



Fuzzy Analysis of Gamma Radiation Exposure Damage Levels for Medical Staff in Nuclear Medicine Centers

Fataneh Taghizadeh Farahmand¹

Sahebeh Farahmand Ghorban

Parviz Zobdeh

Department of Physics, Qom Branch, Islamic Azad University, Qom, Iran (**Corresponding author**). fataneh_farahmand@yahoo.com

Nuclear Engineering, Faculty of Basic Sciences, Qom Branch, Islamic Azad University, Qom, Iran. Sahebeh.farahgh@gmail.com

Department of Radiomedicine, Faculty of Basic Sciences, Qom Branch, Islamic Azad University, Qom, Iran. p.zobdeh@aut.ac.ir

Abstract

Objective: Nuclear medicine involves the use of radioactive materials, or radiopharmaceuticals, for diagnosing and treating diseases. In this field, gamma photon-emitting radioisotopes are employed for medical imaging and organ scanning. Adherence to safety standards is critical to ensure that the benefits of these procedures outweigh their risks. Given the essential presence of medical staff in nuclear facilities, their prolonged exposure to gamma radiation poses significant health hazards. Risk assessment requires defining influential parameters, which often involve uncertainty. Fuzzy logic, by accounting for such uncertainties, provides a more optimal solution compared to conventional methods.

Materials and Methods: This study utilized fuzzy logic methodology, incorporating graphical tools in MATLAB software. Input parameters included safety protocols (e.g., radiation warning signs, lead shielding thickness in exposure rooms, availability of dosimeters, personal protective equipment for staff, and contact with medicated patients), while the output parameter was the damage level. Expert-defined rules and the Mamdani fuzzy inference system were applied to evaluate gamma radiation risks for medical staff.

Findings: The fuzzy system-based evaluation of gamma radiation hazards across five selected nuclear medicine centers in Iran revealed damage levels ranging between 10 and 13. All assessed centers fell within the medium-risk category, with Center No. 5 exhibiting the highest risk score of 13.

Conclusion: Center No. 5 demonstrated the greatest risk among the evaluated facilities. Strict compliance with all safety measures is imperative; otherwise, medical staff may face long-term health issues associated with gamma radiation exposure.

Keywords: Gamma radiation, nuclear medicine, fuzzy logic, medical staff, Mamdani fuzzy inference system.

Received: 2024/03/30 ; **Revised:** 2024/05/03 ; **Accepted:** 2024/05/27 ; **Published online:** 2024/06/22

Cite: Taghizadeh Farahmand, F., Farahmand Ghorban, S. & Zobdeh, P. (2024). Fuzzy Analysis of Gamma Radiation Exposure Damage Levels for Medical Staff in Nuclear Medicine Centers. *Applied Biology*, 14(2), p. 21-32.

Article type: Research Article

© the authors

Publisher: Qom Islamic Azad University



تحلیل فازی میزان آسیب تابش اشعه گاما برای کادر درمان در مراکز پزشکی هسته‌ای

فغانه تقی‌زاده فرمند^۱ | گروه فیزیک، واحد قم، دانشگاه آزاد اسلامی، قم، ایران (نویسنده مسئول): fataneh_farahmand@yahoo.com
صاحبه فرمند قربان | مهندسی هسته‌ای، دانشکده علوم پایه، واحد قم، دانشگاه آزاد اسلامی، قم، ایران. Sahebeh.farahgh@gmail.com
پرویز زبده | گروه پرتو پزشکی، دانشکده علوم پایه، واحد قم، دانشگاه آزاد اسلامی، قم، ایران. p.zobdeh@aut.ac.ir

چکیده

هدف: پزشکی هسته‌ای علم استفاده از مواد رادیواکتیو به صورت رادیو دارو در امر تشخیص و درمان بیماری‌ها می‌باشد. در پزشکی هسته‌ای از رادیو ایزوتوپ‌های ساطع‌کننده فوتون‌های گاما جهت تصویربرداری و اسکن از اعضاء بدن جهت درمان استفاده می‌شود. لذا، باید شرایط استاندارد رعایت گردد تا مزایای استفاده از آن بسیار بیشتر از مضرات آن باشد. از آنجایی که در حال حاضر حضور کادر درمان در مراکز هسته‌ای یک امر ضروری است، لذا به دلیل قرارگیری مداوم در برابر خطرات ناشی از اشعه گاما، بسیار آسیب‌پذیر می‌باشند. ارزیابی میزان خطر مستلزم تعریف پارامترهای مؤثر بوده که همراه با عدم قطعیت می‌باشند. استفاده از منطق فازی به دلیل در نظر گرفتن عدم قطعیت‌ها، پاسخ بهینه‌تری نسبت به روش‌های دیگر خواهد داشت.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش با به کارگیری روش فازی، و به کمک ابزار گرافیکی نرم‌افزار متلب و تعیین پارامترهای ورودی (استفاده از علائم ایمنی؛ ضخامت دیواره سربی اتاقک پرتوگیری؛ وجود دزیمتر؛ وسایل حفاظت فردی کارکنان درمانی؛ تماس با بیمار دارو گرفته) و همچنین تک پارامتر خروجی (میزان آسیب) مناسب بوده و با تعیین قوانین توسط فرد خبره و سیستم استنتاج فازی ممدانی، مضرات اشعه گاما برای کادر درمان بررسی شد. **یافته‌ها:** نتایج به دست آمده برای ارزیابی مضرات تابش اشعه گاما برای کادر درمان در پنج مرکز پزشکی هسته‌ای منتخب در شهرهای مختلف ایران با به کارگیری سیستم فازی نشان داد که میزان آسیب بین ۱۰ تا ۱۳ می‌باشد. مراکزی که مورد بررسی قرار گرفتند، همگی در گستره متوسط ریسک واقع شده‌اند که در مرکز منتخب شماره (۵)، مقدار ریسک ۱۳ محاسبه شد.

