

محاسبه دوز جذبی غده‌ای پستان با استفاده از یک برنامه فرترن بر اساس محاسبات مونت کارلوی طیف اشعه ایکس در ماموگرافی

علی اصغر مولوی

۱ - دانشیار گروه فیزیک، دانشکده علوم، دانشگاه تربیت معلم سبزوار، سبزوار، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۰/۲/۱۰

تاریخ دریافت: ۸۹/۷/۱۰

چکیده

مقدمه: هدف، محاسبه متوسط دوز جذبی غده‌ای پستان در ماموگرافی با هدف - فیلتر مولیبیدنیم - رودیم و محاسبه دقیق و سریع دوز برای وضعیت‌های مختلف است.

مواد و روشها: در این پژوهش، ابتدا طیف اشعه ایکس هدف مولیبیدنیم با و بدون فیلتر رودیم برای باریکه الکترون‌های تک انرژی با کد MCNP محاسبه شده است. سپس با استفاده از پارامترهای Sobol-Wu یک برنامه کامپیوتری به زبان فرترن برای محاسبه متوسط دوز غده‌ای به زبان فرترن نوشته‌ایم.

نتایج: تغییرات متوسط دوز جذبی غده‌ای بر حسب ولتاژ لامپ اشعه ایکس دستگاه ماموگرام و به ازای $d=5\text{ cm}$, $\text{mmAl}=0.35$ و $\text{HVL}=\text{HVL}$ برای مقادیر مختلف g محاسبه شده است. همچنین نتایج مربوط به تغییرات متوسط دوز جذبی غده‌ای به ازای یک رونتگن تابش بر حسب درصد غده‌ای بافت پستان برای $kV=28$, $\text{mmAl}=0.4$ ، و HVL های مختلف ارائه شده است. تغییرات متوسط دوز جذبی غده‌ای بر حسب d برای $g=0.60$ و در سه مقدار 27.35 ، 23 و $kV=23$ و HVL های متناظر نیز ارائه شده است. (مجله فیزیک پزشکی ایران، دوره ۸، شماره ۱، پیاپی (۳۰)، بهار ۹۰، ۶۵-۷۱)

واژگان کلیدی: ماموگرافی، هدف - فیلتر مولیبیدنیم - رودیم؛ دوز جذبی غده‌ای؛ پارامترهای Sobol-Wu

۱- مقدمه

پُرهنه‌تر می‌نماید؛ لذا تشخیص زود هنگام سرطان پستان در سلامت و ارتقاء سطح بهداشت جامعه حائز اهمیت فراوان است.

قدرت تشخیص سرطان پستان در مراحل اولیه توسط تصویر برداری ماموگرافی، حدود ۲ تا ۳ برابر آزمایش‌های پزشکی دیگر است. گزارشات انجمن سرطان آمریکا نشان می‌دهد که در این کشور سرطان پستان دومین عامل مرگبار زنان بعد از سرطان ریه است و سالانه حدود ۴۰ هزار زن در آمریکا در اثر سرطان پستان جان می‌بازند [۱]. همین جا باید یاد آور شویم که میزان مرگ و میر ناشی از این سرطان در از کشورهای مختلف اندکی متفاوت است. چون ماموگرافی تنها روش تصویر برداری قابل اطمینان در تشخیص انواع کارسینوم‌های پستان است؛ از این رو، محاسبه یا اندازه‌گیری دوز جذبی در ماموگرافی بسیار حائز اهمیت است. و کمبسیون بین المللی حفاظت در برابر اشعه

