



## بیست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۱۷ و ۱۸ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

### ارائه روشی مبتنی بر اصول مونت کارلو، برای تخمین دز مؤثر ژنتیکی ناشی از پرتوگیری پزشکی

مصطفی سهراب پور، ابوالفضل رفیع زاده<sup>۱</sup>، حامد باقری، مسعود رضی مش  
دانشگاه صنعتی شریف تهران - دانشکده انرژی - گروه هسته ای - گرایش کاربرد پرتوها

#### چکیده:

مقدار دز مؤثر ژنتیکی ناشی از پرتوهای X پزشکی از فاکتورهای مهم مورد توجه کشورهای مختلف می باشد. در این مقاله علاوه بر اندازه گیری این فاکتور در سال ۱۳۸۷ شمسی در ایران روشی مبتنی بر اصول مونت کارلو به منظور شبیه سازی و پیش بینی این کمیت ارائه شده است. با بررسی ۶۱ مرکز پرتو پزشکی در کشور از فروردین ماه سال ۱۳۸۷ تا اسفند ماه همان سال اندازه گیری دز انباشته شده در اندام های جنسی با استفاده از فانتوم، مقدار دز مؤثر ژنتیکی برای آن سال ۱۳۹۰/۹ میکرو سیورت و با استفاده از روش شبیه سازی مونت کارلویی به دست آورده ایم. مقایسه پاسخ روش شبیه سازی با مقادیر قبلی حداکثر خطا را ۶/۳۶ درصد نشان می دهد. همچنین میزان دز مؤثر ژنتیکی برای سال ۱۳۹۴ در ایران ۱۴۱/۱ میکرو سیورت پیش بینی شده است. با توجه به پیچیدگی محاسبات و وقت گیر بودن جمع آوری اطلاعات به منظور محاسبه دز مؤثر ژنتیکی، این روش می تواند با بهره گیری از اطلاعات گردآوری شده پیشین در یک دوره، و تطبیق یافتن با شرایط متفاوت، تقریب قابل قبولی را ارائه دهد.

#### ۱- مقدمه

در سال ۱۹۶۴ در آمریکا توسط پنفل<sup>۲</sup> و همکاران کوشش هایی برای محاسبه دز مؤثر ژنتیکی سالانه ناشی از پرتوگیری افراد در رادیولوژی ها به عمل آمد. با تحقیقات سازمان های جهانی نظیر BEIR، ICRP و UNSCER بر شناسایی تأثیرات ناشی از پرتوگیری، کشورهای مختلف تحقیقاتی را برای محاسبه دز مؤثر ژنتیکی سالانه ناشی از پرتوگیری های پزشکی انجام دادند که حاصل این تحقیقات در سال ۱۹۷۷ در UN77 منتشر شده است. [5,6]

اولین اقدامات در ایران برای تعیین میزان پرتوگیری مؤثر ژنتیکی در سال ۱۹۸۲ میلادی توسط سهراب پور و همکاران در مرکز تحقیقات هسته ای سازمان انرژی اتمی ایران انجام پذیرفت. در آن مقاله با مطالعه ۱۳۱۰۰ بیمار، مقدار کمیت مورد نظر به دست آورده شد. در سال ۲۰۰۷ میلادی نیز حاجی زاده صفار و همکاران به بررسی و اندازه گیری مقدار GSD و AED در مجموعه ۱۰ شهر استان خراسان رضوی پرداخته اند. [8,9] در این

<sup>۱</sup>Genetically Signification Dose(GSD)

<sup>۲</sup>R.L Penfil



## بیست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

مقاله ابتدا با بررسی ۶۱ مرکز پرتو درمانی و اندازه گیری دز های مؤثر در اندام های جنسی و در نهایت استفاده از یک الگوریتم مبتنی بر روش مونت کارلو، مقدار دز مؤثر ژنتیکی در سال ۱۳۸۷ به دست آمده است. همچنین با ارائه این روش مقدار GSD در سال ۱۳۹۴ شمسی در کشور پیش بینی شده است.

