

کار آیی زئولیت و اسید سیتریک در کنترل رشد کپک و تولید آفلاتوکسین در ضایعات نان های خشک در سطح شهر مشهد و مدل سازی آن به روش شبکه های عصبی مصنوعی

زهره معصومیان^{۱*}، مسعود یاورمنش^۲، مصطفی شهیدی نوقابی^۳، محمود صادقی^۴،
محمد سهرابی بالسنی^۵

۱- کارشناسی ارشد بیوتکنولوژی - دانشگاه آزاد اسلامی واحد شاهرود - گروه مهندسی شیمی

۲- دانشگاه فردوسی مشهد - دانشکده کشاورزی - گروه علوم و صنایع غذایی

۳- پژوهشکده علوم و صنایع غذایی - گروه شیمی مواد غذایی

۴- کارشناسی ارشد بیوتکنولوژی - دانشگاه آزاد اسلامی واحد شاهرود - گروه مهندسی شیمی

۵- دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی - دانشگاه فردوسی مشهد - دانشکده کشاورزی - گروه علوم و صنایع غذایی

(تاریخ دریافت: ۹۱/۸/۱۶ تاریخ پذیرش: ۹۲/۳/۸)

چکیده

در این تحقیق، مدل سازی با شبکه عصبی مصنوعی و از نوع پرسپترون (الگوریتم طبقه بندی ورودی) چند لایه به منظور ارزیابی استفاده از اسید سیتریک در کاهش تولید آفلاتوکسین در نان های خشک ضایعاتی در سطح شهر مشهد استفاده شد. از آن جا که نان های ضایعاتی به عنوان ماده اصلی تغذیه حیوانات هستند و به دلیل فراهم بودن شرایط محیطی مناسب جهت رشد قارچ ها، این نان ها به شدت به مایکوتوکسین و به ویژه آفلاتوکسین آلوده بوده و نگرانی هایی برای بشر و حیوانات به وجود می آورند. به همین علت آلودگی غذاها با مایکوتوکسین، از طریق زنجیره ی غذایی باید به دقت کنترل گردد. نتایج نشان داده اند که مدل سازی با شبکه عصبی مصنوعی روش مناسبی خصوصاً در صنایع غذایی است. هم چنین نتایج نشان می دهند که افزودن زئولیت نسبت به اسید سیتریک کاهش آفلاتوکسین بیشتری را به همراه دارد. هم چنین استفاده توام از زئولیت و اسید سیتریک نسبت به زمانی که از هر یک از مواد به تنهایی استفاده می شود کاهش بیشتری در میزان آفلاتوکسین را به همراه دارد. براساس نتایج حاصل از به کار گیری شبکه عصبی مصنوعی مدل شبکه عصبی مصنوعی برای داده های زئولیت با یک لایه مخفی، تابع انتقال تانژانت هیپربولیک، قاعده یادگیری لیونبرگ و تعداد ۳ نرون، با ۶۰٪ برای زیر گروه آموزشی و ۲۰٪ برای هر یک از زیر گروه های ارزیابی و آزمایشی با ضریب همبستگی ۰/۹۷۳ بهترین برازش را به همراه داشت. نتایج مدل سازی مبین سازگاری بالابین مقادیر آفلاتوکسین اندازه گیری شده و پیش بینی شده می باشد.

کلید واژه گان: رشد کپک، آفلاتوکسین، ضایعات نان، شبکه عصبی مصنوعی

* مسئول مکاتبات: zmasoumian@yhoo.com

۱- مقدمه

آلودگی خوراک دام با مایکوتوکسین^۱ یک مشکل جهانی برای کشاورزان است. منبع تولید این مایکوتوکسین ها قارچ هایی هستند که روی گیاهان زنده و هم چنین محصولات نگهداری شده در انبار رشد می کنند و با آلودگی مواد غذایی منجر به ایجاد مخاطرات (اقتصادی و ایمنی) برای بشر و حیوانات می گردند [۱].

آفاتوکسین^۲ ها گروهی از مایکوتوکسین ها هستند که در طول فرآیند تولید مواد غذایی و انبارداری، توسط قارچ ها و گونه های ویژه آسپرژیلوس^۳ تولید شده و باعث آلودگی مواد غذایی خصوصا در کشورهای در حال توسعه می شوند [۱]. غذای آلوده به عنوان منبع اصلی انتقال آفاتوکسین به شمار رفته [۲] و میزان آلودگی به آفاتوکسین را می توان با کشاورزی مدرن، شرایط انبارداری صحیح و فرآیند مناسب مدیریت کرد [۳].

معمولا مواد غذایی قابلیت آلوده شدن با مایکوتوکسین ها را در مراحل مختلف زنجیره ی تولید دارند. تغذیه ی دام های روستایی با نان های آلوده بشر را در معرض مایکوتوکسین به ویژه آفاتوکسین قرار می دهد. امروزه به منظور اجتناب از مایکوتوکسیکوز^۴، روش های مختلفی مورد استفاده قرار می گیرند که به فناوری های قبل و بعد از برداشت تقسیم می شوند. این روش ها می تواند شامل روش های بیولوژیکی، فیزیکی و شیمیایی باشد. یکی از روش های نو برای از بین بردن سمیت آفاتوکسین استفاده از مواد جاذب مانند ژئولیت با قابلیت خاصیت تبادل مصنوعی می باشد. مولکول ها با عبور از خلل و فرج ژئولیت جذب شده و ماکرومولکول ها نظیر پروتئین ها به دلیل بزرگ بودن آن ها فقط در سطح خارجی ژئولیت جذب می گردند. هم چنین ترکیباتی نظیر اسید سیتریک با کاهش رشد کپک ها از تولید آفاتوکسین جلوگیری می کنند [۴].

در چند سال گذشته به منظور پیش بینی سیستماتیک نرم افزارهای رایانه ای نظیر شبکه های عصبی مصنوعی در زمینه

های مختلف علوم و تکنولوژی گسترش یافته اند. شبکه عصبی مصنوعی یک مدل با محدودیت در متغیرها بوده و می تواند بسیاری از سری های زمانی غیر خطی را با روش های مناسب پیش بینی کند [۵].

در این تحقیق، با استفاده از توابع ریاضی در قالب شبکه عصبی مصنوعی مقادیر مورد انتظار آفاتوکسین در نان ضایعاتی با مقادیر مختلف ژئولیت و اسید سیتریک اندازه گیری شده و با مقادیر آفاتوکسین حاصل از نتایج آزمایشگاهی مورد مقایسه قرار می گیرد.

۲- مواد و روش ها

دو نمونه نان خشک ضایعاتی و هر یک به مقدار ۵۰۰ گرم از محل اصلی جمع آوری نان های خشک ضایعاتی در شهر مشهد تهیه گردید. نمونه ها توسط آسیاب آزمایشگاهی (Restsch GmbH 56570, HAAN German) آسیاب شد و مقادیر آفاتوکسین آن ها (B_1, B_2) با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی با کارایی بالا (HPLC)، ستون ایمنوافینیتی (IAC) و دستگاه آشکارساز فلورسانس تعیین گردید [۱۵]. جهت بررسی تاثیرات مواد افزودنی مقادیر ۱، ۳ و ۵ درصد اسید سیتریک (Merck Co. Germany) و هم چنین مقادیر ۱، ۳ و ۵ درصد پودر ژئولیت (Clinoptilolite, Afrazand Co. Iran) به تنهایی و سپس توام به نمونه های نان خشک آسیاب شده اضافه گردید. کلیه نمونه ها در یک آون (Memmert GmbH & Co. KG, In Co2 108, Schwabach FRG, Germany) در درجه حرارت ۲۵ درجه سانتی گراد و رطوبت ۲۰٪ به مدت ۷ و ۱۴ روز نگهداری شدند. پس از مدت زمان های ذکر شده، ذرات نان خشک توسط جداکننده سایکلون (MO119- Micro technologies- Haryana- India) از مواد افزودنی به آن جدا شده و میزان آفاتوکسین آن ها اندازه گیری شد.

