

باسمه تعالی

ریاست جمهوری
سازمان ملی استاندارد ایران
اداره کل استاندارد استان بوشهر

عنوان طرح :

**مقایسه و بررسی وضعیت تطابق کیفیت فیزیکی و شیمیایی
پودرهای لباسشویی با استانداردهای ملی ایران
و استفاده از تکنیک شبکه عصبی مصنوعی
برای پیش بینی کیفیت در محصولات
واحدهای عرضه استان بوشهر**

تهیه کننده:

محمد برکت - کارشناس اداره کل استاندارد استان بوشهر

چکیده

استفاده از مواد شوینده در کشور ما قدمت طولانی دارد و به دهه ۱۳۳۰ هجری شمسی باز می‌گردد. در حدود سال‌های ۱۳۳۲ تا ۱۳۳۴ با ورود پودرهای شوینده به شهرهای بزرگ کاربرد این مواد به شکل امروزی متداول شد. رشد فرهنگ جامعه از یک سو و افزایش آگاهی استفاده‌کنندگان از تنوع تولیدات شوینده از سوی دیگر، باعث بالا رفتن میزان مصرف محصولات شوینده در پنج دهه اخیر شده است. در این تحقیق از پودرهای شوینده تولید داخل و یا وارداتی نمونه‌برداری شده و پس از زون‌بندی شدن مطابق با روش‌های استاندارد آزمون پودرهای شوینده، پارامترهای مورد نظر اندازه‌گیری شد. متوسط داده‌های به دست آمده با مقادیر استاندارد ملی و بین‌المللی و رهنمودهای پیشنهادی سازمان جهانی بهداشت مقایسه شد و متغیرهای مورد بررسی شامل pH، قلیایی آزاد بر حسب NaOH، رطوبت و مواد فرار، اثرات ترسیبی اجزای متشکله‌ی پودر بر روی پارچه، پاک‌کنندگی نسبی و درخشان‌کنندگی نسبی در نمونه‌ها مورد بررسی قرار گرفت. در نهایت با استفاده از نرم‌افزار MATLAB و تکنیک شبکه عصبی مصنوعی موارد خاص کیفیت در محصولات پیش‌بینی شد.

کلمات کلیدی: کیفیت فیزیکی و شیمیایی، پودر لباسشویی، استاندارد، تکنیک شبکه عصبی مصنوعی، پیش‌بینی کیفیت

مقدمه:

ذره‌های چربی و چرک، جامدند و به پارچه یا بدن می‌چسبند و با شستشوی ساده و به وسیله آب زدوده نمی‌شوند، اما با شوینده‌ها شسته می‌شوند. اثر پاک‌کنندگی شوینده‌ها به این دلیل است که مولکول آن‌ها از دو قسمت آب‌دوست و آب‌گریز یا چربی‌دوست تشکیل شده است. قسمت آب‌دوست که همان گروه سولفات و دیگر گروه‌های قطبی در انتهای مولکول مواد شوینده است، مولکول‌های آب را جذب می‌کند و در آب محلول شده و به وسیله حلال‌های آلی دفع می‌شود. سر دیگر مولکول‌های مواد شوینده سنتزی یک هیدروکربن با زنجیر طولانی است که آب را از خود دفع می‌کند، ولی در حلال‌های آلی حل می‌شود. پس از حل شدن مولکول‌های مواد شوینده در آب از طریق قسمت یونی، از به هم پیوستن زنجیرهای هیدروکربنی آب‌گریز، مجموعه‌های بسیار کوچکی به وجود می‌آیند که سطح خارجی آن را آنیون‌های آب‌دوست می‌پوشانند. این مجموعه‌های کوچک با مولکول‌های آب، پیوند هیدروژنی تشکیل می‌دهند و به صورت ذره‌های شناور در آب باقی می‌مانند. بدین ترتیب مولکول ماده شوینده مانند پلی بین ذرات چربی و آب قرار گرفته، به واسطه انحلال ذرات چربی و چرک در ذره‌های شناور ماده شوینده از روی الیاف پارچه یا اجسام دیگر به داخل آب کشیده می‌شوند و با شستشو پاک می‌شوند.