نتیجه‌گیری: میزان آسیب برای مرکز منتخب شماره (۵) از سایر مراکز بیشتر است. لذا باید همه نکات ایمنی به طور کامل رعایت گردد، در غیر این صورت در درازمدت ممکن است کادر درمان با مشکلات مربوط به تابش اشعه گاما مواجه شوند.

کلیدواژه‌ها: اشعه گاما، پزشکی هسته‌ای، منطق فازی، کادر درمان، سیستم استنتاج فازی ممدانی.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۱۱؛ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۲/۱۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۰۷؛ تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۴/۰۲
استاد به این مقاله: تقی‌زاده فرمند، فغانه؛ فرمند قربان، صاحبه؛ زبده، پرویز (۱۴۰۳). تحلیل فازی میزان آسیب تابش اشعه گاما برای کادر درمان در مراکز پزشکی هسته‌ای. *بیولوژی کاربردی*، ۱۴(۲)، ص ۲۱-۳۲.

نوع مقاله: پژوهشی

© نویسندگان

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی واحد قم



۱. مقدمه

دگرگونی یک رادیو ایزوتوپ منجر به آزاد شدن انرژی اضافی به صورت پرتوهای هسته‌ای می‌شود. پرتوهای هسته‌ای اولین بار در دگرگونی سری‌های رادیواکتیو که به طور طبیعی وجود دارند، مشاهده شد. در سال ۱۹۱۰ میلادی پرتوهای حاصل از این سری‌های رادیواکتیو توسط آزمایشی به سه نوع پرتو که به آلفا، بتا و گاما نام‌گذاری شدند، تقسیم شد. پرتو گاما جزو طیف امواج الکترومغناطیس است. طول موج آن بسیار کوتاه و در بازه 0.01 تا 10 آنگستروم متغیر است. جرم آن در مقیاس اتمی صفر، سرعت آن برابر با سرعت نور، بار الکتریکی‌اش صفر و انرژی این فوتون‌ها در هسته‌های عناصر مختلف از 10 KeV تا 10 MeV متغیر است. طیف پرتو گاما همانند پرتو آلفا تک انرژی بوده و همه فوتون‌های گامای حاصل از یک عنصر رادیواکتیو، انرژی یکسان دارند. برد پرتو گاما در هوا خیلی زیاد است و به حدود چندین متر می‌رسد. در آب و بافت‌ها مسافتی حدود چندین سانتی‌متر تا متر را طی می‌کند. بنابراین، به راحتی می‌تواند از بدن انسان عبور کند (۱۹). لذا، از همین خاصیت استفاده کرده و اعضای درونی بدن توسط پرتو گاما عکسبرداری می‌شود. پرتو گاما برای انسان یک خطر خارجی محسوب شده و از لحاظ حفاظت، حائز اهمیت فوق‌العاده‌ای است. اشعه گاما جزء اشعه یون‌ساز بوده و قادر به یونیزه کردن ماده و نسوج است (بیگدلی‌راد، ۱۳۸۵). با توجه به مقدار ثابت دز قابل قبول و نیمه عمر حدود $5/3$ سال و انرژی نسبتاً بالا چشمه‌های کبالت 60 در میان چشمه‌های شناخته شده گاما، بیشترین مصرف را در پزشکی هسته‌ای دارند. کاربرد پرتوهای یون‌ساز در پزشکی از مفیدترین نوع کاربرد این پرتوها می‌باشد (۴). در پزشکی هسته‌ای در بیشتر موارد از تابش کننده‌های گاما استفاده می‌شود (۲۱). اشعه گامای مورد استفاده در روش‌های تشخیصی پزشکی هسته‌ای جز منابع با دز پایین محسوب می‌شود. از جمله خواص اشعه گاما عبارتند از:

(۱) غیرقابل رویت هستند؛

(۲) با خواص پنج‌گانه قابل درک نمی‌باشند؛

(۳) برای سلول‌های زنده مضر هستند؛

(۴) به صورت مستقیم حرکت می‌کنند؛

(۵) قابلیت نفوذ در مواد مختلف را دارند؛

(۶) در هنگام عبور از مواد، می‌توانند جذب یا پراکنده شوند (۱۹).

