

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพ	ท
อักษรย่อและสัญลักษณ์	ธ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหาที่นำไปสู่งานวิจัย	1
1.2 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง	2
1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	4
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	4
1.5 ขอบเขตของการศึกษาวิจัย	5
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐาน	6
2.1 ขั้นตอนวิธีการคำนวณปริมาณรังสีโฟตอน	6
2.2 การคำนวณ Monitor Unit สำหรับการฉายรังสีแปรความเข้ม	11
2.3 เทคนิคการฉายรังสีแปรความเข้ม	12
2.4 ลักษณะเฉพาะของมัลติลีฟคอลลิเมเตอร์ที่มีผลต่อการฉายรังสีแปรความเข้ม	18
2.5 การทวนสอบแผนรังสีรักษาสำหรับการฉายรังสีแปรความเข้ม	22
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	27
3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์	27
3.2 การกำหนดค่าเชิงกายภาพของเครื่องฉายรังสีในโปรแกรมวางแผนรังสีรักษา	36
3.3 การทดสอบคำนวณปริมาณรังสีและจำลองลำรังสีของโปรแกรมวางแผนรังสีรักษา	
Pinnacle	36
3.4 ทวนสอบความถูกต้องของการส่งผ่านข้อมูลฉายรังสี	44

3.5	ตรวจรับข้อมูลเครื่องฉายรังสีและลำรังสีที่จำลอง	44
3.6	ทวนสอบการคำนวณ Monitor Unit ของโปรแกรมวางแผนรังสีรักษา Pinnacle	45
3.7	วางแผนรังสีรักษาแบบ inverse planning	46
3.8	ศึกษาลักษณะรังสีเฉพาะของระบบจำกัดลำรังสีแบบมัลติลีฟที่มีผลต่อเทคนิค การฉายรังสีแปรความเข้ม	50
3.9	ศึกษาขนาดของหัววัดปริมาณรังสีที่มีผลต่อการทวนสอบปริมาณรังสี ในเทคนิคการฉายรังสีแปรความเข้ม	55
3.10	ศึกษาคุณสมบัติและวิธีการที่มีผลต่อฟิล์มในการทวนสอบการกระจายรังสี ในเทคนิคการฉายรังสีแปรความเข้ม	55
3.11	ศึกษาการทวนสอบปริมาณและการกระจายรังสีสำหรับเทคนิคการฉายรังสี แปรความเข้ม	57
บทที่ 4	ผลการวิจัย	61
4.1	คำกำหนดเชิงกายภาพของเครื่องฉายรังสีในโปรแกรมวางแผนรังสีรักษา	61
4.2	การจำลองลำรังสีและการคำนวณปริมาณรังสีของโปรแกรมวางแผนรังสีรักษา Pinnacle	65
4.3	การส่งผ่านข้อมูลฉายรังสี	72
4.4	ค่า Monitor Unit จากการคำนวณของโปรแกรมวางแผนรังสีรักษา	73
4.5	เทคนิคการวางแผนรังสีรักษาแบบ inverse planning	74
4.6	ลักษณะรังสีชนิดเฉพาะของระบบจำกัดลำรังสีแบบมัลติลีฟ (MLC) ที่มีผลต่อ เทคนิคการฉายรังสีแปรความเข้ม	89
4.7	ขนาดของหัววัดรังสีที่มีผลต่อการทวนสอบปริมาณรังสีในเทคนิคฉายรังสี แปรความเข้ม	101
4.8	วิธีการวัดที่มีผลต่อฟิล์มในการทวนสอบการกระจายรังสีในเทคนิคฉายรังสี แปรความเข้ม	102
4.9	การทวนสอบปริมาณและการกระจายรังสีสำหรับเทคนิค การฉายรังสีแปรความเข้ม	105

บทที่ 5	สรุป วิจัย และข้อเสนอแนะ	113
---------	--------------------------	-----

เอกสารอ้างอิง	121
ภาคผนวก	125
ภาคผนวก ก การกำหนดค่าเชิงกายภาพสำหรับการจำลองฉายรังสีใน โปรแกรม วางแผนรังสีรักษา Pinnacle	126
ภาคผนวก ข การวัดและนำเข้าปริมาณรังสีสัมพัทธ์ที่เปลี่ยนแปลงตามระยะลึก ของวัสดุสมมูลเนื้อเยื่อแบบน้ำ (depth dose) และที่เปลี่ยนแปลง ตามระยะห่างจากกึ่งกลางของลำรังสี (dose profile)	135
ภาคผนวก ค การจำลองลำรังสีแบบอัตโนมัติใน โปรแกรมวางแผนรังสีรักษา Pinnacle	146
ภาคผนวก ง การนำปริมาณรังสีที่จุดสอบเทียบและ Output factor เข้าสู่ โปรแกรมวางแผนรังสีรักษา Pinnacle	150
ภาคผนวก จ การตรวจรับเครื่องฉายรังสีและลำรังสีที่จำลองสำหรับใช้วางแผน รังสีรักษา	153
ภาคผนวก ช ผลงานวิชาการ	156
ประวัติผู้เขียน	161