استفاده از مواد شوینده سنتزی در ایران قدمت طولانی دارد و به دهه ۱۳۳۰ هجری شمسی باز می‌گردد. در کشور ایران هم نخستین واحد تولید مواد شوینده سنتزی با ظرفیت ۲۵۰ کیلوگرم در ساعت در سال‌های پس از ۱۳۳۲ توسط شرکت داروگر راه‌اندازی شد و حدود سال ۱۳۴۱ دومین و سومین واحدهای تولیدی توسط شرکت پاکسان با ظرفیت ۵۰۰ کیلوگرم در ساعت و شرکت پاکنام (اسنو) با ظرفیت ۲۵۰ کیلوگرم در ساعت آغاز به کار کرد. در حدود سال‌های ۱۳۳۲ تا ۱۳۳۴ با ورود پودرهای شوینده به شهرهای بزرگ کاربرد این مواد به شکل امروزی متداول شد. رشد فرهنگ جامعه از یک سو و افزایش آگاهی استفاده‌کنندگان از تنوع تولیدات شوینده از سوی دیگر، باعث بالا رفتن میزان مصرف محصولات شوینده در پنج دهه اخیر شده است.

طریقه محاسبه و عملکرد:

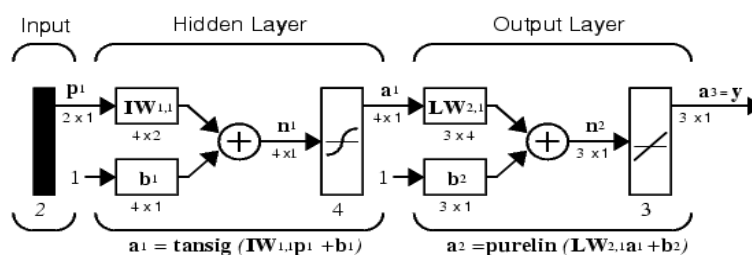
یک نرون بیولوژیک با جمع ورودی‌های خود که از طریق دندریت‌ها با یک وزن سیناپسی خاص به نرون اعمال می‌شوند، با رسیدن به یک حد معین تولید خروجی می‌کند. این حد معین که همان حد آستانه می‌باشد، در حقیقت عامل فعالیت نرون یا غیر فعال بودن آن است. با توضیحات فوق می‌توان گفت که در مدل‌سازی یک نرون بیولوژیک به طور مصنوعی می‌بایست به سه عامل توجه شود:

- ۱- نرون یا فعال است یا غیر فعال
- ۲- خروجی تنها به ورودی‌های نرون بستگی دارد
- ۳- ورودی‌ها باید به حدی برسند تا خروجی ایجاد گردد.

شبکه عصبی پرسپترون ساده: فرانک روزن بلات، با اتصال این نرون‌ها به طریقی ساده پرسپترون را ایجاد و ابداع کرد، و برای نخستین بار این مدل را در کامپیوترهای دیجیتال شبیه‌سازی و آن‌ها را به طور رسمی تحلیل نمود.

شبکه عصبی پرسپترون چند لایه (MLP): در بسیاری از مسائل پیچیده‌ی ریاضی که به حل معادلات بفرنج غیرخطی منجر می‌شود، یک شبکه‌ی پرسپترون چند لایه می‌تواند به سادگی با تعریف اوزان و توابع مناسب مورد استفاده قرار گیرد. توابع فعالیت مختلفی به فراخور اسلوب مسئله در نرون‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این نوع شبکه‌ها از یک لایه‌ی ورودی جهت اعمال ورودی‌های مسئله یک لایه‌ی پنهان و یک لایه‌ی خروجی که نهایتاً پاسخ‌های مسئله را ارائه می‌نمایند، استفاده می‌شود.