با شناخت پرتوهای ایکس و گاما توسط بشر، استفاده از این امواج الکترومغناطیس نافذ به سرعت در زمینه‌های مختلف گسترش یافته، به طوری که در بسیاری از روش‌های تشخیصی، درمان توده‌های

سرطانی و نیز رادیوگرافی صنعتی، شاهد به کارگیری روزافزون این امواج هستیم. به دلیل اجتناب ناپذیر بودن تشخیص و درمان بسیاری از ناهنجاری‌ها با استفاده از پرتوهای یونیزان و منافع منحصر به فرد آن، عدم استفاده از این پرتوها سلامت جامعه را به خطر می‌اندازد (۷). یکی از عوامل زیان‌آور در محیط کار، پرتوهای یون‌ساز می‌باشند که می‌توانند باعث ایجاد آسیب‌های جدی و برگشت ناپذیر و غیرقابل درمان، در افرادی که به نحوی با پرتو سروکار دارند و یا افرادی که جهت تشخیص و درمان مراجعه می‌نمایند، شود (۱). هنگامی که این آثار در فرد پرتودیده ظاهر شود، اثرات مذکور سوماتیک (جسمی) و در صورتی که در فرزندان و نسل فرد پرتودیده مشاهده شود، اثرات ارثی خوانده می‌شود. به طور کلی اثرات بیولوژیکی ناشی از پرتو به سه دسته ژنتیکی، قطعی (غیر احتمال) و احتمال تقسیم می‌شود. اثرات ژنتیکی اثراتی هستند که در افراد مورد تابش ظاهر نمی‌شوند، بلکه در نسل‌های بعد ظاهر می‌شوند. اثرات احتمالی به اثراتی از پرتو گفته می‌شود که معمولاً برای آن‌ها آستانه دزی وجود ندارد، مانند: لوسمی، انواع سرطان‌ها و کوتاهی عمر. برعکس اثرات غیراحتمالی اثراتی از پرتو هستند که عموماً برای آن‌ها حد آستانه دز وجود دارد، مانند: سرخی پوست، نکروز بافت‌ها (۶). اثرات پرتوهای یون‌ساز می‌تواند آسیب به مراکز خون‌ساز، دستگاه گوارش، دستگاه اعصاب مرکزی و عوارضی مثل آب مروارید، سرطان‌های مختلف، کوتاه شدن عمر، ریزش مو، عدم باروری و غیره باشد (۵).

مطالعات متعددی توسط محققین مختلف در مورد اشعه گاما صورت گرفته که به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود. ندافی و همکاران (۱۶) در تحقیقی با «عنوان دُز دریافتی مردم رامسر در اثر مواجهه با پرتوهای گاما در داخل منازل» دریافتند که دُز مؤثر سالیانه مردم در مواجهه با پرتوهای گامای محیطی در داخل منازل در رامسر تقریباً ۶/۱ برابر میانگین جهانی است. باباپور مفرد و همکاران (۳) در بررسی طراحی مویک بهینه برای نويززدایی از طیف انرژی رادیو ایزوتوپ‌های گسیلنده پرتو گاما جهت استخراج برهمکنش‌های غالب، دریافتند که استفاده از مویک بهینه طراحی شده در نويززدایی طیف، باعث بهبود ۱۵ درصدی سیگنال به نویز، نسبت به مویک‌های استاندارد هم‌طول می‌شود. فاروقی و صالحی باروق (۸) در پژوهشی با عنوان «بررسی تأثیر پرتو گاما بر سطوح پلاسمایی مس و منگنز در کارکنان پزشکی هسته‌ای»، دریافتند که یکی از مکانیسم‌های اثر منفی اشعه گاما بر روی سلول‌ها، احتمالاً کاهش سطح عنصر مس می‌باشد که ممکن است با افزایش آسیب‌های اکسیداتیوی همراه باشد و با توجه به نقش آنتی اکسیدانی مهم عنصر مس در بدن و فرآیندهای داخلی سلولی، مصرف مکمل‌های آنتی اکسیدانی در افرادی که در ارتباط با اشعه گاما هستند، توصیه می‌گردد.

