

การประยุกต์วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์และการนำเข้าข้อมูลพิกัดจากภาพ
ในการคำนวณเส้นแสดงอุณหภูมิ



นายกิตติพงษ์ หมอกเจริญพงศ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาเคมีเทคนิค

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2539

ISBN 974-633-202-3

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

APPLICATION OF FINITE ELEMENT METHOD AND COORDINATE-DATA INPUT
FROM IMAGE FOR TEMPERATURE-PROFILE COMPUTATION

Mr. Kitipong Morkhareonpong

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science
Department of Chemical Technology
Graduate School
Chulalongkorn University
1996
ISBN 974-633-202-3

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การประยุกต์วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์และการนำเข้าสู่ข้อมูลพิกัดจากภาพ
ในการคำนวณเส้นแสดงอุณหภูมิ

โดย

นายกิติพงษ์ หมอกเจริญพงศ์

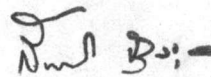
ภาควิชา

เคมีเทคนิค

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ ดร.เพียรพรรค ทศคร

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการ
ศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

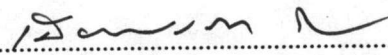


..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ ดงสุวรรณ)

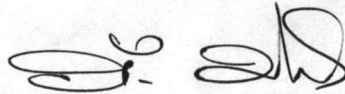
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ กัญจนา นุณยเกียรติ)



..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ดร.เพียรพรรค ทศคร)



..... กรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.ภัทรพรรณ ประศาสน์สารกิจ)



..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เลอสรวง เมฆสุต)

พิมพ์ต้นฉบับบทความวิจัยวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

กิติพงษ์ หมอกเจริญพงศ์ : การประยุกต์วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์และการนำเข้าสู่ข้อมูลพิกัดจากภาพในการคำนวณ
เส้นแสดงอุณหภูมิ (APPLICATION OF FINITE ELEMENT METHOD AND COORDIANTE-
DATA INPUT FROM IMAGE FOR TEMPERATURE-PROFILE COMPUTATION)

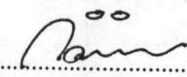
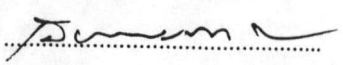
อ.ที่ปรึกษา : อ.เพียรพรศ ทศคร, 97 หน้า. ISBN 974-633-202-3

การประมวลผลภาพโดยการนำเข้าสู่ข้อมูลพิกัดจากภาพมาใช้ร่วมกับวิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์เพื่อคำนวณ
อุณหภูมิในปัญหาการถ่ายโอนความร้อนใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ 2 โปรแกรม โปรแกรมแรกคือการประมวลผลภาพและ
เตรียมข้อมูลสำหรับการคำนวณด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ และโปรแกรมที่สองใช้สำหรับคำนวณอุณหภูมิและแสดงผลด้วย
กราฟ ทั้งนี้เพื่อช่วยให้การประมวลผลทำได้รวดเร็วและสะดวกยิ่งขึ้น

เมื่อทดสอบโปรแกรมแรกโดยใช้ตรวจหาเส้นขอบวัตถุจากภาพและตรวจสอบค่าผิดพลาดของอุณหภูมิที่
คำนวณได้ปรากฏว่าโปรแกรมสามารถตรวจหาเส้นขอบของวัตถุในภาพได้เป็นอย่างดี สามารถเก็บรายละเอียดของเส้นของ
วัตถุที่มีความซับซ้อน เวลาที่ใช้ในการตรวจหาเส้นขอบวัตถุขึ้นอยู่กับขนาดและความซับซ้อนของเส้นขอบวัตถุในภาพ
ที่มีขนาดใหญ่และวัตถุที่มีเส้นขอบที่มีความหยักมากจะใช้เวลาในการตรวจหามาก

