

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การสร้างภาพใหม่

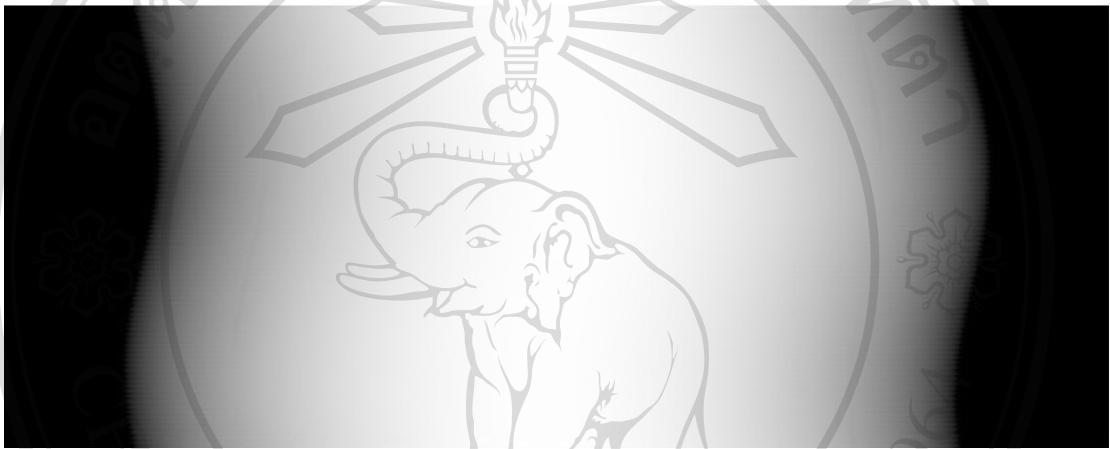
จากข้อมูลที่ได้จากการฉายภาพของหุ่นจำลอง CATphan ด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ รุ่น SOMATOM Volume Access ยี่ห้อซีเมนส์ ได้รับการเอื้อเฟื้อข้อมูลในการศึกษาจากศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ข้อมูลที่ได้ถูกอ่านด้วยโปรแกรม MATLAB แล้วจัดเรียงข้อมูลใหม่ และได้ผ่านการแก้ค่าข้อมูลจากข้อมูลแบบพัดให้เป็นข้อมูลแบบขนานแล้ว ดังรูปที่ 14



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ 14 การจัดเรียงข้อมูลจากข้อมูลดิบแบบแถวให้เป็นไซโนแกรม

จากรูปที่ 14 เป็นการจัดเรียงข้อมูลดิบแบบแถวให้เป็นไซโนแกรม ซึ่งจะเห็นว่าไซโนแกรมที่ได้มีลักษณะเป็นแนวตรงปกติ แต่ถ้าหากมีการขยายข้อมูลในแนวแกน X เพื่อพิจารณาถึงรูปร่างของไซโนแกรมจะพบว่าไซโนแกรมที่ได้มีลักษณะไม่เป็นทรงกระบอกตรงอย่างที่ควรเป็นดังรูปที่ 15 เมื่อนำสร้างภาพใหม่ด้วยข้อมูลไซโนแกรมดังกล่าว จะได้ภาพที่ความเบลอไม่คมชัดบริเวณขอบดังรูปที่ 16



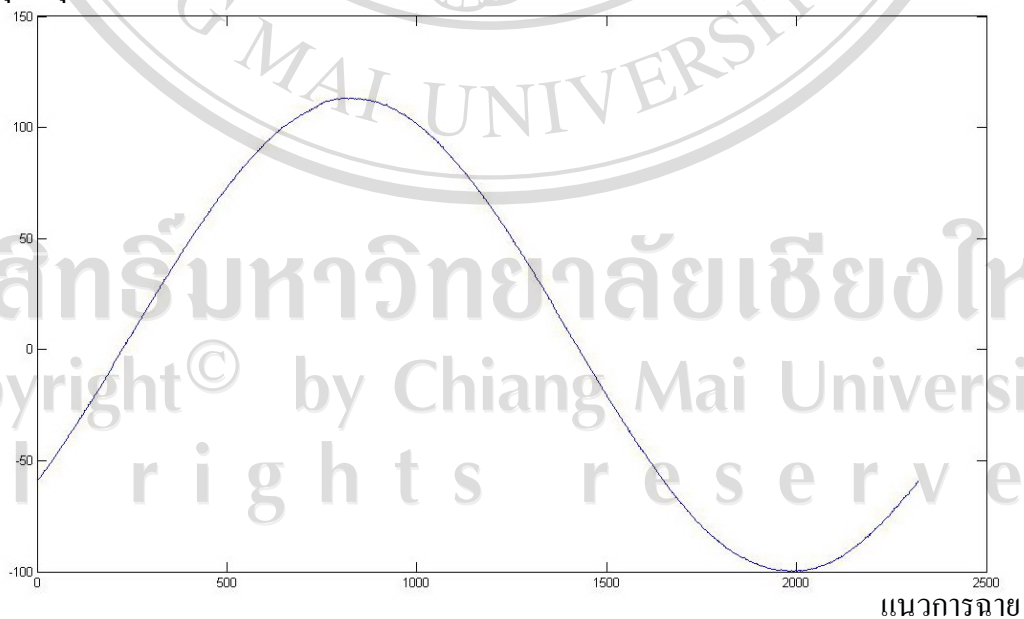
รูปที่ 15 การขยายความละเอียดของข้อมูลไซโนแกรมด้านแนวแกน X เพื่อดูลักษณะรูปร่างของไซโนแกรม จะเห็นว่าไซโนแกรมจะมีลักษณะโค้งไปทางด้านข้างไม่ตรงอย่างที่ควรจะเป็น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 16 การสร้างภาพใหม่จากข้อมูลไซโนแกรมที่ได้โดยไม่ได้แก้ค่าเนื่องจากการคลาดเคลื่อนของไซโนแกรมที่ได้จึงมีการแก้ค่าเนื่องจากจุดหมุนตามสมการที่ 18 ค่าของจุดหมุนในแต่ละองศาที่มีค่าดังแสดงในรูปที่ 17 และ รูปที่ 18 เป็นไซโนแกรมที่ถูกแก้ค่าเนื่องจากจุดหมุนแล้ว ซึ่งเมื่อสร้างภาพใหม่จากไซโนแกรมที่ถูกแก้ค่าเนื่องจากจุดหมุนแล้วจะได้ภาพที่ค่อนข้างไม่ผิดเพี้ยนไปจากเดิม โดยขอบของภาพมีความคมชัด ไม่เบลอ ดังรูปที่ 19