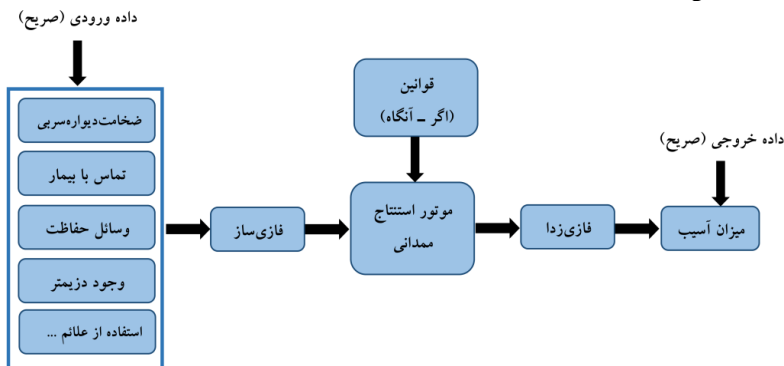
صدرممتاز و قاسمی‌نژاد (۱۸) در پژوهشی دُز دریافتی پرتوها توسط کارکنان سه مرکز پزشکی

هسته‌ای در استان گیلان را ارزیابی کردند و دریافتند که لازم است مقدار پرتوگیری کارکنان را در کنار پرتوگیری بیماران کاهش داد و چون در تحقیق آن‌ها دُز دریافتی پرستاران نسبت به سایر کارکنان بیشتر بود، اولویت با پرستاران است. لازم به ذکر است که تشخیص بیماری و درمان آن می‌تواند با سطوح مختلفی از عدم اطمینان و عدم دقت همراه باشد که این مسئله در پزشکی یک امر ذاتی و انکارناپذیر است. برای بالا بردن راندمان درمان در پزشکی هسته‌ای باید سعی گردد در طی تشخیص و درمان بیماری، کادر درمان یا هیچ‌گونه خطری را متحمل نشوند، و یا میزان آسیب به حداقل و سطح نرمال برسد. برای مقابله با عدم دقت و عدم اطمینان در تشخیص بیماری و درمان، می‌توان از منطق فازی کمک گرفت. به دلیل اهمیت اثرات مخرب اشعه گاما در بدن انسان در پرتونگاری لازم است پارامترهای کنترل‌کننده کاهش مضرات اشعه گاما در تصویربرداری با استفاده از روش‌های مختلف مانند منطق فازی بررسی شود. چون در روش منطق فازی، عدم قطعیت‌ها نسبت به روش‌های دیگر بهبود بخشیده می‌شود، می‌تواند یکی از بهترین روش‌ها برای ارزیابی میزان آسیب باشد. در حال حاضر، منطق فازی در شاخه‌های گوناگون علم مانند کاربرد کامپیوتر، کشاورزی، پزشکی و در حمل‌ونقل مورد استفاده قرار گرفته است. توانایی منطق فازی در کار با عدم قطعیت‌ها باعث برتری این تئوری در مدل کردن پدیده‌های طبیعی شده است. چون پیشگیری از آسیب بهتر از درمان بعد از آسیب است، در این پژوهش با استفاده از منطق فازی مضرات و خطرات ناشی از اشعه گاما برای کارکنان در پزشکی هسته‌ای مورد بررسی قرار می‌گیرد و عدم قطعیت‌ها نسبت به روش‌های دیگر بهبود بخشیده می‌شوند.

۲. مواد و روش‌ها

پس از گذشت دو دهه از معرفی تئوری فازی توسط لطفی‌زاده (۱۹۶۵)، تئوری مجموعه فازی به یک بلوغ رسیده و پیشرفت‌های چشمگیری در استفاده از این تئوری در پیشبرد علم به‌دست آمده است. به‌عنوان نمونه مطالعات مختلفی در پزشکی هسته‌ای با استفاده از منطق فازی صورت می‌گیرد که می‌توان به برخی از آن‌ها از جمله تشخیص تومور سرطان سینه و درمان با منطق فازی (۱۳، ۱۵، ۱۱، ۱۴) و همچنین تشخیص تومور مغزی به کمک منطق فازی (۱۷) و سیستم تشخیص پزشکی (۲) اشاره نمود. توانایی منطق فازی در کار با عدم قطعیت‌ها باعث برتری این تئوری در مدل کردن پدیده‌های طبیعی مانند تابش سالم اشعه گاما در پزشکی هسته‌ای شده است. سیستم خبره فازی یک برنامه کامپیوتری است که توانایی حل مسئله توسط یک فرد خبره را مدل می‌کند و ابزاری توانمند و انعطاف‌پذیر برای مدل‌سازی عدم قطعیت‌ها و عدم صراحت‌های موجود در دنیای واقعی به‌شمار

