

محاسبه درصد دوز عمقی در نقاط مختلف زیر یک فیلتر پله‌ای با استفاده از روش کلارکسون (Clarkson) در پرتودرمانی خارجی با کبالت -۶۰

دکتر محمد جواد طهماسبی بیرگانی^{۱*}، دکتر منصور انصاری^{۲*}، مهدی قربانی^{۳**}

چکیده

هدف: دوزیمتری پرتوها در رادیوتراپی دارای اهمیت بالایی است. زیرا رادیوتراپی موفقیت‌آمیز مستلزم تابش دقیق دوز به حجم سرطانی در بافت است. در این تحقیق سعی شده است تا با تعمیم روش کلارکسون، روشی برای محاسبه درصد دوز عمقی در زیر یک فیلتر پله‌ای ارائه شود. برای اینکه بتوان با تقریب قابل قبولی توزیع درصد دوز عمقی در زیر فیلتر پله‌ای را به عنوان توزیع درصد دوز عمقی گوه‌ای با همان ابعاد در نظر گرفت و در درمان مورد استفاده قرار داد، باید تعداد پله‌ها به اندازه کافی باشد.

روش بررسی: با استفاده از روش کلارکسون، مقادیر درصد دوز عمقی در نقاط زیر هر پله میدانهای 8×16 و 12×14 cm^۲ مربوط به چشمه کبالت ۶۰ و در عمقهای ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ سانتی متر محاسبه شده و با مقادیر اندازه‌گیری مربوط به نقاط متناظر مقایسه شده‌اند. بدین منظور، مقادیر $\frac{(PDD)_{d=5}}{(PDD)_{d=15}}$ و $\frac{(PDD)_{d=10}}{(PDD)_{d=20}}$ مربوط به محاسبه و اندازه‌گیری با یکدیگر مقایسه شده‌اند روش آماری اندازه‌گیریهای دوز، در فانتوم پر از آب و با استفاده از اتاقک یونیزاسیون فارمر و الکترومتر همراهش صورت گرفته است.

یافته‌ها: میانگین قدرمطلق اختلاف مقادیر $\frac{(PDD)_{d=5}}{(PDD)_{d=15}}$ و $\frac{(PDD)_{d=10}}{(PDD)_{d=20}}$ مربوط به محاسبه و اندازه‌گیری برای میدانهای 8×8 تا 8×16 به ترتیب عبارتند از: برای میدان 8×8 ، $0/3347$ ، برای میدان 8×10 ، $0/2381$ ، برای میدان 8×12 ، $0/2416$ ، برای میدان 8×14 و $0/3293$ ، برای میدان 8×16 . این میانگین برای همه میدانها برابر با $0/3059$ است. نتیجه گیری: با توجه به اینکه فرمول صریحی برای محاسبه درصد دوز عمقی در زیر فیلتر گوه وجود ندارد، لذا فرمول ارائه شده در این تحقیق می‌تواند در تسریع طراحی درمان بیماران مفید باشد.

کلید واژگان: درصد دوز عمقی، روش کلارکسون، فیلتر پله‌ای، کبالت ۶۰. فیلتر وج

مقدمه

که کاهش ۱۵-۱۰ درصد در دادن دوز، باعث کاهش شانس درمان با فاکتور ۲ یا ۳ می‌شود؛ درحالی‌که افزایش مشابهی در دوز می‌تواند احتمال آسیب غیر قابل برگشت را به همین نسبت افزایش دهد(۱). با توجه به اهمیت

دوزیمتری پرتوها در رادیوتراپی دارای اهمیت بالایی است. زیرا رادیوتراپی موفقیت‌آمیز مستلزم تابش دقیق دوز به حجم سرطانی در بافت بوده، اعتقاد بر این است

* استادیار گروه فیزیک پزشکی و بخش رادیوتراپی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپوراهواز
 ** استادیار و عضو هیأت علمی دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز
 *** کارشناس ارشد فیزیک پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز

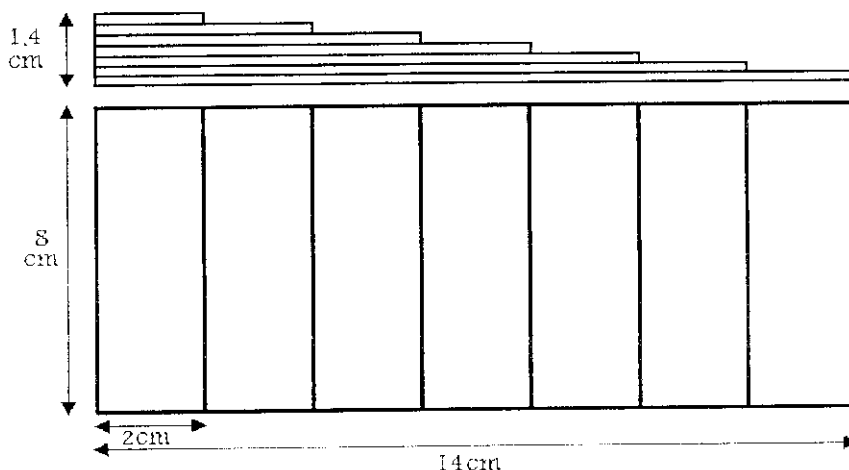
۱- نویسنده مسؤل

بلوک و تعدیل‌کننده‌های پرتوی صورت گرفته است (۲۲-).
 (۱۱)، در این تحقیق سعی شده است تا با تعمیم روش کلارکسون، روشی برای محاسبه درصد دوز عمقی در زیر یک فیلتر پله‌ای ارائه شود.