در دو دهه‌ی گذشته کشورهای مختلف تلاش‌های زیادی نموده‌اند؛ تا نیمی از جامعه یعنی زنان را از راه‌های پیشگیری بروز سرطان پستان آگاه نمایند. مهمترین روش‌های تشخیص این نوع سرطان عبارتند از معاینه فردی، سونوگرافی، و ماموگرافی. به طور تقریبی ادامه زندگی مبتلایان به سرطان پستان نسبت معکوس با اندازه تومور بدخیم دارد؛ و در صورت عدم درمان، اندازه تومور افزایش می‌یابد و غالباً سبب متاستازهای غدد لنفاوی زیاد می‌شود. که در این صورت درمان را بسیار مشکل‌تر و

* نویسنده مسئول: علی اصغر مولوی

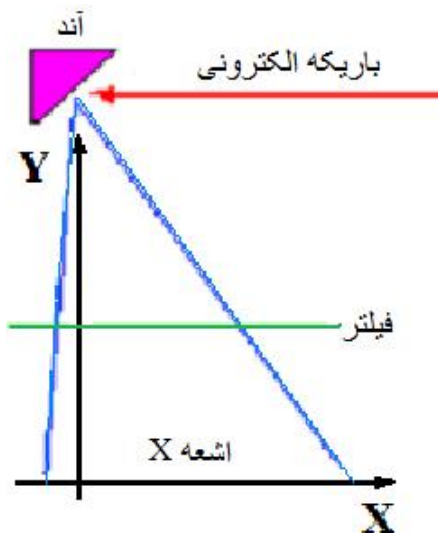
آدرس: گروه فیزیک، دانشکده علوم، دانشگاه تربیت معلم سبزوار، سبزوار، ایران

amowlavi@sttu.ac.ir

تلفن ۹۸-۰۵۱-۴۴۱۰۱۰۵

است. امروزه گداهای بسیار قوی مبتنی بر روش مونت کارلو نظیر MCNP، GEANT و ... نوشته شده است که در مدل کردن مسائل مربوط به تابش‌های یونیزان بکار برده می‌شوند. در این پژوهش از کد محاسباتی MCNP برای محاسبه طیف‌های اشعه ایکس ماموگرام مولیبدنیم-رودیم و ضخامت‌های نیم لایه متناظر با ولتاژهای مختلف استفاده شده است [۷].

هندسه مربوط به محاسبه طیف اشعه ایکس هدف-فیلتر در شکل ۱ نشان داده شده است، که در آن باریکه تک انرژی الکترون‌ها با زاویه ۴۵ درجه به سطح هدف تابیده می‌شوند. فیلتر که برای جذب و حذف فوتون‌های کم انرژی طیف بکار می‌رود به ضخامت ۲۵ میکرومتر از رودیم و در فاصله دلخواه از هدف در نظر گرفته شده است. در شکل ۲-طیف اشعه ایکس مربوط به آند مولیبدنیم با و بدون فیلتر رودیم برای باریکه‌ی ۲۸ کیلو الکترون ولت از الکترون‌ها نشان داده شده است.



شکل ۱- هندسه ورودی به MCNP برای محاسبه طیف اشعه ایکس

(ICRP) در گزارش‌های خود مقرون به صرفه بودن ماموگرافی را در صورت این که ماموگرام از کیفیت خوبی برخوردار باشد و متوسط متوسط اشعه‌ای که به پستان داده می‌شود کمتر از ۸ میلی گری باشد را توصیه نموده است [۲-۶].