می‌آید. برخلاف مجموعه کلاسیک که مرز مشخصی داشته و یک عضو یا متعلق به مجموعه هست یا نیست و حالت بینابینی وجود ندارد، یک مجموعه فازی مرز مشخصی ندارد و انتقال از شمول به عدم شمول، به صورت تدریجی صورت می‌گیرد. در منطق فازی بین هست و نیست حالت بینابینی وجود دارد (سفید، خاکستری و یا سیاه) و هر عضو مجموعه در مجموعه فازی درجه عضویتی به مجموعه دارد که مابین (۰ تا ۱) است. در مطالعه به روش منطق فازی پس از تعیین پارامتر (x) مؤثر در تحقیق، ابتدا پارامترها به متغیرهای زبانی مانند کم، متوسط و زیاد، تبدیل می‌شوند. سپس به کمک تابع عضویت $\mu(x)$ که به مدل توابع مختلفی (مثلی، دوزنقه‌ای، گوسین، زنگوله‌ای و ...) قابل تعریف است، متغیرهای زبانی فازی می‌شوند. پس از تنظیم قوانین که براساس قضایای شرطی و نظر فرد خبره وضع می‌گردند، با استفاده از سیستم استنتاج فازی، پردازش روی داده‌ها صورت گرفته و در انتها خروجی دریافت می‌شود که اگر خروجی به صورت فازی باشد، توسط تابع فازی‌زدای مناسب به عدد تبدیل می‌گردد. به طور کلی برای استخراج خروجی در منطق فازی مراحل مطابق چارت نشان داده شده در شکل (۱) صورت گرفت.



شکل ۱- شماتیک مراحل تحلیل فازی

در این پژوهش از ۵ پارامتر ورودی و یک پارامتر خروجی استفاده شده است

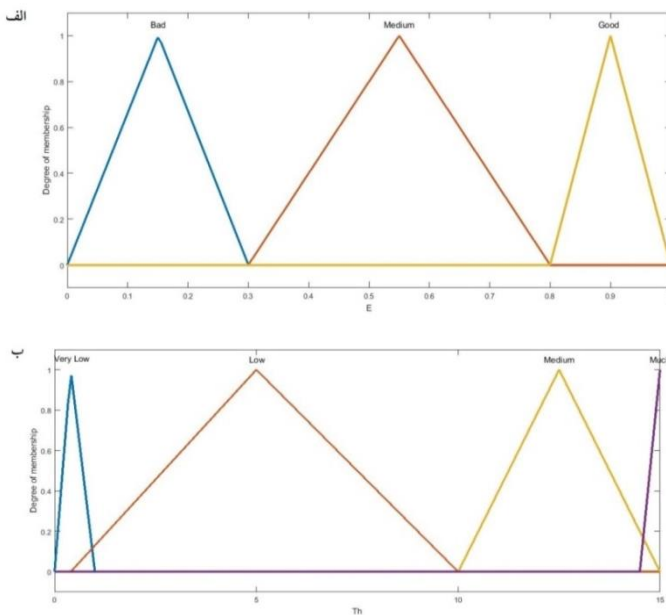
۱-۲. پارامترهای ورودی

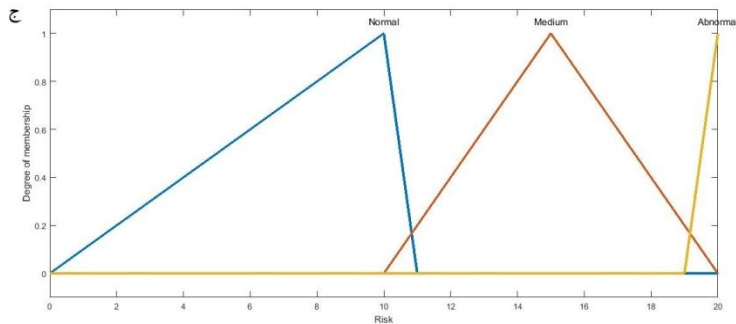
پارامترهای متعددی در آسیب‌پذیری کادر درمان در مراکز پزشکی هسته‌ای مؤثر هستند، ولی به دلیل اینکه پژوهش حاضر درصدد بود از همه قوانین موجود بین پارامترهای ورودی و خروجی استفاده کند، و به دلیل افزایش قوانین با افزایش ورودی‌ها، ۵ ورودی زیر در نظر گرفته شد که عبارتند از: استفاده از علائم ایمنی؛ ضخامت دیواره سربی اتاقک پرتوگیری؛ وجود دزیمتر؛ وسایل حفاظت فردی کارکنان درمانی؛ تماس با بیمار دارو گرفته؛ و همچنین تک پارامتر خروجی، میزان آسیب است.

۳. مشاهده‌ها

برای اینکه پارامترهای مورد نیاز سیستم فازی به صورت مجموعه‌های فازی تعریف شوند، ابتدا توابع عضویت مثلی برای پارامترها تعریف شد که برای نمونه چند تابع عضویت برای پارامترهای ورودی و خروجی در شکل (۲ الف-ج) نشان داده شده است. شکل (۲ قسمت الف و ب) به ترتیب مربوط به توابع عضویت پارامترهای ورودی استفاده از وسایل حفاظت فردی کادر درمانی و مقدار ضخامت دیوار سربی اتاقک پرتوگیری می‌باشد و قسمت (ج) مربوط به توابع پارامتر خروجی آسیب می‌باشد.

۹۶ قانون فازی برای سیستم استنتاج توسط فرد خبره تعیین شد. به عنوان نمونه یکی از قواعد عبارت است از: اگر ضخامت دیواره سربی زیاد، استفاده از وسایل حفاظتی خوب، استفاده از دُزیمتر نرمال، استفاده از علائم ایمنی نرمال، و تماس با بیمار غیرنرمال باشد، آنگاه میزان آسیب، نرمال خواهد بود. در راستای ایجاد یک سیستم استنتاج فازی، از رابط گرافیکی جعبه ابزار منطق فازی در نرم افزار متلب استفاده شد. با توجه به اینکه روش ممدانی مناسب در مورد ورودی‌های تعریف شده توسط فرد خبره و با توجه به شهودی بودن روش و مقبولیت گسترده، در این پژوهش از سیستم استنتاج فازی ممدانی استفاده شده است. داده‌های مورد استفاده در این پژوهش از پنج مرکز پزشکی هسته‌ای منتخب جمع‌آوری شده در جدول (۱) آمده است.





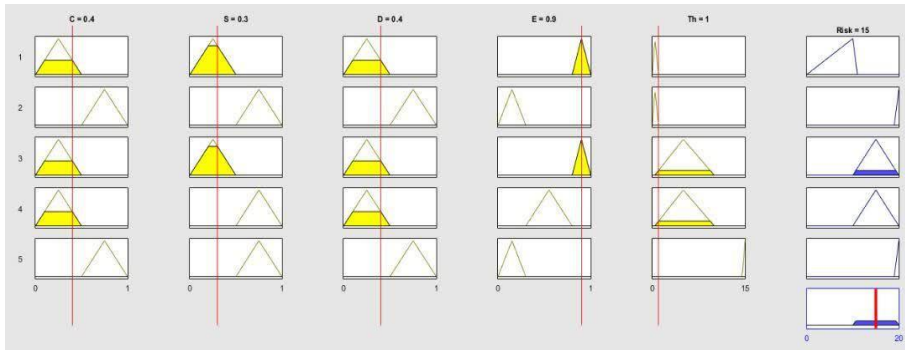
شکل ۲- الف و ب) پارامتر ورودی استفاده از وسایل حفاظت فردی کادر درمانی و مقدار ضخامت دیوار سربی اتاقک پرتوگیری، و ج) پارامتر خروجی آسیب

جدول ۱- پارامترهای ورودی و پارامتر خروجی برای مراکز پزشکی هسته‌ای در شهرهای مختلف

پارامتر	مرکز پزشکی هسته‌ای	مرکز منتخب ۱	مرکز منتخب ۲	مرکز منتخب ۳	مرکز منتخب ۴	مرکز منتخب ۵
استفاده از علائم ایمنی S	۰/۴	۰/۵	۰/۵	۰/۳	۰/۲	۰/۵
ضخامت دیواره سربی Th	۱	۱	۱	۱	۱	۱
وجود دزیتر D	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۴	۰/۵	۰/۵
وسایل حفاظت فردی کادر درمان E	۱	۱	۱	۰/۹	۰/۸	۰/۷
تماس با بیمار دارو گرفته C	۰/۵	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۳	۰/۵
ریسک	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۳

بعد از اعمال قوانین و استفاده از سیستم استنتاج فازی، خروجی فازی به دست آمد که به کمک فازی‌زدای مرکز جرم، مقدار فازی به عدد تبدیل شد.

در شکل (۳) به‌کارگیری پنج قانون بر روی داده‌ها و نتیجه سیستم استنتاج فازی برای ارزیابی ریسک تابش اشعه گاما در مراکز پزشکی هسته‌ای نشان داده شده است. بعد از اعمال هر قانون نتیجه سیستم استنتاج فازی به صورت یک تابع عضویت در ستون سمت راست به دست می‌آید که پس از اعمال تمام قوانین، نتایج استخراج شده برانبارش می‌شوند و به کمک فازی‌زدا نتیجه فازی به عدد تبدیل می‌گردد و میزان ریسک مشخص می‌شود.



