

## **Implementation of a new model for automatic link generation device using neural network**

**Received: 20 November 2023**

**Accepted: 13 February 2024**

**Article type: Research Article**

**PP: 113-119**

**DOI:10.22034/pitc.2024.1277  
047.1250**

**Ahmad Dolatkhan**  
information and communication  
department, Amin Police  
university  
[Ict.ahmad93@gmail.com](mailto:Ict.ahmad93@gmail.com)

### **Abstract**

In this article, the modeling of Automatic Link Establishment device or ALE using neural networks or artificial intelligence is introduced. In general, the performance of an ALE device can be modeled. The purpose of modeling is to design this device using new methods and implement it using existing tools and thus localize it. In this regard, in this article, using neural networks and MLP algorithm, it has been tried to model and implement the overall performance of the ALE device. At first, after examining telecommunication channels and nonlinear effects and noise on data transmission, a model for data transmission in telecommunication channels has been introduced and coded in the MATLAB software environment. Then the types of neural networks and their applications have been introduced and the best algorithm has been selected for modeling the ALE device. In the following, several models have been made and compared using MATLAB software tools and MLP algorithm coding. Finally, the proposed model, which is based on the MLP algorithm, can predict the right channel for each new output with the least error. After optimization, the proposed models can be implemented on FPGA and provide a way to build this device in the country.

**Keywords: automatic link; neural network; artificial intelligence; Wireless HF**

## طراحی و پیاده‌سازی مدل پیشنهادی برای دستگاه تولید لینک خودکار با استفاده از شبکه عصبی

چکیده

در این مقاله، مدل‌سازی دستگاه تولید لینک خودکار یا ALE با استفاده از شبکه‌های عصبی یا هوش مصنوعی معرفی شده است. به طور کلی می‌توان عملکرد یک دستگاه ALE را مدل‌سازی کرد. هدف از مدل‌سازی، طراحی همین دستگاه با استفاده از روش‌های جدید و پیاده‌سازی با استفاده از ابزارهای موجود و در نتیجه بومی‌سازی آن است. در همین راستا، در این مقاله با استفاده از شبکه‌های عصبی و الگوریتم MLP تلاش شده است که عملکرد کلی دستگاه ALE مدل‌سازی و پیاده‌سازی شود. در ابتدا، پس از بررسی کانال‌های مخابراتی و اثرات غیرخطی و نویز بر انتقال داده، یک مدل برای انتقال داده در کانال‌های مخابراتی معرفی و در محیط نرم‌افزار متلب کدنویسی شده است. سپس به معرفی انواع شبکه‌های عصبی و کاربردهای آن پرداخته شده است و بهترین الگوریتم برای مدل‌سازی دستگاه ALE انتخاب شده است. در ادامه چندین مدل با استفاده از tools نرم افزار متلب و کد نویسی الگوریتم MLP انجام گرفته است و مقایسه شده است. در نهایت مدل پیشنهادی که مبتنی بر الگوریتم MLP است با کمترین خطا، به ازای خروجی جدید می‌تواند کانال مناسب را پیش‌بینی کند. مدل‌های پیشنهادی پس از بهینه‌سازی قابل پیاده‌سازی بر روی FPGA هستند و راهی برای ساخت این دستگاه در داخل کشور فراهم می‌آورد.

کلیدواژه‌ها: لینک خودکار؛ شبکه عصبی؛ هوش مصنوعی؛ بی سیم HF

دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۲۹

پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۲۴

نوع مقاله: پژوهشی

صص: ۱۱۳-۱۱۹

شناسه دیجیتال (doi):

doi:10.22034/1277047.1250/10.22034

احمد دولتخواه

گروه فناوری اطلاعات و ارتباطات،

دانشکده منابع سازمانی، دانشگاه علوم

انتظامی امین، تهران، ایران

Ict.ahmad93@gmail.com

## ۱- مقدمه

بر همان مدل‌های بیولوژیکی باشد. ANN درست مثل انسان‌ها با استفاده از مثال‌ها آموزش می‌بیند. امروزه شبکه‌های عصبی در کاربردهای مختلفی نظیر مسائل تشخیص الگو که خود شامل مسائلی مانند تشخیص خط، شناسایی گفتار و پردازش تصویر می‌باشند و نیز مسائل دسته‌بندی، تقریب توابع، کنترل یا مدل‌سازی سیستم‌هایی که ساختار داخلی ناشناخته یا بسیار پیچیده‌ای دارند، به کار می‌روند. بعنوان مثال می‌توان در کنترل یک موتور از یک ANN استفاده نمود که در این صورت شبکه عصبی خود تابع کنترل را یاد خواهد گرفت. مزیت اصلی استفاده از شبکه عصبی در هر یک از مسائل فوق قابلیت فوق‌العاده شبکه عصبی در یادگیری و نیز پایداری شبکه عصبی در مقابل اغتشاشات ناچیز ورودی‌ها است. به عنوان مثال اگر از روش‌های عادی برای تشخیص دست خط یک انسان استفاده کنیم، ممکن است در اثر کمی لرزش دست، این روش‌ها به تشخیص غلطی برسند، در حالی که یک شبکه عصبی که به صورت مناسب آموزش داده شده است حتی در صورت بروز چنین اغتشاشی نیز به پاسخ درست خواهد رسید [۷-۹].