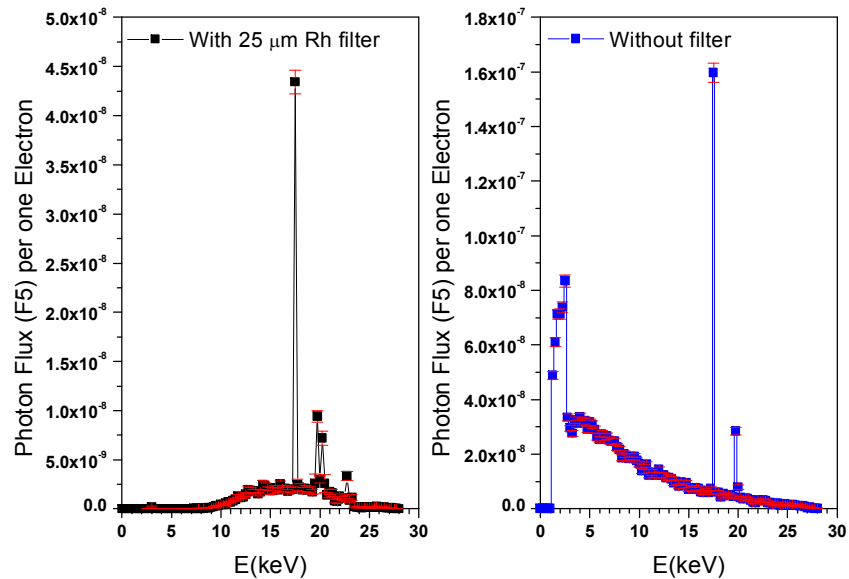
پستان در حقیقت دارای یک ساختمان پیچیده دینامیکی است؛ که شامل بافت همبند، بافت غده‌ای و چربی، و مجاری شیری است. روش متداول برآورد دوز، شامل تعیین پرتودهی ورودی پوست^۱ برحسب رونتگن به پستان با ضخامت مشخص است؛ سپس متوسط دوز جذبی غده-ای از جداول تهیه شده به ازای واحد دوز D_{gn} ؛ یعنی میلی راد بر رونتگن درون یابی استخراج می‌گردد؛ که وابسته به کسر بافت غده‌ای پستان (g)، ضخامت پستان (d)، ولتاژ دستگاه ماموگرام (kV) و همچنین به ضخامت نیم لایه (HVL) طیف اشعه ایکس در آلومینیم می‌باشد. نگارنده در یکی از مقالات اخیر خود نتایج برنامه کامپیوتری را برای دوزسنجی ماموگرافی با هدف - فیلتر رودیم - رودیم آورده است [۲]. Wu و همکارانش، در سال ۱۹۹۴، جداول متوسط دوز جذبی غده‌ای را برای طیف اشعه ایکس به روش مونت کارلو استخراج کردند [۳]. در سال ۱۹۹۷ Sobol و Wu داده‌های این جداول را در توابع غیر خطی با نرم افزار متمتیکا برازش دادند و پارامترهای مناسب برای هر یک از هدف-فیلترها را بدست آوردند [۲]. این پژوهش نتایج یک برنامه کامپیوتری که به زبان فرترن نوشته شده، ارائه شده است که با پارامترهای Sobol-Wu متوسط دوز جذبی غده‌ای را برای هدف-فیلتر مولیبدنیم-رودیم با سرعت و دقت بالا محاسبه می‌کند.

۲- محاسبه طیف اشعه ایکس ماموگرام مولیبدنیم-رودیم با استفاده از کد MCNP

همان طور می‌دانیم، شبیه سازی مونت کارلو یکی از تکنیک‌های مهم و کارا برای مطالعه و بهینه سازی سیستم‌ها

^۱ Entrance Skin Exposure: ESE

محاسبه دوز جذبی غده ای پستان با فرترن بر اساس مونت کارلوی اشعه ایکس



شکل ۲- طیف‌های اشعه ایکس هدف مولیبدنیم بدون فیلتر و با ۲۵ میکرومتر فیلتر رودیم برای الکترون‌های ۲۸ keV در فاصله ۱۵ cm از هدف که با کد MCNP محاسبه شده است.

