

โปรแกรมคำนวณหน่วยนับวัดรังสีที่ใช้ข้อมูลภาพพื้นที่
นายรังสีเครื่องจำลองการฉายรังสีแบบดิจิทัล

เกียรติศักดิ์ อนุสรณ์วัฒน์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต

สาขาวิชาฟิสิกส์การแพทย์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
สิงหาคม 2560

โปรแกรมคำนวณหน่วยนับวัดรังสีที่ใช้ข้อมูลภาพพื้นที่ฉายรังสีเครื่องจำลองการ
ฉายรังสีแบบดิจิทัล

เกียรติศักดิ์ อนุสรณ์วัฒน์

วิทยานิพนธ์นี้เสนอต่อมหาวิทยาลัยเชียงใหม่เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาฟิสิกส์การแพทย์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

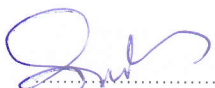
สิงหาคม 2560

โปรแกรมคำนวณหน่วยนับวัดรังสีที่ใช้ข้อมูลภาพพื้นที่ฉายรังสีเครื่อง
จำลองการฉายรังสีแบบดิจิทัล

เกียรติศักดิ์ อนุสรณวัฒน์

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาฟิสิกส์การแพทย์

คณะกรรมการสอบ

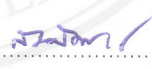
 ประธานกรรมการ
(รศ. นพ. วิชาญ หล่อวิทยา)

 กรรมการ
(รศ. นพ. เอกสิทธิ ชราวิจิตรกุล)

 กรรมการ
(ผศ.ดร. สมศักดิ์ วรรณวิไลรัตน์)

คณะกรรมการที่ปรึกษา

 อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(รศ. นพ. เอกสิทธิ ชราวิจิตรกุล)

 อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผศ. ดร. สมศักดิ์ วรรณวิไลรัตน์)

17 สิงหาคม 2560

© ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความรู้และการสนับสนุนอย่างดีจาก รองศาสตราจารย์ นพ.เอกสิทธิ์ ฐราวิจิตรกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ วรรณวิไลรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมในวิทยานิพนธ์ ผู้ซึ่งกรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ คำปรึกษา และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ อีกทั้งยังให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ นพ.วิชาญ หล่อวิทยา ที่กรุณาสละเวลาอันมีค่าเพื่อเป็นประธานและกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รวมทั้งให้คำปรึกษา และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ในการสอบวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ไพศาล สุวรรณนคร นักฟิสิกส์บริษัทพรีเมียร์บิซิเนสจำกัด ที่ให้ความช่วยเหลือ ความรู้ คำแนะนำ คำปรึกษาในการการวัดปริมาณรังสีเพื่อใช้หาค่าตัวแปรพื้นที่รังสี จนทำให้วิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณคุณสัมพัทธ์ วรรณวิไลรัตน์ และคุณฐานันตร์ ไชยเวียงที่ให้ความช่วยเหลือ ความรู้ คำแนะนำ คำปรึกษาในการพัฒนาโปรแกรม จนทำให้วิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุพจน์ เอื้ออภิสถิวังศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาทั่วไป และขอกราบขอบพระคุณคุณอาจารย์ สาขาฟิสิกส์การแพทย์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ทุกท่านที่ได้ถ่ายทอดวิชาความรู้ต่างๆแก่ผู้เขียนตลอดระยะเวลาที่ศึกษาในระดับปริญญาโท

ขอขอบคุณ คุณวรรณภา นบนอบ คุณอนิรุทธิ์ วัชรวิภา คุณดำรงศักดิ์ ทิพย์ปัญญา คุณพรสุรีย์ ไชยฤทธิ์ คุณสุวิมล จันทร์ลออ และเจ้าหน้าที่ทุกท่านในหน่วยรังสีรักษาและมะเร็งวิทยา โรงพยาบาลมหาราชนครเชียงใหม่ ที่ให้ความช่วยเหลือและการสนับสนุนเอื้อเฟื้อสถานที่ เครื่องมือ และอุปกรณ์ในการดำเนินการวิจัยเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ แพทย์หญิงสุภาพรณ วิทยานวัฒน์ คุณปนัดดา พุนศรีธนากุล และเจ้าหน้าที่ทุกท่านใน
หน่วยรังสีรักษาและมะเร็งวิทยา โรงพยาบาลศูนย์สุรินทร์ ที่ให้ความช่วยเหลือและการสนับสนุน
เอื้อเฟื้อสถานที่ เครื่องมือ และอุปกรณ์ในการดำเนินการวิจัยเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณนายแพทย์สุประสิทธิ์ จรุงวัฒนะเลาหะ อดีตหัวหน้ากลุ่มงานรังสีวิทยาโรงพยาบาลสุรินทร์
ขอขอบคุณแพทย์หญิงศิริวรรณ ทิวทอง หัวหน้ากลุ่มงานรังสีวิทยาโรงพยาบาลสุรินทร์ในปัจจุบัน
ขอขอบคุณแพทย์หญิงกฤษณา ร้อยศรี ขอขอบคุณพี่ยุติ แดงประกอบ ขอขอบคุณพี่ธสมบัติ วนา
พันธ์พรกุล

ขอขอบพระคุณแม่ยุพา อนุสรณวัฒน์ ขอขอบคุณกำลังใจอันดีเยี่ยมจากภรรยาคุณสุภาพและบุตรทั้ง
สามคนนางสาวจิรัชชา นางสาวกัญญภัส เด็กชายพศวัต อนุสรณวัฒน์รวมทั้งญาติพี่น้องและเพื่อน
สนิททุกคน ของผู้เขียนที่มีให้เสมอมา

ท้ายที่สุดนี้หากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีข้อผิดพลาดบกพร่องประการใด ผู้เขียนขออภัยมา ณ ที่นี้และหวัง
เป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเกิดประโยชน์ต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และผู้ที่สนใจจะศึกษาด้าน
นี้ต่อไป

เกียรติศักดิ์ อนุสรณวัฒน์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หัวข้อวิทยานิพนธ์ โปรแกรมคำนวณหน่วยนับวัดรังสีที่ใช้ข้อมูลภาพพื้นที่ฉายรังสีเครื่อง
จำลองการฉายรังสีแบบดิจิทัล

ผู้เขียน นายเกียรติศักดิ์ อนุสรณวัฒน์

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ฟิสิกส์การแพทย์)

คณะกรรมการที่ปรึกษา รศ. นพ. เอกสิทธิ์ ธราวิจิตรกุล อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
ผศ. ดร. สมศักดิ์ วรรณวิไลรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

บทคัดย่อ

การคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสีเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญมากในกระบวนการรังสีรักษา หากการ
คำนวณหน่วยนับวัดรังสีผิดพลาดจะส่งผลกระทบต่อการรักษา พื้นที่ฉายรังสีเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อความ
ถูกต้องต่อการคำนวณหน่วยนับวัดรังสี หากการหาขนาดพื้นที่ฉายรังสีคลาดเคลื่อนจะทำให้ค่าหน่วย
นับวัดรังสี ผิดพลาดไปด้วย

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาโปรแกรมคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสีที่ใช้ข้อมูลภาพพื้นที่ฉายรังสีจากเครื่อง
จำลองการฉายรังสีแบบดิจิทัลมาคำนวณหาค่าหน่วยนับวัดรังสี โดยหาความยาวด้านของพื้นที่รังสี
สมมูลสองแบบคือแบบ Eqs และแบบ SQRT ด้วยโปรแกรมภาษาJAVA จากนั้นนำความยาวด้าน
ของพื้นที่รังสีสมมูลที่ได้ไปหาค่า TMR และ S_{cp} จากข้อมูลลำรังสีของเครื่องฉายรังสีเอกซ์พลังงาน 6
MV แล้วคำนวณหาค่าหน่วยนับวัดรังสีโดยใช้วิธีการประมาณค่า(approximation method) ด้วย
โปรแกรมภาษา Visual Fox Pro เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าหน่วยนับวัดรังสีที่คำนวณได้ เมื่อ
ใช้ความยาวด้านของพื้นที่รังสีสมมูลแบบ Eqs กับแบบ SQRT และทวนสอบผลการคำนวณค่า
หน่วยนับวัดรังสีของพื้นที่รังสีตามแนวปฏิบัติ IAEA TECDOC 1540 โดยเปรียบเทียบกับปริมาณ
รังสีที่วัดได้ในน้ำ

ผลการวิจัยพบว่ากลุ่มพื้นที่รังสีทดสอบตาม IAEA TECDOC 1540 แบบจตุรัสและแบบผืนผ้า ที่จุดคำนวณอยู่บนแนวกึ่งกลางลำรังสี โดยใช้ความยาวด้านพื้นที่รังสีสมมูลแบบ Eqs มีความแตกต่างเฉลี่ยของปริมาณรังสีที่คำนวณและวัดเท่ากับ 0.67% และ 0.92% ตามลำดับ ขณะที่พื้นที่แบบจตุรัสและแบบผืนผ้า ใช้ความยาวด้านแบบ SQRT มีความแตกต่างเฉลี่ยของปริมาณรังสีที่คำนวณและวัดเท่ากับ 0.67% และ 5.31% ตามลำดับ และกลุ่มพื้นที่รังสีทดสอบแบบมีพื้นที่ก้ำกึ่งและจุดคำนวณไม่อยู่บนแนวกึ่งกลางลำรังสี พบว่าพื้นที่รังสีที่หาความยาวด้านแบบ Eqs และแบบ SQRT มีความแตกต่างเฉลี่ยของปริมาณรังสีที่คำนวณและวัดได้เท่ากับ 4.70% และ 6.00% ตามลำดับ

โปรแกรมคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสีที่พัฒนาขึ้น สามารถหาความยาวด้านของพื้นที่รังสีสมมูลทั้งแบบ Eqs และ SQRT จากข้อมูลภาพพื้นที่ฉายรังสีของเครื่องจำลองการฉายรังสีแบบดิจิทัล และนำไปคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสีที่จุดคำนวณอยู่บนแนวกึ่งกลางลำรังสีได้อย่างถูกต้องแม่นยำ



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Thesis Title	A Monitor Unit Calculation Programming Using Digital Simulator Treatment Portal Data	
Author	Mr. Kiattisak Anusornthanawat	
Degree	Master of Science (Medical Physics)	
Advisory Committee	Assoc. Prof. Ekkasit Tharavichitkul, M.D.	Advisor
	Asst. Prof. Dr.Somsak Wanwilairat.	Co-advisor

ABSTRACT

Calculation of monitor unit is the importance step in radiation therapy. If the calculation of monitor unit has deviation, it will adversely affect the treatment. The irradiation area is the main factor affecting the calculation of the monitor unit. If the irradiation area approximation has some deviation, the monitor unit calculation will have an error too.

This research has developed a monitor unit calculation program which use treatment portal image from a digital simulator. The radiation equivalent areas were calculated two methods, Eqs and SQRT, using JAVA programming language. TMR and S_{cp} of 6 MV beam data were calculate using equivalent length Eqs and SQRT then the monitor unit was calculated by the approximation method. The MU calculation program was developed in Visual Fox Pro language. The monitor unit calculation results were compared between the equivalent length Eqs and SQRT method. The monitor unit calculation program was verified by measuring the radiation dose in water follow the IAEA TECDOC 1540 guideline.

This research found that the mean difference in radiation dose between MU program calculation and measurement in water using Eqs length of the square and rectangular test case area follow IAEA TECDOC 1540 with the calculating point at the central axis were of 0.67% and 0.92%, respectively. The same comparison using SQRT lengths were 0.67% and 5.31%, respectively. The test case with

block area and off axis calculation point, the mean difference in radiation dose between Eqs and SQRT method were 4.70% and 6.00%, respectively.

The developed program can determine the Eqs and SQRT length of the equivalent field size from the radiation field image data of a radiotherapy digital simulator and accurately calculate the monitor unit on the central axis of a photon beam.



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	จ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ช
สารบัญ	ณ
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพ	ฐ
รายการอักษรย่อ	ฒ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหาในงานวิจัย	1
1.2 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง	3
1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	4
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษาเชิงทฤษฎีและ/หรือเชิงประยุกต์	4
1.5 ขอบเขตการวิจัย	4
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐาน	5
2.1 คำศัพท์พื้นฐานที่รังสี	5
2.2 สมการคำนวณค่า Monitor Unit สำหรับการฉายรังสีเทคนิค SAD	8
2.3 การกำหนดขนาดพื้นที่รังสี	8

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4 เครื่องจำลองการฉายรังสีแบบดิจิทัล	9
2.5 การทดสอบการคำนวณค่า Monitor Unit	9
2.6 ภาษาคอมพิวเตอร์ Microsoft Visual Foxpro 9.0	16
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	18
3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์	18
3.2 วิธีทำการวิจัย	22
บทที่ 4 ผลงานวิจัย	26
4.1 โปรแกรมหาค่าพื้นที่	26
4.2 โปรแกรมคำนวณหน่วยนับวัดรังสี	30
4.3 ผลการทดสอบโปรแกรมคำนวณหน่วยนับวัดรังสี	38
บทที่ 5 สรุป วิเคราะห์ และข้อเสนอแนะ	42
5.1 สรุปผลการทดลอง	42
5.2 วิเคราะห์ผลการทดลองและสรุปผลการวิจัย	43
5.3 ข้อเสนอแนะ	44
เอกสารอ้างอิง	45
ภาคผนวก	48
ภาคผนวก ก	48
ภาคผนวก ข	50
ภาคผนวก ค	53
ประวัติผู้เขียน	56

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงข้อมูลของ Test case 1a	10
ตารางที่ 2.2 แสดงข้อมูลของ Test case 1b	11
ตารางที่ 2.3 แสดงข้อมูลของ Test case 1c	12
ตารางที่ 2.4 แสดงข้อมูลของ Test case 2a	13
ตารางที่ 2.5 แสดงข้อมูลของ Test case 2b	14
ตารางที่ 2.6 แสดงข้อมูลของ Test case 7	15
ตารางที่ 2.7 ความต้องการระบบขั้นต่ำของโปรแกรม Microsoft Visual Foxpro 9.0	17
ตารางที่ 3.1 แสดงข้อมูล Test case ต่างๆ ในการทดสอบความถูกต้องของโปรแกรมคำนวณ	23
ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทวนสอบโปรแกรมคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสีของกลุ่มพื้นที่รังสี Test case ที่ 1a, 1b และ 1c	38
ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทวนสอบโปรแกรมคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสีของกลุ่มพื้นที่รังสี Test case ที่ 2a และ 2b	40
ตารางที่ 4.3 แสดงผลการทวนสอบโปรแกรมคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสีของกลุ่มพื้นที่รังสี Test case ที่ 7	41
ตารางที่ ก-1 แสดงค่าSc,pที่ได้จากการวัด	47
ตารางที่ ก-2 แสดงการเปรียบเทียบค่าSc,pที่ได้จากการวัดกับสมการที่สร้างขึ้น	48
ตารางที่ ข-1 แสดงค่าTMRที่ได้จากการวัด	49
ตารางที่ ค-1 แสดงเปรียบเทียบค่าMUที่ Depth 3 cm. ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรม	52
ตารางที่ ค-2 แสดงเปรียบเทียบค่าMUที่ Depth 5 cm. ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรม	53

สารบัญตาราง(ต่อ)

หน้า

ตารางที่ ค-3 แสดงเปรียบเทียบค่าMUที่ Depth 10 cm. ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรม	53
ตารางที่ ค-4 แสดงเปรียบเทียบค่าMUที่ Depth 15 cm. ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรม	54
ตารางที่ ค-5 แสดงเปรียบเทียบค่าMUที่ Depth 20 cm. ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรม	54



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพ 2.1 แสดงการวัดค่า S_c และกราฟค่า S_c ที่เพิ่มขึ้นตามขนาด field size	6
ภาพ 2.2 แสดงการวัดค่า TMR	7
ภาพ 2.3 แสดงความสัมพันธ์ค่า TMR กับขนาดพื้นที่รังสีและระยะลึก	7
ภาพ 2.4 แสดงภาพของ Test case 1a	10
ภาพ 2.5 แสดงภาพของ Test case 1b	11
ภาพ 2.6 แสดงภาพของ Test case 1c	12
ภาพ 2.7 แสดงภาพของ Test case 2a	13
ภาพ 2.8 แสดงภาพของ Test case 2b	14
ภาพ 2.9 แสดงภาพของ Test case 7	15
ภาพ 3.1 แสดงเครื่องฉายรังสีแบบเร่งอนุภาครุ่น Elekta Precise®	18
ภาพ 3.2 แสดงเครื่องจำลองการฉายรังสี	19
ภาพ 3.3 แสดงหุ่นจำลองน้ำขนาด 40 x40 x40 ลูกบาศก์เซนติเมตร	19
ภาพ 3.4 แสดงหัววัดปริมาณรังสีแบบประจุแตกตัว ขนาด 0.6 ลูกบาศก์เซนติเมตร	20
ภาพ 3.5 แสดงเครื่องวัดประจุไฟฟ้า รุ่น PTW UNIDOS E	20
ภาพ 3.6 แสดงเครื่องคอมพิวเตอร์วางตั้งรุ่น Dell inspiron 5420	21
ภาพ 4.1 แสดงภาพพื้นที่ฉายรังสีในโปรแกรม ImageJ	27
ภาพ 4.2 แสดงการสอบเทียบสเกลของภาพในโปรแกรม JAVA	27
ภาพ 4.3 แสดงการวาดขอบเขตพื้นที่รังสี	28
ภาพ 4.4 แสดงการวาดบริเวณกำลังรังสี	28
ภาพ 4.5 แสดงจุดสองจุดในภาพเพื่อหาความยาวด้านของพื้นที่ Equivalent square	29
ภาพ 4.6 แสดงไฟล์ข้อมูลความยาวด้านของ Eqs และ SQRT	29
ภาพ 4.7 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า $S_{c,p}$ กับความยาวด้านของพื้นที่รังสี (Eqs)	30

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพ 4.8 แสดงกราฟค่า TMR ของความยาวด้านพื้นที่รังสี (Eqs) 3.0 ซม.	31
ภาพ 4.9 แสดงกราฟค่า TMR ของความยาวด้านพื้นที่รังสี (Eqs) 5.0 ซม.	31
ภาพ 4.10 แสดงกราฟค่า TMR ของความยาวด้านพื้นที่รังสี (Eqs) 8.0 ซม.	32
ภาพ 4.11 แสดงกราฟค่า TMR ของความยาวด้านพื้นที่รังสี (Eqs) 10.0 ซม.	32
ภาพ 4.12 แสดงกราฟค่า TMR ของความยาวด้านพื้นที่รังสี (Eqs) 12.0 ซม.	33
ภาพ 4.13 แสดงกราฟค่า TMR ของความยาวด้านพื้นที่รังสี (Eqs) 15.0 ซม.	33
ภาพ 4.14 แสดงกราฟค่า TMR ของความยาวด้านพื้นที่รังสี (Eqs) 20.0 ซม.	34
ภาพ 4.15 แสดงกราฟค่า TMR ของความยาวด้านพื้นที่รังสี (Eqs) 25.0 ซม.	34
ภาพ 4.16 แสดงกราฟค่า TMR ของความยาวด้านพื้นที่รังสี (Eqs) 30.0 ซม.	35
ภาพ 4.17 แสดงกราฟค่า TMR ของความยาวด้านพื้นที่รังสี (Eqs) 35.0 ซม.	35
ภาพ 4.18 แสดงกราฟค่า TMR ของความยาวด้านพื้นที่รังสี (Eqs) 40.0 ซม.	36
ภาพ 4.19 แสดงหน้าต่างโปรแกรมคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสี	37
ภาพ 4.20 แสดงผังงานของโปรแกรมคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสี	37
ภาพ ก-1 แสดงกราฟค่า $S_{c,p}$	48