از جمله استفاده‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی در مدل‌سازی سیستم‌ها و شبکه‌های غیر خطی در محیط پیرامون زندگی است. از این رو در کارهای گذشته استفاده‌هایی از جمله مدل کلاس‌بندی و مدل پیش‌بینی کننده دیده می‌شود [۱۰]. اما استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی در افزارهای نظامی،\* و افزارهای مخابراتی HF و نظامی، یک چالش مهم است که در کارهای گذشته دیده نشده است. در همین راستا، در این مقاله تلاش شده است با استفاده از شبکه عصبی MLP دو مدل مبتنی بر کلاس‌بندی و پیش‌بینی وضعیت، برای دستگاه تولید لینک خودکار به منظور ساخت و بومی‌سازی این دستگاه معرفی و شبیه‌سازی شده است [۱۴-۱۱].

## ۲- مدل کلاس‌بندی با استفاده از tools متلب

در این حالت، نیاز به دانش کدنویسی متلب نیست و فضای ساده‌ای مشخص شده که می‌توان داده‌ها را دسته‌بندی کند. در این حالت ابتدا کد nnstart در بخش command window متلب تایپ شده، سپس در پنجره neural network start گزینه Pattern recognition app انتخاب می‌شود. در بخش select data فایل‌های اکسل که از متغیرهای بین دو استان فرضی تهیه شده است استفاده می‌شود. در اینجا لازم است که برای بخش target ورودی‌ها به صورت صفر و یک دسته‌بندی شوند به صورت زیر:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

شکل (۱) دسته‌بندی خروجی‌ها (انتخاب کانال‌ها) در فایل اکسل

دستگاه لینک خودکار\* یا (ALE) یک پروتکل ارتباطی است که در ارتباطات رادیویی برای ایجاد و حفظ پیوند بین دو یا چند ایستگاه استفاده می‌شود. ALE برای ارائه ارتباطات قابل اعتماد در فواصل طولانی و در شرایط نامطلوب مانند تداخل، نویز و محو شدن طراحی شده است. ALE از مجموعه ای از الگوریتم‌ها برای انتخاب خودکار بهترین فرکانس و طرح مدولاسیون برای یک پیوند ارتباطی معین استفاده می‌کند. این سیستم به طور مداوم کیفیت پیوند را کنترل می‌کند و پارامترهای لازم را برای حفظ عملکرد بهینه تنظیم می‌کند. یکی از مزایای کلیدی ALE توانایی آن برای کار در یک محیط پویا است. با تغییر شرایط، مانند شرایط یونوسفر یا وجود تداخل، ALE می‌تواند برای حفظ پیوند سازگار شود. این امر آن را به ویژه در ارتباطات نظامی و اضطراری مفید می‌کند، جایی که ارتباطات قابل اعتماد بسیار مهم است. ALE در انواع سیستم‌های رادیویی از جمله رادیوهای HF فرکانس بالا و VHF فرکانس بسیار بالا استفاده می‌شود. همچنین در برخی از سیستم‌های ارتباطی ماهواره ای استفاده می‌شود [۱، ۲].

ارتباطات ماهواره‌ای هنوز برای استفاده گسترده در میدان جنگ بسیار گران است. آسیب‌پذیری آن‌ها نیز باعث نگرانی است. پیوندهای سنتی VHF/UHF قادر به مقابله با الزامات ارتباطی فراتر از خط دید نیستند. برای تمام مقاصد عملی UHF محدود به خط دید است و تنها زمانی که تماس بصری وجود داشته باشد با موفقیت قابل استفاده است. VHF، اگرچه از این نظر بهتر از UHF است، اما از مشکلات غربالگری نیز رنج می‌برد. تنها وسیله ارتباطی قابل اعتماد باید از امواج سطحی یا امواج کوتاه برد آسمان استفاده کند. چنین ارتباطاتی را می‌توان با استفاده از انتهای فرکانس پایین باند HF به بهترین نحو انجام داد. به عنوان مثال، فرستنده‌های HF-SSB قابل حمل انسان، گاهی اوقات مفیدتر از مجموعه‌های VHF هستند، به ویژه در جنگل‌های ضخیم یا زمین‌های ناهموار. اگرچه پایانه‌های ماهواره‌ای برای برخی از ناوگان دریایی برای ارتباطات دریایی دوربرد رایج‌تر می‌شوند، اما هنوز مقدار قابل توجهی از ترافیک از طریق شبکه‌های پخش HF و کشتی به ساحل منتقل می‌شود. ارتباطات درون یک گروه ضربت عمدتاً توسط موج زمینی HF انجام می‌شود. هماهنگی با هواپیما در بردهای طولانی هنوز نقش مهمی برای امواج آسمان HF دارد [۳-۶].

شبکه‌های عصبی مصنوعی الگویی برای پردازش اطلاعات می‌باشند که با تقلید از شبکه‌های عصبی بیولوژیکی مانند مغز انسان ساخته شده اند. این شبکه‌ها از تعداد زیادی نرون با ارتباطات قوی داخلی که هماهنگ با هم برای حل مسائل مخصوص کار می‌کنند، تشکیل شده‌اند. انسان‌ها از زمانهای بسیار دور سعی بر آن داشتند که بیوفیزیکولوژی مغز را دریابند، چون همواره مساله هوشمندی انسان و قابلیت یادگیری، تعمیم، خلاقیت، انعطاف پذیری و پردازش موازی در مغز برای بشر جالب بوده و بکارگیری این قابلیت‌ها در ماشین‌ها بسیار مطلوب می‌نمود. روش‌های الگوریتمیک برای پیاده‌سازی این خصایص در ماشین‌ها مناسب نمی‌باشند. در نتیجه می‌بایست روش‌ها مبتنی

همان‌طور که از شکل بالا مشخص است، می‌توان متغیرهای بیشتری در نظر گرفت برای شهر مبدا و شهر مقصد. همچنین مشخص است که چند متغیر برای یک شهر ثابت هستند، مانند طول و عرض جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا و فاصله بین مبدا و مقصد. متغیرهایی که عدد ثابت دارند را می‌توان حذف کرد، یا با یک فیدبک به خروجی وارد کرد که تنها اسم شهر را مشخص کند. در نتیجه می‌توان از این متغیرها صرفاً نظر کرد.

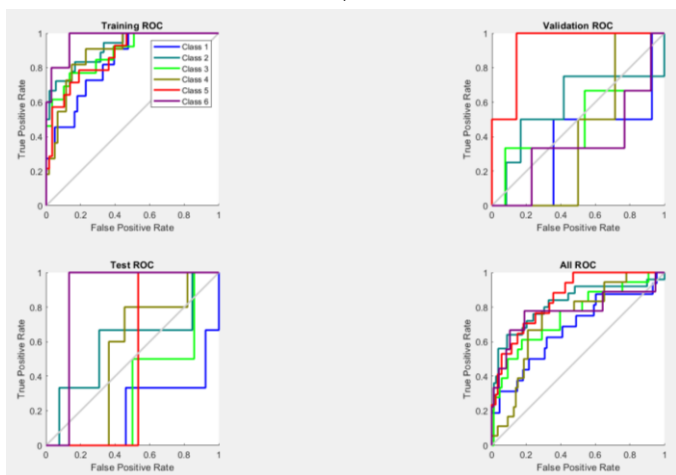
استفاده از tools متلب این مزیت را دارد که نیاز به نرمالایز کردن ورودی‌ها برای یادگیری شبکه نیست و بدون نرمالایز کردن ورودی‌ها می‌تواند خروجی‌ها را کلاس‌بندی کند. روند مدلسازی توسط برنامه متلب انجام گرفته است و نتایج به صورت زیر بوده است:

- در تست اول ۱۰ نرون در لایه پنهان شبکه و ۶ نرون برای کلاس‌بندی در لایه خروجی به منظور کلاس‌بندی لحاظ شده است. نتایج به صورت شکل‌های زیر است:



(الف)

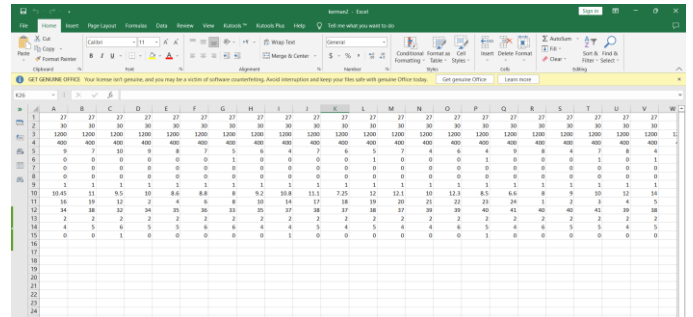
(ب)



(ج)