روش بررسی

فیلترهای پله‌ای با ابعاد $8 \times 16 \text{ cm}^2$ و 8×14 ، 8×12 ، 8×10 در نظر گرفته شد، به‌طوری‌که به ازای هر ۲ سانتیمتر از طول میدان، یک پله منظور شد. ضخامت هر پله ۲ میلی‌متر سرب در نظر گرفته گردید. به عنوان نمونه، نمایش شماتیک میدان 8×14 و پله‌های مربوطه، در شکل ۱ مشاهده می‌شود:

همین نسبت افزایش دهد (۱). با توجه به اهمیت محاسبه و اندازه‌گیری دوز در رادیوتراپی، بسیاری از تحقیقاتی که در رادیوتراپی صورت می‌گیرند، در این زمینه می‌باشند (۷-۲). روش کلارکسون یکی از روشهای مهم و کارآمد در رادیوتراپی است که از آن در محاسبه درصد دوز عمقی در قسمتهای باز میدانهای نامنظمی که قسمتی از آن بلوک شده است، استفاده می‌شود (۸). یکی از عیوب روش کلارکسون، آن است که روش یاد شده بر این فرض استوار است که پرتوی پراکنده، به استثنای نواحی که توسط بلوک یا کولیماتور شیلد شده است، در تمام میدان به‌طور یکنواخت تولید می‌شود. در این روش از عواملی مانند حضور فیلترهایی که پرتو را به‌صورت جزئی عبور می‌دهند (وج) و یا عدم یکنواختی سطح، که شار اولیه فوتونها را تغییر می‌دهد، صرف‌نظر می‌شود (۹) و (۱۰). اگرچه تحقیقاتی در زمینه محاسبه دوز در زیر وج،



شکل ۱: نمایش شماتیک میدان 8×14 و پله‌های مربوطه.

با استفاده از دوزیمتر فارمر و الکترومتر همراهش که توسط مرکز SSDL سازمان انرژی اتمی ایران کالیبره شده صورت گرفته است. مقادیر الکترومتر در زیر هر پله از میدانهای ذکر شده و برای عمقهای ۲۰، ۱۵، ۱۰، ۵ سانتیمتر قرائت گردید. برای مقایسه محاسبه و اندازه‌گیری، مقادیر $\frac{(PDD)_{d=5}}{(PDD)_{d=15}}$ و $\frac{(PDD)_{d=10}}{(PDD)_{d=20}}$ مربوط به محاسبه و اندازه‌گیری برای زیر هر پله از این میدانها با یکدیگر مقایسه شدند. برای مقادیر اندازه‌گیری در زیر هر پله داریم:

$$(PDD)_{15}^{(5)} = \frac{(PDD)_{5}^{(15)}}{(PDD)_{5}^{(15), measurement}} = \frac{\left(\frac{D_{d=5cm}}{D_{max}}\right) \times 100 \cdot D_5}{\left(\frac{D_{d=15cm}}{D_{max}}\right) \times 100 \cdot D_{15}} = \frac{(Matd=5cm)}{(Matd=15cm)}$$

که در این رابطه، M عدد قرائت شده از الکترومتر می‌باشد. برای $(PDD)_{20}^{(10), measurement}$ نیز این روابط برقرار است. برای مقایسه محاسبه و اندازه‌گیری، میانگین قدرمطلق اختلاف مقادیر $(PDD)_{20}^{(10)}$ و $(PDD)_{15}^{(5)}$ مربوط به محاسبه و اندازه‌گیری به دست آمد.

یافته ها

نتایج محاسبه درصد دوز عمقی در زیر هر پله در عمقهای ۲۰، ۱۵، ۱۰، ۵ سانتیمتر برای میدانهای ۸×۸ تا ۸×۱۶ در جدول ۱ خلاصه شده است. برای هر عمق و هر پله، سه بار تکرار و میانگین در جدول (۱) ثبت شده است.

