کاربرد روش طراحی آزمایش‌ها در تعیین عوامل مؤثر بر خوردگی اتصالات لحیم کاری شده در رادیاتور خودرو و مقایسه آن با روش شبکه عصبی

دکتر رکسانا فکری
عضو هیات علمی دانشگاه پیام نور

مرضیه بابابیان پور
عضو هیات علمی دانشگاه پیام نور

چکیده

خوردگی اتصالات لحیم کاری در رادیاتور خودرو واقعه‌ای است که در اثر بروز عوامل فرآیند ی شیمیایی از اثر پیش می‌آید گرچه این حادثه در موارد معدود و به ندرت رخ می‌دهد؛ اما در صورت وقوع، باعث مسدود شدن لوله‌های رادیاتور گردیده و ظرفیت، همچنین توان خنک‌کنندگی رادیاتورکاهش می‌دهد. یافتن عامل یا عوامل دقیق ایجاد این نوع خوردگی و کنترل این عوامل معمولاً امری بسیار مشکل است. تکنیک طراحی آزمایش‌ها (DOE)1 یکی از تکنیک‌های رایج برای دستیابی به شناسایی عوامل مؤثر و کنترل این عوامل جهت بهینه سازی فرآیند است دراین تکنیک با استفاده از روش‌های آماری (با توجه به نوع مسئله) به شناسایی عوامل مؤثر و کاهش عوامل غیرقابل کنترل پرداخته می‌شود از سوی دیگر، امروزه تکنیک‌های جدیدی نظیر شبکه‌های عصبی و الگوریتم‌های هیوریستیک به دلیل عدم نیاز به شناسایی نوع و جزئیات فیزیکی یا شیمیایی فرآیند، در تشخیص عوامل مؤثر بسیار کاربرد یافته است.

در این مقاله سعی می‌شود تا کاربرد روش طراحی آزمایشها در تشخیص عوامل مؤثر بر خوردگی حاصل از فلاکس‌های لحیم کاری در رادیاتور خودرو مورد مطالعه قرار گرفته و اثر بخشی آن درمقایسه با بکارگیری شبکه‌های عصبی به عنوان یکی از روش های مطرح در تحلیل داده ها بررسی شود. مقایسه پاسخ‌های حاصل از شبکه عصبی با پاسخ‌های حاصل از طراحی آزمایش‌ها ، صحت تحلیل های آماری را تأیید می‌کند و نشان می دهد که نوع لحیم به کار رفته، نوع ضدیخ و هم چنین اثر متقابل بین لحیم و ضدیخ، به عنوان مهمترین عوامل در بین عوامل مؤثربر خوردگی اتصالات لحیم کاری در رادیاتور خودرو مطرح می باشند که با کنترل این عوامل ، توان میزان خوردگی در رادیاتور خودرو را کاهش داد و عملکرد مناسب رادیاتور را تقویت نمود.

مقدمه

هدف از بکارگیری تکنیک‌های مختلف طراحی آزمایش‌ها، شناسایی عوامل مؤثر در فرآیند و تعیین مقادیر بهینه می‌باشد. با کمک تکنیک‌های DOE می‌توان اولاً متغیرهایی که بیشترین تأثیر را در

خروجی دارند، تعیین کرد. ثانیاً متغیرهای ورودی مؤثر را به گونه‌ای تعیین کرد که مقادیر پاسخ را به مقدار اسمی خود نزدیک کرده، تغییرپذیری آن‌ها را کوچک نموده و تأثیر عوامل غیرقابل کنترل را بر متغیر پاسخ می‌نیمم نمود. مهم‌ترین تکنیک های مؤثر در طراحی آزمایشها ، تکنیکهای آماری می باشد که از معمول ترین این متدها ، روش‌های آماری نظیر آنالیز واریانس یکطرفه، آنالیز واریانس دوطرفه، روش‌های طرح‌های عاملی (فاکتوریل)، روش رگرسیون و ... می باشند[1]

در عین حال روشهای دیگری نیز جهت تحلیل داده ها و تعیین مؤثرترین آنها کاربرد یافته اند . از مؤثرترین این روش ها، روش شبکه عصبی می باشد . امروزه شبکه‌های عصبی برای بسیاری از مسائل از قبیل پیش‌بینی، تعریف، تخمین، خوشه‌بندی و بهینه‌سازی به کار می‌روند و در طیف بسیاری از صنایع،کاربردهای عملی یافته‌اند[2] .