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 แสดงการออกแบบมัลติลีฟคอลลิเมเตอร์ของบริษัทต่างๆ	21
2.2 แสดงหัววัดรังสีที่ใช้ในการวัดรังสีชนิดของเทคนิคการฉายรังสีแปรความเข้ม	23
2.3 เกณฑ์ที่ใช้สำหรับทวนสอบการคำนวณปริมาณรังสีของคอมพิวเตอร์วางแผนรังสีรักษา	23
4.1 ข้อมูลระบบจำกัดลำรังสีของเครื่องฉายรังสี Primus, Siemens	62
4.2 ข้อมูลทั่วไปของเครื่องฉายรังสี Primus, Siemens	62
4.3 ข้อมูลมุมของเตียงฉายรังสี มุมของตัวจำกัดลำรังสี และมุมของลำรังสีของเครื่องฉายรังสี Primus, Siemens	63
4.4 ข้อมูลระบบจำกัดลำรังสีแบบมัลติลีฟของเครื่องฉายรังสี Primus, Siemens	64
4.5 ข้อมูลตำแหน่งตัวจำกัดลำรังสีระหว่างโปรแกรมวางแผนรังสีรักษากับโปรแกรมบันทึกและทวนสอบข้อมูลฉายรังสี	64
4.6 แสดงค่าตัวแปรของการจำลองลำรังสีที่ได้จากการจำลองลำรังสีแบบอัตโนมัติ	65
4.7 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของกราฟปริมาณรังสีแบบสัมพัทธ์ตามระยะลึกระหว่างการคำนวณกับการวัด	68
4.8 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของปริมาณรังสีแบบสัมพัทธ์ตามระยะห่างจากกึ่งกลางลำรังสีตามแนวแกน X และตามแนวแกน Y ระหว่างการคำนวณเทียบกับการวัด	69
4.9 แสดงผลการคำนวณ Phantom Scatter Factor และ Collimator Scatter Factor โดยใช้โปรแกรมวางแผนรังสีรักษา Pinnacle	71
4.10 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของการคำนวณ Monitor Unit พื้นที่รังสีที่เหลี่ยมจัตุรัสจากการวัดปริมาณรังสีเทียบกับปริมาณรังสีที่ได้จากการคำนวณ	73
4.11 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของการคำนวณ Monitor Unit พื้นที่รังสีไม่ปกติจากการวัดปริมาณรังสีเทียบกับปริมาณรังสีที่ได้จากการคำนวณ	74
4.12 แสดงรูปแบบของ objective และ constraint ที่มีอยู่ในโปรแกรมวางแผนรังสีรักษา	75
4.13 แสดงผลของจำนวน Monitor Unit น้อยที่สุดที่กำหนดในขั้นตอนสร้างชุดข้อมูลตำแหน่งของมัลติลีฟคอลลิเมเตอร์ เมื่อกำหนดให้ระดับ fluence เท่ากับ 5 และขนาดของพื้นที่รังสีอย่างน้อยที่สุดเท่ากับ 4 ตารางเซนติเมตร	78