مقادیر درصد دوز عمقی برای نقاط زیر هر پله در عمقهای ۲۰، ۱۵، ۱۰، ۵ سانتیمتر محاسبه گردید. برای این منظور، ابعاد میدان برای هر عمق ترسیم گشته، و در هر نقطه ۳۶ سکتور با زاویه ۱۰ درجه نسبت به هم ترسیم شد. طولهایی از هر سکتور که در زیر هر پله قرار گرفت با استفاده از خط‌کش اندازه‌گیری شد. با استفاده از جداول مقادیر SAR (نسبت اشعه پراکنده به هوا)، مقادیر SAR مربوط به این طولها درونبایی گردید. SAR مربوط به هر پله در ضریب (2T-1) (ضریب ۱- برای عبور صفر و ضریب ۱ برای عبور کامل) ضرب شد که T ضریب عبور پله مربوطه می‌باشد و $\mu = \frac{1}{T_0} e^{-\mu x}$ که در آن X ضخامت این پله است. مقادیر به دست آمده برای هر پله در هر سکتور با هم جمع و میانگین مقادیر مربوط به هر سکتور محاسبه شد. با استفاده از فرمول $TAR = T \times TAR(0 \times 0) + \overline{SAR}$ مقدار \overline{TAR} به دست آمده و با استفاده از فرمول $PDD = 100 \times \frac{\overline{TAR}}{BSF} \times \left(\frac{SSD + d_m}{SAD}\right)^2$ دوز عمقی محاسبه گردید که در این رابطه، BSF فاکتور پرتوهای برگشتی، همان TAR میانگین برای عمق ۰/۵ سانتیمتر است که با استفاده از روش بالا ولی برای عمق ۰/۵ سانتیمتر محاسبه شد. SSD فاصله چشمه تا سطح، d_m عمق ماکزیمم دوز و d عمق مورد نظر می‌باشد. محاسبات برای پرتوهای گامای کبالت ۶۰ و با استفاده از نرم‌افزار Microsoft Excel 2000 صورت گرفته‌اند. مقادیر درصد دوز عمقی محاسبه شده، در نرم‌افزار Datafit 8.0 وارد گردید و از بین بیش از ۲۰۰ فرمول، فرمولی که دارای کمترین خطای استاندارد بود تعیین شد. این فرمول، مقدار درصد دور عمقی را برحسب عمق و فاصله از لبه میدان به دست می‌دهد. فیلترهای پله‌ای با ابعاد ذکر شده از جنس سرب ساخته و در میدانهای کبالت ۶۰ قرار داده شد. اندازه‌گیریها در فانتوم آب از جنس پرسپکس با ابعاد ۳۰ cm × ۳۰ cm × ۳۰ cm،

جدول ۱: مقادیر درصد دوز عمقی محاسبه شده، برای عمقهای ۲۰، ۱۵، ۱۰، ۵ سانتیمتر و میدانهای ۸×۸ تا ۸×۱۶.

پله اول	پله دوم	پله سوم	پله چهارم	پله پنجم	پله ششم	پله هفتم	پله هشتم	عمق (cm)
۷۳/۳۰۰۰	۷۴/۱۲۴۲	۷۳/۷۱۰۹	۷۲/۱۰۱۸	-	-	-	-	۵
۴۹/۳۵۰۰	۵۰/۲۶۸۳	۴۹/۸۷۲۶	۴۸/۴۹۶۰	-	-	-	-	۱۰
۳۳/۲۴۲۰	۳۳/۸۵۷۸	۳۳/۵۲۱۶	۳۲/۳۸۱۹	-	-	-	-	۱۵
۲۲/۴۵۱۲	۲۲/۹۴۴۲	۲۲/۶۷۴۸	۲۱/۷۷۳۱	-	-	-	-	۲۰
۷۳/۳۳۳۰	۷۴/۱۷۶۱	۷۳/۷۹۴۷	۷۲/۳۵۹۵	۷۰/۸۵۷۴	-	-	-	۵
۴۹/۳۸۷۳	۵۰/۳۱۹۱	۴۹/۹۵۴۵	۴۸/۶۵۱۵	۴۷/۲۳۳۹	-	-	-	۱۰
۳۳/۲۶۷۱	۳۳/۸۹۷۱	۳۳/۵۸۵۳	۳۲/۵۰۳۶	۳۱/۳۰۴۳	-	-	-	۱۵
۲۲/۴۷۱۱	۲۲/۹۷۵۵	۲۲/۷۲۵۴	۲۱/۸۷۰۱	۲۱/۲۶۸۰	-	-	-	۲۰
۷۳/۲۴۲۷	۷۴/۰۱۷۷	۷۳/۶۲۹۹	۷۱/۹۸۴۶	۷۰/۳۵۱۹	۶۸/۹۶۲۵	-	-	۵
۴۹/۲۹۸۷	۵۰/۲۱۳۲	۴۹/۹۷۲۹	۴۸/۳۸۲۳	۴۶/۷۵۰۳	۴۵/۴۳۳۶	-	-	۱۰
۳۳/۱۹۸۵	۳۳/۱۱۵۱	۳۳/۴۶۰۲	۳۲/۲۹۴۴	۳۰/۹۱۳۰	۲۹/۸۳۲۴	-	-	۱۵
۲۲/۴۱۶۶	۲۲/۹۱۰۵	۲۲/۶۲۶۰	۲۱/۷۰۶۹	۲۰/۹۵۷۶	۱۹/۸۸۳۶	-	-	۲۰
۷۳/۱۱۹۷	۷۳/۸۶۶۹	۷۳/۳۷۲۷	۷۱/۵۶۷۹	۶۸/۹۷۹۶	۶۷/۶۹۹۲	۶۵/۷۹۹۶	-	۵
۴۹/۱۷۸۶	۵۰/۰۱۷۰	۴۹/۵۴۰۵	۴۷/۹۷۳۳	۴۶/۰۸۷۴	۴۵/۱۸۹۶	۴۲/۲۶۶۵	-	۱۰
۳۳/۱۰۵۷	۳۳/۶۶۶۰	۳۳/۲۶۶۹	۳۱/۹۷۷۱	۳۰/۳۹۸۱	۲۸/۸۵۷۵	۲۷/۳۷۱۷	-	۱۵
۲۲/۳۴۳۱	۲۲/۷۹۱۱	۲۲/۴۷۰۶	۲۱/۴۵۵۰	۲۰/۵۴۹۷	۱۹/۱۰۷۵	۱۷/۷۹۵۹	-	۲۰
۷۲/۹۴۵۵	۷۳/۶۲۹۲	۷۳/۰۰۹۰	۷۱/۱۱۶۷	۶۸/۲۷۷۱	۶۶/۵۲۶۶	۶۳/۵۹۲۶	۶۱/۸۵۱۶	۵
۴۹/۰۱۰۰	۴۹/۷۸۶۱	۴۹/۱۸۴۸	۴۷/۵۳۲۱	۴۵/۳۹۹۹	۴۳/۸۵۸	۴۰/۱۵۴۵	۳۸/۷۵۴۲	۱۰
۳۳/۹۷۵۴	۳۳/۴۸۵۴	۳۳/۹۹۰۲	۳۱/۶۳۶۰	۲۹/۸۶۶۴	۲۸/۰۰۰۸	۲۵/۶۷۳۳	۲۴/۳۴۱۰	۱۵
۲۲/۲۲۹۵	۲۲/۶۵۰۰	۲۲/۲۵۲۷	۲۱/۱۸۳۸	۲۰/۱۲۷۰	۱۸/۴۲۷۹	۱۶/۴۳۸۵	۱۵/۳۳۸۹	۲۰