ส่วนค่าผิดพลาดของอุณหภูมิที่คำนวณโดยใช้โปรแกรมจากค่าที่คำนวณจากสมการโดยตรงแสดงว่าการเพิ่ม
จำนวนเอลิเมนต์หรือแบ่งเมชเพิ่มขึ้นทำให้ค่าผิดพลาดของอุณหภูมิที่คำนวณได้ลดลง อย่างไรก็ตามเมื่อแบ่งเมชเพิ่มขึ้นจนถึง
จำนวนหนึ่งค่าผิดพลาดจะไม่ลดลงอีกรวมทั้งมีการแกว่งของค่าผิดพลาดในช่วงนี้ด้วย

ภาควิชาเคมีเทคนิค.....
สาขาวิชาเคมีเทคนิค.....
ปีการศึกษา 2538

ลายมือชื่อนิสิต 
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา 
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

C425589 : MAJOR CHEMICAL TECHNOLOGY

KEY WORD: FINITE ELEMENT / IMAGE PROCESSING / COORDINATE EXTRACTION
KITIPONG MORKCHAREONPONG : APPLICATION OF FINITE ELEMENT
METHOD AND COORDINATE-DATA INPUT FROM IMAGE FOR TEMPERATURE-
PROFILE COMPUTATION. THESIS ADVISOR : PIENPAK TASAKORN,
Ph.D. 97 pp. ISBN 974-633-202-3

Data processing by coordinate-data extraction from image coupled with finite element method for temperature profile calculation in a heat transfer problem is accomplished by two computer programs. The first program is an image processing to prepare a coordinate data for calculation by finite element method, and the second program is for the temperature-profile calculation and graphical representation. This is to enable the rapid and convenient processing.

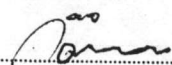
When the programs are tested by tracing boundary of an object in the image and checking the deviation of calculated temperature profiles, it is found that the first program can be used to determine the boundary of an object in the image satisfactorily. Details of the boundary of a complicated object in the image can be collected. The time required for boundary tracing depends on the size and complexity of the object. Large objects and rough edges take longer time.

The deviation of calculated temperature profiles from exact solution indicates that the increase of mesh density reduces the deviation. However, up to certain mesh density, the deviation is not further reduced and it oscillates slightly. Furthermore, the higher resolution of the image results in the smaller deviation.

ภาควิชา.....เคมีเทคนิค.....

สาขาวิชา.....เคมีเทคนิค.....

ปีการศึกษา.....2538.....

ลายมือชื่อนิสิต.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....



กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ ดร. เพียรพรรค ทิศคร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ให้แนวความคิด คำแนะนำ และสนับสนุนอุปกรณ์ที่จำเป็นในการค้นคว้าวิจัยเป็นอย่างดีมาโดยตลอด

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ประจำภาควิชาเคมีเทคนิคทุกท่านที่ได้อบรมให้ความรู้อันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยนี้

ผู้วิจัยขอขอบคุณคุณคุณจิรศักดิ์ ปิยพสุนทร ที่ได้ช่วยเหลือผู้วิจัยในการค้นคว้าข้อมูล หนังสือ และวารสาร อันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัย และขอขอบคุณเพื่อน ๆ ที่ได้ให้กำลังใจมาตลอด

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ ที่ได้เลี้ยงดู อบรม และสนับสนุนในการศึกษาของผู้วิจัยด้วยความรักและความเอาใจใส่เป็นอย่างยิ่ง