1. شبکه های عصبی و مزایای آنها

این شبکه‌ها با الهام از عملکرد مغز انسان ساخته شده‌اند. همانگونه که مغز یک سیستم پردازش داده‌ای بسیار پیچیدهٔ غیرخطی و موازی است که از واحدهای ساختاری به نام سلول عصبی یا نرون با اتصالات زیاد تشکیل شده است. ، یک شبکهٔ عصبی مصنوعی[2] (ANN) نیز با ساختاری مشابه ساختار بیولوژیک مغز انسان و شبکهٔ اعصاب بدن ساخته می شود و همانند مغز، قدرت یادگیری، تعمیم‌دهی و تصمیم‌گیری دارد. این شبکه‌ها احتیاج به مدل ریاضی ندارند، مانند انسان تجربه می‌آموزند و سپس این تجربیات را تعمیم می‌دهند[3]. بطورکلی یک شبکهٔ عصبی به عنوان نوع خاصی از شبکهٔ تطبیقی متشکل از تعدادی گره است که از طریق اتصالات جهت‌دار به یکدیگر متصل شده‌اند. هر گره بیان کنندهٔ یک واحد پردازشی است و اتصالات بین گره‌ها، ارتباط بین آنها را نشان می‌دهد. به طوری که خروجی حاصل از گره‌ها به پارامترهای قابل اصلاح مرتبط با هرگره بستگی دارد. به گونه‌ای که رفتار ورودی ـ خروجی کلی آن به وسیلهٔ مجموعه‌ای از پارامترهای قابل اصلاح مشخص می‌شود و گره‌ها نقش تابع ایستا را روی سیگنال‌های ورودی جهت تولید خروجی گره ایفا می‌کنند[4]. شباهت‌های زیادی بین شبکه‌های عصبی و روش‌های آماری وجود دارد. اما برخی از خصوصیات و مزایا، کاربرد و استفاده از این شبکه‌ها را در روش‌های حل و تحلیل داده‌ها گسترده‌تر ساخته است. شبکه‌های عصبی شکل غیرخطی از مدل‌های ریاضی (نظیر مدل‌های رگرسیونی) هستند و می‌توانند به عنوان یک جایگزین برای تکنیک‌های آماری (حتی رگرسیون‌های خطی چندگانه) استفاده شوند[5]. دو تفاوت اساسی بین شبکه‌های عصبی و تکنیک‌های آماری وجود دارد: اول اینکه در شبکه‌های عصبی ساختار درونی تابع همچنان ناشناخته باقی می‌ماند و اصطلاحاً از روش‌های (جعبهٔ سیاه)[3] در حل مسائل استفاده می‌شود که گرچه نتایج مفیدی را ایجاد می‌نماید، لیکن نمی‌توان روش استنتاج آن را به دقت شناخت. تفاوت دوم در نحوهٔ ساختن شبکه است، که فرآیندی ویژه و خاص است. در حالی که در روش‌های آماری، دستورالعمل‌هایی برای تهیهٔ مدل مناسب و برازش آن وجود دارد. بطور کلی مزایای بهره‌گیری از شبکه‌های عصبی در برابر روش‌های آماری را می‌توان اینگونه طبقه‌بندی نمود[6]:

1.1. غیرخطی بودن:

چون روابط بین نرون‌ها دارای ساختار غیرخطی است، این شبکه‌ها برای شبیه سازی **مدلسازی** غیرخطی مفید هستند.

1.2. توازی و پردازش اطلاعات:

شبکه‌های عصبی دارای تودهٔ وسیعی از واحدهای کوچک پردازشگر به نام نرون هستند که می‌توانند به صورت موازی هم عمل نمایند. در حالی که در سایر مدل‌های ریاضی توالی عملیات اجتناب ناپذیر است.

1.3. تحمل خطا:

شبکه‌های عصبی در صورت بروز شرایط نامساعد و اختلال در بخشی از ساختار، به فعالیت خود ادامه می‌دهند. در حالی که در سایر مدل‌های ریاضی این امر (اختلال) به طور جدی عملکرد مدل را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

1.4. قدرت تعمیم‌پذیری:

تابع حاصل در شبکه‌های عصبی، پس از طی مراحل آموزشی و اعتبار می‌تواند به موارد مشابه تعمیم یابد. همچنین با تعدیل ورودی‌ها، شبکه قادر است نتایج را در شرایط جدید نیز تعدیل و اصلاح نموده و تعمیم دهد.

1.5. مصرف انرژی و زمان کمتر:

با توجه به ساختار موازی شبکه‌های عصبی و پردازش همزمان اطلاعات و حفظ آن‌ها، انرژی و زمان بسیار کمی برای تحلیل و بدست آوردن نتایج مصرف می‌شود.

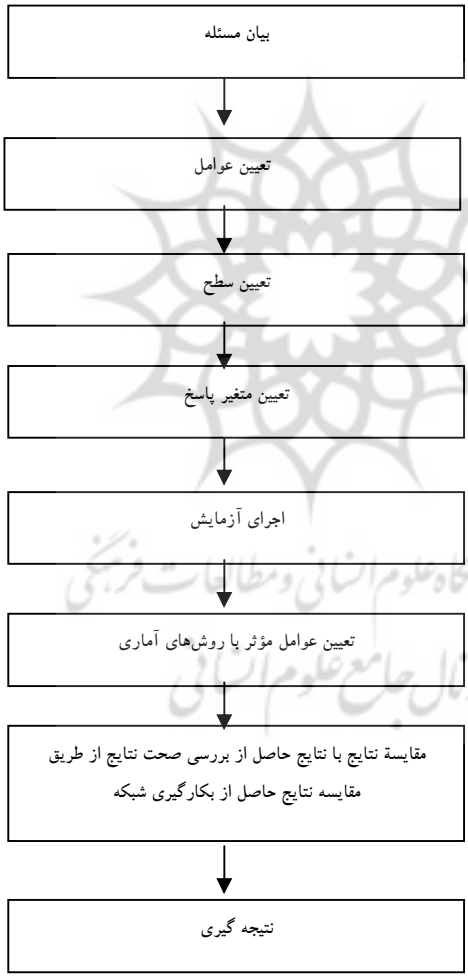
بنابراین با وجود آن که در بیشتر تحلیل های مورد نیاز در روش طراحی آزمایش ها از روش های آماری استفاده می شود ، اما با توجه به مزیت های ذکر شده فوق و همچنین سهولت کاربرد شبکه های عصبی ؛ استفاده از این روش در تجزیه و تحلیل داده ها گسترش چشمگیری یافته است.

