมนต์ดัด $m = f \cdot l$ และแกนทรงกลม เป็นข้อต่อของแอ็กเชิลและเพลลาที่เคลื่อนไหวยาว 3 เมตร รับภาระแรงอัดตามพื้นที่	196
รูปที่ 8.4 แสดงการออกแบบรูปร่างแกนตักบ่า; (a) ตักบ่าปกติ, (b), (c) ร่องตักบ่า	197
รูปที่ 8.5 แสดงบริเวณลดขนาดเพลลา	198
รูปที่ 8.6 แสดงการออกแบบล้อเฟืองและแหวนกัน (spacer); (a) ให้ขอบร่องลิ้นห่างจากล้อเฟืองมีระยะ a เพื่อมิให้ลิ้นชนแหวนกัน; (b) ใช้แหวนค้ำแบบมีป่าเกย	198
รูปที่ 8.7 แสดงการออกแบบเพลลาและแอ็กเชิลยาว; (a) ให้เพลลาตักบ่า (สำหรับรูปแบบ b1 สามารถลดระยะฟรีตามแนวยาวได้); (b) เพลลาเรียบ (ไม่ตักบ่า) ใช้แหวนปรับชั้นจิกเพลลา; (c) ร่องเพลลาหลายร่องเพลลา โดยให้ร่องเพลลา b ทำหน้าที่เป็นร่องเพลลายึดแน่น (fixed bearing) ส่วนร่องเพลลาอื่นเป็นร่องเพลลาอิสระ (floating)	199



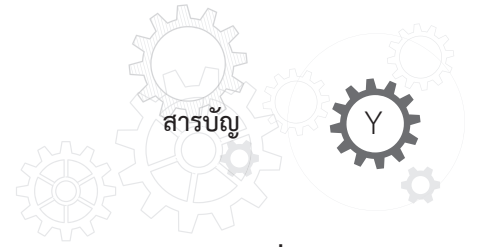
รูปภาพแสดง	หน้าที่
รูปที่ 8.8 แสดงไดอะแกรมหาค่าแฟกเตอร์ของผิวสำหรับค่าความลึกของผิวหยาบตามวิธีการผลิต	200
รูปที่ 8.9 แสดงค่าแฟกเตอร์ขนาดสำหรับพื้นที่หน้าตัดกลม หมายถึง: สำหรับภาระดึงและอัด ให้ $b_2 = 1$ (รวมทั้งชิ้นส่วนที่รีดหรือทุบหรือหล่อขึ้นรูป)	202
รูปที่ 8.10 แสดงการหาค่าแฟกเตอร์ปฏิริยาร่องบาก; (a) เฟลาตกรับภาระดัด; (b) เฟลาตกรับภาระหมุนบิด	203
รูปที่ 8.11 แสดงการหาค่าแฟกเตอร์ปฏิริยาร่องบาก (ต่อ); (c) เฟลากิ่งร่องรับภาระดัดและหมุนบิด; (d) เฟลาถูกเจาะรูรับภาระดัดและหมุนบิด	203
รูปที่ 8.12 แสดงการคำนวณหาขนาดแรงตามแนว x และ y ตำแหน่งของร่องเฟลา G และ H	207
รูปที่ 8.13 แสดงไดอะแกรมโมเมนต์ต่างๆ เพื่อนำไปคำนวณหาความแข็งแรง	210
รูปที่ 8.14 แสดงตำแหน่งการคำนวณหาขนาดลิ้ม	213
รูปที่ 8.15 แสดงภาพแบบจำลองชิ้นงานตัวอย่าง	214
รูปที่ 8.16 แสดงการใช้คำสั่ง unsuppressed	215
รูปที่ 8.17 แสดงค่าเงื่อนไขขอบเขต initial conditions	216
รูปที่ 8.18 แสดงการเลือกตั้งค่าพดลที่พื้นผิวแบบจำลอง	217
รูปที่ 8.19 แสดงการเลือกที่พื้นผิวด้านในของส่วนของฝาปิด inlet lid	217
รูปที่ 8.20 แสดงการตั้งค่าเริ่มต้นด้วยคำสั่ง insert boundary condition	218
รูปที่ 8.21 แสดงการระบุแหล่งความร้อน specifying heat sources	219
รูปที่ 8.22 แสดงการระบุ heat generation rate	219
รูปที่ 8.23 แสดงการกำหนดค่าอุณหภูมิ	220
รูปที่ 8.24 แสดงการกำหนดคุณสมบัติใหม่ให้กับ PCB	221
รูปที่ 8.25 แสดงการกำหนดวัสดุ solid materials	222
รูปที่ 8.26 แสดงการตั้งค่าอุณหภูมิสูงสุด	223
รูปที่ 8.27 แสดงการกำหนดค่าที่ flow trajectories	224
รูปที่ 8.28 แสดงรูปร่างและทิศทางการไหลในชิ้นงานตัวอย่าง	225
รูปที่ 8.29 แสดงการออกแบบบารับเฟลาบริเวณผิวเรียบที่ผลิตพลาด	227



การใช้เทคนิคการจำลองแบบการไหล (Flow Simulation)

เพื่อประยุกต์ใช้ในการออกแบบงานวิศวกรรมเกษตรพิมพ์ครั้งที่ 2 ฉบับปรับปรุง

รูปภาพแสดง	หน้าที่
รูปที่ 8.30 แสดงการออกแบบชิ้นงานที่มีการเชื่อมจุดเอาไว้และมีสปริงดึง	228
รูปที่ 8.31 แสดงเครื่องชุดหลุมแบบมือจับ	228
รูปที่ 8.32 แสดงผลเฉลยของแบบจำลองงานสวมเพลลาที่ทำมาจากวัสดุ 25CrMO4 (เฉลยคำตอบ: $\sigma_{dเพลลา} = 30 \text{ mm.}$)	229
รูปที่ 8.33 แสดงผลเฉลยของเพลลาที่ออกแบบและมีแรงสายพานมากระทำต่อพูล เลย์ (เฉลยคำตอบ: $f_s = 2664.60 \text{ N}$ และค่าของ $\sigma_{dเพลลา} = 36 \text{ mm.}$)	229
รูปที่ 9.1 ค่าสัมประสิทธิ์การลาก	233
รูปที่ 9.2 ค่า Air Resistance drag Force	234
รูปที่ 9.3 แสดงภาพจำลองตัวอย่างจากโปรแกรม solidworks flow simulation	236
รูปที่ 9.4 เลือกโปรแกรมที่ใช้งาน	236
รูปที่ 9.5 แสดงภาพชิ้นงานภาพประกอบรถแทรกเตอร์ที่ต้องการวิเคราะห์ผล	237
รูปที่ 9.6 แสดงการปรับตั้งค่าต่างๆ ในคำสั่ง wizard – default fluid	238
รูปที่ 9.7 แสดงการปรับตั้งค่าต่างๆ ในคำสั่ง wizard – initial and ambient conditions	238
รูปที่ 9.8 แสดงการปรับตั้งค่าต่างๆ ในคำสั่ง wizard – results and geometry resolution	239
รูปที่ 9.9 แสดงกล่องที่พื้นที่ที่ครอบคลุมชิ้นงานเอาไว้ results	240
รูปที่ 9.10 แสดงการใช้คำสั่ง goals	240
รูปที่ 9.11 แสดงภาพแสดงเมื่อโปรแกรม run เสร็จ	241
รูปที่ 9.12 แสดงการเลือกใช้คำสั่ง	241
รูปที่ 9.13 แสดงภาพแสดงการใช้คำสั่ง cut plot	242
รูปที่ 9.14 แสดงภาพแสดงผล	243
รูปที่ 9.15 แสดงภาพแสดงการเปิดคำสั่ง surface plot	244
รูปที่ 9.16 แสดงภาพการแสดงผลที่เกิดขึ้นของ surface plot	244
รูปที่ 9.17 แสดงภาพแสดงการเลือกใช้ plane ในคำสั่ง flow trajectories	245
รูปที่ 9.18 แสดงภาพแสดง แรงลมในคำสั่ง flow trajectories	245
รูปที่ 9.19 แสดงภาพแสดงการเปิดคำสั่ง goal plots	246
รูปที่ 9.20 แสดงภาพแสดงกราฟของค่าความเร็วลม velocity (z)	246



