

การพัฒนาโปรแกรมคำนวณหน่วยนับวัดรังสีใช้ร่วมกับระบบสารสนเทศรังสีรักษา

Development of monitor unit calculation program for integration with radiation therapy information system

■ ดำรงค์ศักดิ์ ทิพย์ปัญญา¹ เอกสิทธิ์ ธาราวิชิตกุล¹ สัมพันธ์ วรรณวิไลรัตน์²
Damrongsak Tippanya¹ Ekasit Tharavichitkul¹ Sumbhat Wanwilairat²
ฐานันท์ ไชยเวียง³ สมศักดิ์ วรรณวิไลรัตน์³
Thanit Chaiwiang³ Somsak Wanwilairat³

¹หน่วยรังสีรักษาและมะเร็งวิทยา ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

¹Division of Radiation Therapy, Radiology Department, Faculty of Medicine, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand

²บริษัทสำรวจและผลิตปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย

²Thai Petroleum exploration and Production Company, Thailand

³บริษัท ดาต้าซอฟท์คอมพิวเตอร์ จำกัด

³Datasoft Computer Company Limited, Thailand

* ผู้รับผิดชอบบทความ (Email: somsaksw@gmail.com)

* Corresponding author (Email: somsaksw@gmail.com)

Received September 2016

Accepted as revised December 2016

Abstract

Introduction: Monitor unit (MU) calculation is the main process of 2D technique teletherapy planning. Using of monitor unit calculation program will increase the performance and reduce errors of 2D technique teletherapy.

Objectives: To develop a monitor unit (MU) calculation program for integration with an in-house radiation therapy information system (RTIS). The developed program was used for 6 MV photon MU calculation in 2D technique teletherapy.

Materials and methods: MU calculation program was based on the Clarkson's integration method and divided into two parts. The first part was for scatter sector radius determination from 2D simulation images. This part was programmed based on JAVA language. The second part was MU calculation using Clarkson's irregular field method. The latter part was programmed based on Microsoft Visual Foxpro language. Calculated MU was verified by dose measurement following the test cases (1a, 1b, 1c, 2a, 2b and 7) of IAEA TECDOC 1540. After dose difference between the calculation and the measurement was within acceptance criteria, the program was integrated to the RTIS.

Results: The scatter sector radius determination program workflow included selecting of the angle between each radius, calibrating of image distance, defining of isocenter, field size edge defining and equivalent square field. The program generated radius distance and exported to a text file. The MU calculation part workflow included input of prescription dose and tumor depth. Following TECDOC 1540, dose different ranging between calculation and measurement was -1.98% to 1.40% for Test case 1a, 1b, 1c, 2a and 2b, and -3.02% to 0.08% for Test case 7. The program was integrated to dosimetry menu in RTIS which could help calculate MU for each field size of each patient and record to patient database.

Conclusion: MU calculation computer program was developed, verified and integrated to RTIS. The program was used for 6MV photon monitor unit calculation in 2D technique irradiation.

Journal of Associated Medical Sciences 2017; 50(1): 54-63. Doi: 10.14456/jams.2017.5

Keywords: Clarkson's integration method, IAEA TECDOC 1540, monitor unit, programing.

บทคัดย่อ

บทนำ: การคำนวณหน่วยนับวัตรังสีเป็นขั้นตอนที่ต้องการความถูกต้องและรวดเร็ว ความผิดพลาดทำให้ผู้ป่วยได้รับปริมาณรังสีที่ไม่ถูกต้อง ส่งผลให้การรักษาไม่ได้ผลตามเป้าหมาย การสร้างโปรแกรมคำนวณหน่วยนับวัตรังสีเป็นแนวทางลดความผิดพลาดในขั้นตอนการวางแผนการรักษา ช่วยให้บริการผู้ป่วยได้รวดเร็ว สอดคล้องกับจำนวนผู้ป่วยที่มีจำนวนมาก

วัตถุประสงค์: เพื่อพัฒนาโปรแกรมการคำนวณหน่วยนับวัตรังสีสำหรับการฉายรังสีเทคนิคสองมิติที่สามารถใช้งานร่วมกับระบบสารสนเทศรังสีรักษาและเพิ่มประสิทธิภาพงานคำนวณหน่วยนับวัตรังสี