خوردگی اتصالات لحیم کاری شده در رادیاتور خودرو نیز مانند دیگر مسایل فرآیندی می تواند با کمکد روش تحلیل پآزمایش ها مورد بررسی قرار گیرد. خوردگی در فرآیند خنک کنندگی رادیاتور خودرو، مسأله ای است که ظرفیت خنک کنندگی رادیاتور و بازده آن را تحت تأثیر قرارداده و کاهش می دهد. بررسی عوامل و کنترل اثر آن ها می تواند در بهبود فرآید خنک کنندگی رادیاتور خودرو بسیار مؤثر باشد.در این مقاله ، به منظور تعیین عوامل مؤثر بر خوردگی اتصالات لحیم کاری رادیاتور خودرو ، از روش طراحی آزمایشها استفاده می شود ، به طوری که در ابتدا در تعیین و تحلیل عوامل مؤثر بر خوردگی اتصالات لحیم کاری شده د رادیاتور خودرو روش های معمول آماری در طراحی آزمایشها استفاده شده و سپس نتایج حاصل از این تحلیل با بررسی و تحلیل داده‌ها به کمک روش شبکه عصبی مورد ارزیابی قرار می گیرد.

2. متدولوژی تحقیق

استفاده از روش‌های متداول طراحی آزمایش‌ها، جهت تشخیص صحیح عوامل مؤثر و کنترل آنها به منظور حل مشکل می‌تواند بسیار موثر و مثمرثمر واقع گردد. در این مقاله چنانچه ذکر شد از این روش جهت تعین عوامل مؤثر بر خوردگی رادیاتور خودرو استفاده می شودو سپس نتایج حاصل از آن با نتایج حاصل از بررسی این عوامل با استفاده از روش شبکه عصبی مورد مقایسه قرار می گیرد. مراحل انجام روش تحقیق در شکل 1 نشان داده شده است

مطابق با آنچه در شکل 1 دیده می شود ،در مراحل اول طبق روش های معمول طراحی آزمایش ها، مسأله تحقیق کاملا مورد بررسی موشکافانه قرار میگیرد و سپس عوامل تأثیر گذار بر متغیر پاسخ تعیین می شوند، در ادامه سطح عوامل و متغیر پاسخ تعیین شده و با استفاده از روش آماری چند عاملی کلی ونرم افزار می نی تب414 ، عوامل مؤثر تعیین می شوند در مرحلهٔ بعد، جهت اطمینان از صحت نتایج عوامل مؤثر با استفاده از کاربرد شبکه‌های عصبی در تحصیل داده‌ها استفاده می‌شود. به طوری که داده‌های آزمایش به نرم‌افزار کلمنتاین 58/1 که یک نرم‌افزار متداول در مدلسازی شبکه‌های عصبی است، داده می‌شود مدل با داده‌های این بخش پاسخ‌های جدیدی ارائه می‌دهد. جهت تأیید نتایج، مقایسه پاسخ‌های جدید با پاسخ‌های حاصل از طراحی آزمایش‌ها مورد مقایسه قرار میگیرد. مراحل انجام روش به ترتیب در ذیل آورده شده است.



شکل(1) :مراحل انجام متدولوژی تحقیق

2. 1. تعریف مسئله

یکی از عوامل کاهش ظرفیت و توان خنک کنندگی رادیاتور خودرو که در واقع وظیفه اصلی آن است)، به علت مسدود شدن لوله‌های رادیاتور در اثر بروز خوردگی توسط مواد خنک کننده موجود در آن در محل‌ها و اتصالات لحیم کاری شده پیش می‌آید. عوامل ایجاد کننده این خوردگی بسته به نوع مواد به کار رفته در رادیاتور، از قبیل انواع لحیم‌ها با درصدهای متفاوت در اتصالات ، انواع فلاکس، نوع ضدیخ و شرایط محیطی نظیر دمای رادیاتور و... دیگر عوامل ایجاد این مشکل با استفاده از روش DOE و سپس به کمک شبکه‌های عصبی شناسایی و مورد ارزیابی و کنترل قرار می‌گیرند تا بهترین نوع مواد جهت لحیم کاری، فلاکس‌ها و ضدیخ‌ها که سبب تقلیل میزان این خوردگی می‌شوند، تشخیص و برای بهبود عملکرد رادیاتور خودرو مورد استفاده قرار گیرند.

