

เทคนิคการสร้างภาพเพื่อประยุกต์กับงานถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์

นายอภิชาติ ศรีสันต์อรรณ



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ศูนย์วิทยุโทรพยากร
ภาควิชาวิศวกรรมเทคโนโลยี

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย


พ.ศ. 2531

ISBN 974-569-174-7

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

014128

IMAGE RECONSTRUCTION TECHNIQUE FOR APPLICATION
IN X-RAY RADIOGRAPHY



Mister Apichart Srisantitham

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Nuclear Technology

Graduate School

Chulalongkorn University

1988

ISBN 974-569-174-7

Thesis Title IMAGE RECONSTRUCTION TECHNIQUE FOR APPLICATION
IN X-RAY RADIOGRAPHY

By Mister Apichart Srisantitham

Department Nuclear Technology

Thesis Advisor Associate Professor Tatchai Sumitra, Dr. Ing.

Accepted by the Graduate School, Chulalongkorn University
in Partial Fulfillment of the Requirements for the Master's
Degree.

Thavorn Vajrabhaya Dean of Graduate School
(Professor Thavorn Vajrabhaya, Ph.D)

Thesis Committee

Suvit Punnachaiya Chairman
(Assist. Prof. Suvit Punnachaiya)

Tatchai Sumitra Thesis Advisor
(Assoc. Prof. Tatchai Sumitra, Dr. Ing.)

Chyagrit Siri-Upathum Member
(Assist. Prof. Chyagrit Siri-Upathum)

Siriwattana Saisomboon Member
(Assist. Prof. Siriwattana Saisomboon)



พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

อภิปาด ศรัลันดิธรรม : เทคนิคการสร้างภาพเพื่อประยุกต์กับงานถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์
(IMAGE RECONSTRUCTION TECHNIQUE FOR APPLICATION IN X-RAY RADIOGRAPHY)
อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.รัชชัย สุ่มิตร, 79 หน้า

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อศึกษาเทคนิคการสร้างภาพเพื่อประยุกต์กับงานถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์ จากการศึกษาที่ได้ทำการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยใช้ภาษาฟอร์แทรน-4 หลักการที่ใช้ในการคำนวณคือ เทคนิค ฟิลเตอร์-แบคโปรเจกชัน และใช้ฟิลเตอร์ของ Shepp-Logan การพัฒนาและปรับปรุงโปรแกรมทำโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ NEC-300 และข้อมูลสัมมติ จากเห็นได้ทดลองใช้ข้อมูลจริงของอาจารย์รพพงศ์ ศิวประดิษฐ์กุล นอกจากนั้นยังได้ทดลองประยุกต์ใช้กับการถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์โดยใช้วัตถุรูปเล่มมาตรฐาน ที่ภาควิชาวิศวกรรมเทคโนโลยี ภาพที่ได้จากการทดลองทั้งสองกรณีมีดังต่อไปนี้ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา ...วิศวกรรมเทคโนโลยี.....
สาขาวิชา ...วิศวกรรมเทคโนโลยี.....
ปีการศึกษา ..2530.....

ลายมือชื่อนิติต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

พิมพ์ต้นฉบับบทความวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

APICHART SRISANTITHAM : IMAGE RECONSTRUCTION TECHNIQUE FOR APPLICATION IN X-RAY RADIOGRAPHY. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. TATCHAI SUMITRA , Dr. Ing. . 79 pp.

The main objective of this thesis was to study the technique of image reconstruction for application in x-ray radiography. A computer program, written in FORTRAN IV, was developed for this purpose. The algorithm used was based on filtered-back projection technique where Shepp-Logan filter was used. The program consists of 1 main program and 3 subprograms. The program was tested and improved on NEC-300 computer using simulated data. Data from experiments by Jewpraditkul, V., et al were used to test the program. Later on, the program was applied to x-ray radiography by using data obtained by simple experiments, using a symmetrical object, made at the Department of Nuclear Technology. The images obtained were quite acceptable, in both cases, in terms of resolution.



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา...วิศวกรรมเทคโนโลยี.....
สาขาวิชา...วิศวกรรมเทคโนโลยี.....
ปีการศึกษา...2530.....

ลายมือชื่อนิสิต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ACKNOWLEDGEMENTS

I wish to make grateful acknowledgement for help received during the course of this project and extend my thanks to the following people.

Associate Professor Dr. Tatchai Sumitra, adviser of the study, for his encouragement and constructive guidance throughout this project, and for his many helpful suggestions during the preparation of this thesis.

The Staff of the Nuclear Technology Department for their comments and corrections of this manuscript and helpful advices, in particular Assistant Professor Suvit Punnachaiya, Assistant Professor Nares Chankow, Assistant Professor Chyagrit Siri-Upathum, Assistant Professor Siritwattana Saisomboon and Mr. Somyot Srisatit.