### ۲- روش کار

به طور کلی می توان مجموعه اقدامات انجام شده در این پژوهش را در سه زیر گروه کلی فعالیت های آماری، اندازه گیری و بخش شبیه سازی تقسیم نمود که در ادامه به آن ها پرداخته خواهد شد.

۳-۱- آمار: قسمتی از داده های مورد نیاز در این بخش شامل جنسیت، توزیع گروه های سنی بیماران رادیولوژی و اطلاعات بیمارستانی است. گزینش ۶۱ مرکز درمانی از مجموعه ی ۲۰۶۴ مرکز پرتو درمانی ایران در سال ۱۳۸۷ تا ۱۳۸۸ به ازای هر نوع تست رادیولوژی به دست آمده است. اطلاعات به دست آمده بار سال پر سشنامه های بیماران

آور شد. این نامه ها شامل دو نوع پرسشنامه در مورد اطلاعات بیمارستانی و اطلاعات بیماران از مایشهای رادیولوژی بود. لازم به ذکر است این پرسشنامه ها به هر خیاز رادیولوژی های با دز کم، مثل تصویر برداری دندان و آمار سال نشده است. کسر پرتوگیری هر نوع تست رادیولوژی بر حسب نوع جنسیت بیماران و توزیع گروه های سنی بیماران از هر جنسیت از فاکتور هایی است که در این بخش به دست آمده اند.

بخش	دیگر	داده	ها	شامل
نرخ مرگومیر به ازای گروه های سنی مختلف بر این اساس	نرخ مرگومیر به ازای گروه های سنی مختلف بر این اساس	نرخ مرگومیر به ازای گروه های سنی مختلف بر این اساس	نرخ مرگومیر به ازای گروه های سنی مختلف بر این اساس	نرخ مرگومیر به ازای گروه های سنی مختلف بر این اساس
استفاده	استفاده	استفاده	استفاده	استفاده
آنا احتمال مرگ در هر بازه زمانی طبق تقویم صیبه ساز مانده است	آنا احتمال مرگ در هر بازه زمانی طبق تقویم صیبه ساز مانده است	آنا احتمال مرگ در هر بازه زمانی طبق تقویم صیبه ساز مانده است	آنا احتمال مرگ در هر بازه زمانی طبق تقویم صیبه ساز مانده است	آنا احتمال مرگ در هر بازه زمانی طبق تقویم صیبه ساز مانده است
و همایش های مشخص کرد در نهایت تعداد افراد زنده ماندند	و همایش های مشخص کرد در نهایت تعداد افراد زنده ماندند	و همایش های مشخص کرد در نهایت تعداد افراد زنده ماندند	و همایش های مشخص کرد در نهایت تعداد افراد زنده ماندند	و همایش های مشخص کرد در نهایت تعداد افراد زنده ماندند
شود. با داشتن تعداد فرزندان زنده	شود. با داشتن تعداد فرزندان زنده	شود. با داشتن تعداد فرزندان زنده	شود. با داشتن تعداد فرزندان زنده	شود. با داشتن تعداد فرزندان زنده
یافت. در مورد مردان این نرخ در هر گروه سنی برابر با نرخ	یافت. در مورد مردان این نرخ در هر گروه سنی برابر با نرخ	یافت. در مورد مردان این نرخ در هر گروه سنی برابر با نرخ	یافت. در مورد مردان این نرخ در هر گروه سنی برابر با نرخ	یافت. در مورد مردان این نرخ در هر گروه سنی برابر با نرخ
در نهایت تعداد فرزندان محتمل برابر با حاصل ضرب نرخ	در نهایت تعداد فرزندان محتمل برابر با حاصل ضرب نرخ	در نهایت تعداد فرزندان محتمل برابر با حاصل ضرب نرخ	در نهایت تعداد فرزندان محتمل برابر با حاصل ضرب نرخ	در نهایت تعداد فرزندان محتمل برابر با حاصل ضرب نرخ
ضایع و همیشگی تعداد فرزندان محتمل به دست می آید.	ضایع و همیشگی تعداد فرزندان محتمل به دست می آید.	ضایع و همیشگی تعداد فرزندان محتمل به دست می آید.	ضایع و همیشگی تعداد فرزندان محتمل به دست می آید.	ضایع و همیشگی تعداد فرزندان محتمل به دست می آید.