2. 2. تعیین و تشخیص عوامل

از آنجایی که لحیم به کار رفته در رادیاتور قابلیت تحمل دمای بالا و فشار زیاد را داشته باشند، لحیم‌های با درصد سرب بالا بیش از انواع دیگر به کار برده می‌شود. لذا بررسی تحلیل این نوع لحیم‌ها (با درصد Pb بالا) مهم تر از دیگر آلیاژها تشخیص داده شده است به علاوه نوع فلاکس به کار رفته نیز بسته به مقدار باقیمانده ای که پس از عمل لحیم کاری از خود به جای گذارد، نقش بسیار مهمی را در ایجاد و میزان خوردگی ایفا می‌نماید. همچنین تحقیقات و آزمایش‌های متعدد نشان می‌دهد که نوع مواد ضدیخ موجود در رادیاتور با توجه به تنوع زیاد آن می‌تواند بر ایجاد خوردگی موثر باشد. شرایط محیطی نظیر دما در داخل رادیاتور معمولاً ثابت فرض می‌شود و دمای محل لحیم کاری نیز به طور تقریبی و متوسط در حدود 850 درجه فارنهایت فرض می‌گردد.

بنابراین گرچه عوامل متعدد محیطی نظیر فشار، درجه حرارت و ... می‌توانند در ایجاد خوردگی اتصالات لحیم کاری شده در رادیاتور خودرو و در نتیجه مسدود شدن لوله‌های آن با این خوردگی‌ها موثر باشند، اما در این تحقیق با ثابت در نظر گرفتن این عوامل، سه عامل نوع لحیم به کار رفته، نوع فلاکس به کار برده شده و نوع ضدیخ به کار رفته در رادیاتور خودرو را مورد بررسی قرار می‌دهیم.

2. 3. تعیین سطح عوامل

چنانچه در بخش قبل نیز ذکر گردید، عوامل مهم در ایجاد خوردگی در محل اتصالات لحیم کاری در رادیاتور خودرو عبارتند از : نوع لحیم، نوع فلاکس و نوع ماده ضد یخ به کار گرفته شده که در ذیل به تعیین سطح هر یک از این عوامل می‌پردازیم:

2. 3. 1. تعیین نوع فلاکس‌ها و سطح آنها

فلاکس لحیم کاری ماده ای است که دارای انواع مختلف بوده و نقش آن زدودن اکسیدها، زنگ زدگی و در واقع تمیز کردن سطح فلز و آماده کردن آن برای انجام بهتر عمل لحیم کاری می‌باشد. تحقیقات و آزمایش‌های متعدد نشان می‌دهد که بعضی از انواع فلاکس‌ها بعلت باقیمانده کمی که در محل لحیم کاری از خود بر جای می‌گذارند، بیش از انواع دیگر در رادیاتور ماشین مورد استفاده قرار می‌گیرند[7].

یکی از انواع متداول و معلول این فلاکس‌ها ، فلاکس تجاری با اثرات باقیماندگی کم6 است که مواد کمی را پس از انجام عمل لحیم کاری از خود باقی می‌گذارد. از جمله فلاکس‌هایی که پس از عملیات لحیم کاری نیازی به شستشوی سطح آنها نمی‌باشد، می‌توان به فلاکس های تجاری رادیاتور7 اشاره کرد. این نوع از فلاکس ها مواد باقیمانده ای از خود به جای

می‌گذارد که مقدار آن در مقایسه با دیگر انواع فلاکس چندان زیاد نیست. بنابراین بدون شستشوی محل اتصال و می‌توان آنها را بکار برد. اما بعضی از تولیدکنندگان رادیاتور به طور کامل محل تزریق فلاکس را پس از لحیم کاری با آب شستشو می‌دهند تا مواد باقیمانده حذف گردد. لذا بررسی این فلاکس هم در مواردی که با آب شستشو داده می‌شود و هم در مواردی که شستشو انجام نمی‌شود در ایجاد خوردگی در اتصالات لحیم کاری رادیاتور خودرو دارای اهمیت می‌باشد.

انواع فلاکس‌ها عبارتند از:

فلاکس نوع 1:فلاکس تجاری غیر قابل شستشو

فلاکس نوع 2: فلاکس تجاری قابل شستشو

فلاکس نوع 3: فلاکس تجاری با اثرات باقیماندگی کم

2. 3. 2. تعیین نوع لحیم

از آنجایی که لحیم‌های با درصد سرب (pb) زیاد دارای قابلیت تحمل دمای بالا و فشار زیاد می‌باشند و عموماً چنین شرایطی در رادیاتور ماشین حاکم است، لذا بکارگیری این نوع لحیم در رادیاتور معمول تر از دیگر انواع آن می‌باشد. با توجه به گستردگی کاربرد این نوع لحیم در رادیاتور، سه نوع متداول آن در این بررسی مورد آزمایش قرار می‌گیرند.

1. لحیم با 97,5 درصد سرب، 1 درصد قلع و 1,5 درصد نقره 97,5Pb-1Sn-1,5Ag

2- لحیم با 95 درصد سرب، 3,8 درصد قلع و 1,2 درصد نقره 95,0Pb-3,8Sn-1,2Ag

3- لحیم با 95 درصد سرب، 5 درصد قلع 95,0Pb-5Sn

2. 3. 3. تعیین انواع ضدیخ

خنک کننده‌های متعددی در بازار وجود دارند اما از جمله خنک‌های مفید که استفاده از آن در رادیاتور ماشین‌ها کاربرد بیشتری دارد، عبارتند از:

خنک کننده یا ضد یخ نوع A : که دارای میزان خوردگی نسبی می‌باشند.

ضد یخ نوع B : که ترکیب غیرخورنده دارد.