ค่าจุดหมุนของแต่ละการฉายภาพ



รูปที่ 17 ค่าจุดหมุนของแต่ละการฉายภาพในแต่ละการหมุนไปของหลอดเอกซเรย์ที่คำนวณได้จากสมการที่ 18



รูปที่ 18 โซโนแกรมที่ถูกแก้ค่าเนื่องจากจุดหมุนแล้ว



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

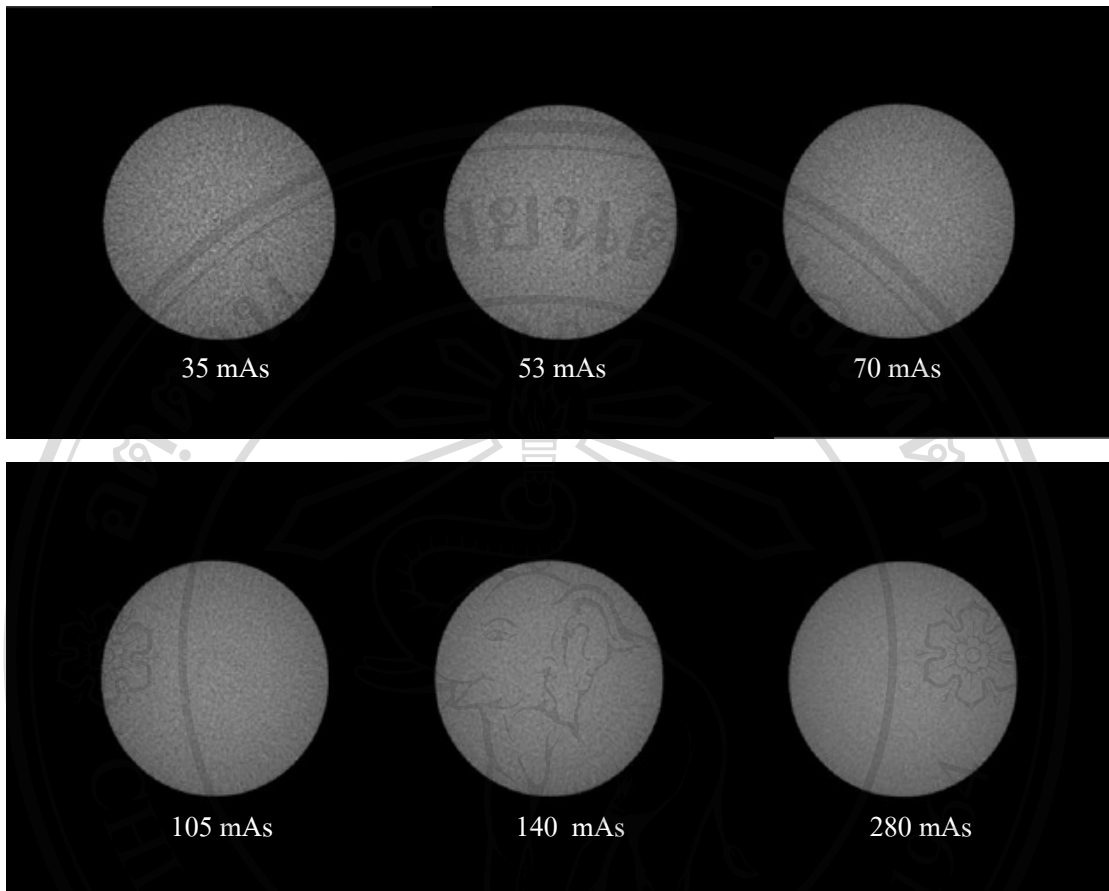
Copyright © by Chiang Mai University

All rights reserved

รูปที่ 19 การสร้างภาพใหม่จากโซโนแกรมที่แก้ค่าเนื่องจากจุดหมุน ซึ่งภาพที่ได้มีความถูกต้องของภาพไม่ผิดเพี้ยนจากเดิม โดยเฉพาะส่วนขอบของภาพคมชัด ไม่เบลอ