รายการอักษรย่อ

D_{cal}	ค่า Calculation's dose หรือปริมาณรังสีที่ได้จากการคำนวณ
D_{meas}	ค่า Measurement's dose หรือปริมาณรังสีที่ได้จากการวัด
DICOM	มาตรฐานสำหรับการจัดการ, การจัดเก็บ, การพิมพ์และการส่งข้อมูลแลกเปลี่ยนในการถ่ายภาพทางการแพทย์
ESTRO	European Society for Therapeutic Radiology and Oncology
Eqs	พื้นที่รังสีสมมูลแบบจัตุรัส Equivalent square
IAEA	International Atomic Energy Agency หรือทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ
MV	หน่วยพลังงานระดับ Megavoltage
MU	Monitor Unit หรือหน่วยนับวัดรังสี
OAR	ค่า Off Axis Ratio
PD	ปริมาณรังสีที่แพทย์กำหนดให้ผู้ป่วยได้รับ
SAD	เทคนิคการฉายรังสีแบบ Source to Axis Distance หรือ Isocentric
S_c	ค่า Collimator scatter factor
S_p	ค่า Phantom scatter factor
$S_{c,p}$	ค่า Total scatter factor
SCD	ค่าระยะ Source to Calibration Distance
SPD	ค่าระยะ Source to Prescribe Distance
SQRT	พื้นที่รังสีสมมูลแบบค่ารากที่สอง
TMR	ค่า Tissue Maximum Ratio
TPR	ค่า Tissue Phantom Ratio
TTF	ค่า Total Transmission Factor (compensators, wedges, trays)
2D	2 Dimension หรือเทคนิคการฉายรังสีแบบสองมิติ

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหาในการวิจัย

ในประเทศไทย โรคมะเร็งเป็นปัญหาการเจ็บป่วย การเสียชีวิต รวมทั้งปัญหาเรื่องภาระโรค ที่ทำให้ประชากรไทยสูญเสียการมีคุณภาพชีวิตที่ดี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2541 เป็นต้นมา โรคมะเร็งเป็นสาเหตุการเสียชีวิตอันดับหนึ่งของประชากรไทย[1] การรักษาโดยรังสีมีบทบาทสำคัญในการรักษาโรคมะเร็งมากขึ้น การรักษาที่ได้ผลดีและมีประสิทธิภาพต้องอาศัยกระบวนการวางแผนการรักษาที่มีความถูกต้องแม่นยำ[2]

ปัจจุบันเครื่องฉายรังสีได้ถูกพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการรักษามากขึ้น รวมทั้งมีการพัฒนาเทคนิคการฉายรังสีแบบใหม่ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้บริเวณก้อนมะเร็งได้รับปริมาณรังสีสูงสุดในขณะที่อวัยวะปกติใกล้เคียงได้รับปริมาณรังสีต่ำสุด[3]

Shafiq J และคณะ (2009)[4] ศึกษาเกี่ยวกับอุบัติการณ์ที่เกิดขึ้นในงานรังสีรักษาในระดับนานาชาติ พบว่าอุบัติการณ์ที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการวางแผนรังสีรักษามากถึงร้อยละ 55 ต่อมา Hunt M.A. และคณะ (2012)[5] หาค่าเฉลี่ยของจำนวนอุบัติการณ์แต่ละประเภทต่อปีในแต่ละกระบวนการรังสีรักษา ระหว่าง ปี 2001 ถึง 2010 พบว่าร้อยละ 40 ของอุบัติการณ์ในขั้นตอนการวางแผนรังสีรักษาเกี่ยวข้องกับกระบวนการคำนวณหน่วยนับวัดรังสี (Monitor Unit: MU) โดยสาเหตุความผิดพลาดมาจากเรื่อง field size, depth, inverse square และตัวแปรอื่นๆ

ในกระบวนการรังสีรักษา ปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับจะเป็นสัดส่วนกับหน่วยนับวัดรังสี ของเครื่องฉายรังสี การคำนวณหาหน่วยนับวัดรังสีจึงต้องกระทำในผู้ป่วยฉายรังสีทุกราย วิธีการคำนวณมีหลายวิธี วิธีคำนวณด้วยมือหนึ่งที่ใช้แพร่หลายในเทคนิคการฉายรังสีที่ระยะแหล่งกำเนิดคงที่หรือ SAD (Source Axis Distance) สามารถคำนวณ MU ได้ดังสมการ (1) ต่อไปนี้[6]

$$MU = \frac{PD}{K \times TMR \times S_c \times S_p \times SAD \text{ factor}} \quad (1.1)$$

เมื่อ

PD	=	ปริมาณรังสีที่แพทย์กำหนดให้ผู้ป่วยได้รับ
K	=	ปริมาณรังสีของเครื่องฉายรังสีต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนัก
TMR	=	ค่า Tissue Maximum Ratio
S_c	=	ค่า Collimator scatter factor
S_p	=	ค่า Phantom scatter factor
SAD factor	=	$\left(\frac{SCD}{SAD}\right)^2$
SCD	=	Source Chamber Distance

จากสมการ (1.1) พบว่าพื้นที่ฉายรังสีเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อการคำนวณ MU หากคำนวณพื้นที่ฉายรังสีคลาดเคลื่อนจะทำให้ค่า MU ผิดพลาดไปด้วย พื้นที่รังสีที่ใช้ในการรักษากำหนดได้จากภาพถ่ายรังสีจากเครื่องจำลองการฉายรังสี (Simulator)[6] ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ถูกสร้างให้มีรูปลักษณะและคุณลักษณะต่างๆรวมทั้งกลไกเหมือนเครื่องฉายรังสีมากที่สุด ยกเว้นแหล่งกำเนิดรังสีที่ใช้หลอดเอกซเรย์ เป็นเครื่องมือที่ต้องมีในกระบวนการรังสีรักษา ในปัจจุบันเครื่องจำลองการฉายรังสีมีใช้อยู่จะเป็นแบบ Digital simulator คือเครื่องจำลองการฉายรังสีที่ข้อมูลภาพรังสี เป็นแบบดิจิทัล (digital) สามารถใช้สร้างพื้นที่ฉายรังสีได้ทันที ส่ง/จัดเก็บข้อมูลในระบบคอมพิวเตอร์เครือข่าย โดยใช้มาตรฐานไคคอม (Digital Imaging and Communications in Medicine: DICOM) ข้อมูลผู้ป่วยและภาพจำลองการฉายรังสีจะถูกจัดเก็บอยู่ในรูปไฟล์ไคคอม (DICOM file) สามารถส่งเข้าเครื่องวางแผนรังสีรักษาได้ทันที ลดปัญหาการวางแผนการรักษาผู้ป่วยผิดคน ไม่มีปัญหาเรื่องฟิล์มเครื่องล้างฟิล์ม และคุณภาพของภาพถ่ายรังสี

พื้นที่ฉายรังสีของผู้ป่วยจะถูกใช้เพื่อคำนวณหาค่าหน่วยน้ำหนักรังสี(MU) โดยทั่วไปการคำนวณค่าพื้นที่ฉายรังสีในทางคลินิกจากเครื่องจำลองการฉายรังสีแบบดั้งเดิมจะใช้วิธีการประมาณค่า (approximation method) วิธีการประมาณค่าพื้นที่ฉายรังสีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายคือ ทฤษฎีของ Sterling และคณะ(1964)[7] กล่าวถึงขนาดพื้นที่รังสีรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าและสี่เหลี่ยมจัตุรัสว่าพื้นที่รังสีรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าจะสมมูลกับพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ถ้าหากว่าพื้นที่ทั้งสองมีขนาดพื้นที่และเส้นรอบรูปเท่ากัน แต่การเก็บข้อมูลค่ารังสีของเครื่องฉายรังสีนิยมเก็บในรูปแบบตารางที่ค่าตัวแปรรังสีคณิตสัมพันธ์กับความยาวด้านของสี่เหลี่ยมจัตุรัส ตั้งแต่พื้นที่ 3x3 ค.ร.ช.ม. ไปจนถึงขนาด

พื้นที่ 40x40 ตร.ซ.ม. ดังนั้นถ้าหากเราประมาณค่าพื้นที่ฉายรังสีเป็นรูปสี่เหลี่ยมแล้วหาค่ารากที่สองแล้วใช้ค่ารากที่สองไปหาค่าตัวแปรรังสีคณิต และเปรียบเทียบกับวิธีแบบ Sterling น่าจะให้ผลไม่แตกต่างกัน แต่การหา SQRT จะทำได้สะดวกรวดเร็วกว่า

ปัจจุบันเครื่องจำลองการฉายรังสีส่วนใหญ่เป็นแบบดิจิทัล โดยข้อมูลภาพพื้นที่ฉายรังสีอยู่ในรูปไฟล์ DICOM สามารถนำมาใช้คำนวณได้ทันที ดังนั้นงานวิจัยนี้มุ่งพัฒนาโปรแกรมที่สามารถใช้ข้อมูลดิจิทัลของภาพถ่ายพื้นที่รังสีจากเครื่องจำลองการฉายรังสี มาคำนวณหาหน่วยนับวัดรังสี (MU) พร้อมทั้งทวนสอบผลการคำนวณ เพื่อเพิ่มความถูกต้อง (accuracy) และประสิทธิภาพ (efficiency) ของงานบริการด้านฟิสิกส์การแพทย์

IAEA TECDOC 1540 [8] ของหน่วยงาน International Atomic Energy Agency (IAEA) ได้กำหนด รวบรวมกระบวนการทดสอบคุณสมบัติ และการทำงานของเครื่องวางแผนรังสีรักษาไว้เป็นแนวทางในกระบวนการตรวจรับ โดยรายละเอียดจะประกอบด้วยกระบวนการทดสอบคุณสมบัติทั่วไปของเครื่องวางแผน เช่น การแสดงค่าระยะต่างๆที่ใช้ (distances and linear dimensions display) การจำกัดขอบเขตของข้อมูล (Data limit) เป็นต้น และกระบวนการทดสอบความถูกต้องของการคำนวณปริมาณรังสี (accuracy of dosimetric calculation) โดยใช้หุ่นจำลองน้ำ ได้แก่ การสร้างพื้นที่รังสีการคำนวณปริมาณรังสี และทำการวัดปริมาณรังสีเพื่อประเมินความถูกต้องของการคำนวณปริมาณรังสีของเครื่องวางแผนรังสี

1.2 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง

Tobias P และคณะ (2013)[9] ได้ศึกษาเรื่อง การรับส่งข้อมูลรังสีรักษาแบบเขียนและแบบดิจิทัลในการประกันคุณภาพในงานรังสีรักษา เน้นย้ำถึงความสำคัญของระบบการจัดการข้อมูลในงานรังสีรักษา โดยค้นหา error หรือ potential error ในฐานข้อมูลรังสีรักษาระหว่างปี ค.ศ. 2002-2008 ของโรงพยาบาล Olomouc ประเทศสาธารณรัฐเช็ก ที่เกิดในขั้นตอนการวางแผนและการฉายรังสีที่สามารถป้องกันอุบัติการณ์ได้โดยการใช้ระบบการเชื่อมต่อข้อมูลแบบดิจิทัล พบความถี่และสาเหตุของอุบัติการณ์ดังนี้ การบันทึกข้อมูลแผนรังสีรักษาด้วยวิธีเขียน(manual rewriting of treatment plan) เท่ากับ 30 % การระบุอุปกรณ์ทวนสอบผิด(wrong assignment of the verification system) เท่ากับ 15 % การบันทึกข้อมูลผลการทวนสอบด้วยวิธีเขียน (manual rewriting of treatment data to the verification) เท่ากับ 15 % การระบุตัวผู้ป่วยผิดเท่ากับ 5 % การทวนสอบพื้นที่ฉายรังสีผิดเท่ากับ 15 % การระบุทิศทางลิมรังสีผิดเท่ากับ 10 % สรุปว่าการเชื่อมต่อข้อมูลด้วยวิธีดิจิทัล มีความสำคัญต่อการประกันคุณภาพในงานรังสีรักษา

Gesheva A.N. (2008)[10] ได้สร้างโปรแกรมคำนวณหน่วยนับวัดรังสีฟิสิกส์พลังงาน 6 MV และ 18 MV โดยใช้ข้อมูลพื้นฐานจากการวัด เปรียบเทียบกับข้อมูลของ ESTRO ดำเนินการวัดปริมาณรังสีตาม IAEA TRS-398 คำนวณค่า TPR, S_c , S_p และค่า MU สำหรับพื้นที่รังสีเปิดและพื้นที่รังสีที่มีลิ้มรังสีโดยทำงานบนโปรแกรม Microsoft Excel ผลการทดลองพบว่าความแตกต่างเฉลี่ยของค่า S_c ระหว่างการวัดกับการคำนวณเท่ากับ 0.16 % และ 0.17 % สำหรับพลังงาน 6 MV และ 18 MV ตามลำดับ ความแตกต่างสูงสุดของค่า S_p ระหว่างการวัดกับการคำนวณเท่ากับ 0.4 % สำหรับทั้งสองพลังงาน ค่า S_p แตกต่างจาก S_p ของ ESTRO สูงสุดเพียง 0.5 % สำหรับทั้งสองพลังงาน และค่า TPR ตั้งแต่ความลึกมากกว่า 5 เซนติเมตรมีความสอดคล้องกับ TPR ของ ESTRO ดีมาก มีความแตกต่างเฉลี่ยเพียง 0.5 % และค่าความแตกต่างของปริมาณรังสีระหว่างการวัดกับการคำนวณอยู่ระหว่าง ± 2 %

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

สร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์คำนวณหน่วยนับวัดรังสีฟิสิกส์ โดยการหาพื้นที่รังสีจากข้อมูลพื้นที่รังสีของเครื่องจำลองการฉายรังสีแบบดิจิทัล ศึกษาความแตกต่างของค่าหน่วยนับวัดรังสี (MU) เมื่อคำนวณด้านของพื้นที่รังสีแบบ equivalent square (Eqs) และแบบ square root (SQRT) ทำการทวนสอบผลการคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสีด้วยแนวปฏิบัติ IAEA TECDOC 1540 โดยเปรียบเทียบการคำนวณกับการวัดปริมาณรังสีในน้ำ

1.4 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการศึกษาเชิงทฤษฎีและ/หรือเชิงประยุกต์

- 1.4.1 โปรแกรมคำนวณหน่วยนับวัดรังสีที่สามารถใช้ข้อมูลภาพจากเครื่องจำลองการฉายรังสีแบบดิจิทัลโดยตรง
- 1.4.2 โปรแกรมคำนวณหน่วยนับวัดรังสีที่ทำงานถูกต้อง และรวดเร็ว สามารถพิจารณานำไปให้บริการผู้ป่วยในงานวางแผนรังสีรักษา

1.5 ขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาโปรแกรมคำนวณหน่วยนับวัดรังสีฟิสิกส์พลังงาน 6 เมกะอิเล็กตรอนโวลต์ สำหรับการฉายรังสีเทคนิคระยะแหล่งกำเนิดคงที่ ด้วยวิธีการหาขนาดพื้นที่รังสีจากข้อมูลพื้นที่รังสีของเครื่องจำลองการฉายรังสีแบบดิจิทัล ทวนสอบความถูกต้องตามแนวปฏิบัติของ IAEA TECDOC-1540

บทที่ 2

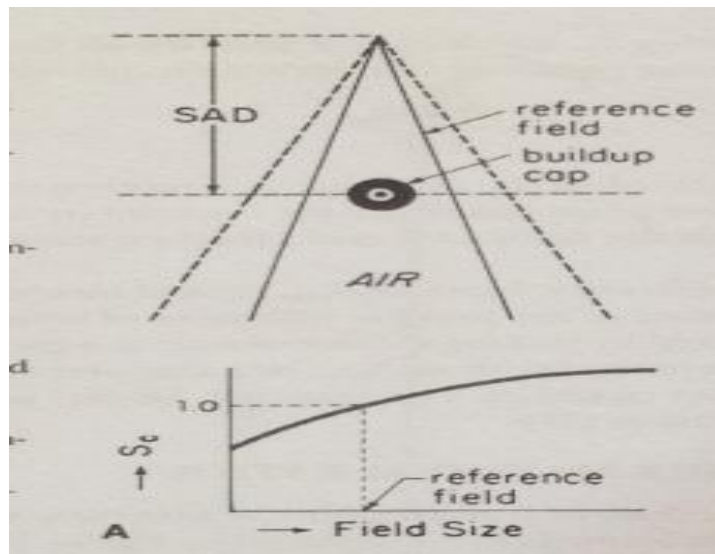
ทฤษฎีพื้นฐาน

2.1 ค่าตัวแปรพื้นที่รังสี (Radiation field parameters)

ปริมาณรังสี ณ จุดใดจุดหนึ่งในตัวกลางประกอบด้วยรังสีปฐมภูมิและรังสีทุติยภูมิ รังสีปฐมภูมิเกิดจากโฟตอนที่ถูกปลดปล่อยจากแหล่งกำเนิดและการกระเจิงของรังสีโฟตอนปฐมภูมิกับคอลลิเมเตอร์ (collimator) ส่วนรังสีทุติยภูมิคือรังสีโฟตอนปฐมภูมิที่กระเจิงจากแฟนอนทอม (phantom) ตัวแปรของปริมาณรังสีที่ขึ้นกับขนาดพื้นที่รังสีที่ใช้ในการคำนวณมีดังต่อไปนี้

2.1.1 Collimator scatter factor (S_c)

ปริมาณรังสีของลำรังสี (Beam output) ได้แก่ exposure rate, dose rate in free space, energy fluence rate ที่วัดค่าในอากาศ (in air) เมื่อขนาดพื้นที่รังสีใหญ่ขึ้น ปริมาณรังสีจะเพิ่มขึ้นเพราะ collimator scatter เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นการเพิ่มปริมาณรังสีปฐมภูมิ Collimator scatter factor คืออัตราส่วนของปริมาณรังสีในอากาศของขนาดพื้นที่ใดๆ เทียบกับปริมาณรังสีของพื้นที่รังสีอ้างอิง (reference field - $10 \times 10 \text{ cm}^2$) ค่า collimator scatter มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อพื้นที่รังสีใหญ่ขึ้นกว่า collimator scatter ของเครื่องฉายรังสีแต่เครื่องมีค่าแตกต่างกันขึ้นอยู่กับการออกแบบของสิ่งเหล่านี้ เช่น flattening filter ตำแหน่งของ collimator jaw ปริมาณ jaw back scatter ที่กระเจิงเข้าสู่ monitor chamber เป็นต้น



ภาพ 2.1 แสดงการวัดค่า S_c และกราฟค่า S_c ที่เพิ่มขึ้นตามขนาด field size

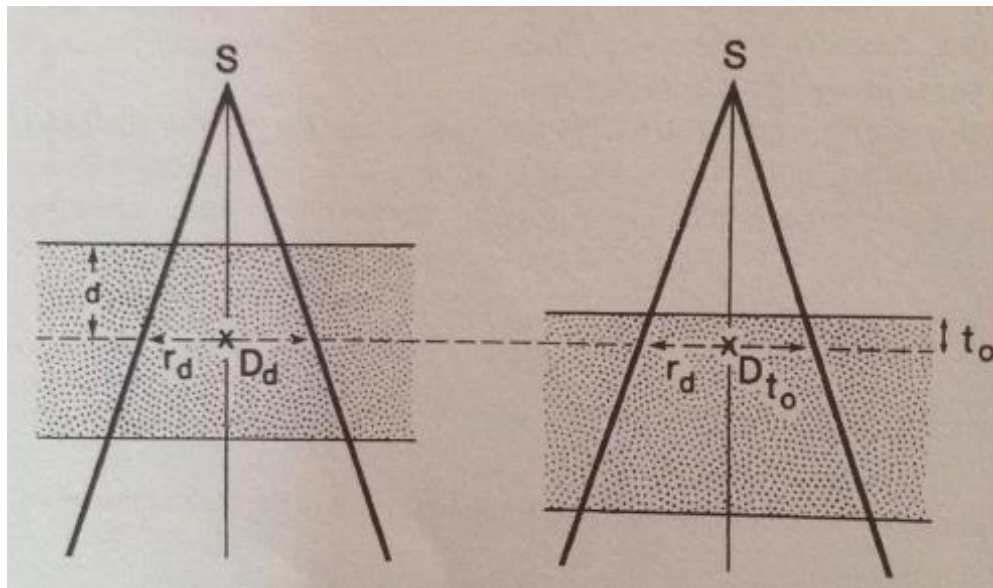
2.1.2 Phantom scatter factor (S_p)

phantom scatter factor คืออัตราส่วนของปริมาณรังสีที่วัดได้ในตัวกลางของพื้นที่รังสีขนาดใด ๆ ในตัวกลางที่ reference depth เทียบกับปริมาณรังสีที่ depth เดียวกันของพื้นที่รังสีอ้างอิง (reference field size - $10 \times 10 \text{ cm}^2$) เมื่อเปิด collimator ขนาดเท่ากัน ค่า phantom scatter factor มีความสัมพันธ์กับขนาดของพื้นที่ฉายรังสีในตัวกลาง โดยทั่วไปเราหาค่า S_p จากการวัดค่า total scatter factor ($S_{c,p}$) แล้วเอาค่า S_c มาหาร $S_{c,p}$ ดังสมการ (2.1)