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ

บทที่

1. บทนำ.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
ขอบเขตของการวิจัย.....	2
วารสารปริทรรศน์.....	3
2. ระบบทัศนภาพคอมพิวเตอร์.....	5
เปรียบเทียบทัศนภาพคอมพิวเตอร์กับทัศนภาพของมนุษย์.....	5
การประมวลผลภาพเชิงเลข.....	6
การประยุกต์ระบบทัศนภาพคอมพิวเตอร์.....	9
3. ทฤษฎีคอมพิวเตอร์กราฟฟิกที่เกี่ยวข้อง.....	14
การระบาย (flood-fill).....	14
เส้นโค้งบี-สไปไลน์ (B-spline curve).....	21
พื้นผิวเส้น (rule surface).....	26
พื้นผิวควอนส์ (Coons surface).....	27
4. การพัฒนาตัวประมวลผลระดับต้นของไฟไนต์เอลิเมนต์ซึ่งนำเข้าข้อมูลพิกัด จากภาพ.....	30
การตามรอยขอบเขตพื้นที่เพื่อให้ได้จุดแนวขอบ.....	31
การตัดแนวขอบเป็นส่วนย่อย (segmentation).....	36
การเลือกเก็บข้อมูลจากแนวขอบย่อยเพื่อสร้างเส้นโค้งบี-สไปไลน์.....	38
การประกอบเส้นแนวขอบให้เป็นพื้นผิวควอนส์.....	40
การใช้พื้นผิวควอนส์แบ่งพื้นที่.....	41

การพัฒนาโปรแกรม PPROCESS	42
5. การใช้วิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์ในปัญหาการถ่ายโอนความร้อน.....	43
ปัญหาการถ่ายโอนความร้อน.....	43
วิธีการวิเคราะห์ (analytical method)	43
วิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์.....	45
1. ขั้นตอนทั่วไปของวิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์.....	45
2. วิธีการถ่วงน้ำหนักเศษตค้ำ.....	46
การใช้วิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์กับปัญหาความร้อน.....	55
1. ปัญหาในหนึ่งมิติ	55
2. ปัญหาในสองมิติ	62
6. ผลการใช้โปรแกรม.....	72
อุปกรณ์ที่ใช้พัฒนาและทดสอบโปรแกรม.....	73
การตรวจหาเส้นขอบจากภาพ	74
การใช้โปรแกรมกับปัญหาความร้อน	75
1. การนำเข้าสู่ข้อมูลพิกัดจากภาพ.....	75
1.1 การหาเส้นขอบเขตของวัตถุใด ๆ ในภาพ	75
1.2 การตัดเส้นขอบออกเป็นส่วนย่อย	76
2. การสร้างแบบจำลองปัญหาความร้อน.....	76
2.1 การแบ่งขอบเขตรูปร่างลักษณะของปัญหาออกเป็นเอลิเมนต์ย่อย	76
2.2 การกำหนดค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนให้กับจุดต่อ	77
2.3 การกำหนดเงื่อนไขขอบเขตให้กับจุดต่อ	78
2.3.1 การพาความร้อน	78
2.3.2 อุณหภูมิกำหนดคงที่	78
3. การคำนวณและแสดงผลอุณหภูมิ	79
4. การวิเคราะห์ค่าผิดพลาด	80
อิทธิพลของการแบ่งเมชต่อค่าผิดพลาด.....	80
1. ค่าผิดพลาดเมื่อพิกัดเป็นค่าแม่นยำ.....	81
2. ค่าผิดพลาดเมื่อนำเข้าพิกัดจากภาพขนาด 210 จุด.....	82
3. ค่าผิดพลาดเมื่อนำเข้าพิกัดจากภาพขนาด 420 จุด.....	83

บทที่	หน้า
จำนวนจุดต่อ.....	84
เวลาที่ใช้ในการคำนวณ.....	85
อภิปรายผล.....	86
7. สรุปและข้อเสนอแนะ.....	88
เอกสารอ้างอิง.....	90
ภาคผนวก.....	92
Program Listing : FESOLVE	93
ประวัติผู้เขียน.....	97