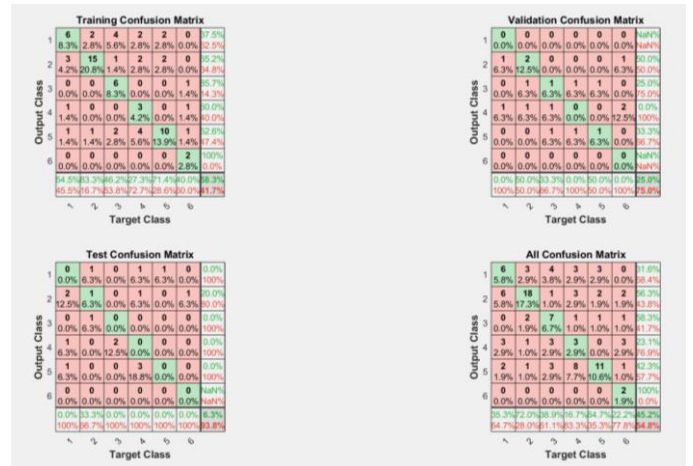
شکل (۴) نتایج حاصل از شبیه‌سازی tools متلب با ۱۰ نرون در یک لایه پنهان، (الف) شبکه‌ترین شده، (ب) نتایج confusion، (ج) نتایج ROC

همان‌طور که از شکل بالا مشخص است، شش ردیف به ازای شش کانال فرکانسی مختلف در نظر گرفته شده است. تعداد سمپل‌ها (نمونه‌ها) ۱۰۴ است، که در هر سمپل تنها یک کانال انتخاب شده است که با عدد ۱ متمایز است. داده‌های ورودی نیز به صورت زیر دسته‌بندی شده‌اند:

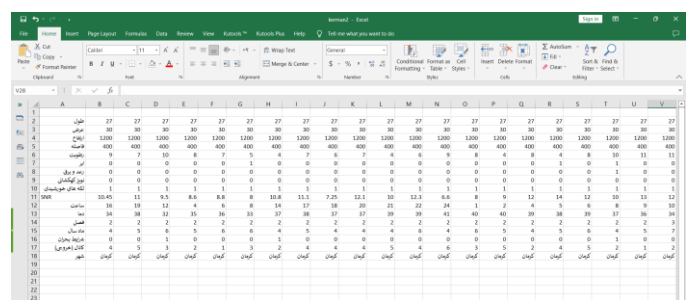


شکل (۲) دسته‌بندی ورودی‌ها برای یک شهر در فایل اکسل

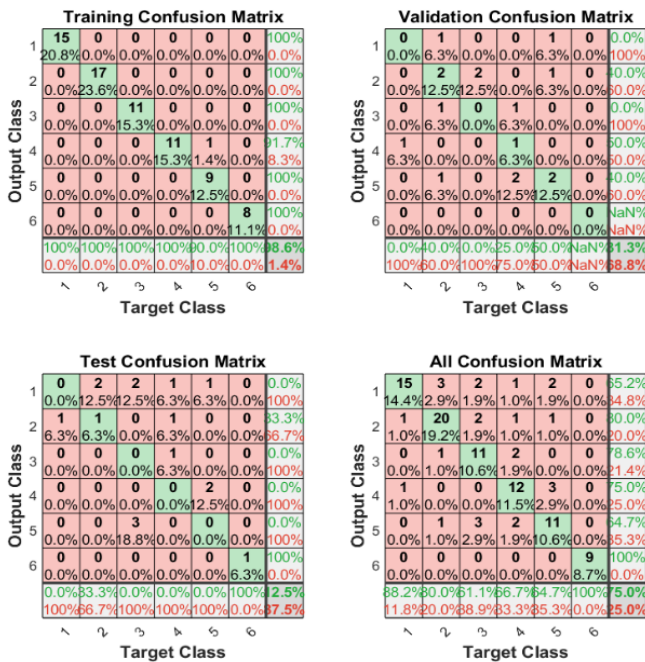
از شکل بالا مشخص است که تعداد متغیرها ۱۵ تا در نظر گرفته شده است و تعداد سمپل‌ها ۱۰۴ تا هستند. متغیرها شامل طول و عرض جغرافیایی، فاصله تا مبدا، ارتفاع از سطح دریا، ماه، فصل، ساعت، دما، رطوبت، S



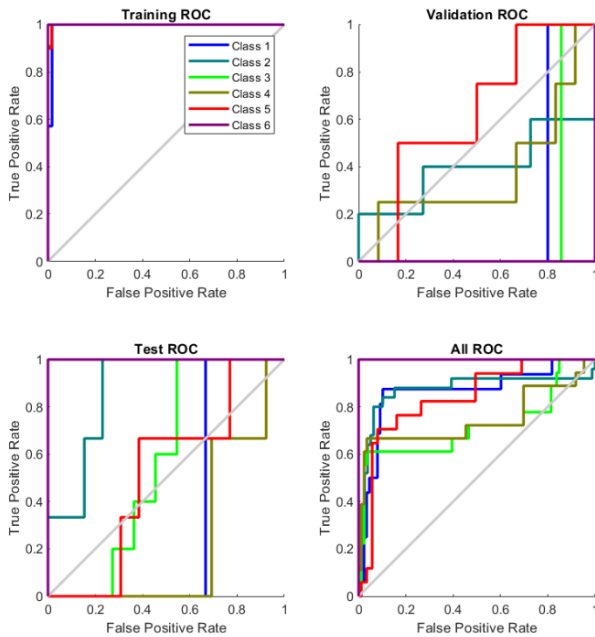
NR، وجود و عدم وجود ابر و رعد و برق، لکه‌های خورشیدی و وجود و عدم وجود شرایط بحران است. شکل زیر تصویری از داده‌ها را با وجود متغیرها نشان می‌دهد:



شکل (۳) دسته‌بندی ورودی‌ها برای یک شهر در کنار اسم متغیرهای استفاده شده



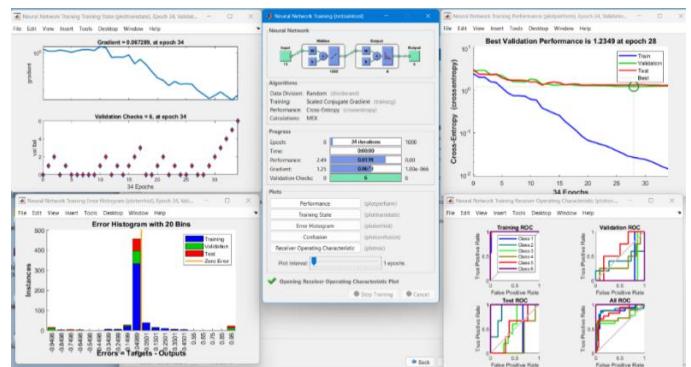
شکل (۶) نتایج ماتریس درهم ریختگی به ازای ۱۰۰۰ نرون



شکل (۷) نتایج ROC به ازای ۱۰۰۰ نرون

نتایج confusion یا ماتریس درهم ریختگی نتایج حاصل از طبقه‌بندی را بر اساس اطلاعات واقعی موجود، نمایش می‌دهد. حال بر اساس این مقادیر می‌توان معیارهای مختلف ارزیابی دسته بند و اندازه‌گیری دقت را تعریف کرد. همان‌طور که از شکل نتایج confusion مشخص است، پس از چندین بار یابگیری شبکه، بهترین جواب دقت ۴۵ درصدی را حاصل شده است و ۵۵ درصد خطا وجود دارد. این مقدار خطا بسیار زیاد است و شبکه کاربردی نخواهد بود. نتایج Receiver operating characteristics یا ROC یک نمودار برای نمایش توانایی ارزیابی یک سیستم دسته‌بندی باینری محسوب می‌شود که آستانه تشخیص آن نیز متغیر است. در این نمودارها، کلاس‌ها که با خطوط رنگی مشخص شده‌اند هرچه به نقطه سمت چپ و بالای نمودار نزدیک باشند، دقت بالاتر است. همان‌طور که شکل نتایج ROC مشخص است، کلاس‌ها در بهترین حالت به ۷۵٪ نزدیک شده‌اند، که نتایج قابل قبولی نیست.

یکی از محدودیت‌های tools متلب برای شبکه‌های عصبی، تعداد لایه‌های پنهان است که نمی‌توان آن را تنظیم کرد. اما تعداد نرون‌های هر لایه را می‌توان افزایش داد. با افزایش تعداد نرون‌ها در یک لایه می‌توان درصد خطا را بسیار پایین آورد. پس از چندین بار شبیه‌سازی مداوم، و با در نظر گرفتن ۱۰۰۰ نرون در یک لایه، نتایج به صورت شکل زیر حاصل شده است:

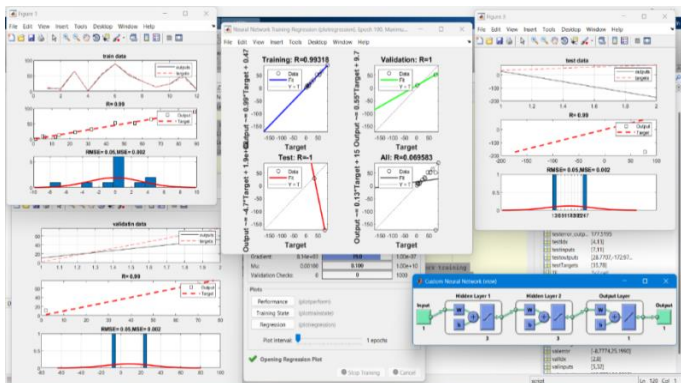


شکل (۵) شبکه طراحی شده مبتنی بر ۱۰۰۰ نرون در لایه پنهان و خلاصه‌ای از نتایج آن

همان‌طور که از شکل‌های بالا مشخص است، و با مقایسه با حالت شبیه‌سازی قبل، افزایش تعداد نرون‌ها تا صد برابر، درصد خطا را به طور چشم‌گیری کاهش داده است و دقت شبکه را تا ۷۵ درصد بالا برده است برای تمامی داده‌ها. با این وجود افزایش بیشتر ۱۰۰۰ نرون تاثیر چندانی بهبودی در دقت شبکه بوجود نیاورده است. در نتیجه برای مدل‌سازی دستگاه تولید لینک خودکار ALE استفاده از tools متلب به خوبی پاسخ گو نیست. اما همان‌طور که مشخص است، در این حالت یعنی استفاده از tools برنامه متلب، محدودیت تعداد لایه‌ها برای طراحی یک شبکه عصبی وجود دارد.