วัสดุและวิธีการ: สร้างโปรแกรมคำนวณหน่วยนับวัตรังสีโฟตอนพลังงาน 6 MV สำหรับการฉายรังสีเทคนิคสองมิติ โดยใช้อัลกอริทึมแบบ Clarkson's integration โปรแกรมที่สร้างขึ้นแบ่งเป็นสองส่วนหลัก โปรแกรมแรกสำหรับหารัศมีของพื้นที่รังสีฉายจากภาพพื้นที่จำลองการฉายรังสี สร้างด้วยภาษาคอมพิวเตอร์ JAVA โปรแกรมที่สองสำหรับคำนวณค่าหน่วยนับวัตรังสี สร้างด้วยภาษาคอมพิวเตอร์ Visual FoxPro การทดสอบผลการคำนวณของโปรแกรมใช้แนวปฏิบัติ IAEA TECDOC 1540 โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นถูกติดตั้งร่วมกับระบบสารสนเทศรังสีรักษาอิเล็กทรอนิกส์

ผลการศึกษา: โปรแกรมแรกสำหรับหาความยาวรัศมีของพื้นที่รังสีฉายจากภาพพื้นที่จำลองการฉายรังสีมีขั้นตอนการทำงานคือ การเลือกมุมรัศมี การสอบเทียบสเกลความยาวภาพ การกำหนดตำแหน่งจุดศูนย์กลางร่วม การกำหนดขอบเขตพื้นที่รังสี และการคำนวณหาค่าด้านของพื้นที่รังสีจัตุรัส (equivalent square) โปรแกรมวิเคราะห์ความยาวรัศมีและนำเสนอในรูปแบบไฟล์ข้อความ (text file) โปรแกรมที่สองสำหรับคำนวณหน่วยนับวัตรังสีมีขั้นตอนการทำงานคือ การใส่ค่าปริมาณรังสีกำหนด (prescription dose) และความลึกของก้อน (tumor depth) ทวนสอบผลการคำนวณค่าหน่วยนับวัตรังสีโดยเปรียบเทียบกับค่าปริมาณรังสีที่วัดได้ในน้ำ พบว่า กลุ่มพื้นที่รังสีทดสอบ Test case 1a, 1b, 1c, 2a และ 2b มีค่าความแตกต่างอยู่ระหว่าง -1.98% ถึง 1.40% และพื้นที่ทดสอบ Test case 7 มีค่าความแตกต่างอยู่ระหว่าง -3.02% ถึง 0.08% ค่าความแตกต่างรากกำลังสองเฉลี่ยของกลุ่มพื้นที่รังสีทดสอบทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

สรุปผลการศึกษา: โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสามารถคำนวณค่าหน่วยนับวัตรังสีได้ถูกต้องและรวดเร็ว และบันทึกผลการคำนวณได้อย่างอัตโนมัติบนระบบสารสนเทศรังสีรักษาอิเล็กทรอนิกส์ โปรแกรมสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในงานคำนวณค่าหน่วยนับวัตรังสีสำหรับผู้ป่วยที่ได้รับการฉายรังสีเทคนิคสองมิติ

Journal of Associated Medical Sciences 2560; 50(1): 54-63. Doi: 10.14456/jams.2017.5

คำสำคัญ: Clarkson's integration method, IAEA TECDOC 1540, monitor unit, programming

บทนำ

ปัจจุบัน มีความพยายามพัฒนาระบบเวชระเบียนทางการแพทย์ให้บันทึกข้อมูลแบบอิเล็กทรอนิกส์¹ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดเก็บ ลดความผิดพลาด จัดเก็บข้อมูลที่มีจำนวนมาก ลดการใช้กระดาษบันทึกแบบดั้งเดิม และสามารถเข้าถึงข้อมูลทำได้ง่าย สะดวก รวดเร็ว หน่วยรังสีรักษาและมะเร็งวิทยา ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จึงได้ใช้ระบบสารสนเทศอิเล็กทรอนิกส์สำหรับผู้ป่วย เรียกว่า Radiation Therapy Information System (RTIS) (Figure 1) บรรจุฐานข้อมูลผู้ป่วยประกอบด้วย ประวัติ ข้อมูลเคมีบำบัด ข้อมูลการให้รังสีรักษา และข้อมูลการติดตาม

ผลการรักษา ข้อมูลการให้รังสีรักษา ประกอบด้วยแผนรังสีรักษา และบันทึกการฉายรังสี

หน่วยนับวัตรังสี (monitor unit: MU) เป็นสิ่งที่ต้องคำนวณให้ผู้ป่วยฉายรังสีทุกราย เป็นขั้นตอนหลักของแผนรังสีรักษา ในปัจจุบัน รังสีรักษาเทคนิคสองมิติ (2D) ยังเป็นเทคนิคการรักษาหลักที่ใช้กับผู้ป่วยมากกว่าร้อยละ 80 การคำนวณ MU สำหรับเทคนิคสองมิติสามารถทำได้ทั้งการใช้เครื่องวางแผนรังสีรักษา หรือคำนวณมือ (manual) ในกรณีคำนวณมือจะใช้ข้อมูลคำนวณจำนวนมาก หลังคำนวณได้ค่า MU แล้วต้องบันทึกค่าลงในระบบเวชระเบียนผู้ป่วย ขั้นตอนทั้งหมดนี้มีโอกาสเสี่ยงต่อความผิดพลาดสูงและใช้เวลานาน

Figure 1. Radiation Therapy Information System (RTIS), Division of Radiation Therapy, Faculty of Medicine, Chiang Mai University.