ضد یخ نوع C : ضدیخ دارای خوردگی حاشیه ای می‌باشد. (خورندگی از عوارض جانبی آن است) که در آزمایش پروژه موردنظر از این سه نوع مواد ضدیخ با درصد گلیکول حدوداً به طور متوسط 51% گلیکول استفاده می‌شود.

2. 3. 4. تعیین متغیر پاسخ

در این آزمایش میزان خوردگی در اتصالات لحیم کاری شدهٔ رادیاتور خودرو - بر حسب میلی گرم بر واحد نمونه – داده‌های مربوط به متغیر پاسخ را تشکیل می‌دهد.

2. 3. 5. انجام آزمایش

برای انجام آزمایشها و ایجاد Run های مختلف آزمایش در آزمایشگاه تولیدکننده سیستم، به منظور ایجاد قطعات مشابه با قطعات موجود در رادیاتور خودرو قطعات مورد نیاز از قطعات برنج (آلیاژ 70 درصد مس و 30 درصد روی) استفاده می‌شود که این قطعات به شکل فنجان با قطر داخلی تقریبی 1,5 اینچ و قطر خارجی 2,5 اینچ که با یک دستگاه Punch و تا 0,25 اینچ عمق به آنها داده می‌شود، در می‌آید. این فنجان برای جا دادن 20 گرم لحیم از انواع لحیم‌های ذکر شده در بالا (97,5 درصد سرب، 1 درصد قلع و 1,5 درصد نقره، 95 درصد سرب و 3,8 درصد قلع و 1,2 درصد نقره و لحیم 95 درصد سرب و 5 درصد قلع) تهیه می‌شوند. دمای لحیم کاری حدود 900- 800 درجه فارنهایت بوده و تقریباً حدود 850 درجه فارنهایت در نظر گرفته می‌شود. ضمناً روی سطح نمونه که کاملاً لحیم کاری می‌شود از مواد فلاکس‌ها به ترتیب استفاده شده و همچنین انواع ضدیخ ذکر شده که حدوداً 51 درصد گلیکول داشته و دارایPH تقریبی 8 می‌باشند، نیز تست می‌شوند.

2. 3. 6. داده‌های حاصل از انجام آزمایش‌ها

داده‌های حاصل از انجام آزمایش‌ها در جدول شماره 1 نشان داده شده اند.. این جدول در پیوست آورده شده است. متغیرهای SOLDER (نوع لحیم)، FLUX (نوع فلاکس) و ANTIFREEZE (نوع ضدیخ) ورودی‌های مسئله و متغیر CORROSION (مقدار خوردگی) متغیر پاسخ را در جدول نشان می‌دهد.

2. 3. 7. تعیین عوامل مؤثر به کمک DOE

در این مرحله با استفاده از نرم افزار می .نی .تب 14 داده‌های مسئله تحلیل شده و عوامل مؤثر به ترتیب اهمیت تشخیص داده می‌شوند. از آنجایی که تعداد عوامل در این آزمایش 3 عامل و هر کدام دارای 3 سطح میباشد، لذا در تحلیل طراحی آزمایش‌ها، از روش چند عاملی کلی8 استفاده می‌شود. نتایج حاصل از تحلیل به قرار زیر است:

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

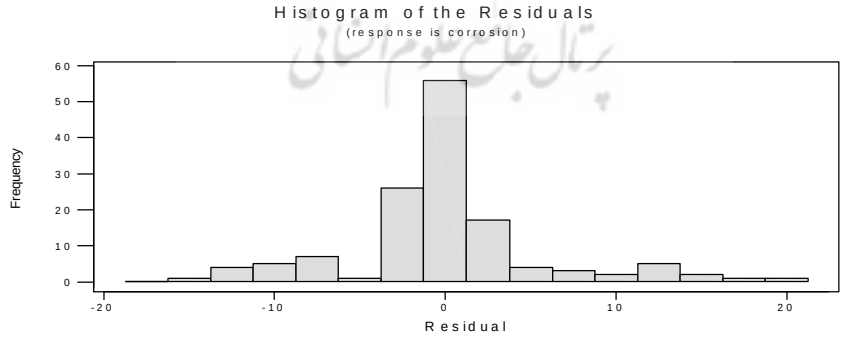
جدول (1): میزان اهمیت عوامل مؤثر بر خوردگی اتصالات لحیم کاری رادیاتور خودرو با استفاده از روش های آماری در طراحی ازمایش ها

عامل	p-value
نوع لحیم	0/042
نوع ضد یخ	0/000
نوع فلاکس	0/774
نوع لحیم* نوع ضد یخ	0/02
نوع ضد یخ * نوع فلاکس	0/709
نوع فلاکس* نوع لحیم	0/927

همانگونه که مشاهده می‌گردد، مقدار P-value برای عامل فلاکس بیش از $a = 0.05$ می‌باشد که نشان دهندهٔ آن است که با احتمال 95٪ اطمینان می‌توان نتیجه گیری کرد که عامل فلاکس در ایجاد خوردگی اتصالات لحیم کاری شدهٔ رادیاتور خودرو به عنوان یک عامل مؤثر شناخته نمی‌شود. در حالی که بررسی مقادیر P-value برای عوامل نوع لحیم و ضدیخ که کمتر از $a = 0.05$ می‌باشد، نشان می‌دهد که عوامل عوامل نوع لحیم و ضدیخ و همچنین تأثیر متقابل بین این دو عامل بر میزان خوردگی مؤثر است.