1. Mycotoxin
2. Aflatoxin
3. Aspergillus
4. Mycotoxinos

تعیین مقادیر آفاتوکسین

آزمایشات طی سه مرحله استخراج، تخلیص و تعیین مقدار آفاتوکسین صورت پذیرفت. ابتدا دو نمونه Spike (حاوی آفاتوکسین اضافه شده - کنترل مثبت) با غلظت های ۵ و ۱۰ ng/ml آماده گردید. نمونه های فوق و هم چنین مقدار ۵۰ گرم نان خشک آسیاب شده درون فویل های جداگانه و دور از نور به مدت ۲ ساعت قرار گرفتند. سپس با افزودن محلول متانول - آب و نیز محلول فسفات بافر سالین به هر یک از نمونه ها، در نهایت این محلول ها از کاغذ GFF عبور داده شدند. پس از قرار دادن ستون ها در مجموعه منیفلد و تنظیم سرعت عبور محلول های صاف شده (یک قطره در ثانیه) توسط محلول فسفات بافر سالین (نمکی)، در پایان ستون ها با عبور هوا خشک شده و پس از افزودن متانول و آب با درجه HPLC محلول های شستشو در یک ویال جمع آوری گردیدند.

به منظور ترسیم منحنی کالیبراسیون مقدار ۵۰۰ میکرولیتر از محلول استاندارد AFB1 (آزمایشگاه علوم طبیعی فاروق) به دستگاه تزریق شد. در صورت غیر خطی بودن منحنی کالیبراسیون باید نسبت به تهیه و تزریق مجدد استانداردهای کاری اقدام گردد. پس از اطمینان از خطی بودن منحنی کالیبراسیون مقدار ۵۰ میکرولیتر از نمونه های آماده شده به دستگاه تزریق و محاسبات مربوطه انجام شد (AOAC 1999.07, 2005). چنانچه مقدار درصد بازیافت در محدوده ی قابل قبول باشد، نمونه مجهول به دستگاه تزریق و مقدار آفاتوکسین آن تعیین می گردد.

مدل سازی با شبکه عصبی مصنوعی^۱

نرم افزاری که در این تحقیق جهت مدل سازی شبکه عصبی مصنوعی استفاده گردید، نروسولوشن نسخه ۶^۲ و مدل مورد استفاده از نوع پرسپترون چند لایه بود [۶]. پرسپترون چند لایه^۳ (MLP) شامل (الف) یک لایه ورودی با نرون های نماینده متغیرهای ورودی (ب) یک لایه خروجی با نرون های نماینده

متغیرهای خروجی و (ج) یک یا چند لایه مخفی با تعدادی نرون مخفی می باشد. در این مدل سازی مقادیر ژئولیت، اسیدسیتریک، مدت زمان نگهداری و هم چنین مقادیر آفاتوکسین در حالتی که هیچ نوع ماده افزودنی به آن اضافه نشده (مقادیر اولیه آفاتوکسین) به عنوان متغیرهای ورودی (مستقل) و مقادیر آفاتوکسین پس از افزودنی ها به عنوان متغیر خروجی (وابسته) انتخاب و تعداد لایه های پنهان یک و دو لایه در نظر گرفته شد.

در ابتدا داده ها تصادفی^۴ شد و سپس بر اساس درصد های انتخابی به سه گروه تقسیم گردید که شامل: داده های یادگیری برای تنظیم وزن های ارتباطی، داده های ارزیابی برای تخمین اجرای شبکه ی آموزشی و داده های آزمون برای بررسی قدرت مدل در پیش بینی مقدار آفاتوکسین در قبال داده های ورودی جدید بودند. در مرحله آموزش یا یادگیری شبکه وزن ها را بر اساس ارائه ی یک گروه از داده های آموزشی تنظیم و تعدادی از وزن ها با کمترین خطای ممکن بین ورودی و خروجی را با سعی و خطا پیدا خواهد نمود.

برای انتخاب بهترین مدل، برنامه برای حالات مختلف متغیرها تعداد لایه های مخفی، تعداد نرون های مخفی، نوع تابع انتقال، نوع قاعده یادگیری و درصد داده های مراحل یادگیری، ارزیابی و آزمایش اجرا گردید. محاسبات بر پایه ی یک لایه مخفی با تعداد ۲ تا ۲۵ نرون و نیز دو لایه مخفی با تعداد ۲ تا ۲۰ نرون برای توابع انتقال تانژانت هیپربولیک و سیگموئید و قواعد یادگیری لیونبرگ و مومنتم انجام شد. پس از انتخاب بهترین تابع انتقال و قاعده یادگیری و هم چنین مناسب ترین تعداد نرون، برنامه برای درصد های مختلف یادگیری یعنی از ۵ تا ۶۰٪ اجرا و بهترین نتایج مشخص شد. برای مقدار بهینه درصد داده های آموزشی، با در نظر گرفتن درصدهای مختلف برای داده های ارزیابی و آزمایش و با پارامترهای قبلی، مراحل تکرار و بهترین درصد برای هر یک از زیرگروه های ارزیابی و آزمایش انتخاب گردیدند. با مشخص شدن بهترین حالت برای تعداد لایه ی مخفی و تعداد نرون، تابع انتقال و قاعده یادگیری و نیز بهترین درصدها برای هر یک از زیرگروه ها با انجام

1. Artificial Neural Network
2. Neurosolution version 6.0
3. Multilayer perceptron

4. Randomize

مرحله ی آزمایش مقادیری برای آفلاتوکسین های مربوط به هر زیرگروه آزمایش به دست آمد. این مقادیر حاصله به عبارتی مقادیر پیش بینی شده توسط شبکه عصبی مصنوعی برای میزان آفلاتوکسین می باشد. در مرحله بعد مقادیر آفلاتوکسین اندازه گیری شده به روش تجربی با مقادیر حاصله از شبکه عصبی مصنوعی (نقطه گذاری، برازش و محاسبه ضرایب برازش) مقایسه گردیدند.

ارزیابی مدل ها با استفاده از متغیرهای آماری (میانگین مربع خطا^۱ (MSE)، میانگین مربع خطای بهنجار شده^۲ (NMSE) و ضریب همبستگی^۳ (R^2)) صورت گرفت [۷]. حالتی که مقادیر پیش بینی به مقادیر تجربی بسیار نزدیک بودند، به عنوان بهترین مدل انتخاب شد. از آن جا که داده های آزمایش توسط شبکه در طی مراحل یادگیری و ارزیابی دیده نمی شوند، بنابراین می توان نتایج حاصل از داده های آزمایش و نتایج تجربی را مقایسه و مورد بررسی قرار داد. به همین دلیل مقادیر پیش بینی شده و اندازه گیری شده آفلاتوکسین ها نقطه گذاری و ضرایب همبستگی آن ها تعیین گردید. در صورت بالا بودن ضرایب همبستگی و به عبارتی سازگاری مقادیر پیش بینی شده و مقادیر تجربی، مدل های انتخابی قابل قبول خواهد بود. در این تحقیق به منظور مدل سازی مقدار آفلاتوکسین به ازاء مقادیر مختلف اسید سیتریک و ژئولیت از توابع انتقال تانژانت هیپربولیک و سیگموئید و قواعد یادگیری لیونبرگ-مارکوآرت^۴ و مومنتم^۵ استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

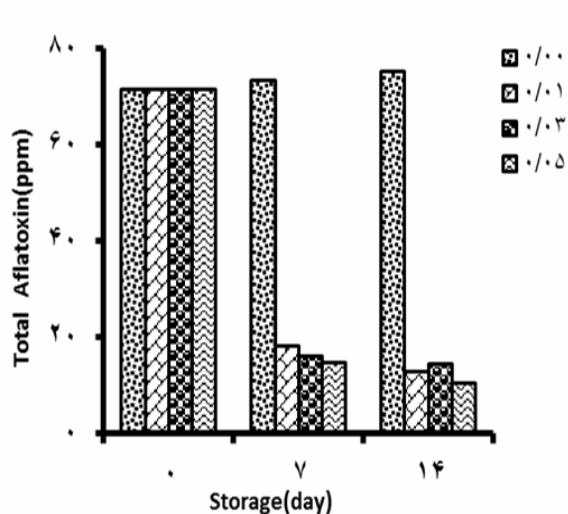
با توجه به این که دو متغیر اصلی (تعداد لایه های مخفی و تعداد نرون ها) تاثیر زیادی بر روی خروجی مدل دارند، شبکه های مختلف با یک و دو لایه مخفی و تعداد نرون های متعدد ساخته شد. لازم به یادآوری است انتخاب تعداد نرون های بیشتر با پیچیده تر نمودن شبکه به زمان بیشتری برای انجام محاسبات نیازمند است [۸].