که در این رابطه، X_1 بیانگر فاصله از لبه میدان (از سمت چپ میدان) و X_2 عمق بوده و مقادیر ضرائب ثابت برابر است با:

فرمول به دست آمده یا استفاده از نرم افزار Datafit 8.0 عبارتست از:

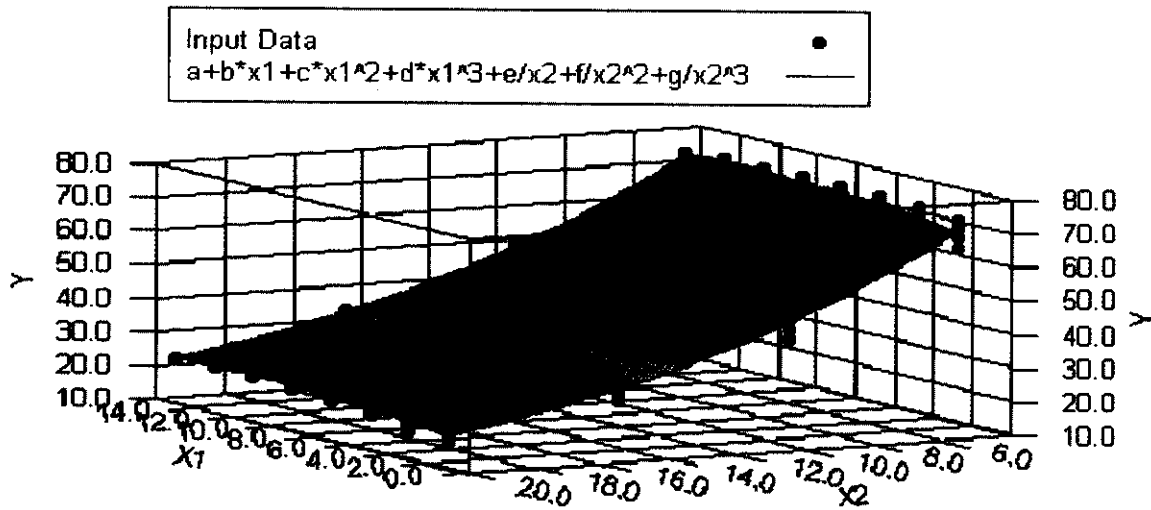
$$PDD = A + BX_1 + CX_2 + DX_1^2 + EX_2^2 + FX_1X_2$$

A=98.10460362 E=0.1315772367
 B=0.9454433477 F=-0.01030879429
 C=-6.5691616576
 D=-0.03618648636

Standard Error of the Estimate = 1.7738

نمودار درصد دوز عمقی برحسب فاصله از لبه میدان و عمق، با استفاده از این نرم افزار ترسیم و بصورت سه بعدی در نمودار ۱ مشاهده می شود.

خطای استاندارد در این فرمول برابر است با: ۱/۷۷۳۸ که توسط نرم افزار فوق برآورد شده است.



شکل ۱: مقادیر درصد دوز عمقی محاسبه شده با استفاده از فرمول، برحسب عمق (X_2) و فاصله از لبه میدان (X_1).