4.14 แสดงผลของจำนวน Monitor Unit น้อยที่สุดที่กำหนดในขั้นตอนสร้างชุดข้อมูล ตำแหน่งของมัลติลีฟคอลลิเมเตอร์ เมื่อกำหนดให้ระดับ fluence เท่ากับ 15 และ ขนาดของพื้นที่รังสีอย่างน้อยที่สุดเท่ากับ 4 ตารางเซนติเมตร	80
4.15 แสดงผลของขนาดพื้นที่รังสีอย่างน้อยที่สุด ที่กำหนดในขั้นตอนสร้างชุดข้อมูล ตำแหน่งของมัลติลีฟคอลลิเมเตอร์ เมื่อกำหนดให้ระดับ fluence เท่ากับ 5 และจำนวน Monitor Unit น้อยที่สุดเท่ากับ 5 Monitor Unit	82
4.16 แสดงผลของระดับ fluence ที่กำหนดในขั้นตอนสร้างชุดข้อมูลตำแหน่งของ มัลติลีฟคอลลิเมเตอร์ เมื่อขนาดพื้นที่รังสี และจำนวน Monitor Unit น้อยที่สุด ที่ใช้ในการฉายในแต่ละพื้นที่รังสีอยู่ในขั้นตอนการสร้างชุดข้อมูลตำแหน่งของ มัลติลีฟคอลลิเมเตอร์เท่ากับ 4 ตารางเซนติเมตรและ 5 Monitor Unit	84
4.17 แสดงปริมาณรังสีที่ทะลุผ่านรอยต่อระหว่างลิฟในแนวตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ ของมัลติลีฟคอลลิเมเตอร์	90
4.18 แสดงปริมาณรังสีที่ทะลุผ่านรอยต่อระหว่างลิฟในแนวขนานกับการเคลื่อนที่ ของมัลติลีฟคอลลิเมเตอร์	91
4.19 แสดงปริมาณรังสีที่ทะลุผ่านลิฟในแนวตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ของมัลติลีฟคอลลิเมเตอร์	92
4.20 แสดงปริมาณรังสีที่ทะลุผ่านลิฟที่เปลี่ยนแปลงในแนวขนานกับการเคลื่อนที่ ของมัลติลีฟคอลลิเมเตอร์	92
4.21 แสดงปริมาณรังสีที่ทะลุผ่านปลายลิฟในแนวตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ ของมัลติลีฟคอลลิเมเตอร์	93
4.22 แสดงปริมาณรังสีที่ทะลุผ่านปลายลิฟที่เปลี่ยนแปลงในแนวขนานกับการเคลื่อนที่ ของมัลติลีฟคอลลิเมเตอร์	94
4.23 แสดงขนาดเงามัวของพื้นที่รังสีกว้าง 1 เซนติเมตร เนื่องจากขอบด้านข้างของลิฟ ในแนวตั้งฉากกับการเคลื่อนที่มัลติลีฟคอลลิเมเตอร์	95
4.24 ขนาดเงามัวของพื้นที่รังสีกว้าง 1 เซนติเมตร เนื่องจากขอบด้านข้างของลิฟ ในแนวขนานกับทิศทางการเคลื่อนที่มัลติลีฟคอลลิเมเตอร์	96
4.25 ขนาดเงามัวของพื้นที่รังสีกว้าง 1 เซนติเมตร ในแนวตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ ของมัลติลีฟคอลลิเมเตอร์เนื่องจากปลายของลิฟ	97
4.26 ขนาดเงามัวของพื้นที่รังสีกว้าง 1 เซนติเมตร ในแนวขนานกับการเคลื่อนที่ ของมัลติลีฟคอลลิเมเตอร์ที่เกิดจากปลายของลิฟทางด้าน X1 bank	97
4.27 ขนาดของเงามัวของพื้นที่รังสี 1 เซนติเมตร ในแนวขนานกับการเคลื่อนที่	

ของมัลติลีฟคอลลิเมเตอร์ที่เกิดจากปลายของลิฟทางด้าน X2 bank	98
4.28 ความถูกต้องของตำแหน่งมัลติลีฟคอลลิเมเตอร์ทางด้าน X1 bank ในแนวตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ของมัลติลีฟคอลลิเมเตอร์	99
4.29 ความถูกต้องของตำแหน่งมัลติลีฟคอลลิเมเตอร์ทางด้าน X2 bank ในแนวตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ของมัลติลีฟคอลลิเมเตอร์	99
4.30 ความถูกต้องของตำแหน่งลิฟทางด้าน X1 bank ในแนวนานกับการเคลื่อนที่ ของมัลติลีฟคอลลิเมเตอร์	100
4.31 ความถูกต้องของตำแหน่งลิฟทางด้าน X1 bank ในแนวนานกับการเคลื่อนที่ ของมัลติลีฟคอลลิเมเตอร์	100
4.32 แสดงการเปรียบเทียบขนาดของหัววัดรังสีชนิดไอออนในเซชันที่มีผลต่อปริมาณรังสี ในพื้นที่รังสีที่มีขนาดต่างกัน	102
4.33 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนในการคำนวณปริมาณรังสีที่ได้จาก เครื่องวางแผนรังสีรักษาเปรียบเทียบกับการวัด	106
4.34 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนในการคำนวณปริมาณรังสีที่ได้จาก โปรแกรมวางแผนรังสีรักษาด้วยการวัดปริมาณรังสีแบบจุด โดยคัดลอกแผนการรักษาจากภาพซีทีของผู้ป่วยลงบนวัสดุสมมูลเนื้อเยื่อ	109