با توجه به تعداد ۹۶ آزمایش برای اثر متقابل ژئولیت و اسید سیتریک و ۲۴ آزمایش برای هر یک از افزودنی ها به تنهایی و تعداد ۳ تکرار برای هر یک از حالات مذکور، تعداد ۲۸۸ داده برای حالت اثر متقابل ژئولیت و اسید سیتریک، ۷۲ داده برای ژئولیت و نیز ۷۲ داده برای اسید سیتریک به کار گرفته شد. در هر سه حالت مدت زمان نگهداری صفر، ۷ و ۱۴ روز اختیار گردید. برای یافتن بهترین مدل برای یک لایه مخفی تعداد ۱۱۸ و ۱۱۵ اجرا به ترتیب برای اسیدسیتریک و ژئولیت به صورت جداگانه و تعداد ۱۱۸ اجرا برای اثر متقابل آن دو صورت پذیرفت. هم چنین برای دو لایه مخفی تعداد ۹۶، ۹۸ و ۱۰۱ اجرا به ترتیب برای اسید سیتریک، ژئولیت و اثر متقابل آن دو انجام شد.

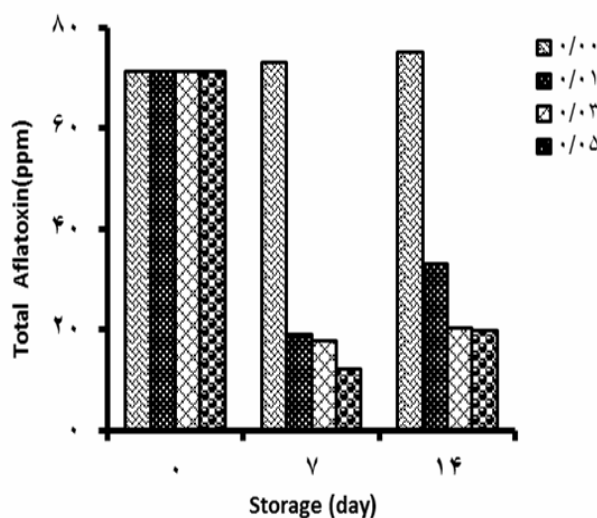
اساساً استفاده از اسید سیتریک با اسیدی کردن محیط از رشد کپک جلوگیری نموده [۹] و باعث کاهش آفلاتوکسین می گردد. نتایج نشان داد که در مورد اسید سیتریک بیشترین تاثیر در کاهش میزان آفلاتوکسین در غلظت ۵ درصد و در طی مدت زمان نگهداری ۷ روز حاصل می گردد (شکل ۱).

ژئولیت ها به علت ماهیت متخلخل خود حاوی کانال ها و روزنه هایی می باشند [۱۰] که این موضوع باعث می گردد این ماده دارای قابلیت از دست دادن و یا به دست آوردن آب به طور برگشت پذیر باشد [۱۱]. به این ترتیب مولکول هایی با قطر مناسب جذب و کاتیون های تشکیل دهنده بدون تغییر اساسی در ساختار آن ها قابلیت تعویض دارند (خاصیت تبادل یونی). با افزایش مقدار ژئولیت جذب آفلاتوکسین افزایش و میزان آن در نان کاهش می یابد [۱۲]. نتایج این تحقیق نشان داد که اضافه کردن مقدار ۵٪ ژئولیت و در طی ۱۴ روز بیشترین اثر را در کاهش میزان آفلاتوکسین دارد (شکل ۲).

1. Mean – Squared Error (MSE)
2. Normalized Mean – Squared Error (NMSE)
3. Correlation Coefficient
4. Levenberg - Marquardt
5. Momentum



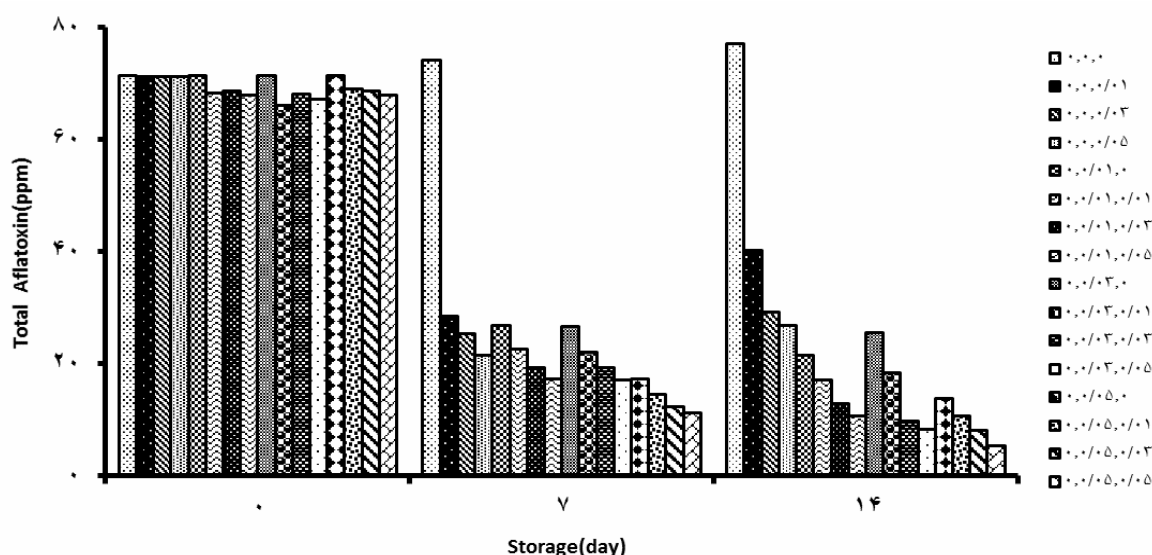
شکل ۲: تاثیر ژئولیت و مدت زمان نگهداری بر مقادیر آفلاتوکسین کل.



شکل ۱: تاثیر اسیدسیتریک و مدت زمان نگهداری بر مقادیر آفلاتوکسین کل.

بنابراین از تاثیر کاتیون های فلزی ژئولیت در جذب آفلاتوکسین جلوگیری می گردد [۱۳]. استفاده توام از ژئولیت و اسید سیتریک به مقدار ۵٪ در طی زمان نگهداری ۱۴ روز بیشترین جذب آفلاتوکسین را نشان داد (شکل ۳). از بین مدل های اجرا شده بهترین شبکه با کمترین خطاهای آزمایش (MSE, NMSE, MAE) و بیشترین ضریب همبستگی (r) انتخاب گردید.