สารบัญภาพ

		หน้า
รูปที่ 2.1	ระบบทัศนภาพคอมพิวเตอร์แผ่นวงจรเดี่ยวที่เป็นคอมพิวเตอร์แบบ PC AT.....	6
รูปที่ 2.2	ส่วนประกอบของระบบวิเคราะห์ภาพ	7
รูปที่ 2.3	นิเวศเนตแบบ Multilayer, Error Back-Propagation	9
รูปที่ 2.4	การเปรียบเทียบเส้นขอบของแครกเกอร์ที่สุ่มตัวอย่างมากับแครกเกอร์อ้างอิง.....	10
รูปที่ 2.5	ภาพของแครกเกอร์รูปสิงโตของแครกเกอร์ที่สมบูรณ์และแครกเกอร์ที่เสียหาย	12
รูปที่ 3.1	เขตภาพ 4 ด้านกำหนดด้วยจุดภายในซึ่งเป็นจุดสีดำ	14
รูปที่ 3.2	เขตภาพ 4 ด้านกำหนดด้วยจุดภายในซึ่งเป็นจุดสีดำ	15
รูปที่ 3.3	เขตภาพติดต่อ 8 ด้านกำหนดด้วยจุดภายใน	16
รูปที่ 3.4	เขตภาพติดต่อ 4 ด้านกำหนดด้วยขอบเขตซึ่งเป็นจุดสีดำ	16
รูปที่ 3.5	การระบายบริเวณที่กำหนดด้วยขอบเขต	20
รูปที่ 3.6a	ผลของการใช้จุดควบคุมหลายจุดซ้ำหลายครั้ง	24
รูปที่ 3.6b	ผลของการใช้อันดับ k ต่าง ๆ	25
รูปที่ 3.6c	การเปลี่ยนตำแหน่งของจุดควบคุม	25
รูปที่ 3.7	การใช้พารามิเตอร์ของพื้นผิวเส้น.....	26
รูปที่ 3.8	ขอบเขตของพื้นผิวคุณสมบัติ	27
รูปที่ 3.9	พื้นผิวคุณสมบัติที่ผสมโดยเชิงเส้นคู่	29
รูปที่ 4.1	ช่วงแวนอนของเส้นขอบซึ่งมีลำดับข้อมูลตามเข็มนาฬิกา.....	31
รูปที่ 4.2	การตามรอยในทิศลง	32
รูปที่ 4.3	การตามรอยในทิศขึ้น	32
รูปที่ 4.4	แผนภูมิแสดงการตามรอยขอบ	33
รูปที่ 4.5	แผนภูมิการตามรอยในทิศลง	34
รูปที่ 4.6	แผนภูมิการตามรอยในทิศขึ้น	35
รูปที่ 4.7	การแปลงข้อมูลจาก list ของช่วงแวนอนเป็น Pointlist.....	36
รูปที่ 4.8	การตัดแนวขอบ	37
รูปที่ 4.9	การตัดแนวขอบเพื่อใช้ในการแบ่งพื้นที่.....	37

	หน้า
รูปที่ 4.10a การแบ่งเส้นขอบตามจำนวนจุด.....	39
รูปที่ 4.10b การแบ่งโดยการเลือกจุดที่มีระยะห่างเท่า ๆ กัน	39
รูปที่ 4.11 การประกอบส่วนย่อยต่าง ๆ และเส้นโค้งบี-สไปไลน์เป็นพื้นผิวควนส์.....	41
รูปที่ 4.12 การประกอบส่วนย่อยต่าง ๆ และเส้นโค้งบี-สไปไลน์เป็นพื้นผิวควนส์.....	42
รูปที่ 5.1 คำตอบแม่นยำตรง $T(x)$ และคำตอบโดยประมาณ $T^N(x)$	49
รูปที่ 5.2 แสดงการแบ่งรูปร่างลักษณะของปัญหาหรือโดเมนออกเป็น ส่วน ๆ	50
รูปที่ 5.3 รายละเอียดของเอลิเมนต์และฟังก์ชันการประมาณภายในเอลิเมนต์เชิงเส้น	55
รูปที่ 5.4 พื้นที่สี่ด้านถูกแบ่งเป็นเอลิเมนต์สามเหลี่ยม	63
รูปที่ 5.5 เอลิเมนต์รูปสามเหลี่ยมทั่วไป	63
รูปที่ 6.1 ลักษณะของความไม่ต่อเนื่องของฟังก์ชันที่นำเข้ามาจากภาพ	86