که HVL خود وابسته به kV و g است. Wu و Sobol با در نظر گرفتن یک تابع ۶ پارامتری برای D_{gN} و محاسبه پارامترها برای سه نوع بافت انجام شده است. بافت چربی: $g = 0$

۲- مواد و روشها

همان طور که قبلاً اشاره شد، متوسط دوز جذبی غده‌ای تابعی از چهار متغیر است که به صورت زیر می‌توان آن را نشان داد:

$$D_{gN} = D_{gN}(kV, HVL, d, g) \quad (1)$$

$$Dose(g=0) = a + \exp(b-c \times d) + (u + \exp(v-w \times d)) \times HVL \quad (2)$$

$$\begin{cases} a = -167.925 + 12.6919 \times kV - 0.21961 \times kV^2 \\ b = 2.47933 + 0.169961 \times kV - 1.92616e-3 \times kV^2 \\ c = 1.27486 - 0.049889 \times kV + 7.98223e-4 \times kV^2 \\ u = -291.171 + 39.4749 \times kV - 0.911079 \times kV^2 \\ v = 10.3131 - 0.220194 \times kV + 3.35665e-3 \times kV^2 \\ w = 0.455175 - 9.25076e-3 \times kV - 2.00714e-5 \times kV^2 \end{cases}$$

بافت ۵۰٪ چربی و ۵۰٪ غده: $g = 0.5$

$$Dose(g=0.5) = a + \exp(b-c \times d) + (u + \exp(v-w \times d)) \times HVL \quad (3)$$

$$\begin{cases} a = -151.97 + 11.4944 \times kV - 0.203044 \times kV^2 \\ b = 2.06904 + 0.174721 \times kV - 1.73687e-3 \times kV^2 \\ c = 1.48633 - 0.0631283 \times kV + 1.10439e-3 \times kV^2 \\ u = 269.633 - 6.76953 \times kV + 5.38371e-2 \times kV^2 \\ v = 9.14712 - 0.129615 \times kV + 1.64991e-3 \times kV^2 \\ w = 0.468064 - 5.38406e-3 \times kV - 7.08036e-5 \times kV^2 \end{cases}$$

بافت کاملاً غده‌ای: $g = 1$

$$\text{Dose}(g=1) = a + \exp(b - c \times d) + (u + \exp(v - w \times d)) \times HVL \quad (4)$$

$$\begin{cases} a = -138.774 + 10.4925 \times kV - 0.187584 \times kV^2 \\ b = 2.07901 + 0.14281 \times kV - 8.38839e-4 \times kV^2 \\ c = 1.81787 - 0.0888723 \times kV + 1.67435e-3 \times kV^2 \\ u = 292.202 - 11.1746 \times kV + 0.173223 \times kV^2 \\ v = 8.69168 - 0.0984208 \times kV + 1.14853e-3 \times kV^2 \\ w = 0.456586 - 8.51682e-4 \times kV - 1.39299e-4 \times kV^2 \end{cases}$$

در نهایت با یک برونیابی چند جمله‌ای، مقدار دوز برای هر بافت با $0 \leq g \leq 100\%$ را به روش تحلیلی بدست می‌آید. [۲]. تابع دوز انتخاب شده برای این منظور نیز عبارت است از:

$$D_{gN}(g) = D_{gN}(g=0) - [3 D_{gN}(g=0) - 4 D_{gN}(g=0/5) + D_{gN}(g=1)] g + 2 [D_{gN}(g=0) - 2 D_{gN}(g=0/5) + D_{gN}(g=1)] g^2 \quad (2)$$

۳- نتایج

با اجرای برنامه برای وضعیت‌های مختلف، مقدار متوسط دوز جذبی غده‌ای به ازای واحد پرتودهی- رونتگن- محاسبه شده است. تغییرات متوسط دوز جذبی غده‌ای بر حسب ولتاژ لامپ اشعه ایکس دستگاه ماموگرام و به ازای $d = 5 \text{ cm}$, $HVL = 0.35 \text{ mmAl}$ و مقادیر مختلف g در شکل ۳ نشان داده شده است. دیده می‌شود که با افزایش ولتاژ، دوز جذبی بطور تقریباً خطی افزایش می‌یابد. نتایج مربوط به تغییرات متوسط دوز جذبی غده‌ای به ازای یک رونتگن تابش بر حسب درصد غده‌ای بافت پستان برای $kV = 28$, $HVL = 0.387 \text{ mm}$ و d های مختلف در شکل ۴ نمایش داده شده است. شکل ۵ تغییرات متوسط دوز جذبی غده‌ای بر حسب d برای $g = 0/4$ و در سه مقدار $kV = 23, 27, 35$ و HVL های متناظر را نشان می‌-