การคำนวณหน่วยนับวัดรังสี (MU) เป็นขั้นตอนที่ต้องการความถูกต้องและรวดเร็ว ความผิดพลาดจะทำให้ผู้ป่วยได้รับปริมาณรังสีที่ไม่ถูกต้อง ส่งผลให้การรักษาไม่ได้ผลตามเป้าหมาย การสร้างโปรแกรมคำนวณหน่วยนับวัดรังสีเป็นแนวทางลดความผิดพลาดในขั้นตอนการวางแผนการรักษา ช่วยให้บริการผู้ป่วยได้รวดเร็ว สอดคล้องกับจำนวนผู้ป่วยที่มีจำนวนมาก

พื้นที่รังสีที่ใช้รักษาผู้ป่วยส่วนใหญ่มีรูปร่างไม่แน่นอนไม่เป็นสี่เหลี่ยมมุมฉาก หรือวงกลม ส่วนมากมีการกำบังรังสีในพื้นที่บางส่วนที่รังสีแพทย์ไม่ต้องการให้ได้รับรังสี โดยทั่วไปการคำนวณหน่วยนับวัดรังสีสำหรับพื้นที่รังสีรูปร่างไม่แน่นอนใช้วิธีการประมาณค่าพื้นที่รังสีที่เหลือจากการกำบังแล้ว โดยประมาณให้เป็นพื้นที่สี่เหลี่ยมจัตุรัสแล้วหาค่าตัวแปรต่างๆ ที่ต้องใช้คำนวณหน่วยนับวัดรังสี ความถูกต้องวิธีนี้ขึ้นกับการประมาณค่าพื้นที่ที่เหลือจากการกำบัง การประมาณได้ค่าพื้นที่รังสีแตกต่างกันจะทำให้คำนวณได้ค่าหน่วยนับวัดรังสีที่ไม่เท่ากันไปด้วย

การคำนวณหน่วยนับวัดรังสีในพื้นที่รังสีรูปร่างไม่แน่นอนวิธีหนึ่งที่มีความถูกต้องและนิยมใช้ คือวิธี Clarkson's integration ซึ่งเป็นวิธีหาค่าปริมาณรังสีที่เป็นผลรวมระหว่างรังสีปฐมภูมิ (primary ray) รวมกับรังสีกระเจิง (scatter ray) ซึ่งขึ้นกับขนาดและรูปร่างของพื้นที่รังสี หลักการคือ แบ่งพื้นที่รังสีที่มีรูปร่างไม่แน่นอนออกเป็นพื้นที่ย่อยโดยลากเส้นจำนวนหลายเส้นจากจุดหนึ่งในพื้นที่ไปยังขอบเขตของพื้นที่รังสีแต่ละเส้นทำมุมเท่าๆ กัน ทำให้พื้นที่รังสีถูกแบ่งเป็นส่วนย่อยๆ (Figure 2) จากนั้นคำนวณหาปริมาณรังสีกระเจิงของแต่ละพื้นที่รังสีย่อยนี้ โดยใช้ค่า SMR

ในการศึกษานี้ได้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์คำนวณค่า MU โดยใช้หลักการวิธี Clarkson's integration ออกแบบโปรแกรมให้เชื่อมต่อกับระบบเวชระเบียนรังสีรักษา (RTIS) เพื่อให้การคำนวณค่า MU สำหรับรังสีรักษาเทคนิค สองมิติมีความถูกต้อง รวดเร็ว และบันทึกผลการคำนวณในฐานข้อมูลเวชระเบียนรังสีรักษา

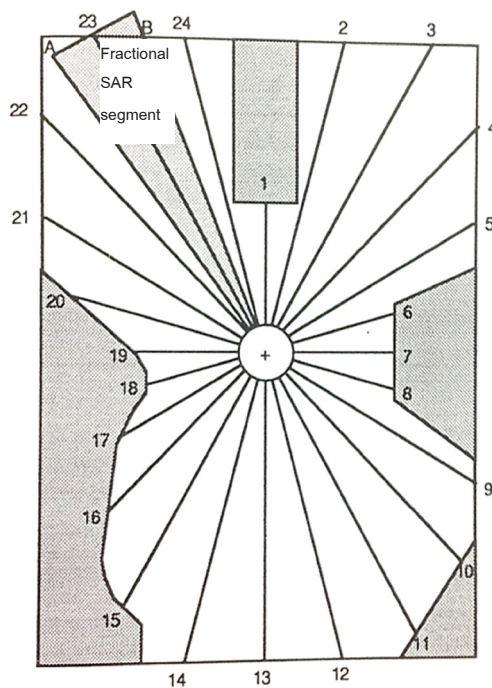


Figure 2. Sector segmentation in Clarkson's integration method.

วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาโปรแกรมคำนวณหน่วยนับวัดรังสีสำหรับการฉายรังสีเทคนิคสองมิติใช้งานร่วมกับระบบสารสนเทศรังสีรักษาอิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถคำนวณหน่วยนับวัดรังสีได้ถูกต้องและรวดเร็ว

วิธีการศึกษา

การพัฒนาโปรแกรมคำนวณหน่วยนับวัดรังสีตามวิธี Clarkson's integration

การพัฒนาโปรแกรมการคำนวณหน่วยนับวัดรังสีวิธี Clarkson's integration แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

1. การสร้างโปรแกรมหาความยาวรัศมีของพื้นที่รังสีย่อย

การคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสี ใช้วิธีหาปริมาณรังสีกระเจิงของพื้นที่รังสีย่อยตามวิธี Clarkson's integration

ซึ่งต้องแบ่งพื้นที่รังสีออกเป็นพื้นที่ย่อย แล้วหาความยาวรัศมีจากจุดคำนวณไปยังขอบพื้นที่รังสีย่อยเพื่อใช้คำนวณหาปริมาณรังสีกระเจิง การแบ่งพื้นที่ย่อยและหาความยาวรัศมีโดยสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยภาษา JAVA

2. การสร้างโปรแกรมคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสี

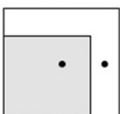
เนื่องจากระบบสารสนเทศรังสีรักษาอิเล็กทรอนิกส์เป็นฐานข้อมูลเวชระเบียนผู้ป่วยรังสีรักษาพัฒนาขึ้นด้วยภาษาคอมพิวเตอร์ Microsoft Visual Foxpro โปรแกรมคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสีจึงพัฒนาขึ้นด้วยภาษา Microsoft Visual Foxpro เช่นเดียวกัน โดยโปรแกรมจะใช้ข้อมูลลำรังสี (beam data) ชนิดโฟตอนพลังงาน 6MV ของเครื่องฉายรังสี Siemens รุ่น Primus คำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสีตามสมการ

$$MU = \frac{\text{Dose}}{(\text{SMR}(d, r_d) + \text{TMR}(d, 0)) \times \frac{Sp(0)}{Sp(r_d)} \times Sc, p \times \text{Output (cGy/MU)}}$$

การทดสอบโปรแกรมคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสี

การทดสอบโปรแกรมคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสีสร้างขึ้นใช้แนวปฏิบัติของทบวงการพลังงานปรมาณูเพื่อสันติระหว่างประเทศ (IAEA) ตามเอกสาร IAEA TECDOC 1540⁵ ซึ่งกำหนดกลุ่มทดสอบ (test case) เป็นพื้นที่รังสีรูปร่างต่างๆ สำหรับการคำนวณและการวัดปริมาณรังสีในหุ่นจำลองน้ำ การศึกษานี้ใช้กลุ่มพื้นที่รังสีทดสอบ Test case 1a, 1b, 1c, 2a, 2b และ 7 (Table 1) โดยใช้ค่าปริมาณรังสีกำหนดเท่ากับ 200 cGy และใช้มุมในการแบ่งพื้นที่รังสีย่อย 15° ซึ่งจะได้พื้นที่รังสีย่อยจำนวน 24 พื้นที่เปรียบเทียบปริมาณรังสีที่คำนวณได้กับปริมาณรังสีที่วัดได้ในน้ำ โดยใช้หัววัดรังสีชนิดประจุแตกตัว (ionization chamber) รุ่น Farmer chamber FC65-P, Scanditronix Wellhofer ขนาด 0.65 ลบ.ซม. ใช้ค่าเกณฑ์ยอมรับ ±2% และ ±3% สำหรับ Test case 1a, 1b, 1c, 2a, 2b และ Test case 7 ตามลำดับ หลังการทดสอบติดตั้งโปรแกรมคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสี โดยรวมรหัสคำสั่งของโปรแกรมเข้ากับรหัสคำสั่งของระบบสารสนเทศรังสีรักษาอิเล็กทรอนิกส์

Table 1 Detail of Test case in IAEA TECDOC 1540.