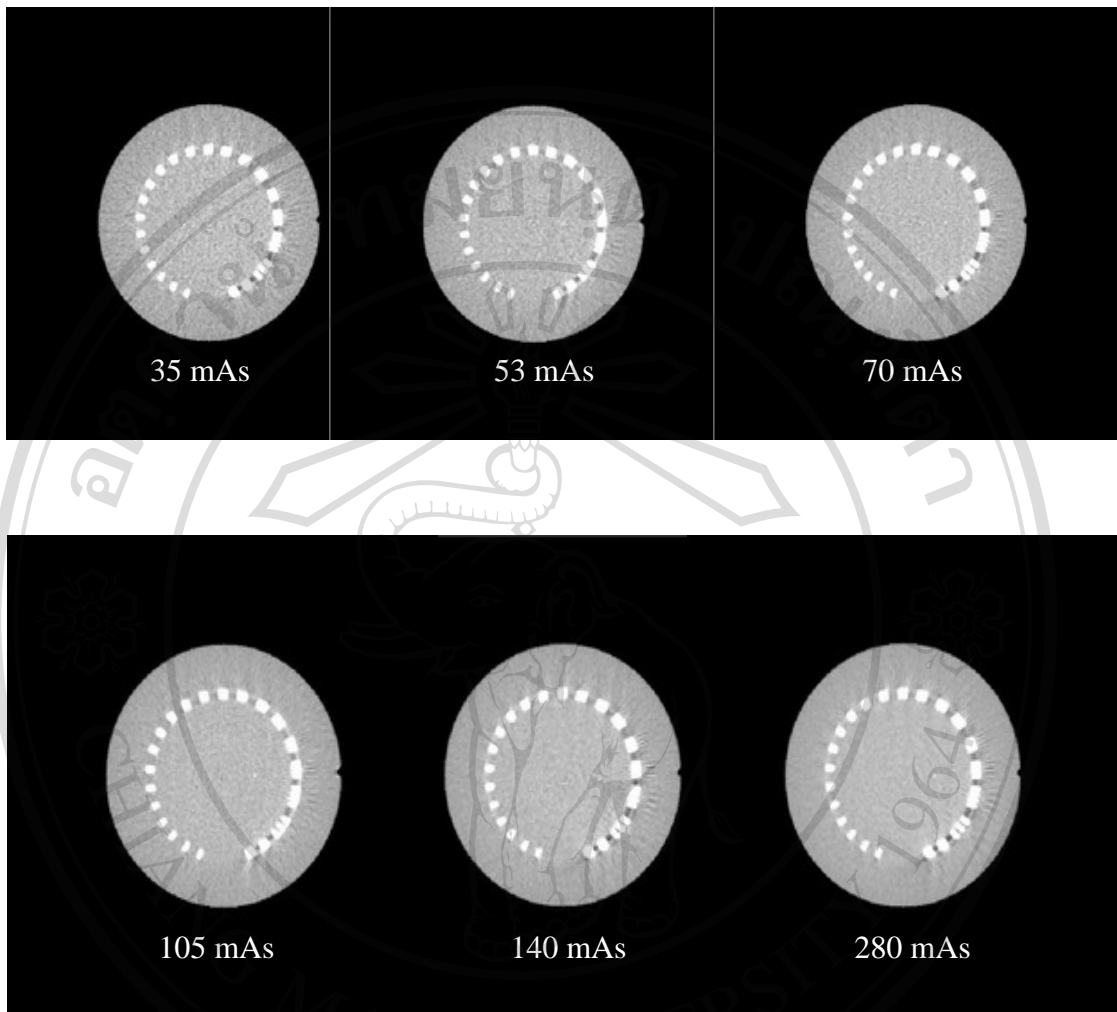
จะเห็นได้ว่าการพิจารณาจุดหมุนที่แท้จริงในการหมุนไปของหลอดเอกซเรย์แต่ละครั้งมีความจำเป็นมาก เพราะทำให้ภาพที่เกิดจากการสร้างภาพใหม่ที่ได้มีความถูกต้องยิ่งขึ้น การสร้างภาพใหม่ของข้อมูลทั้งหมดจึงมีการพิจารณาแก้ค่าของจุดหมุนก่อนการสร้างภาพใหม่ รูปที่ 20 และรูปที่ 21 แสดงถึงภาพที่ได้จากการสร้างภาพใหม่ด้วยโปรแกรม MATLAB ด้วยคำสั่งที่มีอยู่ในตัวโปรแกรม โดยเป็นข้อมูลที่ได้จากการฉายหุ่นจำลอง CATphan ในส่วนบริเวณของ uniform และ high contrast ตามลำดับ สำหรับภาพที่ได้จากการสร้างภาพใหม่จากตัวเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์เองแสดงในรูปที่ 22 และ รูปที่ 23 สำหรับข้อมูลที่ได้จากการฉายหุ่นจำลองในส่วน of uniform และ high contrast ตามลำดับ จากการเปรียบเทียบคุณภาพของข้อมูลทั้ง 2 ชุดที่มาจากการสร้างภาพขึ้นใหม่เอง และการสร้างภาพด้วยตัวเครื่อง จากการมองด้วยตาภาพที่ได้จากการสร้างภาพด้วยเครื่องจะให้ความคมชัดในส่วนบริเวณของขอบเขตภาพได้ดีกว่า แต่ในการศึกษาครั้งนี้ไม่ได้มีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาอัลกอริทึม (Algorithm) ในการสร้างภาพแต่ต้องการศึกษาการลดสัญญาณรบกวนด้วยการหาค่าเฉลี่ยและค่ามัธยฐานข้อมูลจากการลดจำนวนโปรเจกชันลงและใช้การสร้างภาพแบบเดียวกันตลอดการทดลอง ดังนั้นภาพที่ได้จากอัลกอริทึมที่สร้างเองจึงมีคุณภาพเพียงพอสำหรับการศึกษาครั้งนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright© by Chiang Mai University
 All rights reserved



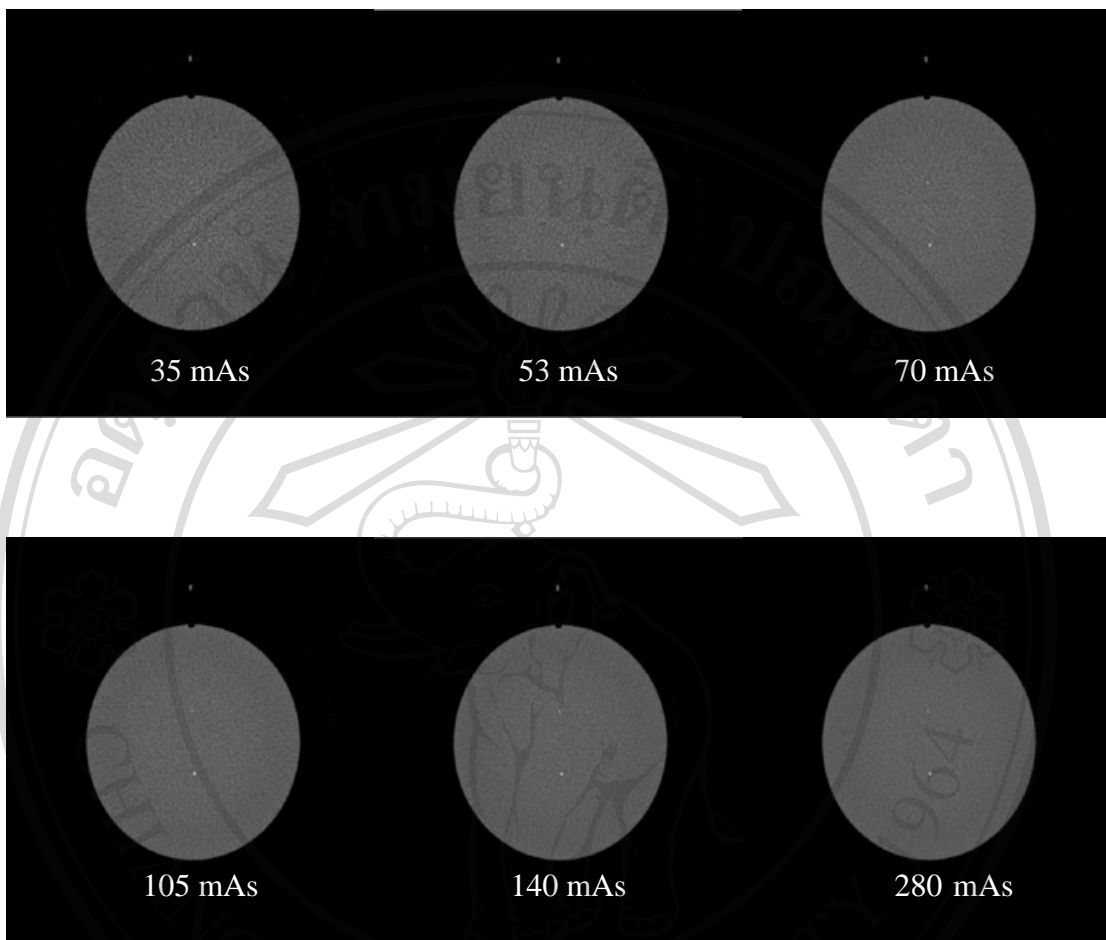
รูปที่ 20 แสดงภาพของการฉายหุ่นจำลอง CATphan ในส่วน uniform set โดยจากการสร้างภาพใหม่ด้วยโปรแกรม MATLAB ที่สร้างขึ้น เทคนิคที่ใช้คือ 35, 53, 70, 105, 140 และ 280 mAs โดยเรียงจากซ้ายไปขวา และจากบนลงล่าง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