รูปภาพแสดง	หน้าที่
รูปที่ 9.21 แสดงรูปโมเดลแบบจำลองรถ super car รุ่นใหม่ที่มีการออกแบบด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่	249
รูปที่ 9.22 แสดงผลเฉลยแบบการไหลของรูปโมเดลแบบจำลองรถ super car รุ่นใหม่ที่มีการออกแบบด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่	250
รูปที่ 9.23 แสดงรูปโมเดลแบบจำลองรถ drone สอดแนมทางการทหารรุ่นใหม่ที่มีการออกแบบด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่	251
รูปที่ 9.24 แสดงผลเฉลยแบบการไหล flow trajectories ของรูปโมเดลแบบจำลองรถ drone สอดแนมทางการทหารรุ่นใหม่ที่มีการออกแบบด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่	253
รูปที่ 10.1 กลยุทธ์ในการดำเนินกิจกรรมของ TPM (Total Productive Maintenance)	256
รูปที่ 10.2 แสดงข้อมูล a) การออกแบบพื้นฐานแบบเปิดแถวเดี่ยว b) ซीलล์สัมผัสแถวเดี่ยว c) ส่วนคงที่แถวเดี่ยว d) ซीलล์สัมผัสแถวคู่	261
รูปที่ 10.3 แสดงข้อมูล e) สกรูหัวกลม-แหวนด้านในขยายออกด้านหนึ่ง; f) แหวนล็อกนอกศูนย์กลางขยายออกด้านหนึ่ง; g) รูเจาะเรียบ	262
รูปที่ 10.4 แสดงข้อมูล h) แถวเดี่ยว - การออกแบบพื้นฐาน i) แถวเดี่ยว - ความแม่นยำสูง j) แถวคู่ - วงแหวนด้านในชั้นเดียว - การออกแบบพื้นฐาน k) ตลับลูกปืนแบบสัมผัสจุด	262
รูปที่ 10.5 แสดงข้อมูล l) การออกแบบพื้นฐานแบบเปิดสองแถว; m) ซीलล์สัมผัสสองแถว; n) วงแหวนด้านในขยายสองแถว	262
รูปที่ 10.6 แสดงข้อมูล o) แบบแถวเดี่ยว - แบบ single row-NU, N, NJ, NUP; p) แบบแถวคู่ - แบบ double row-NNU; q) แบบสี่แถว	263
รูปที่ 10.7 แสดงข้อมูล r) แหวนด้านในแถวเดี่ยวโดยไม่มีขอบ; s) แถวคู่โดยไม่มีแหวนภายในโดยไม่มีขอบ	263
รูปที่ 10.8 แสดงข้อมูล t) แถวเดี่ยว; u) แถวคู่; v) สี่แถว	264
รูปที่ 10.9 แสดงข้อมูล w) การออกแบบพื้นฐานแบบเปิดสองแถว; x) ซीलล์สัมผัสสองแถว	264



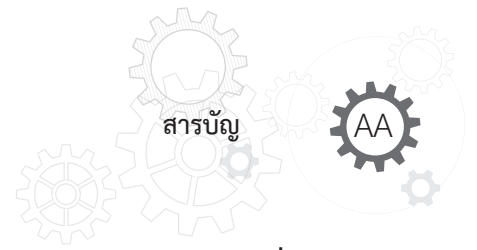
การใช้เทคนิคการจำลองแบบการไหล (Flow Simulation)

เพื่อประยุกต์ใช้ในการออกแบบงานวิศวกรรมเกษตรพิมพ์ครั้งที่ 2 ฉบับปรับปรุง

รูปภาพแสดง

หน้าที่

รูปที่ 10.10 แสดงข้อมูล a) แหวนรองตัวเรือนแบนทิศทางเดียว b) แหวนรองตัวเรือนทรงกลมทิศทางเดียว c) แหวนรองตัวเรือนแบนทิศทางคู่	265
รูปที่ 10.11 แสดงข้อมูล d) ทิศทางเดียว - การออกแบบพื้นฐานที่มีความแม่นยำสูงสำหรับการติดตั้งครั้งเดียว e) ทิศทางเดียว - ชุดตลับลูกปืนที่จับคู่กันอย่างแม่นยำสูง f) ทิศทางคู่ - ความแม่นยำสูง - การออกแบบพื้นฐาน	265
รูปที่ 10.12 แสดงข้อมูล แกวเดียว-ทิศทางเดียว	265
รูปที่ 10.13 แสดงข้อมูล h) แกวเดี่ยว-ทิศทางเดียว i) แกวเดี่ยว-ทิศทางคู่	266
รูปที่ 10.14 แสดงข้อมูล a) ลูกกลิ้งลูกเบี้ยวแบบแคบ - ตลับลูกปืนแกวเดียว b) ลูกกลิ้งลูกเบี้ยวแบบตลับลูกปืนแกวคู่แบบกว้าง c) ตัวตามลูกเบี้ยวที่มีการนำทางตามแนวแกนด้วยแผ่นดัน - ที่นั่งแบบศูนย์กลางพร้อมชุดลูกกลิ้งเข้มนำทางแบบกรง	266
รูปที่ 10.15 แสดงข้อมูลส่วนประกอบอ่านโค้ดตลับลูกปืน	267
รูปที่ 10.16 แสดงข้อมูลโค้ด 4 ตัว ตลับลูกปืนแบบเม็ดกลมร่องลึก (อนุกรม)	268
รูปที่ 10.17 แสดงข้อมูลตลับลูกปืนมีขนาดรูในอยู่ระหว่าง 10 มิลลิเมตร จนถึง 20 มิลลิเมตร	268
รูปที่ 10.18 แสดงข้อมูลตลับลูกปืนมีขนาดรูในตั้งแต่ 500 มิลลิเมตร ขึ้นไป	269
รูปที่ 10.19 แสดงลักษณะการกระจายตัวของแรงที่ผิวรางวิ่งแหวนในหมุน แหวนนอกอยู่กับที่	270
รูปที่ 10.20 แสดงลักษณะแหวนในอยู่กับที่ แหวนนอกหมุน	271
รูปที่ 10.21 แสดงลักษณะการกระจายตัวของแรงที่ผิวรางวิ่งแหวนในหมุน แหวนนอกอยู่กับที่	271
รูปที่ 10.22 แสดงลักษณะการกระจายตัวของแรงที่ผิวรางวิ่งแหวนในอยู่กับที่ แหวนนอกหมุน	272
รูปที่ 10.23 แสดงลักษณะการกระจายตัวของแรงที่ผิวรางวิ่งแหวนใน/แหวนนอกหมุน	272
รูปที่ 10.24 แสดงลักษณะการกระจายตัวของแรงที่ผิวรางวิ่งแหวนในหมุน แหวนนอกอยู่กับที่	273
รูปที่ 10.25 แสดงลักษณะการกระจายตัวของแรงที่ผิวรางวิ่งแหวนสวมยึดตัวเรือนอยู่กับที่	273