Test case	1a	1b	1c	2a	2b	7
Shape	Square			Rectangular		L-shaped field 
Field size (cm. ²)	5x5	10x10	25x25	5x25	25x5	Removing 11.5 cm. ² portion from one corner of 16x16cm. ² with block
SAD (cm.)	100					
Gantry (degree)	0					
Depth (cm.)	3, 5, 10, 15, 20					
Calculation point (cm.)	X=0			X=7		

ผลการศึกษา

โปรแกรมคำนวณหน่วยนับวัดรังสี

การหาค่าความยาวรังสีของพื้นที่ย่อย (Figure 3) ดำเนินการโดยนำเข้าภาพพื้นที่จำลองการฉายรังสี (port field) ใช้โปรแกรมวาดขอบเขตพื้นที่ที่รังสีตามที่รังสีแพทย์กำหนด การกำหนดจุดศูนย์กลางร่วม (isocenter) หรือ จุดที่ต้องการคำนวณ การวาดขอบเขตกำบังรังสี (block) ในบางกรณีต้องมีการกำบังพื้นที่รังสีบางส่วน เช่น การ midline block ในผู้ป่วยมะเร็ง

ปากมดลูกภายใต้พื้นที่กำบังรังสี โปรแกรมจะหาค่าความยาวเส้นรังสีที่ผ่านพื้นที่กำบังรังสีออก ตามวิธีคำนวณ Clarkson's integration โปรแกรมที่สร้างขึ้นคำนวณหาพื้นที่รังสีจัตุรัส (equivalent square) คำนวณความยาวรังสีจากจุดคำนวณถึงขอบพื้นที่รังสีย่อย จากนั้นบันทึกความยาวรังสีพื้นที่ย่อยทุกพื้นที่และความยาวด้านของพื้นที่จัตุรัสในรูปแบบไฟล์ข้อความ (text file)

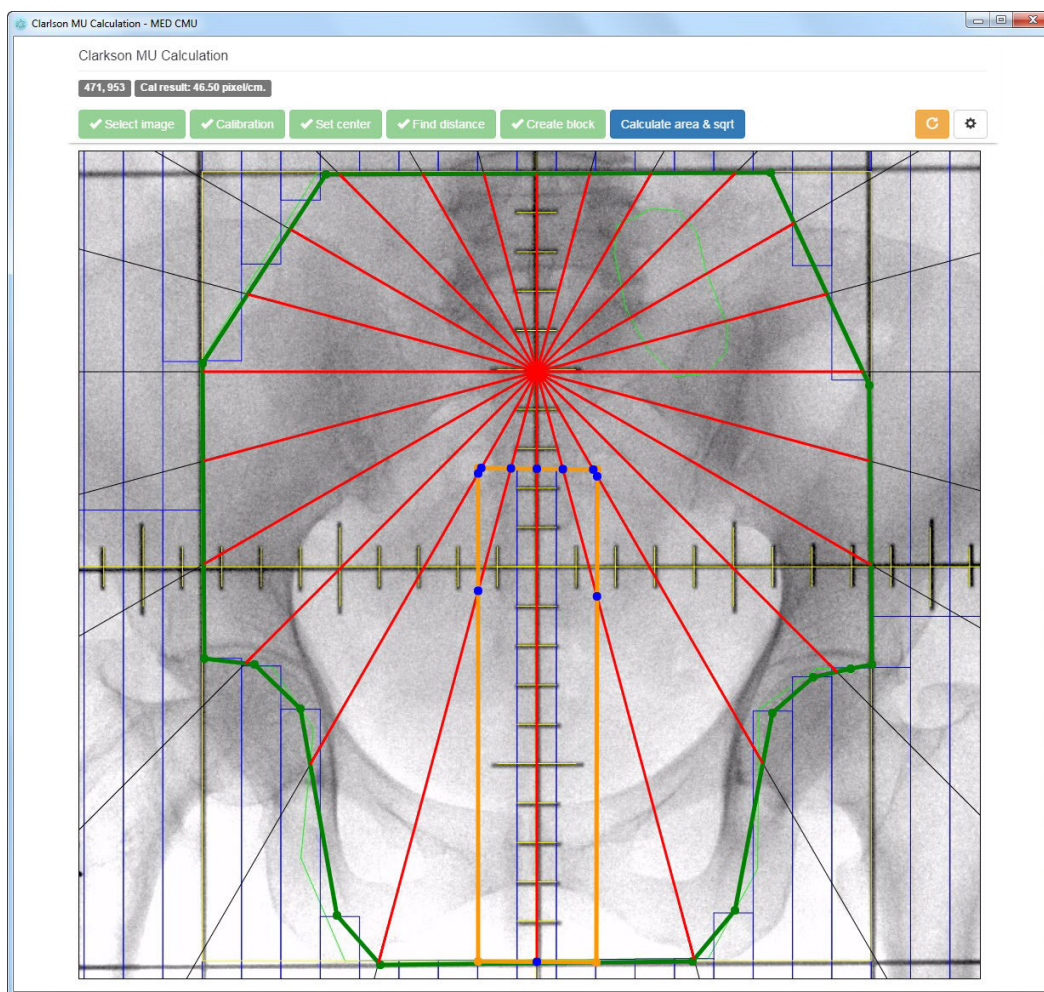


Figure 3. First part of developed program for radius and equivalent square area determination in Clarkson's integration method.