هم چنین نتایج حاکی از آن است که تاثیر استفاده توام از ژئولیت و اسید سیتریک روی کاهش میزان آفلاتوکسین به مراتب بیشتر از استفاده هر یک از آن ها به تنهایی است. این موضوع احتمالا به دلیل این است که با کاهش pH محیط، میزان جذب آفلاتوکسین توسط ژئولیت افزایش می یابد. این پدیده می تواند به این دلیل باشد که با افزایش pH، گروه های هیدروکسیل محیط به کاتیون های فلزی ژئولیت متصل شده و



شکل ۳: تاثیر متقابل اسیدسیتریک و ژئولیت و مدت زمان نگهداری بر مقادیر آفلاتوکسین کل.

همان طور که در جداول ۱ و ۲ مشاهده می گردد برای داده های اسید سیتریک با یک لایه مخفی بهترین تابع انتقال، قاعده یادگیری و تعداد نرون به ترتیب تانژانت هیپربولیک، مومنتم و ۲۴ نرون به دست آمد. به این معنا که در این حالت کمترین مقادیر خطا و بیشترین ضریب همبستگی (۰/۰۸۸ ، ۳۱/۰۹۵ ، ۰/۰۸۸ ، ۳/۸۷۲ و ۰/۹۶۰ به ترتیب برای MSE، NMSE، MAE و r) حاصل خواهد شد.

جدول ۱ مقایسه ساختارهای مختلف شبکه عصبی مصنوعی برای داده های اسیدسیتریک با نرون های مختلف در یک لایه مخفی با تابع انتقال تانژانت هیپربولیک و قواعد یادگیری لیونبرگ و مومنتم

No. of Neurons	Levenberg- Marquardt				Momentum			
	MSE	NMSE	MAE	r	MSE	NMSE	MAE	r
2	75/850	0/175	6/247	0/931	50/771	0/150	5/486	0/925
3	69/520	0/158	5/935	0/934	40/720	0/115	4/503	0/945
4	70/579	0/108	6/138	0/935	42/073	0/116	4/813	0/947
5	66/796	0/164	5/276	0/927	41/426	0/124	4/730	0/941
6	71/012	0/161	5/896	0/928	50/771	0/150	5/486	0/925
7	58/014	0/128	5/538	0/939	40/720	0/115	4/503	0/945
8	69/928	0/161	5/960	0/930	32/144	0/090	4/065	0/960
9	55/309	0/127	5/429	0/938	32/294	0/103	3/863	0/951
10	62/792	0/143	5/508	0/934	44/281	0/143	4/800	0/927
11	73/385	0/170	6/006	0/926	56/225	0/173	5/634	0/911
12	52/612	0/122	5/282	0/939	72/535	0/212	6/264	0/890
13	61/474	0/140	5/630	0/934	62/216	0/180	5/669	0/908
14	71/078	0/163	5/831	0/928	54/801	0/155	5/474	0/921
15	68/229	0/156	5/795	0/929	60/271	0/181	5/739	0/906
16	61/274	0/139	5/631	0/934	33/759	0/111	4/090	0/946
17	65/646	0/152	5/777	0/925	35/109	0/102	4/040	0/952
18	69/592	0/156	6/109	0/928	52/415	0/156	5/307	0/920
19	54/248	0/125	5/369	0/938	35/946	0/103	4/027	0/951
20	50/856	0/115	5/135	0/942	50/488	0/146	5/196	0/927
21	70/257	0/160	5/837	0/927	48/941	0/155	5/192	0/920
22	70/681	0/154	6/101	0/932	58/393	0/157	5/553	0/919
23	47/183	0/111	5/084	0/946	50/274	0/143	5/120	0/927
24	65/013	0/153	5/688	0/930	31/905	0/088	3/872	0/960
25	56/738	0/129	5/443	0/935	38/340	0/113	4/231	0/944

Transfer Function: TanhAxon
No. of Hidden Layer: 1

جدول ۲ مقایسه ساختارهای مختلف شبکه عصبی مصنوعی برای داده های اسیدسیتریک با نرون های مختلف در یک لایه مخفی با تابع انتقال سیگموئید و قواعد یادگیری لیونبرگ و مومنتم

No. of Neurons	Levenberg- Marquardt				Momentum			
	MSE	NMSE	MAE	r	MSE	NMSE	MAE	r
2	181/193	0/424	7/687	0/782	328/432	0/879	13/593	0/661
3	59/62	0/135	5/677	0/933	362/720	0/943	14/550	0/650
4	56/012	0/126	5/216	0/935	328/758	0/848	13/585	0/655
5	58/214	0/129	5/745	0/937	334/060	0/864	13/738	0/645
6	141/655	0/335	0/822	0/855	350/178	0/937	14/342	0/658
7	77/341	0/171	5/996	0/921	355/750	0/934	14/471	0/619
8	106/095	0/241	7/140	0/887	350/804	0/900	14/177	0/569
9	63/620	0/144	5/652	0/931	286/264	0/739	12/117	0/652
10	88/141	0/201	6/404	0/901	321/911	0/840	13/333	0/639
11	61/907	0/137	5/754	0/938	307/563	0/787	12/886	0/647
12	91/027	0/214	6/649	0/898	302/763	0/839	12/747	0/607
13	103/568	0/238	7/099	0/890	275/443	0/731	11/767	0/653
14	73/419	0/172	6/265	0/921	310/074	0/818	12/861	0/615
15	76/249	0/171	6/243	0/921	273/687	0/704	11/666	0/643
16	100/029	0/227	6/758	0/892	301/925	0/792	12/640	0/630
17	109/753	0/255	7/040	0/875	292/192	0/758	12/326	0/643
18	94/711	0/220	6/839	0/901	265/169	0/707	11/560	0/647
19	81/634	0/186	6/664	0/932	258/285	0/657	11/187	0/653
20	85/817	0/196	6/627	0/913	258/666	0/692	11/311	0/652
21	118/249	0/276	7/358	0/866	269/410	0/732	11/629	0/629
22	70/119	0/160	6/119	0/927	274/081	0/691	11/764	0/660
23	99/155	0/226	6/989	0/902	284/084	0/711	11/999	0/636
24	80/762	0/178	6/486	0/931	249/504	0/657	10/932	0/658
25	123/026	0/283	7/466	0/858	257/891	0/661	11/218	0/648

Transfer Function: Sigmoid

No. of Hidden Layer: 1

بهترین نتایج را به همراه خواهد داشت. در این حالت مقادیر MSE، NMSE، MAE و r به ترتیب ۰/۱۳۴، ۰/۷۷، ۰/۰۳۲ و ۰/۶۴، ۰/۹۴۵ به دست آمد (جدول ۴ و ۵).

هم چنین بررسی های به عمل آمده در زمینه اختصاص درصدهای مختلف داده ها برای هر یک از مراحل مدل سازی (آموزش، ارزیابی و آزمون) نشان داد که درصدهای ۴۵٪ برای زیر گروه آموزش، ۴۰٪ برای ارزیابی و ۱۵٪ برای آزمایش

جدول ۳ مقایسه درصدهای مختلف برای داده های آموزشی برای اسیدسیتریک با یک لایه مخفی با تابع انتقال تانژانت هیپربولیک و قاعده یادگیری مومتم و تعداد ۲۴ نرون

Training	Cross Validation	Test	MSE	NMSE	MAE	r
%	%	%				
5	47/5	47/5	413/421	0/784	11/406	0/636
10	45	45	382/877	0/779	11/499	0/629
15	42/5	42/5	198/551	0/626	8/242	0/700
20	40	40	155/818	0/382	7/853	0/807
25	37/5	37/5	61/702	0/133	5/546	0/935
30	35	35	72/198	0/169	5/720	0/919
35	32/5	32/5	79/295	0/170	5/786	0/916
40	30	30	68/224	0/145	5/551	0/926
45	27/5	27/5	53/863	0/111	5/227	0/947
50	25	25	74/029	0/163	6/030	0/931
55	22/5	22/5	88/363	0/211	6/790	0/911
60	20	20	58/301	0/124	5/454	0/948