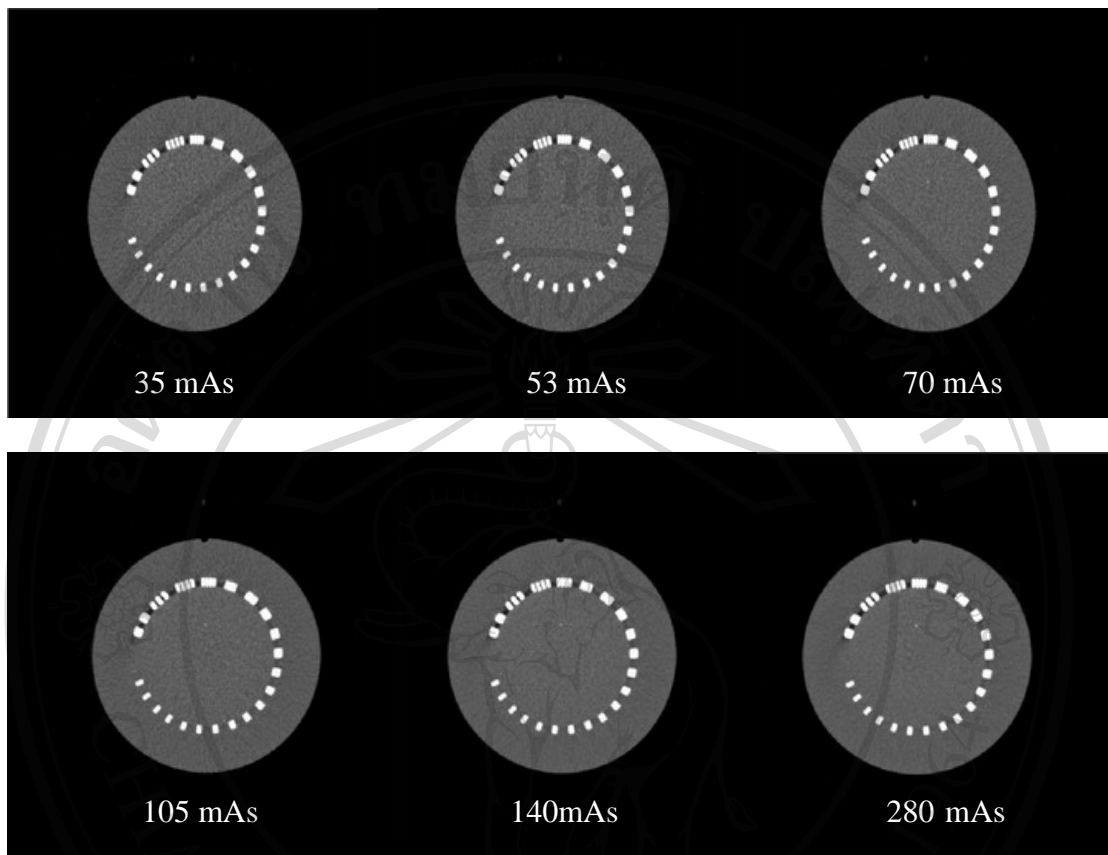
รูปที่ 21 ภาพของการฉายหุ่นจำลอง CATphan ในส่วน high contrast set โดยจากการสร้างภาพใหม่ด้วยโปรแกรม MATLAB ที่สร้างขึ้น เทคนิคที่ใช้คือ 35, 53, 70, 105, 140 และ 280 mAs โดยเรียงจากซ้ายไปขวา และจากบนลงล่าง

ลิขสิทธิ์ © by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 22 ภาพของการฉายหุ่นจำลอง CATphan ในส่วน uniform set โดยจากการสร้างภาพใหม่จากเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ เทคนิคที่ใช้คือ 35, 53, 70, 105, 140 และ 280 mAs โดยเรียงจากซ้ายไปขวา และจากบนลงล่าง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 23 ภาพของการฉายหุ่นจำลอง CATphan ในส่วน high-contrast set โดยจากการสร้างภาพใหม่จากเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ เทคนิคที่ใช้คือ 35, 53, 70, 105, 140 และ 280 mAs โดยเรียงจากซ้ายไปขวา และจากบนลงล่าง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2 การคำนวณหาค่า PSNR

จากตารางที่ 4, 5, 6 และ 7 ในภาคผนวกซึ่งแสดงค่า PSNR ของภาพเมื่อจำนวนของปัจจัยเดซิเบลชันของข้อมูลเพิ่มขึ้นสำหรับค่ากระแสของหลอดเอกซเรย์เท่ากับ 105, 70, 53 และ 35 mAs ตามลำดับ โดยค่า PSNR คำนวณได้จากการเปรียบเทียบกับภาพสร้างใหม่ของเทคนิคที่ใช้ค่ากระแส 280 mAs ซึ่งถือเป็นภาพที่ไม่มีสัญญาณรบกวนเกิดขึ้นบนภาพ การพิจารณาค่า PSNR จะเลือกพิจารณาค่าปัจจัยของการลดจำนวนข้อมูลที่ทำให้ค่า PSNR มากกว่า 50 เดซิเบล พบว่าสำหรับเทคนิคที่ใช้ค่ากระแส 105 mAs สามารถลดจำนวนข้อมูลไซโนแกรมโดยใช้ปัจจัยเดซิเบลชันของข้อมูลได้ถึง 10 สำหรับภาพเฉลี่ยและภาพมัธยฐาน เทคนิคที่ใช้ค่ากระแสหลอดเอกซเรย์ 70 mAs มีค่าปัจจัยเดซิเบลชันของข้อมูลสูงสุดเท่ากับ 7 สำหรับภาพเฉลี่ยและภาพมัธยฐาน ในขณะที่เทคนิคค่ากระแสหลอด 53 และ 35 mAs ไม่มีค่า PSNR ที่มากกว่า 50 สำหรับทุกๆค่าปัจจัยเดซิเบลชันของข้อมูล พิจารณาจากตารางที่ 7.1 และ 7.2 ซึ่งแสดงค่า PSNR ของแต่ละเทคนิคโดยแสดงค่าปัจจัยตั้งแต่ 2 ถึง 10 ซึ่งเป็นค่าปัจจัยเดซิเบลชันของข้อมูลที่ทำให้ PSNR ของเทคนิค 105 mAs อยู่ในขอบเขตที่ยอมรับได้

ตารางที่ 7.1 แสดงค่า PSNR ของภาพต้นฉบับ และ ภาพเฉลี่ยที่สร้างจากการลดจำนวนไซโนแกรม โดยมีค่าปัจจัยเดซิเบลของข้อมูลไซโนแกรมเท่ากับ 2 ถึง 10 สำหรับทุกเทคนิค

