



بیست و یکمین کنفرانس هسته‌ای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

استفاده از شبکه عصبی مصنوعی RBF در پیش‌بینی درصد عناصر سیمان بر مبنای آنالیز فعال‌سازی نوترونی

احسان افتخاری زاده: سیدامیر حسین فقهی: عباس رضایی: غلامحسین روشنی: اسماعیل بیات: مهدی ایمانی

^۱ دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده مهندسی هسته‌ای، گروه کاربرد پرتوها

^۲ دانشگاه صنعتی کرمانشاه، دانشکده مهندسی برق

^۳ دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده مهندسی هسته‌ای، گروه پرتوزشکی

چکیده:

این مقاله کاربرد شبکه عصبی را به منظور تعیین درصدهای عناصر سیمان (به طور عمده شامل Fe, Al, Si, Ca) با استفاده از طیف‌های گامای تأخیری ناشی از هسته‌های فعال که در اثر گیراندازی نوترون در ماده ایجاد شده اند به صورت الگوهایی که به وسیله کد ترابرد N -ذره‌ای مونت کارلو (نسخه ۲.۷) شبیه‌سازی شدند، توصیف می‌کند. شبکه RBF با چهار قله‌خاص مربوط به Fe, Al, Si, Ca که به عنوان ورودی‌ها استخراج شدند توسعه یافت. نتایج حاصل از مدل RBF پیشنهادی سازگاری خوبی بین مقادیر شبیه‌سازی و پیش‌بینی شده را نشان می‌دهد.

کلمات کلیدی: تابع پایه شعاعی، مدل‌سازی، $MCNPX$ ، پیش‌بینی درصدهای عناصر سیمان، آنالیز فعال‌سازی نوترونی

مقدمه

آنالیز فعال‌سازی نوترونی (NAA) یک روش مهم در آنالیز کمی چندعنصری است [۱] که شالوده آن به مشخصات هسته‌ای و نه شیمیایی ایزوتوپ‌های عنصر بستگی دارد. از مزیت‌های NAA می‌توان به عدم نیاز آن به آماده‌سازی نمونه و دقیق‌تر بودن آن نسبت به روش‌های دیگر اشاره کرد. در شبکه عصبی مصنوعی^۱ که بر پایه تقلید از رفتار مغز انسان و سیستم عصبی بنا نهاده شده است بیشتر محاسبات پیچیده طی فرایند آموزش و قبل از آنالیز رخ می‌دهد؛ لذا وقتی ANN از قبل آموزش داده می‌شود، در حین کار آنالیز با سرعت بیشتری انجام می‌شود. شبکه عصبی مصنوعی بارها در تکنیک‌های مختلف هسته‌ای مورد استفاده قرار گرفته است. وگا-کاریلو^۲ و همکاران از ترکیب طیف‌سنجی نوترون و شبکه‌های عصبی مصنوعی استفاده کردند [۲]. طبقه‌بندی، خوشه‌بندی و پیش‌بینی از بیشترین کاربردهای ANNها هستند.

^۱Artificial Neural Network

^۲Vega-Carrillo



بیست و یکمین کنفرانس هسته‌ای ایران

۷ و ۶ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

در این مقاله، روش RBF به منظور تفسیر داده‌های طیفی ناشی از آنالیز فعال‌سازی نوترونی مورد استفاده قرار گرفته است. درصد‌های مختلف سیمان که تحت تابش چشمه نوترونی شکافت قرار داده شد با استفاده از MCNPX شبیه‌سازی گردید و طیف‌های گامای تأخیری آن‌ها بدست‌آمد. چهار قله مشخصه این طیف‌ها به عنوان ورودی‌های ANN و درصد‌های هر عنصر به عنوان خروجی‌های آن در نظر گرفته شد.