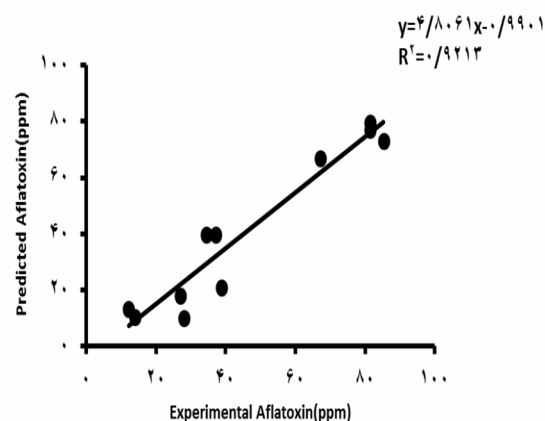
جدول ۴ مقایسه درصدهای مختلف برای داده های ارزیابی و آزمایشی برای اسید سیتریک با یک لایه مخفی با تابع انتقال تانژانت هیپربولیک و قاعده یادگیری مومتم و تعداد ۲۴ نرون

Training	Cross Validation	Test	MSE	NMSE	MAE	r
%	%	%				
45	5	50	228/945	0/772	10/539	0/749
45	10	45	304/131	0/833	13/246	0/615
45	15	40	144/066	0/340	9/309	0/874
45	20	35	285/021	0/577	12/779	0/739
45	25	30	133/307	0/370	8/114	0/889
45	30	25	111/932	0/231	7/886	0/892
45	35	20	124/912	0/248	8/820	0/927
45	40	15	77/032	0/134	7/064	0/945
45	45	10	94/267	1/490	8/026	0/813
45	50	5	47/231	2/785	6/174	0/902

همبستگی بالاتری نسبت به دو لایه مخفی برخوردار بود (نمودار ۱).

مقادیر آفلاتوکسین پیش بینی شده توسط مدل و اندازه گیری شده توسط روش های آزمایشگاهی برای داده های اسید سیتریک در حالت استفاده از یک لایه مخفی از ضریب

کمترین مقادیر خطا و بیشترین ضریب همبستگی (مقادیر ۳/۹۶۴ ، ۰/۰۱۰ ، ۱/۴۰۵ و ۰/۹۹۵ به ترتیب برای MAE ، NMSE ، MSE و r) برای داده های ژئولیت حاصل از یک لایه مخفی با تابع انتقال تانژانت هیپربولیک، قاعده یادگیری لیونبرگ و تعداد ۱۹ نرون مشاهده شد. اما از آن جا که به کارگیری ۱۹ نرون تعداد نسبتا زیادی است و انجام آن زمان بیشتری طلب می نماید، مراحل مذکور برای تابع انتقال تانژانت هیپربولیک و قاعده یادگیری لیونبرگ و تعداد ۳ نرون (MAE ، NMSE ، MSE و r به ترتیب ۶/۹۱۶ ، ۰/۰۱۵ ، ۱/۷۶۱ و ۰/۹۹۳) انتخاب گردید (جدول ۵ و ۶).



نمودار ۱ مقادیر پیش بینی شده آفلاتوکسین در مقابل مقادیر آزمایشگاهی برای داده های اسید سیتریک.

جدول ۵ مقایسه ساختارهای مختلف شبکه عصبی مصنوعی برای داده های ژئولیت با نرون های مختلف در یک لایه مخفی با تابع انتقال تانژانت هیپربولیک و قواعد یادگیری لیونبرگ و مومنتم

No. of Neurons	Levenberg- Marquardt				Momentum			
	MSE	NMSE	MAE	r	MSE	NMSE	MAE	r
2	21/673	0/049	3/469	0/980	199/684	0/363	9/414	0/825
3	6/916	0/015	1/761	0/993	37/048	0/068	4/704	0/976
4	14/299	0/032	2/438	0/986	33/336	0/065	4/355	0/973
5	9/987	0/023	2/355	0/991	42/718	0/086	4/362	0/960
6	56/143	0/140	4/869	0/936	26/984	0/064	3/734	0/976
7	16/308	0/041	2/284	0/980	109/533	0/211	8/015	0/908
8	21/673	0/049	3/469	0/980	26/715	0/049	3/529	0/976
9	6/916	0/015	1/761	0/993	45/066	0/084	4/718	0/963
10	14/299	0/032	2/438	0/986	37/642	0/076	4/288	0/967
11	9/987	0/023	2/355	0/991	48/759	0/086	4/975	0/963
12	56/143	0/140	4/869	0/936	36/730	0/072	3/677	0/964
13	16/308	0/041	2/284	0/980	49/081	0/088	4/534	0/962
14	17/484	0/043	2/445	0/984	37/606	0/068	4/069	0/967
15	9/431	0/024	2/157	0/990	118/862	0/221	8/421	0/904
16	136/228	0/367	5/191	0/855	41/578	0/077	4/813	0/968
17	8/438	0/020	1/899	0/990	49/282	0/088	5/364	0/961
18	32/918	0/089	2/783	0/957	42/078	0/074	3/958	0/963
19	3/964	0/010	1/405	0/995	104/877	0/195	7/816	0/916
20	5/948	0/015	1/773	0/993	97/070	0/184	7/243	0/919
21	53/109	0/125	3/714	0/950	32/946	0/063	3/781	0/969
22	5/882	0/015	1/663	0/993	81/640	0/146	6/433	0/933
23	7/940	0/020	1/926	0/991	100/753	0/193	7/432	0/914
24	30/105	0/073	3/048	0/965	95/993	0/178	7/465	0/922
25	7/678	0/020	1/844	0/990	50/165	0/089	4/683	0/957

Transfer Function: TanhAxon

No. of Hidden Layer: 1

جدول ۶ مقایسه ساختارهای مختلف شبکه عصبی مصنوعی برای داده های زئولیت با نرون های مختلف در یک لایه مخفی با تابع انتقال سیگموئید و قواعد یادگیری لیونبرگ و مومنتم

No. of Neurons	Levenberg- Marquardt				Momentum			
	MSE	NMSE	MAE	r	MSE	NMSE	MAE	r
2	491/474	1/127	16/152	0/596	430/598	0/986	16/477	0/463
3	8/442	0/018	1/946	0/993	430/472	0/976	16/569	0/593
4	34/118	0/079	3/845	0/961	420/575	0/966	16/235	0/612
5	12/359	0/029	2/724	0/987	406/487	0/945	16/070	0/682
6	48/523	0/111	4/837	0/955	442/068	0/998	16/811	0/347
7	9/043	0/020	1/601	0/991	436/741	0/972	16/644	0/413
8	8/476	0/019	1/958	0/992	409/433	0/938	16/326	0/650
9	8/599	0/021	2/026	0/990	407/103	0/913	16/092	0/699
10	9/384	0/021	1/862	0/990	409/364	0/900	16/049	0/579
11	63/243	0/154	4/465	0/922	417/154	0/942	16/416	0/694
12	19/237	0/044	2/162	0/980	386/321	0/888	15/581	0/672
13	35/406	0/079	3/467	0/962	389/447	0/895	15/783	0/586
14	8/628	0/019	1/535	0/992	402/454	0/927	15/958	0/589
15	25/234	0/055	2/595	0/973	407/390	0/937	16/055	0/587
16	20/095	0/045	2/402	0/979	392/288	0/892	15/736	0/672
17	14/486	0/036	2/383	0/983	371/856	0/851	15/494	0/705
18	13/872	0/031	2/602	0/986	408/618	0/918	16/082	0/638
19	9/165	0/021	1/820	0/990	377/500	0/895	15/708	0/592
20	40/032	0/089	3/286	0/958	398/662	0/940	15/892	0/448
21	23/782	0/057	2/589	0/972	399/701	0/920	16/011	0/622
22	14/069	0/032	2/276	0/985	407/415	0/913	16/130	0/691
23	13/989	0/033	2/122	0/984	346/217	0/792	14/550	0/707
24	6/289	0/014	1/578	0/993	364/541	0/826	15/069	0/713
25	9/253	0/021	1/769	0/991	335/423	0/773	14/355	0/719

Transfer Function: Sigmoid

No. of Hidden Layer: 1

این ترتیب مدلی که در آن ۶۰٪ برای زیر گروه آموزش و ۲۰٪ برای زیر گروه ارزیابی و آزمایش در نظر گرفته شده بود به عنوان بهترین مدل انتخاب گردید (جداول ۷ و ۸).

در نهایت با توجه به نتایج به دست آمده بهترین مدل بر اساس کمترین خطا و بیشترین ضریب همبستگی انتخاب گردید. به

جدول ۷ مقایسه درصدهای مختلف برای داده های آموزشی برای ژئولیت با یک لایه مخفی با تابع انتقال تانژانت هیپربولیک و قاعده یادگیری لیونبرگ و تعداد ۳ نرون

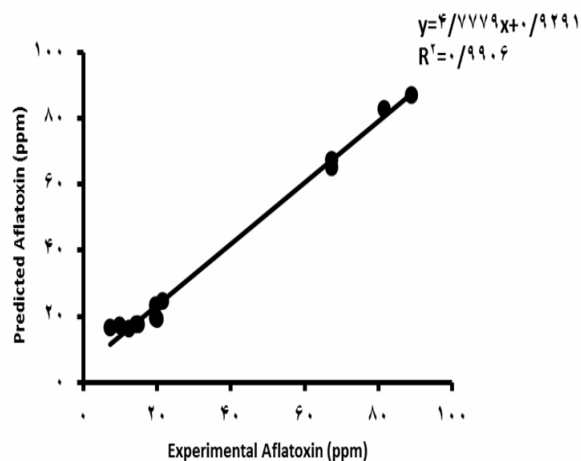
Training	Cross Validation	Test	MSE	NMSE	MAE	r
%	%	%				
5	47/5	47/5	223/545	0/576	6/842	0/687
10	45	45	23/450	0/095	3/277	0/953
15	42/5	42/5	235/597	0/598	7/414	0/671
20	40	40	272/579	0/651	10/504	0/644
25	37/5	37/5	196/762	0/510	6/805	0/777
30	35	35	258/982	0/708	11/337	0/636
35	32/5	32/5	139/276	0/375	7/994	0/808
40	30	30	241/602	0/670	9/206	0/649
45	27/5	27/5	23/340	0/059	3/398	0/973
50	25	25	11/529	0/027	2/361	0/987
55	22/5	22/5	9/149	0/023	1/843	0/990
60	20	20	6/032	0/014	1/41	0/994

جدول ۸ مقایسه درصدهای مختلف برای داده های ارزیابی و آزمایشی برای ژئولیت با یک لایه مخفی با تابع انتقال تانژانت هیپربولیک و قاعده یادگیری لیونبرگ و تعداد ۳ نرون

Training	Cross Validation	Test	MSE	NMSE	MAE	r
%	%	%				
60	5	35	336/456	0/811	9/038	0/603
60	10	30	42/518	0/122	3/689	0/945
60	15	25	403/259	0/906	12/127	0/596
60	20	20	31/420	0/083	3/441	0/973
60	25	15	33/168	0/067	4/043	0/971
60	30	10	55/427	0/131	5/135	0/963
60	35	5	8/893	0/020	2/174	0/999

در نمودار ۲ مقادیر پیش بینی شده آفلاتوکسین توسط مدل بهینه در برابر مقادیر اندازه گیری شده توسط آزمایشات تجربی برای داده های ژئولیت نشان داده شده است. با مقایسه نمودارهای مقادیر پیش بینی شده و اندازه گیری شده آفلاتوکسین ها برای یک و دو لایه مخفی مشخص می شود که داده های ژئولیت با یک لایه مخفی پاسخ های بهتری را به همراه دارند.

به منظور ارزیابی تاثیر متقابل اسید سیتریک و ژئولیت روی کاهش میزان آفلاتوکسین همانند مراحل قبل محاسبات صورت پذیرفت. برای اثر متقابل اسید سیتریک و ژئولیت با دو لایه مخفی تابع انتقال تانژانت هیپربولیک و قاعده یادگیری لیونبرگ با تعداد ۵ نرون به عنوان بهترین حالت انتخاب شد. در این حالت مقادیر MSE، NMSE، MAE و r به ترتیب ۶۷/۰۶۲، ۰/۱۴۷، ۵/۲۲۶ و ۰/۹۲۷ به دست آمدند (جدول ۹ و ۱۰).



نمودار ۲ مقادیر پیش بینی شده آفلاتوکسین در مقابل مقادیر آزمایشگاهی برای داده های ژئولیت.

جدول ۹ مقایسه ساختارهای مختلف شبکه عصبی مصنوعی برای داده های اسیدسیتریک و ژنولیت با نرون های مختلف در دو لایه

مخفی با تابع انتقال تانژانت هیپربولیک و قواعد یادگیری لیونبرگ و مومنتم

No. of Neurons	Levenberg- Marquardt				Momentum			
	MSE	NMSE	MAE	r	MSE	NMSE	MAE	r
2	71/280	0/155	5/272	0/921	123/583	0/302	7/653	0/844
3	79/981	0/168	5/731	0/915	121/272	0/296	7/61	0/840
4	79/888	0/170	5/694	0/917	120/483	0/289	7/659	0/850
5	67/062	0/147	5/226	0/927	98/277	0/248	6/464	0/871
6	75/343	0/160	5/808	0/921	112/294	0/266	6/946	0/861
7	84/053	0/180	5/803	0/908	108/357	0/258	7/005	0/866
8	82/009	0/172	5/937	0/914	92/791	0/238	6/172	0/876
9	94/365	0/197	6/123	0/898	97/748	0/241	6/533	0/877
10	108/988	0/214	6/585	0/892	95/427	0/240	6/308	0/875
11	118/464	0/233	6/942	0/882	101/275	0/256	6/685	0/867
12	82/216	0/176	5/899	0/911	95/628	0/240	6/101	0/874
13	118/532	0/229	6/744	0/888	93/738	0/240	6/126	0/875
14	105/414	0/205	6/372	0/899	97/946	0/245	6/322	0/872
15	105/567	0/209	6/649	0/895	90/768	0/226	5/946	0/882
16	96/849	0/198	6/362	0/901	92/632	0/236	6/138	0/876
17	85/911	0/182	5/919	0/910	94/293	0/235	6/113	0/877
18	144/933	0/274	7/118	0/861	97/523	0/245	6/357	0/872
19	227/12	0/465	8/785	0/777	94/616	0/239	6/245	0/876
20	114/311	0/230	6/853	0/884	94/855	0/238	6/066	0/875

Transfer Function: TanhAxon

No. of Hidden Layer: 2

جدول ۱۰ مقایسه ساختارهای مختلف شبکه عصبی مصنوعی برای داده های اسیدسیتریک و ژنولیت با نرون های مختلف در دو لایه