شکل ۳- فرآیند استنتاج فازی در ارزیابی تابش اشعه گاما در مراکز پزشکی هسته‌ای برای سه قانون

۴. نتیجه‌گیری

نتایج به دست آمده برای ارزیابی مضرات تابش اشعه گاما برای کادر درمان در پزشکی هسته‌ای با به‌کارگیری سیستم فازی در بین مراکز پزشکی هسته‌ای در مراکز منتخب (۱ تا ۵) نشان دادند که مراکزی که مورد بررسی قرار گرفتند، همگی در گستره متوسط ریسک واقع شده‌اند که در مرکز منتخب شماره (۵)، کادر درمان از نظر تابش اشعه گاما در ریسک بالاتری نسبت به سایر مراکز قرار دارند. در مرکز شماره (۵) از علائم ایمنی به خوبی استفاده نمی‌شود و دُزیمتر وجود دارد و ضخامت دیواره سربی در گستره کم است. کادر درمان با بیمارانی که تحت درمان هستند و دارو دریافت می‌کردند، در تماس بوده و استفاده از وسایل حفاظت ایمنی در کارکنان به طور متوسط است. در نتیجه ریسک تابش اشعه گاما برای کادر درمان در این مرکز ۱۳ برآورد شد که در گستره ریسک متوسط قرار دارد. به این معنی که علاوه بر رعایت همه نکات ایمنی، استفاده از وسایل حفاظت و ایمنی کادر درمان و همچنین تماس با بیمار، از اهمیت برخوردار است و باید اصول ایمنی و استاندارد رعایت گردد. به نظر می‌رسد وزارت بهداشت و درمان در خصوص ایمنی و حفاظت کادر درمان در مراکز پزشکی هسته‌ای باید مراقبت‌های بیشتر، مستمر و جدی‌تری انجام دهد.

مطالعه موردی برای ارزیابی دُز دریافتی پرتوها توسط کارکنان در سه مرکز پزشکی هسته‌ای در استان گیلان توسط صدرممتاز و قاسمی‌نژاد (۱۸)، نشان داد که دُز جذبی سالانه کارکنان در گستره ۰/۰۵ تا ۰/۷۲ میلی‌سیورت با میانگین ۰/۱۱ میلی‌سیورت بود که کمترین آن مربوط به متخصصان پزشکی هسته‌ای در یک مرکز و بیشترین آن به پرستاران مرکز دیگر اختصاص داشت. دوز دریافتی همه کارکنان کمتر از ۶ میلی‌سیورت در بازه دو ماه بود. این پژوهش نشان داد که لازم است مقدار پرتوگیری کارکنان در کنار پرتوگیری بیماران، کاهش داده شود. چون در این تحقیق دوز دریافتی

پرستاران نسبت به سایر کارکنان بیشتر بود، اولویت با پرستاران است. همچنین قاضی خانلوثانی و همکاران (۱۰) در بررسی تاثیر روپوش‌های سربی در کاهش دُز دریافتی کارکنان بخش‌های پزشکی هسته‌ای، نشان دادند که استفاده از روپوش‌های سربی معمولی معادل با ۰/۵ میلی‌متر سرب، سبب کاهش آهنگ پرتوگیری می‌شود. اخیراً کرمی و ذبیح‌زاده (۱۲) نیز در بررسی وضعیت حفاظت در برابر پرتوهای یونیزاسیون در مراکز پرتو تشخیصی ایران، با بررسی سیستماتیک ۳۹ مقاله از بین مقالات مرتبط منتشر شده، دریافتند که علی‌رغم گسترش استفاده از پرتو در امر تشخیص، وضعیت حفاظتی مراکز پرتو تشخیصی کشور در ۲۸ سال گذشته تغییر قابل توجهی نداشته است. لذا، به نظر می‌رسد باید یک برنامه استراتژیک ملی بر پایه ارزیابی نیازها و اولویت‌ها به‌وسیله وزارت بهداشت و امور حفاظت در برابر اشعه سازمان انرژی اتمی اتخاذ و به‌طور جدی و با نظارت مستمر در مراکز پرتو تشخیصی کشور اجرا شود. نتایج به‌دست آمده از مطالعات انجام شده قبلی در توافق خوبی با مطالعه حاضر است که نشان می‌دهد باید نکات ایمنی به‌طور کامل رعایت گردد؛ در غیر این صورت در درازمدت برای کادر درمان مشکلات مواجهه با تابش اشعه گاما اتفاق خواهد افتاد. لازم به ذکر است در روش مطالعات معمولی که به تعداد محدودی تاکنون انجام شده است، پارامترها به‌صورت مجزا در نظر گرفته می‌شوند. سیستم فازی پیشنهادی با توجه به اینکه عدم قطعیت‌ها را برای پارامترها در نظر می‌گیرد، دقیق‌تر است و در سیستم استنتاج فازی، محاسبات ریاضی ارزیابی آسیب کمتر شده و سیستم فازی باعث ساده‌سازی فرآیند ارزیابی خطر می‌شود. به‌علاوه، انعطاف‌پذیری سیستم استنتاج فازی براساس دانش فرد خبره برای حل مسائل پیچیده‌ای چون برآورد خطر پدیده‌های طبیعی و پیچیده و ساده‌سازی پردازش تحلیل خطر با در نظر گرفتن عدم قطعیت‌ها، با بهبود قطعیت، می‌تواند به محققان و پژوهشگران کمک کند. لذا نتایج پژوهش حاضر از اعتبار خوبی برخوردار است و سیستم فازی طراحی شده با قوانین فرد خبره یک رفتار صحیحی برای ارزیابی میزان آسیب در مقابل اشعه گاما برای کادر درمان را دارا می‌باشد.