روش کار

شبیه‌سازی مونت کارلو

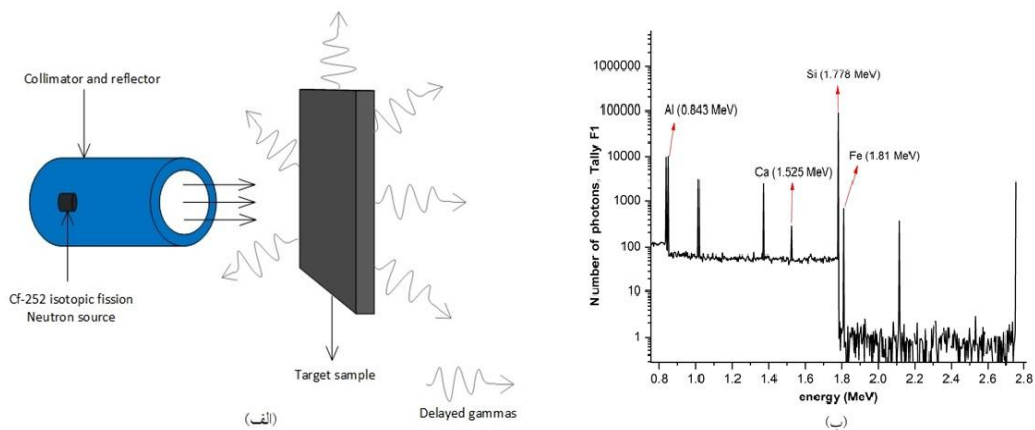
MCNPX 2.7 یک کد ترابرد پرتو مونت کارلو است [۳] که توانایی‌هایی شامل مدل کردن هندسه سه‌بعدی، ترابرد ۳۴ نوع ذره مختلف و... را دارد. در اینجا از ویژگی جدید ACT card مربوط به MCNPX 2.7 برای شبیه‌سازی طیف‌های گامای تأخیری تولید شده در NAA استفاده شده است. این ویژگی، شبیه‌سازی‌های ترابرد گامای تأخیری را در انرژی‌های گسسته که توسط محصولات شکافت و فعال‌سازی نوترونی ایجاد می‌شود، به صورت خودکار فراهم می‌نماید. در طیف‌های گامای تولیدشده بوسیله کد MCNPX با تعیین مناسب‌ترین قله گامای تولید شده به سبب فعال‌سازی نوترونی، منحصراً یک ویژگی خاص برای هر عنصر استخراج گردید و لذا در عمل، قله‌های گامای مزاحم احتمالی در نظر گرفته نمی‌شوند. جدول ۱ مدهای تولید، نیمه‌عمرها، متداول‌ترین انرژی‌های گاما و فراوانی آنها را برای این عناصر که در آنالیز فعال‌سازی نوترون مشاهده می‌شود نشان می‌دهد.

جدول ۱: مدهای تولید، نیمه‌عمرها و متداول‌ترین انرژی‌های تابش گاما و فراوانی آنها برای رادیو ایزوتوپ‌هایی که در آنالیز فعال‌سازی نوترونی مشاهده می‌شوند [۴].

مد تولید	فراوانی	انرژی (keV)	نیمه عمر	ایزوتوپ
۴	71.4-28.6	843*-1014	9.46 m	
	100	1778	2.24 m	
	18.08	1525	12.36 h	
۵	98.87-27.19- 14.34	846-1810* 2113	2.58 h	

* انرژی پرتو گامایی که برای استفاده در محاسبات اکتیویته توصیه می‌شود.

ماده سیمان در فایل ورودی MCNPX با وزن‌های مختلف برای هر عنصر تعریف شد تا یک پایگاه داده برای آموزش شبکه پیشنهادی در پیش‌بینی کمی درصد‌های عناصر سیمان فراهم گردد. یک کتابخانه از طیف‌ها شامل ۳۰ عضو ایجاد شد. هندسه استفاده شده برای تولید پایگاه داده برای شبکه پیشنهادی در شکل (۱-الف) آمده است. شکل (۱-ب) طیف گامای تأخیری برای یک نمونه سیمان را نشان می‌دهد.



شکل ۱: (الف) شماتیک چشمه و هندسه شبیه‌سازی شده که برای تولید پایگاه داده طیف‌های گامای تأخیری استفاده می‌شود. (ب) یک طیف گامای تأخیری نوعی که به وسیله کد MCNPX برای ماده سیمان ایجاد می‌گردد.

تعداد فوتون‌ها با انرژی 0.843 MeV، 1.525 MeV، 1.778 MeV و 1.81 MeV که به ترتیب مربوط به Al، Ca، Si و Fe هستند به عنوان ورودی‌های ANN در نظر گرفته شدند.

