ปีการศึกษา 2532

Image Reconstruction From Projection

โดย

นิธิ ยงใจยุทธ 29 1089

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ มนัส สังวรศิลป์

026986

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2532

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง Image Reconstruction From Projection

ผู้จัดทำ

นิธิ ยงใจยุทธ 29.1089

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ. มนัส สังวรศิลป์)

026986

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

22 พ.ย. 2539

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ

บทที่ 1 บทนำ 1

บทที่ 2 ทฤษฎี ของ Random Transform 4

บทที่ 3 หลักการทำงานของ โปรแกรม 15

บทที่ 4 ผลการทดลอง 25

บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผล 35

กิตติกรรมประกาศ

หนังสืออ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Image Reconstruction From Projection

นิธิ ยงใจยุทธ 29 1089 4C
ภาควิชา อิเลคทรอนิกส์
ร.ศ. มนัส สังวรศิลป์ อาจารย์ที่ปรึกษา

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันได้มีการนำเครื่องถ่ายภาพตัดขวางโดยใช้รังสีเอ็กซ์ หรือเครื่องเอ็กซ์เรย์ คอมพิวเตอร์ โทโมกราฟ สำหรับถ่ายภาพตัดขวางของอวัยวะภายใน เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวินิจฉัยรักษาโรคของผู้ป่วย

สำหรับเนื้อหาของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะศึกษาทฤษฎีของ โปรเจกชั่น เป็นหลักการที่ใช้ในเครื่องเครื่องเอ็กซ์เรย์ คอมพิวเตอร์ โทโมกราฟโดยจะจำลองภาพตัดขวางของอวัยวะลงในจอ คอมพิวเตอร์ ที่มี ระดับความเทา 64 ระดับในกรอบขนาด 64 คูณ64 จุด แล้วใช้ทฤษฎีการทำ โปรเจกชั่นเพื่อเก็บระดับความเข้มของภาพในแต่ละองศานำข้อมูลที่ได้จากการทำ โปรเจกชั่น มาทำ แบล็ก โปรเจกชั่น เพื่อสร้างภาพเดิมกลับออกมา

การดำเนินงานที่กล่าวมาข้างต้นได้ใช้โปรแกรมภาษา ปาสคาล ในการสร้างภาพจำลองเป็นรูปวงรี สมมุติให้วงรีแต่ละวงแทนอวัยวะภายใน นำภาพที่จำลองมาหาค่า โปรเจกชั่นในแต่ละองศา แล้วคำนวณค่า อินเวอร์ โปรเจกชั่น และสร้างภาพกลับออกมา ภาพที่ได้กลับออกมาจากกระบวนการดังกล่าวข้างต้นมีความใกล้เคียงกับภาพเดิมเป็นที่น่าพอใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

เครื่องคอมพิวเตอร์ เอ็กซ์เรย์ โทโมกราฟ เป็นเครื่องมือที่ใช้ถ่ายภาพตัดขวางของอวัยวะภายในร่างกายมนุษย์ โดยได้มีการพัฒนาขึ้นครั้งแรกโดยเฮาซ์ฟิลด์ (G.H. Housefieled)ในปี ค.ศ. 1967 ต่อมาในปี ค.ศ. 1976 คอมพิวเตอร์ถ่ายภาพตัดขวางของร่างกายเครื่องแรกได้ติดตั้งที่โรงพยาบาล แอตกินสัน มอร์เลย์ โดยใช้เวลาประมาณ 20 นาทีต่อการสร้างภาพหนึ่งภาพ หลังจากนั้นก็ได้มีการพัฒนามาเรื่อยๆ ปัจจุบันสามารถแยกออกเป็น 4 ระบบตามหลักการการทำงานของระบบดังรูปที่ 1 คือ

แบบที่ 1 ใช้หลักการเคลื่อนที่และหมุนของตัวฉายรังสี และตัวรับรังสีไปพร้อมกันโดยกำหนดรังสีเอกซ์ในรูปลำรังสีขนานเล็ก(Pencil Beam) การเก็บภาพโดยวิธีนี้จะใช้เวลานาน ทำให้ผู้ป่วยได้รับรังสีเป็นเวลานานจนอาจทำให้เป็นอันตรายจากการได้รับรังสีได้ การทำงานของระบบแบบแรกนี้มีหลักการทำงานดังรูปที่ 1.1 a

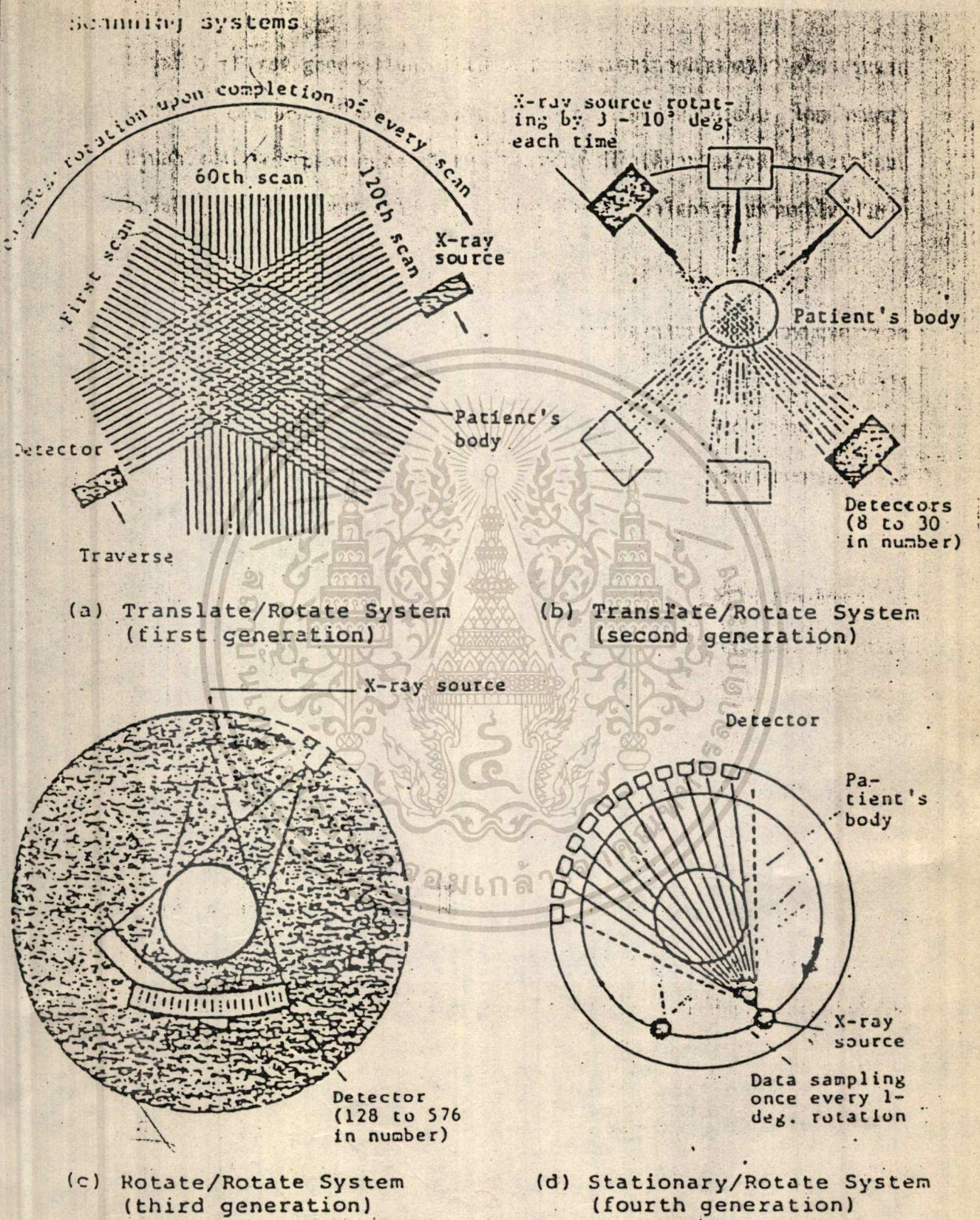
แบบที่ 2 ใช้การเคลื่อนที่แล้วหมุนหลอดฉายรังสีเอ็กซ์ โดยฉายลำรังสีเอ็กซ์เป็นแบบกรวย (Fan Beam) จำนวนของอุปกรณ์รับรังสีจะมากขึ้น ทำให้ใช้เวลาในการเก็บข้อมูลน้อยลงเวลาเคลื่อนที่แล้วหมุนจะน้อยลง การฉายรังสีแบบที่ 2นี้จะให้ความละเอียดสูง การทำงานของระบบแบบที่สองนี้มีหลักการทำงานดังรูปที่ 1.1 b

แบบที่ 3 เป็นระบบที่ใช้การหมุนอย่างเดียวของตัวฉายรังสี กับอุปกรณ์ตัวรับรังสี โดยให้ฉายรังสีแบบกรวย (Fan Beam) แต่มีมุมกว้างมีตัวรับรังสีมากกว่าแบบที่ 2 สามารถครอบคลุมได้ทั้งร่างกายทำให้ใช้เวลาในการเก็บข้อมูลน้อย ดังรูป 1.1 c

แบบที่ 4 ระบบแบบที่ 4 นี้คล้ายกับแบบที่ 3 แต่จำนวนของตัวรับรังสีมากกว่าตัวรับรังสีจะวางอยู่รอบๆเป็นวงกลม จะหมุนตัวฉายรังสีเพียงอย่างเดียวทำให้เวลาของการเก็บข้อมูลเร็วขึ้น หลักการทำงานของระบบแบบที่สี่นี้ มีหลักการทำงานดังรูปที่ 1.1 d

สำหรับเนื้อหาในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีหลักการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์ เอ็กซ์เรย์ โทโมกราฟ ในแบบแรกเท่านั้น โดยกล่าวถึงการทำงานของการฉายรังสีในแบบ รังสีขนาน

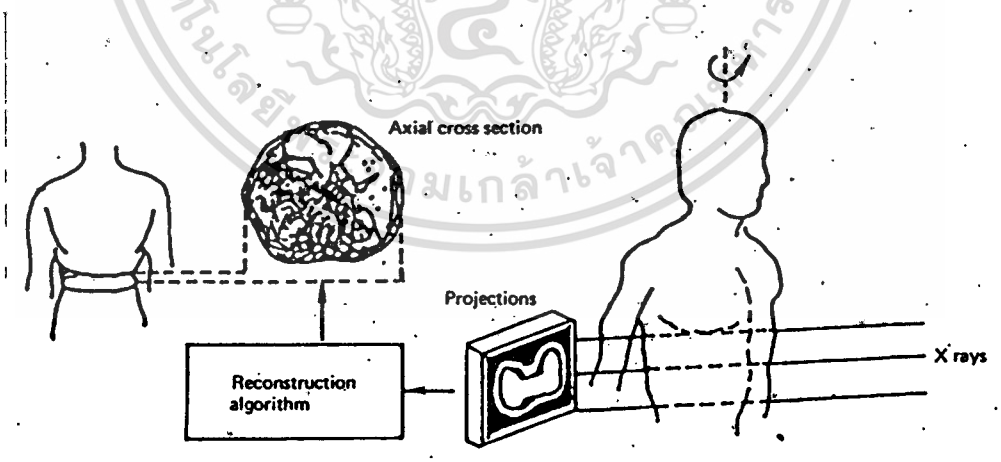
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.1 แสดงหลักการของเครื่อง CT แบบต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจำลองการทำงานของเครื่อง Ct แบบ Parallel Beam โปรเจกชั่น จะใช้โปรแกรมภาษา ปาสคาลในการจำลองการทำงานทั้งหมด การทำงานเริ่มต้นโดยสร้างภาพวงรีที่มีระดับความเข้มต่างๆกัน แล้วเก็บภาพวงรีเหล่านี้เอาไว้ในไฟล์ จากนั้นก็เรียกไฟล์ที่สร้างเอาไว้นั้นมาผ่านกระบวนการ โปรเจกชั่นซึ่งกระบวนการนี้ก็คือการจำลองการฉายรังสีเอ็กซ์จากตัวฉายรังสีไปยังตัวรับรังสีการเก็บข้อมูลของภาพในแต่ละองศาจะเก็บในลักษณะกวาดไปพร้อมๆกันของตัวส่งและตัวรับ ในลักษณะขนานกันไป การเก็บข้อมูลจะทำทุกๆองศา เมื่อทำครบ 180 องศา แล้วก็เก็บข้อมูลลงในไฟล์ จากนั้นก็จะสร้างภาพกลับออกมา โดยนำข้อมูลที่ได้จากกระบวนการที่แล้วมาผ่านกระบวนการ แบล็ก โปรเจกชั่น ซึ่งเป็นกระบวนการที่นำข้อมูล โปรเจกชั่นทุกๆองศามาหาความเข้มให้จุดแต่ละจุดในกรอบรูป แต่ข้อมูลที่จะนำมาผ่านกระบวนการ แบล็ก โปรเจกชั่น ต้องนำมาผ่าน ฟิลเตอร์ ก่อนเพื่อกำจัดสัญญานความถี่สูงออกไป การที่ต้องตัดสัญญานความถี่สูงออกก็เพื่อไม่ให้เกิดปรากฏการณ์ อไลซ์ซิ่ง (Alising Effect) ขึ้นซึ่งจะได้กล่าวถึงในบทต่อๆไป



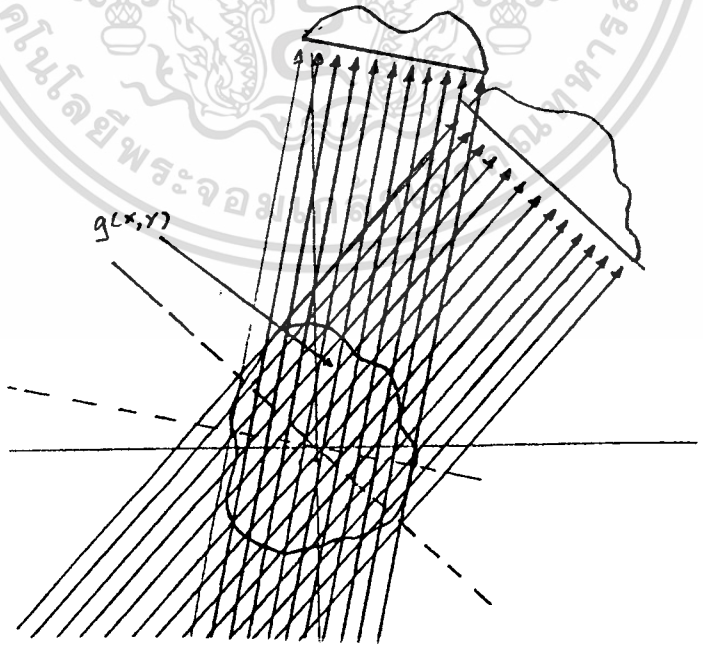
รูปที่ 1.2 แสดงการทำงานอย่างคร่าวๆของเครื่องคอมพิวเตอร์โทโมกราฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีของ Random transform