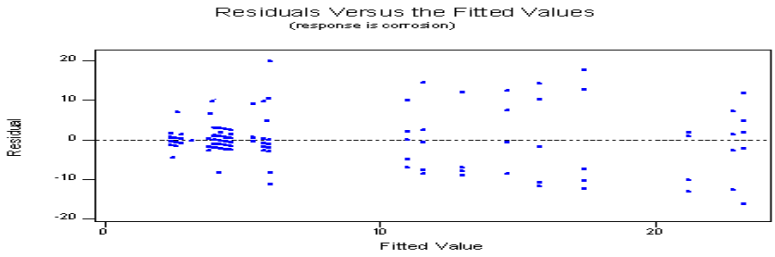
2. 3. 8. بررسی کفایت مدل

مطابق با کلیهٔ روش‌های معمول طراحی آزمایش‌ها، مدل از نظر تست نرمال بودن، مستقل بودن و تساوی واریانس‌ها بررسی می‌گردد. چنانچه مشاهده می‌گردد، شکل‌های 1 و 2 به طور تقریبی نرمال بودن داده‌ها را تأیید می‌نماید.

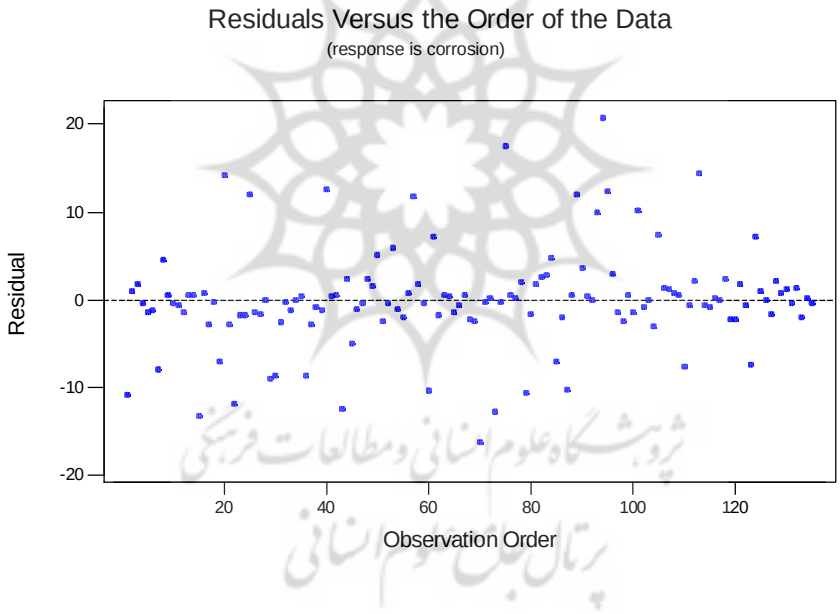


شکل (2): هیستوگرام بررسی نمودار آماری باقیمانده‌ها

بررسی نمودارهای باقیمانده بر حسب مقادیر Fitted Value و همچنین رسم مقادیر باقیمانده بر حسب Order، که به ترتیب در شکل‌های 3و4 آورده شده‌اند، تقریباً تساوی واریانس‌ها و مستقل بودن داده‌ها را تأیید می‌نماید. لذا به این ترتیب کفایت مدل تقریباً تأیید می‌گردد.