شبکه تابع پایه شعاعی^۳ (RBF)

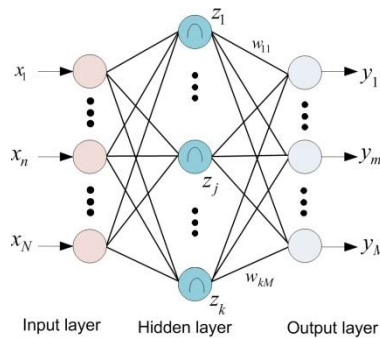
در حوزه مدل‌سازی ریاضی، شبکه تابع پایه شعاعی (RBF) یک شبکه عصبی مصنوعی است که از توابع پایه شعاعی به عنوان توابع فعال‌سازی استفاده می‌کند. خروجی شبکه یک ترکیب خطی از توابع پایه شعاعی ورودی‌ها و پارامترهای نورونی است. RBF دارای سه لایه ورودی، مخفی (با یک تابع فعال‌سازی RBF غیرخطی) و خروجی خطی است (شکل ۲).

³ Radial Basis Function



بیست و یکمین کنفرانس هسته‌ای ایران

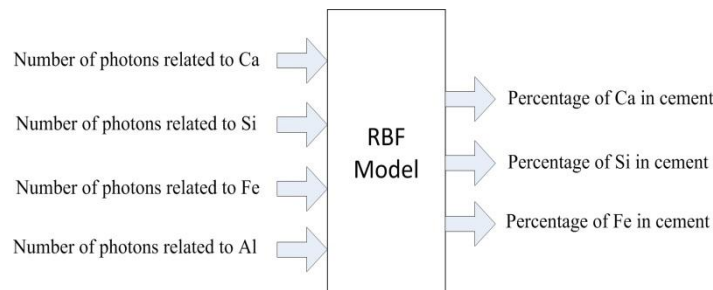
۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان



شکل ۲: ساختار RBF

مدل پیشنهادی RBF

در این مقاله شبکه RBF برای تعیین درصدهای عناصر در سیمان استفاده می‌شود. شماتیک مدل RBF پیشنهادی در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳: مدل RBF پیشنهادی

۳۰ داده تولید شده برای مدل پیشنهادی به دو مجموعه تقسیم‌بندی شد: آموزش و آزمون. حدود ۷۰٪ داده‌ها برای آموزش و ۳۰٪ برای آزمون مدل RBF پیشنهادی انتخاب شدند. بهترین شبکه RBF با ۳۰ نورون در لایه مخفی بدست آورده می‌شود.

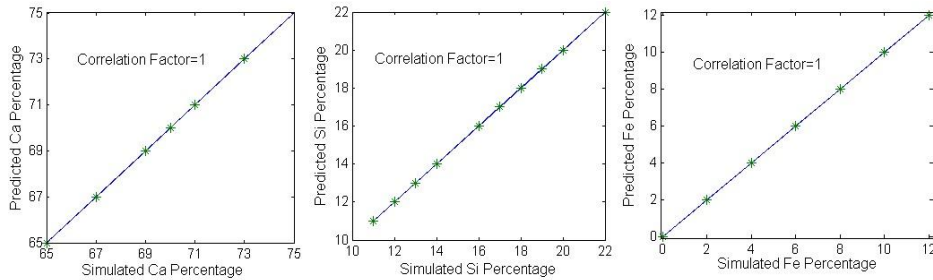
نتایج

مقایسه بین مقادیر پیش‌بینی شده و شبیه‌سازی شده با استفاده از مدل RBF پیشنهادی در شکل ۴ و ۵ نشان داده شده است. با توجه به شکل‌ها واضح است که مقادیر پیش‌بینی شده به کمک مدل RBF پیشنهادی با داده‌های شبیه‌سازی شده مطابقت خوبی دارد.

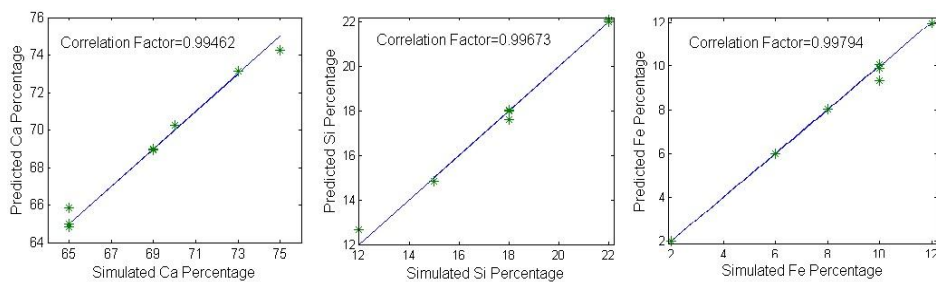


بیست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان



شکل ۴: مقایسه بین نتایج مدل RBF و شبیه‌سازی شده برای داده‌های آموزشی



شکل ۵: مقایسه بین نتایج مدل RBF و شبیه‌سازی شده برای داده‌های آزمون

جدول ۲ نتایج شبیه‌سازی (MCNPX) و پیش‌بینی شده (ANN) را برای داده‌های آموزش و آزمون نشان می‌دهد (داده‌های آزمون با قلم ضخیم نشان داده شده است). کاملاً مشخص است که درصدی پیش‌بینی شده Ca, Si و Fe به وسیله مدل RBF به نتایج شبیه‌سازی بسیار نزدیک هستند. جدول ۲: داده‌هایی که برای آموزش و آزمون شبکه و درصدی پیش‌بینی شده استفاده شدند