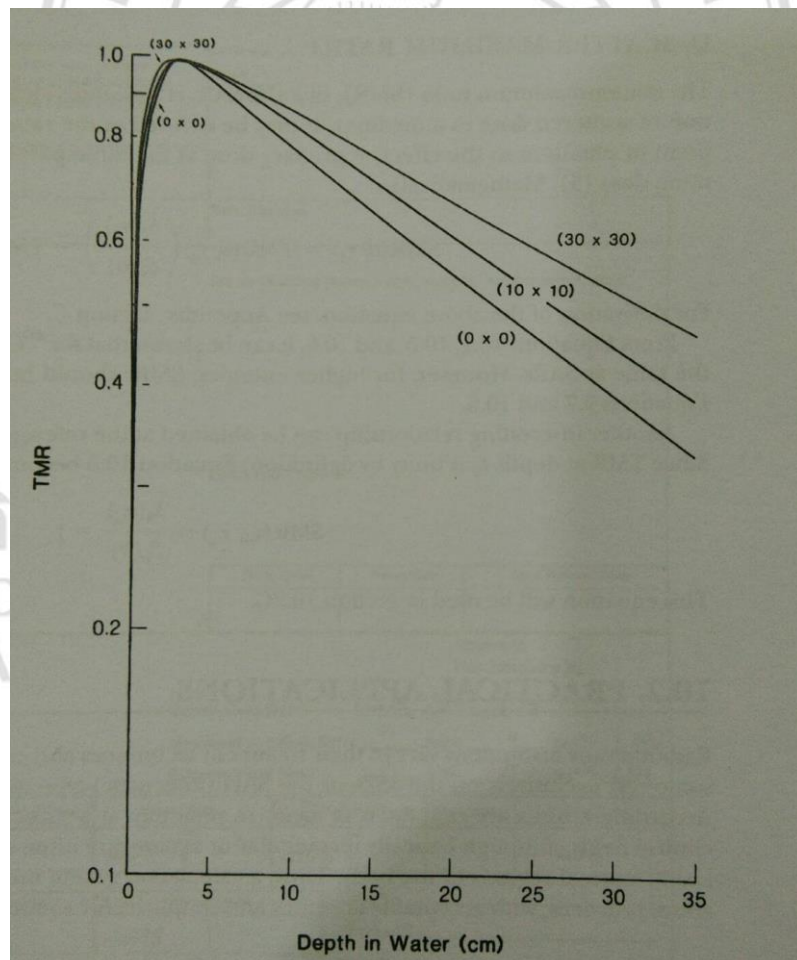
$$S_p = S_{c,p} / S_c \quad (2.1)$$

2.1.3 Tissue Maximum Ratio (TMR)

Tissue Maximum Ratio คืออัตราส่วนของปริมาณรังสีขนาดพื้นที่หนึ่ง ณ จุดใดจุดหนึ่งในตัวกลาง (phantom) เทียบกับปริมาณรังสีที่ depth of maximum dose ค่า TMR มีความสัมพันธ์กับขนาดพื้นที่รังสีและระยะลึก ค่า TMR จะมีค่าสูงสุดเท่ากับหนึ่งที่ depth of maximum dose หลังจากนั้นค่า TMR จะลดลงเรื่อยๆ ตามระยะลึกที่เพิ่มขึ้น และค่า TMR จะมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อพื้นที่รังสีมีขนาดใหญ่ขึ้น



ภาพ 2.2 แสดงการวัดค่า TMR



ภาพ 2.3 แสดงความสัมพันธ์ค่า TMR กับขนาดพื้นที่รังสีและระยะลึก

2.2 สมการคำนวณค่า Monitor Unit สำหรับการฉายรังสีเทคนิค SAD

ในการฉายรังสีปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับจะเป็นสัดส่วนกับจำนวนหน่วยนับวัดรังสีของเครื่องฉายรังสี ค่า TMR จะเป็นตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณเทคนิค SAD ส่วนใหญ่เครื่องฉายรังสีจะถูกสอบเทียบมาตรฐานให้มีปริมาณรังสีเท่ากับ 1cGy/MU ที่ reference depth ในพื้นที่รังสีอ้างอิงขนาด 10x10 cm² ค่า MU สามารถคำนวณหาได้ตามดังสมการ (2.2)

$$MU = \frac{PD}{K \times TMR \times S_c \times S_p \times SAD \text{ factor}} \quad (2.2)$$

เมื่อ

PD	=	ปริมาณรังสีที่แพทย์กำหนดให้ผู้ป่วยได้รับ
K	=	ปริมาณรังสีของเครื่องฉายรังสีต่อหนึ่งหน่วยนับวัด
TMR	=	ค่า Tissue Maximum Ratio
S _c	=	ค่า Collimator scatter factor
S _p	=	ค่า Phantom scatter factor
SAD factor	=	$\left(\frac{SCD}{SAD}\right)^2$
SCD	=	Source Chamber Distance

2.3 การกำหนดขนาดพื้นที่รังสี (Field size)

ขนาดพื้นที่รังสีสามารถระบุได้สองแบบคือ geometric field size และ dosimetric field size geometric field size คือภาพทอดเงาที่ตั้งฉากกับแกนของลำรังสีที่ระยะห่างออกไปจากcollimator เสมือนมองลงมาจากกึ่งกลางของแหล่งกำเนิด ซึ่งสัมพันธ์กับ light localizer ส่วน dosimetric field size หรือ physical field size คือระยะห่างออกไปบนระนาบที่ตั้งฉากกับแกนของลำรังสีจากกึ่งกลางของแหล่งกำเนิดที่ให้เส้น isodose curve (ปกติ50% isodose) ค่าว่าขนาดพื้นที่รังสีที่ใช้โดยทั่วไปจะหมายถึง geometric field size ขนาดพื้นที่รังสีที่แตกต่างกันมีผลต่อค่าหน่วยนับวัดรังสีของเครื่องฉายรังสี

ทฤษฎีของ Sterling และคณะ(1964)[7] กล่าวถึงขนาดพื้นที่รังสีรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าและสี่เหลี่ยมจัตุรัสว่าพื้นที่รังสีรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าจะสมมูลกับพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ถ้าหากว่าพื้นที่ทั้งสองมีขนาดพื้นที่และเส้นรอบรูปเท่ากัน จะได้ความยาวด้านของพื้นที่รูปจัตุรัส equivalent square (Eqs) เท่ากับ $4 \cdot A/P$ ดังสมการ (2.3)

$$Eqs = \frac{4 \cdot (a \times b)}{2(a+b)} \quad (2.3)$$

เมื่อ

a	=	ด้านกว้าง
b	=	ด้านยาว
A	=	พื้นที่
P	=	เส้นรอบรูป

2.4 เครื่องจำลองการฉายรังสีแบบดิจิทัล (Digital X-ray Simulator)

เครื่องจำลองการฉายรังสี เป็นเครื่องเอกซเรย์ที่ใช้ออกแบบพื้นที่ฉายรังสีและวางแผนรังสีรักษาแบบสองมิติ เนื่องด้วยความยุ่งยากในการคำนวณ MU ของเครื่องวางแผนรังสีรักษา จึงทำให้เครื่องจำลองการฉายรังสีเป็นเครื่องมือที่เหมาะสมสำหรับถ่ายภาพ treatment fields และส่งให้โปรแกรมคำนวณ MU ปัจจุบันเครื่องจำลองการฉายรังสีส่วนใหญ่เป็นแบบดิจิทัล (Digital simulator) ที่ข้อมูลภาพพื้นที่รังสี เป็นแบบดิจิทัล (digital) สามารถนำมาใช้ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้ ถูกต้อง สะดวก รวดเร็ว เช่นการวางบล็อกรักษาฉายรังสี ส่ง/จัดเก็บข้อมูลในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ โดยใช้มาตรฐาน DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine)

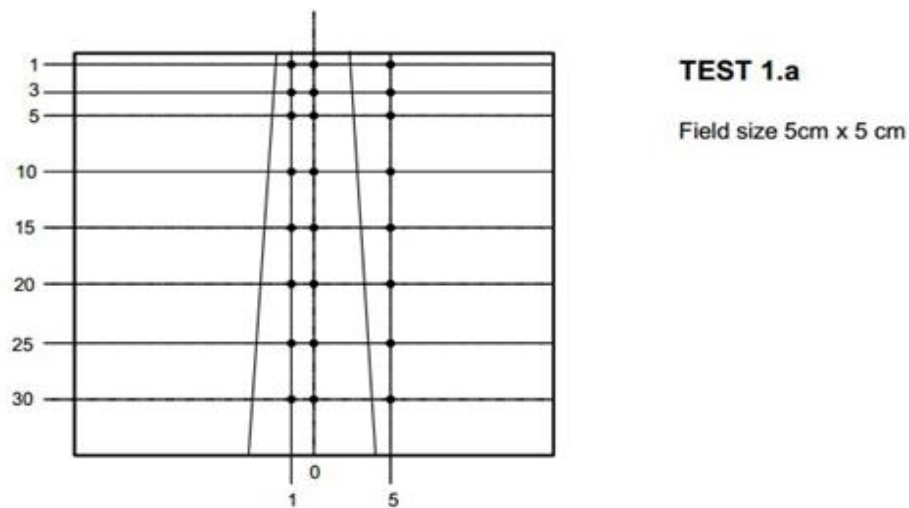
2.5 การทดสอบการคำนวณค่า Monitor Unit

IAEA TECDOC 1540 คือแนวปฏิบัติที่ยึด IEC 62083 เป็นมาตรฐาน ถูกสร้างโดยหน่วยงาน International Atomic Energy Agency (IAEA) เพื่อใช้ในการกำหนดคุณสมบัติของเครื่องวางแผนรังสีรักษาและใช้สำหรับกระบวนการตรวจรับเครื่องวางแผนรังสีรักษา โดยรายละเอียดจะประกอบด้วยกระบวนการทดสอบคุณสมบัติทั่วไปของเครื่องวางแผน เช่น การแสดงค่าระยะต่างๆที่ใช้ (distances and linear dimensions display) การจำกัดขอบเขตของข้อมูล (Data limit) เป็นต้น และกระบวนการทดสอบความถูกต้องของการคำนวณปริมาณรังสี (accuracy of dosimetric calculation) โดยกำหนดแผนรังสีรักษาทดสอบ (Test case) เป็นพื้นที่รังสีรูปร่างต่างๆ สำหรับใช้คำนวณและทำวัดปริมาณรังสีในหุ่นจำลองน้ำ แล้วประเมินความถูกต้องของการคำนวณปริมาณรังสีของเครื่องวางแผนรังสี

2.5.1 กลุ่มพื้นที่รังสีทดสอบ (Test case) ของแนวปฏิบัติ IAEA TECDOC 1540

(1) Test case 1a: 5 x 5 ตร. ซม. Open field

เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการคำนวณของโปรแกรมในพื้นที่รังสีรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส โดยมีรายละเอียดดังนี้



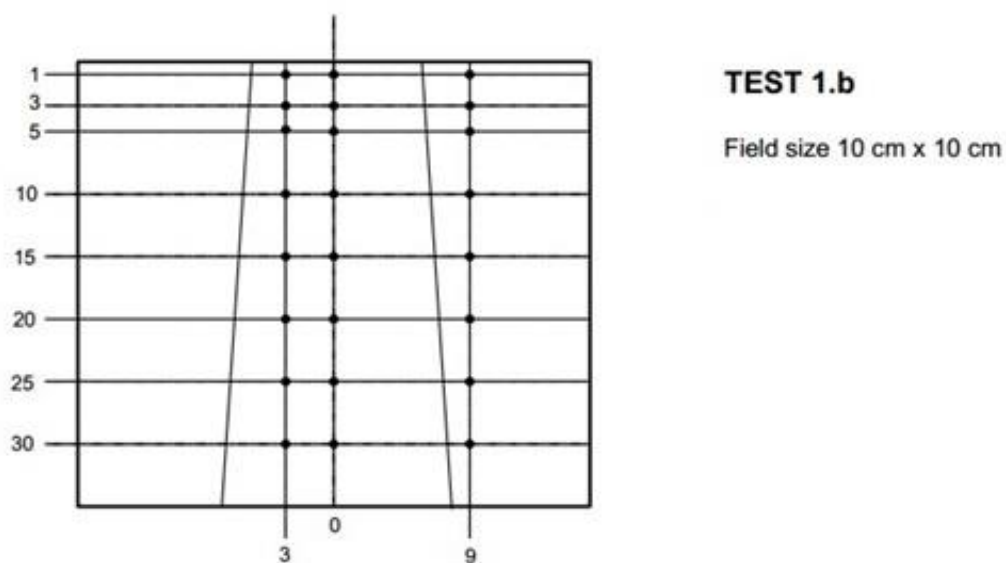
ภาพ 2.4 แสดงภาพของ Test case 1a

ตารางที่ 2.1 แสดงข้อมูลของ Test case 1a

SAD	100 cm.
Shape, Field size	Square field, 5 x 5 cm. ²
Gantry	0 degree
Depth (cm.)	3, 5, 10, 15, 20
Calculation point (Axis)	X = 0
Tolerance	Relative error = 2%

(2) Test case 1b: 10 x 10 ตร. ซม. Open field

เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการคำนวณของโปรแกรมในพื้นที่รังสีรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส โดยมีรายละเอียดดังนี้



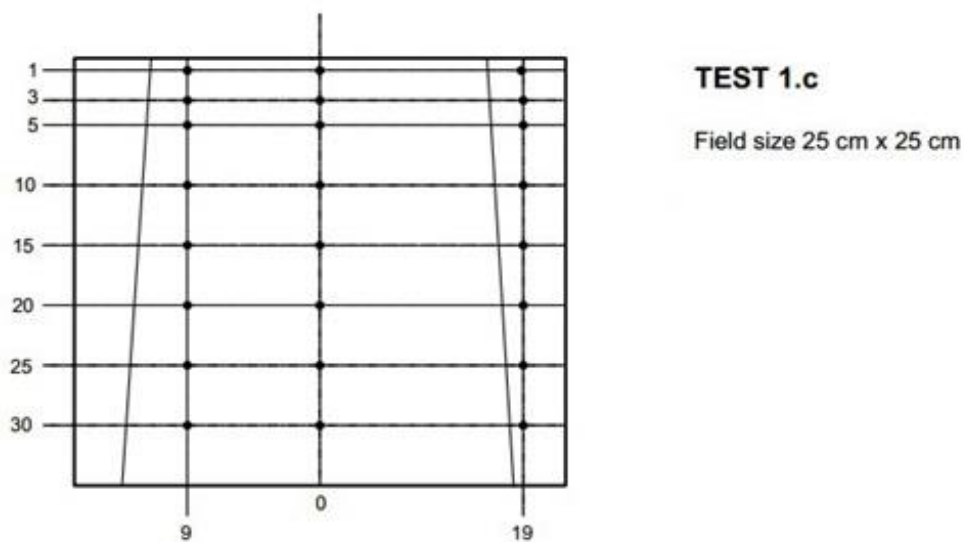
ภาพ 2.5 แสดงภาพของ Test case 1b

ตารางที่ 2.2 แสดงข้อมูลของ Test case 1b

SAD	100 cm.
Shape, Field size	Square field, 10 x 10 cm. ²
Gantry	0 degree
Depth (cm.)	3, 5, 10, 15, 20
Calculation point (Axis)	X = 0
Tolerance	Relative error = 2%

(3) Test case 1c: 25 x 25 ตร. ซม. Open field

เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการคำนวณของโปรแกรมในพื้นที่รังสีรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส โดยมีรายละเอียดดังนี้



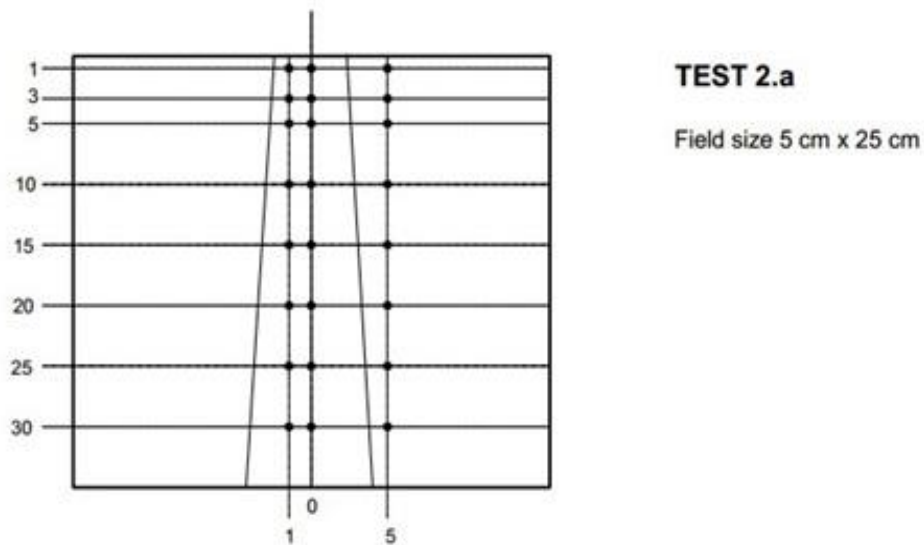
ภาพ 2.6 แสดงภาพของ Test case 1c

ตารางที่ 2.3 แสดงข้อมูลของ Test case 1c

SAD	100 cm.
Shape, Field size	Square field, 25 x 25 cm. ²
Gantry	0 degree
Depth (cm.)	3, 5, 10, 15, 20
Calculation point (Axis)	X = 0
Tolerance	Relative error = 2%

(4) Test case 2a: 5 x 25 ตร. ซม. Open field

เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการคำนวณของโปรแกรมในพื้นที่รังสี elongate field



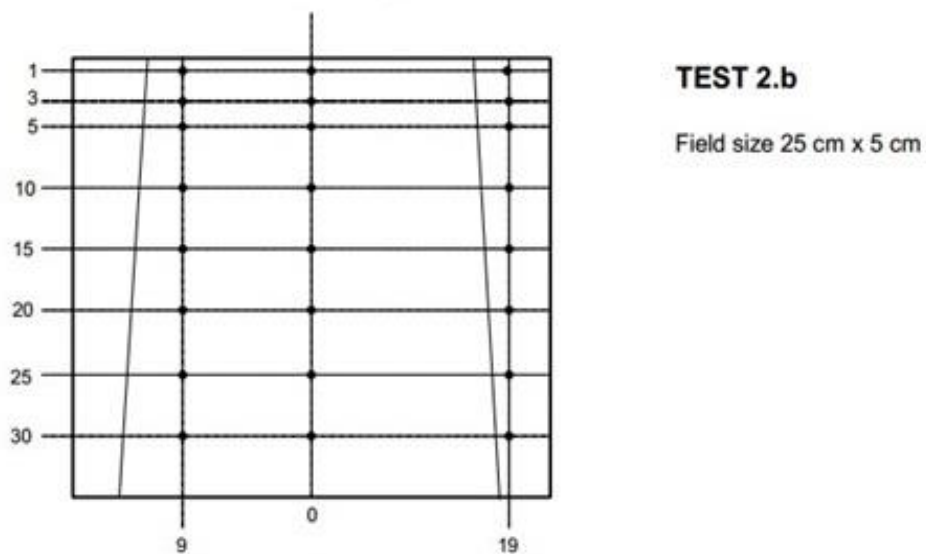
ภาพ 2.7 แสดงภาพของ Test case 2a

ตารางที่ 2.4 แสดงข้อมูลของ Test case 2a

SAD	100 cm.
Shape, Field size	Rectangular field, 5 x 25 cm. ²
Gantry	0 degree
Depth (cm.)	3, 5, 10, 15, 20
Calculation point (Axis)	X = 0
Tolerance	Relative error = 2%