การทำโปรเจกชั่นของวัตถุเราจะต้องยิงรังสีจากตัวยิงให้วิ่งผ่านวัตถุไปยังตัวรับ โดยรังสีที่วิ่งผ่านตัวรับจะมีระดับความเข้มไม่เท่ากันเพราะลำรังสีแต่ละลำวิ่งผ่านอวัยวะภายในต่างกัน รังสีที่วิ่งผ่านอวัยวะภายในมากก็จะให้ค่าโปรเจกชั่นมาก รังสีที่วิ่งผ่านอวัยวะภายในน้อยก็จะมีค่าโปรเจกชั่นน้อยดังแสดงในรูปที่ 2.1 ภาพบนสมมติให้เป็นภาพตัดขวางของอวัยวะภายในที่อยู่ในระนาบเดียวกับรังสีที่ฉายผ่านส่วนรูปที่อยู่ข้างล่างเป็นภาพ โปรเจกชั่น ของวัตถุที่องศาใดองศาหนึ่ง การกวาดของตัวฉายรังสี และตัวรับรังสีกวาดไปพร้อมกันรังสีแต่ละลำจะวิ่งขนานกันไปดังรูป การทำ โปรเจกชั่น นี้จะทำตั้งแต่มุม 0 องศา จนถึง 180 องศา สาเหตุที่ทำแค่ 180 องศาก็เพราะ แลนด์ด้อม ทรานสฟอรม์ มีคุณสมบัติ periodicity กล่าวคือค่าของโปรเจกชั่น ที่มุมใดๆสมมุติให้เป็น $g(s,\phi)$ จะมีค่าเท่ากับ $g(s,\phi+2k\pi)$ เมื่อค่า k เป็น integer ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่า $g(s,\phi)$ จะมีค่าเหมือนกันเมื่อค่า ϕ มีค่าต่างกัน 2π ทำให้การเก็บค่าข้อมูลเก็บเพียง 180 องศาก็ได้รายละเอียดของภาพครบ



รูปที่ 2.1 แสดง Parallel โปรเจกชั่น ของวัตถุ ที่มุม $\phi 1$ และ $\phi 2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Random transform

เป็นการย้ายค่าของฟังก์ชั่น ที่อยู่ในระนาบ (x,y) ไปยังระนาบ (s,θ) ถ้าให้ g(x,y) คือค่า สัมประสิทธ์ ของการดูดกลืนของวัตถุที่จุด (x,y) ใดๆค่าของ Random transform ก็คือผลรวมของ g(x,y)ตามแนวเส้นตรงที่ห่างจากจุดกำเนิดเป็นระยะทาง s ในแต่ละองศาดังแสดงในรูปที่ 2.2 ซึ่งเห็นได้ว่าค่าแต่ละค่าบนแกนของ(s,θ)แทนด้วยผลรวมของค่า g(x,y)ตามแนวเส้นตรงที่ลากผ่านระนาบ (x,y) ซึ่งคำนวนได้จากสมการ(2.1)โดยที่มีระยะห่างจากจุดกำเนิดเป็นระยะทาง s ค่า s คำนวนได้จากสมการ(2.2)

$$p(s,\theta) = \int g(x,y)ds \qquad (2.1)$$

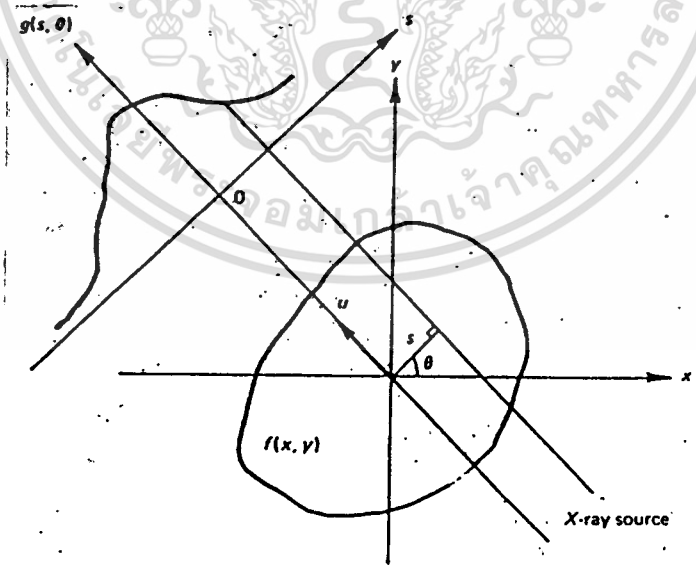
$$s = x*\cos(\theta) + y*\sin(\theta) \qquad (2.2)$$

โดยที่ $0 < \theta < \pi$

และ $0 < x < 64$, $0 < y < 64$

หมายเหตุ ทำ Random Transform บนกรอบขนาด 64x64 จุด

จ [illegible] ค่า x และ y เปลี่ยนไป เรื่อยจนครบค่า x และ y ทุกค่า

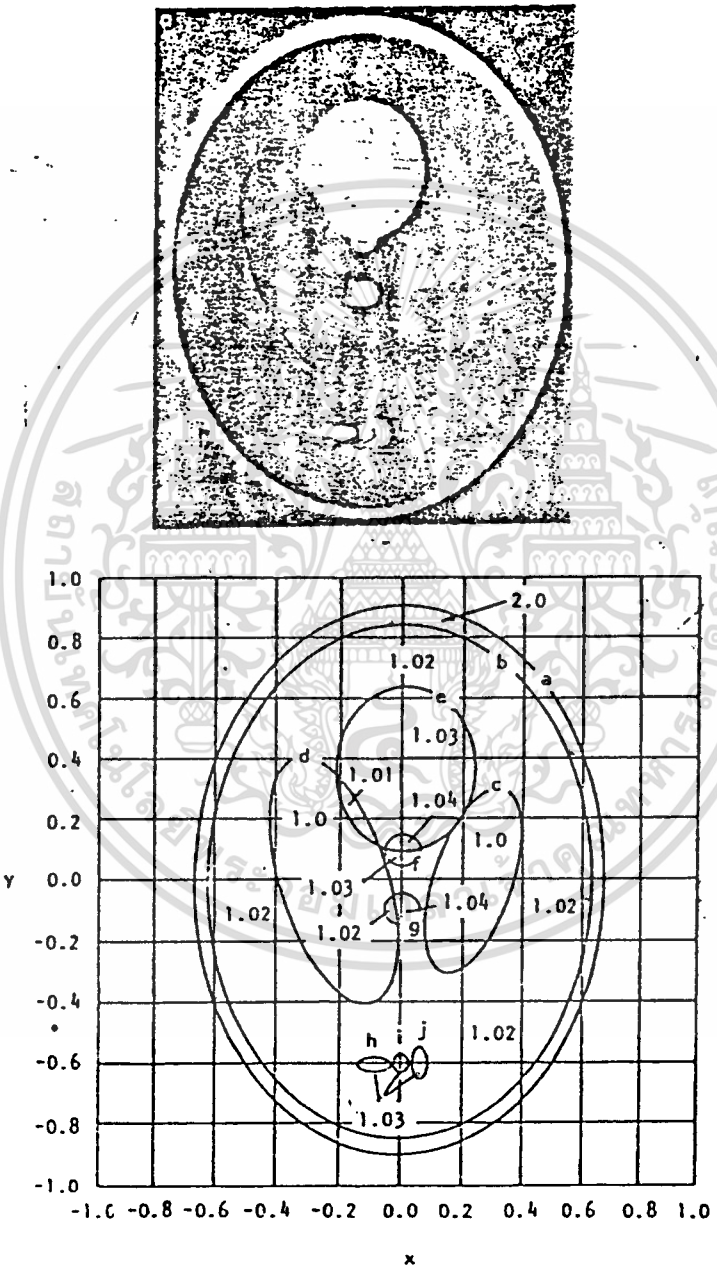


รูปที่ 2.2 แสดงหลักการของการทำ Random Transform ที่องศาหนึ่งๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจำลองโปรเจกชั่น ในที่นี้เราจะใช้วงรีหลายๆวงแทนส่วนประกอบต่างๆ ของสมอง โดยที่วงรีมีคุณสมบัติเป็นไปตามสมการ (2.3)

$$g(x,y) = p \quad \text{เมื่อ} \quad \text{ภายในวงรี}$$
$$= 0 \quad \text{ภายนอกวงรี} \qquad (2.3)$$



รูปที่ 2.3 แสดง (a) Shepp and Logan-Phantom ที่จำลองโดย Computer (b) รูป Shepp and Logan-Phantom มีระดับ Gray Level 0 ถึง 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 แสดง พารามิเตอร์ (Parameter) ต่างๆของวงรี Shepp and Logan Head Phantom

Ellipse	Coordinates of the center	Major A axis	Major B axis	Rotation α angle	Gray ρ level
a	(0,0)	0.92	0.69	0	2
b	(0,-0.0184)	0.874	0.6624	0	-0.98
c	(0.22,0)	0.31	0.11	72	-0.02
d	(-0.22,0)	0.41	0.16	108	-0.02
e	(0,0.35)	0.25	0.21	0	0.01
f	(0,0.1)	0.046	0.046	0	0.01
g	(0,-0.1)	0.046	0.046	0	0.01
h	(-0.08,-0.605)	0.046	0.046	0	0.01
i	(0,-0.605)	0.023	0.023	0	0.01
j	(0.06,-0.605)	0.046	0.023	90	0.01

จากสมการ(2.2) $g(x,y) = \begin{cases} \rho & \text{เมื่อ} \\ 0 & \text{เมื่อ} \end{cases}$

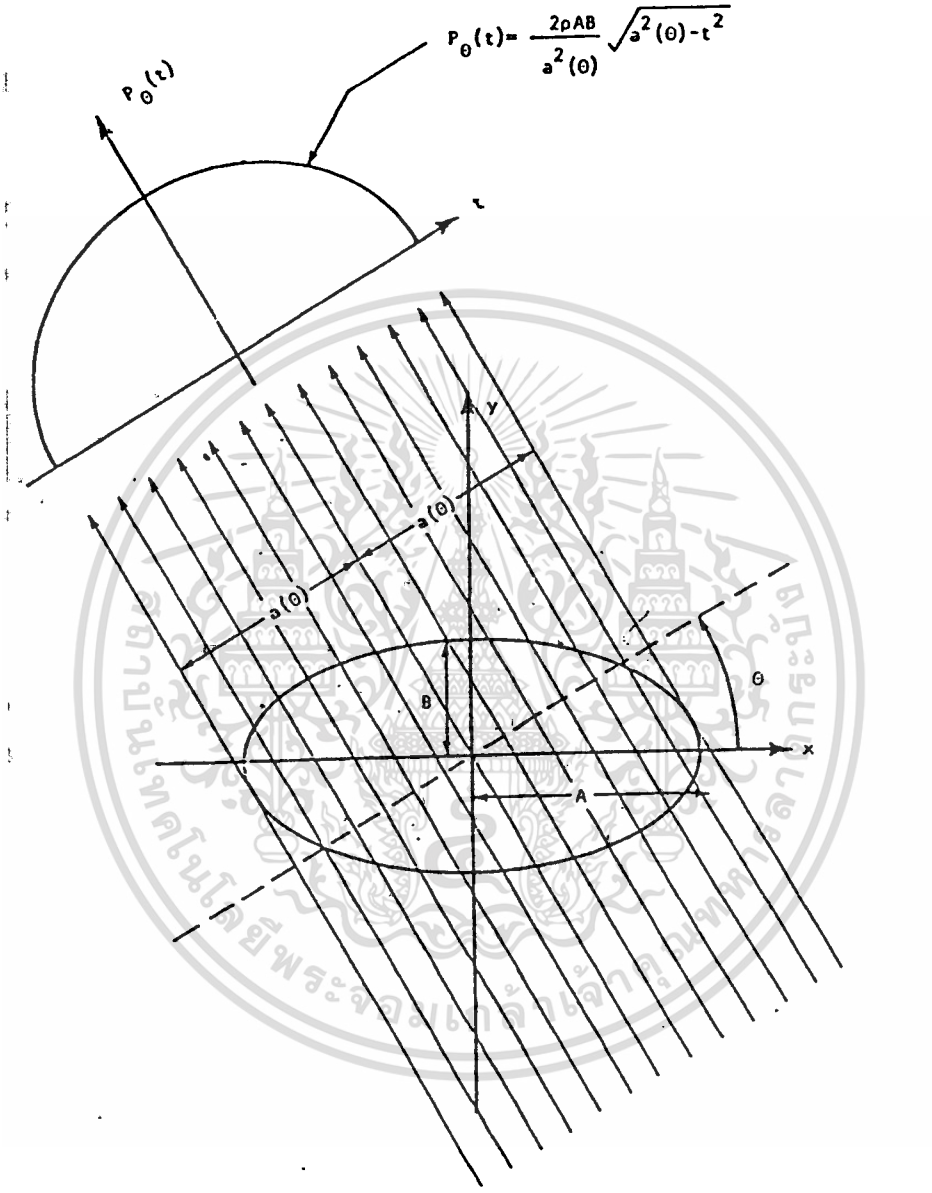
และสมการ(2.1) $p(t,\theta) = \int g(x,y)ds$

ค่า โปรเจกชั่น ของแต่ละวงรีเขียนได้เป็น

$$p(t,\theta) = \begin{cases} 2\rho AB/a^2(\theta)\sqrt{a^2(\theta) - t} & \text{เมื่อ } t < a(\theta) \\ 0 & \text{เมื่อ } t > a(\theta) \end{cases} \quad (2.4)$$

$$a(\theta) = A*\cos(\theta) + B*\sin(\theta) \quad (2.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 แสดง โปรเจกชั่น ของรูปวงรีที่มีระดับ ความเทา ภายในเท่ากับ ภายนอกวงรีเท่ากับศูนย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 แสดงคุณสมบัติของ random transform

	Function	Radon Transform
	$f(x, y) = f_p(r, \phi)$	$g(s, \theta)$
1	Linearity: $a_1 f_1(x, y) + a_2 f_2(x, y)$	$a_1 g_1(s, \theta) + a_2 g_2(s, \theta)$
2	Space limitedness: $f(x, y) = 0, \lvert x\rvert > \frac{D}{2}, \lvert y\rvert > \frac{D}{2}$	$g(s, \theta) = 0, \quad \lvert s\rvert > \frac{D\sqrt{2}}{2}$
3	Symmetry: $f(x, y)$	$g(s, \theta) = g(-s, \theta \pm \pi)$
4	Periodicity: $f(x, y)$	$g(s, \theta) = g(s, \theta + 2k\pi)$, k = integer
5	Shift: $f(x - x_0, y - y_0)$	$g(s - x_0 \cos\theta - y_0 \sin\theta, \theta)$
6	Rotation by θ_0: $f_p(r, \phi + \theta_0)$	$g(s, \theta + \theta_0)$
7	Scaling: $f(ax, ay)$	$\frac{1}{\lvert a\rvert} g(as, \theta), \quad a \neq 0$
8	Mass conservation: $M = \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} f(x, y)\, dx\, dy$	$M = \int_{-\infty}^{\infty} g(s, \theta)\, ds, \quad \forall\theta$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