Finally, I wish to thank my wife, Pongsiri, for her constant encouragement and help.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

TABLE OF CONTENTS

	Page
Abstract	iv
Acknowledgement	vi
Table of Contents	vii
List of Tables	x
List of Figures	xi
Notation	xiii
1. <u>INTRODUCTION AND OBJECTIVES</u>	1
1.1 Introduction	1
1.2 Historical Background	3
1.3 Objectives of this Research	5
2. <u>INDUSTRIAL X-RAY IMAGING SCHEME</u>	6
2.1 The Nature of X-rays	6
2.2 Components of the Imaging Scheme	7
2.2.1 The X-ray Source	9
2.2.2 The Imaging Object	10
2.2.3 The Detection and Recording System	10
2.2.4 The Image Processing System	11
2.2.5 The Display and Viewing System	11
2.2.6 The High-voltage Generator	12
2.2.7 The Control Unit	12
2.3 Geometric Tomography	13
2.3.1 Principles of Longitudinal Tomography	14
2.3.2 Transverse Axial Tomography	15
2.3.3 Other Methods of Tomography	16
2.3.4 Tomosynthesis	17

2.4. Digital Image Processing	18
2.4.1 History	18
2.4.2 Image representation	19
2.4.2.1 Analog Images	19
2.4.2.2 Digital Images	20
2.4.3 Definition of Digital Image Processing	22
2.4.4 Step in Digitizing an Image	22
2.4.4.1 Scanning	22
2.4.4.2 Sampling	22
2.4.4.3 Quantization	24
2.4.4.4 Analog-to-Digital Conversion	25
2.4.5 Image Processing Operations	25
2.4.6 Digital-to-Analog-Conversion	26
3. <u>COMPUTED TOMOGRAPHY</u>	28
3.1 Introduction	28
3.2 CT - A Definition	28
3.3 Historical Background	30
3.3.1 Hounsfield and Cormack -	30
A Short Biography	
3.4 Principles of X-ray Computed Tomography	31
3.5 Theory of the Image Reconstruction in	35
Computed Tomography	
3.5.1 The Fourier Slice Theorem	36
3.5.2 Derivation of Filtered-Backprojection	39
Equation for Parallel Data	
4 <u>COMPUTATIONAL PROCEDURES FOR IMAGE</u>	40
<u>RECONSTRUCTION</u>	

4.1	Computer Implementation	40
4.2	Flow Chart	44
4.2.1	Flow Chart for Main Program	44
4.2.2	Flow Chart for Subprogram Filter	47
4.2.3	Flow Chart for Subprogram Convolution	48
4.2.4	Flow Chart for subprogram Display Image	49
4.3	Summary of the Calculation Procedure	53
4.3.1	Input Quantities	53
4.3.2	Order of Calculation	53
4.3.3	Output Quantities	53
5.	<u>RESULTS</u>	54
5.1	Program Testing Using Data from KMITT	54
5.2	Application to X-ray Radiography	59
6.	<u>CONCLUSION AND DISCUSSION</u>	62
6.1	Summary	62
6.2	Recommendations	63
	<u>REFERENCES</u>	64
	<u>BIOGRAPHY</u>	79

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF TABLES

	Page
5.1 Data from KMITT	55
5.2 Symmetry projection data from Department of . .	60
Nuclear Technology	



ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF FIGURES

	Page
2.1 A typical arrangement of the components 8 in an x-ray imaging scheme.	8
2.2 The main features of an x-ray tube 9	9
2.3 The principle of longitudinal geometric 14 tomography	14
2.4 The principle of transverse axial tomography. . . 16	16
2.5 Block diagram of the conversion of analog 21 information to digital data for input into a digital data	21
2.6 Data may be display in digital form 21	21
2.7 The process of scanning in digitizing an 23 image. The transparency (picture) is divided up into a large number of picture elements or pixels.	23
2.8 The process of image sampling. The 23 brightness at each pixel location is measured with the aid of a photomultiplier tube or other suitable device.	23
2.9 The process of quantization. Each measured 24 brightness value an integer (0,+ or - number) called a gray level. The gray levels can be transformed into gray scale.	24
2.10 Analog-to-digital conversion. The continuous . . . 25 voltage waveform(left) is converted into a discrete or digital representation (right) by the ADC	25

- 2.11 Digital to analog conversion. The analog27
 signal is not reproduced faithfully as the
 original signal Figure4:6 because of a loss
 of detail.
- 3.1 The beam pass through the region34
 characterized by $\mu(x,y)$ along the line L.
- 3.2 The source and detector move together34
 (r varies) so that the beam covers the
 entire region leading to the profile $P(r,\theta)$
 for fixed angle θ .
- 3.3 Illustration of the Fourier slice theorem. . . . 38
- 5.1 Image reconstruction using data from KMITT57
- 5.2 Image reconstruction by KMITT 58
- 5.3 Image reconstruction using data from 61
- Department of Nuclear Technology

ศูนย์วิทยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

NOTATION

Each notation is defined where it first appears in the text. For convenience of the reference the more important are listed below.

x, y	rectangular coordinates of point in tomographic plane
$g(x, y)$	"density-function" of object (linear attenuation coefficient in the case of x-ray tomography)
$g'(x, y)$	approximation to density-function
θ	angle between a given ray or group of rays
t	distance of a given ray from the origin
s	path length along a ray
$P(r, \theta)$	ray-sum or ray-projection
a	spacing between points at which density is to be determined (pixel width)
n	number of points spanning the diameter; number of ray-sums in a projection
M	number of projections
μ	linear x-ray attenuation coefficient

ศูนย์วิทยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย