

## برآورد دوز معادل سالانه ارگانهای حساس و دوز مؤثر سالانه ساکنین شهرهای استان کردستان ناشی از گامای محیطی

دکتر محمدتقی بحرینی طوسی<sup>۱</sup>، مهرا ن یاراحمدی<sup>۲</sup>

۱- دانشیار گروه فیزیک پزشکی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، (مؤلف مسئول) m-t-bahreyni@mums.ac.ir

۲- مربی گروه فیزیک پزشکی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی کردستان

### چکیده

**زمینه و هدف:** منابع طبیعی پرتوگیری همواره جزئی از عوامل محیطی زندگی بشر بوده‌اند. پرتوهای یونساز از منابع طبیعی، تابش زمینه طبیعی نامیده می‌شوند. اندازه‌گیری دوز معادل روشی برای برآورد اثرات بیولوژیکی ناشی از یک تابش مشخص در یک بافت می‌باشد. در تحقیق حاضر کمیت دوز معادل ارگانهای حساس مغز استخوان و اندامهای جنسی ناشی از تابش گامای محیطی برای ساکنین شهرهای استان کردستان محاسبه گردیده است. همچنین کمیت دوز مؤثر که ریسک کلی ناشی از پرتوگیری تمام بدن را برآورد می‌کند نیز محاسبه گردیده است.

**روش بررسی:** جهت تعیین آهنگ دوز در فضای باز در هر شهر چهار ایستگاه در امتداد چهار جهت اصلی و یک ایستگاه در مرکز شهر انتخاب گردید. برای فضای بسته نیز در هر شهر با توجه به نوع ساختمانهای موجود دو ایستگاه انتخاب گردید. در هر یک از ایستگاههای مزبور آهنگ دوز با استفاده از دستگاه سرویتر RDS-110 در ارتفاع یک متری از سطح زمین، بمدت یک ساعت اندازه‌گیری گردید.

**یافته‌ها:** با در نظر گرفتن فاکتور سکونت ۰/۸ آهنگ دوز سالانه شهرهای مختلف استان کردستان بصورت زیر برآورد گردید: بانه ۱/۴۱ mGy/y، بیجار ۱/۲۱ mGy/y، دیواندره ۱/۱۳ mGy/y، سقز ۱/۱۱ mGy/y، سنندج ۱/۱۳ mGy/y، قروه ۱/۳۳ mGy/y، کامیاران ۰/۹۶ mGy/y و مریوان ۱/۰۵ mGy/y. مقادیر سالانه دوز معادل مغز استخوان، دوز معادل اندامهای جنسی و همچنین دوز مؤثر سالانه ساکنین شهرهای مختلف برحسب میلی گری در سال بترتیب زیر برآورد گردید: بانه ۱/۱۳، ۱/۱۴، ۰/۹۹، بیجار ۰/۹۶، ۰/۹۸، ۰/۸۵، دیواندره ۰/۹، ۰/۹۲، ۰/۷۹، سقز ۰/۸۹، ۰/۹، ۰/۷۸، سنندج ۰/۹۲، ۰/۹۲ و ۰/۷۹، قروه ۱/۰۶، ۱/۰۸، ۰/۹۳، کامیاران ۰/۷۷، ۰/۷۸، ۰/۶۷، مریوان ۰/۸۴، ۰/۸۵، ۰/۷۴. با مقایسه دوز مؤثر سالانه هر کدام از شهرها با مناطق با پرتوایی نرمال، می‌توان نتیجه گرفت که دوز مؤثر سالانه در شهر بانه ۳۰ درصد، در بیجار ۱۲ درصد، در دیواندره ۴ درصد، در سقز ۳ درصد و در سنندج ۴ درصد بیشتر از مقدار نظیر در مناطق نرمال است. دوز مؤثر سالانه در شهرهای مریوان و کامیاران به ترتیب ۳ درصد و ۱۲ درصد از دوز مؤثر سالانه مناطق نرمال کمتر است.

**کلید واژه‌ها:** آهنگ تابش، دوز جذبی، دوز معادل، دوز مؤثر

وصول مقاله: ۸۴/۲/۱۱ اصلاح نهایی: ۸۴/۶/۱۴ پذیرش مقاله: ۸۴/۶/۲۷

### مقدمه

منابع طبیعی پرتوگیری همواره جزئی از عوامل محیطی زندگی بشر بوده‌اند. پرتوهای یونساز از منابع طبیعی، تابش زمینه طبیعی نامیده می‌شود و دارای سه جزء است:

۱- تابشهای پوسته زمین ناشی از مواد رادیواکتیو موجود در زمین

۲- تابشهای کیهانی از خورشید و کهکشانها

۳- از هسته‌های رادیواکتیوی که از طریق فرآیندهای طبیعی در بدن انسان باقی می‌ماند (۱).