(5) Test case 2b: 25 x 5 ตร. ซม. Open field

เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการคำนวณของโปรแกรมในพื้นที่รังสี elongate field



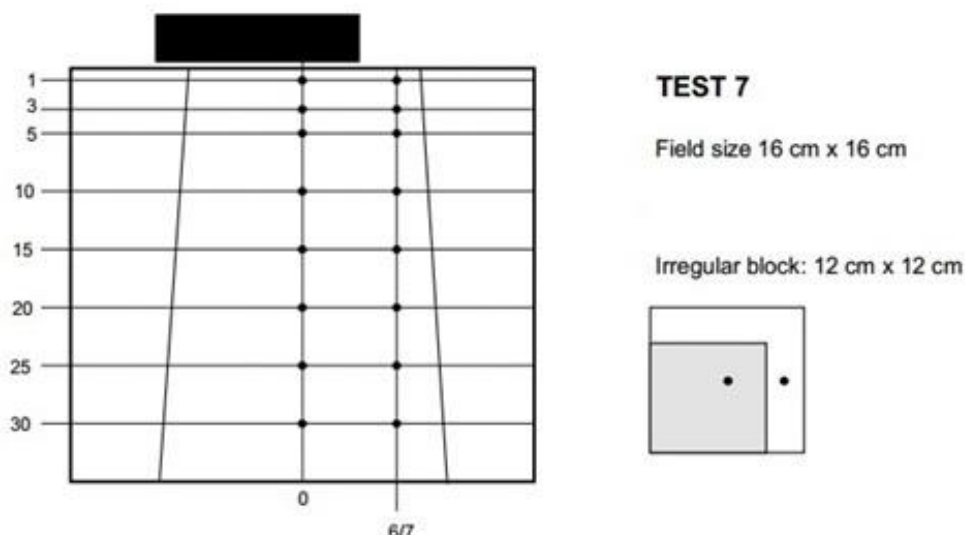
ภาพ 2.8 แสดงภาพของ Test case 2b

ตารางที่ 2.5 แสดงข้อมูลของ Test case 2b

SAD	100 cm.
Shape, Field size	Rectangular field, 25 x 5 cm. ²
Gantry	0 degree
Depth (cm.)	3, 5, 10, 15, 20
Calculation point (Axis)	X = 0
Tolerance	Relative error = 2%

(6) Test case 7: Irregular field

เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการคำนวณของโปรแกรมในพื้นที่รังสีรูปร่างไม่แน่นอนซึ่งจุดกึ่งกลางลำรังสีถูกกำบัง รูปตัวแอล (L-shaped field) โดยมีรายละเอียดดังนี้



ภาพ 2.9 แสดงภาพของ Test case 7

ตารางที่ 2.6 แสดงข้อมูลของ Test case 7

SAD	100 cm.
Shape, Field size	L-shaped field, Removing 12 x 12 cm. ² portion from one corner of 16 x 16 cm. ² with block
Gantry	0 degree
Depth (cm.)	3, 5, 10, 15, 20
Calculation point (Axis)	X = 7
Tolerance	Relative normalized error = 3%

2.5.2 วิธีประเมินผลการคำนวณ MU

ในการศึกษานี้จะประเมินผลการคำนวณ MU ที่ได้ในแต่ละกลุ่มแผนรังสีรักษาทดสอบกับค่าที่ได้จากการวัดปริมาณรังสีในน้ำ โดยใช้ค่าความคลาดเคลื่อน

- (1) ค่า Relative error เป็นค่าที่เปรียบเทียบปริมาณรังสีจากการคำนวณกับการวัดได้ที่จุดเดียวกัน ตามสมการ

$$\text{Error}_1 (\%) = 100 \times (D_{\text{cal}} - D_{\text{meas}}) / D_{\text{meas}} \quad (2.4)$$

- (2) ค่า Relative normalized error ที่จุดในแนวกึ่งกลางลำรังสี (Central axis) เปรียบเทียบปริมาณรังสีจากการคำนวณกับปริมาณรังสีจากการวัดที่จุดเดียวกัน ตามสมการ

$$\text{Error}_2 (\%) = 100 \times (D_{\text{cal}} - D_{\text{meas}}) / D_{\text{meas,cax}} \quad (2.5)$$

- (3) ค่า Relative normalized error ที่จุดในแนวกึ่งกลางลำรังสี (Central axis) เมื่อแนวกึ่งกลางลำรังสีถูกบัง (Block) เป็นค่าเปรียบเทียบปริมาณรังสีจากการคำนวณกับปริมาณที่วัดได้ในพื้นที่รังสีเปิด ที่ระยะลึกเดียวกัน โดยใช้สมการ

$$\text{Error}_3 (\%) = 100 \times (D_{\text{cal}} - D_{\text{meas}}) / D_{\text{meas,open}} \quad (2.6)$$

2.6 ภาษาคอมพิวเตอร์ Microsoft Visual Foxpro 9.0

Visual Foxpro เป็นภาษาโปรแกรมที่เป็นผลิตภัณฑ์ของบริษัทไมโครซอฟท์ ถูกพัฒนาขึ้นในปี ค.ศ. 1984 โดยกลุ่ม Fox software โดย Visual Foxpro เป็นระบบจัดฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ที่ได้จัดเตรียมเครื่องมือในการสร้างฐานข้อมูล ตาราง ฟอรั่ม (Form) รายงาน (Report) เมนู (menu) คลาส (class) ลักษณะการเขียนโปรแกรมเป็นการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุ (Object-Oriented Programming) Visual Foxpro สามารถทำงานได้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพ สามารถดำเนินงานได้บนเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีหน่วยความจำขั้นต่ำ 512 กิโลไบต์ สำหรับ Visual Foxpro version 9.0 มีความต้องการระบบขั้นต่ำตามตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 ความต้องการระบบขั้นต่ำของโปรแกรม Microsoft Visual Foxpro 9.0

ปัจจัย	รายละเอียด
หน่วยประมวลผล (Processor)	PC with a Pentium-class processor
ระบบปฏิบัติการ (Operating system)	Microsoft Windows 2000 with Service Pack 3 หรือรุ่นใหม่กว่า
	Microsoft Windows XP หรือรุ่นใหม่กว่า
	Microsoft Windows Server 2003 หรือรุ่นใหม่กว่า
หน่วยความจำ (Memory)	หน่วยความจำเข้าถึงโดยสุ่ม (RAM) อย่างน้อยที่สุด 64 เมกะไบต์ หรือแนะนำ 128 เมกะไบต์หรือมากกว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

งานวิจัยนี้ดำเนินการที่หน่วยรังสีรักษาและมะเร็งวิทยา ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่และหน่วยรังสีรักษา โรงพยาบาลสุรินทร์ซึ่งมีเครื่องมือและอุปกรณ์ดังนี้

3.1.1 เครื่องฉายรังสีแบบเร่งอนุภาครุ่น Elekta Precise®



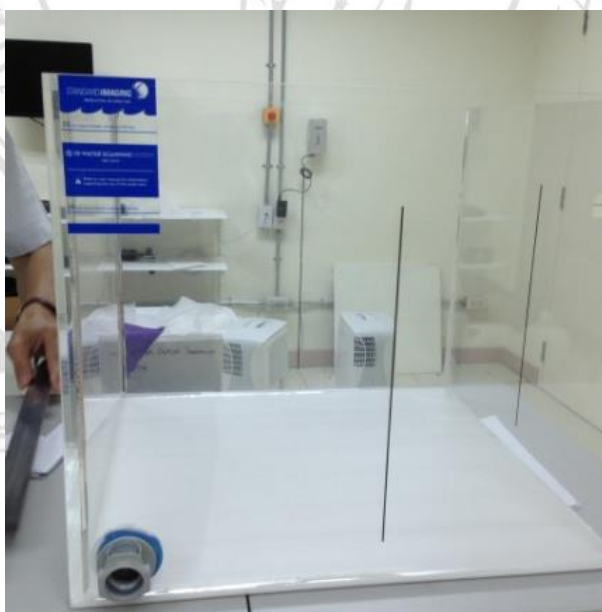
ภาพ 3.1 แสดงเครื่องฉายรังสีแบบเร่งอนุภาครุ่น Elekta Precise®

3.1.2 เครื่องจำลองการฉายรังสีแบบดิจิทัลรุ่น Simulix EVOLUTION



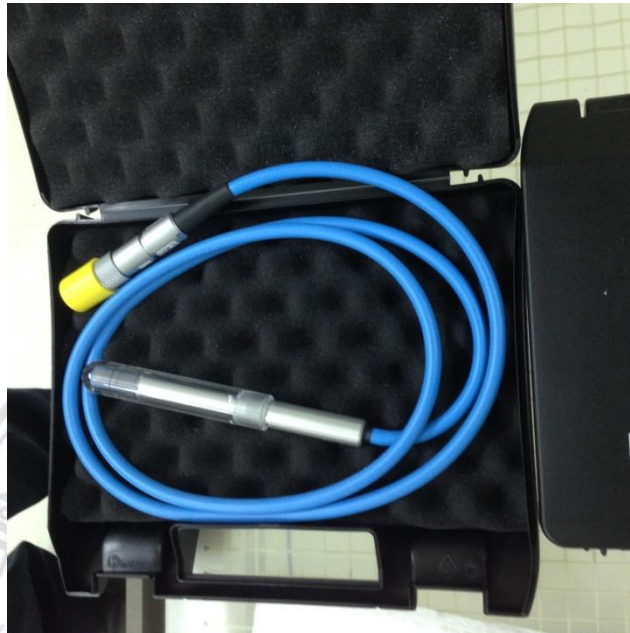
ภาพ 3.2 แสดงเครื่องจำลองการฉายรังสี

3.1.3 หุ่นจำลองน้ำขนาด 40×40×40 ลูกบาศก์เซนติเมตร



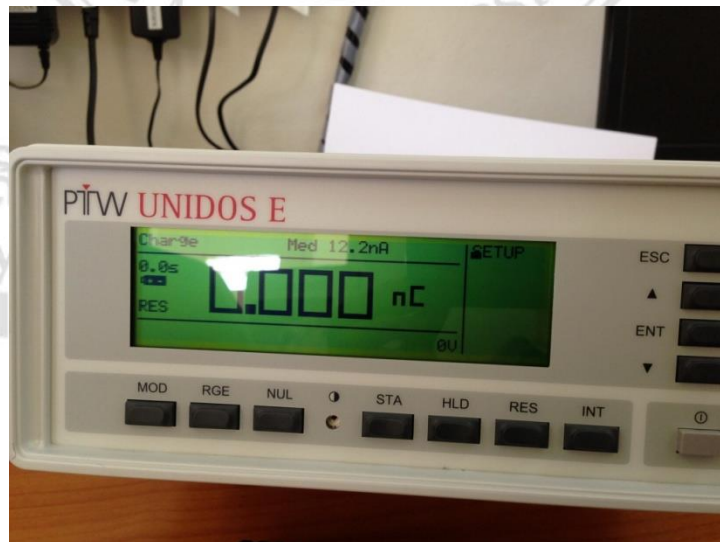
ภาพ 3.3 แสดงหุ่นจำลองน้ำขนาด 40×40×40 ลูกบาศก์เซนติเมตร

3.1.4 หัววัดปริมาณรังสีแบบประจุแตกตัว ขนาด 0.6 ลูกบาศก์เซนติเมตร



ภาพ 3.4 แสดงหัววัดปริมาณรังสีแบบประจุแตกตัว ขนาด 0.6 ลูกบาศก์เซนติเมตร

3.1.5 เครื่องวัดประจุไฟฟ้า (Electrometer) รุ่น PTW UNIDOS E



ภาพ 3.5 แสดงเครื่องวัดประจุไฟฟ้า รุ่น PTW UNIDOS E

3.1.6 เครื่องคอมพิวเตอร์วางตั้ง

เครื่องคอมพิวเตอร์วางตั้งรุ่น Dell inspiron 5420, Intel(R) Core(TM) i5-3120M – 2.50 GHz, หน่วยความจำ 8 GB ระบบปฏิบัติการ Microsoft Window 7 Ultimate ติดตั้งโปรแกรมภาษาคอมพิวเตอร์ Microsoft Visual Foxpro รุ่น 9.0 สำหรับเขียนโปรแกรมคำนวณหน่วยนับวัดรังสี



ภาพ 3.6 แสดงเครื่องคอมพิวเตอร์วางตั้งรุ่น Dell inspiron 5420

3.1.7 ภาษาคอมพิวเตอร์ Microsoft Visual FoxPro

Microsoft Visual Foxpro รุ่น 9.0 ใช้พัฒนาโปรแกรมคำนวณหน่วยนับวัดรังสี

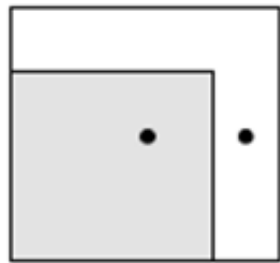
3.1.8 โปรแกรมภาษาคอมพิวเตอร์จาวา (JAVA programing language)

เป็นภาษาโปรแกรมเชิงวัตถุ (Object Oriented Programming) พัฒนาโดย เจมส์ กอสลิง และวิศวกรคนอื่นๆ ที่ ซันไมโครซิสเต็มส์ ถูกพัฒนาขึ้นในปี พ.ศ. 2534

3.1.9 รายงาน IAEA TECDOC 1540

ใช้กลุ่มพื้นที่ทดสอบ Test case 1a, 1b, 1c, 2a, 2b และ 7 ในการทดสอบความถูกต้องของโปรแกรมคำนวณด้วยการวัดปริมาณรังสีในน้ำ ซึ่งกลุ่มพื้นที่ทดสอบ มีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 3.1 แสดงข้อมูล Test case ต่างๆ ในการทดสอบความถูกต้องของโปรแกรมคำนวณ

Test case	1a	1b	1c	2a	2b	7
Shape	Square			Rectangular		L-shaped field 
Field size (cm. ²)	5 x 5	10 x 10	25 x 25	5 x 25	25 x 5	Removing 12 x 12 cm. ² portion from one corner of 16 x 16 cm. ² with block
SAD (cm.)	100					
Gantry (degree)	0					
Test case	1a	1b	1c	2a	2b	7
Depth	3, 5, 10, 15, 20					
Calculation point (Axis)	X = 0					X = 7

3.2 วิธีทำการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาโปรแกรมคำนวณหน่วยนับวัดรังสีโฟตอน โดยใช้วิธีการประมาณค่า (approximation method) ซึ่งใช้ข้อมูลพื้นที่รังสีของเครื่องจำลองการฉายรังสีแบบดิจิทัล และศึกษาความแตกต่างของค่าหน่วยนับวัดรังสี(MU) เมื่อประมาณค่าพื้นที่แบบ equivalent square (Eqs) และแบบ square root (SQRT) โดยดำเนินการทดลองดังนี้

3.2.1 การนำเข้าค่าตัวแปรพื้นที่รังสี (Radiation field parameters)

ค่าตัวแปรพื้นที่รังสีที่ใช้ในการคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสีรังสี ซึ่งประกอบด้วยค่า total scatter factor ($S_{c,p}$) และ Tissue Maximum Ratio (TMR)

3.2.1.1.ค่า total scatter factor ($S_{c,p}$)

นำเข้าค่า total scatter factor ($S_{c,p}$) ของเครื่องฉายรังสีชนิดเรย์ออนภาค ยี่ห้อ Elekta รุ่น Precise® พลังงาน 6 ล้านโวลต์ โดยใช้ขนาดพื้นที่รังสีต่างๆกัน ตั้งแต่พื้นที่ 3x3 ตารางเซนติเมตรถึง 40x40 ตารางเซนติเมตร ที่ระยะลึก d_{max} และเทียบเป็นอัตราส่วนของปริมาณรังสีขนาดต่างๆ กับพื้นที่รังสี 10x10 ตารางเซนติเมตร

3.2.1.2.ค่า Tissue Maximum Ratio (TMR)

นำเข้าค่า Tissue Maximum Ratio (TMR) ของเครื่องฉายรังสีชนิดเรย์ออนภาค ยี่ห้อ Elekta รุ่น Precise® พลังงาน 6 ล้านโวลต์เป็นความสัมพันธ์ระหว่างค่า TMR กับความลึก(depth) ที่ระยะต่างๆ ตั้งแต่ 0-35 เซนติเมตรของพื้นที่ 3x3 ตารางเซนติเมตรถึง 40x40 ตารางเซนติเมตร

3.2.2 การพัฒนาโปรแกรมคำนวณพื้นที่และหาความยาวด้าน

การคำนวณหาหน่วยนับวัดรังสีรังสีฟิสิกส์ที่ใช้วิธีการประมาณค่าพื้นที่รังสี (approximation method) ในการฉายรังสีเทคนิค SAD จำเป็นต้องทราบค่าตัวแปรจำนวนหนึ่ง ซึ่งจะหาได้เมื่อทราบขนาดพื้นที่รังสีและความลึกของจุดคำนวณ ข้อมูลขนาดพื้นที่รังสี และด้านของพื้นที่รังสี ทั้งแบบ Eqs และ SQRT ใช้การคำนวณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาด้วยภาษา JAVA ออกแบบการทำงานของโปรแกรม ดังนี้

3.2.3 การพัฒนาโปรแกรมคำนวณค่า MU

การคำนวณค่า MU ด้วยวิธีการประมาณค่า (approximation method) ต้องคำนวณหาตัวแปรจำนวนหนึ่ง แล้วคำนวณหาค่า MU โปรแกรมส่วนนี้พัฒนาด้วยภาษาคอมพิวเตอร์ Microsoft Visual Foxpro ซึ่งมีรายละเอียดของตัวแปรที่ต้องคำนวณ ดังนี้

(1) การคำนวณค่า $S_{c,p}$

เนื่องจากโปรแกรมคำนวณค่า MU จะนำไปใช้กับเครื่องฉายรังสี Elekta precise ซึ่งค่า S_c และ S_p ไม่จำเป็นต้องวัดและคำนวณแยกกัน แต่สามารถวัดพร้อมกันรวมเป็นค่า $S_{c,p}$ ซึ่งค่า $S_{c,p}$ ได้จากการวัดปริมาณรังสีจากเครื่องฉายรังสี มาเขียนกราฟที่สัมพันธ์กับ

ค่าพื้นที่รังสีแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส จากนั้นหาสมการความสัมพันธ์ (Fit function) ระหว่างค่า $S_{c,p}$ กับพื้นที่รังสีเพื่อนำไปใช้ในการคำนวณค่า MU ต่อไป

(2) การคำนวณค่า TMR

ค่า TMR เป็นค่าที่สัมพันธ์กับค่าพื้นที่รังสี (FS) และค่าระยะลึกของจุดคำนวณ (Depth) นำค่า TMR ที่ระยะลึกของพื้นที่รังสีขนาดต่างๆ ไปเขียนกราฟเพื่อหาสมการความสัมพันธ์ค่า TMR กับ depth โปรแกรมจะคำนวณหาค่า TMR จากสมการความสัมพันธ์นี้สำหรับระยะลึกค่าหนึ่งๆ เมื่อระยะลึกอยู่ระหว่างสมการสองสมการ จะใช้วิธีการประมาณค่าในช่วง (Interpolation) โปรแกรมสามารถใช้คำนวณค่า TMR ในช่วงระยะลึก (Depth) ตั้งแต่ 3.0 ซม. ถึง 20.0 ซม.