مقادیر $(PDD)_{\frac{5}{15}}$ و $(PDD)_{\frac{10}{20}}$ مربوط به محاسبه و

اندازه‌گیری برای میدانهای 8×8 تا 8×16 در جدولهای ۲ تا ۶ ذکر شده است:

در این نمودار، سطح، بیانگر مقادیر فرمول و نقاط، نشان دهنده مقادیر ورودی می‌باشند.

جدول ۲: نسبتهای $PDD_{10/20}$ و $PDD_{5/15}$ محاسبه شده و اندازه‌گیری شده برای میدان $8 \times 8 \text{ cm}^2$.

نسبت درصدهای دوز عمقی	$x=1$ (cm)		$x=3$ (cm)		$x=5$ (cm)		$x=7$ (cm)	
	(پله چهارم)		(پله سوم)		(پله دوم)		(پله اول)	
	محاسبه	اندازه‌گیری	محاسبه	اندازه‌گیری	محاسبه	اندازه‌گیری	محاسبه	اندازه‌گیری
PDD 5/15	۱/۹۴۹۲	۲/۲۲۶۶	۱/۹۸۶۳	۲/۱۹۸۹	۱/۹۲۳۹	۲/۲۰۶۹	۱/۹۹۰۸	۲/۲۰۵۰
PDD10/20	۲/۶۸۴۱	۲/۲۲۷۳	۲/۷۶۲۷	۲/۱۹۹۵	۲/۸۳۲۰	۲/۱۹۰۹	۲/۷۳۸۵	۲/۱۹۸۳

جدول ۳: نسبتهای $PDD_{10/20}$ و $PDD_{5/15}$ محاسبه شده و اندازه‌گیری شده برای میدان $8 \times 10 \text{ cm}^2$.

نسبت درصدهای دوز عمقی	$x=1$ (cm)		$x=3$ (cm)		$x=5$ (cm)		$x=7$ (cm)		$x=9$ (cm)	
	(پله پنجم)		(پله چهارم)		(پله سوم)		(پله دوم)		(پله اول)	
	محاسبه	اندازه‌گیری	محاسبه	اندازه‌گیری	محاسبه	اندازه‌گیری	محاسبه	اندازه‌گیری	محاسبه	اندازه‌گیری
PDD 5/15	۱/۹۶۸۳	۲/۲۶۳۶	۱/۸۹۳۸	۲/۲۲۳۱	۱/۸۱۵۱	۲/۱۹۷۲	۱/۷۳۷۹	۲/۱۸۸۳	۱/۸۰۴	۲/۲۰۴۴
PDD10/20	۱/۹۳۴۶	۲/۲۲۰۹	۲/۲۱۶۵	۲/۲۲۴۶	۲/۴۲۲۲	۲/۱۹۸۲	۲/۶۲۷۶	۲/۱۹۰۱	۲/۷۳۱۲	۲/۱۹۷۸

جدول ۴: نسبتهای PDD10/20 و PDD5/15 محاسبه شده و اندازه گیری شده برای میدان $8 \times 12 \text{ cm}^2$.

نسبت درصدهای دوز عمقی	x = 1 (cm)		x = 3 (cm)		x = 5 (cm)		x = 7 (cm)		x = 9 (cm)		x = 11 (cm)	
	(پله ششم)		(پله پنجم)		(پله چهارم)		(پله سوم)		(پله دوم)		(پله اول)	
	اندازه گیری	محاسبه	اندازه گیری	محاسبه	اندازه گیری	محاسبه	اندازه گیری	محاسبه	اندازه گیری	محاسبه	اندازه گیری	محاسبه
PDD 5/15	۱/۹۲۵۵	۲/۳۱۱۷	۱/۸۹۸۸	۲/۲۷۵۸	۱/۸۷۰۰	۲/۲۲۹۰	۱/۹۵۴۷	۲/۲۰۰۵	۲/۰۲۹۲	۲/۱۹۰۴	۱/۹۷۴۸	۲/۲۰۶۲
PDD10/20	۲/۰۰۸۵	۲/۲۸۵۰	۱/۹۹۰۹	۲/۲۳۰۷	۲/۱۲۲۴	۲/۲۲۸۹	۲/۲۹۹۰	۲/۲۰۰۷	۲/۴۰۷۵	۲/۱۹۱۷	۲/۳۵۸۹	۲/۱۹۹۲

جدول ۵: نسبتهای PDD10/20 و PDD5/15 محاسبه شده و اندازه گیری شده برای میدان $8 \times 14 \text{ cm}^2$.