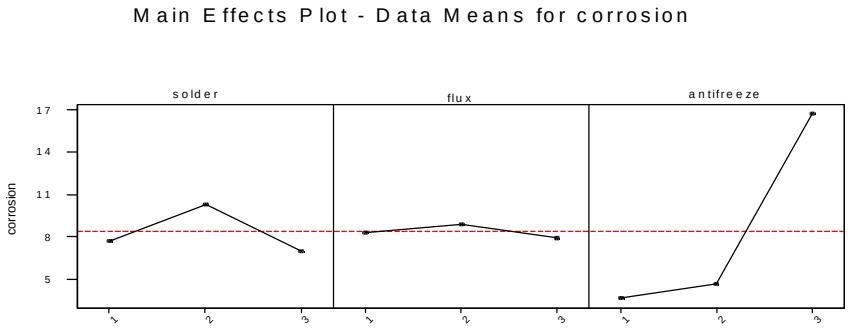


شکل(3): نمودار اثر fitted Values بر باقیمانده‌ها جهت بررسی تساوی واریانس‌ها



شکل (4): نمودار اثر ترتیب مشاهدات بر باقیمانده‌ها جهت بررسی استقلال داده‌ها

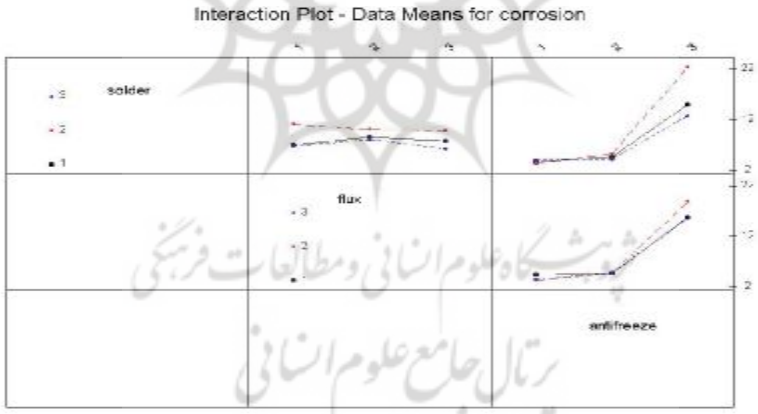
بررسی نمودارهای اثر اصلی که در شکل 5 آمده است، مؤید آن است که مطابق با نتایج قبل، عامل flux تأثیر چندانی در ایجاد خوردگی در رادیاتور خودرو ندارد. در حالی که از بین لحیم‌های بکار رفته، لحیم نوع 3 (95٪ سرب و 5٪ قلع) کمترین میزان خوردگی را ایجاد کرده و لذا بهترین نوع لحیم برای اتصالات رادیاتور می‌باشد. به علاوه ضدیخ نوع A که خاصیت خورندگی نسبی دارد، نیز کمترین میزان خوردگی را در رادیاتور ایجاد کرده و آن نیز به عنوان بهترین نوع ضدیخ جهت این کاربرد شناخته می‌شود.



شکل (5): نمودار اثر اصلی عوامل بر خوردگی

نمودار اثرات متقابل نشان می‌دهد که تنها اثر متقابل که در شکل شماره 6 آورده شده است نیز بین لحیم و ضدیخ مهم بوده و سایر اثرات متقابل در ایجاد خوردگی چندان مهم شناخته نمی‌شوند.

در ادامه جهت بررسی صحت نتایج عیبی که به کمک تحلیل‌های آماری به دست آمده، ا روش شبکه عصبی استفاده می‌شود.



شکل (6): نمودار اثر متقابل عوامل بر روی میزان خوردگی

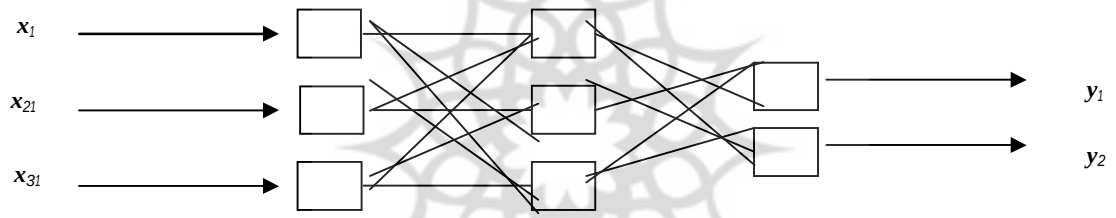
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

3. تعیین عوامل مؤثر با استفاده از روش شبکه‌های عصبی

در این مرحله با کمک تکنیک شبکه‌های عصبی، داده‌های مؤثر را به دو دسته تقسیم می‌کنیم. دستهٔ اول داده‌های مربوط به بخش training set و دستهٔ دوم مربوط به داده‌های test set می‌باشد. داده‌های بخش Training ، 50٪ کل داده‌ها را تشکیل داده و به صورت شانسی انتخاب شده اند. سپس این داده‌ها، به نرم‌افزار Clementine 8,1 داده می‌شوند. پس از ارائهٔ داده‌های training به شبکه، شبکه به یادگیری پرداخته و مدل مورد نظر ما را می‌سازد. در این مدل تابع به کار رفته یکی از توابع هیپربولیک، لگاریتمیک یا گوس است که مطابق با کلیه روش‌های Black Box ، در این نوع شبکه‌ها روش استنتاج در مدل مشخص نبوده و بدون داشتن هیچگونه دانش فیزیکی یا شیمیایی راجع به فرآیند، مدل پس از آموزش با ارائه کردن داده‌های آزمایشی test set خود به ارائهٔ خروجی می‌پردازد [6] .

$$y_i = f\left(\sum w_{ij} x_i\right)$$

wij = وزن مربوط به هر گره yi = خروجی f = تابع استنتاج xi = ورودی



شکل (7): خروجی مدل پس از اجرا با داده‌های آزمایشی

اعتبار مدل شبکه عصبی هنگامی تأیید می‌گردد که مقادیر خروجی حاصل به مقادیر خروجی واقعی نزدیک باشند و یا آنکه SSE مربوط به داده‌های واقعی و مقادیر حاصل از تابع (یعنی مقدار yij) مینیمم شود. در واقع مقادیر w پس از می‌نیمم شدن SSE مشخص می‌شود. این بخش از ساخت مدل بدون نیاز به هرگونه دانشی در رابطه با جزئیات فرآیند امکان پذیر است[9].

$$\Delta w_{ij}^{new} = w_{ij}^{old} + \Delta w_{ij}$$

$$\Delta w_{ij} = -h \frac{\partial MSE}{\partial N_{ij}} \times y_{ij}$$

پس از تعیین w ها، داده‌های بخش test set به مدل ارائه می‌شود و مدل پس از آن به تولید خروجی می‌پردازد. این خروجی را می‌توان با خروجی حاصل از روش طراحی آزمایش‌ها مقایسه کرد تا اعتبار مدل و تفاوت آن با مقادیر واقعی مشخص شود[3].