(3) การคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสี (MU)

ค่า MU ของวิธีประมาณค่า (approximation method) คำนวณได้จากสมการ

$$MU = \frac{PD}{K \times TMR \times S_{c,p} \times SAD \text{ factor}} \quad (1)$$

3.2.4 การคำนวณค่า MU ของพื้นที่กลุ่มทดสอบ (Test case)

ใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น คำนวณหาค่า MU ที่ระยะลึกต่างๆ ของกลุ่มพื้นที่ทดสอบที่อยู่ในแนวปฏิบัติ IAEA TECDOC 1540 ได้แก่กลุ่มพื้นที่ Test case 1a, 1b, 1c, 2a, 2b และ 7 โดยใช้ค่าปริมาณรังสีกำหนด (Prescription dose) เท่ากับ 200 cGy

3.2.5 ทวนสอบการคำนวณค่า MU ของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น โดยการเปรียบเทียบปริมาณรังสีที่คำนวณกับปริมาณรังสีที่วัดในน้ำ โดยมีขั้นตอนดังนี้

(1) สร้างข้อมูลฉายรังสีของกลุ่มพื้นที่ทดสอบ Test case 1a, 1b, 1c, 2a, 2b และ 7 บนระบบทวนสอบและบันทึกข้อมูลฉายรังสี (Mosaiq, Elekta) โดยใช้ค่า MU ของแต่ละพื้นที่ทดสอบที่คำนวณได้ตามข้อ 3.2.3

(2) วัดปริมาณรังสีของแต่ละ Test case ที่ระยะลึกต่างๆ ในน้ำ

(3) ประเมินความคลาดเคลื่อนของปริมาณรังสีที่คำนวณด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น เทียบกับปริมาณรังสีที่วัดได้ในน้ำ ใช้ค่า Relative error สำหรับ Test case 1a, 1b,

1c, 2a และ 2b เกณฑ์ยอมรับเท่ากับ $\pm 2\%$ และใช้ค่า Relative normalize error
สำหรับ Test case 7 เกณฑ์ยอมรับเท่ากับ $\pm 3\%$



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทที่ 4

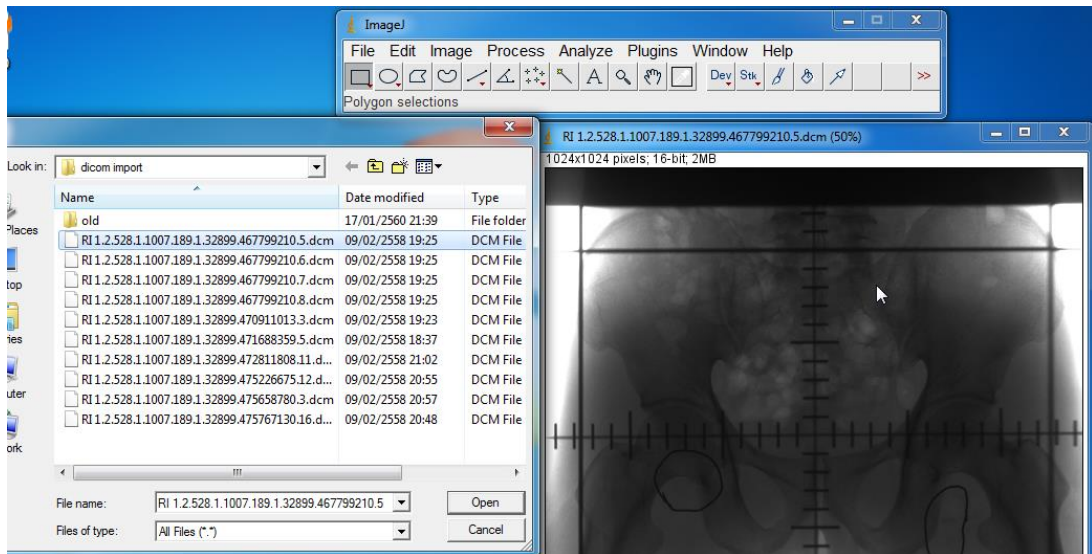
ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาโปรแกรมคำนวณหน่วยนับวัดรังสีที่ใช้วิธีการประมาณค่า (approximation method) โดยใช้ไฟล์ข้อมูลภาพรังสีของเครื่องเอกซเรย์จำลองฉายรังสีแบบดิจิตอล อ่านค่าพื้นที่รังสีและคำนวณความยาวด้านพื้นที่รังสีด้วยโปรแกรม JAVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าหน่วยนับวัดรังสี(MU)เมื่อคำนวณด้านของพื้นที่รังสีแบบequivalent square(Eqs) และsquare root(SQRT) ทวนสอบการคำนวณตามแนวปฏิบัติIAEA TECDOC 1540 ผลการศึกษามีดังต่อไปนี้

4.1 โปรแกรมหาค่าพื้นที่

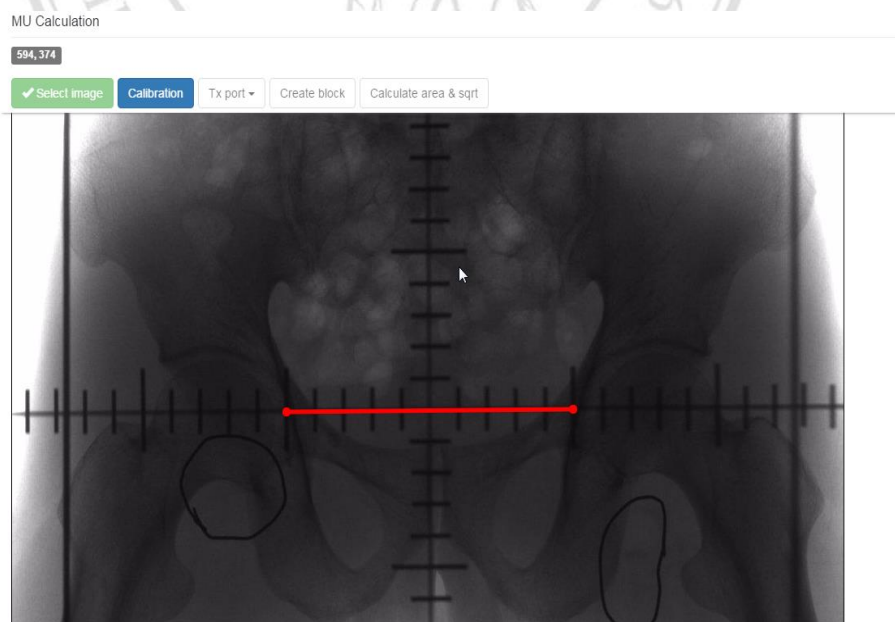
โปรแกรมคำนวณหน่วยนับวัดรังสีที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ ใช้วิธีคำนวณแบบ approximation method โดยโปรแกรมแบ่งเป็นสองส่วนหลัก ส่วนแรกเป็นโปรแกรมหาค่าพื้นที่ ส่วนที่สองเป็นโปรแกรมหาค่าตัวแปรพื้นที่รังสีและคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสี สำหรับพื้นที่ฉายรังสีแบบต่างๆ ขนาดพื้นที่ฉายรังสีมีผลต่อการคำนวณMU ถ้าหากคำนวณขนาดพื้นที่ฉายรังสีคลาดเคลื่อนจะทำให้ค่า MU คลาดเคลื่อนไปด้วย ปัจจุบันเครื่องจำลองการฉายรังสีแบบดิจิตอลสามารถวางบล็อกกั้นลำรังสีได้ทันที และสามารถส่งภาพพื้นที่รังสี(export)ในรูป DICOM file โปรแกรม ImageJ สามารถแปลงภาพเป็นข้อมูลชนิด jpeg จากนั้นใช้โปรแกรม JAVA เพื่อคำนวณหาด้านของพื้นที่รังสีแบบ Eqs และ SQRT โดยมีขั้นตอน ดังนี้

4.1.1 เปิดภาพพื้นที่ฉายรังสีชนิด DICOM จากเครื่องจำลองการฉายรังสีโดยโปรแกรม ImageJ แล้วแปลงข้อมูลภาพเป็นชนิด jpeg



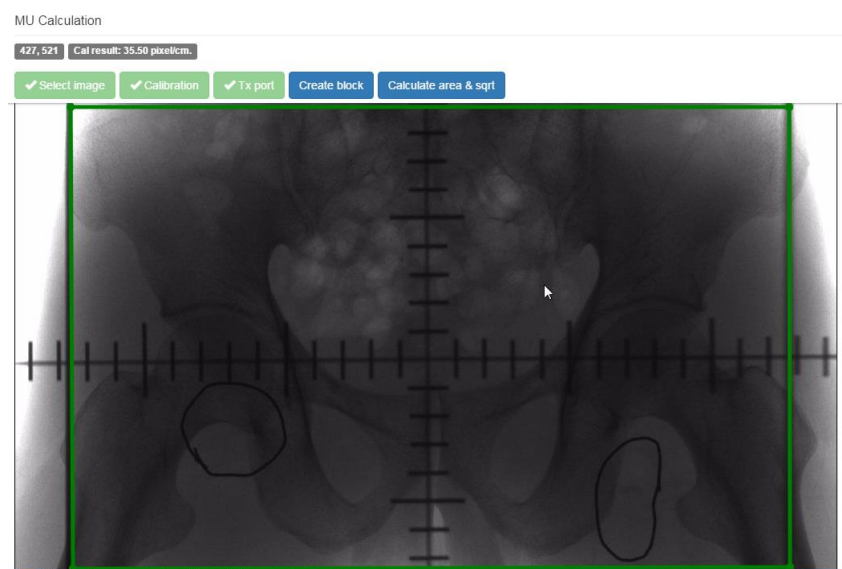
ภาพ 4.1 แสดงภาพพื้นที่ฉายรังสีในโปรแกรม ImageJ

4.1.2 จากนั้นสอบเทียบสเกลของภาพพื้นที่ฉายรังสีชนิด jpeg (scale calibration) ด้วยโปรแกรม JAVA โดยกำหนดจุดสองจุดในภาพจะได้ผลลัพธ์สเกลเป็นจำนวนพิกเซล ต่อหน่วยความยาว (pixel/cm)



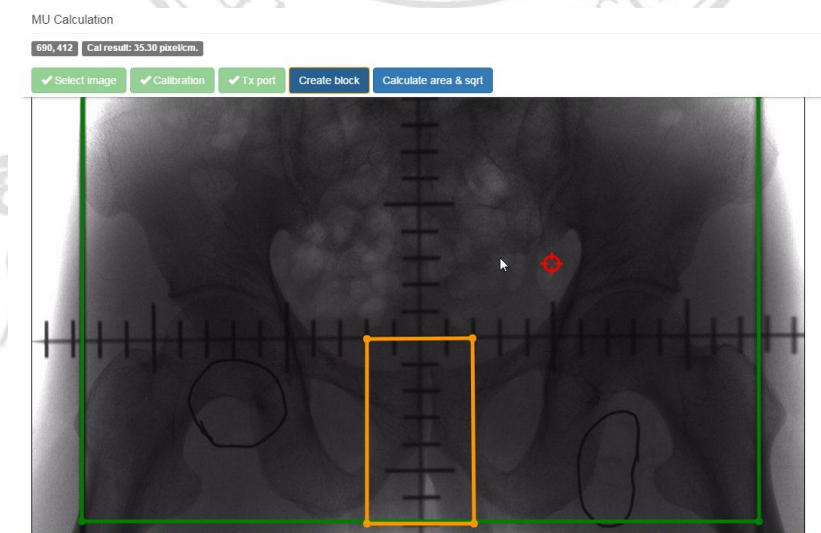
ภาพ 4.2 แสดงการสอบเทียบสเกลของภาพในโปรแกรม JAVA

4.1.3 การวาดขอบเขตพื้นที่รังสี ใช้เมาส์ลากและจุดไปตามขอบเขตพื้นที่รังสีที่กำหนดโดยแพทย์ ในภาพคือเส้นสีเขียว



ภาพ 4.3 แสดงการวาดขอบเขตพื้นที่รังสี

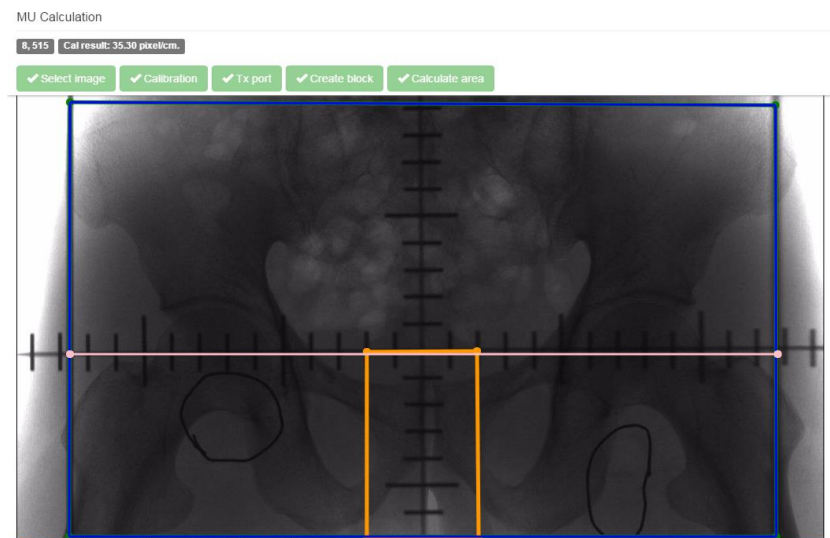
4.1.4 การวาดบริเวณกำบังรังสี (Block) ในการฉายรังสีบางกรณีต้องมีการกำบังพื้นที่รังสีบางส่วน สามารถวาดพื้นที่กำบังโดยใช้เมาส์ลากและจุดไปตามขอบเขตพื้นที่กำบังที่กำหนดโดยแพทย์ ในภาพคือเส้นสีเหลือง



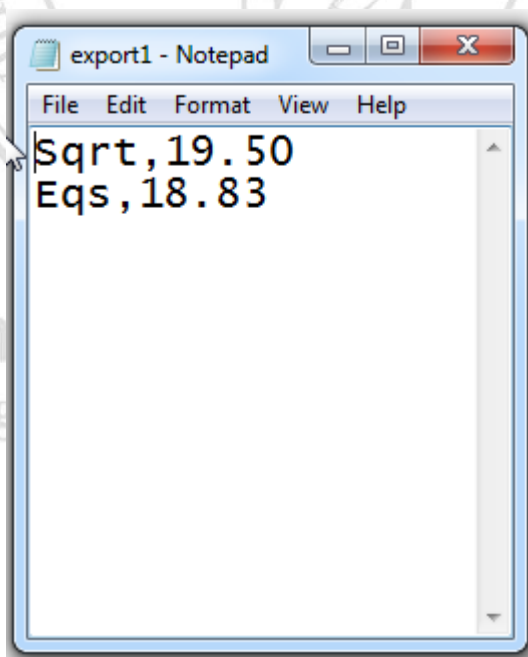
ภาพ 4.4 แสดงการวาดบริเวณกำบังรังสี เส้นสีเหลือง

4.1.5 การหาความยาวด้านของพื้นที่รังสีแบบ Eqs และ SQRT โปรแกรม JAVA จะคำนวณหาพื้นที่รังสีทั้งหมด เมื่อผู้ใช้งานกำหนดจุดสองจุดที่เป็นความยาวแกน x โปรแกรมจะ

คำนวณหาความยาวแกน y แล้วใช้สมการคำนวณหาความยาวด้านของพื้นที่รังสีเทียบเท่าและบันทึกความยาวด้านของ Eqs และ โปรแกรม JAVA จะทำการถอดค่ารากที่สองของพื้นที่และได้เป็นค่า square root (SQRT) โปรแกรมบันทึกค่า Eqs และ SQRT ในรูปไฟล์ข้อความ (Text file)



ภาพ 4.5 แสดงจุดสองจุดในภาพเพื่อหาความยาวด้านของพื้นที่ Equivalent square



ภาพ 4.6 แสดงไฟล์ข้อมูลความยาวด้านของ Eqs และ SQRT

4.2 โปรแกรมคำนวณหน่วยนับวัดรังสี

โปรแกรมส่วนนี้จะทำการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ ที่ต้องใช้คำนวณหาค่าหน่วยนับวัดรังสี โปรแกรมทำงานตามขั้นตอนต่อไปนี้

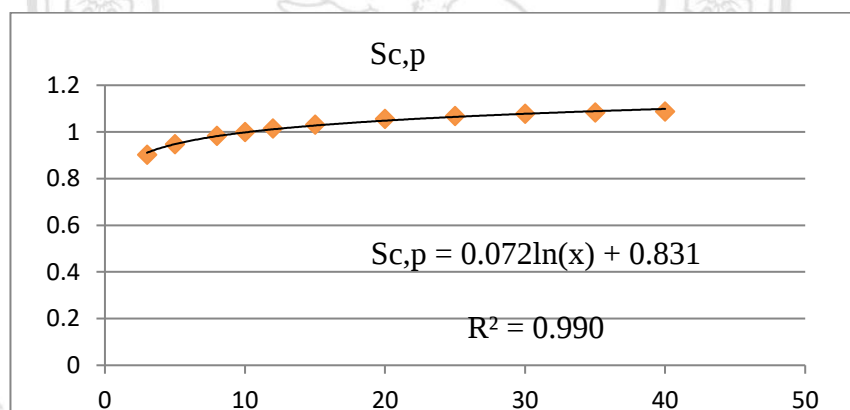
4.2.1 การหาค่าตัวแปรที่ใช้คำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสี

4.2.1.1 การหาค่า $S_{c,p}$

ค่า $S_{c,p}$ หาจากสมการที่ (4.1) ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างค่า $S_{c,p}$ กับค่าความยาวด้านพื้นที่รังสี (Eqs) โดยโปรแกรมสามารถคำนวณค่า $S_{c,p}$ ได้เมื่อค่าความยาวด้านพื้นที่รังสี (Eqs) มีค่าระหว่าง 3.0 ซม. ไปถึง 40.0 ซม. ค่า $S_{c,p}$ คำนวณจาก

$$S_{c,p} = 0.072\ln(x) + 0.831 \quad (4.1)$$

โดยที่ x คือ ความยาวด้านของพื้นที่รังสี (Eqs)



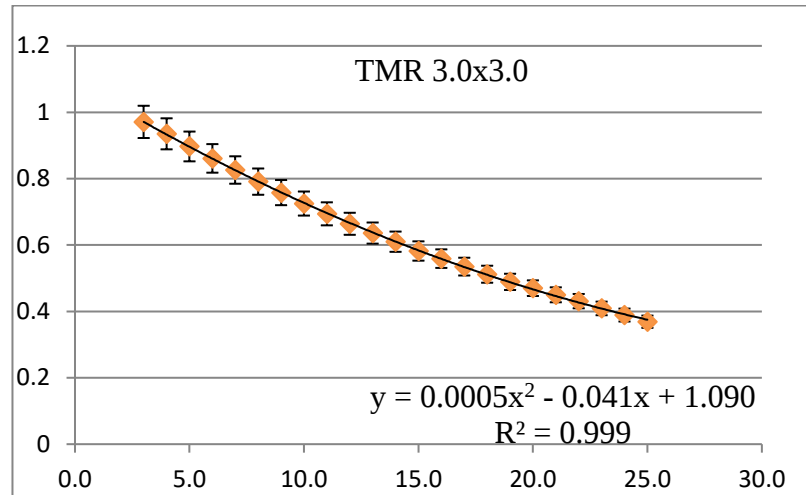
ภาพ 4.7 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า $S_{c,p}$ กับความยาวด้านของพื้นที่รังสี (Eqs)

4.2.1.2 การหาค่า TMR

ค่า TMR เป็นค่าที่สัมพันธ์กับค่าความยาวด้านพื้นที่รังสี (Eqs) และค่าระยะลึก (Depth) ของจุดคำนวณ โปรแกรมจะคำนวณหาค่า TMR ของค่าความยาวด้านพื้นที่รังสี (Eqs) แต่ละเส้น จากสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่า TMR กับค่าระยะลึกของจุดคำนวณ เมื่อระยะลึกอยู่ระหว่างสมการสองสมการ จะต้องทำการประมาณค่าในช่วง (Interpolation) โปรแกรมสามารถคำนวณค่า TMR ได้ในช่วงระยะลึก ตั้งแต่ 3.0 ซม. ถึง 20.0 ซม. สมการที่ใช้ในการหาค่า TMR ได้แก่

$$\text{TMR}(d,3) = 0.005x^2 - 0.041x + 1.090 \quad (4.2)$$

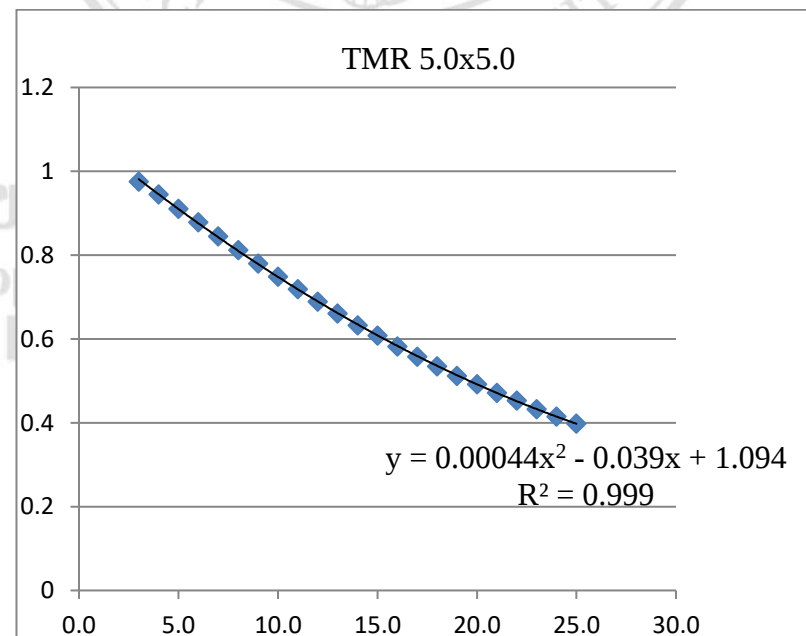
สำหรับการหาค่า TMR ค่าความยาวด้านพื้นที่รังสี (Eqs) เท่ากับ 3.0 ซม.