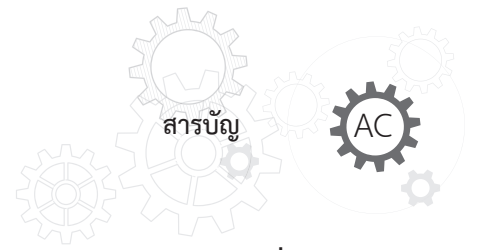


รูปภาพแสดง	หน้าที่
รูปที่ 10.26 แสดงลักษณะการกระจายตัวของแรงที่ผิวรางวิ่งแหวนในหมุน แหวนนอกเกิดการคืบ	274
รูปที่ 10.27 แสดงลักษณะการกระจายตัวของแรงที่ผิวรางวิ่งแหวนในหมุน แหวนนอกอยู่กับที่	274
รูปที่ 10.28 แสดงลักษณะการแตกเป็นสะเก็ด (flaking)	275
รูปที่ 10.29 แสดงลักษณะการร้าว (Crack)	276
รูปที่ 10.30 แสดงลักษณะรอยกดลึก (Indentation)	276
รูปที่ 10.31 แสดงลักษณะรอยขีดสี (Smearing)	277
รูปที่ 10.32 แสดงลักษณะการสึกหรอ (Wear)	278
รูปที่ 10.33 การเสียหายเนื่องจากน้ำมันหล่อลื่นไม่เพียงพอ	279
รูปที่ 10.34 แสดงลักษณะความเสียหายที่เกิดขึ้นของตลับลูกปืนที่แหวนในและแหวนนอก	281
รูปที่ 10.35 แสดงลักษณะความเสียหายที่เกิดขึ้นของตลับลูกปืนที่แหวนในและแหวนนอก	281
รูปที่ 10.36 แสดงลักษณะของการรับ load ในแนวแกนและแนวรัศมี โดยที่แหวนในเกิดการหมุน และแหวนนอกอยู่กับที่	282
รูปที่ 10.37 แสดงลักษณะของการรับ load ในแนวรัศมี และมีภาวะที่ไม่สมดุล ที่บริเวณแหวนในจะเกิดการหมุน บริเวณแหวนนอกจะเกิดการคืบ	282
รูปที่ 11.1 แสดงการกำหนดเงื่อนไขขอบเขตค่า Inlet Boundary Condition ค่า Outlet Boundary Condition และค่า Specifying Project Goals ภายในท่อส่งสารเคมี	286
รูปที่ 11.2 แสดงผลลัพธ์ค่าแรงดันที่ท่อส่งสารเคมีไปยังหัวฉีด ความเร็วของสารเคมี แรงดันภายในท่อส่ง และอัตราการไหลที่เกิดขึ้น	287
รูปที่ 11.3 วิธีการป้องกันแมลงทำลายด้วยวิธีการฉีดพ่นและการเจาะลำต้นในสวนมะพร้าว ซึ่งใช้แรงงานจำนวนมากและอันตรายมากจากการปนเปื้อน	288
รูปที่ 11.4 การออกแบบเครื่องพ่นสารเคมีด้วยระบบตรวจสอบระยะไกล	290



การใช้เทคนิคการจำลองแบบการไหล (Flow Simulation)
เพื่อประยุกต์ใช้ในการออกแบบงานวิศวกรรมเกษตรพิมพ์ครั้งที่ 2 ฉบับปรับปรุง

รูปภาพแสดง	หน้าที่
รูปที่ 11.5 ภาพจากระบบตรวจสอบระยะไกล (a) การระบาดของโรคศัตรูพืช มะพร้าว (b) การประมวลผลข้อมูลภาพ (การแบ่งส่วน)	295
รูปที่ 11.6 ประสิทธิภาพของระบบเครื่องพ่นสารเคมีแบบแปรผัน	296
รูปที่ 11.7 ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่ใบมะพร้าวโดยใช้ค่า $NDVI_{variable\ rate\ sprayer\ system}$ สำหรับต้นมะพร้าวที่แข็งแรงและต้นที่ถูกด้วงทำลาย	297
รูปที่ 11.8 การประมาณปริมาณคลอโรฟิลล์ใบมะพร้าวโดยใช้ $GNDVI_{variable\ rate\ sprayer\ system}$ สำหรับต้นมะพร้าวที่แข็งแรงและต้นที่ถูกด้วงทำลาย.	298
รูปที่ 11.9 แสดงการกำหนดเงื่อนไขขอบเขตค่า Inlet Boundary Condition ค่า Outlet Boundary Condition และค่า Specifying Project Goals ของ หัวฉีดต้นแบบ	302
รูปที่ 11.10 แสดงผลลัพธ์ค่าความเร็วของสารเคมีในหัวฉีด ค่าแรงดัน ค่าอุณหภูมิ และอัตราการไหลที่เกิดขึ้นภายในหัวฉีดต้นแบบ	303
รูปที่ 11.11 พื้นที่เพาะปลูกมะพร้าวและลักษณะของใบที่เกิดจากด้วงเจาะทำลาย ที่ยอดมะพร้าว (a); การรบกวนของด้วงมะพร้าว (b); ด้วงแรดมะพร้าว ตัวเต็มวัยและตัวอ่อน (c)	304
รูปที่ 11.12 แขนพ่นสารเคมีจะแขนได้อย่างอิสระที่ติดตั้งบนโดรน	307
รูปที่ 11.13 การออกแบบและประดิษฐ์ฮาร์ดแวร์และการกำหนดค่าระบบโดรนใน พื้นที่	308
รูปที่ 11.14 (a) การทำงานของแขนฉีดพ่น (b) ภาพจากกล้อง IP ขณะทำการฉีด พ่นสารเคมี (c) ซอฟต์แวร์ประมวลผลภาพถ่าย	311
รูปที่ 11.15 ประสิทธิภาพภาคสนามของระบบโดรนฉีดพ่นแบบแปรผันอัตราได้ พร้อมแขนกลพ่นสารเคมี	312
รูปที่ 11.16 การประมาณปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบโดยใช้ค่า $NDVI_{drone}$ สำหรับ ต้นมะพร้าวที่แข็งแรงและต้นมะพร้าวที่ด้วงเจาะทำลาย	313
รูปที่ 11.17 การประมาณปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบโดยใช้ค่า $GNDVI_{drone}$ สำหรับ ต้นมะพร้าวที่แข็งแรงและต้นมะพร้าวที่ด้วงเจาะทำลาย	313
รูปที่ 11.18 แสดงลักษณะเครื่องฉีดสารกำจัดแมลงศัตรูพืชนยอดมะพร้าวแบบแปร ผันอัตราได้	318
รูปที่ 11.19 แสดงลักษณะรถแทรกเตอร์อัตโนมัติไร้คนขับนำทางด้วยระบบ GPS สำหรับเกษตรกรรมสมัยใหม่	319



รูปภาพแสดง	หน้าที่
รูปที่ 11.20 แสดงลักษณะตัวอย่างแผนที่ทางกายภาพของดิน	319
รูปที่ 11.21 แสดงลักษณะเทคโนโลยีด้านการสำรวจระยะไกล (Remote Sensing : RS)	320

สารบัญตาราง

ตารางแสดง	หน้าที่
ตารางที่ 2.1 แสดงสัญลักษณ์ปุ่มเครื่องมือ ลักษณะของคำสั่ง และวัตถุประสงค์ ของงานในคำสั่งเบื้องต้นของเมนูคำสั่ง	20
ตารางที่ 3.1 ค่า goal plots	61
ตารางที่ 3.2 ค่า goal plots สำหรับสมการ equation goal 1	64
ตารางที่ 5.1 แสดงการกำหนดค่าเป้าหมาย Surface goal	106
ตารางที่ 5.2 แสดงการระบุเป้าหมายเพื่อใช้ในการคำนวณประสิทธิภาพของใบพัด	106
ตารางที่ 5.3 แสดงระบุสมการเป้าหมาย	108
ตารางที่ 6.1 แสดงการระบุพื้นผิวสำหรับการคำนวณหาอุณหภูมิสูงสุดบนตัว ครอบคลุม CPU	143
ตารางที่ 6.2 แสดงการระบุคุณสมบัติของวัสดุ	151
ตารางที่ 7.1 แสดงรายละเอียดของวิธีการตั้งเงื่อนไขขอบเขต	168
ตารางที่ 8.1 ช่วงค่าความลึกผิวหยาบของผิวตามวิธีการผลิตต่างๆ b_2 = ค่าแฟก เตอร์ขนาดสำหรับพื้นที่หน้าตัดกลม	200
ตารางที่ 8.2 ค่าสำหรับแฟกเตอร์ความไวของร่องบากโค้งรัศมี	204



การใช้เทคนิคการจำลองแบบการไหล (Flow Simulation)