۳-۲- دزیمتری: برای این کار از دو فانتوم زن و مرد تشکیل شده از بافت معادل بدن انسان شامل ۳۵ قطعه که ۳۴ قطعه آن برای شبیه سازی اندام ۱ اینچویک قطعه ۴ اینچیه هم وصل شده اند استفاده شده است. دزیمترها یا استفاده شده از نوع LiF میباشد.

با قرار دادن این فانتوم در داخل گاماسلو ایجاد شرایط پرتو درمانی رادیولوژی بر اساس مشخصات بیمارستانی آنها، میزان دز دریافتی



## بیست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳، دانشگاه اصفهان

شده

ضایتناسلیبرایبهرنوعفانتومتوسطچهاردزیمترمتفاوتاندازهگیری

است. برای خواندن این دزیمترها از دستگاه TLDReader مدل

654 در شرایط توان کمتر از ۱۰۰ وات و فشار گاز نیتروژن ۰/۳۵ تا ۰/۷ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع استفاده شده است.

۳-۳- شبیه سازی مونت کارلویی: منطبق بر روش های مونت کارلویی، به منظور شبیه سازی، به دست آوردن توابع توزیع احتمال پارامترهای مختلف مؤثر بر کمیت مورد بحث الزامی می باشد. از جمله کمیت های تأثیر گذار بر میزان دز مؤثر ژنتیکی می توان به توزیع جمعیت بر حسب گروه سنی و جنسی، نرخ زاد و ولد و مرگ و میر در سال، توزیع سنی افراد بر حسب نوع پرتوگیری و توزیع دز انباشته شده در اندام های جنسی اشاره کرد. بر آورد احتمال پرتوگیری شخص در آزمایشات پرتو شناختی و پرتو درمانی از تقسیم تعداد نفراتی که در هر نوع از پرتوگیری ها در گروه سنی مشخص، که از بخش مطالعات آماری و به واسطه پرسش نامه های ارسالی به مراکز پرتو پزشکی به دست آمده اند، بر تعداد نفرات آن گروه سنی محاسبه شده است. لازم به ذکر است تعداد افرادی که مورد پرتوگیری قرار گرفته اند محدود به بازه یک ماه می باشند، از این رو این تعداد در تعداد ماه های سال و نسبت تعداد کل مراکز به مراکز مورد بررسی ضرب شده اند که با توجه به انتخاب تصادفی مراکز پزشکی و ماه سال تقریب مناسبی می آید. تخمین تعداد فرزندان محتمل شخص، کمیتی است که با بهره گیری از نرخ زاد و ولد، مرگ و میر و تعداد مادران در بازه های سنی قابل محاسبه است. در این پژوهش در هنگام شبیه سازی برای این کمیت تنها توزیع سنی لحاظ شده است و در هر بازه سنی از مقدار متوسط تعداد فرزندان محتمل استفاده گردیده است.