گره‌هایی که در لایه‌ی ورودی هستند، نرون‌های حسی و گره‌های لایه‌ی خروجی، نرون‌های پاسخ‌دهنده هستند. در لایه‌ی پنهان نیز، نرون‌های پنهان وجود دارند. آموزش این‌گونه شبکه‌ها معمولاً با روش پس انتشار خطا انجام می‌شود. نمونه‌ای از یک شبکه پرسپترون چند لایه در شکل (۱) نمایش داده شده است.



شکل ۱- ساختار پرسپترون چند لایه با نرون‌های پنهان **tansig** و نرون‌های خروجی با تابع خطی [۳].

شبکه‌های پرسپترون چند لایه می‌توانند با هر تعداد لایه ساخته و به کار گرفته شوند، ولی قضیه‌ای که در این جا می‌توان بدون اثبات پذیرفت، بیان می‌کند که یک شبکه پرسپترون سه لایه قادر است هر نوع فضایی را تفکیک کند. این قضیه که قضیه کولموگوروف نامیده می‌شود، بیان‌گر مفهوم بسیار مهمی است که می‌توان در ساخت شبکه‌های عصبی از آن استفاده کرد. نوع خاصی از شبکه‌های عصبی چند لایه به نام پرسپترون تک لایه (SLP) می‌باشد. این شبکه از یک لایه‌ی ورودی و یک لایه‌ی خروجی تشکیل شده است.

در این تحقیق از پودرهای شوینده تولید داخل و یا وارداتی نمونه‌برداری شده و پس از زون‌بندی شدن مطابق با روش‌های استاندارد آزمایش‌های پودرهای شوینده، پارامترهای مورد نظر اندازه‌گیری شد. متوسط داده‌های به دست آمده با مقادیر استاندارد ملی و بین‌المللی و رهنمودهای پیشنهادی سازمان جهانی بهداشت مقایسه شد و متغیرهای مورد بررسی شامل pH، قلیایی آزاد بر حسب NaOH، رطوبت و مواد فرار، اثرات ترسیبی

اجزای متشکله پودر بر روی پارچه، پاک‌کنندگی نسبی و درخشان‌کنندگی نسبی در نمونه‌ها مورد بررسی قرار گرفت. در نهایت با استفاده از نرم افزار MATLAB و تکنیک شبکه عصبی مصنوعی موارد خاصی کیفیت در محصولات پیش‌بینی شد.

بحث و نتیجه گیری:

الف- اندازه گیری پارامترها

کلیه آزمون‌ها مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱۴۱ تجدید نظر ششم و استاندارد ملی ایران شماره ۲۰۴۰ تجدید نظر ششم در آزمایشگاه تأیید صلاحیت شده سازمان ملی استاندارد ایران انجام شده است.

ب- مطالعات آماری

استاندارد ملی ایران پودرهای شوینده در ایران با استاندارد شماره ۱۴۱ تجدید نظر ششم و استاندارد ملی ایران شماره ۲۰۴۰ تجدید نظر ششم به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر شد.

بر روی ۱۲ نمونه‌ی پودر شوینده، خریداری شده از واحدهای عرضه استان بوشهر در قالب طرح طاهای خصوصیات شیمیایی شامل pH، قلیایی آزاد بر حسب NaOH، رطوبت و مواد فرار، اثرات ترسیبی اجزای متشکله پودر بر روی پارچه، پاک‌کنندگی نسبی و درخشان‌کنندگی نسبی مورد بررسی قرار گرفت. در جدول ۱، نتایج آزمایشات آورده شده است.