026986

<u>ทฤษฎี การทำ แบล็ก โปรเจกชั่น</u>

การทำ แบล็กโปรเจกชั่น ของจุดใดๆ คือการนำค่าข้อมูล โปรเจกชั่นทุกๆองศา ที่มีค่า r ลากผ่านจุดนั้นๆดังสมการที่ 2.6

$$b(x,y) = \int g(r,\theta)\,d\theta \qquad (2.6)$$

โดยที่ x และ y คือ ค่าจุดใดๆบนกรอบรูป

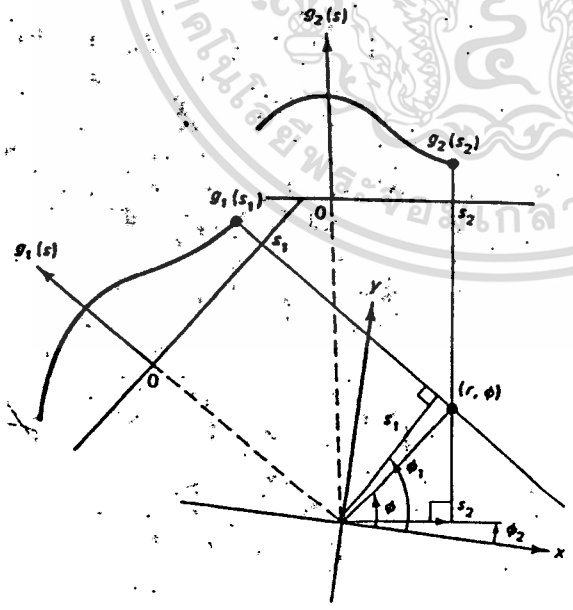
b(x,y) คือ ค่า แบล็กโปรเจกชั่น ที่จุด x,y ใดๆ

g(r,θ) คือ ค่า โปรเจกชั่น ที่ θ ใดๆ

ค่า r ที่องศาใดๆสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.7

$$r = x*\cos(\theta) + y*\sin(\theta) \qquad (2.7)$$

การทำ แบล็กโปรเจกชั่น สามารถแสดงดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.5 แสดงการหาค่า แบล็กโปรเจกชั่น ที่จุด x,y ใดๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.5 เป็นการหาค่า แบล็ก โปรเจกชั่น ที่จุด x,y เมื่อมีค่าของโปรเจกชั่น ที่ $\phi 1$ และ $\phi 2$ เพียง 2 ค่า ซึ่งเขียนได้ดังสมการที่ 2.8

$$b(x,y) = g1(s1) + g2(s2) \qquad (2.8)$$

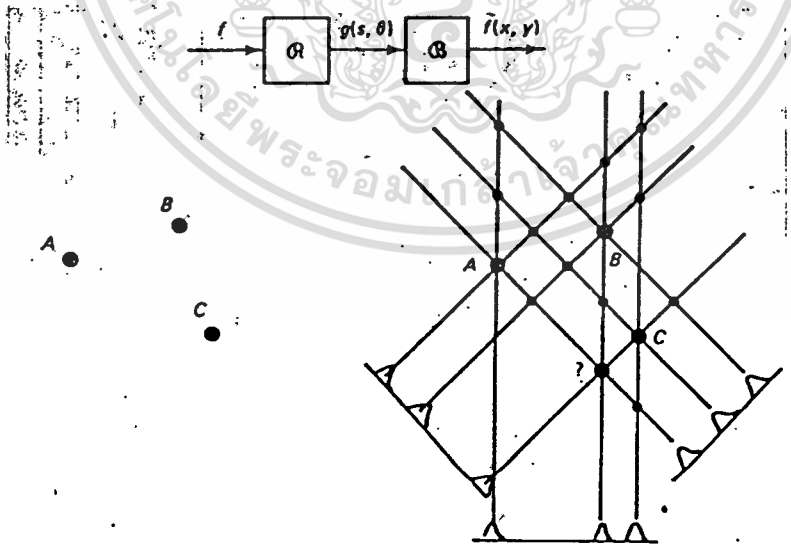
ค่า s1 และ s2 คำนวณได้จากสมการที่ 2.9 และ 2.10 ตามลำดับ

$$s1 = x*\cos(\phi 1) + y*\sin(\phi 2) \qquad (2.9)$$

$$s2 = x*\cos(\phi 1) + y*\sin(\phi 2) \qquad (2.10)$$

โดยจากรูปที่ 2.5 กับสมการที่ 2.9 และ สมการ 2.10 ค่าของ s1 และ s2 คือระยะห่างจากจุด กำเนิด ในแนวตั้งฉากกับทางเดินของรังสี r ในแต่ละองศา

ค่า แบล็กโปรเจกชั่น ไม่ใช่ค่า inverse ของ ค่า random transform โดยสังเกตจากรูปที่ 2.6 จะเห็นได้ว่าที่จุดตัดกันของแนวรังสีจะมีจุดบางจุดที่ไม่ใช่รูปที่ต้องการเกิดขึ้นนอกเหนือจากจุด a,b และc ฉะนั้นเราต้องนำข้อมูลโปรเจกชั่นมาผ่านกระบวนการ ฟิลเตอร์ ก่อนที่จะนำมาทำ แบล็กโปรเจกชั่น



รูปที่ 2.6 แสดงการทำ แบล็กโปรเจกชั่น ของข้อมูลที่ไม่ได้ผ่าน ฟิลเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การ ฟิลเตอร์ ข้อมูลคือ การนำข้อมูลมาทำ คอนโวลูชั่น กับ ฟังชั่นฟิลเตอร์ ดังสมการที่ (2.11) หรือ (2.12)

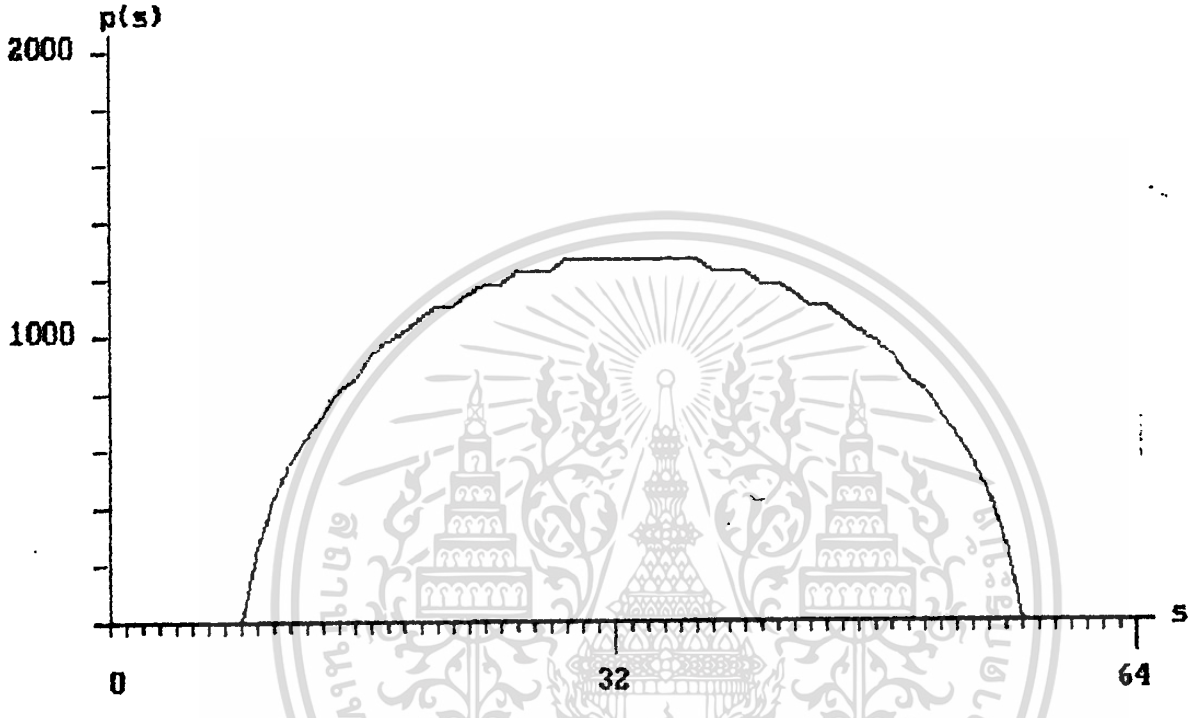
$$f(s) = 1/(1-4*s*s) \qquad (2.11)$$

$$f(s) = \begin{cases} 1/4*i & n \text{ เท่ากับ } 0 \\ 0 & n \text{ เป็นจำนวนคู่} \\ -(1/n^2*\pi^2*i^2) & n \text{ เป็นจำนวนคี่} \end{cases} \qquad (2.12)$$

รูปที่ 2.7 แสดง โปรเจกชั่น ที่มุม 0 องศาที่ยังไม่ผ่าน ฟิลเตอร์ ส่วนรูปที่ 2.8 แสดงภาพ โปรเจกชั่น ที่ผ่านการ ฟิลเตอร์ แล้ว

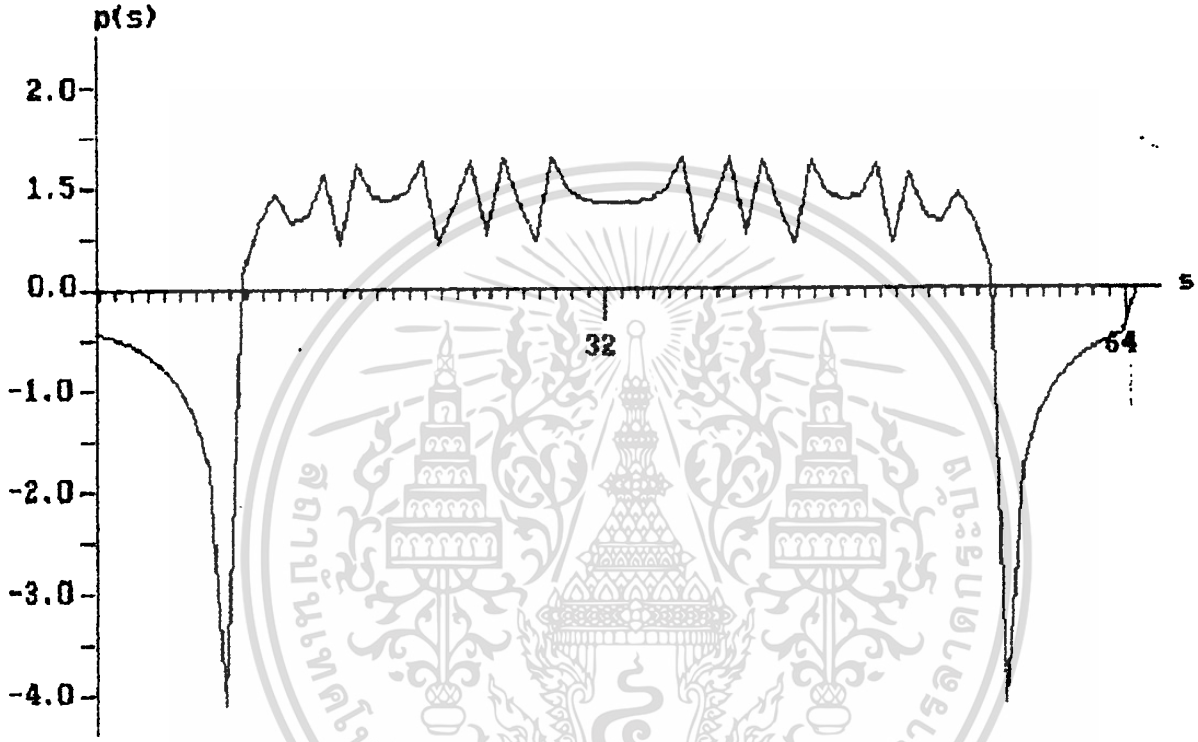
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่2.7แสดงภาพโปรเจกชั่นที่ผ่านฟิลเตอร์มม ๐ องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 แสดงภาพโปรเจกชั่นที่ผ่านฟิลเตอร์มุม 0 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การทำงานของโปรแกรม

โปรแกรมสำหรับการจำลองการทำงานของเครื่อง คอมพิวเตอร์ โทโมกราฟ แบ่งออกเป็น 2 โปรแกรมด้วยกันคือ โปรแกรม โปรเจกชั่น เป็นโปรแกรมที่ใช้ทำการจำลองการทำงานของตัวฉายรังสี และตัวรับรังสีของเครื่องส่วนโปรแกรมที่สองเป็นโปรแกรมที่จำลองการประมวลผลของเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยนำข้อมูลที่ทำจากโปรแกรมแรกมาประมวลผลผ่านขั้นตอนต่างๆ นำข้อมูลที่ผ่านการประมวลผลมาแล้วมาสร้างภาพตัดขวางที่จำลองไว้ตั้งแต่ตอนแรก

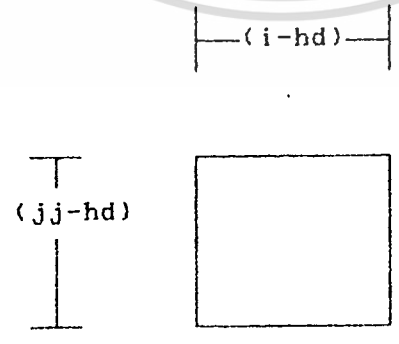
โปรแกรม โปรเจกชั่น เป็นโปรแกรมที่ทำโปรเจกชั่น โดยโปรแกรมจะอ่านค่าความเข้มของระดับ ความเทา ของจุดต่างๆที่อยู่บนภาพซึ่งได้เก็บค่าเอาไว้ในไฟล์ การทำ โปรเจกชั่น จะทำตั้งแต่ 0 องศา จนถึง 90 องศา แล้วเก็บลงไฟล์จากนั้นก็จะทำต่อตั้งแต่ 91 องศา จนครบ 180 องศา ขั้นตอนการทำโปรเจกชั่นทำโดยใช้ กระบวนความ โปรเจกชั่น ดังตัวอย่างข้างล่าง

```
procedure โปรเจกชั่น(kk,k:integer);
var   r,n,nn,i,ii,j,jj     :  integer;
      cs,sn,nw             :  real;
begin
    for n:=1 to DNJ do
    begin
        nn := n+(kk-1)*DNJ-1;
        nw := nn*w; cs := cos(nw); sn := sin(nw);
        for j:=1 to DNI do
        begin
            jj:=j+(k-1)*64;
            for i:=1 to 128 do
            begin
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                r:=round((i-hd)*cs+(jj-hd)*sn)+hd;
                if(r>0) and (r<=128) then
                        proj[r,n] := proj[r,n]+g[i,j];
            end;
        end;  write('<');
    end;
end;
```

ตัวแปร kk เป็นตัวกำหนดองศาของการทำโปรเจกชั่นโดยจะถูกส่งค่ามาจากโปรแกรม หลัก ถ้า kk มีค่าเท่ากับ 1 ทำให้ค่าของ nn จะมีค่าตั้งแต่ 0 จนถึง 32 ซึ่งค่าของ nn จะนำไปคณกับ $\pi/64$ เก็บไว้ในตัวแปร nw ทำให้ตัวแปร nw มี ค่าตั้งแต่ 0 จนถึง $31\pi/64$ แต่ถ้าตัวแปร kk มีค่าเท่ากับ 2 ทำให้ค่าของ nn มีค่าตั้งแต่ 33 ถึง 64 ซึ่งทำให้ค่า nw มีค่าตั้งแต่ $32\pi/64$ จนถึง $63\pi/64$ ค่าตัวแปร nw นำไปใช้คำนวณค่า cos และ sin เพื่อนำไปคำนวณหาค่า r ต่อไป ตัวแปร jj เป็นตัวกำหนดบริเวณการทำ โปรเจกชั่น ค่าของตัวแปร jj ถูกกำหนดโดยตัวแปร k ที่ส่งมาจาก โปรแกรมหลัก ถ้าค่า k ส่งมามีค่าเท่ากับ 1 ทำให้ค่า jj มีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 32 และมีค่า 33 ถึง 64 เมื่อ k เท่ากับ 2 การหาค่า r จะนำตัวแปร i และ jj มาลบกับตัวแปร hd ซึ่งเท่ากับ 32 ก่อนที่จะนำไปหาค่า r ค่า (i-hd) มีค่าอยู่ระหว่าง -31 ถึง 32 ส่วนค่า (jj-hd) มีค่าอยู่ระหว่าง -31 ถึง 0 เมื่อ k มีค่าเท่ากับ 1 และมีค่าอยู่ระหว่าง 1 ถึง 32 เมื่อค่า k มีเท่ากับ 2 ดังแสดงกรอบรูปจำลองในรูป 3.1