با اندازه گیری مکرر دز انباشته شده در اندام های جنسی در یک پرتوگیری خاص و دفعات متوالی احتمال گرفتن دز مشخص در این نواحی به دست می آید. در این شبیه سازی مقادیر به دست آمده از چهار بار اندازه گیری به عنوان معیار انتخاب شده است. توزیع دز در هر پرتوگیری از انتطابق نمودار گوسی بر این داده ها به دست آمده است. برنامه مورد نظر در محیط برنامه نویسی MATLAB 2014 و ++C نوشته شده است. در این برنامه متناسب با توزیع جمعیت و با بهره گیری از تولید کننده های اعداد تصادفی یک نفر ایجاد می گردد که در طی گذر از توابع توزیع مختلف و دنبال کردن تاریخچه آن و تکرار زیاد این فرایند می توان میزان دز مؤثر ژنتیکی را به دست آورد. لحاظ نمودن نرخ بهداشت برون یابی شده در تعداد کل مراکز پرتو درمانی و نرخ افزایش جمعیت در تغییرات به وجود آمده در توزیع گروه های سنی مختلف، امکان تخمین و پیش گویدز مؤثر ژنتیکی را برای دوره ای که در آن بتوان احتمال پرتوگیری را که متناسب با اطلاعات آماری به دست آمده اند ثابت در نظر گرفت، می دهند. در این پژوهش با توجه به این فاکتورها در طی یک دوره ۷ ساله (از سال ۱۳۹۰-۱۳۹۵) مقدار دز مؤثر ژنتیکی تخمین زده شده است.

۴- نتایج



# بیست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۷ و ۶ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

جدول ۱ بر اساس گروه های سنی مختلف، جمعیت کشور در سال ۱۳۸۵، تعداد نفرات پرتوگیری شده به تفکیک گروه سنی و همچنین تعداد فرزندان محتمل در هر گروه سنی را در خودجای داده است. جدول شماره ۳ اطلاعات به دست آمده مربوط به تعداد نفرات پرتوگیری شده را به همراه دز اندازه گیری شده در فانتوم بر حسب دستگاه ها و مشخصات آن ها ارائه می کند. جدول ۲ مقایسه ای میان مقدار دز مؤثر ژنتیکی محاسبه شده در سال ها و بخش های مختلف را با مقادیری به دست آمده از این شبیه سازی نشان می دهد. خطای نسبی این دو مقدار نیز در این

این سطر بیینی  
جدول ۱- توزیع سنی جمعیت و تعداد پرتوگیری شده و فرزند محتمل سال ۱۳۸۷  
پایانی آن نیز مقادیر پیش شده قرار دارد.

فرزند محتمل		تعداد پرتوگیری شده		جمعیت		گروه سنی
مرد	زن	مرد	زن	مرد	زن	
1.38	1.34	639	685	2662410	2801568	۴ تا ۱۰
1.38	1.34	567	635	2688532	2820524	۹ تا ۱۴
1.38	1.35	438	494	3267349	3441245	۱۴ تا ۱۹
1.39	1.36	687	643	4283860	4442901	۱۹ تا ۲۴
1.3	1.36	901	986	4499571	4511851	۲۴ تا ۲۹
0.98	1.29	1080	1149	3564781	3660161	۲۹ تا ۳۴
0.58	0.97	1086	1134	2715562	2837969	۳۴ تا ۳۹
0.25	0.57	1262	1121	2409579	2511545	۳۹ تا ۴۴
0.07	0.24	1275	1118	2007479	2081679	۴۴ تا ۵۰

جدول ۲- مقایسه مقادیر اندازه گیری شده و شبیه سازی شده به روش مونت کارلو

سال (شمسی)	موقعیت	دز مؤثر اندازه گیری شده (میکرو سیورت)	دز مؤثر شبیه سازی شده (میکرو سیورت)	درصد خطا
1359 (شمسی)	ایران [8]	92.1	94.2	2.1%
1387 (شمسی)	ایران [11]	137.9	132.4	3.98%
1964 (میلادی)	آمریکا [10]	550	515	6.36%
1960 (میلادی)	ژاپن [10]	390	368.8	5.53%
1394 (شمسی)*	ایران	-	143.1	-