สารบัญภาพ

รูป	หน้า
1.1 แสดงพื้นที่ฉายรังสีแบบดั้งเดิมและพื้นที่ฉายรังสีสามมิติ	2
2.1 การแบ่งลำรังสีขนาด 10x10 ตารางเซนติเมตร ออกเป็น ลำรังสีขนาดเล็ก (FSPB) 1x1 ตารางเซนติเมตร จำนวน 100 ลำรังสีขนาดเล็ก	8
2.2 แสดงเวกเตอร์ที่ใช้ในสมการ convolution	10
2.3 แสดงการคำนวณหา kernel โดยใช้ EGS3 Monte Carlo code	10
2.4 ฟังก์ชันตอนการฉายรังสีแปรความเข้ม	13
2.5 ฟังก์ชันตอนการเตรียมข้อมูลวางแผนการฉายรังสีแปรความเข้ม	13
2.6 ฟังก์ชันตอนการวางแผนรังสีรักษาในการฉายรังสีแปรความเข้ม	13
2.7 ฟังก์ชันตอนการทวนสอบและฉายรังสีแปรความเข้ม	14
2.8 มัลติลีฟคอลลิเมเตอร์ของเครื่องเร่งอนุภาคบริษัท Siemens รุ่น Primus	17
2.9 แสดงหลักการการฉายรังสีแปรความเข้มด้วยวิธี dynamic MLC	17
2.10 แสดงหลักการการฉายรังสีแปรความเข้มด้วยวิธี Step and Shoot ที่ประกอบ ด้วยการฉายรังสีจำนวนสามมุม โดยในแต่ละมุมประกอบด้วยสามพื้นที่รังสีย่อย	18
2.11 แสดงพื้นที่ฉายรังสีโดยใช้มัลติลีฟคอลลิเมเตอร์ปรับน้ำหนักของปริมาณรังสี แต่ละจุดบนพื้นที่ที่ฉายรังสีในการฉายรังสีแปรความเข้มด้วยวิธี Step and Shoot	19
2.12 ลักษณะของมัลติลีฟคอลลิเมเตอร์ที่มีผลต่อการโฟกัส	20
2.13 มัลติลีฟคอลลิเมเตอร์ที่มีการออกแบบลิฟเป็นแบบ Non-focusing leaf Single focusing leaf และ Double focusing leaf	20
2.14 แสดงการออกแบบมัลติลีฟคอลลิเมเตอร์ของบริษัทต่างๆ	21
2.15 แสดงค่า output factor ซึ่งเป็นฟังก์ชันของพื้นที่รังสี	22
2.16 แสดงผลการประเมินการกระจายปริมาณรังสีในสองมิติที่ได้จากการคำนวณ เทียบกับการวัด	24
2.17 แสดงผลการประเมินการกระจายปริมาณรังสีโดยใช้พื้นผิวของทรงรี ในการประเมิน	25
3.1 เครื่องเร่งอนุภาค (Siemens รุ่น Primus 6 MV)	27