نسبت درصدهای دوز عمقی	x = 7 (cm)		x = 9 (cm)		x = 11 (cm)		x = 13 (cm)	
	(پله چهارم)		(پله سوم)		(پله دوم)		(پله اول)	
	اندازه گیری	محاسبه	اندازه گیری	محاسبه	اندازه گیری	محاسبه	اندازه گیری	محاسبه
PDD 5/15	۲/۰۸۶۵	۲/۲۳۸۱	۲/۰۹۶۱	۲/۲۰۵۷	۲/۱۵۴۴	۲/۱۹۴۲	۲/۲۷۷۷	۲/۲۰۸۷
PDD10/20	۱/۹۲۳۲	۲/۲۳۶۰	۱/۹۶۰۸	۲/۲۰۴۷	۲/۰۱۱۷	۲/۱۹۴۶	۲/۱۹۳۳	۲/۲۰۱۱

نسبت درصدهای دوز عمقی	x = 1 (cm)		x = 3 (cm)		x = 5 (cm)	
	(پله هفتم)		(پله ششم)		(پله پنجم)	
	اندازه گیری	محاسبه	اندازه گیری	محاسبه	اندازه گیری	محاسبه
PDD 5/15	۱/۹۸۰۷	۲/۴۰۳۵	۱/۹۱۹۸	۲/۳۴۶۰	۲/۰۳۵۰	۲/۲۶۹۲
PDD10/20	۱/۹۱۶۵	۲/۳۷۵۱	۱/۹۲۱۷	۲/۳۱۲۷	۱/۹۱۰۸	۲/۲۴۲۷

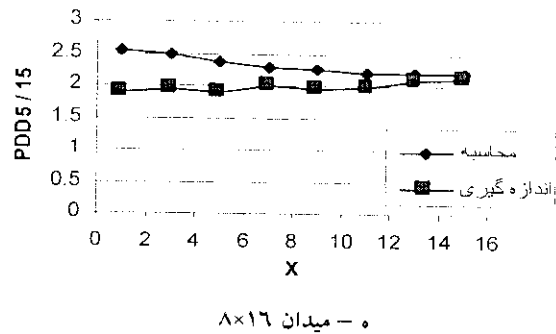
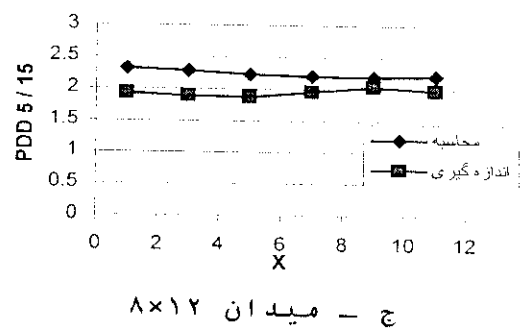
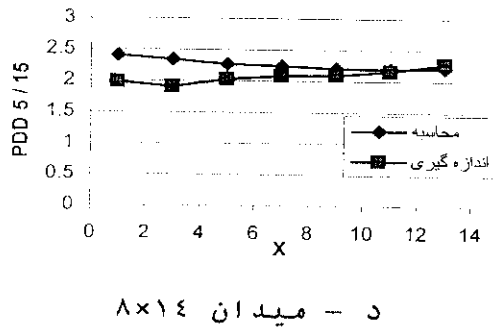
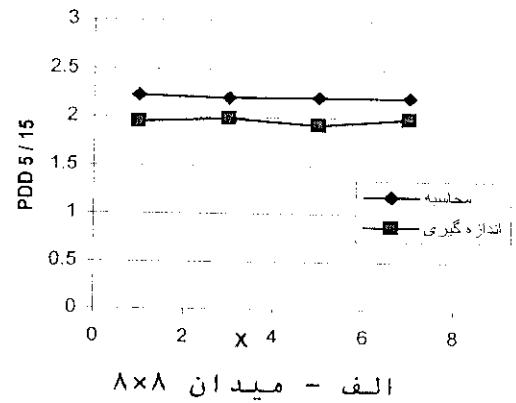
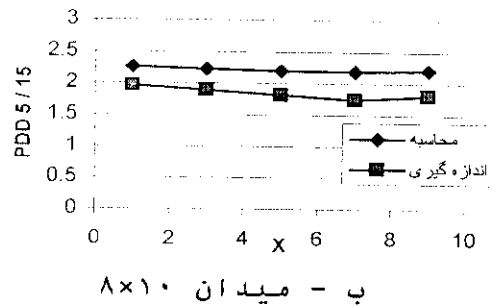
جدول ۶: نسبتهای PDD10/20 و PDD5/15 محاسبه شده و اندازه گیری شده برای میدان $8 \times 16 \text{ cm}^2$.

نسبت درصدهای دوز عمقی	x = 9 (cm)		x = 11 (cm)		x = 13 (cm)		x = 15 (cm)	
	(پله چهارم)		(پله سوم)		(پله دوم)		(پله اول)	
	اندازه گیری	محاسبه	اندازه گیری	محاسبه	اندازه گیری	محاسبه	اندازه گیری	محاسبه
PDD 5/15	۱/۹۳۱۵	۲/۲۴۸۰	۱/۹۵۹۶	۲/۲۱۳۰	۲/۰۸۰۵	۱۹۸ ۲/۸	۲/۱۰۸۸	۲/۲۱۲۲
PDD10/20	۲/۰۲۸۶	۲/۲۴۳۸	۱/۹۹۴۴	۲/۲۱۰۳	۱/۹۱۶۵	۱۹۸ ۲/۱	۱/۸۸۸۳	۲/۲۰۳۷