تعداد و دز دریافتی  
بیماران در آزمایشهای رادیولوژی به  
جنسیت

جدول ۳-  
تفکیک  
مقادیر پیش بینی شده

تعداد مرد		تعداد زن		آزمایش
مرد	زن	مرد	زن	
3.39	2.34	7.11	120	جمعیه رخ و نیمرخ



# بیست و یکمین کنفرانس هفتای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

14.5	7.15	0.43	0.37	ماستویید یکطرفه نمای شولر
18.4	5.20	3.9	3.81	سینوسهای قدامی صورت نمای والترز یا کالدول
24.7	2.26	1.32	1.3	نسوج نرم گردن یا نازقارنکس یک جهت
31.0	6.32	3.38	3.95	شانه یک جهت هر فیلم
3.4	8.4	14.1	15.94	قفسه صدزی نمای روبرو یا نیمرخ ویا هر نمای دیگر
5.6	8.7	0.62	0.78	دنده ها نمای ابلیک یا روبرو یک فیلم
7.177	6.1548	3.94	3.93	لگن خاصره هر فیلم
9.169	1.70	2.11	2.26	ساده شکم خوابیده یک فیلم
1.39	7.28	0.6	0.48	مری،معدده و اثنیعشر(حداقل ۶ کلیشه)
102.1	2.299	0.14	0.15	ترانزیت روده ی کوچک(حداقل ۴ کلیشه)
3.1517	7.533	0.12	0.11	باریم انما (حداقل ۴ کلیشه)
20531.0	9.627	0.06	0.07	باریم انما دویل کتتراست(حداقل ۶ کلیشه)
1019.0	1.2026	0.51	0.48	اوروگرافی ترشخی فیلم با هر تعداد کلیشه لازم و کامل(با بدون PVC)
N	6.3047	0	0.14	یورتروگرافی با ماده حاجب رتروگراد
9.3	6.4	3.27	3.38	ستون فقرات گردن دو جهت رخ و نیمرخ
5.6	8.6	1.9	1.34	فقرات گردن ۴ فیلم روبرو،نیمرخ و ابلیک چپ وراست
1.594	7.59	2.52	1.94	لومبوساکرال ۲ جهت
1.993	7.110	0.4	0.34	فقرات کمری ۴ فیلم روبرو،نیمرخ و ابلیک چپ و راست
3.530	3.53	0.2	0.33	فقرات کمری روبرو و نیمرخ
0.8	1.0	0.27	0.22	فقرات پشتی روبرو و نیمرخ
128	8.32	2.18	1.85	سی تی اسکن شکم
6.10	6.11	3.83	2.98	سی تی اسکن ریه و مدیاستن
9.4128	5.1026	1.17	1.15	سی تی اسکن شکم و لگن

## ۵-تحلیل نتایج

بررسی های آماری و شبیه سازی شده در این مقاله منطبق بر اطلاعات گنجانده شده در جدول شماره ۳ سازگاری خوبی را میان مقادیر محاسبه شده و شبیه سازی شده به روش مونت کارلو نشان می دهد. همچنین این روش می تواند به عنوان ابزاری قابل قبول به منظور پیش بینی دز مؤثر ژنتیکی به کار رود. البته باید توجه داشت در بازه های زمانی مورد مطالعه می بایست تقریباً مقدار پارامترهای تأثیر گذار نظیر احتمال پرتوگیری، نرخ بهداشت و همچنین تغییرات جمعیتی را ثابت و یا با تغییرات کم پیش بینی نمود. البته در این بین ایجاد تغییرات فرهنگی از یک سو و توسعه بهداشت از سویی دیگر از عوامل