เพื่อประยุกต์ใช้ในการออกแบบงานวิศวกรรมเกษตรพิมพ์ครั้งที่ 2 ฉบับปรับปรุง

ตารางแสดง

หน้าที่

ตารางที่ 8.3 ค่ากำหนดสำหรับแฟกเตอร์ปฏิกิริยาของร่องบาก	204
ตารางที่ 11.1 การทดสอบอัตราการพ่นสารเคมี	293
ตารางที่ 11.2 ลักษณะการพ่น (เส้นผ่านศูนย์กลาง, ซม.) ที่ความสูงต่างกัน และ เปอร์เซ็นต์ของกลุ่มสี่ตัวอย่างสามกลุ่ม	293
ตารางที่ 11.3 ลักษณะทางกายภาพของดิน และการใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกมะพร้าว	305
ตารางที่ 11.4 ข้อมูลจำเพาะของโดรนที่ใช้ทดสอบ	306
ตารางที่ 11.5 ผลการทดสอบการเคลื่อนที่ของแขนเครื่องพ่นสารเคมีขึ้น - ลง	307
ตารางที่ 11.6 การทดสอบอัตราการพ่นสารเคมีจากโดรน	309
ตารางที่ 11.7 การทดสอบอัตราการพ่นสารเคมี	309
ตารางที่ 11.8 ลักษณะการฉีดพ่นสารเคมี (เส้นผ่านศูนย์กลาง, ซม.) ที่ความสูง ต่างกัน และค่าเปอร์เซ็นต์ของกลุ่มสี่ตัวอย่างแตกต่างกันสามกลุ่ม	310
ตารางที่ 12.1 แสดงเกณฑ์ค่าคลาดเคลื่อนที่อนุญาต	335

บทที่ 1 เรื่องนำรู้เกี่ยวกับเทคนิคการจำลองแบบการไหล

การใช้เทคนิคการจำลองแบบการไหลเพื่อประยุกต์ใช้ในการออกแบบทางวิศวกรรมเกศตรนั้น มีความสะดวกสบายง่ายยิ่งขึ้น โดยเฉพาะการใช้โปรแกรม Solidworks Flow Simulation ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ช่วยในการจำลองแบบของไหล การถ่ายโอนความร้อน และการถ่ายโอนกำลังของของเหลว ซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญมากสำหรับการออกแบบจากโปรแกรมเพื่อขับเคลื่อนไปสู่ความสำเร็จทางด้านวิศวกรรมเกศตร โดยตัวโปรแกรมนั้น จะมีการจำลองการคำนวณพลศาสตร์ของไหล (Computational Fluid Dynamics, CFD) ที่มีความซับซ้อนสูงและช่วยให้ผลิตภัณฑ์ทางวิศวกรรมเกศตรได้ใช้การจำลองนี้เป็นแนวทางในการตัดสินใจเชิงเทคนิคได้อย่างถูกต้อง

1.1 ประวัติ และความเป็นมาของการจำลองแบบการไหล

ในงานการออกแบบทางวิศวกรรมเกศตรสมัยใหม่นั้น โปรแกรมที่จะช่วยในการจำลองแบบของของไหล พบว่ามีอยู่ด้วยกันทั้งหมด 3 โมดูล แบ่งออกได้ดังต่อไปนี้

1. โมดูลที่ช่วยในการจำลองการไหลของของเหลว

เป็นโมดูลที่จะช่วยในการจำลองการไหลของของเหลว (solidworks flow simulation module) และถ่ายเทความร้อนได้อย่างง่ายดาย ซึ่งสิ่งนี้เป็นส่วนที่มีความสำคัญอย่างมากสำหรับงานออกแบบทางวิศวกรรมเกศตรสมัยใหม่ และด้วยความสามารถในการฝังตัวในโปรแกรม solidworks 3d cad flow simulation และเครื่องมือ CFD นั้น จะช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถที่จะจำลองการไหลของของเหลวและก๊าซในสภาวะจำลองที่มีเงื่อนไขเหมือนจริง หรือทดสอบในสถานการณ์ที่เป็นเงื่อนไขเฉพาะเจาะจงตามที่ผู้ใช้งานต้องการ ไม่ว่าจะเป็นการไหลของของเหลว การถ่ายเทความร้อน และแรงที่เกี่ยวข้องรอบๆ ภาพประกอบนั้นๆ นอกเหนือไปจากนี้แล้วยังมีโมดูล HVAC และโมดูล electronic cooling ที่จะนำเสนอความสามารถในการจำลองการไหลเพิ่มเติมสำหรับการวิเคราะห์ในรายละเอียดขั้นสูงต่อไป อาทิเช่น การวิเคราะห์ของไหลอัดตัวได้ การวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อน การวิเคราะห์การไหลภายในและภายนอกกระบอก การวิเคราะห์การไหลราบเรียบและการไหลปั่นป่วน การวิเคราะห์การไหลที่มีความหนืดไม่คงที่ การวิเคราะห์ความแข็งแรงของชิ้นงานที่มีไหลออกจากของไหล



การใช้เทคนิคการจำลองแบบการไหล (Flow Simulation)

เพื่อประยุกต์ใช้ในการออกแบบงานวิศวกรรมเกษตรพิมพ์ครั้งที่ 2 ฉบับปรับปรุง

การวิเคราะห์ของไหลที่ผ่านอุปกรณ์ที่มีการหมุน การวิเคราะห์พฤติกรรมของการไหลในแต่ละช่วงเวลาที่ต้องการวิเคราะห์ การวิเคราะห์ของไหลที่มีพื้นผิวการไหลอิสระ และสุดท้ายการวิเคราะห์กำลังของเสียง เป็นต้น

2. โมดูลของระบบการระบายความร้อนสำหรับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

เป็นโมดูลที่จะสามารถทำการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบการระบายความร้อนสำหรับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (solidworks flow simulation with electric cooling module) พร้อมกันในส่วนของการออกแบบด้วย โดยที่ electronic cooling module ใน add-in นี้ โปรแกรมที่ช่วยในการจำลองแบบของไหลยังได้รวมโมเดลอิเล็กทรอนิกส์เสมือน และ extensive materials library สำหรับการจำลองการไหลของความร้อน โดยที่ความสามารถที่เพิ่มเติมขึ้นนั้น ได้แก่ การวิเคราะห์การระบายความร้อนโดยใช้ท่อ นำความร้อน การวิเคราะห์ความร้อนที่เกิดจากตัวต้านทานและตัวนำไฟฟ้า การวิเคราะห์ความร้อนในแผ่น PCB และสุดท้ายฐานข้อมูลทางวิศวกรรม electric cooling เป็นต้น

3. โมดูลประเมินการไหลของแก๊สและอุณหภูมิ ในสภาวะแวดล้อมการทำงานจริง

เป็นโมดูลที่จะสามารถทำการประเมินลักษณะของการไหลของแก๊ส และอุณหภูมิ ในการทำงานในสภาวะแวดล้อมจริง (solidworks flow simulation with HVAC application module) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ด้วยการออกแบบโดยใช้ HVAC applications module ด้วย add-in โดยโปรแกรมที่ช่วยในการจำลองแบบของไหลได้รวมความสามารถในการจำลองเอาไว้โดยความสามารถเพิ่มเติมนั้น ได้แก่ การวิเคราะห์พารามิเตอร์ในสภาวะสบายของระบบปรับอากาศ การวิเคราะห์การแผ่รังสี การวิเคราะห์ฝุ่นควันในอากาศ และสุดท้ายฐานข้อมูลวิศวกรรมใน HVAC เป็นต้น

1.2 ความหมายของการจำลองแบบการไหล

การจำลองการไหลในคอมพิวเตอร์ด้วยเทคนิคการคำนวณทางพลศาสตร์ของไหล (computational fluid dynamics) เป็นการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์บนคอมพิวเตอร์ ที่สามารถมองเห็นลักษณะการเคลื่อนที่ของกระแสอากาศในสภาวะหนึ่งๆ และสามารถทำนายสภาวะเชิงความร้อน ความเร็ว หรือทิศทางของอากาศได้ และยังช่วยในการออกแบบทางงานอุตสาหกรรมเฉพาะได้เป็นอย่างดี ซึ่งการจำลองการไหลในรูปแบบต่างๆ นั้น อาจจะทำให้ผลลัพธ์ที่ออกมาเปลี่ยนแปลงไปด้วย