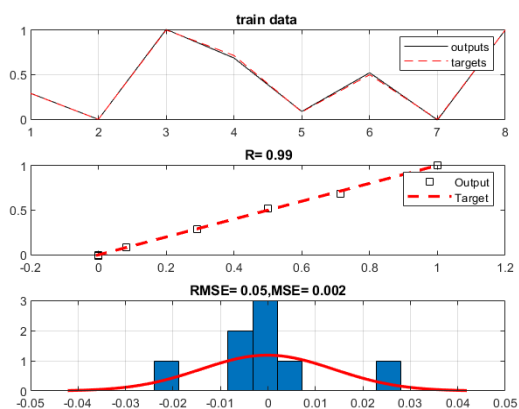
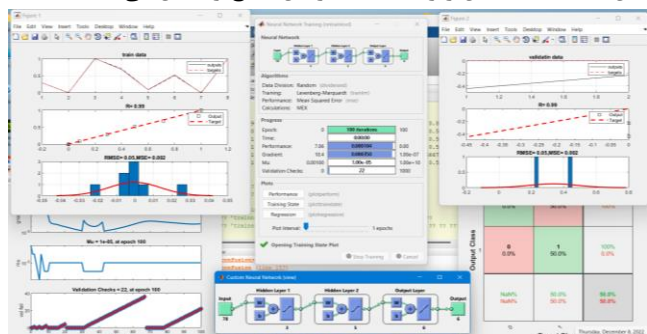
#### ۴- طرح پیشنهادی دوم و بررسی نتایج آن

در طرح اول با استفاده از شبکه عصبی نوع MLP تلاش شده است که یک مدل ساده برای دستگاه تولید لینک خودکار ALE معرفی شود. به ازای دو لایه که هر لایه دارای سه نرون است، پس از چند بار شبیه سازی بهترین پاسخ به صورت شکل زیر است:



شکل (۹) نتایج حاصل از طرح پیشنهادی دوم

به ازای دو لایه پنهان به تعداد نرون‌های ۳ و ۵ به ترتیب، نتایج بهتری حاصل شده است. شکل زیر خلاصه‌ای از این نتایج را نشان می‌دهد.



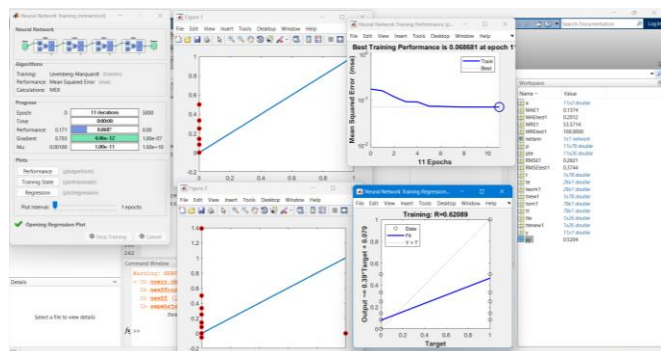
شکل (۱۰) نتایج یادگیری داده‌ها، مقدار RMSE و MSE

به منظور بررسی عملکرد شبکه نتایج رگرسیون و مقادیر RMSE و MSE بررسی شده اند. کار اصلی الگوریتم رگرسیون در اینجا پیدا کردن یک خط است به گونه‌ای که نسبت به نقاط، بهترین موقعیت را داشته باشد. منظور از بهترین موقعیت خطی است که به تمامی نقاط کمترین فاصله را داشته باشد. به بیانی دیگر بهترین موقعیت یعنی کمترین RMSE. همچنین MSE میانگین

یعنی تنها از یک لایه پنهان می‌توان استفاده کرد. که در آزمایش قبل در یک لایه ۱۰۰۰ نرون برای کاهش قابل چشم‌گیر خطا لازم بود. در نتیجه استفاده از tools برنامه متلب صرفا برای تقسیم‌بندی‌های ساده استفاده می‌شود، و برای طرح‌هایی با کلاس‌های بیش از ۳ کلاس نیاز به تعداد لایه‌های پنهان بیشتری است. پس از کدنویسی کامل برای طرح پیشنهادی نهایی استفاده شده است. کدهای مدل پیشنهادی دستگاه ALE به صورت زیر است:

#### ۳- طرح پیشنهادی اول و بررسی نتایج آن

در این طراحی، ماتریس p ۷۰ درصد ورودی‌های اولیه است، ماتریس t ۷۰ درصد خروجی‌ها به ازای ورودی‌های ماتریس p است. ماتریس pte ۳۰ درصد ورودی‌های اولیه است، و ماتریس tte ۳۰ درصد خروجی به ازای ورودی‌های ماتریس pte است. در این طراحی ۷۰ درصد ورودی‌ها برای یادگیری (train) شبکه و ۳۰ درصد ورودی‌ها برای آزمایش شبکه لحاظ شده است. این بخش آزمایش همان بخش target است، که به دو بخش validation و test تقسیم می‌شود. یک ماتریس به عنوان y تعریف شده است که خروجی را به ازای ورودی جدید پیش بینی می‌کند. برای این طراحی سه لایه پنهان که به ترتیب دارای ۱، ۵ و ۵ نرون هستند تشکیل شده است. تذکر داده می‌شود، اگر داده‌های ورودی نرمالایز نشوند، به تعداد زیادی نرون و لایه‌های پنهان و همچنین نقاط epoch بالایی نیاز است. در نتیجه برای کاهش هزینه و بالا بردن سرعت عمل شبکه داده‌ها نرمالایز می‌شوند. روند نرمالایز شدن به این صورت است که در هر ستون از سمپل‌ها، داده‌ها به بزرگترین عدد ستون تقسیم می‌شوند. در نتیجه کل داده‌ها بین دو عدد ۰ و ۱ قرار می‌گیرند. همچنین خروجی‌ها نیز به همین صورت. نتایج حاصل از این طراحی به صورت زیر است.



شکل (۸) نتایج خروجی از طرح اول پیشنهادی

همان‌طور که از شکل مشخص است، به ازای epochهای کمی، شبکه با ورودی‌ها همگرا شده است. به ازای ورودی جدید که در ورودی‌های قبل نبوده است، خروجی  $yy=0.5204$  پیش بینی شده است. با توجه به اینکه شش کانال در نظر گرفته شده است، به صورت ۱ تا ۶، و سپس نرمالایز شده‌اند، یعنی ۰/۱۶۷، ۰/۳۳۴، ۰/۱۵، ۰/۶۶۷، ۰/۸۳۴ و ۱، در نتیجه عدد خروجی ۰/۵۲۰۴ را تشخیص داده است.

است. ابتدا با استفاده از افزونه یا tools برنامه متلب تلاش شده است که بدون کدنویسی، خروجی‌ها کلاس‌بندی شوند. سپس مدل‌سازی دستگاه ALE با استفاده از شبکه عصبی MLP معرفی شده است.

## ۶- منابع

[1] Coleman, C. J. (2002). A direction-sensitive model of atmospheric noise and its application to the analysis of HF receiving antennas. *Radio Science*, 37(3), 1-10.

[2] Pederick, L. H., & Cervera, M. A. (2016). A directional HF noise model: Calibration and validation in the Australian region. *Radio Science*, 51(1), 25-39.

[3] MASLIN, Nicholas. HF communications. Pitman, 1987.

[1] Roshani, G. H., Fegghi, S. A. H., Shama, F., Salehizadeh, A., & Nazemi, E. (2014). Prediction of materials density according to number of scattered gamma photons using optimum artificial neural network. *Journal of Computational Methods in Physics*, 2014.

[2] Adelabu, M. A., Imoize, A. L., & Ughogbe, G. U. (2021, October). Performance evaluation of radio frequency interference measurements from microwave links in dense urban cities. In *Telecom* (Vol. 2, No. 4, pp. 328-368). MDPI.

[3] Holma, H., Heikkinen, S., Lehtinen, O. A., & Toskala, A. (2000). Interference considerations for the time division duplex mode of the UMTS terrestrial radio access. *IEEE Journal on Selected Areas in communications*, 18(8), 1386-1393.

[4] Dutono, T. (2021, September). Harmful Interference Mitigation in Sub-10 MHz Aeronautical Allocation Band. In *2021 International Electronics Symposium (IES)* (pp. 1-4). IEEE.

[5] Nouainia, A., Hajji, M., & Aguilu, T. (2018). Reduction of electromagnetic interference in HF circuits by improving the effectiveness of shielding structures. *Journal of Computational Electronics*, 17(4), 1709-1720.

[6] Lutsenko, V. I., Lutsenko, I. V., Sobolyak, A. V., Popov, I. V., Ahn, N. X., & Luo, Y. (2020). Interference to active-passive radar systems created by emissions from HF and VHF broadcasting stations. *Telecommunications and Radio Engineering*, 79(10).

[7] Koski, E., Chen, S., Pudlewski, S., & Melodia, T. (2012, May). Network simulation for advanced HF communications engineering. In *12th IET International Conference on Ionospheric Radio Systems and Techniques (IRST 2012)* (pp. 1-5). IET.