รูปที่ 3.1 แสดงกรอบรูปที่ใช้ทำโปรเจกชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

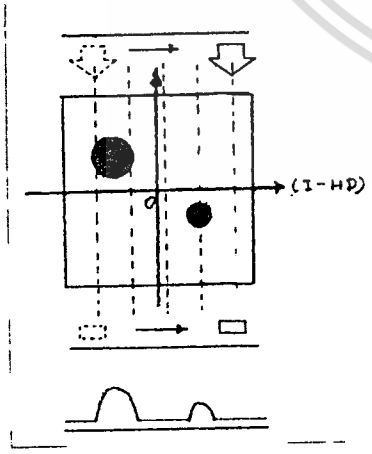
จากสมการ (3.1)

$$r = [(i-hd)*\cos(nw) + (jj-hd)*\sin(nw)] + hd \qquad (3.1)$$

โดยค่า (i-hd) และ (jj-hd) อยู่ในช่วงที่กำหนดไว้ดังกล่าวข้างต้น หาค่า r บางค่าได้ดังตารางที่ 3.1 นี้

องศา	(i-hd)	(jj-hd)	r
0	-31	——	1
	0	——	32
	32	——	64

ตารางที่ 3.1



รูปที่ 3.2 แสดงการทำโปรเจกชั่นที่มุม 0 องศา

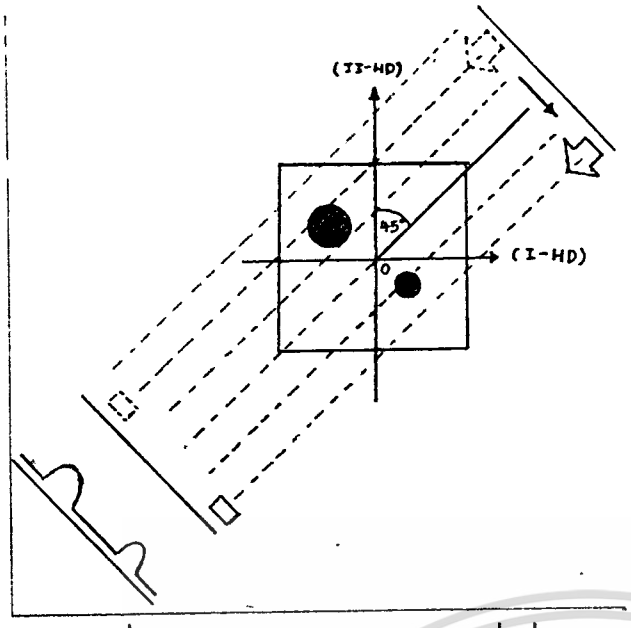
จากตารางที่ 3.1 และรูปที่ 3.2 เป็นการหาค่า r ที่มุม 0 องศาโดยลูกศรคือทิศทางที่มองเข้าไปผ่านทะลุรูปไปตกที่ตัวรับ โดยที่ลูกศรเคลื่อนที่กวาดจากซ้ายไปขวา จากตารางที่ 3.1 ค่า (jj-hd) ไม่มีผลต่อการหาค่า r เพราะ sin(0) มีค่าเท่ากับศูนย์ ทำให้ค่า r ขึ้นกับค่าของค่าของ (i-hd) เพียงอย่างเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องศา	(i-hd)	(jj-hd)	r
45	-31	-31	-12
	0	-31	10
	32	-31	32
	-31	0	10
	0	0	32
	32	0	55
	-31	1	-21
	0	1	1
	32	1	23
	-31	32	33
	0	32	55
	32	32	77

ตารางที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่ 3.3 แสดงการทำโปรเจกชั่นที่มุม 45 องศา

จากตารางที่ 3.2 และรูปที่ 3.3 เป็นการหาค่า r ที่มุม 45 องศา ค่า r ที่คำนวณได้จากตารางที่3.2 ค่า (jj-hd) เปลี่ยนค่าตั้งแต่-31 ถึง 32 ซึ่งจากตารางเมื่อค่าของ (jj-hd) มีค่าเท่ากับ -31 ค่า r มีค่าอยู่ระหว่าง 1 ถึง 33 (ใช้ค่า r เฉพาะที่เป็นบวก) (jj-hd) มีค่าเท่ากับ 0 r จะมีค่าอยู่ระหว่าง 10 ถึง 55 และ (jj-hd) มีค่าที่ 32 ค่า r จะมีค่าอยู่ระหว่าง 33 ถึง 64 จากผลการคำนวณหาค่า r ที่บริเวณต่างๆ จะเห็นว่าค่า r กวาดจากค่า 1 ไปยัง 64 ทำให้เก็บรายละเอียดที่มุม 45 องศาได้หมด

เมื่อคำนวณหาตำแหน่งการกวาดของค่า r ได้แล้วก็นำไปหาผลรวมของจุดสว่างตามระดบ Gray Level ที่มีค่า r ตรงกันโดยส่วนของโปรแกรมที่ 3.2

```
proj[r][n]  =  proj[r][n] + g[i][j]          (3.2)
```

สมการที่ 3.2 ทำหน้าที่หาผลรวมของ g[i][j] ตามระดับ ความเทา ที่จุด [i][j] นั้นๆ ตัวแปรอะเรย์ g[i][j] เป็นตัวแปรที่มีขนาด64 x 64 ซึ่งจะแทนระดับ ความเทา ของจุดต่างๆที่อยู่บนกรอบรูป จากส่วนของโปรแกรมที่ 3.2 จะเขียนเป็นสมการคณิตศาสตร์ที่ดังสมการที่ 3.3

```
proj[r][n]  =  g[i][j]                       (3.3)
```

สมการที่ 3.3 ตัวแปร proj[r][n]เก็บผลรวมของ g[i][j] ตามแนวทางเดิน r ที่มุม n ใดๆ ตัวแปร r เปลี่ยนค่าตั้งแต่ 1 ถึง 64 ในแต่ละค่าของ n

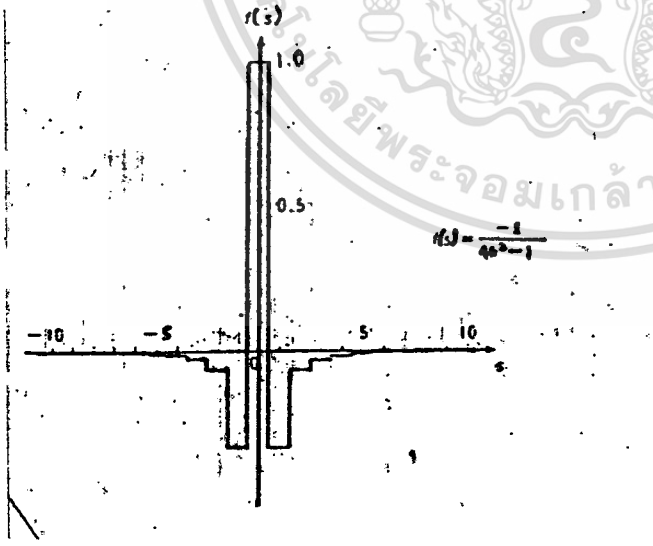
โปรแกรม อินเวอร์ โปรเจกชั่น จะนำค่าของข้อมูลโปรเจกชั่นที่ทำจากโปรแกรมแรกมาผ่านกระบวนการ ฟิลเตอร์ และ แบล็ก โปรเจกชั่น เพื่อสร้างรูปกลับออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนความ ข้างล่างนี้คือ กระบวนความ ฟิลเตอร์

```
procedure filter_and_convolution;
var  p,k     :integer;
           coef    :real;
begin
     coef:=1/(64*2);
     for p:=-128+1 to 128 do
        ft[p+128]:=coef/(1-4*p*p);
     for k:=1 to FNB do
     begin
          load_d(fvar1,k,filtp);
          convolution;
          save_d(fvar2,k,filtp);
     end;
end;
```

ค่า coef มีค่าเท่ากับ1/2*DNI
DNIเท่ากับ64 ftคือตัวแปรขนาด
128 loop for ทำหน้าที่fill
ค่าใส่ในตัวแปร ft โดยเริ่มจาก
ค่า p เท่ากับ -63 ถึง 64 ค่าp
เพิ่มทีละหนึ่ง ค่า p ที่เปลี่ยนไปถูก
นำมาใช้คำนวณโดยโปรแกรมส่วน
ft[p+DNI]=coef/(1-4*p*p)
ค่าของft มีค่าสูงสุดเมื่อ p เท่า
กับศูนย์ซึ่งตรงกับค่า ft[64]ส่วน
ft[1] และft[128] มีค่าน้อยที่
สุดนำค่า ft ทั้ง 128ค่ามาเขียน
ตั้งแต่ ft[1] ถึง ft[128] จะ
ดังรูป (3.4)



รูปที่ 3.4 แสดงกราฟของ function filterที่จะนำมา convolutionกับข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวแปร ft จะนำไป คอนโวลูชั่น กับข้อมูล โปรเจกชั่น ที่ได้จากโปรแกรมที่แล้ว ซึ่งเก็บไว้ในตัวแปร filtp

```
procedure convolution;
var  i,j,t    :integer;
     grf      :array[1..128] of real;
begin
     for j:=1 to 32 do
     begin
          for t:=1 to 128 do grf[t] :=0.0;
          for t:=1 to 128 do
             for i:=1 to 128 do
               grf[t] := grf[t] + filtp[i,j]*ft[i+t-1];
                    { filtered data is stored here }
           for i:=1 to 128 do    filtp[i,j] := grf[128+1-i];
      end;
end;
```

การทำ คอนโวลูชั่น(convolution)ในส่วนนี้เป็นการทำ คอนโวลูชั่น ของตัวแปร อะเรย์ 2 ตัวที่มีมิติไม่เท่ากันโดยตัวแปร filtp เป็นตัวแปร อะเรย์ 2 มิติขนาด 63 x 32 ส่วนตัวแปร ft เป็นตัวแปรมิติเดียวขนาด 128 การทำ คอนโวลูชั่น จะนำตัวแปร ft ทีละแถว โดยในตอนแรกนำค่า filtp[a][1] มาทำคอนโวลูชั่นกับ ftก่อนเมื่อทำจนหมดแถวแรกแล้วก็นำ filtp[a][2] มาทำ คอนโวลูชั่น กับ ft ต่อไปทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆจนครบทั้ง 32 แถวของ filtp

การทำ คอนโวลูชั่น ของ 2 อะเรย์ เราจะถือว่า filtp เป็น สัญญาน (signal)ส่วน ft เป็น เรสปอน์(response) เราต้องสลับลำดับของ เรสปอน์ แล้วนำมาคูณกับสัญญาน สัญญาน ดังสมการที่ 3.5

```
grf[t]  =   filtp[a][b] + ft[a+(DNI-t)]          (3.4)
```

ตัวแปร grf เป็นตัวแปรที่ใช้เก็บผลรวมของผลคูณระหว่างตัวแปรfiltp[a][b]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับตัวแปร ft[a+(DN]-t)] โดยที่ a มีค่า ตั้งแต่ 1 ถึง 64 ส่วนค่า b คงที่

grf[1] = filtp[1][b]xft[64] + filtp[2][b]xft[65] + filtp[3][b]xft[66] +.. + filtp[64][b]xft[127] = -2.04192e-04

grf[2] = filtp[1][b]xft[63] + filtp[2][b]xft[64] + filtp[3][b]xft[65] +.. + filtp[64][b]xft[126] = -2.16078e-04

grf[3] = filtp[1][b]xft[62] + filtp[2][b]xft[63] + filtp[3][b]xft[64] +.. + filtp[64][b]xft[125] = -2.29059e-04

.

.

.

grf[64] = filtp[1][b]xft[1] + filtp[2][b]xft[2] + filtp[3][b]xft[3] + .. + filtp[64][b]xft[64] = -3.27525e-04

นำข้อมูลที่ผ่านการ ฟิลเตอร์ แล้วมาผ่านกระบวนการ แบล็ก โปรเจกชั่น เพื่อเป็นข้อมูลที่ใช้สำหรับการสร้างภาพ ซึ่งการทำ แบล็ก โปรเจกชั่น ที่จุด(x,y) ใดๆ ก็คือการหาผลรวมของ โปรเจกชั่น (ที่ผ่านการ filter แล้ว)ทุกๆองศา ที่มีค่า r ลากผ่านจุด (x,y) นั้นๆ

```
procedure inv_โปรเจกชั่น(kk,k:integer);
var   i,j,r,n,nn,jj,ii,y    :integer;
      cs,sn,nw,dif          :real;
begin
     load_dd(fvar3,k,reconp);
     for j:=1 to 64 do
     begin
          jj:=j+(kk-1)*64;
          if  j<=32  then   y:=j    else  y:=j-32;
          for i:=1 to 128 do
          begin
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                for n:=1 to 32 do
                begin
                    nn:=n+(k-1)*32-1;
                    nw:=nn*w; cs:=cos(nw); sn:=sin(nw);
                    r:=round((i-hd)*cs+(jj-hd)*sn)+hd;
                    if (r>0) and (r<=128) then
                       reconp[i,y] := reconp[i,y]+filtp[r,n];
                    dif:=reconp[i,y]-maxval;
                    if dif>0 then  maxval:=reconp[i,y];
                end;

            end;
        end;
    end;
```

ค่า n เป็นตัวกำหนดองศาการทำ แบล็ก โปรเจกชั่น โดยจะถูกหาค่าออกมาในรูป nn ค่าของ nn จะมีค่าอยู่ 2 ช่วงคือ nn มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 31 เมื่อ k มีค่าเท่ากับ 1 และมีค่า ตั้งแต่ 32 ถึง 63 เมื่อ k มีค่าเท่ากับ 2 จากนั้นก็นำค่า nn มาคูณกับ $\pi/64$ เก็บไว้ในตัวแปร nw ฉะนั้นเราสามารถสรุปได้ว่า nw มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง $31\pi/64$ เมื่อ k ที่ ส่งมาจาก โปรแกรมหลักมีค่าเท่ากับ 1 และ nw มีค่าอยู่ระหว่าง $32\pi/64$ ถึง $63\pi/64$ เมื่อ k จะมีค่าเท่ากับ 2 ค่าของnwถูกนำไปเป็นค่าองศาสำหรับคำนวณค่า cos และsin ซึ่งนำไปคำนวณหาค่า r ต่อไป ตัวแปร kkเป็นตัวแปรที่ใช้กำหนดบริเวณของการทำ แบล็ก โปรเจกชั่น โดยที่ kk มีค่าเท่ากับ 1 จะทำ แบล็กโปรเจกชั่น บนกรอบรูปด้านบน เมื่อ kk มีค่าเท่ากับ 2 จะทำ แบล็กโปรเจกชั่น กรอบรูปด้านล่าง การคำนวณหาค่า r ใช้สมการที่ (3.5)

$$r = [(i-hd)\times\cos(\theta) + (jj-hd)\times\sin(\theta)] + hd \qquad (3.5)$$

ค่า r เป็นค่าที่ลากผ่านจุด(i,j)ในแต่ละองศา ค่าข้อมูลที่ได้ทำแบล็กโปรเจกชั่นจะเก็บไว้ในตัวแปร reconp ซึ่งเป็นตัวแปรขนาด 64x32 ตัวแปร reconp เก็บข้อมลทีละครึ่งกรอบรปแล้วเก็บลงไฟล์ ค่าของตัวแปรreconpคำนวณได้จากสมการที่ (3.6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

reconp[i][j] = reconp[i][j] + filtp[r][n] (3.6)