ในปี พ.ศ. 2538 หวัง (wang) ได้พัฒนาการสร้างแบบจำลองห้องแช่แข็ง ในปี พ.ศ. 2540 เดวี และแฟม (davey and pham) ได้พัฒนาการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์บนคอมพิวเตอร์ของการแช่เย็น ต่อมาในปี พ.ศ. 2541 โคเทลลา (cotella) และคณะ ได้พัฒนาการสร้างแบบจำลองตู้แช่เย็น ต่อมาในปี พ.ศ. 2542 ฮู (hu) และคณะ ได้พัฒนาการสร้างแบบจำลองของการเป่าลมเย็นและการทำความเย็นสุญญากาศ ต่อมาในปี พ.ศ. 2546 ปราโมทย์ และคณะ ได้มีการพัฒนาการเปลี่ยนแปลงรูปแบบได้ง่ายบนเครื่องคอมพิวเตอร์สามารถทำได้ในระยะเวลาที่สั้นๆ ทำให้กระบวนการออกแบบนั้นมีประสิทธิภาพมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการแบบเดิม ๆ ที่ต้องมีการทดลอง นอกจากนี้ในปี พ.ศ. 2549 จิง (jing) และคณะ ได้มีการพัฒนา CFD ในอุตสาหกรรมอาหารอาจช่วยให้เข้าใจรูปแบบของความร้อนและการถ่ายเทมวลในอาหารระหว่างกระบวนการทำความเย็น มีการใช้งานทั่วไปของ CFD ในอุตสาหกรรมอาหาร เป็นต้น

1.3 ความสำคัญของการจำลองแบบการไหลในงานวิศวกรรมเกษตรสมัยใหม่

ในงานออกแบบทางวิศวกรรมเกษตรสมัยใหม่นั้น การลดต้นทุนการผลิตมีความจำเป็นอย่างยิ่ง โดยที่การจำลองแบบการไหลในงานวิศวกรรมในคอมพิวเตอร์ก่อนที่จะตัดสินใจสร้างตัวต้นแบบนั้น สามารถแบ่งการจำลองได้ดังนี้ การจำลองการไหลของอากาศผ่านโครงสร้างของอาคารสูง ซึ่งจะพบว่าในยุคปัจจุบันนั้น งานวิศวกรรมโยธา และงานสถาปัตยกรรม มีบทบาทสำคัญเป็นอย่างยิ่งต่อการพัฒนาคุณภาพชีวิตคนเรา โดยเฉพาะในส่วนของงานออกแบบอาคาร และระบบสาธารณูปโภคต่าง ๆ ซึ่งจะต้องคำนึงถึงองค์ประกอบของความปลอดภัย ความแข็งแรง ความสะดวกสบายต่อการใช้งาน และความสวยงามควบคู่กันไปด้วย อาทิเช่น การออกแบบสิ่งปลูกสร้างให้มีความสวยงามและความแข็งแรง ทนทานต่อแรงกระทำทางอากาศพลศาสตร์ (aerodynamics) การออกแบบโครงสร้างสะพานที่สามารถทนได้ต่อการไหลของน้ำในแม่น้ำ (hydrodynamic) การออกแบบตกแต่งภายในอาคารสำนักงานโดยให้อากาศถ่ายเทได้สะดวก เป็นต้น โดยที่ตัวอย่างเหล่านี้จำเป็นต้องอาศัยหลักการของศาสตร์ของการคำนวณด้านกลศาสตร์ของไหล (fluid mechanics) เข้ามาช่วยในการทำนายพฤติกรรมการไหลของของไหลผ่านวัตถุต่าง ๆ ซึ่งจะมีความยุ่งยาก และความซับซ้อนสูงเป็นอย่างยิ่ง แต่อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันนี้นั้นได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีทางด้าน computational fluid dynamics ซึ่งเป็นศาสตร์ของการทำนายพฤติกรรมการไหลของของไหลเพื่อจุดประสงค์ในการหาค่าความเร็ว ค่าความดัน และค่าอุณหภูมิ เป็นต้น ในการจำลองแบบการไหลบนเครื่องคอมพิวเตอร์นั้น สามารถที่จะทำการจำแนกย่อย ๆ ได้อีกหลาย



การใช้เทคนิคการจำลองแบบการไหล (Flow Simulation)

เพื่อประยุกต์ใช้ในการออกแบบงานวิศวกรรมเกษตรพิมพ์ครั้งที่ 2 ฉบับปรับปรุง

วิธีการ ซึ่งหนึ่งในวิธีการนั้นก็คือ lattice boltzmann method ซึ่งได้ถูกพัฒนาขึ้นมาโดยมีข้อดีเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น ๆ ดังนี้ ไม่จำเป็นต้องสร้างโครงข่ายย่อย (mesh) บนวัตถุหรือของไหล ช่วยลดระยะเวลาในการเตรียมการวิเคราะห์ปัญหาหรือกำหนดเงื่อนไขขอบเขต ต่อมาสามารถที่จะทำการคำนวณปัญหาการไหลที่มีการเคลื่อนที่ของวัตถุภายในของไหลได้โดยง่าย นอกจากนี้แล้วยังจะสามารถสร้างแบบจำลองการไหลของน้ำแบบ free surface flow ได้อย่างรวดเร็วอีกทางหนึ่ง เป็นต้น

1.4 ประเภทและชนิดของการจำลองแบบการไหล

โปรแกรม solidworks® flow simulation เป็นโปรแกรมช่วยในการคำนวณจำลองแบบการไหล computational fluid dynamics ที่ใช้งานง่ายซึ่งฝังอยู่ในซอฟต์แวร์ที่สามารถจะช่วยให้คุณจำลองการไหลของของเหลว และก๊าซในการออกแบบของคุณเพื่อที่จะทำการคำนวณหาค่าประสิทธิภาพ อุณหภูมิ และแรงดันตกคร่อม ได้อย่างรวดเร็วและง่ายดาย โดยเราสามารถที่จะทำการแบ่งประเภทและชนิดของการจำลองแบบการไหลได้ ดังต่อไปนี้

1. การวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อน

การวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนเป็นการจำลองแบบการไหลที่สามารถจำลองลักษณะการไหลได้ว่า การคำนวณการไหลของความร้อนในผนังฉนวนหรือของแข็ง การระบุประเภทที่แตกต่างกันของแหล่งความร้อน การกำหนดวัสดุที่เป็นของแข็งหลากหลายรูปแบบให้กับแบบจำลองที่จัดเก็บไว้ในฐานข้อมูลทางวิศวกรรม การกำหนดวัสดุของผู้ออกแบบโดยการระบุค่าคุณสมบัติทางกายภาพ เช่นการนำความร้อนและความจุความร้อน การคำนวณการแผ่รังสีความร้อน และสุดท้ายฐานข้อมูลวิศวกรรมรวมถึงพื้นผิวรังสี เช่นผนังสีดำผนังสีขาว สีเทาที่มีอัตราการสะท้อนแสงโดยพื้นผิวที่แท้จริงของวัสดุที่หลากหลาย

2. ประเภทของของเหลวและการไหล

การวิเคราะห์ประเภทของของเหลวและการไหล สามารถที่จะทำการแบ่งได้ว่า การวิเคราะห์การไหลของของเหลวประเภทต่างๆ ได้ทั้งแบบที่เป็นของเหลว ก๊าซหรือไอน้ำ ก๊าซจริง ของเหลวที่ไม่ใช่ของนิวตัน และของเหลวที่บีบอัดได้ ฐานข้อมูลประกอบด้วยของเหลวจำนวนมากที่มีคุณสมบัติที่กำหนดไว้ล่วงหน้า การวิเคราะห์ปัญหาของไหลหลายชนิดที่แตกต่างกัน โดยแยกพื้นที่ของของไหลออกจากกัน

โดยใช้โดเมนย่อยของไหลนั้น การวิเคราะห์การสลายตัวของของไหล ส่วนผสมจะต้องเป็นชนิดเดียวกัน และสุดท้ายการกำหนดของเหลวของผู้ออกแบบ