ค่าปัจจัย เดซิเบลของข้อมูล	PSNR (เดซิเบล)				
	140 mAs	105 mAs	70 mAs	53mAs	35 mAs
ต้นฉบับ	61.76	60.92	54.88	54.30	49.33
2	-	64.46	60.00	47.11	43.82
3	-	63.09	60.30	46.53	44.30
4	-	57.07	54.69	43.82	40.85
5	-	54.26	51.41	42.32	38.91
6	-	55.26	51.49	42.33	39.09
7	-	53.84	51.31	41.71	39.64
8	-	50.67	46.86	37.97	36.21
9	-	51.23	48.36	38.72	36.66
10	-	50.82	44.16	36.79	34.08

ตารางที่ 7.2 แสดงค่า PSNR ของภาพต้นฉบับ และ ภาพมัธยฐานที่สร้างจากการลดจำนวนไบตแกรมโดยมีค่าปัจจัยเท่ากับ 2 ถึง 10 สำหรับทุกเทคนิค

ค่าปัจจัย เดซิเบลของข้อมูล	PSNR (เดซิเบล)				
	140 mAs	105 mAs	70 mAs	53mAs	35 mAs
ต้นฉบับ	61.76	60.92	54.88	54.30	49.33
2	-	64.47	60.00	47.11	43.83
3	-	62.97	60.08	46.48	44.26
4	-	56.82	54.51	43.65	40.73
5	-	54.23	51.42	42.18	38.80
6	-	55.19	51.38	42.31	39.07
7	-	53.73	51.31	41.70	39.60
8	-	50.62	46.82	37.95	36.18
9	-	51.16	48.30	38.69	36.64
10	-	50.78	44.16	36.77	34.07

จากตารางที่ 7.1 และ 7.2 จะเห็นว่าเทคนิคที่มีค่า PSNR ที่อยู่ในขอบเขตการยอมรับ คือ 105 mAs และ 70 mAs เมื่อคิดเป็นร้อยละความต่างของค่า PSNR ของแต่ละค่าปัจจัยเปรียบเทียบกับค่าต้นฉบับสำหรับทั้ง 2 เทคนิคจะได้ค่าดังแสดงในตารางที่ 8

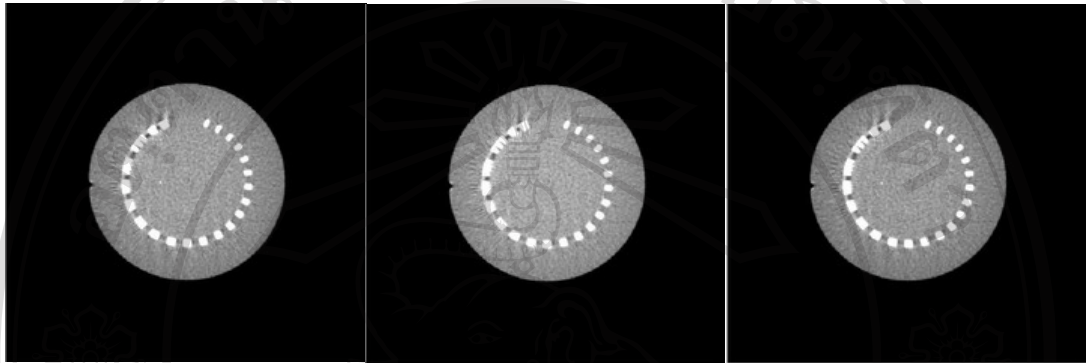
ตารางที่ 8 แสดงร้อยละความต่างของค่า PSNR เมื่อเปรียบเทียบกับค่าต้นฉบับ สำหรับเทคนิค 105 และ 70 mAs

เทคนิค	ชนิดภาพ	ร้อยละความต่าง PSNR (%)									
		ค่าปัจจัยเดซิเบลของข้อมูล									
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	
105	เฉลี่ย	+5.8	+3.6	-6.3	-11.0	-9.3	-11.6	-16.8	-15.9	-16.6	
	มัธยฐาน	+5.8	+3.4	-6.7	-11.0	-9.4	-11.8	-16.9	-16.0	-16.6	
70	เฉลี่ย	+9.4	+10.0	-0.2	-6.2	-6.1	-6.4	ไม่พิจารณาเนื่องจาก			
	มัธยฐาน	+9.4	+9.6	-0.6	-6.2	-6.3	-6.4	ค่า PSNR น้อยกว่า 50			

จากตารางที่ 8 ได้ว่าค่า PSNR ของสำหรับเทคนิคค่ากระแส 105 mAs มีค่าร้อยละความต่างเมื่อเทียบกับต้นฉบับเท่ากับ +5.8, +3.6, -6.3, -11.0, -9.3, -11.6, -16.8, -15.9, -16.6 และ +5.8, +3.4, -6.7, -11.0, -9.4, -11.8, -16.9, -16.0, -16.6 สำหรับภาพเฉลี่ยและภาพมัธยฐานตามลำดับ เทคนิคค่ากระแส 70 mAs คิดเป็นค่าร้อยละความต่างเท่ากับ +9.4, +10.0, -0.2, -6.2, -6.1, -6.4 และ +9.4, +9.6, -0.6, -6.2, -6.3, -6.4 สำหรับภาพเฉลี่ยและภาพมัธยฐานตามลำดับ จะเห็นได้ว่าร้อยละความต่างของทั้ง 2 ค่ากระแสหลอดเอกซเรย์มีทิศทางเพิ่มขึ้นแล้วลดลงเมื่อค่าปัจจัยเพิ่มมากขึ้น โดยค่า PSNR สูงสุดของแต่ละเทคนิคค่ากระแสเท่ากับ 64.47 และ 60.30 เดซิเบล ซึ่งเป็นภาพมัธยฐานค่าปัจจัยเดซิเบลของข้อมูลไซโนแกรมเท่ากับ 2 ของเทคนิค 105 mAs และ เป็นภาพเฉลี่ยค่าปัจจัยเดซิเบลของข้อมูลไซโนแกรมเท่ากับ 3 ของเทคนิค 70 mAs ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามค่า PSNR ของช่วงค่าปัจจัยเดซิเบลของข้อมูลไซโนแกรมที่พิจารณาอยู่ในขอบเขตการยอมรับ คือ PSNR มากกว่า 50 เดซิเบล ดังนั้นการพิจารณาค่า MTF จะพิจารณาในช่วงค่าปัจจัยเดซิเบลของข้อมูลไซโนแกรมเดียวกันนี้