استفاده پارامترهای Sobol و Wu یک برنامه به زبان فرترن [۸] نوشته شده است، که دوز را به ازای پارامترهای ورودی زیر محاسبه می‌کند:

kV : ولتاژ دستگاه با بازه تغییرات ۲۳ تا ۳۵ کیلو الکترون ولت؛

HVL : ضخامت نیم لایه اشعه ایکس با بازه تغییرات ۰/۲۸ تا ۰/۵۴؛

d : ضخامت پستان با بازه تغییرات ۳ تا ۸ سانتیمتر؛

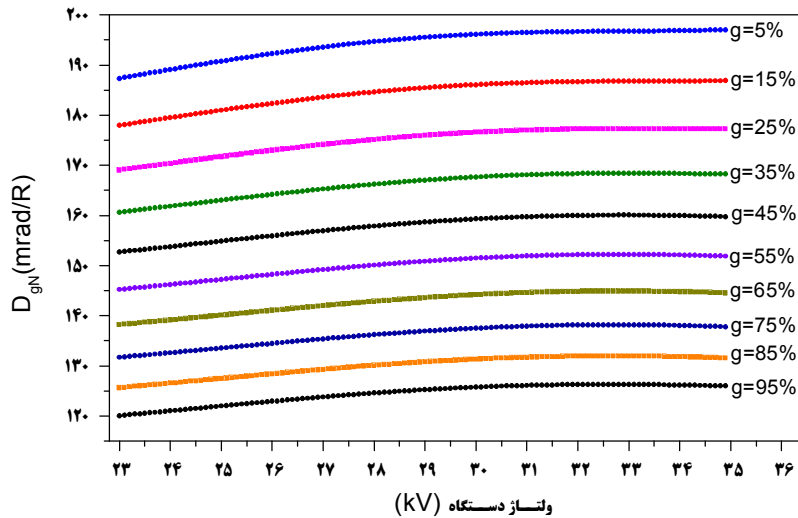
g : درصد غده‌ای بافت پستان بین ۰ تا ۱ محاسبه می‌کند.

علاوه بر جامعیت، سرعت و دقت دوز محاسبه شده و استفاده آسان توسط کاربر از مشخصات این برنامه است که می‌توان از آن برای بهینه سازی دوز تابشی در ماموگرافی استفاده کرد.

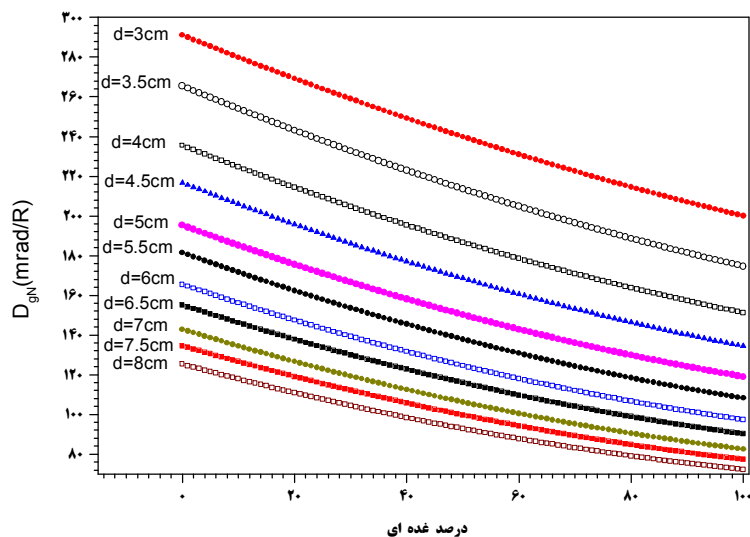
محاسبه دوز جذبی غده ای پستان با فرترن بر اساس مونت کارلوی اشعه ایکس