شبیه‌سازی شده				پیش‌بینی شده با استفاده از RBF					
تعداد فوتون‌های مربوط به Ca	تعداد فوتون‌های مربوط به Si	تعداد فوتون‌های مربوط به Fe	تعداد فوتون‌های مربوط به Al	Ca %	Si %	Fe %	Ca %	Si %	Fe %
1820	92377	7000	10122	65	22	8	65	22	8
1780	83752	7040	10065	67	20	8	67	20	8
1590	66867	6890	9937	71	16	8	71	16	8
1530	58387	6780	9887	73	14	8	73	14	8
1590	50037	6750	9825	75	12	8	75	12	8
1730	92515	3510	14979	65	22	4	65	22	4



بیست و یکمین کنفرانس هسته‌ای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

1810	92462	5290	12587	65	22	6	65	22	6
1820	92377	7000	10122	65	22	8	65	22	8
1700	92287	10620	5099	65	22	12	65	22	12
1540	48243	8670	16713	70	11	10	70	11	10
1520	55973	8650	13651	70	13	10	70	13	10
1640	70808	8710	7511	70	17	10	70	17	10
1700	78246	8680	4441	70	19	10	70	19	10
1600	76311	7030	13140	67	18	8	67	18	8
1710	75432	5170	12434	69	18	6	69	18	6
1600	74410	3390	11756	71	18	4	71	18	4
1660	72590	0	10432	75	18	0	75	18	0
1830	92542	1760	17343	65	22	2	65	22	2
1770	83994	3490	14894	67	20	4	67	20	4
1590	66867	6890	9937	71	16	8	71	16	8
1530	58161	8560	7432	73	14	10	73	14	10
1640	75197	6960	10006	69	18	8	68.9	18	8
1830	92542	1760	17343	65	22	2	65	22	2
1740	92342	8810	7624	65	22	10	64.8	22	10.1
1650	63281	8700	10573	70	15	10	70.2	14.8	9.8
1670	77297	8880	13856	65	18	10	65.83	17.62	9.3
1650	73515	1630	11087	73	18	2	73.1	17.9	1.8
1710	75432	5170	12434	69	18	6	69	18	6
1530	49474	10310	4929	75	12	12	74.25	12.6	11.9

بحث و نتیجه‌گیری

در این مقاله یک مدل RBF برای تعیین درصد‌های عناصر موجود در سیمان (عمدتا Ca، Si، Al و Fe) که برای تولید انواع سیمان بسیار اهمیت دارند بر اساس داده‌های شبیه‌سازیتوسعه یافت. مقایسه بین مقادیر شبیه‌سازی شده و پیش‌بینی شده سازگاری خوبی را بین آنها نشان می‌دهد. بدین ترتیب



بیست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۷ و ۸ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

می‌توانیم از این مدل به عنوان یک ابزار برای بدست آوردن درصد Al و Fe, Si, Ca در سیمان با سرعت و دقت بالا استفاده نماییم.

مراجع:

- [1] Tin Win, D., Neutron Activation Analysis(NAA), AU J.T., 8, 8-14, 2004.
- [2] Héctor René Vega-Carrillo, Víctor Martín Hernández-Dávila, Eduardo Manzanares-Acuña, Gema A. Mercado Sánchez, Maria Pilar Iñiguez de la Torre, Raquel Barquero, Francisco Palacios, Roberto Méndez Villafañe, Tarcicio Arteaga Arteaga, José Manuel Ortiz Rodriguez, Neutronspectrometry using artificial neural networks, Radiation Measurement ,41, 425-431, 2006.
- [3] Pelowitz, D.B. et al, MCNPX 2.7.E Extensions. Los Alamos National Laboratory Report LAUR-11-01502, 2011.
- [4] IAEA-TECDOC-564, PRACTICAL ASPECTS OF OPERATING A NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS LABORATORY, 1990.