گامای محیطی یکی از اجزای عمده تابش زمینه می‌باشد که در اکثر کشورهای جهان، تحقیقات زیادی در این زمینه صورت گرفته است. در بعضی کشورها

بیولوژیکی به وجود می‌آید و بالطبع این فرآیندها موجب آثار سوء بیولوژیکی در موجودات زنده می‌شود. تعیین انرژی جذب شده در محیط تحت تابش به عنوان گامی برای دستیابی به ارتباط کمی بین تابش و اثراتی که متعاقب پرتوگیری به وجود می‌آورد مورد توجه است.

اگر در یک بافت از انواع پرتوهای یونساز دوز یکسانی جذب شود، اثر نهایی حاصل از این پرتوگیری به عواملی چون فاکتور وزنی پرتو، داخل یا خارجی بودن منبع پرتوگیری و نحوه توزیع دوز بستگی دارد. بدین جهت برای یک بافت یا عضو تحت تابش، کمیت دوز معادل تعریف می‌گردد که علاوه بر دوز جذبی تأثیر سایر فاکتورهایی را که به آنها اشاره شد در اثر نهایی شامل می‌شود.

دوز مؤثر یک کمیت دوزیمتری دیگر است که برای برآورد ریسک کلی از انواع پرتوها در پرتوگیری تمام بدن یک موجود زنده بکار می‌رود. واحد دوز معادل و دوز مؤثر در سیستم SI سیورت (Sv) می‌باشد (۷،۸).

در تحقیق حاضر با توجه به فراگیر شدن استفاده از پرتوهای ایکس و گاما در صنعت و پزشکی، آهنگ تابش گامای محیطی در فضاهای باز و بسته شهرهای استان کردستان بمنظور تهیه نقشه پرتوایی طبیعی استان و همچنین برآورد پرتوگیری ساکنین این استان از منابع طبیعی، اندازه‌گیری گردید. با توجه به نتایج بدست آمده، دوز معادل سالانه ارگانهای حساس مانند مغزاستخوان و اندامهای جنسی و همچنین دوز مؤثر سالانه ناشی از گامای محیطی برای ساکنین این شهرها محاسبه گردید.

### روش بررسی

با توجه به مطالعات انجام شده در سایر نقاط جهان برای تعیین آهنگ دوز در فضای باز، در هر شهر چهار

نقشه پرتوایی برای پرتوایی گاما در داخل و خارج ساختمانها به طور دقیق تهیه شده است که می‌توان به کشورهایی مانند آلمان، نروژ، انگلستان اتریش و آمریکا اشاره کرد. در این مطالعه تابش گامای محیطی، دوز معادل سالانه ارگانهای حساس و دوز مؤثر سالانه ساکنین شهرهای استان کردستان ناشی از گامای محیطی اندازه‌گیری گردید.

منابع تابش گامای محیطی در فضای باز، پرتوهای کیهانی و مواد پرتوزای موجود در پوسته زمین می‌باشند. میزان تابش پرتوهای کیهانی بستگی به ارتفاع از سطح دریا دارد و از ارتفاعات به سطح دریا شدتشان کاهش می‌یابد زیرا این پرتوها هنگام وارد شدن به جو زمین با آن برخورد صورت داده و هر چه ارتفاع از سطح دریا کاهش یابد ضخامت جو افزایش یافته و شدت این پرتوها کاهش می‌یابد (۲). عرض جغرافیایی منطقه مورد نظر نیز در میزان پرتوهای کیهانی مؤثر است به اینصورت که شدت این پرتوها از استوا به سمت قطبها افزایش می‌یابد (۳).

میزان پرتوهای زمینی به خصوصیات زمین‌شناسی هر منطقه بستگی دارد. میزان تابش گاما در فضای بسته نیز به نوع مصالح بکار برده شده و غلظت مواد رادیواکتیو در این مصالح بستگی دارد (۴).