مخفی با تابع انتقال سیگموئید و قواعد یادگیری لیونبرگ و مومنتم

No. of Neurons	Levenberg- Marquardt				Momentum			
	MSE	NMSE	MAE	r	MSE	NMSE	MAE	r
2	89/264	0/192	6/04	0/902	563/235	1/142	18/307	0/197
3	81/892	0/177	5/916	0/910	506/516	1/053	17/604	0/757
4	94/242	0/202	6/436	0/900	470/971	1/028	17/652	0/700
5	85/535	0/183	5/714	0/907	476/478	1/059	17/578	0/245
6	111/133	0/241	6/711	0/882	509/374	1/054	17/436	0/284
7	89/233	0/196	5/888	0/899	491/796	1/032	17/703	0/734
8	80/134	0/175	5/676	0/911	476/899	1/130	17/725	0/649
9	84/445	0/184	5/818	0/905	467/409	0/997	17/563	0/321
10	90/991	0/200	5/851	0/896	470/522	0/991	17/326	0/258
11	91/672	0/201	5/854	0/895	474/463	1/002	17/628	0/290
12	95/678	0/209	6/614	0/903	471/508	0/979	17/578	0/246
13	94/374	0/208	5/958	0/891	462/199	0/989	17/382	0/671
14	96/921	0/209	6/535	0/906	450/990	0/956	17/168	0/738
15	92/877	0/204	6/123	0/897	457/125	0/948	17/306	0/405
16	100/374	0/222	6/208	0/886	456/626	0/965	17/089	0/741
17	83/101	0/181	5/570	0/907	470/024	0/988	16/990	0/743
18	93/083	0/205	5/854	0/893	462/233	0/953	17/238	0/332
19	105/208	0/233	6/501	0/885	459/947	0/970	17/416	0/573
20	91/675	0/201	5/675	0/894	420/310	0/919	16/598	0/761

Transfer Function: Sigmoid

No. of Hidden Layer: 2

ترتیب ۳۰، ۶۵، ۵ می باشند. با انتخاب این درصدها MSE،

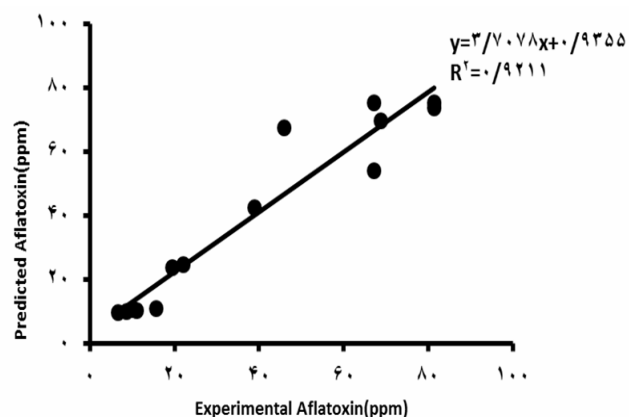
MAE، NMSE و r به ترتیب ۳۷/۵۸۲، ۰/۰۹۰، ۳/۸۲۸ و

۰/۹۵۵ حاصل گردید (جدول ۱۱ و ۱۲). برای داده های تاثیر

بر اساس محاسبات انجام شده بهترین درصدها برای زیر گروه

های یادگیری، ارزیابی و آزمایش جهت مدل سازی تاثیر متقابل

اسید سیتریک و ژنولیت روی کاهش میزان آفلاتوکسین به



متقابل اسید سیتریک و ژئولیت، مدل سازی با دو لایه مخفی نتایج بهتری را به همراه داشت. نمودارهای مربوط به مقادیر پیش بینی آفلاتوکسین در برابر مقادیر اندازه گیری شده برای داده های مربوط به اثر متقابل اسید سیتریک و ژئولیت با دو لایه مخفی و تعداد ۵ نرون با تابع انتقال تانژانت هیپربولیک و قاعده یادگیری لیونبرگ با درصدهای ۳۰، ۶۵ و ۵ به ترتیب برای زیر گروه های یادگیری، ارزیابی و آزمایش در نمودار ۳ نشان داده شده است.

همان طور که در این نمودارها ملاحظه می گردد سازگاری خوبی بین مقادیر پیش بینی شده و مقادیر تجربی وجود دارد. بنابراین می توان از مدل بهینه به دست آمده برای پیش بینی اثر متقابل اسید سیتریک و ژئولیت بر کاهش میزان آفلاتوکسین در طی نگهداری نان استفاده نمود.

جدول ۱۱ مقایسه درصدهای مختلف برای داده های آموزشی با اثر متقابل اسیدسیتریک و ژئولیت با دو لایه مخفی با تابع انتقال تانژانت هیپربولیک و قاعده یادگیری لیونبرگ و تعداد ۵ نرون

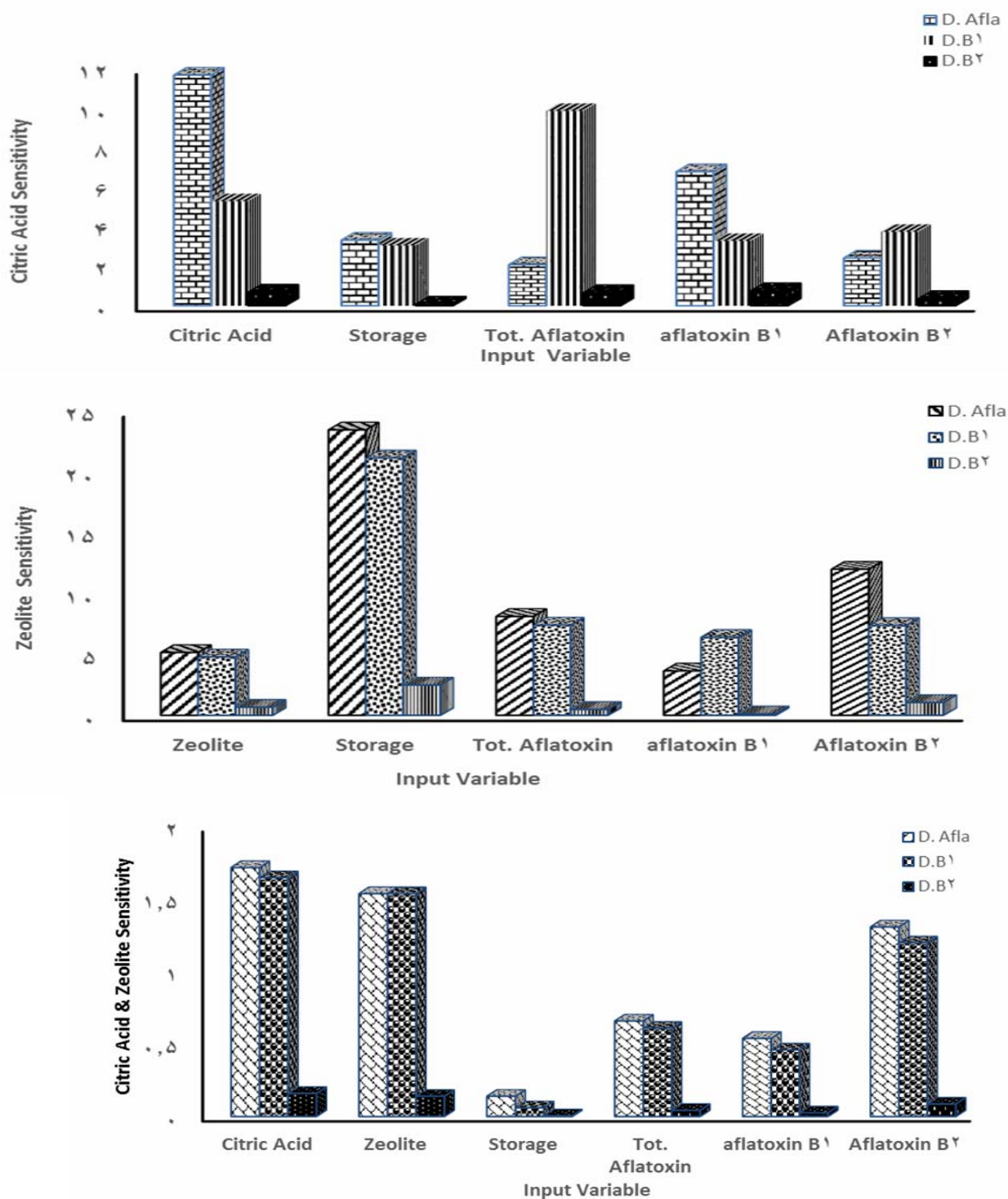
Training	Cross Validation	Test	MSE	NMSE	MAE	r
%	%	%				
5	47/5	47/5	166/107	0/374	7/563	0/803
10	45	45	153/616	0/334	7/692	0/825
15	42/5	42/5	118/663	0/250	6/884	0/868
20	40	40	116/928	0/243	6/729	0/873
25	37/5	37/5	113/404	0/240	6/808	0/872
30	35	35	112/014	0/239	6/784	0/873
35	32/5	32/5	120/376	0/259	7/130	0/862
40	30	30	126/255	0/264	7/192	0/861
45	27/5	27/5	120/863	0/252	6/989	0/865
50	25	25	121/128	0/253	6/796	0/866
55	22/5	22/5	132/623	0/265	7/116	0/862
60	20	20	147/250	0/301	7/421	0/837