3.2 ลักษณะระบบจำกัดลำรังสีและการออกแบบมัลติลีฟคอลลิเมเตอร์ของ เครื่องเร่งอนุภาค Primus, Siemens	28
3.3 โปรแกรมวางแผนรังสีรักษาตามมิติ Pinnacle ³ version 6.2, Philips	29
3.4 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ OmniPro-Accept	30
3.5 หัววัดรังสีชนิดไอออนในเซชันแบบ CC01	31
3.6 หัววัดรังสีชนิดไอออนในเซชันแบบ CC13	31
3.7 หัววัดรังสีชนิดไอออนในเซชันแบบ FC65-P	31
3.8 เครื่องวัดประจุไฟฟ้า Dose1	32
3.9 วัสดุสมมูลเนื้อเยื่อแบบน้ำ (Blue Phantom)	32
3.10 วัสดุสมมูลเนื้อเยื่อแบบของแข็ง (PMMA)	33
3.11 วัสดุสมมูลเนื้อเยื่อ Easy Cube	33
3.12 กราฟการตอบสนองต่อรังสีของฟิล์มวัดรังสีชนิดอีดีอาร์ 2	34
3.13 เครื่องอ่านค่าความดำฟิล์ม X-Rite 301	34
3.14 เครื่องสแกนรุ่น Microtek ScanMarker 9600XL (บริษัท Microtek)	35
3.15 โปรแกรม Dovision	35
3.16 modified exponential curve ที่ใช้สำหรับจำลองปริมาณรังสีอิเล็กตรอน	39
3.17 หน้าต่างของโปรแกรมวางแผนรังสีรักษาที่ใช้กำหนด objectives และ constraints ของแผนการรักษา	47
3.18 หน้าต่างของโปรแกรมวางแผนรังสีรักษาที่ใช้กำหนดพารามิเตอร์ สำหรับการ optimization และเริ่มต้นการ Optimize แผนการรักษา	47
3.19 หน้าต่างของโปรแกรมวางแผนรังสีรักษาที่ใช้กำหนดพารามิเตอร์สำหรับ สร้างชุดข้อมูลตำแหน่งของมัลติลีฟคอลลิเมเตอร์และคำนวณปริมาณรังสี สุดท้ายที่ได้หลังจากสร้างชุดข้อมูลตำแหน่งของมัลติลีฟคอลลิเมเตอร์	48
3.20 แสดงปริมาตรที่สนใจของก้อนเป้าหมายและอวัยวะที่สำคัญลงบนภาพซีที ของผู้ป่วยในการวางแผนการรักษา	49
3.21 แสดงลักษณะรูปร่างของมัลติลีฟคอลลิเมเตอร์เพื่อวัดปริมาณรังสีที่ทะลุผ่านลิฟ และที่ทะลุผ่านช่องว่างระหว่างลิฟ	51
3.22 แสดงการเปิดลิฟตัวที่ 2 ทางด้าน X2 leaf bank ในมัลติลีฟคอลลิเมเตอร์	53
3.23 แสดงปลายลิฟของมัลติลีฟคอลลิเมเตอร์ที่อยู่ตรงข้ามกันซึ่งห่างกัน 1 เซนติเมตร มีระยะจากแนวกึ่งกลางลำรังสี มาทาง X2 leaf bank เป็นระยะ 10 เซนติเมตร	54

3.24 แสดงการฉายรังสีโดยใช้ฟิล์มอีดีอาร์ 2 วัดรังสีจากเครื่องเร่งอนุภาค(Seimens,Primus) ในวัสดุสมมูลเนื้อเยื่อ Easy cube	56
3.25 แสดงการฉายรังสีโดยเทคนิค single film โดยใช้ฟิล์มอีดีอาร์ 2 วัดในวัสดุสมมูลเนื้อเยื่อ Easy cube	56
3.26 การวางแผนการรักษาโดยการกำหนดรูปร่างของเป้าหมายบนวัสดุสมมูลเนื้อเยื่อเป็นรูปทรงกลม	59
3.27 แสดงการวางแผนการรักษาบนภาพซีทีของผู้ป่วยด้วยภาพ 2 มิติ และ 3 มิติ	60
3.28 แสดงแผนการรักษาของผู้ป่วยที่ตัดลอกลงบนวัสดุสมมูลเนื้อเยื่อ Easy cube	60
4.1 แสดงกราฟปริมาณรังสีสัมพัทธ์ตามระยะลึกของวัสดุสมมูลเนื้อเยื่อแบบน้ำของพื้นที่รังสีขนาด 10x10 ตารางเซนติเมตร	67
4.2 แสดงกราฟปริมาณรังสีสัมพัทธ์ตามระยะห่างจากกึ่งกลางของลำรังสีตามแนวแกน X ของพื้นที่รังสีขนาด 10x10 ตารางเซนติเมตร ที่ความลึก 5 เซนติเมตร ในวัสดุสมมูลเนื้อเยื่อแบบน้ำ	68
4.3 ตำแหน่งของโปรแกรมบันทึกและทวนสอบข้อมูลฉายรังสีเมื่อพื้นที่รังสีรูปตัว L ถูกส่งผ่านมาจากโปรแกรมวางแผนรังสีรักษา	72
4.4 พื้นที่รังสีรูปตัว L ที่ได้จากเครื่องฉายรังสีซึ่งถูกส่งผ่านมาจากโปรแกรมบันทึกและทวนสอบข้อมูลฉายรังสี	72
4.5 ตำแหน่งของตัวกำกับรังสีของพื้นที่รังสีรูปตัว L ในการวางแผนรังสีรักษาที่ใช้ส่งผ่านไปยังโปรแกรมบันทึกและทวนสอบข้อมูลฉายรังสี	73
4.6 แสดง opening density matrix (ODM)	76
4.7 แสดงการกระจายปริมาณรังสีที่ได้จากการวางแผนรังสีรักษาด้วยเทคนิคการฉายรังสีแปรความโดยใช้ลำรังสีจำนวน 5, 7 และ 9 ทิศทาง	77
4.8 แสดงการกระจายปริมาณรังสีที่ได้จากการกำหนดจำนวนของ Monitor Unit น้อยที่สุดในขั้นตอนการสร้างชุดข้อมูลตำแหน่งของมัลติลีฟคอลลิเมเตอร์เท่ากับ 1, 5, 7 และ 10 Monitor Unit เมื่อกำหนดให้ระดับ fluence เท่ากับ 15 และขนาดของพื้นที่รังสีอย่างน้อยที่สุดเท่ากับ 4 ตารางเซนติเมตร	81
4.9 แสดงการกระจายปริมาณรังสีที่ได้จากการกำหนดขนาดพื้นที่รังสีอย่างน้อยที่สุดในขั้นตอนการสร้างชุดข้อมูลตำแหน่งของมัลติลีฟคอลลิเมเตอร์เท่ากับ 1, 4, 9 และ 16 ตารางเซนติเมตร เมื่อกำหนดให้ระดับ fluence เท่ากับ 5 และจำนวน Monitor Unit น้อยที่สุดเท่ากับ 5 Monitor Unit	83