โปรแกรมส่วนที่สองใช้คำนวณหน่วยนับวัดรังสี (Figure 4) โดยอ่านข้อมูล text file จากโปรแกรมส่วนแรกและคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ ที่ต้องใช้หาค่าหน่วยนับวัดรังสี ได้แก่ ค่า $S_{c,p}$, S_p , TMR, SMR และค่าหน่วยนับวัดรังสีตามวิธี Clarkson's

integration โดยโปรแกรมกำหนดให้ใส่ค่าปริมาณรังสีที่ต้องการและความลึกของจุดคำนวณ โปรแกรมจะคำนวณและบันทึกค่าหน่วยนับวัดรังสีลงในระบบเวชระเบียนรังสีรักษา อิเล็กทรอนิกส์ผลการทวนสอบโปรแกรมคำนวณหน่วยนับวัดรังสี

CalMU

Get File

Technique	Dose/Field	Depth	Eqfs	MU
	200.00	10.00	9.2300	261

Sp: 0.991921 smr: 0.115213

Scp: 0.989207 tmr: 0.670655

Figure 4. Second part of developed program for MU calculation.

ผลการทวนสอบโปรแกรมคำนวณหน่วยหับวัดรังสี

ผลการเปรียบเทียบปริมาณรังสีที่กำหนดไว้ที่ 200 cGy กับปริมาณรังสีที่วัดได้ในน้ำตามหน่วยนับวัดรังสีที่คำนวณจากโปรแกรมของกลุ่มพื้นที่รังสีตามแนวปฏิบัติ IAEA TECDOC 1540 มีดังนี้

1. กลุ่มพื้นที่รังสีจตุรัส Test case: 1a, 1b และ 1c เป็นกลุ่มพื้นที่รังสีจตุรัสขนาด 5x5, 10x10 และ 25x25 ตร.ซม. ตามลำดับ มีค่าความแตกต่างของปริมาณรังสีระหว่าง -1.98% ถึง 1.40% ดังแสดงใน Table 2

Table 2 Results of accuracy verification of MU calculation program for Test case 1a, 1b and 1c.

Test case	Depth (cm.)	MU	Measured Dose (cGy)	Relative error (%)
1a	3	220	201.12	-0.56
	5	235	200.38	-0.19
	10	284	199.08	0.46
	15	349	197.24	1.40
	20	432	197.99	1.01
1b	3	204	200.59	-0.30
	5	215	201.20	-0.60
	10	252	200.20	-0.10
	15	305	198.82	0.60
	20	376	198.48	0.77
1c	3	194	203.98	-1.95
	5	202	204.04	-1.98
	10	227	203.65	-1.79
	15	260	203.31	-1.63
	20	298	203.48	-1.71
Root Mean Square				1.20
Standard deviation				1.15

2. กลุ่มพื้นที่รังสีที่เหลี่ยมผืนผ้า Test case: 2a และ 2b
เป็นกลุ่มพื้นที่รังสีที่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด 5x25 และ

25x5 ตร.ซม. ตามลำดับ มีค่าความแตกต่างของปริมาณรังสีระหว่าง -1.53% ถึง 1.02% (Table 3)

Table 3 Results of accuracy verification of MU calculation program for Test case 2a and 2b.

Test case	Depth (cm.)	MU	Measured Dose (cGy)	Relative error (%)
2a	3	209	203.10	-1.53
	5	223	202.39	-1.18
	10	268	201.42	-0.70
	15	327	200.39	-0.20
	20	399	200.84	-0.42
2b	3	210	198.95	0.53
	5	224	197.98	1.02
	10	269	201.15	-0.57
	15	328	200.31	-0.16
	20	400	201.13	-0.56
Root Mean Square				0.80
Standard deviation				0.75

3. กลุ่มพื้นที่รังสีที่มีส่วนถูกกำบัง Test case: 7 เป็นพื้นที่
รังสีที่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 16x16 และกำบังให้เหลือพื้นที่

12x12 ตร.ซม. มีค่าความแตกต่างของปริมาณรังสีระหว่าง -3.02% ถึง 0.08% (Table 4)

Table 4 Results of accuracy verification of MU calculation program for Test case 7.