3. การตั้งค่าเริ่มต้น

ก่อนที่ผู้ออกแบบจะเริ่มทำการคำนวณ flow simulation จะเสนอการตั้งค่าเพิ่มเติม หากผู้ออกแบบตั้งค่าเงื่อนไขเริ่มต้นให้ใกล้เคียงกับพารามิเตอร์สุดท้ายที่คาดการณ์ไว้ จะส่งผลทำให้ประสิทธิภาพการคำนวณจะดีขึ้น ผู้ออกแบบสามารถตั้งค่าพารามิเตอร์เหล่านี้ได้ทั่วโลก สำหรับภาพประกอบชิ้นงาน ผู้ออกแบบสามารถตั้งค่าโลคัลสำหรับภาพประกอบชิ้นงานย่อยหรือแต่ละส่วน ได้แก่ การตั้งค่าเริ่มต้นของอุณหภูมิ การตั้งค่าเริ่มต้นของความดัน การตั้งค่าเริ่มต้นของอัตราการไหล การตั้งค่าเริ่มต้นของส่วนประกอบของของไหล การตั้งค่าเริ่มต้นของอุณหภูมิตั้งต้น การตั้งค่าเริ่มต้นของโครงข่ายย่อยโดยการตั้งค่าพารามิเตอร์เพิ่มเติมที่ควบคุมวิธีที่การวิเคราะห์จะแก้ไขส่วนต่อประสานของแข็งหรือของเหลว พื้นผิวโค้ง ช่องแคบ คุณลักษณะของแข็งขนาดเล็ก ฯลฯ ผู้ออกแบบสามารถใช้การตั้งค่าเหล่านี้ได้ทั่วโลกหรือสำหรับการประกอบกับส่วนประกอบย่อยหรือแต่ละส่วน การตั้งค่าเริ่มต้นสำหรับทิศทางขาเข้า และทิศทางขาออก อาทิเช่น ปริมาณมวล ปริมาณการไหล ความเร็วการไหล เลขมัค ค่าแรงดันคงที่ ค่าแรงดันรวมทั้งหมด ค่าแรงดันจากสิ่งแวดล้อมภายนอกค่าแรงดันผนัง ค่าโปรไฟล์ความเร็วการไหล การหมุนวน หรือเวกเตอร์ทิศทาง ค่าอุณหภูมิ องค์ประกอบ (สำหรับภาพประกอบชิ้นงาน) และพารามิเตอร์การหมุนแบบปั่นป่วน เป็นต้น

4. กล้องดำ

เพื่อลดเวลาในการวิเคราะห์ flow simulation ได้รวม "กล้องดำ" ที่สร้างไว้ล่วงหน้าหลายกล้อง กล้องดำมีพารามิเตอร์อินทิกรัลอินพุต และเอาต์พุตแบบตารางและรวมอยู่ในการคำนวณ flow simulation ไม่สามารถแก้ปัญหาได้ในระหว่างการวิเคราะห์

5. พัดลม

พัดลมในอุดมคติที่กำหนดอย่างสมบูรณ์โดยเส้นโค้งของพัดลม ซึ่งหมายความว่า การขึ้นต่อกันแบบตารางของการไหลของปริมาตรกับแรงดันตก ผู้ออกแบบสามารถใช้พัดลมเป็นทางเข้า ทางออก หรือพัดลมภายในได้ ฐานข้อมูลประกอบด้วยส่วนโค้งของพัดลมสำหรับพัดลมอุตสาหกรรมที่เลือก ผู้ออกแบบยังสามารถกำหนดเส้นโค้งของพัดลมได้ด้วยตัวเอง



การใช้เทคนิคการจำลองแบบการไหล (Flow Simulation)

เพื่อประยุกต์ใช้ในการออกแบบงานวิศวกรรมเกษตรพิมพ์ครั้งที่ 2 ฉบับปรับปรุง

6. ชูระบายความร้อน

พัฒลมในอุดมคติพร้อมชูระบายความร้อน flow simulation กำหนดตัวระบายความร้อนด้วย
เส้นโค้งของพัฒลมและเส้นโค้งความต้านทานความร้อน

7. เทอร์โมอิเล็กทริกคูลเลอร์

เป็นอุปกรณ์ระบายความร้อนที่เหมาะสมสำหรับการกำหนดอุณหภูมิสูงสุดที่สามารถพัฒนาได้

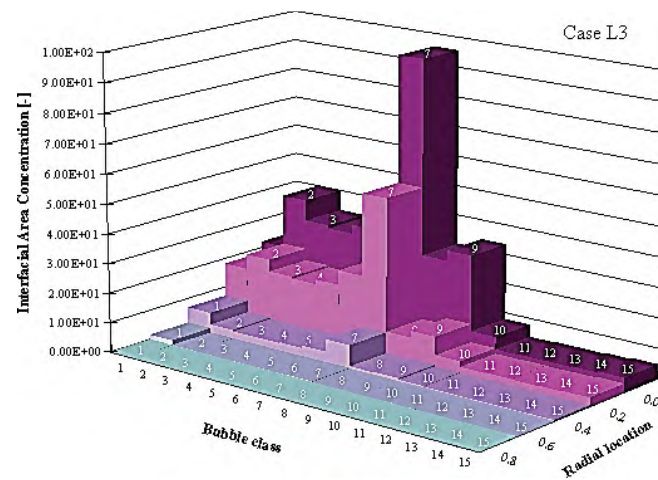
8. การดูผลลัพธ์

การจำลองการไหลรวมถึงฟังก์ชันต่อไปนีเพื่อดูผลลัพธ์ อาทิเช่น การพล็อต ภาพเคลื่อนไหว
การศึกษาเกี่ยวกับอนุภาค แผนภูมิ 3 มิติ ลักษณะเส้นทางการไหล การสร้างรูปเล่มรายงาน แผนภูมิ
ภาพตัด เงื่อนไขขอบเขตเป้าหมาย จุด พื้นผิว และปริมาณพารามิเตอร์ แผนภูมิพื้นผิวจำลอง แผนภูมิ
พื้นผิวจำลองแบบไอโซเมทริก แผนภูมิพื้นผิวจำลองระนาบ xy และสุดท้ายนี้ ผู้ออกแบบยังสามารถรับ
ค่าสุดท้ายของพารามิเตอร์ทางกายภาพใดๆ รวมถึงอัตราการไหล แรงดันตกคร่อม ฯลฯ ที่จุดที่กำหนด
หรือค่าเฉลี่ยสูงสุด ต่ำสุด ค่าเฉลี่ย หรือถ่วงน้ำหนักเหนือพื้นผิวหรือพื้นที่ปริมาตร เป็นต้น

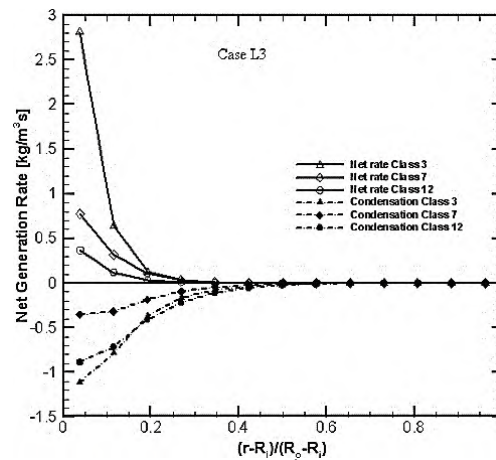
1.5 การประยุกต์ใช้ในงานด้านการวิเคราะห์การไหลในการสร้างแบบจำลองความสมดุลของ ประชากรสำหรับการไหลแบบหลายเฟส ในงานวิศวกรรมเกษตร