مقدار میانگین پرتوگیری سالانه از منابع طبیعی حدود  $2/4$  mGy است که  $1/1$  mGy مربوط به پرتوهای گامای محیطی می‌باشد (۵).

پرتوهای گاما هنگام عبور از یک محیط از خود انرژی بجا می‌گذارند، مقدار انرژی جذب شده در ماده بوسیله کمیت فیزیکی دوز جذبی بیان می‌گردد که بصورت مقدار انرژی جذب شده در واحد جرم ماده بیان می‌گردد و واحد آن در سیستم SI گری (Gy) می‌باشد (۶).

جذب انرژی در مواد از آن جهت دارای اهمیت است که متعاقب آن فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و

در فضای باز و بسته بر حسب نانو گری در ساعت (nGy/h) می‌باشند. فاکتور سکونت در داخل ساختمان برای مناطق شهری برابر ۰/۸. در نظر گرفته شده است یعنی فرض شده که ساکنین شهرها بطور متوسط ۸۰ درصد وقت خود را در داخل ساختمانها سپری می‌کنند (۱۱).

### یافته‌ها

میانگین آهنگ دوز اندازه‌گیری شده در فضای باز و بسته هشت شهر استان کردستان بر حسب نانو گری در ساعت در جدول (۱) ارائه گردیده است. در ستون آخر جدول (۱) درصد پرتوگیری ساکنین این شهرها، در فضای بسته ذکر گردیده است.

ایستگاه در امتداد چهار جهت اصلی و یک ایستگاه در مرکز شهر انتخاب گردید. برای فضای بسته نیز در هر شهر با توجه به نوع ساختمانهای موجود دو ایستگاه انتخاب گردید. در هر یک از ایستگاههای مزبور آهنگ دوز با استفاده از دستگاه سرویتر RDS-110 در ارتفاع یک متر از سطح زمین، بمدت یک ساعت اندازه‌گیری گردید (۹،۱۰). سپس با استفاده از روابط ارائه شده و با توجه به میانگین آهنگ دوز در هر شهر، دوز معادل سالانه ارگانه‌های حساس و دوز مؤثر سالانه افراد ساکن آن شهر محاسبه گردید.

با استفاده از رابطه زیر می‌توان میانگین آهنگ دوز جذبی سالانه ساکنین هر شهر را بر حسب میلی‌گری در سال برآورد کرد.

$$D(mGy/y) = C (0.2 D_{out} + 0.8 D_{in}) \times 10^{-6}$$
 که در این رابطه  $C = 8774/4$  ضریب تبدیل ساعت به سال است.  $D_{in}$  و  $D_{out}$  بترتیب میانگین آهنگ دوز

جدول ۱: میانگین آهنگ دوز در فضاهای باز و بسته شهرهای استان کردستان

شهر	آهنگ دوز در فضای باز (nGy/h)	آهنگ دوز در فضای بسته (nGy/h)	آهنگ دوز سالانه (mGy/y)	درصد پرتوگیری در فضای بسته
سنندج	۱۱۲	۱۳۳	۱/۱۳	۸۲/۶
سقز	۱۰۵	۱۳۳	۱/۱۱	۸۴/۱
مریوان	۱۱۰	۱۲۲	۱/۰۵	۸۱/۶
بانه	۱۳۴	۱۶۸	۱/۴۱	۸۳/۶
قروه	۱۱۷	۱۶۱	۱/۳۳	۸۵
کامیاران	۹۲	۱۱۴	۰/۹۶	۸۳/۴
بیجار	۱۱۵	۱۴۴	۱/۲۱	۸۳/۵
دیواندره	۱۱۰	۱۳۴	۱/۱۳	۸۳/۲

ارگانه‌های حساس مغز استخوان و اندامهای جنسی به ترتیب ۰/۸ و ۰/۸۱ می‌باشند (۷). برای محاسبه دوز مؤثر سالانه از آهنگ دوز جذبی در هوا از رابطه زیر استفاده می‌شود.

$$0.7 \times \text{دوز جذبی در هوا} = \text{دوز مؤثر}$$

ضریب تبدیل ۰/۷ بر اساس گزارشات

UNSCEAR (۱۹۸۸، ۱۹۹۳ و ۲۰۰۰) برای افراد بزرگسال آمده است که با استفاده از فانتوم‌های

رابطه دوز معادل با دوز جذبی بصورت زیر است:

$$H(Sv) = W_R \times D(Gy)$$

$W_R$  در این رابطه فاکتور وزنی پرتو می‌باشد که مقدار آن برای کلیه فوتونها و الکترونها در هوا برابر یک است (ICRP60) یعنی دوز معادل بر حسب سیورت در هوا از لحاظ عددی با دوز جذبی بر حسب گری برابر است.