Test case	Depth (cm.)	MU	Measured Dose (cGy)	Relative normalized error (%)
7	3	196	206.23	-3.02
	5	209	204.92	-2.40
	10	251	203.06	-1.51
	15	305	199.88	0.06
	20	370	199.85	0.08
Root Mean Square				1.85
Standard deviation				1.41

อิเล็กทรอนิกส์ของหน่วยรังสีรักษาและมะเร็งวิทยา
ภาควิชารังสีวิทยา



โปรแกรมคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสีพัฒนาขึ้นโดยแบ่งเป็นสองโปรแกรมหลัก โปรแกรมแรกเป็นการแบ่งและหาความยาวรัศมีของพื้นที่รังสีย่อย ที่ใช้คำนวณหาค่าปริมาณรังสีกระเจิงตามวิธี Clarkson's integration ซึ่งเป็นวิธีเดียวกับที่เคยมีรายงานมาก่อน^{6,9,11,12} โปรแกรมส่วนนี้สร้างขึ้นด้วยภาษาคอมพิวเตอร์ JAVA โปรแกรมส่วนที่สองเป็นการคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสี สร้างขึ้นด้วยภาษาคอมพิวเตอร์ Visual FoxPro เมื่ออ่านข้อมูลความยาวรัศมีและด้านของพื้นที่จัดรูปจากโปรแกรมส่วนแรก โปรแกรมส่วนที่สองจะคำนวณค่า TMR, S_p และ SMR โดยใช้ค่าความยาวรัศมีแต่ละพื้นที่ย่อยและคำนวณค่า $S_{c,p}$ โดยใช้ค่าความยาวด้านของพื้นที่แบบ equivalent square

เปรียบเทียบกับปริมาณรังสีที่วัดได้นั้น พบว่ากลุ่มพื้นที่ทดสอบ
สีเหลืองจตุรัส มีค่าความแตกต่างรากกำลังสองเฉลี่ยเท่ากับ
1.20% อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ $\pm 2.0\%$ กลุ่มพื้นที่ทดสอบ
สีเหลืองผืนผ้า มีค่าความแตกต่างรากกำลังสองเฉลี่ยเท่ากับ
0.80% อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ $\pm 2.0\%$ สำหรับพื้นที่รังสีทดสอบ
Test case 7 ซึ่งเป็นรูปตัวแอลและจุดคำนวณไม่อยู่ในแนวกึ่งกลาง
ลำรังสี (off-axis) พบว่ามีค่าความแตกต่างรากกำลังสอง
เฉลี่ยเท่ากับ 1.85% อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ $\pm 3.0\%$ ในพื้นที่
ทดสอบนี้ที่ระยะลึก 3.0 ซม. พบค่าความแตกต่างมากที่สุด -3.02%
เนื่องจากการคำนวณหน่วยนับวัดรังสีที่จุดคำนวณอยู่ห่างแนว
กึ่งกลางลำรังสีมาก ต้องใช้ค่า Off-axis ratio¹⁴ และด้วยลักษณะ
ของ beam profile ที่ระยะลึกน้อยของเครื่องฉายรังสีที่ใช้ flattening
filter จะมีลักษณะ horn effect ในโปรแกรมนี้ไม่ใช้ค่า off-axis ratio
จึงมีความคลาดเคลื่อนมาก ในทางปฏิบัติงานจริงมีโอกาสน้อย

มากที่พื้นที่รังสีมีความซับซ้อนเป็นรูปตัวแอล และจุดคำนวณโดยทั่วไปจะอยู่บนแนวกึ่งกลางลำรังสี

สรุปผลการศึกษา

การคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสีเป็นขั้นตอนที่ต้องทำสำหรับผู้ฉายรังสีทุกราย การฉายรังสีมีหลายเทคนิคในประเทศไทย ผู้ป่วยโดยส่วนใหญ่ยังได้รับการรักษาด้วยเทคนิครังสีสองมิติ ซึ่งการคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสียังมีหลายหน่วยงานใช้วิธีคำนวณมือ (manual calculation) การสร้าง

โปรแกรมคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสีจึงเป็นสิ่งที่สามารถเพิ่มความถูกต้อง บันทึกข้อมูลโดยอัตโนมัติ ลดโอกาสเกิดความผิดพลาด มีความรวดเร็วในงานบริการผู้ป่วย

โปรแกรมคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสีที่พัฒนาขึ้นใช้อัลกอริทึมวิธี Clarkson's integration ซึ่งมีความถูกต้องสูง ผ่านการทดสอบตามแนวปฏิบัติ IAEA TECDOC 1540 กับการวัดปริมาณรังสีในน้ำและติดตั้งทำงานร่วมกับระบบสารสนเทศรังสีรักษาอิเล็กทรอนิกส์ ทำให้สามารถเก็บข้อมูลการคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสีของผู้ป่วยไว้ศึกษาวิเคราะห์ต่อไป (Figure 6)