ภาพ 4.8 แสดงกราฟค่า TMR ของความยาวด้านพื้นที่รังสี (Eqs) 3.0 ซม.

$$\text{TMR}(d,5) = 0.00044x^2 - 0.039x + 1.094 \quad (4.3)$$

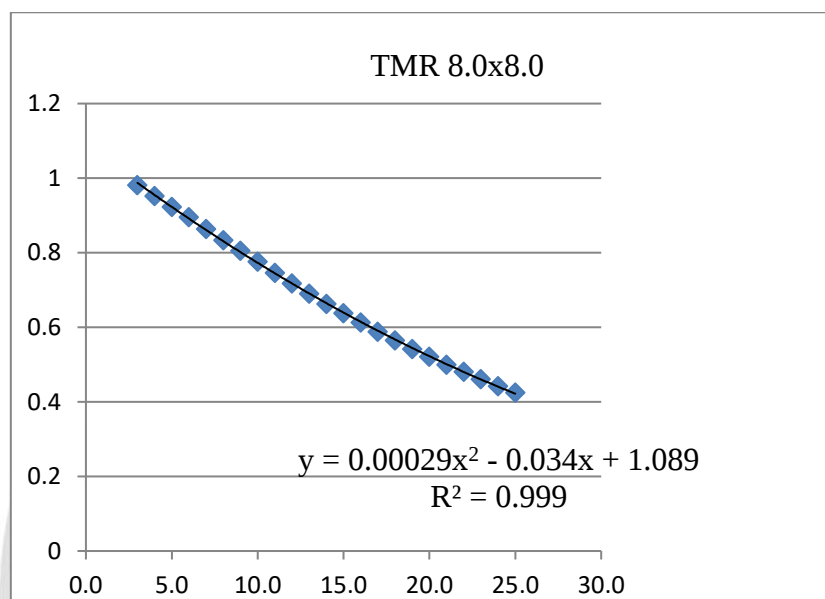
สำหรับการหาค่า TMR ของความยาวด้านพื้นที่รังสี (Eqs) 5.0 ซม.



ภาพ 4.9 แสดงกราฟค่า TMR ของความยาวด้านพื้นที่รังสี (Eqs) 5.0 ซม.

$$\text{TMR}(d,8) = 0.00029x^2 - 0.034x + 1.089 \quad (4.4)$$

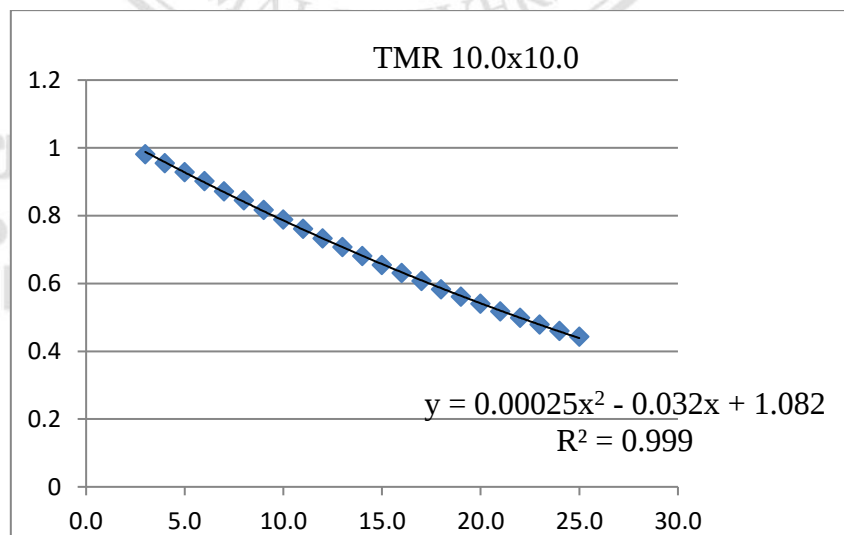
สำหรับการหาค่า TMR ของความยาวด้านพื้นที่รังสี (Eqs) 8.0 ซม.



ภาพ 4.10 แสดงกราฟค่า TMR ของความยาวด้านพื้นที่รังสี (Eqs) 8.0 ซม.

$$\text{TMR}(d,10) = 0.00025x^2 - 0.032x + 1.082 \quad (4.5)$$

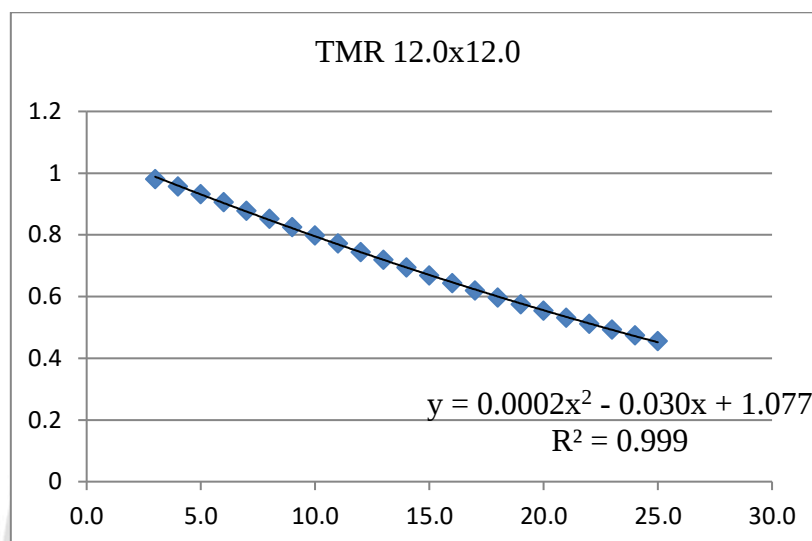
สำหรับการหาค่า TMR ของความยาวด้านพื้นที่รังสี (Eqs) 10.0 ซม.



ภาพ 4.11 แสดงกราฟค่า TMR ของความยาวด้านพื้นที่รังสี (Eqs) 10.0 ซม.

$$\text{TMR}(d,12) = 0.0002x^2 - 0.030x + 1.077 \quad (4.6)$$

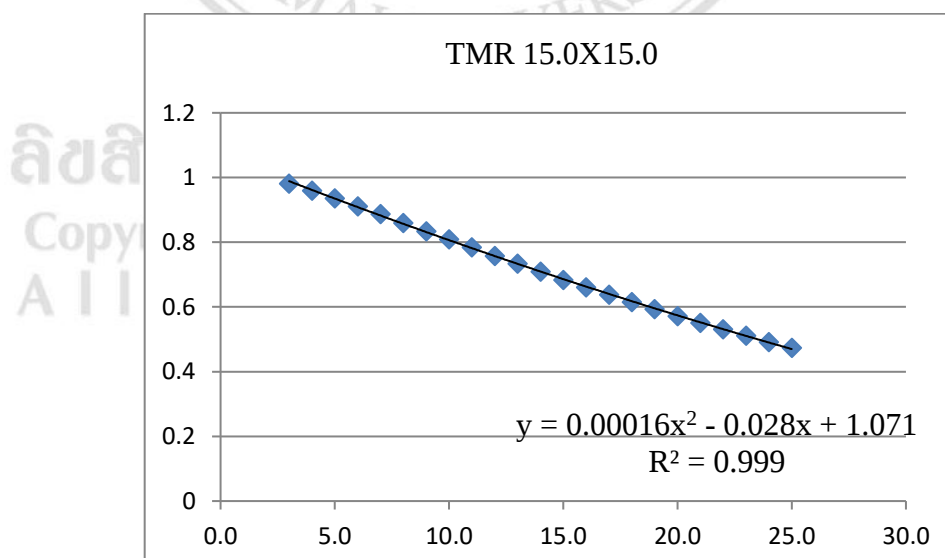
สำหรับการหาค่า TMR ของความยาวด้านพื้นที่รังสี (Eqs) 12.0 ซม.



ภาพ 4.12 แสดงกราฟค่า TMR ของความยาวด้านพื้นที่รังสี (Eqs) 12.0 ซม.

$$\text{TMR}(d,15) = 0.00016x^2 - 0.028x + 1.071 \quad (4.7)$$

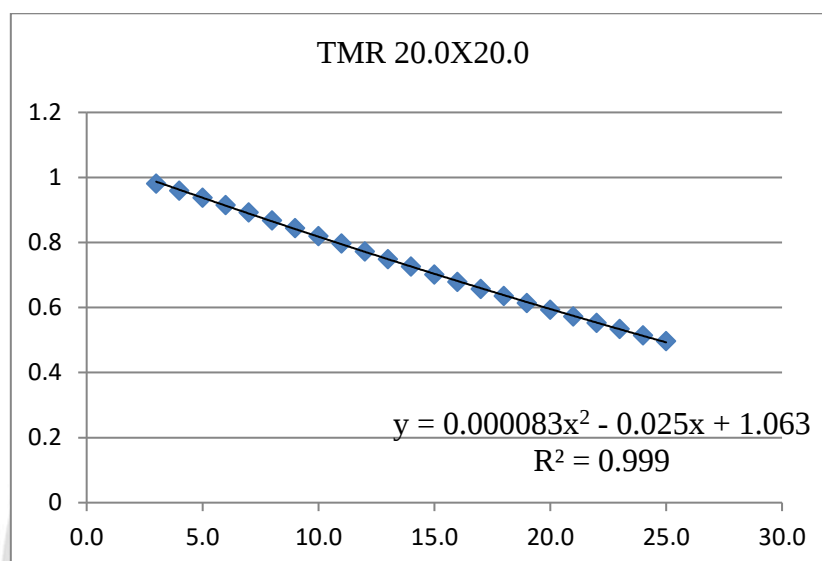
สำหรับการหาค่า TMR ของความยาวด้านพื้นที่รังสี (Eqs) 15.0 ซม.



ภาพ 4.13 แสดงกราฟค่า TMR ของความยาวด้านพื้นที่รังสี (Eqs) 15.0 ซม.

$$\text{TMR}(d,20) = 0.000083x^2 - 0.025x + 1.063 \quad (4.8)$$

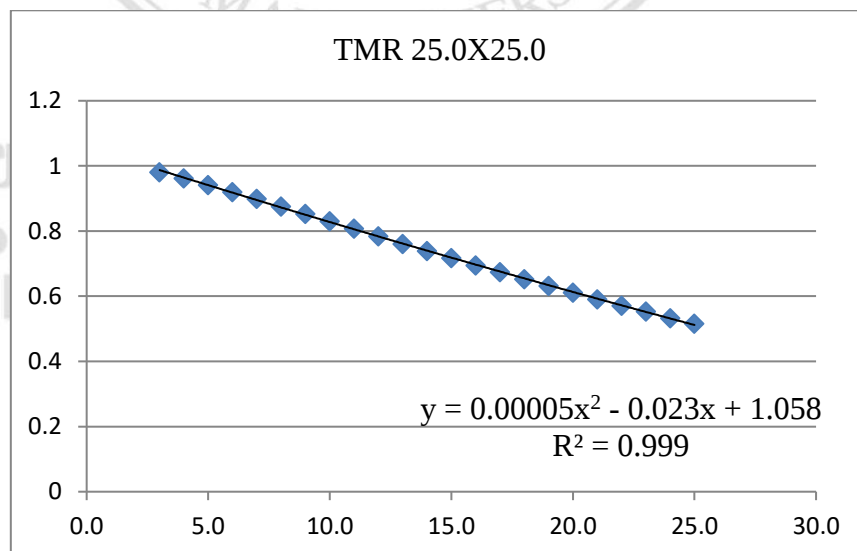
สำหรับการหาค่า TMR ของความยาวด้านพื้นที่รังสี (Eqs) 20.0 ซม.



ภาพ 4.14 แสดงกราฟค่า TMR ของความยาวด้านพื้นที่รังสี (Eqs) 20.0 ซม.

$$\text{TMR}(d,25) = 0.00005x^2 - 0.023x + 1.058 \quad (4.9)$$

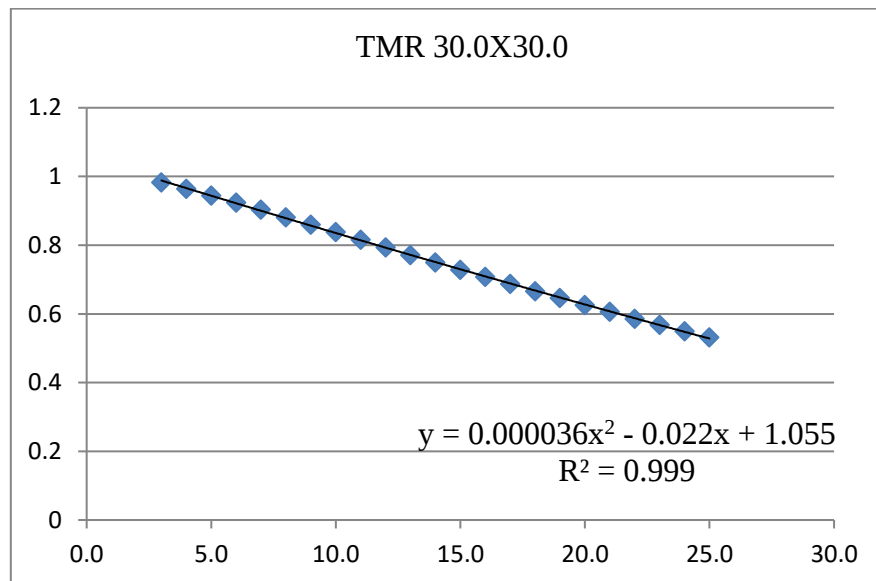
สำหรับการหาค่า TMR ของความยาวด้านพื้นที่รังสี (Eqs) 25.0 ซม.



ภาพ 4.15 แสดงกราฟค่า TMR ของความยาวด้านพื้นที่รังสี (Eqs) 25.0 ซม.

$$\text{TMR}(d,30) = 0.000036x^2 - 0.022x + 1.055 \quad (4.10)$$

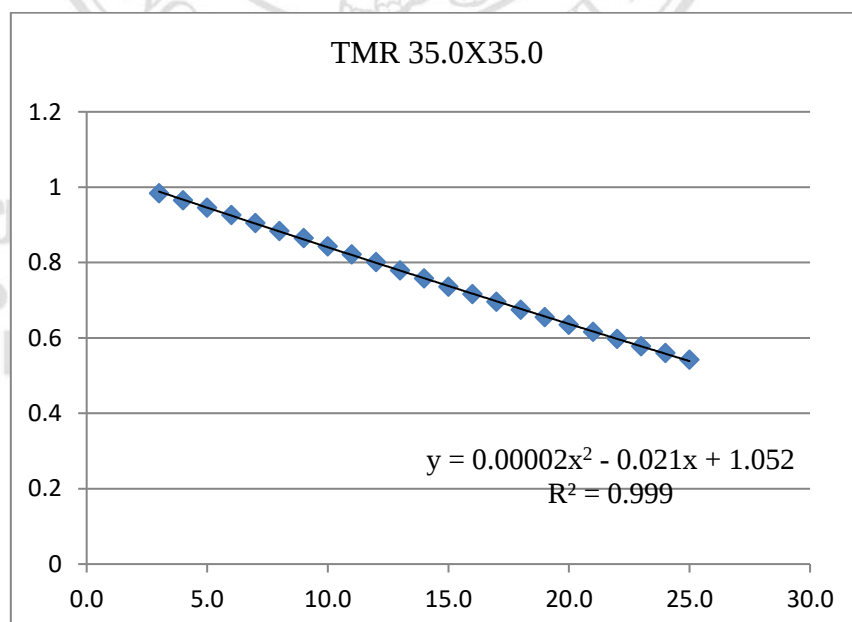
สำหรับการหาค่า TMR ของความยาวด้านพื้นที่รังสี (Eqs) 30.0 ซม.



ภาพ 4.16 แสดงกราฟค่า TMR ของความยาวด้านพื้นที่รังสี (Eqs) 30.0 ซม.

$$\text{TMR}(d,35) = 0.00002x^2 - 0.021x + 1.052 \quad (4.11)$$

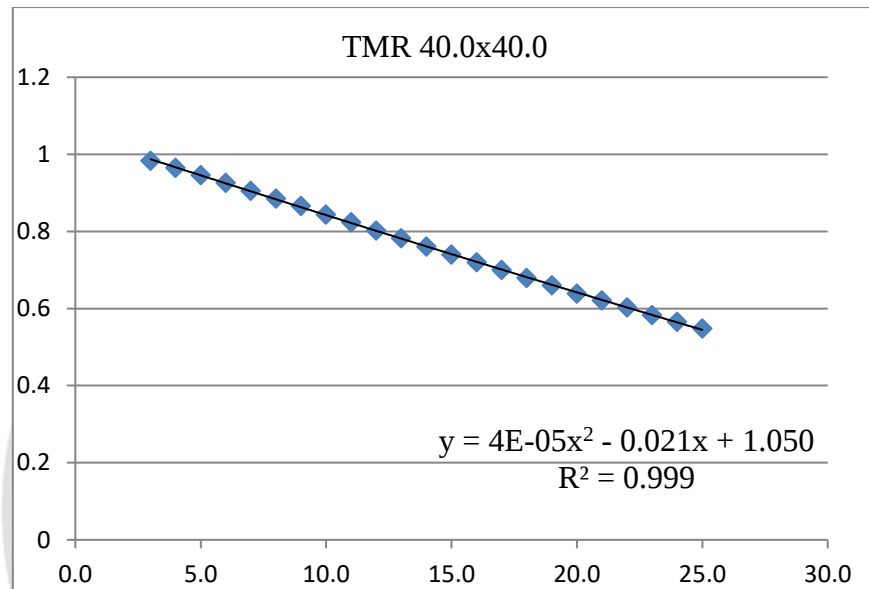
สำหรับการหาค่า TMR ของความยาวด้านพื้นที่รังสี (Eqs) 35.0 ซม.