جدول ۱- نتایج آزمون‌ها

ردیف	نام محصول	pH	قلیایی آزاد	رطوبت و مواد فرار	اثرات ترسیبی	پاک‌کنندگی	درخشان‌کنندگی
۱	آب‌ت	۱۰,۵۳	۰,۰۵۳	۳,۸۵	۴,۹۸	۹۵,۴۸	۹۰,۳۵
۲	پروس	۱۰,۹	۰,۰۷۲	۱,۶۱	۹,۸۲	۸۴	۱۰۰,۳۱
۳	لمیس	۱۰,۵۸	۰,۰۷۱	۷,۹	۰,۳۲	۱۰۱,۲۲	۱۱۵,۳۶
۴	پرسیل	۱۰,۵۳	۰,۰۵۳	۳,۸۵	۱۰,۰۸	۱۳۷,۳۲	۱۰۷,۵
۵	سافتلن	۱۰,۸۳	۰,۰۶۷	۲,۷۳	۰,۴۲	۱۰۱,۹۶	۱۱۲,۱۵
۶	تورسیل	۱۰,۷۹	۰,۰۷۴	۱,۹۱	۹,۱۲	۷۲,۹۷	۷,۵
۷	تاژ	۱۰,۶۸	۰,۰۶۳	۵,۸	۲,۳۱	۹۰,۹۴	۹۷,۷۷
۸	ماریا	۱۰,۶۳	۰,۰۵۹	۴,۵۵	۴,۵	۱۰۵,۶۳	۹۰,۴۸
۹	آرن	۱۰,۷	۰,۰۶۶	۳,۰۲	۴,۹۵	۹۱,۳	۹۰,۴۲
۱۱	گلرنگ	۱۰,۶۹	۰,۰۶۳	۴,۴	۰,۳۵	۱۰۲,۷۶	۱۱۳,۳۱
۱۲	آیری	۱۰,۳۲	۰,۰۶۶	۵,۱۸	۰,۷۸	۸۳,۶۲	۶۲,۹۳

ج- طراحی شبکه عصبی مصنوعی

شبکه‌های عصبی مصنوعی از جمله روش‌های کالبراسیون چندمتغیره می‌باشند که به صورت غیرخطی هم عمل می‌کنند. در شبکه عصبی ورودی‌ها می‌توانند هر نوع سیگنال چند متغیره مانند pH در نمونه‌های

مختلف باشند. خروجی‌های یک شبکه نیز متغیرهای مستقل مانند پاک‌کنندگی نسبی و درخشان‌کنندگی نسبی هستند که شبکه با استفاده از آن‌ها آموزش می‌بیند. پاسخ یا خروجی y ، برای یک بردار ورودی X ، از یک شبکه عصبی با n_i نورون ورودی، یک لایه داخلی با n_h نورون و لایه خروجی که در آن‌ها توابع تبدیل کننده خطی، به کار رفته است را می‌توان توسط فرمول ۱ بیان کرد

$$y = \sum_{j=1}^{n_h} W_j f \left[\sum_{i=1}^{n_i} W_{ij} + b_j \right] + B$$

فرمول (۱) تخمین مقادیر خروجی توسط شبکه عصبی مصنوعی

در این جا f یک تابع تبدیل کننده خطی، تانژانتی و یا سیگموئیدی است. b_j و B نشان‌دهنده‌ی بایاس مدل و W_i و W_{ij} وزن‌های لایه داخلی و خروجی هستند. در این پروژه بردارهای ورودی $pH(X)$ ، قلیایی آزاد بر حسب $NaOH$ ، رطوبت و مواد فرار، اثرات ترسیبی اجزای متشکله پودر بر روی پارچه است. بردار خروجی نیز غلظت پاک‌کنندگی نسبی و درخشان‌کنندگی نسبی می‌باشد. مقادیر خروجی را می‌توان بر اساس فرمول ۱ با استفاده از شبکه تخمین زد. پس از به دست آوردن مقادیر خروجی توسط شبکه در مرحله بعد عمل تصحیح وزن‌ها به روش‌های مختلفی صورت می‌گیرد که در این کار از روش انتشار برگشتی خطاها استفاده گردید. برای اجرای برنامه و به دست آوردن فاکتورهای بهینه و اعمال PCA از برنامه $MATLAB$ استفاده شد. پس از گرفتن داده‌ها به منظور کاهش خطا، داده‌ها نرمالیز شدند. هم‌چنین به علت حجم زیاد ورودی‌های شبکه و حجیم بودن ماتریس ورودی جذب از آنالیز اجزای اصلی استفاده شد. آنالیز اجزای اصلی که به اختصار PCA نامیده می‌شود، به تفکیک فاکتورهای اصلی مؤثر بر داده‌ها می‌پردازد. این روش از جمله روش‌های کاهش حجم داده‌هاست. برای اعمال PCA با استفاده از دستور (SVD) در $MATLAB$ فاکتورهای معنی‌دار مشخص می‌شود.