4.10	แสดงการกระจายปริมาณรังสีที่ได้จากการกำหนดระดับ fluence ในขั้นตอนการสร้างชุดข้อมูลตำแหน่งของมัลติลิฟคอลลิเมเตอร์เท่ากับ 5, 7, 10 และ 15 เมื่อกำหนดขนาดพื้นที่รังสีอย่างน้อยที่สุดเท่ากับ 4 ตารางเซนติเมตรและจำนวน Monitor Unit น้อยที่สุดเท่ากับ 5 Monitor Unit	87
4.11	แสดงการเปรียบเทียบการกระจายปริมาณรังสีในแผนการรักษาที่ได้หลังจากกระบวนการ optimization กับแผนการรักษาที่ได้หลังจากสร้างชุดข้อมูลตำแหน่งของมัลติลิฟคอลลิเมเตอร์ โดยใช้จำนวนลำรังสี 5 ทิศทาง และ 9 ทิศทาง	88
4.12	แสดงฟิล์มที่ได้จากการวัดปริมาณรังสีที่ทะลุผ่านลิฟและทะลุรอยต่อระหว่างลิฟที่อยู่ติดกัน	89
4.13	กราฟปริมาณรังสีแบบสัมพัทธ์ตามระยะห่างจากกึ่งกลางลำรังสี จากฟิล์มที่วัดปริมาณรังสีที่ทะลุผ่านลิฟและทะลุรอยต่อระหว่างลิฟที่อยู่ติดกันที่ได้จากโปรแกรม Dovision	89
4.14	ปริมาณรังสีที่ทะลุผ่านปลายลิฟ	93
4.15	ขนาดเงามัวของพื้นที่รังสี 1 เซนติเมตร เนื่องจากขอบด้านข้างของลิฟ	95
4.16	ขนาดของเงามัวของพื้นที่รังสี 1 เซนติเมตร เนื่องจากปลายลิฟ	96
4.17	ฟิล์มที่ได้จากการฉายรังสีด้วยวิธี step wedge	103
4.18	ฟิล์มที่ได้จากการฉายรังสีด้วยวิธี single film	103
4.19	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความดำและปริมาณรังสีของวิธี step wedge และ วิธี single film	104
4.20	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความดำและปริมาณรังสีเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงระนาบของฟิล์มกับแนวกึ่งกลางลำรังสี	104
4.21	แสดงแผนการรักษาที่ได้จากการกำหนดก้อนเป้าหมายที่มีพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปตัว C บนภาพซีทีของวัสดุสมมูลเนื้อเยื่อและสมมุติให้ทรงกระบอกที่มีพื้นที่หน้าตัดวงกลมเป็นอวัยวะสำคัญ โดยใช้ลำรังสีจำนวน 3, 5 และ 7 ทิศทาง	105
4.22	แสดงการเปรียบเทียบการกระจายปริมาณรังสีที่ได้จากการวัดด้วยฟิล์มอีดีอาร์ 2 กับการกระจายปริมาณรังสีที่ได้การวางแผนรังสีรักษา โดยใช้โปรแกรม Dovision เมื่อกำหนดก้อนเป้าหมายเป็นรูปตัวซี และทรงกลม	107
4.23	แสดงผลการคำนวณค่าดัชนีเกมมาของโปรแกรม Dovision ของก้อนเป้าหมายที่กำหนดเป็นรูปทรงกลม เมื่อกำหนดให้ Δd_M เท่ากับ 3 มิลลิเมตร, ΔD_M เท่ากับ 3 เปอร์เซ็นต์ และ Δd_M เท่ากับ 5 มิลลิเมตร, ΔD_M เท่ากับ 5 เปอร์เซ็นต์	107