ضرایب تبدیل دوز جذبی در هوا به دوز معادل در

از روابط بالا محاسبه گردید که نتایج آن در جدول (۲) ارائه شده است.

با توجه به اینکه در مناطق با پرتوزایی نرمال دوز مؤثر سالانه  $0.76 \text{ mSv/y}$  است (۱۰)، در ستون آخر این جدول تفاوت مطلق دوز مؤثر سالانه هر کدام از شهرها با مناطق نرمال آمده است.

(ADAM&EVA) و محاسبات مونت کارلو بدست آمده است. این ضریب برای کودکان و اطفال به ترتیب  $0.8$  و  $0.93$  می باشد (۱۲).

مقادیر سالانه دوز معادل مغز استخوان، دوز معادل اندامهای جنسی و دوز مؤثر سالانه ساکنین شهرهای استان کردستان ناشی از تابش گامای محیطی با استفاده

جدول ۲: دوز مؤثر سالانه و دوز ارگانهای حساس با احتساب فاکتور سکونت

شهر	کمیت آهنگ دوز سالانه (mGy/y)	دوز مؤثر سالانه (mSv/y)	دوز مغز استخوان (mSv/y)	دوز اندامهای جنسی (mSv/y)	تفاوت مطلق دوز مؤثر سالانه هر شهر با مناطق نرمال (mSv/y)
سندج	۱/۱۳	۰/۷۹	۰/۹	۰/۹۲	۰/۰۳
سقز	۱/۱۱	۰/۷۸	۰/۸۹	۰/۹	۰/۰۲
مریوان	۱/۰۵	۰/۷۴	۰/۸۴	۰/۸۵	-۰/۰۲
بانه	۱/۴۱	۰/۹۹	۱/۱۳	۱/۱۴	۰/۲۳
قروه	۱/۳۳	۰/۹۳	۱/۰۶	۱/۰۸	۰/۱۷
کامیاران	۰/۹۶	۰/۶۷	۰/۷۷	۰/۷۸	-۰/۰۹
بیجار	۱/۲۱	۰/۸۵	۰/۹۶	۰/۹۸	۰/۰۹
دیواندره	۱/۱۳	۰/۷۹	۰/۹	۰/۹۲	۰/۰۳

## بحث

با توجه به اندازه گیریهای انجام شده و نتایج ارائه شده مشخص می شود که هر چند در فضای بسته پرتو کیهانی وجود ندارد اما پرتوگیری در فضای بسته بمقدار قابل ملاحظه ای بیشتر از فضای باز است. دلیل این امر پرتوگیری از شش جهت در فضای بسته می باشد. همچنین با توجه به اینکه افراد بیشتر وقت خود را در فضای بسته سپری می کنند بیشترین دوز دریافتی ساکنین شهرهای استان کردستان از پرتوهای گامای محیطی مربوط به پرتوگیری در این فضای می باشد.

با مقایسه دوز مؤثر سالانه هر کدام از شهرها با مناطق دارای پرتوزایی نرمال که دوز مؤثر سالانه ناشی از پرتوهای گامای محیطی  $0.76$  میلی سیورت در سال می باشد (۱۰)، می توان نتیجه گرفت که دوز مؤثر سالانه در شهر سندج  $4$  درصد، در سقز  $3$  درصد، در بانه  $30$

درصد در قروه  $22$  درصد، در بیجار  $12$  درصد و در دیواندره  $4$  درصد بیشتر از مقدار نظیر در مناطق نرمال است. دوز مؤثر سالانه در شهرهای مریوان و کامیاران به ترتیب  $3$  درصد و  $12$  درصد از دوز مؤثر سالانه مناطق نرمال کمتر است.

دوز مؤثر سالانه در شهرهای تبریز و ارومیه بترتیب  $0.86$  و  $0.9$  میلی سیورت در سال می باشد (۱۳) همچنین تحقیقات مشابه در سایر کشورها نشان می دهند که مقدار دوز مؤثر سالانه ناشی از پرتوهای گامای محیطی در کانادا  $65$  میلی سیورت در سال (۱۴)، در کاستاریکا  $0.74$  میلی سیورت در سال (۱۵) و در مکزیک  $0.89$  میلی سیورت در سال می باشد (۱۶).