نسبت درصدهای دوز عمقی	x = 1 (cm)		x = 3 (cm)		x = 5 (cm)		x = 7 (cm)	
	(پله هشتم)		(پله هفتم)		(پله ششم)		(پله پنجم)	
	اندازه گیری	محاسبه	اندازه گیری	محاسبه	اندازه گیری	محاسبه	اندازه گیری	محاسبه
PDD 5/15	۱/۹۱۰۱	۲/۵۴۱۰	۱/۹۵۶۱	۲/۴۷۷۰	۱/۸۸۸۲	۲/۳۷۷۵	۲/۰۱۲۰	۲/۲۸۶۱
PDD10/20	۲/۰۲۲۵	۲/۵۳۶۵	۲/۰۱	۲/۴۴۲۶	۱/۹۵۴۴	۲/۳۳۸۱	۲/۰۴۲۷	۲/۲۵۵۷

میدان) برای میدانهای ۸×۸ تا ۸×۱۶ در شکل ۲ مشاهده می شود:

شکل‌های مقادیر $(PDD)_{\left(\frac{5}{15}\right)}$ و $(PDD)_{\left(\frac{10}{20}\right)}$ مربوط به محاسبه و اندازه‌گیری، برحسب X (فاصله از سمت چپ



شکل ۲: نسبت $PDD_{5/15}$ محاسبه شده و اندازه‌گیری شده برای میدانهای $8 \times 8 \text{cm}^2$ تا $8 \times 16 \text{cm}^2$

برای میدان ۸×۱۲، ۰/۲۴۱۶، برای میدان ۸×۱۴ و ۰/۳۲۹۳ برای میدان ۸×۱۶. این میانگین برای همه میدانها برابر است با ۰/۳۰۵۹.

میانگین قدرمطلق اختلاف مقادیر $(PDD)_{\left(\frac{5}{15}\right)}$ و $(PDD)_{\left(\frac{10}{20}\right)}$ مربوط به محاسبه و اندازه‌گیری برای میدانهای ۸×۸ تا ۸×۱۶ به ترتیب عبارتند از: ۰/۳۸۶۱ برای میدان ۸×۸، ۰/۳۳۴۷ برای میدان ۸×۱۰، ۰/۲۳۸۱

بحث و نتیجه گیری

با توجه به مقادیر درصد دوز عمقی محاسبه شده مشاهده می‌شود که این مقادیر، با افزایش عمق کاهش می‌یابند که این امر، مطابق با انتظار است. همچنین مشاهده می‌شود که در یک عمق، با افزایش فاصله از لبه میدان، درصد دوز عمقی افزایش می‌یابد که این به واسطه ضخامت کمتر پله‌ها در فاصله‌های بیشتر از لبه میدان، و در نتیجه جذب کمتر اشعه توسط فیلتر می‌باشد.

نتایج فرمول یابی و خطای استاندارد (1/7738) در فرمول PDD نشان می‌دهد که این خطا اندک بوده و فرمول ارائه شده، برای محاسبه درصد دوز عمقی در زیر فیلترهای پله‌ای ذکر شده مناسب می‌باشد و نتایج بدست آمده با منحنیهای هم‌دوز دستگاه کبالت تراپی بیمارستان گلستان اهواز مطابقت خوبی دارد. به‌طوریکه، در مواردیکه جداول نتایج محاسبات موجود نباشند، با وارد کردن عمق (X_2) و فاصله از لبه میدان (X_1) (ضخامت فیلتر، با فاصله از لبه میدان متناسب می‌باشد) در این فرمول، می‌توان درصد دوز عمقی را محاسبه کرد.

مقایسه نتایج محاسبه و اندازه‌گیری (جدولهای ۲ تا ۶ و سکنهای ۲ و ۳) نشان می‌دهد که مقادیر محاسبه و اندازه‌گیری به یکدیگر نزدیک می‌باشند. در برخی از موارد مقادیر اندازه‌گیری از مقادیر محاسبه بیشتر بوده، در نقاضی دیگر این روند معکوس است. اختلاف زیاد محاسبه و اندازه‌گیری در برخی از موارد، به واسطه دقت کم اندازه‌گیری در این موارد بوده. لزوم استفاده از فانتومی با سیستم مکانیابی خودکار دوزیمتر را گوشزد می‌کند. با توجه به نتایج به‌دست آمده، صحت روش مورد استفاده در این تحقیق در محاسبه درصد دوز عمقی در زیر فیلترهای پله‌ای و در صورت کافی بودن پله‌ها، صحت آن در محاسبه درصد دوز عمقی در زیر فیلتر وج تأیید

می‌گردد. بدیهی است که برای رسیدن به نتایج بهتر و مقایسه دقیقتر می‌بایست به‌جای نسبت‌های درصد دوز عمقی، از مقایسه درصد‌های دوز عمقی محاسبه و اندازه‌گیری، با یکدیگر استفاده کرد. از آنجا که کیفیت پرتوهای عبوری از پله‌های مختلف با یکدیگر متفاوت است. برای این مقایسه نیاز است تا با استفاده از دزیمتر با صفحات موازی یا Chamber Extrapolation، ابتدا عمق ناحیه بیلد‌آپ در زیر هر پله اندازه‌گیری شده و سپس با اندازه‌گیری دوز در عمق دلخواه در زیر یک پله و تقسیم آن بر دوز در عمق ماکزیمم دوز (D_0) در زیر همان پله و با استفاده از رابطه $PDD = 100 \times \left(\frac{D_n}{D_0}\right)$ ، درصد دوز عمقی در زیر پله موردنظر را به‌دست آورد. لذا انجام آن به‌منظور کاربرد، در سایر پژوهش‌ها توصیه می‌شود.