ภาพ 4.17 แสดงกราฟค่า TMR ของความยาวด้านพื้นที่รังสี (Eqs) 35.0 ซม.

$$\text{TMR}(d,40) = 4\text{E-}05x^2 - 0.021x + 1.050 \quad (4.12)$$

สำหรับการหาค่า TMR ของความยาวด้านพื้นที่รังสี (Eqs) 40.0 ซม.



ภาพ 4.18 แสดงกราฟค่า TMR ของความยาวด้านพื้นที่รังสี (Eqs) 40.0 ซม.

4.2.2 การคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสี

เมื่อโปรแกรมหาค่าตัวแปรต่างๆ ที่ต้องใช้แล้ว การคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสี ตามวิธี approximation method จะใช้สมการที่ (3.3)

สงวนลิขสิทธิ์โดยมหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Dose/Field		Depth	
200.00		8.00	
Scp	0.9807	Scp	0.9807
tmr	0.8355	tmr	0.8355

6 MV output

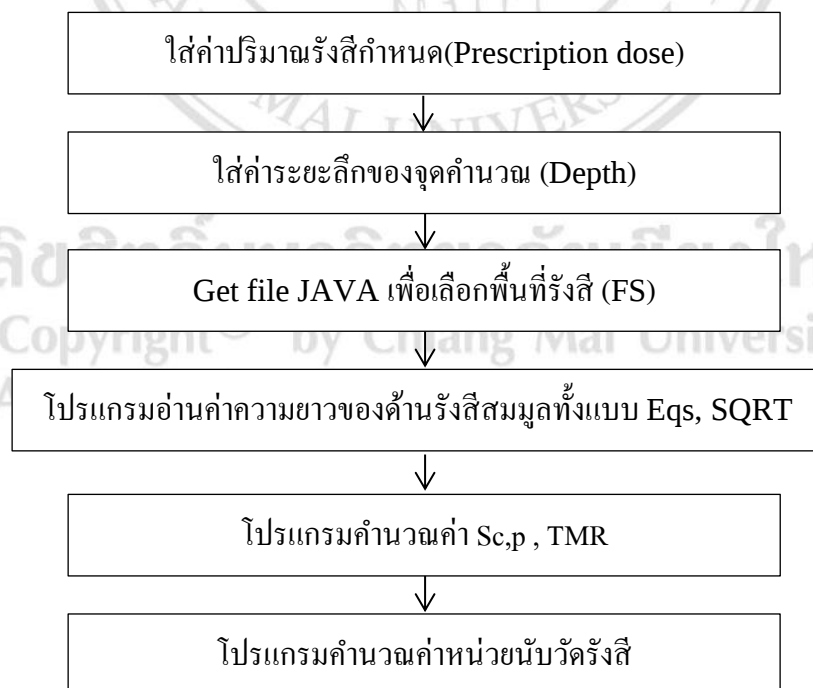
1.0004

Eqs	SQRT
8.00	8.00

MU	MU
244	244

ภาพ 4.19 แสดงหน้าต่างโปรแกรมคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสี

4.2.3 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสี มีดังนี้



ภาพ 4.20 แสดงผังงานของโปรแกรมคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสี

4.3 ผลการทดสอบโปรแกรมคำนวณหน่วยนับวัดรังสี

การทดสอบโปรแกรมคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสีที่พัฒนาขึ้น โดยใช้ค่าปริมาณรังสีกำหนด (Prescription dose) เท่ากับ 200 cGy ใช้วิธีเปรียบเทียบกับการวัดปริมาณรังสีในน้ำ โดยใช้แนวปฏิบัติ IAEA TECDOC 1540

4.3.1 กลุ่มพื้นที่รังสีเปิดสี่เหลี่ยมจัตุรัส

Test case: 1a, 1b และ 1c ในแนวปฏิบัติ IAEA TECDOC 1540 เป็นกลุ่มพื้นที่รังสีที่มีรูปร่างจัตุรัสขนาด 5 x 5, 10 x 10 และ 25 x 25 ตร.ซม. ตามลำดับ ผลการทดสอบแสดงในตาราง 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดสอบโปรแกรมคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสีของกลุ่มพื้นที่รังสี Test case ที่ 1a, 1b และ 1c

Test case	Depth (cm.)	MU(Eqs)	MU(SQRT)	Measurement dose (cGy)	Relative error (%)
1a	3	215	215	197.96	1.03
	5	232	232	200.12	-0.06
	10	282	282	199.66	0.17
	15	347	347	198.93	0.54
	20	431	431	200.06	-0.03
1b	3	203	203	197.54	1.25
	5	216	216	200.12	-0.06
	10	255	255	200.50	-0.25

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทวนสอบโปรแกรมคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสีของกลุ่มพื้นที่รังสี Test case ที่ 1a, 1b และ 1c (ต่อ)

Test case	Depth (cm.)	MU(Eqs)	MU(SQRT)	Measurement dose (cGy)	Relative error (%)
1b	15	305	305	199.17	0.42
	20	370	370	198.51	0.75
1c	3	190	190	197.81	1.11
	5	199	199	199.73	0.13
	10	226	226	199.94	0.03
	15	260	260	198.54	0.73
	20	305	305	197.79	1.12
Average					0.67

4.3.2 กลุ่มพื้นที่รังสีเปิดสี่เหลี่ยมผืนผ้า

Test case: 2a และ 2b ในแนวปฏิบัติ IAEA TECDOC 1540 เป็นกลุ่มพื้นที่รังสีที่มีรูปร่างสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด 5 x 25 และ 25 x 5 ตร.ซม. ตามลำดับ ผลการทวนสอบแสดงในตาราง 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทวนสอบโปรแกรมคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสีของกลุ่มพื้นที่รังสี Test case ที่ 2a และ 2b

Test case	Depth (cm.)	MU (Eqs)	MU (SQRT)	Measurement dose (cGy)		Relative error (%)	
				Eqs	SQRT	Eqs	SQRT
2a	3	206	202	197.58	193.79	1.23	3.20
	5	220	214	199.39	194.00	0.31	3.09
	10	261	251	198.34	190.78	0.84	4.83
	15	315	299	197.85	187.96	1.09	6.40
	20	386	362	198.25	185.59	0.88	7.56
2b	3	206	202	197.58	193.79	1.23	3.20
	5	220	214	199.39	194.00	0.31	3.09
	10	261	251	198.34	190.78	0.84	4.83
	15	315	299	197.85	187.96	1.09	6.40
	20	386	362	198.25	185.59	0.88	7.56
Average						0.92	5.31

4.3.3 กลุ่มพื้นที่รังสีที่มีส่วนถูกกำบังแบบรูปตัว L

Test case: 7 ในแนวปฏิบัติ IAEA TECDOC 1540 เป็นกลุ่มพื้นที่รังสีรูปร่างสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่ถูกกำบังบางส่วนของพื้นที่ ขนาด 16 x 16 และกำบัง 12 x 12 ตร.ชม ผลการทวนสอบแสดงในตาราง 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการทวนสอบโปรแกรมคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสีของกลุ่มพื้นที่รังสี Test case ที่ 7

Test case	Depth (cm.)	MU (Eqs)	MU (SQRT)	Measurement dose (cGy)		Relative normalized error (%)	
				Eqs	SQRT	Eqs	SQRT
7	3	203	202	196.97	196.00	1.54	2.04
	5	217	215	197.25	195.43	1.39	2.34
	10	256	253	192.13	189.88	4.10	5.33
	15	306	302	187.86	185.40	6.46	7.87
	20	373	366	187.11	183.60	6.89	8.93
Average						4.70	6.00

บทที่ 5

สรุป วิจัย และข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาโปรแกรมที่สามารถใช้ข้อมูลดิจิทัลของพื้นที่ฉายรังสีจากเครื่องจำลองการฉายรังสีมาคำนวณหาหน่วยนับวัดรังสีเพื่อช่วยเพิ่มความถูกต้อง(accuracy)และประสิทธิภาพ (efficiency)ของงานบริการด้านฟิสิกส์การแพทย์โดยค่าความยาวด้านของพื้นที่สมมูลหาด้วยโปรแกรมภาษาJAVA และคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสี(MU)ใช้วิธีการประมาณค่า(approximation method) เขียนด้วยโปรแกรมด้วยภาษาVisual Fox Pro ศึกษาความแตกต่างของค่าหน่วยนับวัดรังสีเมื่อคำนวณความยาวด้านของพื้นที่รังสีสมมูลแบบEqsและแบบSQRT และทดสอบผลการคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสีด้วยแนวปฏิบัติ IAEA TECDOC 1540 โดยเปรียบเทียบกับการวัดปริมาณรังสีในน้ำ

5.1 สรุปผลการทดลอง

การพัฒนาโปรแกรมคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสี โปรแกรมสามารถใช้ข้อมูลดิจิทัลจากเครื่องจำลองการฉายรังสีเพื่ออ่านค่าพื้นที่รังสีและหาค่าความยาวด้านของพื้นที่รังสีได้จริงและสามารถคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสีได้จริง ผลการทดสอบ โปรแกรมคำนวณค่าหน่วยนับวัดตามแนวปฏิบัติ IAEA TECDOC 1540 เปรียบเทียบกับค่าปริมาณรังสีที่วัดได้ในน้ำ พบว่ากลุ่มพื้นที่ทดสอบที่จุดคำนวณอยู่บนแนวกึ่งกลางลำรังสีคือแบบจตุรัสและแบบสี่เหลี่ยม พื้นที่รังสีที่หาความยาวด้านแบบ Eqs มีความแตกต่างเฉลี่ยของปริมาณรังสีที่คำนวณและวัดเท่ากับ 0.67% และ0.92% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ไม่เกิน 2% ขณะที่พื้นที่รังสีที่หาความยาวด้านแบบ SQRT มีความแตกต่างเฉลี่ยของปริมาณรังสีที่คำนวณและวัดเท่ากับ 0.67% และ 5.31% ไม่ผ่านเกณฑ์ 2% และกลุ่มสุดท้ายเป็นกลุ่มพื้นที่ทดสอบแบบมีพื้นที่กำบังและจุดคำนวณไม่ได้อยู่บนแนวกึ่งกลางลำรังสี พบว่าพื้นที่รังสีที่หาความยาวด้านแบบ Eqs และแบบ SQRT มีความแตกต่างเฉลี่ยของปริมาณรังสีที่คำนวณและวัดได้เท่ากับ 4.70% และ 6.00% ไม่ผ่านเกณฑ์ 3%

5.2 วิจัยผลการทดลองและสรุปผลการวิจัย

โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมา แบ่งออกเป็นสองส่วนคือ ส่วนที่หนึ่งทำหน้าที่ใช้ข้อมูลดิจิตอลจากเครื่องจำลองการฉายรังสีแบบดิจิตอลเพื่ออ่านค่าพื้นที่รังสีและหาความยาวด้านของพื้นที่รังสีซึ่งอำนวยความสะดวกให้แก่นักฟิสิกส์และเข้ามาแทน digitizer กับ port film ซึ่งเป็นเทคโนโลยีแบบเก่า ส่วนที่สองทำหน้าที่คำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสีซึ่งสามารถคำนวณได้รวดเร็วเพียงแค่กรอดose/field และ depth ลงไป ผลการทวนสอบโปรแกรมคำนวณค่าหน่วยนับวัดตามแนวปฏิบัติ IAEA TECDOC 1540 การคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสีที่พื้นที่รังสีที่หาความยาวด้านแบบ Eqs โดยจุดคำนวณอยู่บนแนวกึ่งกลางลำรังสีมีความแม่นยำ แต่การคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสีที่พื้นที่รังสีที่หาความยาวด้านแบบ SQRT มีความคลาดเคลื่อนเกินเกณฑ์กำหนดเพราะความยาวของด้านแบบ SQRT มากกว่าความยาวของด้านแบบ Eqs จึงทำให้ค่าตัวแปรเชิงรังสีคณิตซึ่งได้แก่ค่า S_{cp} และค่า TMR มีค่ามากกว่าค่า S_{cp} และค่า TMR ของพื้นที่รังสีที่หาความยาวด้านแบบ Eqs จึงทำให้ค่า MU แบบ SQRT มีค่าน้อยกว่าความเป็นจริง อีกทั้งปริมาณรังสีกระเจิงขึ้นกับระยะทาง วิธี Sterling ใช้ระยะความยาวและกว้างของพื้นที่รังสีมาคำนวณ ส่วนวิธี SQRT ไม่พิจารณาระยะความกว้างยาวของพื้นที่ ทำให้ไม่มีตัวแปรใดที่จะสัมพันธ์กับขนาดของปริมาณรังสีกระเจิง

โปรแกรมคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสีที่ถูกพัฒนาขึ้นมานี้ไม่สามารถคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสีได้ได้ถูกต้องในกรณีที่พื้นที่ทดสอบแบบมีพื้นที่ก้ำกึ่ง (Irregular field) และจุดคำนวณไม่ได้อยู่บนแนวกึ่งกลางลำรังสี (Off-axis) ทั้งนี้เนื่องจากการเก็บข้อมูลลำรังสีเป็นการเก็บในแนวกึ่งกลางลำรังสี แต่การคำนวณหน่วยนับวัดรังสีในกรณีนี้จุดคำนวณอยู่ห่างแนวกึ่งกลางลำรังสีมาก ๆ ควรต้องใช้ค่าตัวแปรอื่นคือค่า Off axis ratio เพื่อความถูกต้องมากขึ้น [6]

Shafiq J และคณะ (2009)[4] ศึกษาเกี่ยวกับอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นในงานรังสีรักษาในระดับนานาชาติ พบว่าร้อยละ 40 ของอุบัติเหตุเกิดในขั้นตอนการคำนวณหน่วยนับวัดรังสี (Monitor Unit: MU) โดยมีสาเหตุจากความผิดพลาดในเรื่อง field size, depth, inverse square และตัวแปรอื่นๆ ฉะนั้นงานวิจัยนี้มุ่งแก้ปัญหาเกี่ยวกับการคำนวณหน่วยนับวัดรังสีจากความผิดพลาดในเรื่อง field size ที่ผ่านมาสุนัขมะเร็งหลายๆแห่งมักจะประสบปัญหาเกี่ยวกับการ digitized port film เพื่อการคำนวณหน่วยนับวัดรังสี แม้กระทั่งปัจจุบันที่เครื่องเอกซเรย์จำลองฉายรังสีแบบดิจิตอล ได้เข้ามามีบทบาทแทนเครื่องจำลองฉายรังสีแบบเก่า แต่ปัญหาของการหาขนาดพื้นที่ฉายรังสีที่ถูกต้องเพื่อใช้คำนวณหน่วยนับวัดรังสีก็ยังมีอยู่ งานวิจัยนี้เป็นพัฒนาโปรแกรมที่สามารถนำเข้าข้อมูลดิจิตอลเพื่ออ่านค่าพื้นที่รังสีที่ถูกต้องจากเครื่องจำลองการฉายรังสีมาคำนวณหาค่าหน่วยนับวัดรังสี จากงานวิจัยนี้ได้พบว่า

- (1) โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมานี้สามารถหาพื้นที่จากข้อมูลพื้นที่รังสีของเครื่องจำลองการฉายรังสีแบบดิจิทัลได้ถูกต้อง
- (2) โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมานี้สามารถแสดงค่าความยาวด้านของพื้นที่รังสีสมมูลได้ทั้งแบบ Eqs และแบบ SQRT
- (3) การคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสีโดยใช้ค่าความยาวด้านของพื้นที่รังสีสมมูลแบบ Eqs เพื่อหาค่าตัวแปร จะให้ผลการคำนวณค่า MU ที่ถูกต้องแม่นยำ
- (4) การคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสีโดยใช้ค่าความยาวด้านของพื้นที่รังสีสมมูลแบบ SQRT เพื่อหาค่าตัวแปรจะให้ผลการคำนวณที่ถูกต้องแม่นยำในกรณีที่เป็นพื้นที่แบบสี่เหลี่ยมจัตุรัสเท่านั้น ฉะนั้นไม่สามารถใช้หาค่าหน่วยนับวัดรังสีได้สำหรับพื้นที่รังสีทุกรูปแบบ
- (5) โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมานี้สามารถใช้กับการคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสีโดยจุดคำนวณอยู่บนแนวกึ่งกลางลำรังสีเท่านั้น ถ้าหากจะใช้คำนวณที่จุดห่างแนวแกนกลาง ต้องพิจารณาใช้ค่าแก้ไข Off axis ratio

5.3 ข้อเสนอแนะ

การพัฒนาโปรแกรมคำนวณหาค่าหน่วยนับวัดรังสีสามารถเพิ่มความถูกต้อง และประสิทธิภาพของงานบริการด้านฟิสิกส์การแพทย์ แต่โปรแกรมคำนวณหน่วยนับวัดรังสีนี้ยังประกอบด้วยสองโปรแกรมหลักที่แยกจากกัน การรวมโปรแกรมทั้งสองให้เป็นโปรแกรมเดียวกัน จะช่วยลดขั้นตอนการคำนวณให้สั้นลง ลดข้อจำกัดการใช้งานด้านต่างๆ ช่วยให้ทำงานได้สะดวก รวดเร็วยิ่งขึ้น โปรแกรมนี้ใช้คำนวณได้เฉพาะรังสีฟोटอนพลังงาน 6 MV จากเครื่องฉายรังสี Elekta Precise® การขยายโปรแกรมสามารถให้คำนวณรังสีฟोटอนพลังงานอื่นๆอีก จะทำให้โปรแกรมสามารถใช้งานบริการมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] สถาบันมะเร็งแห่งชาติ กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. แผนการป้องกันและควบคุมโรคโรคมะเร็งแห่งชาติ(พ.ศ.2556-2560).กรุงเทพฯ:โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด;2556.
- [2] Chan SL, Karam R, Streeter OJ, Ryoo MC. Outcome of care:Complications from validation therapy treatment. CLINICAL&ONCOLOGY1993;16 (1): 81-5.
- [3] Linthout N, Verellen D, Acker SV, Storme G. A simple theoretical verification of monitor unit calculation for intensity modulated beams using dynamic mini-multileaf collimation. RADIOTHERAPY&ONCOLOGY 2004;71: 235-41.
- [4] Shafiq J, Barton M, Noble D, Lamer C, Donalson LJ. An international review of patient safety measures in radiotherapy practice. RADIOTHERAPY&ONCOLOGY 2009;92: 5-21.
- [5] Hunt MA, Pastrana G, Amols HI, Killen A, Alektiar K. The Impact of new tecnologies on radiation oncology events and trends in the past decade: An institutional experience. International Journal of Radiation Oncology Biology Physics2012;4:925-31.
- [6] Khan F.M. The physics of radiation therapy.4rd ed.Philadelphia:Lippincott Williams & Wilkins;2010.p.140-212.