4.3 การคำนวณหาค่า MTF

รูปที่ 24 เป็นรูปที่เกิด Aliasing artifact บนภาพของจำนวนปัจจัยของการลดจำนวนข้อมูลไซโนแกรมค่าต่างเพิ่มขึ้น

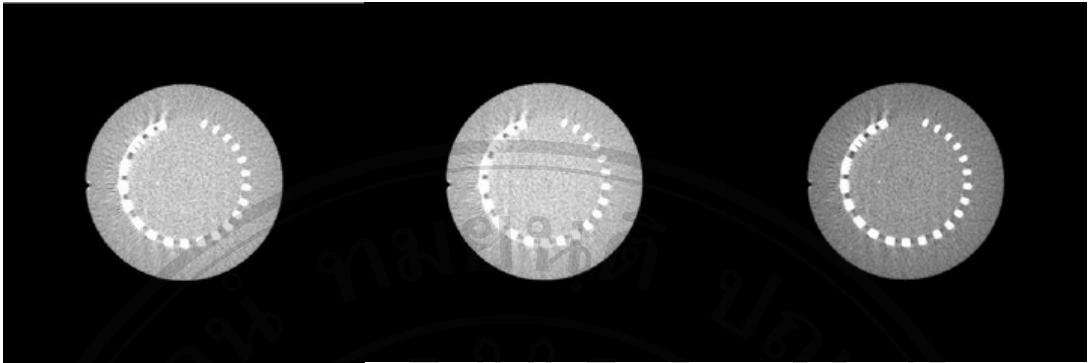


ปัจจัยเดซิเบลชันของข้อมูล = 2 ปัจจัยเดซิเบลชันของข้อมูล = 3 ปัจจัยเดซิเบลชันของข้อมูล = 4

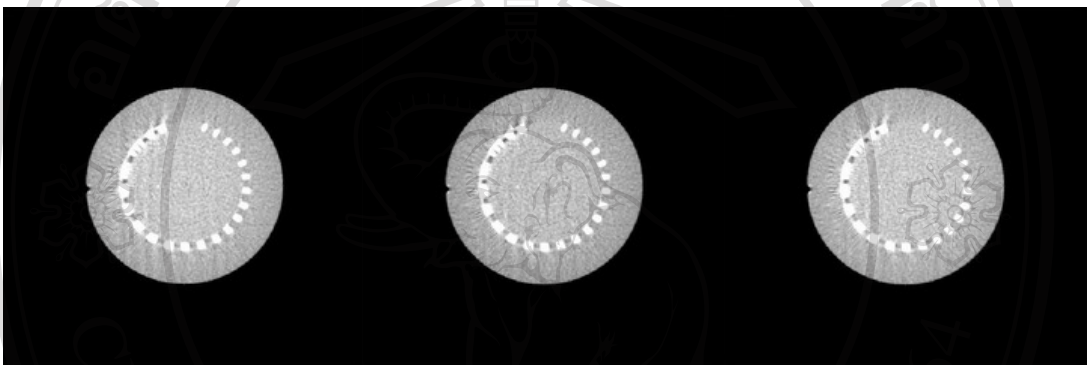


ปัจจัยเดซิเบลชันของข้อมูล = 5 ปัจจัยเดซิเบลชันของข้อมูล = 6 ปัจจัยเดซิเบลชันของข้อมูล = 7

รูปที่ 24 การเกิด Aliasing artifact บนภาพของจำนวนปัจจัยของการลดจำนวนข้อมูลไซโนแกรมค่าต่างๆ สำหรับ 105 mAs



ปัจจัยเดซิเมชันของข้อมูล = 8 ปัจจัยเดซิเมชันของข้อมูล = 9 ปัจจัยเดซิเมชันของข้อมูล = 10



ปัจจัยเดซิเมชันของข้อมูล = 11 ปัจจัยเดซิเมชันของข้อมูล = 12 ปัจจัยเดซิเมชันของข้อมูล = 13



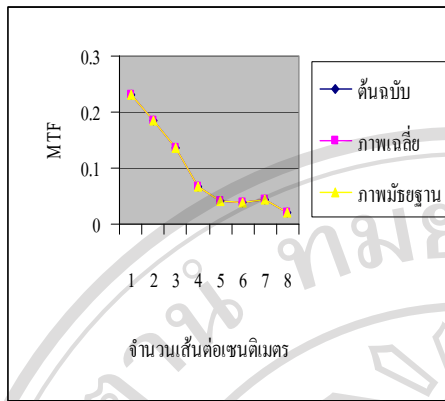
ปัจจัยเดซิเมชันของข้อมูล = 14 ปัจจัยเดซิเมชันของข้อมูล = 15 ปัจจัยเดซิเมชันของข้อมูล = 16

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

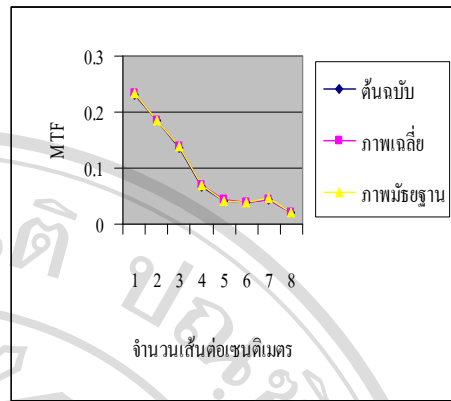
รูปที่ 24 (ต่อ) การเกิด Aliasing artifact บนภาพของจำนวนปัจจัยของการลดจำนวนข้อมูล
ไซโนแกรมค่าต่างๆ สำหรับ 105 mAs

จากรูปที่ 24 จะเห็นว่าเมื่อจำนวนของการลดขนาดของไซโนแกรมเพิ่มมากขึ้นความเด่นชัดของการเกิด aliasing artifact ยิ่งเพิ่มมากขึ้น นั่นหมายความว่าปัจจัยของการลดจำนวนต้องอยู่ในขนาดที่เหมาะสม เมื่อพิจารณาจากสูตร $\frac{M_{proj}}{N_{ray}} \approx \frac{\pi}{2}$, เมื่อ M_{proj} = จำนวนของการฉายภาพ และ N_{ray} คือ จำนวนข้อมูลใน 1 แนวการฉายภาพ ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้ขนาดของข้อมูลใน 1 การฉายภาพมีขนาดเท่ากับ 1×341 นั่นคือ $N_{ray} = 341$ และ $M_{proj} = 513$ ซึ่งหมายความว่าค่าปัจจัยที่ลดได้สูงสุดคือ 5 แต่อย่างไรก็ตามการพิจารณาในการศึกษาครั้งนี้จะอิงตามค่า PSNR ดังนั้นเมื่อพิจารณาค่า MTF จะพิจารณาการสร้างภาพที่ใช้ปัจจัยของการลดจำนวนข้อมูลตั้งแต่ 2-10 สำหรับ 105 mAs และ ค่าปัจจัยเดซิเมชันของข้อมูลเท่ากับ 2-7 สำหรับ 70 mAs เท่านั้น เมื่อสร้างกราฟแสดงค่าของ MTF แต่ละเทคนิคการสร้างแล้วเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับ ภาพเฉลี่ย และ ภาพมัลติฐาน เทคนิคต่างๆจะได้ผลดังแสดงในรูปที่ 25 และรูปที่ 26 สำหรับเทคนิค 105 mAs และ 70 mAs ตามลำดับ