جدول ۱۲ مقایسه درصدهای مختلف برای داده های ارزیابی و آزمایشی با اثر متقابل اسید سیتریک و ژئولیت با دو لایه مخفی با تابع انتقال تانژانت هیپربولیک و قاعده یادگیری لیونبرگ و تعداد ۵ نرون

Training	Cross Validation	Test	MSE	NMSE	MAE	r
%	%	%				
30	5	65	170/059	0/371	8/745	0/797
30	10	60	148/792	0/324	6/936	0/833
30	15	55	120/784	0/265	6/316	0/863
30	20	50	146/880	0/313	6/819	0/854
30	25	45	119/727	0/251	6/718	0/868
30	30	40	130/598	0/280	7/090	0/855
30	35	35	153/815	0/303	7/297	0/847
30	40	30	185/707	0/360	7/731	0/823
30	45	25	138/164	0/263	6/580	0/870
30	50	20	150/084	0/288	7/065	0/858
30	55	15	153/431	0/290	7/277	0/853
30	60	10	135/875	0/234	6/133	0/882
30	65	5	37/582	0/090	3/828	0/955

در مدل سازی برای ژئولیت با یک لایه مخفی، مدت زمان نگهداری بیشترین تاثیر را درپیش بینی مقادیر آفلاتوکسین دارد. در نهایت مدل سازی برای اثر متقابل اسید سیتریک و ژئولیت با دو لایه مخفی مقادیر ژئولیت و اسید سیتریک بیش از سایر متغیرها در پیش بینی مقادیر آفلاتوکسین نقش دارند.

علاوه بر موارد مذکور به منظور بررسی حساسیت مدل های شبکه عصبی با ورودی های مختلف (مواد افزودنی، مدت زمان نگهداری و مقادیر اولیه آفلاتوکسین) آنالیز حساسیت انجام گردید (شکل ۴). نتایج نشان می دهند که در مدل سازی برای اسید سیتریک با یک لایه مخفی مقدار درصد اسید سیتریک و



شکل ۴ آنالیز حساسیت مدل های بهینه بر حسب ورودی های مختلف.

۴- منابع

- sorghum. *Animal Feed Science and Tecnology* 150: 316-329.
- [10] Breck DW.(1974). *Zeolite molecular sieves*. New York: Wiley.
- [11] Newsam .JM.Zeolites .(1992)In; Cheetham. AK, Day P, editors. *Solid state chemistry compounds*. Oxford : Clarendon Press: 234-80.
- [12] Dakovic,A.,Tomasevic-Canovic, M, Dondur, V., Stojic, D. and Rotting-haus, G.(2001). *Zeolites and mesoporous materials at the down of the 21st century*, in: A. Galarneau, F. Di Renzo, F. Fajula, J.Vedrina (Eds). *Proceedings of the 13rd International Conference*, Montpellier, France; 5276.
- [13] Smith, B.P. (2002). *Large animal internal medicine*. Mosby, Inc. USA. : 1627-1637.
- [14]Szostak, R. Modified zeolites. In: van Bekkum. H, Flanigen EM, Jansen JC, editors. (1991). *Introduction to zeolite science and practice*. Studies in surface science and catalysis, vol. 58. Amsterdam: Elsevier : 153-99.
- [15]Institute of Standards and Industrial Research of Iran,, No. 6872. Food products – *Determination of aflatoxin B1 and total aflatoxins using HPLC and immunoaffinity column- Test method*.
- [1] Agag.B.I(2004). *Mycotoxins in food and feeds 1-Aflatoxins*. Ass.Univ. Bull.Environ. Res.No.1.
- [2]Kuiper-Goodman, T. *Risk assessment and risk management of mycotoxins in food* .
- [3] Bryden. W.L.(2007), *Mycotoxins in the food chain : human health implications*. Asia Pac j Clin Nutr. 16: 95-101.
- [4] Khoshpey.B. Farhud.D.D. and Zaini.F.(2011). *Aflatoxins in Iran : Nature , Hazards and Carcinogeicity*. Iranian j Publ Health : 1-30.
- [5] Basheer.I.A. and Hajmeer. M.(2000). *Artificial neural networks: fundamentals , computing, design, and application*. Journal of Microbiological Methods 43: 3-31.
- [6] Hecht-Neilsen.R.(1990). *Neurocomputing*. Addison- Wesley, Reading, MA.
- [7] Movagharnejad .K., Nikzad,M. (2007). *Modeling of tomatodrying using artificial neural network*. Comput. Electron : 78-85.
- [8] Tomasevic-Canovic , M. and et al. (2003). *Surfactant modified zeolites – new efficient adsorbents for mycotoxins* . Microporous and Mesoporous Materials 61: 173-180.
- [9] Mendes-Alores.a. and et al(2009). *Effect of citric acid on Aflatoxin degradation and on functional and textural properties of extruded*

The efficiency of Zeolite and Citric acid in the control of mold growth and production of Aflatoxin in dry breads wastage across the Mashhad and it's modeling with artificial neural networks method

Masoomian, Z.^{1*}, Yavarmanesh, M.², Shahidi Noghabi, M.³, Sadeghi, M.⁴, Sohrabi Balsini, M.⁵

1. M.Sc. Biotechnology, Department of Chemical Engineering, Shahrood Islamic Azad University
2. Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
3. Department of Food Chemistry, Research Institute of Food Science and Technology
4. M.Sc. Biotechnology, Department of Chemical Engineering, Shahrood Islamic Azad University
5. Previous M.Sc. Student of Food Science and Technology, Department of Food Science and Technology Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

(Received: 91/8/16 Accepted: 92/3/8)

In this research, the modeling with Artificial neural network and Multilayer – Perceptron were used in order to evaluate the zeolite and citric acid's usage in reducing of Aflatoxin's production in stale dry breads across the Mashhad. Since, the stale breads are the main sources of the livestock's feeding, and because of the availability of proper environmental conditions for growing molds, these breads are severely contaminated by mycotoxin and especially Aflatoxin, and this make some anxieties about the human being and animal's life. So, the foodstuff's contamination by mycotoxin, should be controlled accurately through the food chain. The results have shown that modelling with ANN is a suitable method especially in food industries, and also the addition of zeolite as compared with Citric Acid, cause the Aflatoxin to reduce more. In this manner, the interaction of zeolite and citric acid caused the Aflatoxin to decrease more, than when zeolite or citric acid are being used alone.

Based on these results, Artificial neural network model for zeolite with one hidden layer, hyperbolic tangent function as the transfer function, Levenberg-Marquardt method as the learning rule, 3 hidden neurons, %60 for training subset and %20 for each of validation and test subsets with the correlation coefficient 0/973 had the best overfitting.

The modeling results indicate that there is an excellent compatibility between the experimental and predicted values of Aflatoxins.

Key Words: Mold growing, Aflatoxin, Bread wastage, Artificial Neural Network

* Corresponding Author E-Mail Address: zmasoomian@yhoo.com