เอกสารอ้างอิง(ต่อ)

- [7] Sterling TD, Perry H, Katz I. Derivation of a mathematical expression for the percent depth dose surface of cobalt 60 beams and visualization of multiple field dose distributions. *Br J Radiol*. 1964;37:544
- [8] International Atomic Energy Agency. Specification and Acceptance Testing of Radiotherapy treatment Planning Systems. Vienna; 2007. IAEA Tecdoc.:1540.
- [9] Tobias P, Vrana D, Cwiertka K, Gremlica D, Slampa P. Significance of using DICOM communication standard in quality assurance in radiation oncology - an institutional experience. *Journal of Balkan Union of Oncology*. 2013;18(4):1045-7.
- [10] Gesheva A.N. A Program for Monitor Unit Calculation for high energy photon beams in isocentric condition based on measured data. National Conference on Biomedical Physics and Engineering 2008.
- [11] VisualFoxProDeveloperCenter. Microsoft VisualFoxPro 9.0 [Internet]. 2007 [cited 2014 Apr 2]. Available from: <http://msdn.microsoft.com/en-us/vfoxpro/bb190225.aspx>
- [12] เกียรติประภม สิ้นรุ่งเรืองกุล. Microsoft Visual Foxpro 6: building applications. สดาร์คอม. กรุงเทพฯ; 2542.

เอกสารอ้างอิง(ต่อ)

- [13] Gibbons, J. P., Antolak, J. A., Followill, D. S., Huq, M. S., Klein, E. E., Lam, K. L., ... & Khan, F. M. (2014). Monitor unit calculations for external photon and electron beams: Report of the AAPM Therapy Physics Committee Task Group No.71.*Medical Physics*.41(3)
- [14] Thai image J. โปรแกรม image J มันคืออะไร[อินเทอร์เน็ต].[เข้าถึงเมื่อ 22 พ.ค.2557].เข้าถึงได้จาก:<http://thai-imagej.blogspot.com>

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ก

ค่า $S_{c,p}$ และการเขียนสมการค่าตัวแปร

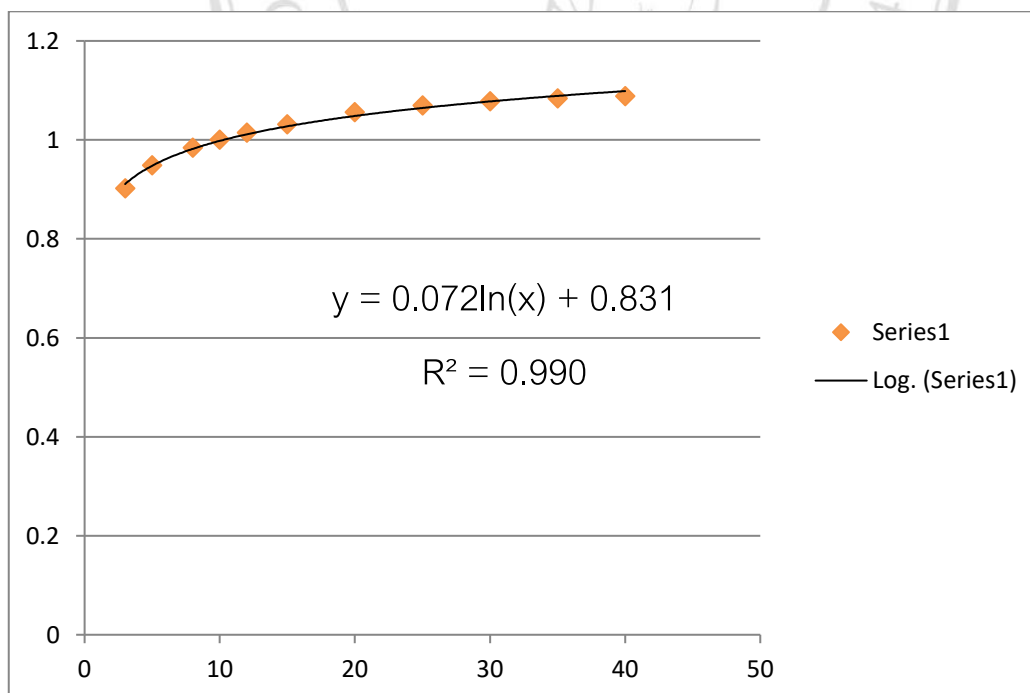
ตารางที่ ก-1 แสดงค่า $S_{c,p}$ ที่ได้จากการวัด

Field Size(cm)	ค่า $S_{c,p}$
3x3	0.9021
5x5	0.9485
8x8	0.9840
10x10	1.0000
12x12	1.0146
15x15	1.0315
20x20	1.0560
25x25	1.0691
30x30	1.0780
35x35	1.0836
40x40	1.0880

นำค่าSc,p ที่ได้จากการวัดมาเขียนเป็นสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าSc,pกับ field size

ตารางที่ ก-2 แสดงการเปรียบเทียบค่าSc,pที่ได้จากการวัดกับสมการที่สร้างขึ้น

Field Size(cm)	Sc,p	Sc,pจากสูตร	Residuals	%diff
3	0.9021	0.9101	0.0080	0.8868
5	0.9485	0.9469	-0.0016	-0.1708
8	0.9840	0.9807	-0.0033	-0.3334
10	1.0000	0.9968	-0.0032	-0.3214
12	1.0146	1.0099	-0.0047	-0.4619
15	1.0315	1.0260	-0.0055	-0.5352
20	1.0560	1.0467	-0.0093	-0.8814
25	1.0691	1.0628	-0.0063	-0.5931
30	1.0780	1.0759	-0.0021	-0.1961
35	1.0836	1.0870	0.0034	0.3124
40	1.0880	1.0966	0.0086	0.7904



รูป ก-1 แสดงกราฟค่าSc,p

ภาคผนวก ข

ค่า TMR และการเขียนสมการค่าตัวแปร

ตารางที่ ข-1 แสดงค่าTMRที่ได้จากการวัด

Position [mm]	3x3 cm ²	5x5 cm ²	8x8 cm ²	10x10 cm ²	12x12 cm ²	15x15 cm ²	20x20 cm ²	25x25 cm ²	30x30 cm ²	35x35 cm ²	40x40 cm ²
0	0.443	0.45	0.475	0.491	0.508	0.532	0.574	0.606	0.638	0.651	
5	0.774	0.777	0.791	0.801	0.81	0.823	0.846	0.862	0.874	0.882	
10	0.956	0.956	0.961	0.963	0.966	0.97	0.976	0.979	0.984	0.983	
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
20	1.003	1.003	1.003	1.001	1.001	1.001	0.999	0.998	1	0.998	0.998
25	0.989	0.991	0.993	0.993	0.992	0.992	0.991	0.99	0.991	0.991	0.991
30	0.971	0.976	0.981	0.981	0.981	0.981	0.981	0.981	0.983	0.984	0.983
35	0.954	0.961	0.966	0.968	0.97	0.971	0.971	0.972	0.973	0.975	0.974
40	0.935	0.945	0.952	0.955	0.957	0.96	0.96	0.962	0.964	0.965	0.965
45	0.916	0.927	0.938	0.942	0.945	0.948	0.949	0.952	0.955	0.958	0.956
50	0.897	0.911	0.923	0.928	0.932	0.936	0.938	0.941	0.944	0.946	0.946
55	0.88	0.895	0.909	0.915	0.919	0.924	0.927	0.93	0.934	0.937	0.936
60	0.861	0.879	0.895	0.902	0.906	0.911	0.915	0.92	0.924	0.926	0.926
65	0.843	0.861	0.879	0.887	0.892	0.898	0.904	0.91	0.913	0.916	0.916
70	0.826	0.845	0.864	0.872	0.878	0.887	0.893	0.899	0.903	0.905	0.905
75	0.808	0.828	0.849	0.858	0.865	0.874	0.881	0.887	0.892	0.894	0.895
80	0.791	0.812	0.834	0.845	0.852	0.86	0.868	0.876	0.881	0.884	0.885
85	0.775	0.796	0.82	0.831	0.838	0.847	0.856	0.864	0.87	0.875	0.875
90	0.758	0.78	0.805	0.817	0.825	0.834	0.844	0.853	0.86	0.865	0.866
95	0.741	0.763	0.79	0.803	0.811	0.821	0.832	0.842	0.849	0.854	0.856
100	0.725	0.749	0.776	0.789	0.798	0.809	0.82	0.83	0.838	0.843	0.844
105	0.709	0.734	0.761	0.775	0.785	0.797	0.808	0.819	0.827	0.832	0.833
110	0.694	0.719	0.746	0.761	0.772	0.784	0.797	0.808	0.816	0.822	0.824
115	0.679	0.704	0.732	0.747	0.758	0.771	0.785	0.796	0.805	0.811	0.813
120	0.664	0.689	0.718	0.733	0.744	0.758	0.773	0.784	0.793	0.801	0.802
125	0.65	0.675	0.704	0.719	0.731	0.746	0.761	0.772	0.782	0.79	0.792
130	0.636	0.661	0.69	0.707	0.719	0.734	0.749	0.761	0.771	0.779	0.782
135	0.623	0.646	0.676	0.694	0.707	0.722	0.738	0.751	0.761	0.768	0.771
140	0.61	0.633	0.663	0.681	0.694	0.709	0.726	0.739	0.75	0.758	0.761
145	0.596	0.621	0.651	0.668	0.68	0.697	0.714	0.728	0.739	0.747	0.751
150	0.582	0.608	0.638	0.655	0.668	0.684	0.702	0.717	0.728	0.736	0.74
155	0.57	0.594	0.625	0.643	0.656	0.672	0.691	0.706	0.718	0.726	0.73
160	0.559	0.582	0.613	0.631	0.644	0.661	0.679	0.695	0.708	0.716	0.72
165	0.547	0.569	0.6	0.618	0.632	0.649	0.668	0.684	0.697	0.706	0.71
170	0.535	0.558	0.588	0.607	0.62	0.638	0.657	0.674	0.687	0.696	0.7

ตารางที่ ข-1 แสดงค่าTMRที่ได้จากการวัด(ต่อ)

Position [mm]	3x3 cm ²	5x5 cm ²	8x8 cm ²	10x10 cm ²	12x12 cm ²	15x15 cm ²	20x20 cm ²	25x25 cm ²	30x30 cm ²	35x35 cm ²	40x40 cm ²
175	0.524	0.546	0.577	0.595	0.609	0.626	0.646	0.663	0.676	0.685	0.689
180	0.512	0.535	0.565	0.583	0.597	0.615	0.636	0.653	0.666	0.675	0.679
185	0.5	0.523	0.554	0.572	0.586	0.604	0.625	0.643	0.656	0.665	0.669
190	0.489	0.512	0.542	0.561	0.575	0.593	0.614	0.632	0.646	0.655	0.66
195	0.48	0.502	0.532	0.55	0.564	0.582	0.604	0.621	0.635	0.645	0.65
200	0.47	0.492	0.521	0.54	0.554	0.572	0.593	0.611	0.626	0.635	0.639
205	0.46	0.482	0.511	0.529	0.543	0.561	0.583	0.601	0.617	0.625	0.63
210	0.45	0.472	0.5	0.518	0.532	0.551	0.573	0.591	0.606	0.616	0.621
215	0.44	0.462	0.491	0.508	0.522	0.54	0.563	0.581	0.596	0.606	0.612
220	0.431	0.453	0.481	0.499	0.512	0.531	0.553	0.571	0.586	0.597	0.603
225	0.42	0.443	0.471	0.489	0.502	0.521	0.543	0.562	0.577	0.587	0.593
230	0.409	0.433	0.461	0.479	0.493	0.511	0.534	0.553	0.568	0.578	0.583
235	0.399	0.424	0.452	0.469	0.483	0.501	0.525	0.543	0.559	0.569	0.575
240	0.389	0.415	0.442	0.46	0.474	0.492	0.515	0.533	0.549	0.56	0.566
245	0.379	0.407	0.434	0.451	0.466	0.483	0.506	0.525	0.541	0.551	0.557
250	0.369	0.398	0.425	0.443	0.456	0.474	0.497	0.516	0.532	0.542	0.548
255	0.36	0.39	0.417	0.434	0.447	0.465	0.488	0.506	0.523	0.533	0.539
260	0.352	0.382	0.408	0.425	0.438	0.457	0.479	0.497	0.513	0.524	0.531
265	0.343	0.374	0.4	0.417	0.429	0.448	0.47	0.489	0.504	0.516	0.523
270	0.334	0.367	0.392	0.408	0.421	0.439	0.462	0.48	0.496	0.507	0.514
275	0.326	0.359	0.384	0.4	0.413	0.431	0.453	0.472	0.487	0.499	0.506
280	0.319	0.352	0.376	0.392	0.405	0.423	0.445	0.464	0.479	0.491	0.497
285	0.311	0.344	0.368	0.384	0.397	0.415	0.437	0.456	0.471	0.482	0.489
290	0.303	0.337	0.361	0.376	0.389	0.407	0.43	0.448	0.463	0.475	0.481
295	0.296	0.331	0.354	0.369	0.381	0.399	0.422	0.44	0.455	0.467	0.473
300	0.288	0.324	0.347	0.361	0.374	0.391	0.414	0.432	0.447	0.459	0.466
305	0.28	0.317	0.34	0.354	0.367	0.384	0.406	0.424	0.44	0.452	0.459
310	0.274	0.31	0.333	0.347	0.359	0.376	0.399	0.416	0.432	0.444	0.451
315	0.268	0.304	0.326	0.341	0.352	0.369	0.392	0.409	0.424	0.436	0.443
320	0.261	0.298	0.32	0.334	0.345	0.362	0.385	0.402	0.417	0.429	0.435
325	0.254	0.292	0.313	0.327	0.338	0.355	0.378	0.395	0.41	0.422	0.428
330	0.248	0.286	0.307	0.321	0.332	0.348	0.371	0.388	0.403	0.414	0.421
335	0.242	0.28	0.301	0.315	0.326	0.342	0.364	0.38	0.395	0.407	0.414
340	0.236	0.274	0.295	0.308	0.32	0.335	0.358	0.373	0.389	0.401	0.407
345	0.23	0.268	0.289	0.302	0.314	0.329	0.351	0.367	0.382	0.394	0.4
350	0.226	0.263	0.283	0.297	0.308	0.323	0.345	0.36	0.375	0.387	0.39

นำค่า TMR ของแต่ละ field size ที่ได้จากการวัดมาเขียนเป็นสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่า TMR กับค่าระยะลึก(Depth) ตั้งแต่ระยะลึก 3.0 ซม. ถึง 20.0 ซม. สมการที่ใช้ในการหาค่า TMR ได้แก่

$$\text{TMR}(d,3) = 0.005x^2 - 0.041x + 1.090 \quad (1)$$

สำหรับการหาค่า TMR ค่าความยาวด้านพื้นที่รังสี (Eqs) เท่ากับ 3.0 ซม.

$$\text{TMR}(d,5) = 0.00044x^2 - 0.039x + 1.094 \quad (2)$$

สำหรับการหาค่า TMR ของความยาวด้านพื้นที่รังสี (Eqs) 5.0 ซม.

$$\text{TMR}(d,8) = 0.00029x^2 - 0.034x + 1.089 \quad (3)$$

สำหรับการหาค่า TMR ของความยาวด้านพื้นที่รังสี (Eqs) 8.0 ซม.

$$\text{TMR}(d,10) = 0.00025x^2 - 0.032x + 1.082 \quad (4)$$

สำหรับการหาค่า TMR ของความยาวด้านพื้นที่รังสี (Eqs) 10.0 ซม.

$$\text{TMR}(d,12) = 0.0002x^2 - 0.030x + 1.077 \quad (5)$$

สำหรับการหาค่า TMR ของความยาวด้านพื้นที่รังสี (Eqs) 12.0 ซม.

$$\text{TMR}(d,15) = 0.00016x^2 - 0.028x + 1.071 \quad (6)$$

สำหรับการหาค่า TMR ของความยาวด้านพื้นที่รังสี (Eqs) 15.0 ซม.

$$\text{TMR}(d,20) = 0.000083x^2 - 0.025x + 1.063 \quad (7)$$

สำหรับการหาค่า TMR ของความยาวด้านพื้นที่รังสี (Eqs) 20.0 ซม.

$$\text{TMR}(d,25) = 0.00005x^2 - 0.023x + 1.058 \quad (8)$$

สำหรับการหาค่า TMR ของความยาวด้านพื้นที่รังสี (Eqs) 25.0 ซม.

$$\text{TMR}(d,30) = 0.000036x^2 - 0.022x + 1.055 \quad (9)$$

สำหรับการหาค่า TMR ของความยาวด้านพื้นที่รังสี (Eqs) 30.0 ซม.

$$\text{TMR}(d,35) = 0.00002x^2 - 0.021x + 1.052 \quad (10)$$

สำหรับการหาค่า TMR ของความยาวด้านพื้นที่รังสี (Eqs) 35.0 ซม.

$$\text{TMR}(d,40) = 4\text{E-}05x^2 - 0.021x + 1.050 \quad (12)$$

สำหรับการหาค่า TMR ของความยาวด้านพื้นที่รังสี (Eqs) 40.0 ซม.

ภาคผนวก ค

ค่า MU ที่ Depth 3-20 cm. ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรม

ผลการคำนวณเพิ่มเติมที่ Field Size(cm) ขนาดต่างๆค่าโดยใช้ค่าปริมาณรังสีกำหนด (Prescription dose) เท่ากับ 200 cGy ที่ระยะลึก (Depth) ตั้งแต่ 3-20 ซม.

ตารางที่ ค-1 แสดงเปรียบเทียบค่า MU ที่ Depth 3 cm. ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรม

Field Size(cm)	Depth (cm.)	MU(Eqs)	MU(SQRT)
3x3	3	226	226
8x8	3	206	206
12x12	3	200	200
15x15	3	197	197
20x20	3	193	193
30x30	3	188	188
35x35	3	186	186
40x40	3	185	185

ตารางที่ ค-2 แสดงเปรียบเทียบค่าMUที่ Depth 5 cm. ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรม

Field Size(cm)	Depth (cm.)	MU(Eqs)	MU(SQRT)
3x3	5	245	245
8x8	5	220	220
12x12	5	213	213
15x15	5	209	209
20x20	5	203	203
30x30	5	197	197
35x35	5	194	194
40x40	5	193	193

ตารางที่ ค-3 แสดงเปรียบเทียบค่าMUที่ Depth 10 cm. ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรม

Field Size(cm)	Depth (cm.)	MU(Eqs)	MU(SQRT)
3x3	10	301	301
8x8	10	262	262
12x12	10	249	249
15x15	10	242	242
20x20	10	233	233
30x30	10	222	222
35x35	10	218	218
40x40	10	216	216

ตารางที่ ค-4 แสดงเปรียบเทียบค่าMUที่ Depth 15 cm. ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรม

Field Size(cm)	Depth (cm.)	MU(Eqs)	MU(SQRT)
3x3	15	374	374
8x8	15	317	317
12x12	15	295	295
15x15	15	284	284
20x20	15	270	270
30x30	15	254	254
35x35	15	248	248
40x40	15	248	248

ตารางที่ ค-5 แสดงเปรียบเทียบค่าMUที่ Depth 20 cm. ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรม

Field Size(cm)	Depth (cm.)	MU(Eqs)	MU(SQRT)
3x3	20	468	468
8x8	20	389	389
12x12	20	356	356
15x15	20	339	339
20x20	20	321	321
30x30	20	295	295
35x35	20	288	288
40x40	20	282	282

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายเกียรติศักดิ์ อนุสรณาวังษ์
วัน เดือน ปี เกิด	12 มิถุนายน พ.ศ. 2513
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสิรินธร จังหวัดสุรินทร์ ปีการศึกษา 2531 สำเร็จการศึกษาประกาศนียบัตรรังสีการแพทย์ โรงเรียนรังสีการแพทย์ สถาบันมะเร็งแห่งชาติ ปีการศึกษา 2533 สำเร็จการศึกษาศิลปศาสตรบัณฑิต (รัฐศาสตร์) มหาวิทยาลัยรามคำแหง ปีการศึกษา 2536 สำเร็จการศึกษาวิทยาสาสตรบัณฑิต (รังสีเทคนิค) มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปีการศึกษา 2552
ประสบการณ์	รับราชการที่กลุ่มงานรังสีวิทยา โรงพยาบาลสุรินทร์ตั้งแต่ พ.ศ. 2534 ถึงปัจจุบัน



รับมหาวิทยาลัยเชียงใหม่
nt© by Chiang Mai University
rights reserved