لازم به ذکر است که پس از اعمال PCA ماتریس جذب به دو ماتریس اسکور و لودینگ تجزیه شد که ماتریس اسکور به عنوان ورودی شبکه مورد استفاده قرار گرفت. این داده‌ها با الگوریتم یادگیری پس انتشار آموزش دیده و تابع انتقال سیگموئیدی بین ورودی و خروجی از یک گره در لایه میانی استفاده گردید.

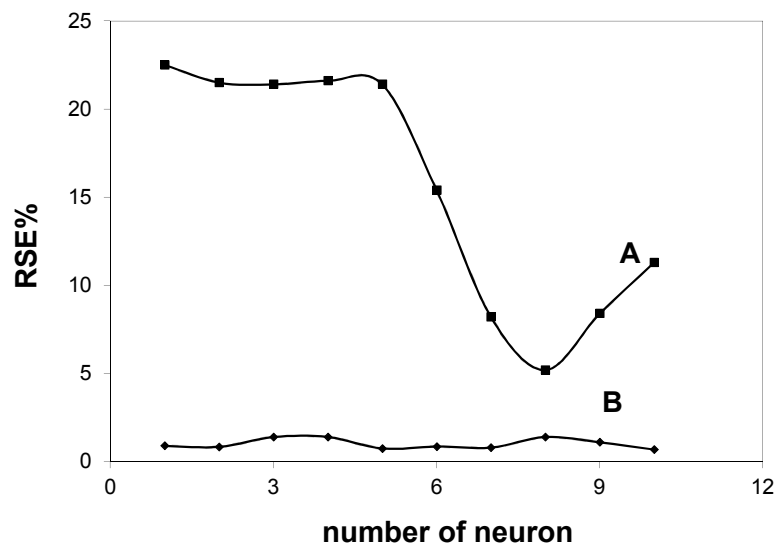
د- آموزش شبکه

آموزش شبکه شامل یافتن بایاس و وزن‌های است که امکان پیش‌بینی صحیح مقادیر y را از شبکه طوری فراهم کند تا خطا به مقدار مینیمم خود برسد. در این شرایط شبکه عصبی در حال آموزش را می‌توان با یک سری نمونه دیگر (متفاوت با نمونه‌های کالیبراسیون) ارزیابی کرد. برای بهینه‌سازی تعداد نورون‌ها و تعداد دورها بر اساس کمترین خطای حاصله برای هر دو سری نمونه‌های کالیبراسیون و پیش‌بینی می‌توان شبکه را آموزش داد تا نتایج خوبی به دست آید. درصد خطای استاندارد نسبی سری کالیبراسیون ($RSEC\%$) و سری پیش‌بینی ($RSEP\%$) با استفاده از فرمول ۲ زیر محاسبه می‌گردد.

$$\%RSE = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N (C_j - C_i)^2}{\sum_{j=1}^N C_j^2}}$$