4.24	แผนภูมิแสดงจำนวนจุดที่มีค่าดัชนีแกมมาในช่วงต่างๆในบริเวณที่มีการกระจาย ปริมาณรังสีมากกว่า 85 เปอร์เซนต์ ของการทวนสอบการกระจายปริมาณรังสีด้วยฟิล์ม	108
4.25	แผนภูมิแสดงจำนวนจุดที่มีค่าดัชนีแกมมาในช่วงต่างๆในบริเวณที่มีการกระจาย ปริมาณรังสีน้อยกว่า 85 เปอร์เซนต์ ของการทวนสอบการกระจายปริมาณรังสีด้วยฟิล์ม	108
4.26	แสดงการเปรียบเทียบการกระจายปริมาณรังสีที่ได้จากการวัดด้วยฟิล์มอีดีอาร์ 2 กับการ กระจายปริมาณรังสีที่ได้การวางแผนรังสีรักษาผู้ป่วย โดยใช้โปรแกรม Dovision	110
4.27	แสดงผลการคำนวณค่าดัชนีแกมมาของโปรแกรม Dovision จากการวัดการกระจาย ปริมาณรังสีด้วยฟิล์มในแผนรังสีรักษาผู้ป่วย	111
4.28	แผนภูมิแสดงจำนวนจุดที่มีค่าดัชนีแกมมาในช่วงต่างๆในบริเวณที่มีการกระจาย ปริมาณรังสีมากกว่า 85 เปอร์เซนต์ ในการทวนสอบการกระจายปริมาณรังสีด้วยฟิล์ม ในแผนรังสีรักษาผู้ป่วย	112
4.29	แผนภูมิแสดงจำนวนจุดที่มีค่าดัชนีแกมมาในช่วงต่างๆในบริเวณที่มีการกระจาย ปริมาณรังสีน้อยกว่า 85 เปอร์เซนต์ ในการทวนสอบการกระจายปริมาณรังสีด้วยฟิล์ม ในแผนรังสีรักษาผู้ป่วย	112
ก-1	หน้าต่าง Physics Tools	126
ก-2	หน้าต่าง Photon Physics Tool	127
ก-3	หน้าต่าง ADD New Machine	127
ก-4	หน้าต่าง Machine Editor ที่ใช้สำหรับป้อนข้อมูลของเครื่องฉายรังสี	128
ก-5	หน้าต่าง Couch Angle Parameters สำหรับป้อนข้อมูลมุมของเตียง	130
ก-6	หน้าต่าง Collimator Angle Parameters สำหรับป้อนข้อมูลมุมคอลลิเมเตอร์	130
ก-7	หน้าต่าง Gantry Angle Parameters สำหรับป้อนข้อมูลมุมของลำรังสีที่เข้า	131
ก-8	หน้าต่าง MLC Editor สำหรับป้อนข้อมูลของระบบจำกัดลำรังสีแบบมัลติลีฟ	132
ก-9	หน้าต่าง R&V Configuration สำหรับข้อมูลของตำแหน่งตัวจำกัดลำรังสีระหว่าง โปรแกรมวางแผนรังสีรักษากับ โปรแกรมบันทึกและทวนสอบข้อมูลการฉายรังสี	133
ก-10	หน้าต่าง Machine Photon Energy Editor สำหรับป้อนข้อมูลพลังงานของโฟตอน	134
ข-1	หน้าต่าง Water Measurement	135
ข-2	หน้าต่าง Define Water Depth Scan สำหรับการวัดปริมาณรังสีสัมพัทธ์ที่เปลี่ยนแปลง ตามระยะลึก	136
ข-3	หน้าต่าง Define Water Depth Scan สำหรับการวัดปริมาณรังสีสัมพัทธ์ที่ เปลี่ยนแปลงตามระยะห่างจากกึ่งกลางของลำรังสี	137