References

1. Amirzadeh F & Tabatabaie S H R. Survey of radiation protection awareness among radiation workers in Shiraz hospitals. *Iranian Journal of Nuclear Medicine*. 2005; 13(2): 38-43.
2. Awotunde J B, Matiluko O E & Fatai O W. Medical Diagnosis System Using Fuzzy Logic. *African Journal of Computing & ICT*. 2014; 7(2): 99-106.
3. Babapour Mofrad F, Ahmadi H & Fayazi A. A novel technique in optimal wavelet design for gamma spectrum (co-60) de-noising. *journal of sciences (islamic azad university)*. 2009; 19(71): 9-26. [in persian]
4. Benini A A. Simulation of the Effectiveness of Protection and Assistance for Victims of Armed Conflict (Sepavac): An Example from Mali, West Africa. *Journal of Contingencies and Crisis Management*. 1993; 1(4): 215-228.
5. Bighdelirad M A. *Safety tips and protection recommendations*. Qazvin University of Medical Sciences and Health Services, 2009. [in persian]
6. Bushberg J T, Seibert J A, Leidholdt E M & Boone J M. *The Essential Physics of Medical Imaging*. Wolters Kluwer Health, 2011.
7. Dowd S B & Tilson E R. *Practical radiation protection and applied radiobiology*. Philadelphia, 1999.
8. Faroughi F & Salehi Barough M. Effects of Gamma Radiation on Plasma Levels of Cu and Mn in Nuclear Medicine Staff. *Iran South Med J*. 2018; 21(3): 242-252. [in persian]
9. Fatahi-Asl J, Tahmasebi M & Karami V. The Protection knowledge and performance of Radiographers in some hospitals of Ahvaz County. *Jentashapir J Health Res*. 2013; 4(5): 405-415.
10. Ghazi Khanlou Sani K, Momenneshad M, Zakavi S R & Sabzevari S. Effect of lead aprons on decreasing the dose received by personnel in nuclear medicine departments. *Journal of Babol University of Medical Sciences*. 2009; 10(5): 30-34. [in persian]
11. Kamil M Y & Salih A M. Breast Tumor Detection Via Fuzzy Morphological Operations . *International Journal of Advanced Pervasive and biquitous Computing*. 2019; 11(1).
12. Karami V & Zabihzadeh M. Radiation Protection in Diagnostic X-Ray Imaging Departments in Iran: A Systematic Review of Published Articles. *J Mazandaran Univ Med Sci*. 2016; 26(135): 175-188. [in persian]
13. Kovalerchuk B, Triantaphyllou E, Ruiz J F & Clayton J. Fuzzy logic in computer-aided breast cancer diagnosis: analysis of lobulation *Artificial Intelligence in Medicine*. 1997; 11: 75-85.
14. Langarizadeh M & Mahmud R. Determination of Breast Density Using Fuzzy Logic. *Payavard*. 2014; 8(3): 210-219. [in persian]
15. Muhic I. Fuzzy Analysis of Breast Cancer Disease using Fuzzy c-means and Pattern Recognition. *Southeast Europe Journal of Soft Computing*. 2013; 2(1): 50-55.
16. Naddafi K, Salehi A A, Kardan M R, Fathabadi N, Yunesian M, Nabizadeh-Nodehi R, Deevband M R & Gooniband Shooshtari M. Population doses due to indoor gamma radiation exposure in Ramsar. *Journal of Radiation Safety and Measurement*. 2017; 6(4):

- 35-42. [in persian]
17. Rezaei S A. & Taherinia A H. *Fuzzy expert system diagnosis of brain tumor*. In: National Conference on Modern Research in Science and Technology, 2017. [in persian]
18. Sadre Momtaz A R & Ghasemi Nezhad Z. Study of the Workers Absorbed Dose on the Basis of their Organizational Post in Three Nuclear Medicine Clinics in Guilan Province. *JGUMS*. 2012; 21(81): 53-61. [in persian]
19. Samimi B. *Guide to occupational health conditions and ionizing radiation control in metal industries (Steel, automotive, machine building)*. Tehran: Ministry of Health and Medical Education, Deputy Health Officer, 2019. [in persian]
20. Steyn Ph F & Uhrig J. The role of protective lead clothing in reducing radiation exposure rates to personnel during equine bone scintigraphy. *Veterinary Radiology & Ultrasound*. 2005; 46(6): 529-532.
21. White S, Gingold E & Yester M. The effectiveness of lead aprons for radiation protection in nuclear medicine (Abstract). *Medical Physics*. 2001; 28(6): 1277-8.