نتایج حاصل از اجرای نرم افزار و تحلیل داده‌های بخش training در جدول 2نشان می‌دهد که با دقت 91,176 درصد عامل ضدیخ و لحیم به ترتیب در ایجاد خوردگی در رادیاتور خودرو از اهمیت بالایی برخوردار بوده در حالی که نقش عامل فلاکس در ایجاد خوردگی از اهمیت چندانی برخوردار نیست.

جدول (2) میزان اهمیت عوامل مؤثر بر خوردگی اتصالات لحیم کاری رادیاتور خودرو با استفاده از تحلیل داده های گروه training در شبکه عصبی

عامل	درجه اهمیت
نوع لحیم	0/104122
نوع ضد یخ	0/0244782
نوع فلاکس	0/326986

پس از یادگیری و ساخت مدل، برای اطمینان از صحت آن داده‌های بخش test به مدل داده می‌شود. این داده‌ها نیز نتایج حاصل از بخش training را تأیید می‌نمایند. به طوریکه با دقت 89/586 درصد ابتدا عامل ضدیخ و سپس عامل لحیم به عنوان عوامل مؤثر در این مدل شناخته شده و نقش عامل فلاکس در ایجاد خوردگی کم اهمیت تلقی می‌گردد.

جدول (3) میزان اهمیت عوامل مؤثر بر خوردگی اتصالات لحیم کاری رادیاتور خودرو با استفاده از تحلیل داده های گروه درشبکه عصبی

عامل	درجه اهمیت
نوع لحیم	0/136
نوع ضد یخ	0/0299326
نوع فلاکس	0/330717

4. مقایسهٔ نتایج بدست آمده از روش شبکه‌های عصبی و طراحی آزمایش‌ها

مقایسهٔ نتایج حاصل از تحلیل داده‌ها به کمک شبکه‌های عصبی و طراحی آزمایش‌ها نشان می‌دهد که در هر دو روش دو عامل ضدیخ و لحیم در ایجاد خوردگی در رادیاتور خودرو مؤثر بوده و عامل فلاکس در ایجاد این مشکل نقش چندان مهمی ندارد. لذا صحت مدل به کار رفته شده بار شبکه عصبی تأیید می‌گردد.

نتیجه گیری

روش های مختلف طراحی آزمایش ها از دیرباز به عنوان یک رویکرد مؤثر در شناسایی عوامل مؤثر و بهینه کردن اثر این عوامل بر فرایند ها مطرح بوده اند. در این مقاله نیز از این روش در بررسی عوامل مؤثر بر خوردگی اتصالات لحیم کاری در رادیاتور خودرو استفاده شد تا ضمن کنترل مناسب این عوامل از اثرمخرب آنها جلوگیری گردد. نتایج حاصل از بکارگیری این روش ، نوع لحیم بکار رفته در رادیاتور و همچنین نوع ضد یخ استفاده شده و ارتباط متقابل بین آنها را به عنوان عوامل مؤثرنشان می‌دهد. بررسی این نتایج با استفاده از روش تحلیل داده‌ها به کمک شبکه های عصبی نیز صحت و اعتبار این نتایج را تأیید نمود. بر طبق این نتایج لحیم نوع 3 (95٪ سرب و 5٪ قلع) کمترین میزان خوردگی را ایجاد کرده و لذا بهترین نوع لحیم برای اتصالات رادیاتور می‌باشد. به علاوه ضدیخ نوع A که خاصیت خورندگی نسبی دارد، نیز کمترین میزان خوردگی را در رادیاتور ایجاد کرده و آن نیز به عنوان بهترین نوع ضدیخ جهت این کاربرد شناخته می‌شود.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

1- *Montgomery, D.C., 2006,"Designs and analysis of experiments", Sixth edition, John Wiley and sons, Inc.*

2- *Bishop, M.C., 2005," Neuralnetworks for pattern recognition", 10th edition, Oxford University press.*

3- *Mehrotra, K., Mohan.C.K and Ranka, S., 1996, "Elements of artificial neural networks", MIT press.*

4- *Hippert, H. S., Bunn, D. W. and Souza, R.C., 2005, " Large neural network for electricity load forecasting: Are they over fitted?", International; journal of forecasting, 21(3), 425-434.*

5- *Ozcelik, B and Erzurumlu, 2006, "Comparison of the warpage optimization in the plastic injection molding using ANOVA, neural network model and genetic algorithm", journal of materials processing technology, 171 (3), 437-445.*

6- *West, P. M., Brocket, P. L. and Golden, L. L, 1997, " A comparative analysis of neural network and statistical; methods of predicting consumer choice", Journal of marketing Science 16(4), 370-391.*

7- *Grivas, D., Frear, D., Quan, L. and. Morris, J. W., 1986, "The formation of Cu_3Sn intermetallic on the reaction of cu with 95Pb-5Sn solder", Journal of electronic materials 15(6),*

8- *Imtiaz, A and Chandrta, A., 2004, "Artificial neural network based models for forecasting electricity generation of grid connected solar PV power plant", International journal of global energy issues 21(1/2), 119-130.*

پی نوشت:

[1] *Design of experiment*
[2] *Artificial Neural Network*
[3] *Black box*
[4] *Minitab ١٤*
[5] *Clementine*
[6] *Low Residue Commercial Flux*
[7] *Typical Commercial Radiator Flux*
[8] *General Factorial Design*