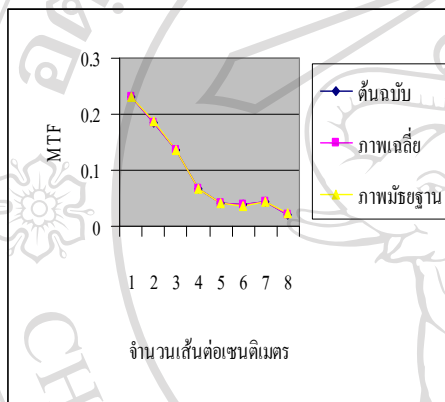
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright© by Chiang Mai University
 All rights reserved



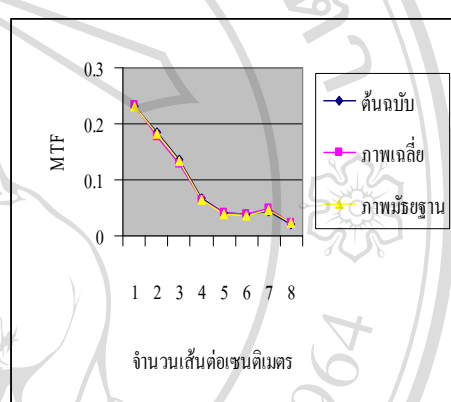
(ก) ปล่อยให้เท่ากับ 2



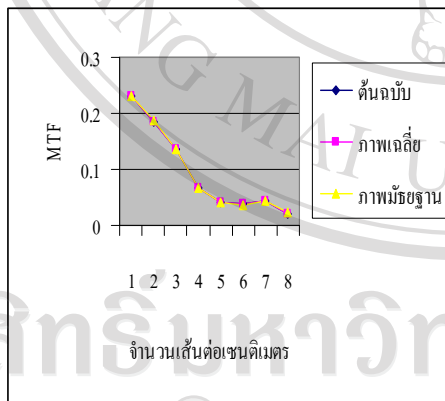
(ข) ปล่อยให้เท่ากับ 3



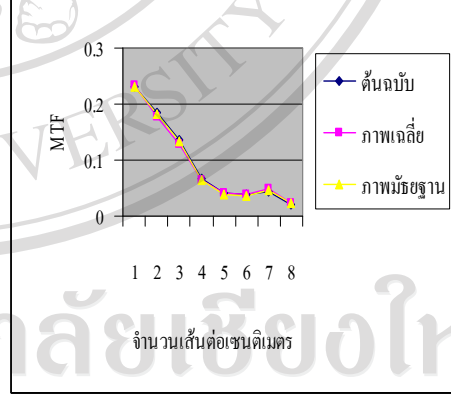
(ค) ปล่อยให้เท่ากับ 4



(ง) ปล่อยให้เท่ากับ 5

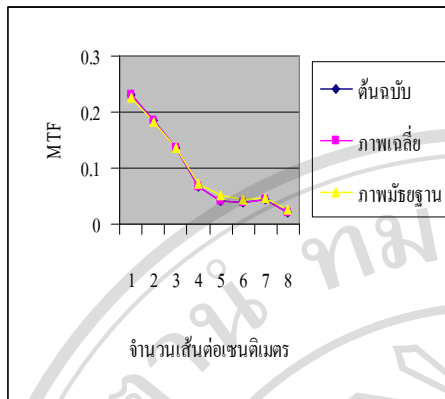


(จ) ปล่อยให้เท่ากับ 6

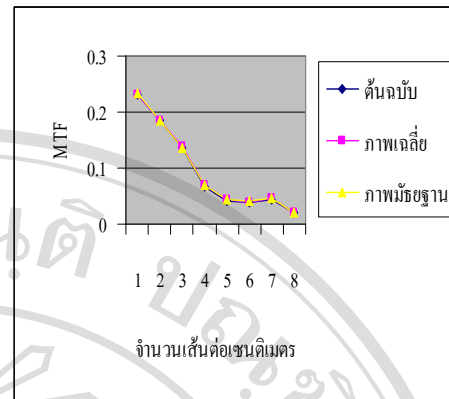


(ฉ) ปล่อยให้เท่ากับ 7

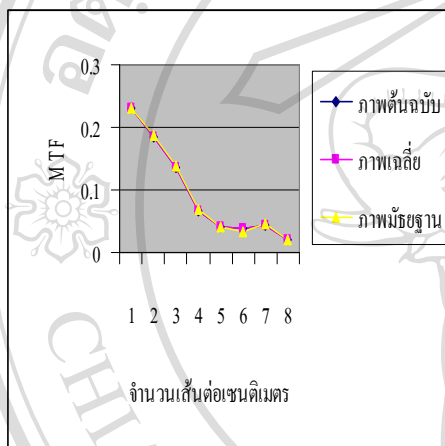
รูปที่ 25 แสดงกราฟแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่าง MTF และ จำนวนเส้นต่อเซนติเมตร เมื่อค่าปัจจัยเพิ่มขึ้น สำหรับเทคนิคค่ากระแส 105 mAs