ค่า i และ j จะแทนตำแหน่งต่างๆบนกรอบรูป เมื่อค่า i และ j เปลี่ยนไป ค่า r ก็เปลี่ยนตามไปด้วยดังสมการ (3.7)

$$r = [(i-hd)\times\cos(\theta) + (jj-hd)\times\sin(\theta)] + hd \quad (3.7)$$

ฉะนั้นตัวตัวแปร reconp ตัวหนึ่งๆจะเก็บผลรวมของค่าโปรเจกชั่น (ที่ผ่านการทำ filterแล้ว) ที่มีค่า r ตรงกับสมการที่ (3.7) เช่น reconp[25][20] ก็เก็บค่าโปรเจกชั่นที่มีค่า r ลากผ่านจุด(25,20) (i=25,j=20) สมมุติให้ k เท่ากับ 2 คำนวณค่าjjออกมาได้ jj = 20+(k-1)*32 = 52 นำค่าทั้งหมดไปหาค่า r ได้ดังสมการ (3.8)

$$r = [(25-32)\times\cos(\theta) + (52-32)\times\sin(\theta)] + 32 \quad (3.8)$$

$$= [-7\times\cos(\theta) + 20\times\sin(\theta)] + 32$$

ที่ $\theta = 0$

$$r = [-7\times\cos(0) + 20\times\sin(0)] + 32$$

$$= 25$$

เอาค่าจากตัวแปร filtp[25][1] มาเก็บไว้ในตัวแปร reconp[25][20]

ที่ $\theta = 45$

$$r = [-7\times\cos(45) + 20\times\sin(45)] + 32$$

$$= 41.1923$$

$$= 41 \text{ (ปัดเป็นเลขจำนวนเต็ม)}$$

เอาค่าจากตัวแปร filtp[41][16]มาบวกกับค่าในตัวแปร reconp[25][20]ที่มีอยู่เดิม ใช้สมการ(3.8)คำนวณหาค่า r ทุกๆองศาตั้งแต่ 0 ถึง180 องศาโดยการเปลี่ยนค่า θ ไปเรื่อยๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

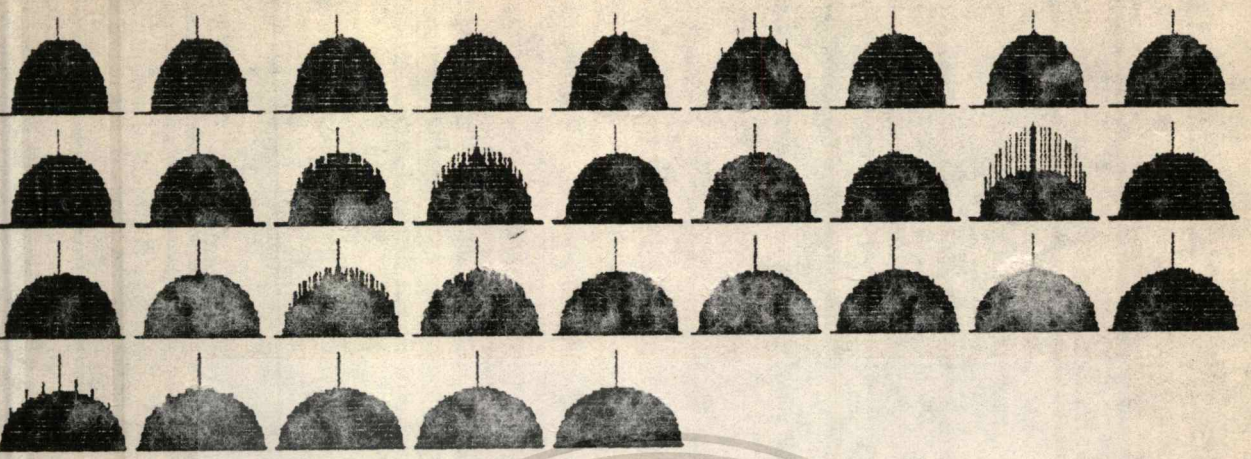
การทดลองการทำโดรเจกชั่นกระทำบนกรอบรูปขนาด 64x64จุด ที่มีวงรีแบบต่างๆกัน และมีระดับความเข้มในแต่ละวงไม่เท่ากัน

4.1 วงรีรูปเดียว

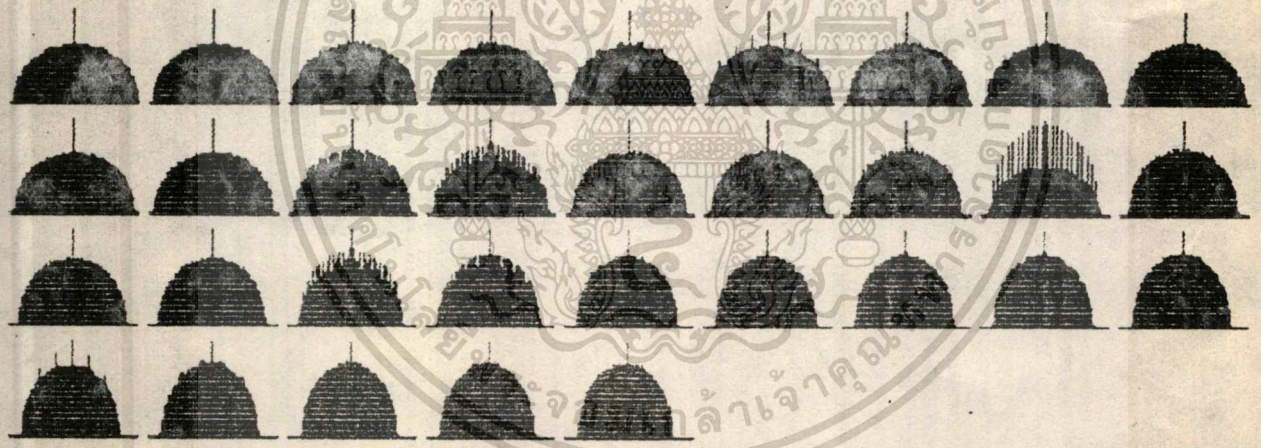
จากรูปที่ 4.1.1 แสดงภาพที่จะนำมาทำโปรเจกชั่นกรอบรูปขนาด 64x64จุด มีระดับความเทาภายในวงรีเท่ากับ 15 และมีระดับความเทาภายนอกเท่ากับศูนย์ ส่วนรูปที่ 4.1.2 และ 4.1.3 เป็นภาพโปรเจกชั่นของรูปที่ 4.1 ตั้งแต่ 0 จนถึง 180 องศา

รูปที่ 4.1.1 แสดงภาพที่จะนำมาทำโปรเจกชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



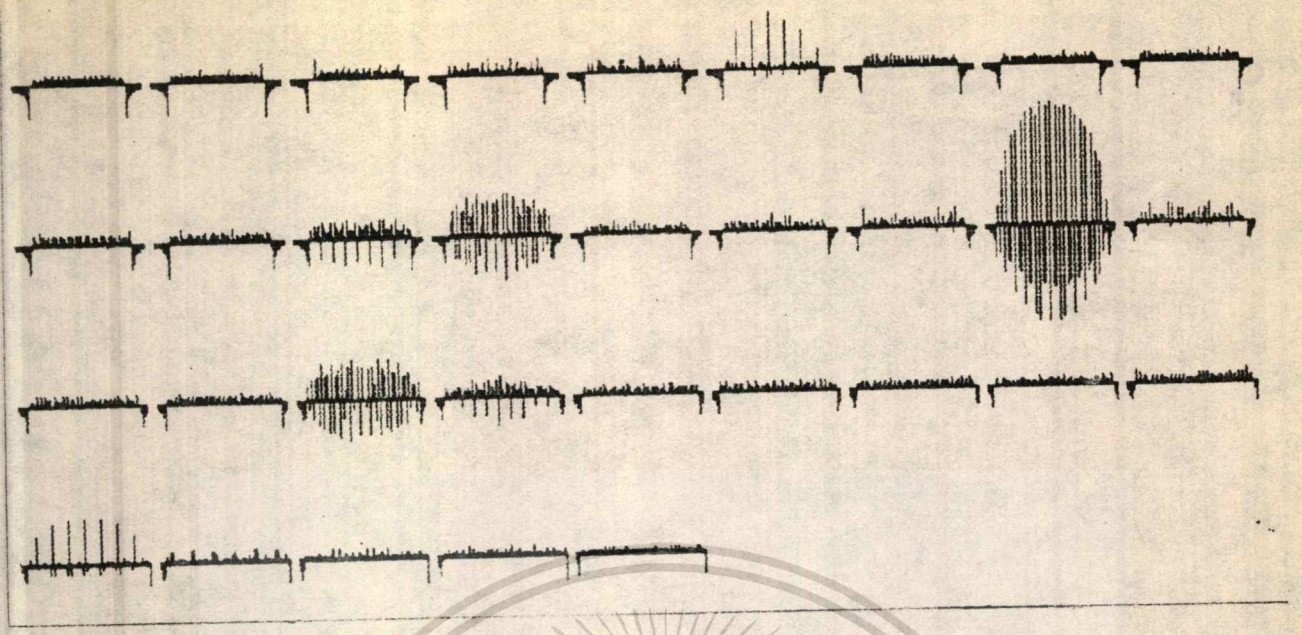
รูปที่ 4.1.2 แสดงภาพโปรเจกชั่นตั้งแต่ 0 จนถึง 90 องศา



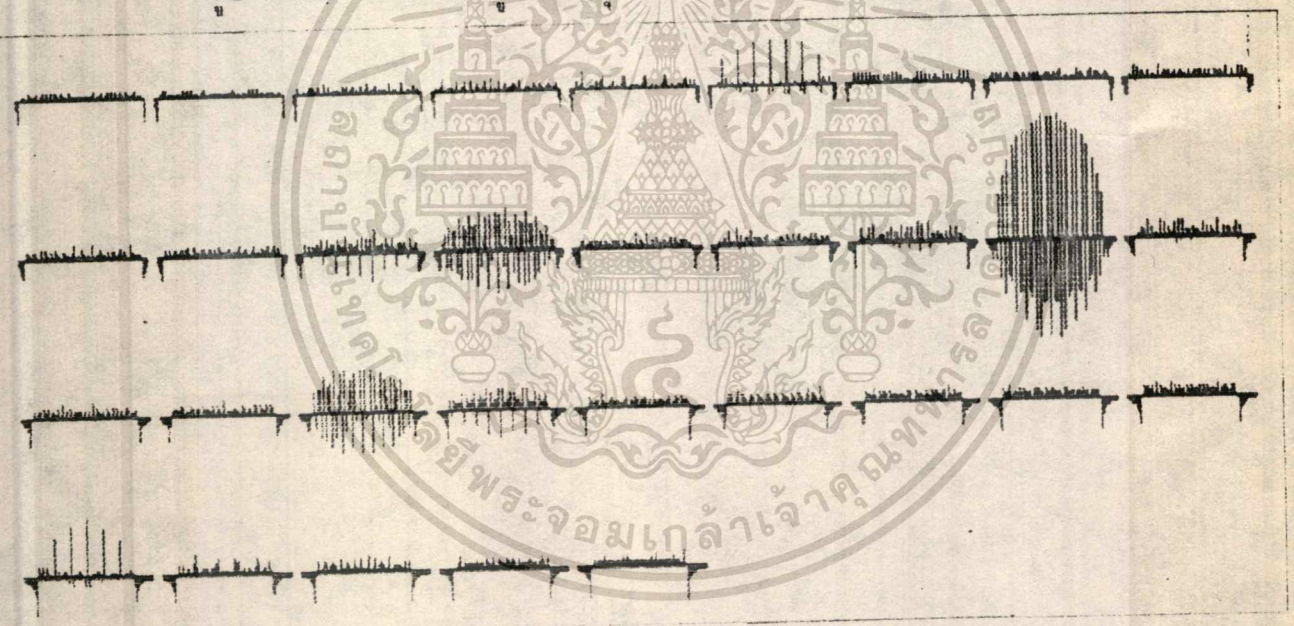
รูปที่ 4.1.3 แสดงภาพโปรเจกชั่นตั้งแต่ 90 จนถึง 180 องศา

รูปที่ 4.1.4 และ 4.1.5 แสดงข้อมูลของรูปที่ 4.1.2 และ 4.1.3 ที่ผ่านการฟิลเตอร์แล้วโดยนำข้อมูลของรูปที่ 4.1.4 และ 4.1.5 มาทำคอนโวลูชั่นกับตัวฟังก์ชั่นของสมการที่ 2.11 โดยที่รูปที่ 4.1.4 แสดงข้อมูลที่ถูกฟิลเตอร์ตั้งแต่มุม 0 จนถึง 90 องศา ส่วนรูปที่ 4.1.5 แสดงข้อมูลที่ถูกฟิลเตอร์ตั้งแต่มุม 91 จนถึง 180 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