دهد. همان طور که انتظار می‌رود، تغییرات متوسط دوز جذبی غده‌ای بر حسب d به صورت یک تابع نمایی است. نتایج بدست آمده در توافق نسبتاً خوبی با نتایج Boone می‌باشد [۹]. در شکل ۶ نتایج مونت کارلوی Boone و نتایج حاصل از برنامه به ازای $HV=28kV$

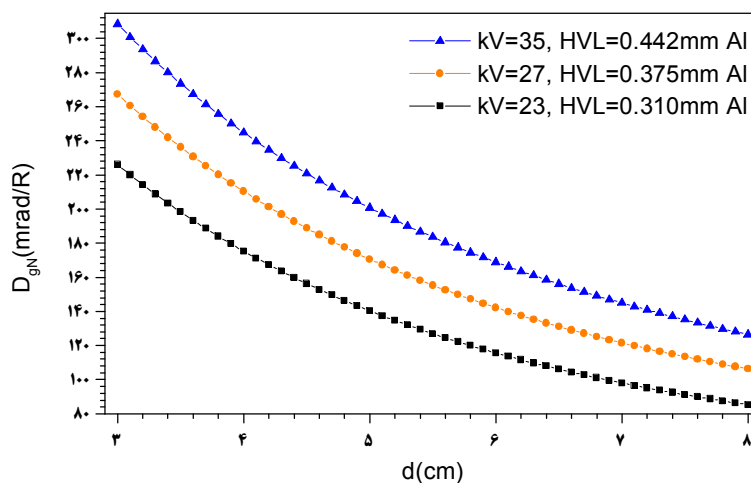
نشان داده شده است که $HVL=0.378cm$ و $g=1$ نشان داده شده است که بیشترین اختلاف در $d=6cm$ حدود $4/5\%$ است. از برنامه نوشته شده می‌توان برای محاسبه دوز در وضعیت‌های مختلف استفاده کرد.



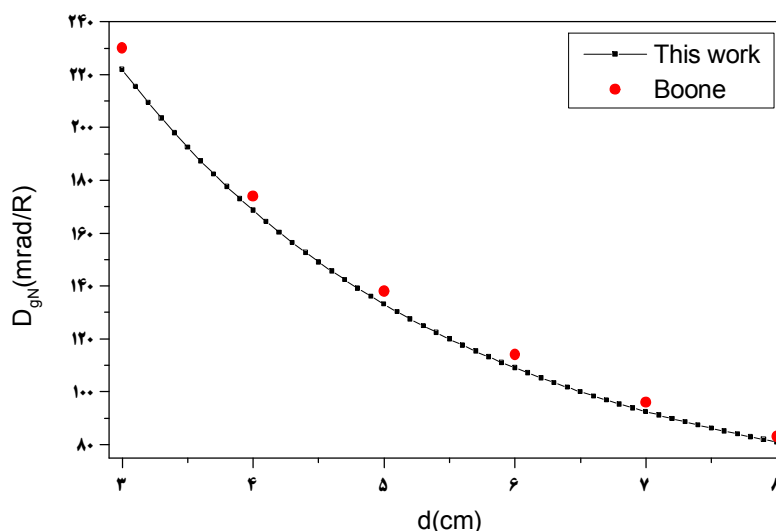
شکل ۳- تغییرات متوسط دوز جذبی غده‌ای به ازای یک راد تابش بر حسب ولتاژ لامپ اشعه ایکس دستگاه ماموگرام مولیدینیم-رودیم برای $d=5cm$ ، $HVL=0.378mmAl$ و مقادیر مختلف g