(ข) ปัจจัยเท่ากับ 8

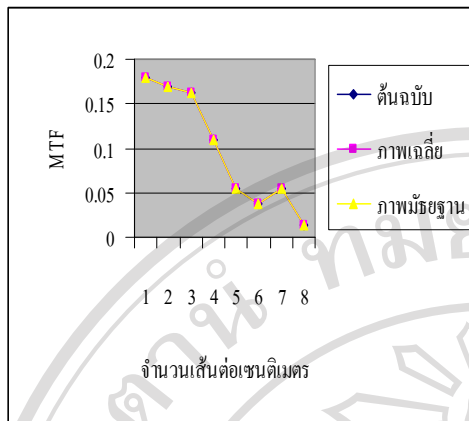


(ค) ปัจจัยเท่ากับ 9

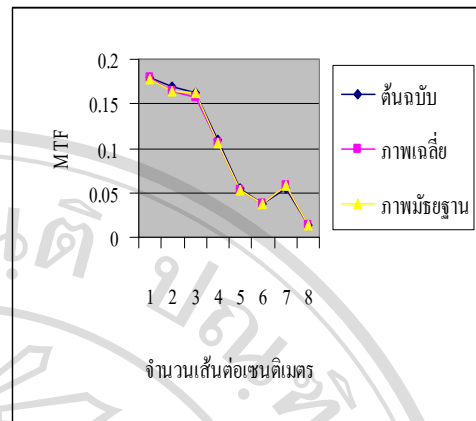


(ง) ปัจจัยเท่ากับ 10

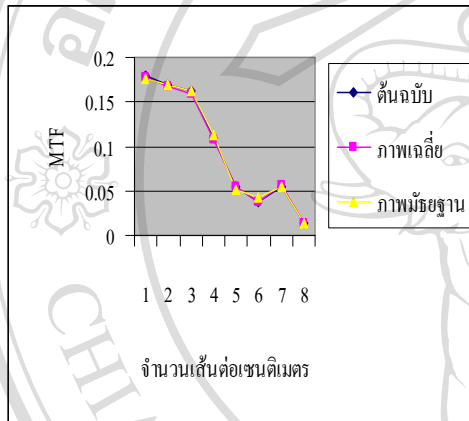
รูปที่ 25 (ต่อ) แสดงกราฟแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่าง MTF และ จำนวนเส้นต่อมิลลิเมตร
เมื่อค่าปัจจัยเพิ่มขึ้น สำหรับเทคนิคค่ากระแส 105 mAs



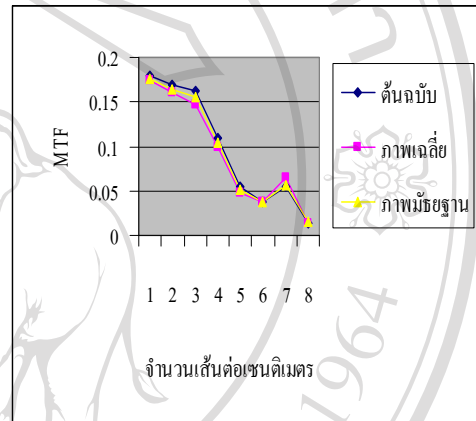
(ก) ปัจจัยเท่ากับ 2



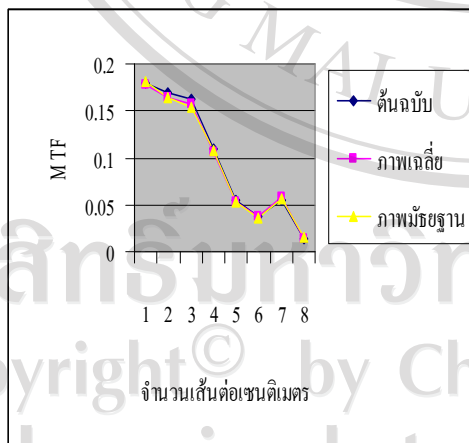
(ข) ปัจจัยเท่ากับ 3



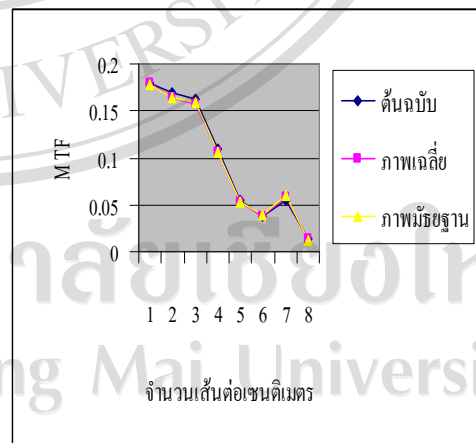
(ค) ปัจจัยเท่ากับ 4



(ง) ปัจจัยเท่ากับ 5



(จ) ปัจจัยเท่ากับ 6



(ฉ) ปัจจัยเท่ากับ 7

รูปที่ 26 แสดงกราฟแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่าง MTF และ จำนวนเส้นต่อมิลลิเมตร
เมื่อค่าปัจจัยเพิ่มขึ้น สำหรับเทคนิคค่ากระแส 70 mAs

จากรูปที่ 25 โดยที่ ก, ข, ค, ง, จ, ฉ, ช, ซ และ ฅ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า MTF และจำนวนเส้นต่อเซนติเมตรสำหรับเทคนิค 105 mAs โดยมีค่าปัจจัยเดซิเมชันของข้อมูลของไซโนแกรมเท่ากับ 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 และ 10 ตามลำดับ และรูปที่ 26 โดยที่ ก, ข, ค, ง, จ, และ ฉ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า MTF และจำนวนเส้นต่อเซนติเมตรสำหรับเทคนิค 70 mAs โดยมีค่าปัจจัยเดซิเมชันของข้อมูลของไซโนแกรมเท่ากับ 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 ตามลำดับ จากข้อมูลจะเห็นได้ว่า สำหรับเทคนิคค่ากระแส 105 mAs เมื่อเปรียบเทียบค่า MTF ระหว่าง ภาพต้นฉบับ ภาพเฉลี่ย และ ภาพมัลติฐาน พบว่า ค่า MTF ที่ได้ mAs จากการลดจำนวนข้อมูลด้วยปัจจัยเดซิเมชันของข้อมูลตั้งแต่ 2 ถึง 4 เทียบกับค่า MTF ของข้อมูลเต็มมีความแตกต่างกันน้อยมากจนแทบจะเป็นเส้นเดียวกัน แต่เมื่อค่าปัจจัยเดซิเมชันของข้อมูลไซโนแกรมเกิน 4 ค่า MTF มีแนวโน้มที่ดีขึ้น และให้ผลดีที่สุดเมื่อค่าปัจจัยเดซิเมชันของข้อมูลไซโนแกรมเท่ากับ 8 พิจารณาได้จากรูปที่ 25 (ช) โดยค่า MTF ของภาพมัลติฐานมีค่าสูงกว่าเมื่อเทียบกับต้นฉบับและภาพเฉลี่ย แต่เมื่อพิจารณาเทคนิคค่ากระแสที่ 70 mAs จากการลดจำนวนข้อมูลด้วยปัจจัยเดซิเมชันของข้อมูลตั้งแต่ 2 ถึง 5 เทียบกับค่า MTF ของข้อมูลต้นฉบับ พบว่าค่า MTF ในช่วงจำนวนเส้นต่อมิลลิเมตร 2 ถึง 5 มีแนวโน้มที่ลดต่ำลง แต่กลับมีค่าเพิ่มขึ้นในช่วงจำนวนเส้นต่อมิลลิเมตรเท่ากับ 6-8 เห็นได้ชัดเมื่อค่าปัจจัยในการลดข้อมูลเป็น 5 พิจารณาได้จากรูปที่ 26 (ง)