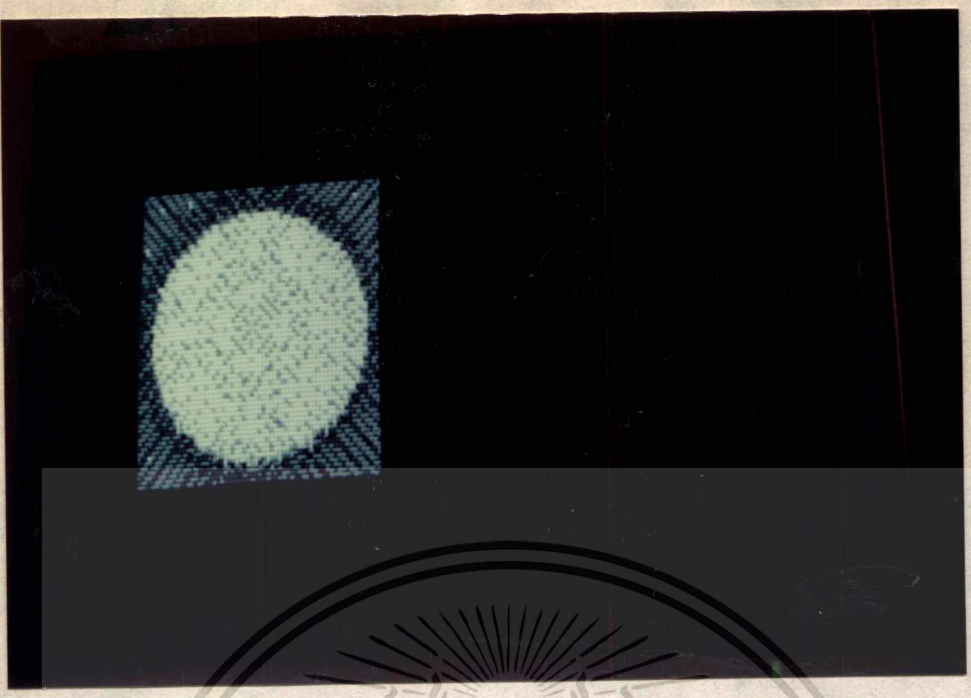


รูปที่ 4.1.4 แสดงข้อมูลตั้งแต่มุม 0 จนถึง 90 องศาที่ผ่านฟิลเตอร์



รูปที่ 4.1.5 แสดงข้อมูลตั้งแต่มุม 91 จนถึง 180 องศาที่ผ่านฟิลเตอร์

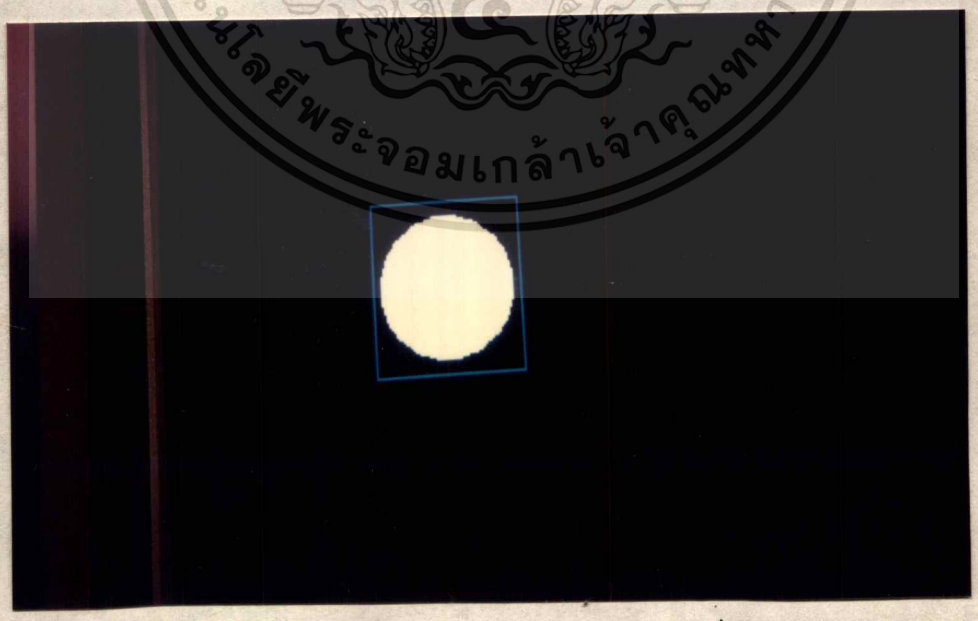
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1.6 แสดงภาพตัดขวางที่ทำออกมาได้

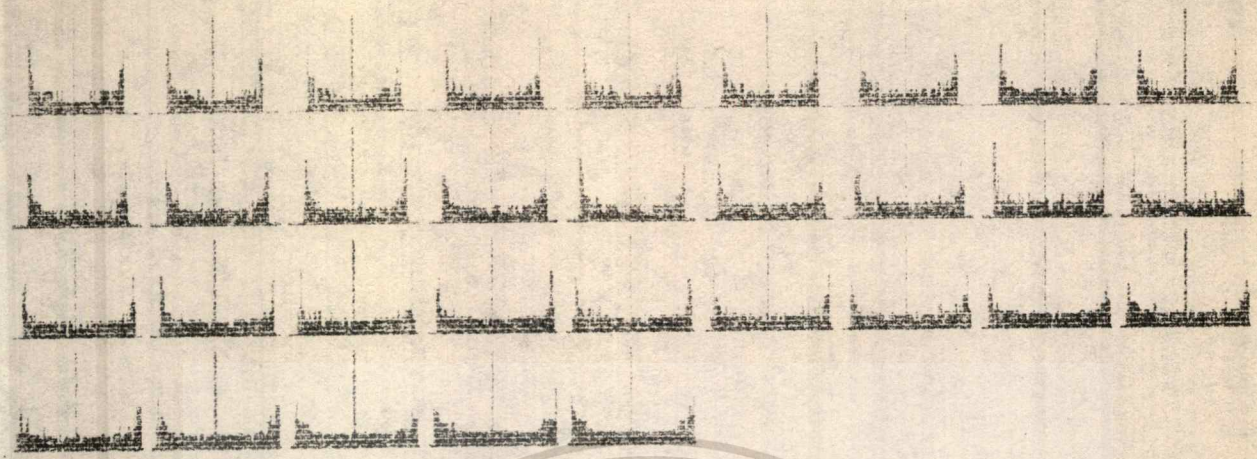
4.2 วงรีรูปเดียวที่ภายในกลวง

จากรูปที่ 4.2.1 แสดงภาพที่จะนำมาทำโปรเจกชั่นกรอบรูปขนาด 64x64จุด มีระดับความเทาบริเวณขอบของวงรีเท่ากับ 15 และมีระดับความเทาภายนอกและภายในเท่ากับศูนย์ส่วนรูปที่ 4.2.2 และ 4.2.3 เป็นภาพโปรเจกชั่นของรูปที่4.2 ตั้งแต่ 0 จนถึง 180 องศา

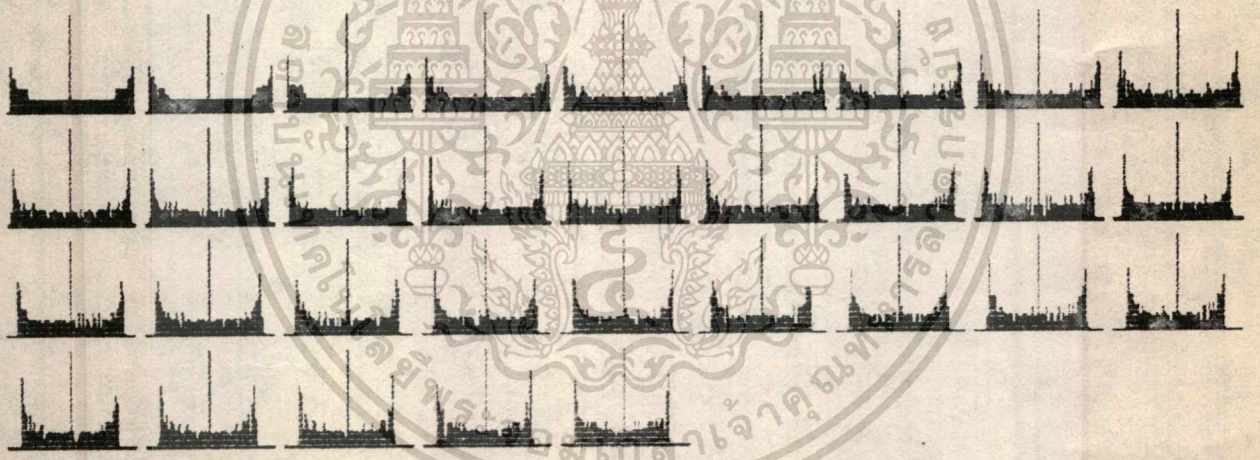


รูปที่ 4.2 แสดงภาพที่จะนำมาทำโปรเจกชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



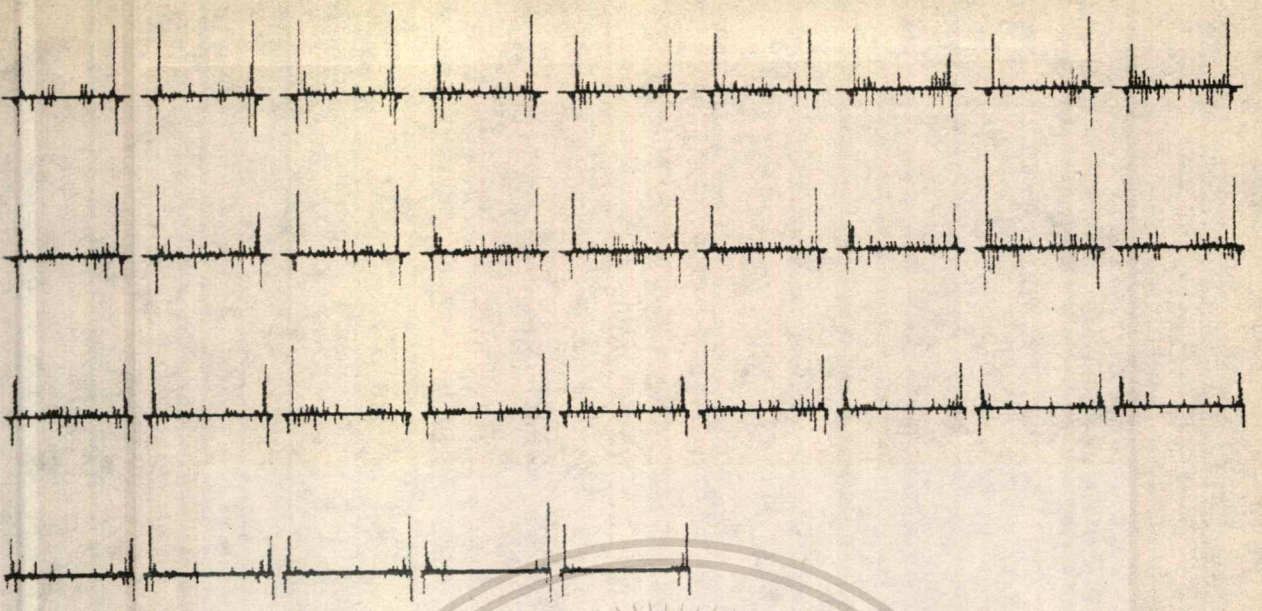
รูปที่ 4.2.2 แสดงภาพโปรเจกชั่นตั้งแต่ 0 จนถึง 90 องศา



รูปที่ 4.2.3 แสดงภาพโปรเจกชั่นตั้งแต่ 91 จนถึง 180 องศา

รูปที่ 4.2.4 และ 4.2.5 แสดงข้อมูลของรูปที่ 4.2.2 และ 4.2.3 ที่ผ่านการฟิลเตอร์แล้วโดยนำข้อมูลของรูปที่ 4.2.4 และ 4.2.5 มาทำคอนโวลชั่นกับตัวฟังก์ชั่นของสมการที่ 2.11 โดยที่รูปที่ 4.2.4 แสดงข้อมูลที่ถูกฟิลเตอร์ตั้งแต่มุม 0 จนถึง 90 องศา ส่วนรูปที่ 4.2.5 แสดงข้อมูลที่ถูกฟิลเตอร์ตั้งแต่มุม 91 จนถึง 180 องศา

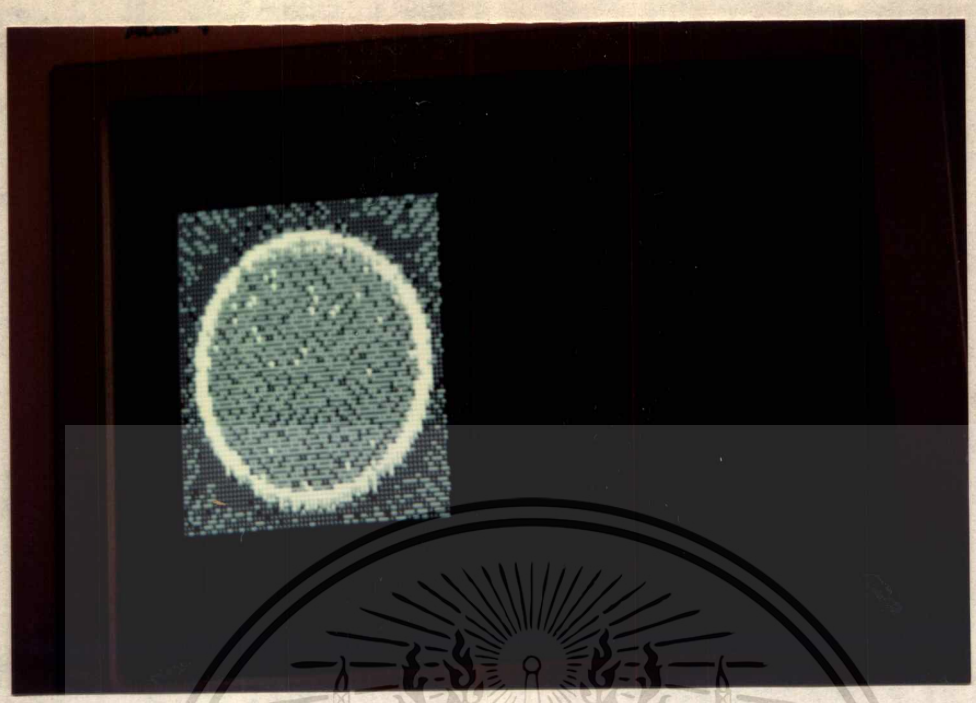
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2.4 แสดงข้อมูลตั้งแต่มุม 0 จนถึง 90 องศาที่ผ่านฟิลเตอร์

รูปที่ 4.2.5 แสดงข้อมูลตั้งแต่มุม 91 จนถึง 180 องศาที่ผ่านฟิลเตอร์

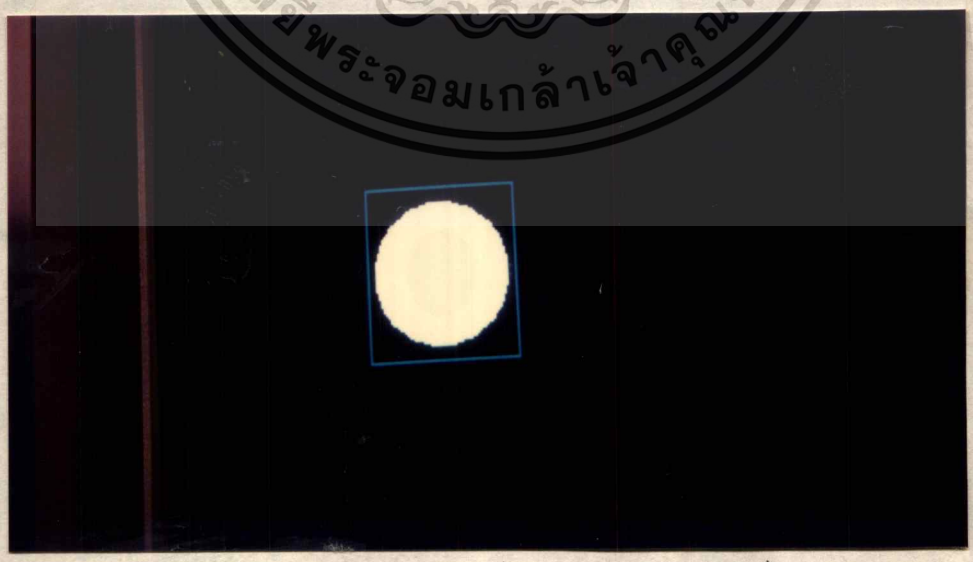
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2.6 แสดงภาพตัดขวางที่ทำออกมาได้