همچنین به منظور تسریع محاسبات در شرایط سخت‌تر و جلوگیری از بروز خطا، نوشتن نرم‌افزاری کامپیوتری برای انجام محاسبات توصیه می‌شود. می‌توان روش ارائه شده در این تحقیق را برای میدانهای با ابعادی در گستره 0×0 تا 55×45 و همچنین عمقهای ۱ تا ۳۰ سانتیمتر و انواع پرتوهای با انرژیهای مختلف به کار برده، مورد ارزیابی قرار داد.

قدردانی

بدینوسیله از حوزه معاونت محترم پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی اهواز برای تأمین بودجه این طرح تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

- 1-Yeo I, Chris Wang C, Burch S. A filtration method for improving film dosimetry in photon radiation therapy. *Med Phys* 1997; 24(12) : 1943-53.
- 2-Van der Giessen P, Hurkmans C. Calculation and measurement of the dose to points outside the primary beam for Co-60 gamma radiation. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1993 ; 27(3) : 717-24.
- 3-White R,Thames H.An improved computer model for Cobalt dose distributions. *Radiology* 1977;124(3):840-1.
- 4-Boyer A, Mok E. A photon dose distribution model employing convolution calculations. *Med Phys* 1985; 12(2) : 169-77.
- 5-McCullough E. A measurement and analysis of buildup region dose for open field photon beams (Cobalt-60 through 24 MV). *Med Dosim* 1994 ; 19(1) : 5-14.
- 6-Tsalafoutas I, Xenofos S, Papalexopoulos A, Nikolettopoulos S. Dose calculations for asymmetric fields defined by independent collimators using symmetric field data. *Br J Radiol* 2000 ; 73 : 403-9.
- 7-Kornelson R, Young M. Empirical equations for the representation of depth dose data for computerized treatment planning. *Br J Radiol* 1975; 48(573) : 739-48.
- 8-Khan F. *The Physics of Radiation Therapy*. 2 nd ed. USA : Williams & Wilkins; 1994.
- 9-Hendee W, Ibbott G. *Radiation Therapy Physics*. 2nd ed. USA: Mosby; 1996.
- 10-Cunningham J. Development of computer algorithms for radiation treatment planning. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1989; 16(6) : 1367-76.
- 11-Khan F. Computer dosimetry of partially blocked fields in cobalt teletherapy. *Radiology* 1970; : 97: 405-11.
- 12-Davis J, Reiner B. Depth Dose under narrow shielding blocks: a comparison of measured and calculated dose. *Radiother & Oncol* 1995; 34 : 219-27.
- 13-Jayaraman S. Computer generation of cobalt-60 single beam dose distribution using an analytical beam model. *Strahlentherapie* 1981; 157(3) : 171-80.
- 14-Lam W, Lam K. Beam data requirements of the Clinac 4 for three-dimensional treatment planning with wedged fields. *Br J Radiol* 1983; 56 : 949-56.
- 15-Stala T, Lobodziec W, Kosniewski W. Dose-rate distribution in wedged beams of 9 MV X-rays from Linac Neptune 10p and of gamma-ray beams from Gammatron 80S. *Strahlentherapie* 1984; 160(1) : 21-5.
- 16-Papiez E, Froese G. The calculation of transmission through a photon beam attenuator using sector integration. *Med Phys* 1990; 17(2) : 281-6.
- 17-Yao J, Ranganathan G. On three-dimensional dose calculation of photon beam with wedge filters. *Med Phys* 1994 ; 21(6) : 809-16.
- 18-Storchi P, Woudstra E. Calculation models for determining the absorbed dose in water phantoms in off-axis planes of rectangular fields of open and wedged photon beams. *Phys Med Biol* 1995; 40 : 511-27.
- 19-Zhu X, Low D, Harms W, Purdy J. A Convolution-adapted ratio-TAR algorithm for 3D photon beam treatment planning. *Med Phys* 1995; 22(8) : 1315-27.
- 20-Ahnesjo A, Weber L, Nilsson P. Modeling transmission and scatter for photon beam attenuators. *Med. Phys* 1995; 22(11) : 1711-20.
- 21-Liu H, Mackie T, McCullough E. Calculation dose and output factors for wedged photon radiotherapy fields using a convolution/superposition method. *Med Phys* 1997; 24(11) : 1714-28.
- 22-Castellanos M, Rosenwald J. Evaluation of the scatter field for high-energy photon beam attenuators. *Phys Med Biol* 1998; 43 : 277-90.