การสร้างแบบจำลองความสมดุลของประชากรมีความสำคัญอย่างยิ่งในหลายกรณีทาง
วิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรม เช่น ฟลูอิดเซชันการตกตะกอนการก่อตัวของอนุภาคในละอองลอย การ
ไหลของฟองและน้ำหยด เป็นต้น ในการสร้างแบบจำลองความสมดุลของประชากร การแก้ปัญหาของ
สมการสมดุลประชากร (PBE) การบันทึกจำนวนอนุภาคในระยะเวลากระจายตัวที่ควบคุมพฤติกรรมโดยรวม
ของระบบการปฏิบัติภายใต้การพิจารณาอย่างสม่ำเสมอ สำหรับกรณีส่วนใหญ่โซลูชันจะพัฒนาแบบได
นามิกตามกระบวนการ "เกิด" และ "ตาย" ซึ่งควบคู่ไปกับสภาพการทำงานของระบบอย่างแน่นหนา การ
ใช้งาน PBE ร่วมกับ CFD จึงกลายเป็นข้อพิจารณาที่สำคัญในการจำลองการไหลแบบหลายเฟส อย่างไร
ก็ตามรูปแบบ integrodifferential โดยธรรมชาติของ PBE ก่อให้เกิดปัญหาอย่างมากในขั้นตอนการ
แก้ปัญหาซึ่งโซลูชันการวิเคราะห์นั้นหายากและไม่สามารถทำได้ การทบทวนเทคนิคการสร้าง
แบบจำลองความสมดุลของประชากรที่ล้ำสมัยซึ่งถูกนำมาใช้เพื่ออธิบายลักษณะปรากฏการณ์ของเฟสที่
กระจัดกระจายในปัญหาหลายเฟส จุดสนใจหลักของการทบทวนวรรณกรรมสามารถจำแนกได้เป็นสาม

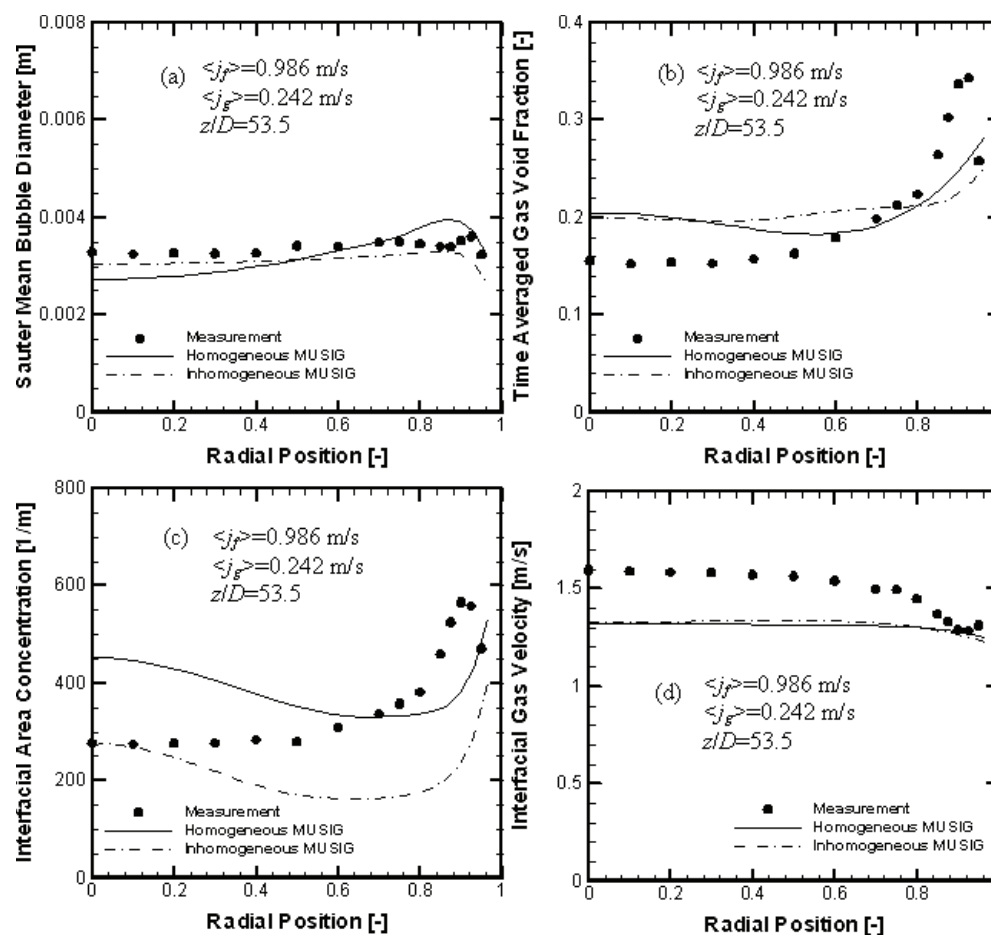
ประเภทดังนี้ (i) (ii) การประยุกต์ใช้ PBE ในปัญหาหลายเฟสของก๊าซและของเหลวในทางปฏิบัติ และสุดท้าย (iii) แง่มุมที่เป็นไปได้ของการพัฒนาในอนาคตในการสร้างแบบจำลองความสมดุลของประชากรสำหรับประเภทแกรยละเอียดของอัลกอริทึมการแก้ปัญหาตามทั้งวิธีการของช่วงเวลา (MOM) และวิธีการคลาสแบบไม่ต่อเนื่อง (CM) ที่ได้รับการเสนอในวรรณคดี ข้อดีและข้อเสียของทั้งสองวิธียังกล่าวถึงจากมุมมองทางทฤษฎีและการปฏิบัติ สำหรับประเภทที่สองการประยุกต์ใช้แบบจำลองความสมดุลของประชากรที่มีอยู่ในปัญหาหลายเฟสในทางปฏิบัติที่ได้รับการเสนอในวรรณคดีจะถูกสรุป มีการแนะนำการปิดทางคณิตศาสตร์ที่มีอยู่สำหรับการสร้างแบบจำลองอัตรา "เกิด" และ "ตาย" ของฟองอากาศในการไหลของก๊าซและของเหลว ความสนใจเป็นพิเศษ คือการประเมินความสามารถของแบบจำลองที่เลือกบางรุ่นในการทำนายสภาวะการไหลของฟองผ่านการศึกษาคัดกรองรายละเอียดกับข้อมูลการทดลอง การศึกษาเหล่านี้แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองปัจจุบันสามารถบรรลุข้อตกลงที่ดีได้โดยการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่คาดการณ์ไว้กับข้อมูลที่วัดได้เกี่ยวกับการกระจายรัศมีของเศษส่วนที่เป็นโมฆะ sauter หมายถึง เส้นผ่านศูนย์กลางฟองความเข้มข้นของพื้นที่ระหว่างหน้าและความเร็วตามแนวแกนของเหลว ในที่สุดจุดอ่อนและข้อจำกัดของโมเดลที่มีอยู่จะถูกเปิดเผยเป็นข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาต่อไป หัวข้อที่เกิดขึ้นใหม่สำหรับการศึกษาความสมดุลของประชากรในอนาคตมีให้เพื่อให้แถมของการสร้างแบบจำลองความสมดุลของประชากรเสร็จสมบูรณ์



รูปที่ 1.1 แสดงการคาดการณ์ IAC ของแต่ละชั้นฟองตามทิศทางรัศมีสำหรับเคส L3 ที่สถานีวัด. หมายเหตุ. จ ำ ก *In Advanced in the Refrigeration Systems: Computation of Air Velocity and Temperature Distributions in Open Display Cabinets* (1st ed.) (p. 617–625), by Cotella et al., 1998, Paris: France Inc., Copyright ©1998 Paris: France Inc.



รูปที่ 1.2 การคาดการณ์อัตราการสร้างฟองสุทธิเนื่องจากการรวมตัวกันและการแตกตัวและการควบแน่นของคลาสฟองที่เลือกของแบบจำลอง MUSIG ที่เปลี่ยนไป. หมายเหตุ. จาก *In Advanced in the Refrigeration Systems: Computation of Air Velocity and Temperature Distributions in Open Display Cabinets* (1st ed.) (p. 617–625), by Cotella et al., 1998, Paris: France Inc., Copyright ©1998 Paris: France Inc.



รูปที่ 1.3 การคาดการณ์เศษส่วนโมฆะอนุมูลอิสระในท้องถิ่น Sauter หมายถึงเส้นผ่านศูนย์กลางฟอง IAC และการกระจายความเร็วก๊าซของการเปลี่ยนสภาพการไหลของฟองเป็นทากโดยแบบจำลอง

MUSIG ที่เป็นเนื้อเดียวกันและไม่เป็นเนื้อเดียวกัน. หมายเหตุ. จา ก *In Advanced in the Refrigeration Systems: Computation of Air Velocity and Temperature Distributions in Open Display Cabinets* (1st ed.) (p. 617–625), by Cotella et al., 1998, Paris: France Inc., Copyright ©1998 Paris: France Inc.