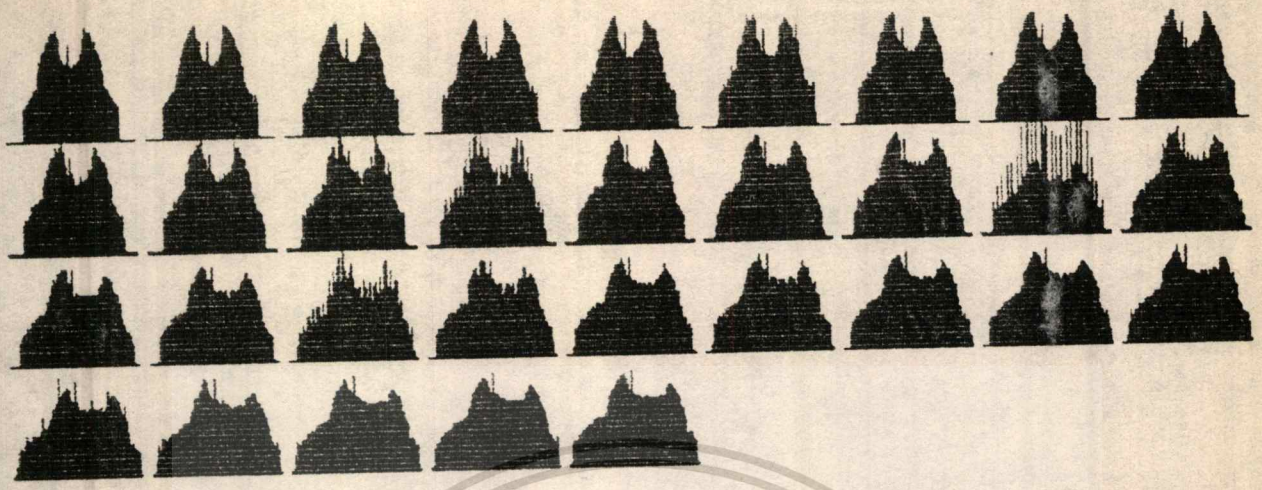
4.3 วงรีสามวงที่มีระดับความเข้มต่างกัน

จากรูปที่ 4.3.1 แสดงภาพที่จะนำมาทำโปรเจกชั่นกรอบรูปขนาด 64x64จุด มีระดับความเทาบริเวณของวงรีวงนอกเท่ากับ 15และมีระดับความเทาของวงรีวงกลางเท่ากับ 63 และวงรีวงในสุดเท่ากับศูนย์ ส่วนรูปที่ 4.2.2 และ 4.2.3เป็นภาพโปรเจกชั่นของรูปที่4.2 ตั้งแต่ 0 จนถึง 180 องศา

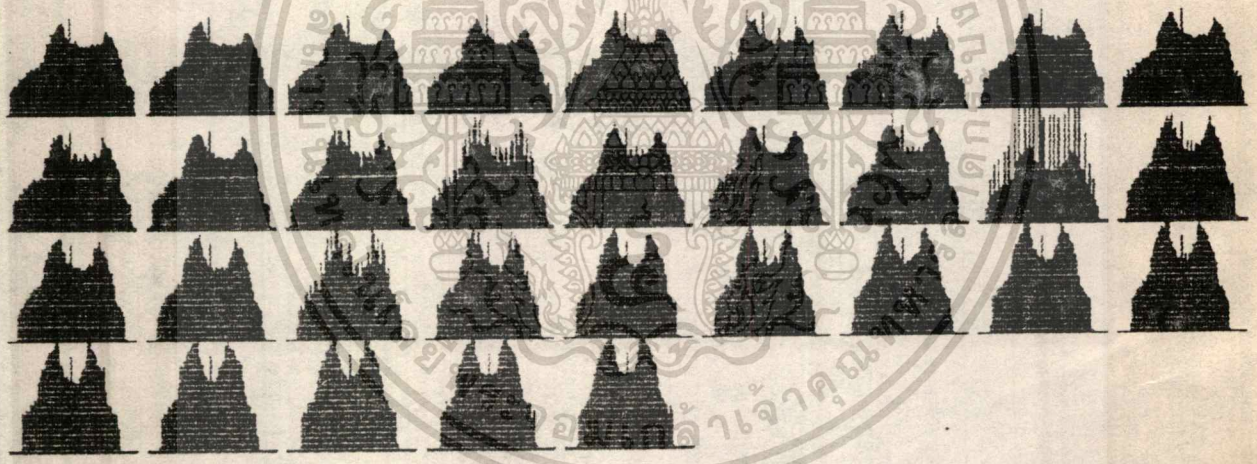


รูปที่ 4.3.1 แสดงภาพที่จะนำมาทำโปรเจกชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



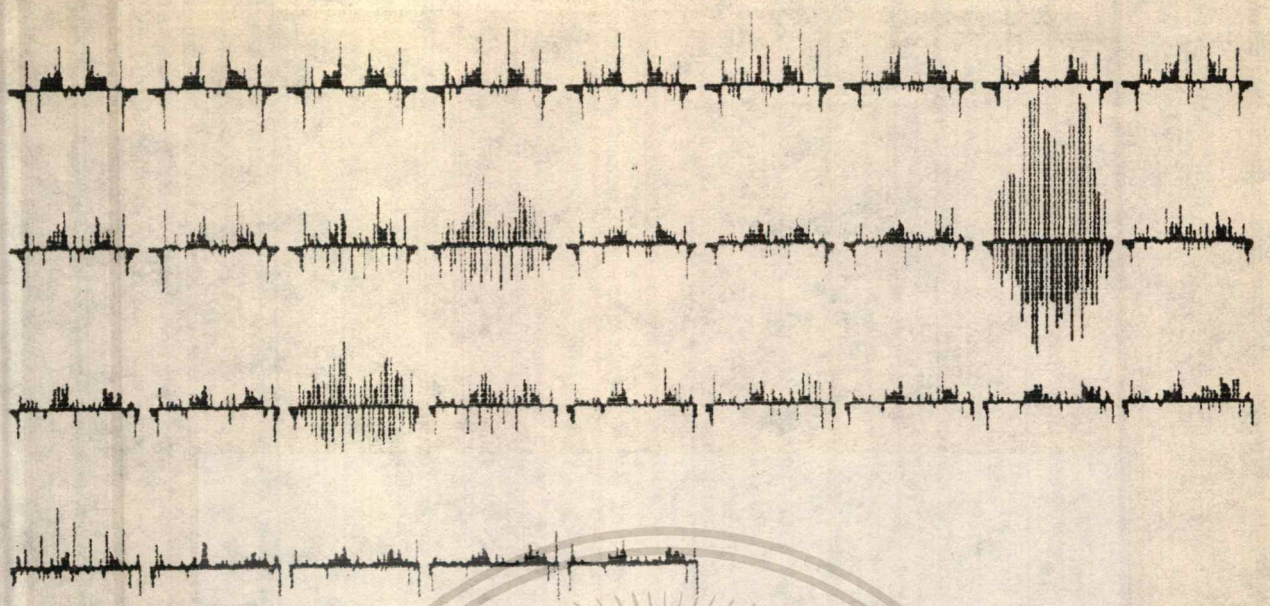
รูปที่ 4.3.2 แสดงภาพโปรเจกชั่นตั้งแต่ 0 จนถึง 90 องศา



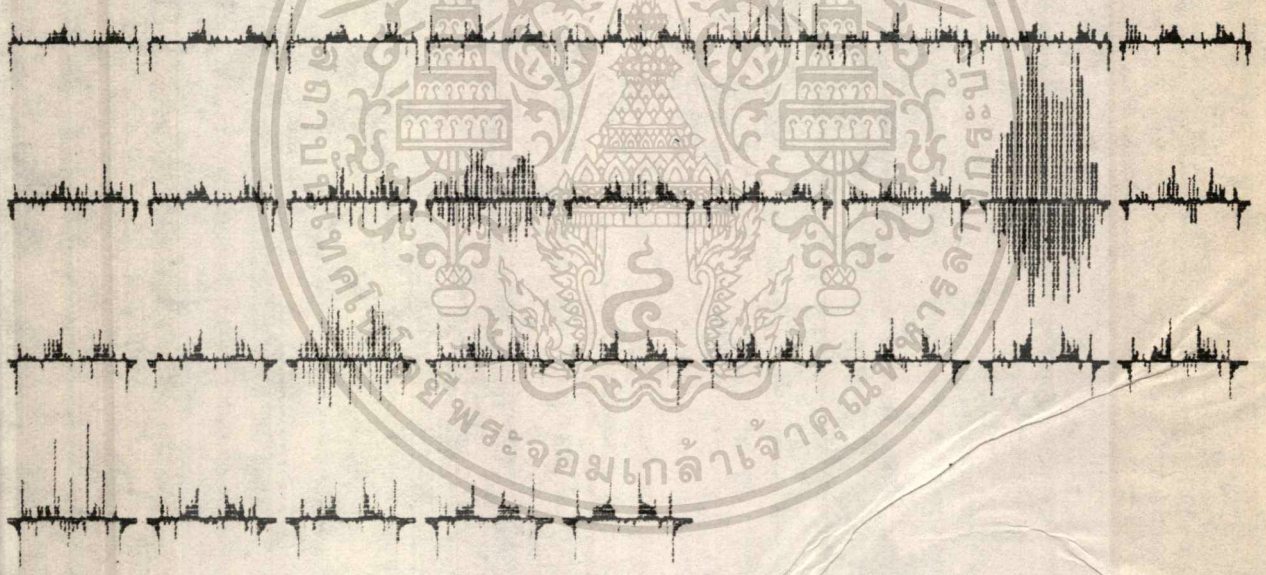
รูปที่ 4.3.3 แสดงภาพโปรเจกชั่นตั้งแต่ 91 จนถึง 180 องศา

รูปที่ 4.3.4 และ 4.3.5 แสดงข้อมูลของรูปที่ 4.3.2 และ 4.3.3 ที่ผ่านการฟิลเตอร์แล้วโดยนำข้อมูลของรูปที่ 4.3.4 และ 4.3.5มาทำคอนโวลูชั่นกับตัวฟังก์ชั่นของสมการที่ 2.11โดยที่รูปที่ 4.3.4 แสดงข้อมูลที่ถูกฟิลเตอร์ตั้งแต่มุม 0 จนถึง 90 องศา ส่วนรูปที่ 4.3.5 แสดงข้อมูลที่ถูกฟิลเตอร์ตั้งแต่มุม 91 จนถึง 180 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

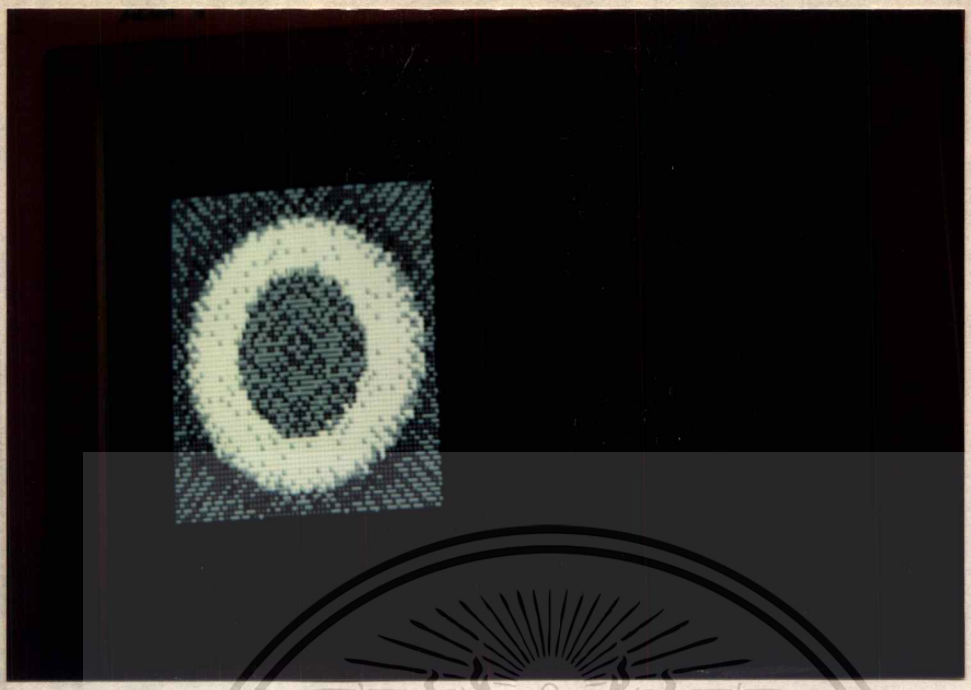


รูปที่ 4.3.4 แสดงข้อมูลตั้งแต่มุม 0 จนถึง 90 องศาที่ผ่านฟิลเตอร์



รูปที่ 4.3.5 แสดงข้อมูลตั้งแต่มุม 91 จนถึง 180 องศาที่ผ่านฟิลเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3.6 แสดงภาพตัดขวางที่ทำออกมาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์ผล

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้กล่าวถึงหลักการอย่างคร่าวๆของหลักการทำงานของเครื่องเอ็กซ์เรย์โทรโมกราฟแบบรังสีขนานโดยได้กล่าวถึงหลักการทางคณิตศาสตร์ที่จำลองการฉายรังสีของเครื่อง และการประมวลผลข้อมูลของเครื่องที่จะทำให้ได้ภาพตัดขวางที่จำลองเอาไว้กลับออกมา การจำลองการทำงานของเครื่องได้ทำบนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ที่ใช้ 80286 เป็นตัวประมวลผลทำงานที่16เม็กกะเฮิทซ์ โดยใช้โปรแกรมภาษาปาสคาลในการจำลองการทำงานของเครื่องทั้งหมด โปรแกรมแบ่งออกเป็น 2 โปรแกรม

โปรแกรมแรกจำลองการทำงานของเครื่องฉายรังสี โดยใช้เวลาการประมวลผลประมาณ 2 นาที ในการทำภาพขนาด 64x64 จุด

โปรแกรมที่สองจำลองการประมวลผลของเครื่อง โดยนำข้อมูลที่ทำได้จากส่วนแรกมาประมวลผลแล้วสร้างภาพตัวขวางออกมา ข้อมูลจะผ่านกระบวนการฟิลเตอร์ก่อน ใช้เวลาในขั้นตอนนี้ประมาณ 1 นาที จากนั้นก็จะนำข้อมูลที่ได้มาผ่านกระบวนการ แบล็กโปรเจกชั่น ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 3 นาที เมื่อเสร็จกระบวนการทั้งหมดแล้วก็จะนำข้อมูลมาใช้ในการสร้างภาพตัดขวางกลับออกมา

จะเห็นว่ากระบวนการทั้งหมดใช้เวลาในการประมวลผลนานหลายนาที ภาพที่มีขนาด64x64จุดใช้เวลาในการประมวลผลทั้งหมด 6 นาทีถ้าเป็นการประมวลผลบนภาพที่มีขนาดใหญ่กว่านี้จะต้องใช้เวลามากกว่านี้มากในจุดนี้เราอาจแก้ไขได้โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีความเร็วมากกว่านี้ หรืออาจเปลี่ยนวิธีการกวาดของลำรังสีให้เปลี่ยนไปกวาดแบบกรวย (fan beam โปรเจกชั่น)ซึ่งสามารถลดเวลาในการ