[8] Wicaksono, A., Mauludiyanto, A., & Hendranto, G. (2020, February). An HF digital communication system based on software-defined radio. In *2020 International Conference on Smart Technology and Applications (ICoSTA)* (pp. 1-5). IEEE.

[10] Suriano, D., & Prato, M. (2023). An Investigation on the Possible Application Areas of Low-Cost PM Sensors for Air Quality Monitoring. *Sensors*, 23(8), 3976.

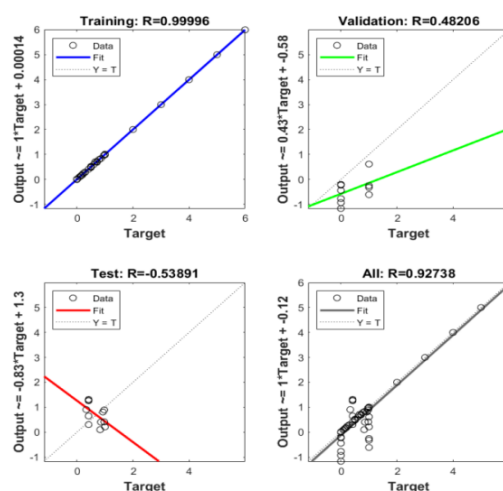
[11] MASLIN, Nicholas. HF communications. Pitman, 1987.

[12] Roshani, G. H., Nazemi, E., Shama, F., Imani, M. A., & Mohammadi, S. (2018). Designing a simple radiometric system to predict void fraction percentage independent of flow pattern using radial basis function. *Metrology and Measurement Systems*, 25(2), 347-358.

[13] Roshani, G. H., Eftekhari-Zadeh, E., Shama, F., & Salehizadeh, A. (2017). Combined application of neutron activation analysis using IECF device and neural network for prediction of cement elements. *Radiation Detection Technology and Methods*, 1, 1-7.

[14] Johns, J. M., & Burkes, D. (2017). Development of multilayer perceptron networks for isothermal time temperature transformation prediction of U-Mo-X alloys. *Journal of Nuclear Materials*, 490, 155-166.

مجموع مربعات خطا است. هر چقدر مقادیر RMSE و MSE کمتر باشد، شبکه ما دقیق‌تر است. طبق شکل بالا، مقدار  $RMSE=0.05$  و  $MSE=0.002$  شده است، که مقادیر قابل قبولی هستند و صحت مدل پیشنهادی را نشان می‌دهند. همچنین از نمودار target مشخص است که نتایج خروجی output بر داده‌های target با دقت بالایی منطبق شده‌اند.



شکل (۱۱) نتایج رگرسیون

همان‌طور که بردار  $y$  در شکل نتایج رگرسیون مشخص است، این نمودارها معادله‌ای بین مقدار پیش‌بینی شده و مقدار هدف را نشان می‌دهد که خروجی به عنوان متغیر وابسته و هدف به عنوان متغیر مستقل است. از این معادلات می‌توان برای نشان دادن میزان توانایی شبکه MLP استفاده کرد.

ضریب Target تناسب بین خروجی و اهداف را نشان می‌دهد، بنابراین برای یک عملکرد خوب MLP باید تا حد امکان به وحدت نزدیک باشد. جمله دوم که یک ثابت است، خطا یا باقیمانده‌ای است که باید به هدف مقیاس شده اضافه شود تا آن را تا حد امکان به خروجی پیش‌بینی شده نزدیک کند، در حالت ایده‌آل باید صفر یا تا حد امکان کوچک باشد. عنوان نشان دهنده ضریب رگرسیون بین هدف و خروجی است.

در شکل بالا خطوط نشان دهنده پیش‌بینی شبکه پیشنهادی‌ترین شده با ورودی‌های شهر کرمان است. یعنی رفتار کلی یک دستگاه تولید لینک خودکار توسط این خط تقریب زده می‌شود و به ازای ورودی جدید خروجی پیش‌بینی می‌شود. به منظور دقت تخمین این خط، مقادیر RMSE و MSE باید بسیار کم باشند که بر اساس مدل پیشنهادی این مقادیر به حداقل رسیده‌اند. البته باید دقت شود که برای این طراحی با توجه به مقادیر داده‌ها که اختلاف زیادی با یکدیگر دارند، همه داده‌ها نرمالایز شده‌اند. به این صورت که تمامی داده‌ها به بزرگترین عدد نمونه‌ها (سمپل‌ها) تقسیم شده و کل داده‌ها بین ۰ و ۱ قرار گرفته‌اند. در این حالت، دقت طراحی شبکه افزایش می‌یابد.

## ۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله به پیاده‌سازی مدل پیشنهادی برای دستگاه ALE پرداخته می‌شود. با استفاده از شبکه‌های عصبی MLP و RPM دو مدل معرفی شده