

ขั้นตอนวิธีสำหรับการจำลองและการสร้างภาพนามธรรมของรูปร่างและการเติบโตของใบไม้

นายเมธี บำรุงราชหิรัญย์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาควิชาคณิตศาสตร์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2545

ISBN 974-17-2756-9

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I21015223

AN ALGORITHM FOR SIMULATION AND VISUALIZATION OF LEAF SHAPE
AND GROWTH

Mr. Maytee Bamrungrajhirun

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Computational Science

Department of Mathematics

Faculty of Science

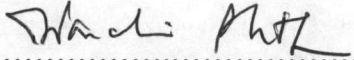
Chulalongkorn University

Academic Year 2002

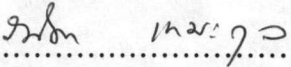
ISBN 974-17-2756-9

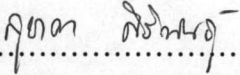
Thesis Title AN ALGORITHM FOR SIMULATION AND
VISUALIZATION OF LEAF SHAPE AND GROWTH
By Mr. Maytee Bamrungrajhirun
Field of Study Computational Science
Thesis Advisor Associate Professor Suchada Siripant
Thesis Co-advisor Professor Chidchanok Lursinsap, Ph.D.


Accepted by the Faculty of Science, Chulalongkorn University in Partial
Fulfillment of the Requirements for the Master's Degree

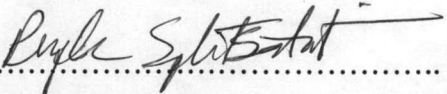
..... Dean of Faculty of Science
(Associate Professor Wanchai Phothiphichitr, Ph.D.)

THESIS COMMITTEE

..... Chairman
(Associate Professor Wanida Hemakul, Ph.D.)

..... Thesis Advisor
(Associate Professor Suchada Siripant)

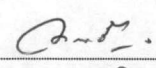
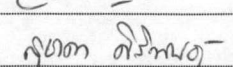
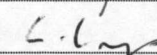
..... Thesis Co-advisor
(Professor Chidchanok Lursinsap, Ph.D.)

..... Member
(Assistant Professor Peraphon Sophatsathit, Ph.D.)

เมธี บำรุงราชหิรัญย์: ขั้นตอนวิธีสำหรับการจำลองและการสร้างภาพนามธรรมของรูปร่าง
และการเติบโตของใบไม้ (AN ALGORITHM FOR SIMULATION AND VISUALIZATION
OF LEAF SHAPE AND GROWTH) อ.ที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์ สุชาติดา ศิริพันธุ์,
อ.ที่ปรึกษาร่วม: ศาสตราจารย์ ดร. ชิดชนก เหลือสินทรัพย์; 62 หน้า. ISBN 974-17-2756-9.

ในปัจจุบันได้มีการศึกษาถึงการสร้างแบบจำลองส่วนประกอบต่างๆของต้นไม้กันอย่าง
กว้างขวาง อย่างไรก็ตามการสร้างแบบจำลองรูปร่างของใบไม้ยังคงเป็นการเลียนแบบรูปร่างของ
ใบไม้เฉพาะในรูปร่างแบบใดแบบหนึ่ง วิทยานิพนธ์นี้ได้เสนอขั้นตอนวิธีสำหรับสร้างแบบจำลอง
รูปร่างและจำลองการเติบโตของใบไม้ ซึ่งแบบจำลองรูปร่างของใบไม้กำหนดโดยเค้าโครงรูปร่างของ
ใบไม้ และโครงสร้างของเส้นใบหลัก โดยที่ขั้นตอนวิธีที่เสนอนี้สามารถนำไปใช้สร้างแบบจำลอง
ใบไม้ที่มีรูปร่าง 6 รูปแบบได้แก่ รูปใบหอก, รูปขอบขนาน, รูปรี, รูปไข่, รูปหัวใจ, และรูปหัวใจกลับได้
จากแบบจำลองข้างต้น เมื่อประยุกต์เข้ากับฟังก์ชันการเติบโต ซึ่งประมาณด้วยข้อมูลที่ได้จากการ
วัดขนาดความยาวและความกว้างของใบต้นถั่วเหลือง สามารถนำมาควบคุมขนาดของเค้าโครง
รูปร่างของใบต้นถั่วเหลืองเพื่อจำลองการเติบโตได้

ภาควิชา คณิตศาสตร์
สาขาวิชา วิทยาการคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา 2545

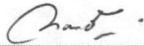
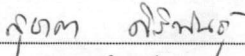

ลายมือชื่อนิสิต 
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา 
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม 

4272369823 : MAJOR Computational Science

KEY WORD: LEAF SHAPE / LEAF VENATION / LEAF GROWTH / BEZIER SPLINE CURVE

MAYTEE BAMRUNGRAJHIRUN: AN ALGORITHM FOR SIMULATION AND VISUALIZATION OF LEAF SHAPE AND GROWTH. THESIS ADVISOR: ASSOC. PROF. SUCHADA SIRIPANT, THESIS CO-ADVISOR: PROF. CHIDCHANOK LURSINSAP, Ph.D. 62 pp. ISBN 974-17-2756-9.