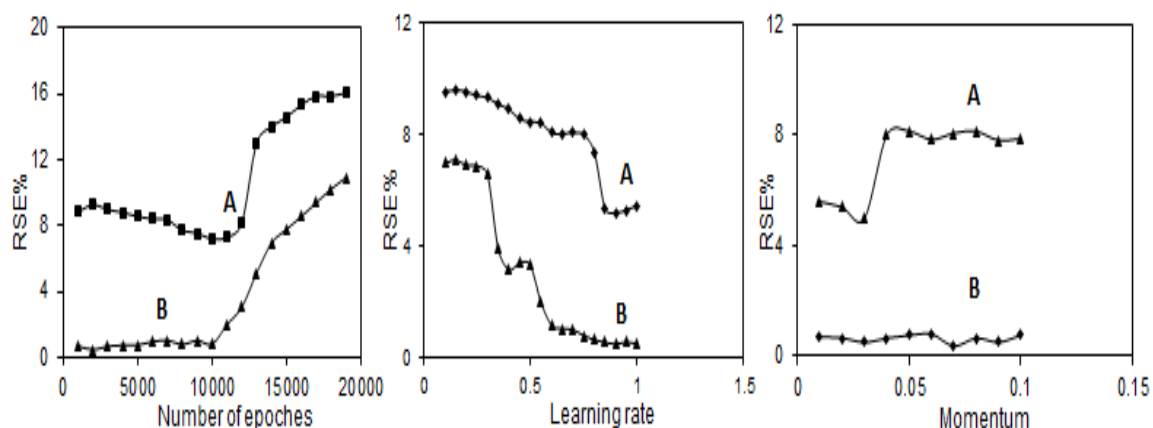
فرمول (۲) محاسبه درصد خطای استاندارد نسبی

C_j مقدار واقعی، C_i خروجی شبکه و N تعداد نمونه‌ها (کالیبراسیون یا پیش‌بینی) می‌باشد. منحنی خطا بر حسب تعداد نورون‌های لایه داخلی در شکل ۲ نشان داده شده است. تعداد نورون‌های بهینه شبکه برابر ۸ به دست آمد.



شکل ۲ منحنی میزان خطا بر حسب تعداد نورونهای لایه داخلی، A: سری پیش‌بینی، B: سری کالیبراسیون

منحنی خطا بر حسب تعداد نورون‌ها لایه داخلی در شکل ۲ مشاهده می‌شود. برای داشتن بهترین نتایج تعداد نورون‌های لایه داخلی ۷ انتخاب شد. برای بهینه‌سازی تعداد چرخه‌ها در طی فرآیند آموزش شبکه، تعداد چرخه‌ها تا آن جایی پیش می‌رود که خطای پیش‌بینی شده به حداقل مقدار خود برسد. تعداد چرخه‌ها در این شبکه ۱۲۰۰۰ در نظر گرفته شد. سرعت یادگیری یکی دیگر از پارامترهای بسیار مهم در فرآیند آموزش شبکه است که باید بهینه گردد. بهترین نتایج زمانی حاصل می‌شود سرعت یادگیری ۰/۸ در نظر گرفته شود. انتخاب این مقادیر به صورتی انجام می‌شود که خطاهای مربوط به نمونه‌های کالیبراسیون و پیش‌بینی حداقل باشد. آخرین پارامتری که بایستی در شبکه بهینه شود مومنتوم می‌باشد. همانند سرعت یادگیری مقدار آن تغییر داده می‌شود تا کمترین خطا به دست آید که مقدار مومنتوم برای این شبکه ۰/۰۳ به دست آمد. نتایج حاصل در شکل ۳ نشان داده شده است. ضمن آنکه تابع انتقال بین لایه‌ها سیگموئیدی انتخاب گردید.



شکل ۳ منحنی میزان خطا بر حسب تعداد دورها، سرعت یادگیری و، مومنتوم
(A: سری پیش بینی، B: سری کالیبراسیون)

ه - پارامترهای آماری

برای ارزیابی قدرت پیشگویی مدل ارائه شده برای پیش بینی میزان پیش بینی کیفیت پودرهای لباسشویی، چهار عدد از مهم ترین پارامترهای آماری انتخاب شد. اولین پارامتر آماری که محاسبه گردید اختلاف مربع میانگین ریشه ها (RMSD) بود. این پارامتر مبین میانگین خطاها در آنالیز اجزا در نمونه هاست و با استفاده از فرمول ۳ به دست می آید.

$$RMSD = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\hat{c}_i - c_i)^2 \right]^{0.5}$$