ในส่วนก่อนหน้านี้มีการนำเสนอแบบจำลองสองของเหลวสามมิติที่สมบูรณ์ควบคู่ไปกับวิธีการปรับสมดุลของประชากรเพื่อจัดการกับอุทกพลศาสตร์ที่ซับซ้อนและกระบวนการทางความร้อนเชิงกลของสภาพการไหลของท่อปั่นป่วนฟองต่างๆ การศึกษาเชิงตัวเลขของการไหลของท่อปั่นป่วนแบบไอโซเทอร์มอลในท่อแนวตั้งได้รับการศึกษาครั้งแรกเพื่อจำกัดความซับซ้อนของการสร้างแบบจำลองการรวมตัวของฟองอากาศและกลไกการแตกของฟองอากาศเพียงอย่างเดียว การใช้แบบจำลอง MUSIG ที่เป็นเนื้อเดียวกันซึ่งสันนิษฐานว่าฟองอากาศทั้งหมดที่เดินทางด้วยความเร็วเท่ากัน การศึกษานี้แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนถึงความสามารถของแบบจำลอง MUSIG และความทนทานของการรวมตัวของฟองอากาศและเมล็ดแตกของฟองในการรองรับปฏิกิริยาของฟองอากาศที่กระจายตัวอย่างประณีตภายในการไหลของท่อปั่นป่วนไอโซเทอร์มอล นอกเหนือจากแบบจำลอง MUSIG ที่มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันแล้วยังมีการใช้แบบจำลอง MUSIG ที่ไม่เป็นเนื้อเดียวกันเพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้ของการประยุกต์ใช้ในการจัดการการไหลของฟองอากาศ มีการตั้งข้อสังเกตว่า MUSIG ที่ไม่เป็นเนื้อเดียวกันให้การทำนายที่ดีกว่าของการแจกแจงเส้นผ่านศูนย์กลางฟองอากาศเฉลี่ยของ sauter เมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองที่เป็นเนื้อเดียวกัน แบบจำลอง MUSIG ที่ไม่เหมือนกันที่ซับซ้อนมากขึ้นให้สมมติฐานในการจับเอฟเฟกต์ต่าง ๆ ของแรงยกที่กระทำต่อฟองอากาศขนาดเล็กและขนาดใหญ่ได้ดีขึ้น อย่างไรก็ตาม ผลลัพธ์ที่ส่งเสริมน้อยกว่านั้นได้รับการยืนยันระหว่างเศษส่วนโมฆะที่คาดการณ์ไว้และที่ได้จากการวัดความเร็วก๊าซระหว่างหน้าและโปรไฟล์ IAC โดยจากการศึกษาเชิงตัวเลขข้างต้นเป็นตัวอย่างของการสร้างแบบจำลองความสมดุลของประชากรได้แสดงให้เห็นถึงปัญหาเชิงตัวเลขที่สำคัญบางประการ ประการแรกจะเป็นการเปิดเผยข้อจำกัดของแบบจำลองกึ่งกำลังระหว่างใบหน้าที่มีอยู่ โดยแบบจำลองแรงระหว่างหน้าที่มีอยู่ส่วนใหญ่ได้รับการพัฒนาและปรับเทียบจากอนุภาคเดี่ยวที่แยกได้ ซึ่งอาจจะไม่สามารถใช้ได้หากอนุภาคถูกบรรจุอย่างใกล้ชิด นี่เป็นเพราะความจริงที่ว่าเคลื่อนที่ของอนุภาคอาจได้รับอิทธิพลจากอนุภาคใกล้เคียงซึ่งจะส่งผลทำให้เกิดการถ่ายโอนโมเมนตัมที่มีความแตกต่างกัน ต่อมาประการที่สองจะทำการเปิดเผยข้อจำกัดของการรวมตัวในปัจจุบันและเมล็ดแตกหัก สำหรับการจำลองฟองอากาศที่นำเสนอในการทบทวนนี้เมล็ดถ่านหินและการแตกหักจะได้มาจากสมมติฐานฟองอากาศทรงกลม ข้อสันนิษฐานนี้จะทำการจำกัดเมล็ดให้ใช้ได้กับระบบการไหลของฟองที่ฟองอากาศ

มีรูปร่างเป็นทรงกลมเท่านั้น นอกจากนี้ยังอธิบายได้ว่าทำไมจึงได้รับผลลัพธ์ที่น่ายินดีน้อยลงเมื่อพิจารณาการไหลของฟองอากาศ ในการไหลของฟองโดยจะขึ้นอยู่กับความสมดุลของแรงตึงผิวและการเคลื่อนที่ของของเหลวโดยรอบฟองอากาศขนาดใหญ่อาจเปลี่ยนรูปเป็นฟองอากาศหรือเทย์เลอร์ ดังนั้นการรวมตัวกันเนื่องจากการกระตุ้นอาจมีความสำคัญซึ่งน่าจะเสียดายที่ไม่ได้จำลองในเมล็ดที่นำมาใช้ในปัจจุบัน น่าเสียดายที่ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการรวมตัวของฟองอากาศและกลไกการแตกหักยังคงเข้าใจยากซึ่งก่อให้เกิดคอขวดสำหรับการพัฒนาความสมดุลของประชากรที่แข็งแกร่งยิ่งขึ้น โดยพื้นฐานแล้วไม่เพียงแต่สำหรับระบบก๊าซและของเหลวเท่านั้นปัญหาและความท้าทายที่คล้ายกันยังแพร่หลายในแอปพลิเคชัน PBE อื่น ๆ เป็นต้น

1.6 บทสรุป

โปรแกรม Solidworks Flow Simulation เป็นโซลูชัน Computational Fluid Dynamics ที่ใช้งานง่ายซึ่งฝังอยู่ใน Solidworks 3D CAD ที่ช่วยให้ผู้ออกแบบสามารถจำลองการไหลของของเหลวและก๊าซผ่านและรอบๆ การออกแบบของผู้ออกแบบเพื่อคำนวณประสิทธิภาพและความสามารถของผลิตภัณฑ์ได้อย่างรวดเร็วและง่ายดาย โดยที่การจำลองการไหลเป็นรูปแบบหนึ่งของพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณซึ่งจำลองการไหลของน้ำฟิวดินหรือระบบรวบรวมแบบดิจิทัล การจำลองการไหลช่วยให้สามารถคาดการณ์และวิเคราะห์ว่าการไหลอาจได้รับผลกระทบจากรูปทรงเรขาคณิตที่ซับซ้อนในสภาพแวดล้อมการทำงานอย่างไร โดยจะพบว่า บทนำสู่ Solidworks Flow Simulation 2022 จะนำผู้ออกแบบผ่านขั้นตอนการสร้างส่วน Solidworks สำหรับการจำลอง ตามด้วยการตั้งค่าและการคำนวณของโครงการ Solidworks Flow Simulation ผลลัพธ์จากการคำนวณจะแสดงเป็นภาพและเปรียบเทียบกับคำตอบเชิงทฤษฎีและข้อมูลเชิงประจักษ์ แต่ละบทเริ่มต้นด้วยวัตถุประสงค์และคำอธิบายปัญหาเฉพาะที่ศึกษา โดยหนังสือเล่มนี้มีเนื้อหาเกี่ยวกับผู้ใช้ Solidworks Flow Simulation ตั้งแต่ระดับกลาง จนถึงการประยุกต์ใช้ในงานวิศวกรรมเกษตรสมัยใหม่มีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นหลักสูตรเสริมสำหรับวิชากลศาสตร์ของไหลและการถ่ายเทความร้อนในระดับปริญญาตรี หนังสือเล่มนี้ยังสามารถใช้เพื่อแสดงให้เห็นถึงความสามารถของการจำลองการไหลของของไหลและการถ่ายเทความร้อน ครอบคลุมปัญหาการไหลภายในและภายนอก และเปรียบเทียบกับผลการทดลองและการแก้ปัญหาเชิงวิเคราะห์ เป็นต้น