با مقایسه آهنگ دوز در شهرهای استان کردستان با مناطق دیگر جهان و مناطق نرمال مشخص می شود که غیر از شهرهای مریوان و کامیاران که پرتوزایی نزدیک

رادیاواکتیو می‌باشند. این مطلب خصوصاً در بررسی پرتوزایی طبیعی در داخل منازل که از خاک همان مناطق بعنوان مصالح اصلی استفاده شده است، کاملاً مشهود بوده و آهنگ دوز تابشی در ساختمانهای گلی بیشتر از ساختمانهای ساخته شده با مصالح آجر و آهن می‌باشد.

به مناطق نرمال دارند سایر شهرها پرتوزایی بیشتر از مناطق نرمال دارند خصوصاً در مورد شهرهای بانه و قروه، پرتوزایی در این شهرها بطور محسوس بیشتر از مناطق با پرتوزایی نرمال می‌باشد.

عامل اصلی بالا بودن پرتوزایی در این شهرها علاوه بر ارتفاع زیادشان از سطح دریا، مربوط به جنس خاک این مناطق می‌باشد که حاوی مقدار بیشتری از عناصر

## References

1. John W. Overview of Radiation Environments And Human Exposures. Health Physics 79(5): 490-494; 2000.
2. Tume P, Lewis B, Bennett L, Pierre M, Cousins T, Hoffarth B, Jones T, Brisson J. Assessment of the Cosmic Radiation Exposure on Canadian-based Routs. Health Physics, November 2000 79(5): 568-575.
3. Donald J. A Thin Cosmic Rain: Particles from Outer Space. Health Physics, April 2001 80(4): 403-404.
4. Tsutsumi M, Oishi T, Kinouchi N, Yoshida M. Simulation of the Background for Gamma Detection System in the Indoor Environments of Concrete Buildings. Nuclear Science and Tecnology, December 2001 38(12): 1109-1114.
5. Medeiros F, Yoshimura E "Influence of Soil and Buildings on Outdoor Gamma Dose Rates in Saopaulo, Brazil. Health Physics, January 2005 88(1):65-70.
6. حاجی‌زاده صفار م. مبانی آشکارسازی ودوزیمتری پرتوهای یونیزان. انتشارات دانشگاه علوم پزشکی مشهد، ۱۳۷۹: ۸۴-۸۳.
7. Saito K, Petoussi-Henss N, Zank M. Calculation of the Effective Dose and Its Variation from Environmental Gamma Ray Sources. Health Physics, June 1998 74(6): 698-706.
8. Amanat A, Orfi S, Qureshi A. Assessment of the Natural Radioactivity and Its Radiological Hazards in Shewa-Shahbaz Garhi Igneous Complex, Peshawar Plain, NW Pakistan. Health Physics, January 2002 82(1):74-79.
9. Alam K, Amont A, Ahmed Q. Estimation of Environmental Gamma Background Radiation Level in Pakistan. Health Physics, 1998 72(1): 63-66.
10. Spiers F, Gibson J, Thompson I. A Guide the measurment of Environmental Gamma Ray Dose rate. BCRU, 1981: 82-84.
11. United Nation Scientific Committe on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR). "Ionizing Radiation Sources and Biological Effects" Report to the General Assembly. United Nations, Newyork, 2000: 104-109.
12. United Nation Scientific Committe on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR); "Ionizing Radiation Sources and Biological Effects" Report to the General Assembly. United Nations, Newyork, 1993 :61-65.
13. بحرینی طوسی م. ارزیابی مقدار تابش گامای محیطی در منطقه آذربایجان. مجله علوم پایه پزشکی ایران، ۱۳۷۹ شماره ۱، جلد ۳: ۱-۷.
14. Grasty R, Lamarre J. The annual effective dose from natural sources of ionising radiation in Canada, Radiat Prot Dosimetry 2004 , 108(3): 215-26.
15. Patricia M. Outdoor and indoor dose assessment using environmental thermoluminescence dosimeters (TLDs) in Costa Rica. J Radiol Prot, 2003, 23:431-437.
16. Gaso M, Segovia N, Gonzalez P, Zorin J. Effective Additional Gamma Dose for General Population and Workers from a Mexican Radioactive Wast Sait. Pakistan Journal of biological sciences, 2004, 7(12); 2155-2162.