ข-4 หน้าต่าง CU500E COM1	137
ข-5 หน้าต่าง CU500E COM1 แสดงการกำหนดกำลังขยายของการวัด	138
ข-6 หน้าต่าง Water Measurement เมื่อกำหนด depth dose และ profiles ที่ต้องการวัดแล้ว	138
ข-7 ปริมาณรังสีสัมพัทธ์ที่เปลี่ยนแปลงตามระยะลึกของวัสดุสมมูลเนื้อเยื่อแบบน้ำ ที่ได้จากการวัด	139
ข-8 ปริมาณรังสีสัมพัทธ์ที่เปลี่ยนแปลงตามระยะห่างจากกึ่งกลางของลำรังสีที่ได้จากการวัด	139
ข-9 หน้าต่าง Interpolation/Smoothing	140
ข-10 หน้าต่าง Make Symmetric	141
ข-11 แสดงการเลือก RTPS Query Bar จากเมนูหลัก View	142
ข-12 หน้าต่างเครื่องมือของ RTPS Query Bar ซึ่งอยู่ทางด้านบนของแฟ้มข้อมูล	142
ข-13 หน้าต่าง RTPS Converted Data Overview	143
ข-14 หน้าต่าง Import Profiles	144
ข-15 หน้าต่าง Confirm Profile Import	145
ค-1 หน้าต่าง Photon Model Editor	146
ค-2 หน้าต่าง Photon Model Library	147
ค-3 หน้าต่าง Photon Model Editor หลังจากคัดลอกค่าตัวแปรที่ใช้สำหรับจำลองลำรังสี	147
ค-4 หน้าต่าง Optimization Sequencer	148
ค-5 หน้าต่าง Model Parameter Status	148
ค-6 หน้าต่าง Selected Data	149
ค-7 หน้าต่าง Machine Data Model Window	149
ง-1 หน้าต่าง Photon Output Factor	150
ง-2 หน้าต่าง Photon Output Factor Measurement Geometry	151
ง-3 หน้าต่าง Photon Output Factor Computation Window	152
จ-1 หน้าต่าง Commission Machine	154
ช-1 บทคัดย่อผลงานวิชาการงาน การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา แห่งชาติ ครั้งที่ 4	157
ช-2 บทคัดย่อผลงานวิชาการงาน การประชุมรังสีวิทยาภาคเหนือ ครั้งที่ 7	158
ช-3 บทคัดย่อผลงานวิชาการงาน การประชุมวิชาการประจำปี สมาคมรังสีรักษาและ มะเร็งวิทยาแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 16 ประจำปี 2548	159
ช-4 บทคัดย่อผลงานวิชาการงาน การประชุมวิชาการประจำปี สมาคมรังสีรักษาและ	



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

อักษรย่อและสัญลักษณ์

AAPM	American Association of Physicists in Medicine เป็นสมาคมฟิสิกส์ทางการแพทย์ของอเมริกา
CT	computed tomography เป็นเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สำหรับถ่ายภาพทางรังสีเพื่อใช้ในการวางแผนรังสีรักษาสามมิติ
CTV	clinical target volume คือปริมาตรของก้อนมะเร็งและบริเวณที่คาดว่าจะมีการลุกลามของมะเร็ง
d_m	depth of maximum dose คือระดับความลึกที่มีปริมาณรังสีสูงสุด
GTV	gross tumor volume คือปริมาตรของก้อนมะเร็งปฐมภูมิ
Gy	gray เป็นหน่วยของปริมาณรังสีที่ถูกดูดกลืน
LANTIS	Local Area Network Treatment Information Systems เป็นโปรแกรมสำหรับคอมพิวเตอร์เชื่อมโยงข้อมูลรังสีรักษา ภายในหน่วยงาน
MLC	multileaf collimator คือตัวกำกับลำรังสีซึ่งเล็กๆหลายซี่ประกอบกัน
MU	monitor unit คือหน่วยนับวัดปริมาณรังสี
MV	Million voltage เป็นพลังงานรังสีระดับล้านโวลต์
OF	output factor คือปริมาณรังสีที่ถูกดูดกลืนต่อหนึ่งหน่วยนับวัดปริมาณรังสี
ODM	Opening density matrix เป็นความเข้มรังสีแบบสัมผัสในระนาบตั้งฉากกับทิศทางของลำรังสีที่ถูกแปรความเข้ม
TERMA	total energy released per unit mass คือพลังงานที่ถ่ายเทโดยรวมต่อหนึ่งหน่วยมวล
SAD	source-axis distance เป็นระยะจากแหล่งกำเนิดรังสีถึงจุดศูนย์กลางร่วมลำรังสี (isocenter)
SSD	source-surface distance เป็นระยะจากแหล่งกำเนิดรังสีถึงผิวของวัตถุสมมูลเนื้อเยื่อ