فرمول (۳) محاسبه اختلاف مربع میانگین ریشه ها

پارامتر دومی که محاسبه گردید درصد خطای نسبی پیش بینی (REP) است که نشان دهنده قدرت پیش گویی برای هر جز است و با فرمول ۴ محاسبه می گردد.

$$REP(\%) = \frac{100}{\bar{c}} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\hat{c}_i - c_i)^2 \right]^{0.5}$$

فرمول (۴) محاسبه درصد خطای نسبی پیش بینی

پارامترهای بسیاری بر روی مدل تأثیر گذاشته و منجر به کاهش قدرت پیشگویی مدل می‌شوند. دو پارامتر مهم که مبین این عمل هستند. خطای استاندارد پیش‌گویی (SEP) و خطای استاندارد کالیبراسیون (SEC) است که توسط فرمول ۵ محاسبه می‌گردند.

$$SEP(SEC) = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{c}_i - c_i)^2}{n-1} \right]^{0.5}$$

فرمول (۵) محاسبه خطای استاندارد پیشگویی و خطای استاندارد کالیبراسیون

مربع ضریب همبستگی چهارمین پارامتری بود که محاسبه گردید و مشخص‌کننده‌ی کیفیت قرار گرفتن تمامی داده‌ها بر روی یک خط راست است، که برای چک کردن منحنی کالیبراسیون محاسبه می‌گردد و توسط فرمول ۶ قابل محاسبه است.

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{c}_i - \bar{c})^2}{\sum_{i=1}^n (c_i - \bar{c})^2}$$

فرمول (۶) محاسبه مربع ضریب همبستگی

نتایج محاسبه پارامترهای آماری پیش‌بینی میزان پیش‌بینی کیفیت پودرهای لباسشویی در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲- پارامترهای آماری

Parameter	RMSD	REP(%)	SEP	R ^۲
	۰.۰۲۳۴	۰.۷۲۱۷	۰.۰۶۰۳	۰.۹۹۴۸

نتیجه گیری

استفاده از مواد شوینده در کشور ما قدمت طولانی دارد و به دهه ۱۳۳۰ هجری شمسی باز می‌گردد. در حدود سال‌های ۱۳۳۲ تا ۱۳۳۴ با ورود پودرهای شوینده به شهرهای بزرگ کاربرد این مواد به شکل امروزی متداول شد. رشد فرهنگ جامعه از یک سو و افزایش آگاهی استفاده‌کنندگان از تنوع تولیدات شوینده از سوی دیگر، باعث بالا رفتن میزان مصرف محصولات شوینده در پنج دهه اخیر شده است. در این تحقیق از پودرهای شوینده تولید داخل و یا وارداتی نمونه‌برداری شده و پس از زون‌بندی شدن مطابق با روش‌های استاندارد آزمون پودرهای شوینده، پارامترهای مورد نظر اندازه‌گیری شد. متوسط داده‌های به دست آمده با مقادیر استاندارد ملی و بین‌المللی و رهنمودهای پیشنهادی سازمان جهانی بهداشت مقایسه شد. در این تحقیق از شبکه عصبی مصنوعی کوپل شده با آنالیز اجزای اصلی جهت پیش‌بینی میزان پیش‌بینی کیفیت پودرهای لباسشویی استفاده شده است. نتایج حاصل نشان می‌دهد شبکه طراحی شده قابلیت پیش‌بینی کیفیت پودرهای لباسشویی با خطایی در حدود چهار درصد را دارد. ضمن آن که شبکه عصبی مصنوعی با الگوریتم یادگیری پس انتشار به دلیل خطای پایین و پایداری فوق‌العاده‌اش به عنوان یک روش قدرتمند برای این‌گونه پیش‌بینی‌ها پیشنهاد می‌شود.

سپاس نامه:

- ۱- دکتر محمد رحیم بهره مند / مدیر کل اداره استاندارد استان بوشهر
- ۲- علی عزیزی / معاون ارزیابی انطباق اداره کل استاندارد استان بوشهر
- ۳- مهندس فریده مواجی / ریاست اداره اجرای استاندارد و کنترل کیفیت استان بوشهر