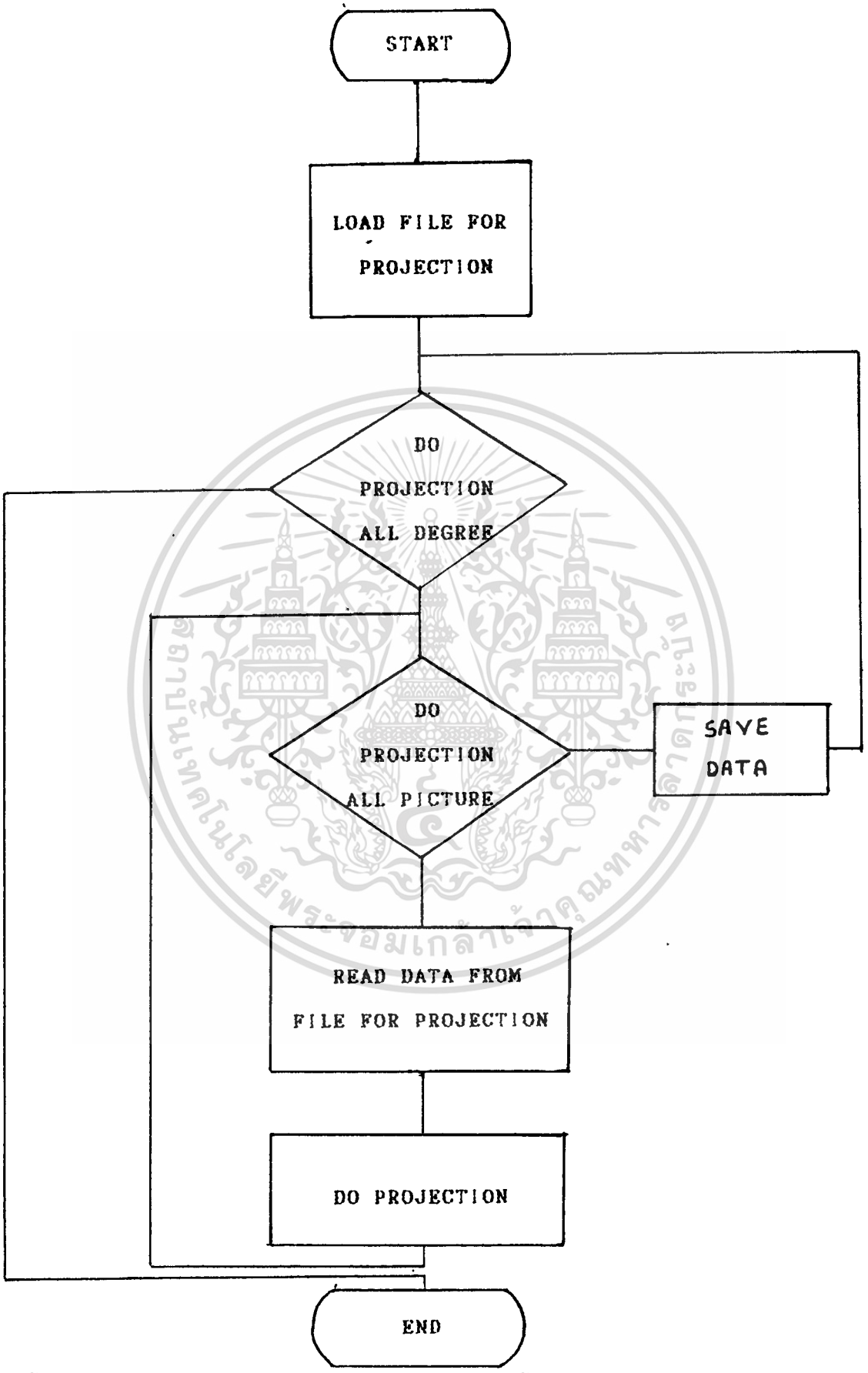
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม Projection

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
program project;
const    DNI=64;DNJ=32;FNB=2;
type     filary  = array[1..FNB] of text;
         datary2 = array[1..DNI,1..DNJ] of integer;
var      i,j,k,hd,kk        : integer;
         fvar0              : text;
         fvar1              : filary;
         g,proj             : datary2;
         w                  : real;
procedure save_f(fvar:filary;k:integer;var fnam:datary2);
var      i,j   : integer;
begin
     rewrite(fvar[k]);
     for j:=1 to DNJ do for i:=1 to DNI do
          writeln(fvar[k],fnam[i,j]);
     close(fvar[k]);
end;
procedure load_f(fvar:filary;k:integer;var fnam:datary2);
var      i,j   : integer;
begin
     reset(fvar[k]);
     for j:=1 to DNJ do for i:=1 to DNI do
          readln(fvar[k],fnam[i,j]);
     close(fvar[k]);
end;
procedure assign_init_files;
var      i,j,k   : integer;
         ch : string[2];
         st : string[30];
begin
     hd := DNI div 2; w := PI/DNI;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      write('file name of data for projection  : '); readln(st);
      str(DNI,ch);   assign(fvar0,st);
      for k := 1 to FNB do
      begin
           str(k,ch);
           assign(fvar1[k],'projdat' +ch+ '.dat');
      end;
      for k :=1 to FNB do
      begin
           for j:=1 to DNJ do for i:=1 to DNI do
                proj[i,j] := 0;
           save_f(fvar1,k,proj);
      end;
end;

procedure read_in_g;
var   i,j  :  integer;
begin
      for j := 1 to DNJ do for i := 1 to DNI do
           read(fvar0,g[i,j]);
end;

procedure projection(kk,k:integer);
var   r,n,nn,i,j,jj     :  integer;
      cs,sn,nw          :  real;
begin
      for n:=1 to DNJ do
      begin
           nn := n+(kk-1)*DNJ-1;
           nw := nn*w; cs := cos(nw); sn := sin(nw);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

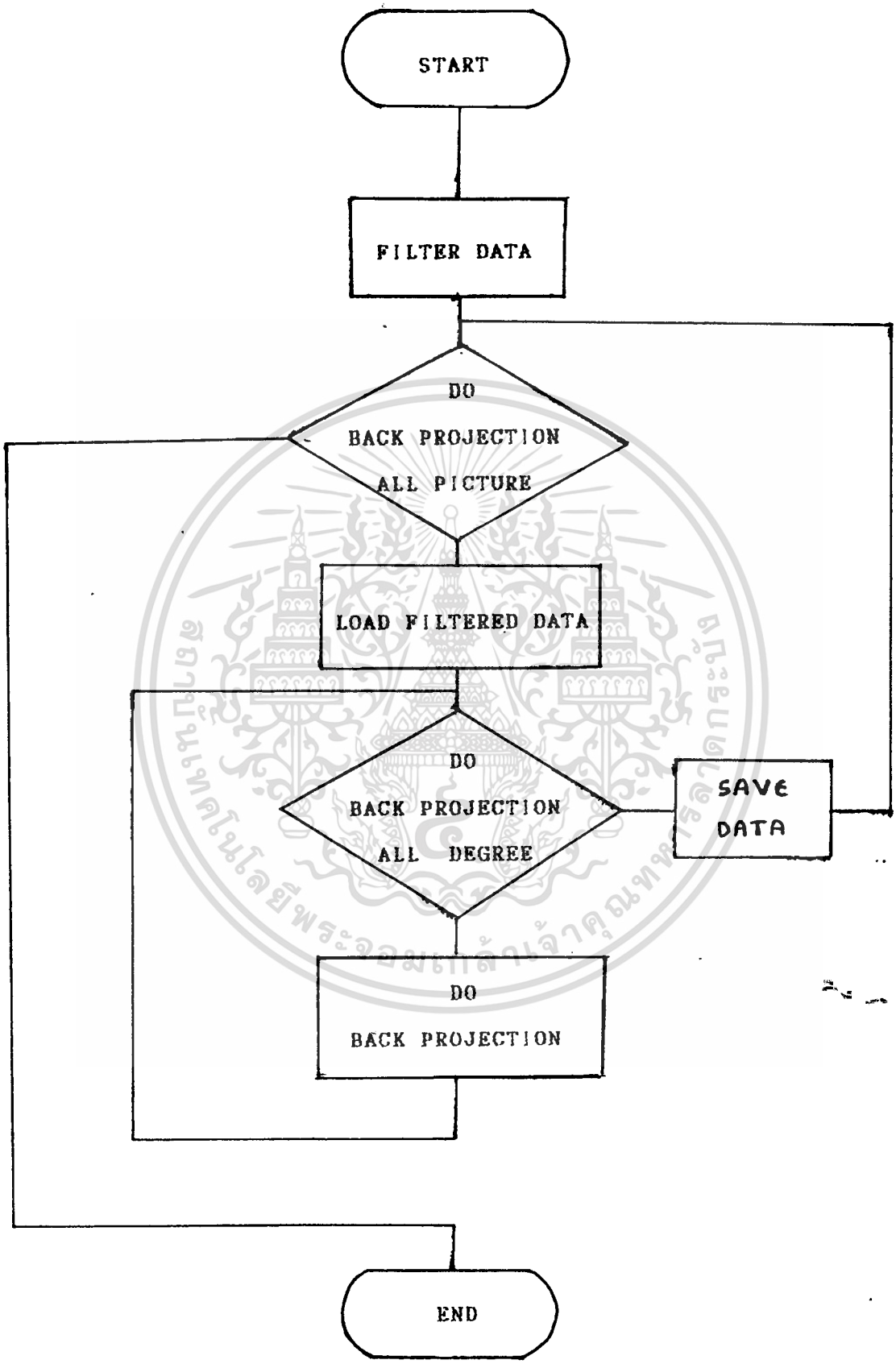
```
            for j:=1 to DNJ do
            begin
                  jj:=j+(k-1)*DNJ;
                  for i:=1 to DNI do
                  begin
                        r:=round((i-hd)*cs+(jj-hd)*sn)+hd;
                          if(r>0) and (r<DNI+1) then
                              proj[r,n] := proj[r,n]+g[i,j];
                   end;
            end;                  write('<');
      end;
end;

begin      { of main}
      assign_init_files;
      for kk:=1 to FNB do
      begin
            load_f(fvar1,kk,proj);
            reset(fvar0);
            for k:=1 to FNB do
            begin
                  read_in_g;
                  projection(kk,k);
                  write('|');
            end;     writeln;
            save_f(fvar1,kk,proj);
      end;
end.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม Inverse Projection

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
program  inverse_projection;
uses graph,crt;
const    DNI=64; DNJ=32; FNB=2; DDN=128;
type     datary2 = array[1..DNI,1..DNJ] of real;
         datary  = array[1..DNI] of real;
         filary  = array[1..FNB] of text;
var      filtp,reconp        :datary2;
         grf                 :datary;
         fvar1,fvar2,fvar3   :filary;
         ft                  :array[1..DDN] of real;
         maxval,w            :real;
         hd,k,kk             :integer;
procedure init_param;
var      i,j,k     :integer;
         a         :string[1];
begin
     hd:=DNI div 2;maxval:=0.0;w:=PI/DNI;
     for k:=1 to FNB do
     begin
          str(k,a);
          assign(fvar1[k],'projdat' +a+  '.dat'); { name of data }
          assign(fvar2[k],'filtdat' +a+  '.dat');
          assign(fvar3[k],'recon' +a+  '.dat');
      end;
end;

procedure load_d(fvar:filary;k:integer;var fnam:datary2);
var  i,j  :integer;
begin
     reset(fvar[k]);
     for j:=1 to DNJ do
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        for i:=1 to DNI do
              readln(fvar[k],fnam[i,j]);
        close(fvar[k]);
end;
procedure save_d(fvar:filary;k:integer;var fnam:datary2);
var  i,j  :integer;
begin
     rewrite(fvar[k]);
     for j:=1 to DNJ do
        for i:=1 to DNI do
            writeln(fvar[k],fnam[i,j]);
      close(fvar[k]);
end;
procedure init_ary;
var  i,j,k   :integer;
begin
     for k:=1 to FNB do
     begin
           for j:=1 to DNJ do
               for i:=1 to DNI do
                   reconp[i,j] := 0.0;
           save_d(fvar3,k,reconp);
     end;
end;
procedure convolution;
var  i,j,t   :integer;
     grf     :array[1..DNI] of real;
begin
     for j:=1 to DNJ do
     begin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        for t:=1 to DNI do grf[t] :=0.0;
        for t:=1 to DNI do
            for i:=1 to DNI do
               grf[t] := grf[t] + filtp[i,j]*ft[i+t-1];
                     { filtered data is stored here }
            for i:=1 to DNI do filtp[i,j] := grf[DNI+1-i];
    end;
end;

procedure filter_and_convolution;
var  p,k     :integer;
     coef    :real;
begin
     coef:=1/DNI*2;
     for p:=-DNI+1 to DNI do ft[p+DNI] := coef/(1-4*p*p);
     for k:=1 to FNB do
     begin
          load_d(fvar1,k,filtp);
          convolution;
          save_d(fvar2,k,filtp);
     end;
end;
procedure inv_projection(kk,k:integer);
var   i,j,r,n,nn,jj  :integer;
      cs,sn,nw,dif   :real;
begin
      for n:=1 to DNJ do
      begin
           nn:=n+(k-1)*DNJ-1;
           nw:=nn*w; cs:=cos(nw); sn:=sin(nw);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            for j:=1 to DNJ do
            begin
                jj:=j+(kk-1)*DNJ;
                for i:=1 to DNI do
                begin
                    r:=round((i-hd)*cs+(jj-hd)*sn)+hd;
                    if(r>0) and (r<DNI+1) then
                     reconp[i,j] := (reconp[i,j]+filtp[r,nJ);
                       dif:=reconp[i,j]-maxval;
                        if dif>0 then maxval:=reconp[i,j];
                end;
        end;     write('<');
    end;
end;

begin    { main }
    outtextxy(5,5,'NOW EXECUTING FILTER_MAKING & CONVOLUTION ');
    init_param;
    init_ary;
    filter_and_convolution;
    outtextxy(5,15,'MAKING FILTER & CONVOLUTION ARE OVER');
    for kk:=1 to FNB do
    begin
        load_d(fvar3,kk,reconp);
        for k:=1 to FNB do
        begin
            load_d(fvar2,k,filtp);
            inv_projection(kk,K);
            write('!');
        end;   writeln;              { end of k }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            save_d(fvar3,kk,reconp);
        end;                                    { end of kk }
        readln;
        closegraph;
end.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เรื่อง Image Reconstruction From โปรเจกชั่น ฉบับนี้ได้รับความช่วยเหลือจาก อาจารย์ มนัส สังวรศิลป์ และพี่ๆทุกๆคน ที่ได้ให้คำแนะนำช่วยเหลือ และเอื้อเฟื้ออุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการทดลอง จึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] กวิน แหยมมั่น , "การสร้างภาพตัดขวางโดยใช้หลอดขยายความสว่างของภาพรังสีเอกซ์",วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,ปี2531

[2] A.C. Kak, "Image Reconstruction From Projection", Digital Image Processing Techniques ,111p - 169p,1984.

[3] ANIL K. JAIN,"Image Reconstruction From Projection", Fundamentals of Digital Image Processing,Prentic-Hall Introduction Editions,431p - 476p.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้