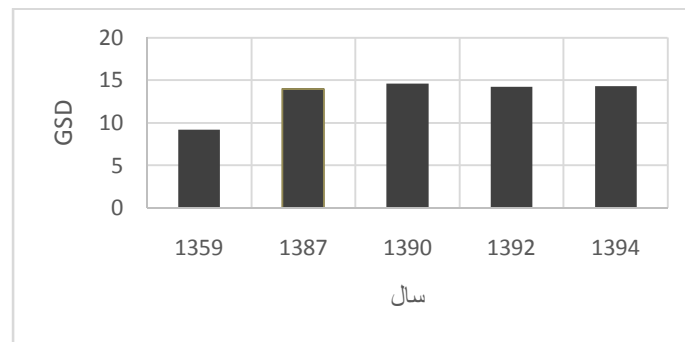
# بیست و یکمین کنفرانس هسته‌ای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

تغییردهنده روند رشد جمعیت و بهداشت و در نتیجه پرتوگیری میانگین جامعه است. روند رشد دز مؤثر ژنتیکی در جامعه از سال ۱۳۵۹ تا ۱۳۹۴ در نمودار ۱ آمده است. توجه داریم که مقادیر ذکر شده از سال ۱۳۹۰-۱۳۹۵ پیش بینی های به دست آمده از روش شبیه سازی مونت کارلویی می باشد.

نمودار ۱- روند تغییرات GSD از سال ۱۳۵۹ تا ۱۳۹۵ بر اساس مقادیر شبیه سازی شده (برحسب

میلی رم)



۶-منابع

1. Supe sj, rao SM, Sawant SG (1974), "Genetically significant dose to the population in india from X-ray diagnostic procedures", IAEA-3M-184/33, pp:395-411.
2. Padovani R, Contento G, Fabaretto M, Malisan MR, Barbina V, Gozzi G (1987), "Patient doses and risks from diagnostic radiology in North-East Italy. Br J Radiol", 60:155-165.
3. Hering ER, Van TJ, Kotze W, Maree GJ (1998), " An estimation of the genetically significant dose from diagnostic radiology in Great Britain in 1977". Didcot: National Radiological Protection Board, NRPB-R106.
4. International commission on radiological protection (1987) publication 53; "radiation dose to patients from radiopharmaceuticals", Annuals of ICRP Vol. 18, no.1-4, Pergamon. Oxford.
5. M. Tomasevic, R. RADOVANOVIC, " Algorithm For Assessment Of Mean Annual Gonad Dose And Genetically Significant Dose From The Data Of Personal Dosimetry". Acta Physica Hungarica 59 (1-2), pp.197-200 (1986).
6. UN72 United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 1972, Ionizing Radiation: Levels and Effects, U.N. Report, Vols. I & II, PP. 19-172 (New York: U.N.).
7. R.L. Penfil, M.L. Brown, " Genetically Significant Dose to the United States Population from Diagnostic Medical Roentgenology 1964". Radiology Vol .90, No.2, 209-216, 1968.



# بیست و یکمین کنفرانس هسته‌ای ایران

۷ و ۶ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

8. M.SOHRABPOUR, N. p. SAHELI, P. ZARSAV and D. REZA ESMAEELI, "Estimation Of The Genetically Significant Dose From Diagnostic X-ray Procedures In The Islamic Republic Of Iran". Health physics Vol. 45, No. 1(July), pp. 21-29,1983 Printed in the U.S.A.
9. M.Hajizadeh Saffar ,S.Nekoe,E.Hajizadeh Saffar ." A survey of annual effective and genetically significant dose from conventional X-ray examinations in 10 counties in Khorasan province",Iran.J.Radiat.Res,2007:5 (3): 113-118.
10. Morton L. Brown, F.A.P.H.A.; Paul L. Roney; and A. W. Hilberg, M.D." estimates of gonad and genetically significant dose to the united states population from diagnostic roentgenology ".*American jurnal of public health*, (1968), VOL. 58. NO. 12, A.J.P.H.
۱۱. قاسم عصمتی ، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی شریف، " برآورد دز مؤثر ژنتیکی به جمعیت کشور ناشی از آزمایش‌های رادیولوژی تشخیصی"، سال ۱۳۸۷