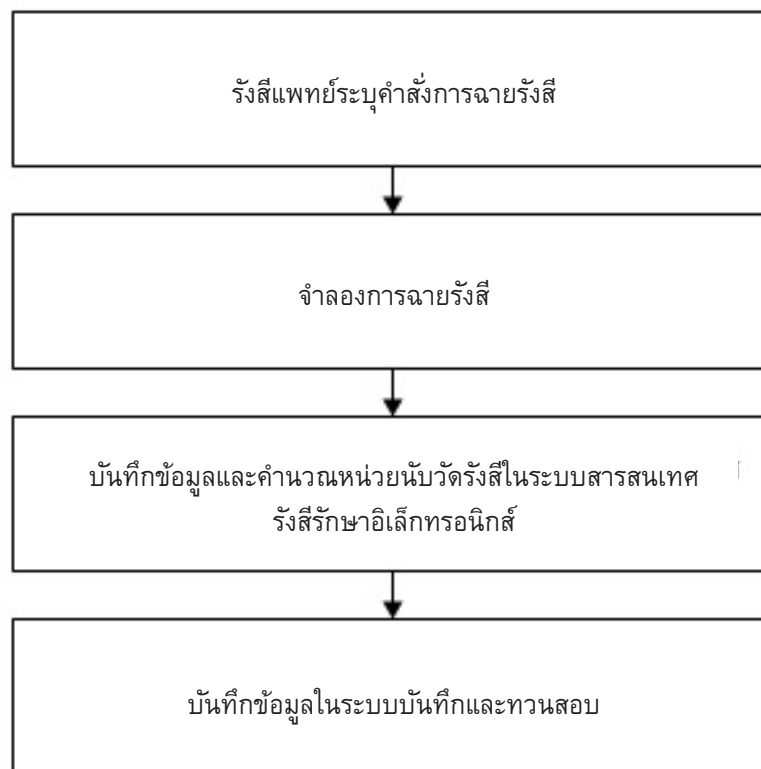


Figure 6. 2D Radiation therapy planning process in use developed MU calculation program on RTIS.

1. Mandal A, Asthana AK, Aggarwal LM. Development of an electronic radiation oncology patient information management system. J Cancer Res Ther 2008; 4:178-85.
2. Gibbons JP. Monitor unit calculations for external photon and electron Beams, 2001.
3. Khan FM. The physics of radiation therapy. 2nd edition. William & Wilkins. Maryland. USA, 1994.
4. Bentel GC. Radiation therapy planning. 2nd edition. McGraw-Hill. USA, 1996.
5. International Atomic Energy Agency. Specification and acceptance testing of radiotherapy treatment planning systems. IAEA-TECDOC-1540. IAEA, Vienna, 2007.
6. Bukovitz AG. Computer program for central axis dose calculations for high energy photons. ActaRadiol 1977; 16: 427-32.
7. Cohen M., Jones DEA, Greene D. Central axis depth dose data for use in radiotherapy. Brit J Radiol, Suppl 1972; 11: 61-72.
8. Konrad WL, Peter BD. Independent corroboration of monitor unit calculations performed by a 3D computerized planning system. Am Coll Med Phys 2000; 1:120-5.
9. Zhu J, Yin FF, Kim JH. Point dose verification for intensity modulated radiosurgery using Clarkson's method. Med Phys 2003; 30: 2218-21.
10. Kenny MB. A PC-based program for routine calculation of monitor units in radiotherapy. Australas Phys Eng Sci Med 1992; 15:153-4.
11. Cunningham JR, Shrivastava PN, Wilkinson JM. Program IRREG-Calculation of dose from irregularly shaped radiation beams. Comput Programs Biomed 1972; 2:192-9.
12. Steidley KD, Gamper C, Greener A, Caggiano A. A Clarkson's sector integration routine for personal computers. Med Phys 1994; 21: 61-4.
13. Aird EGA, Burns JE, Day MJ, Duane S., Jordan TJ, Kacperek A. et al. Central axis depth dose data for use in radiotherapy. Brit J Radiol, Suppl 1996; 25: 62-109.
14. Gibbons JP, Khan FM. Calculation of dose in asymmetric photon fields. Med Phys 1995; 22(9): 1451-7.
15. Visual FoxPro. [cited2016Jul 1].Available from: https://en.wikipedia.org/wiki/Visual_FoxPro.
16. Sinrungriangkul K. Microsoft Visual Foxpro 6: building applications. Starcom. Thailand; 1999 (in Thai).
17. Microsoft Visual FoxPro Developer Center: System Requirements. [cited2016Jul 1].Available from: <https://msdn.microsoft.com/en-us/vfoxpro/bb190292.aspx>.
18. Doung Bawakotketsakul, Database development by FoxPro. SE-EDUCATION. Thailand; 1997 (in Thai).