Today, study of plant component modeling has been widely conducted. However, many proposed leaf shape models could only simulate specific shape of leaf. This thesis proposes an algorithm for constructing the leaf shape model and simulating the leaf growth. The leaf shape model is defined by an outline of the leaf shape and the main leaf veins. The proposed algorithm can be used to construct leaf shape model representing six types of leaves, namely, Lanceolate, Oblong, Elliptical, Ovate, Cordate, and Obcordate shapes. The above model can be combined with the growth functions, which are approximated by the measured data of length and width of soybean leaf, are used to control the size of the leaf shape model of soybean for simulating the growth.

Department	<u>Mathematics</u>	Student's signature	<u></u>
Field of study	<u>Computational Science</u>	Advisor's signature	<u></u>
Academic year	<u>2002</u>	Co-advisor's signature	<u></u>

Acknowledgements

This is perhaps the easiest and hardest part that I have to write. It will be simple to name all the people that helped to get this thesis done, but it will be tough to thank them enough. I will nonetheless try.

Firstly, I would like to express my sincere thanks to my supervisors, Associate Professor Suchada Siripant and Professor Dr. Chidchanok Lursinsap for guiding me through finishing this thesis with untiring help. Without them I would never have finished this work.

And, I also express my special thanks to the thesis committee, Associate Professor Dr. Wanida Hemakul and Assistant Professor Dr. Peraphon Sophatsathit for correcting the manuscripts and sharing their critical comments and suggestions, which helped to make further improvements. I would like to thank Dr. Scott Wing for his permission to use the Manual of Leaf Architecture.

This work is partially supported by a grant from the National Electronics and Computer Technology Center (NECTEC) projects through the collaboration with AVIC Research Center. Sincere thanks are due to Mr. Somporn Chuai-aree for his concerning and encouraging words.

I am also grateful to the staff-members of Laboratory, AVIC Research Center for their promptness and attitude. Also thanks to my closed friends for their highly mentions. I also extend my gratitude towards the members of Music&Act student club, who added an extra color to my life. And thank you to everyone who plays a great soccer game with me in every evening.

No amount of word is enough to express my regards for Ms. Rachaneekorn Bamrungrajhirun, my lovely aunt, Ms. Panida Kosanunt and her family, for all of their supports.

Finally, I am at dearth of words to express my gratitude to my parents and family members, who have been patient, supportive and caring. This thesis is indeed a realization of their dream.

Table of Contents

	Page
Abstract (Thai)	iv
Abstract (English)	v
Acknowledgements	vi
List of Figures	ix
 CHAPTER	
1 Introduction	1
1.1 Motivation	1
1.2 Objectives of the Thesis	2
2 Literature Review	3
2.1 Review of Literatures Related to Leaf Model	3
2.2 Review of Literatures Related to Branching Structure	5
2.3 Review of Literatures Related to Leaf Growth Simulation	7
3 Leaf Features	9
3.1 Basic Terminology	9
3.2 Types of Leaf Shape	10
3.3 The Leaf Development	10
4 Leaf Shape Model and Growth Simulation	12
4.1 Definitions	12
4.2 An Algorithm for Computer Model Creation	13
4.3 Leaf Information	14
4.4 Leaf Modeling	16
4.4.1 Structure of Leaf Model	16
4.4.2 The Shape Function	17
4.4.3 Leaf Skeleton	19
4.5 Leaf Growth Simulation	23
4.6 Model Evaluation	27
5 Experimental Results	29
5.1 Results of the Shapes of Leaf	29
5.2 Results of the Growth Simulation	35

	Page
6 Concluding Remarks	40
References	41
Appendix	48
Vitae	52

List of Figures

	Page
Figure 3.1 A basic leaf structure	9
Figure 3.2 General leaf blade shape	10
Figure 3.3 An initial stage of the leaf formation	11
Figure 4.1 Definition of a basic structure of the leaf model	12
Figure 4.2 The diagram of the leaf growth simulation	14
Figure 4.3 The leaf length and width measurement	15
Figure 4.4 The outline of leaf shape is drawn by the Bezier spline function	17
Figure 4.5 The changing of the leaf shape by the parameter adjusting	18
Figure 4.6 An example of the parameters received from shape function	20
Figure 4.7 Different ratio of d_i for the left and right side branches of the midrib	20
Figure 4.8 Primitive leaf unit (a) and the considered angle β_i of i^{th} internode (b)	21
Figure 4.9 The scaling ratio and the shape function of soybean leaf	23
Figure 4.10 The Lanceolate shape model and parameters	27
Figure 4.11 The Oblong shape caused by adjusting the parameters of Lanceolate shape model.	28
Figure 5.1 Results of Lanceolate shape and parameters	29
Figure 5.2 Results of Oblong shape and parameters	30
Figure 5.3 Results of Elliptic shape and parameters	31
Figure 5.4 Results of Ovate shape and parameters	32
Figure 5.5 Results of Cordate shape and parameters	33
Figure 5.6 Results of Obcordate shape and parameters	34
Figure 5.7 A soybean leaf shape model	35
Figure 5.8 Approximation function of the length and width of soybean leaf	35
Figure 5.9 A soybean growth simulation over 60 days (day 1 to day 16)	36
Figure 5.10 A soybean growth simulation over 60 days (day 17 to day 32)	37
Figure 5.11 A soybean growth simulation over 60 days (day 33 to day 48)	38
Figure 5.12 A soybean growth simulation over 60 days (day 49 to day 60)	39

	Page
Figure A-1 Represent points on a 2D plane	49
Figure A-2 An example of 5 th degree of Bezier spline curve	50