شکل ۴- تغییرات متوسط دوز جذبی غده‌ای به ازای یک راد تابش بر حسب درصد غده‌ای بافت پستان برای $kV=28$ ، $HVL=0.378mm$ و d های مختلف



شکل ۵- تغییرات متوسط دوز جذبی غده‌ای بر حسب d برای $g=0.4$ و در سه مقدار $kV=23, 27, 35$ و HVL های متناظر



شکل ۶- نتایج مونت کارلوی Boone و نتایج حاصل از برنامه این پژوهش به ازای $HV=28kV, HVL=0.278$ cm, $g=1$

۴- بحث و نتیجه گیری

فیلتر مولیبدنیم- رودیم ارائه شد که در توافق بسیار خوبی با نتایج دیگران است. استفاده از این برنامه می‌تواند برای کاربران در حوزه فیزیک پزشکی ساده و مفید باشد ضمن آن که در راستای تأمین هدف اصل ALARA (as low as reasonably achievable) در پرتوگیری، برای کاهش دوز دریافتی خانم‌ها در ماموگرافی نیز می‌باشد. مطابق اصل ALARA، تمام پرتودهی‌ها بایستی بطور معقول و

محاسبه متوسط دوز جذبی غده‌ای به روش مونت کارلو اگر چه دقیق و علمی است ولی مستلزم حجم زیادی از محاسبات است. روش Sobol و Wu در پارامتری کردن متوسط دوز جذبی غده‌ای و بدست آوردن یک روش تحلیلی برای آن مناسب، سریع و دارای دقت خوبی است. در این پژوهش، نتایج برنامه فرتن محاسبه دوز برای ماموگرام‌های با هدف -

۵- تشکر و قدردانی

از حوزه معاونت محترم پژوهشی به خاطر پشتیبانی از فعالیت-های پژوهشی سپاسگزارم. همچنین فایل اجرایی برنامه محاسبه دوز در تماس با مؤلف، قابل دسترس برای همکاران محترم و دانشجویان می باشد.

حداقل باشد و فاکتورهای اقتصادی و اجتماعی نیز بحساب آورده شود تا دوز معادل سالانه افراد از حدود توصیه شده فراتر نرود.

منابع

1. Bruce M, Mammography Regulatory Issues. Radiation Safety Section Michigan Department of Consumer and Industry Services, 2001; the website: <http://www.fda.gov/cdrh/mammography>
2. Sobol WT, Wu X: Parametrization of mammography normalized average glandular dose tables. Medical Physics 1997; 24(4): 547-554.
3. Mowlavi AA. Determination of average glandular dose in mammography for Rh-Rh mammogram using Sobol-Wu parameters in FORTRAN code. Iranian Journal of Medical Physics 2006; 3(10): 69-73.
4. Dance DR, Skinner CL, Carlsson GA: Breast dosimetry. Applied Radiation and Isotopes 1999; 50: 185-203.
5. Wu X, Gingold EL, Barnes GT, Tucker DM: Normalized average glandular dose in molybdenum target-rhodium filter and rhodium target-rhodium filter mammography. Radiology 1994; 193: 83-89.
6. Dance DR: Monte Carlo calculation of conversion factors for the estimation of mean glandular breast dose. Physics in Medicine and Biology 1990; 35: 1211-1219.
7. Jing Z, Huda W, Walker JK: Scattered radiation in scanning slot mammography. Medical Physics 1998; 25(7): 1111-1117.
8. Briesmeister JF, MCNP Monte Carlo N-Particle Transport Code, Version 4C, Los Alamos National Laboratory, 2000.
9. Microsoft FORTRAN PowerStation 4.0 software, Microsoft Company, 1994.
10. Boone JM, Glandular Breast Dose for Monoenergetic and High-Energy X-ray Beams: Monte Carlo Assessment, Radiology. 1999; 213: 23-37