ارزيابي خوارزميك (الگوريتم) شبكه‌هاي عصبي مصنوعي در بررسي وضعيت بيابان‌زايی (بررسی موردي: جنوب شهرستان نيشابور)

مرتضي اكبري*[۱]، سيد حمزه بديعي نامقي[۲] و احسان رعنايي[۳]
[۱] عضو هيئت علمي دانشكده منابع طبيعي و محيط زيست، دانشگاه فردوسي مشهد، ايران
[۲] كارشناس ارشد مديريت مناطق بياباني، اداره كل منابع طبيعي و آبخيزداري خراسان رضوي، ايران
[۳] كارشناس ارشد عمران آب، مركز تحقيقات كشاورزي و منابع طبيعي استان خراسان رضوي، ايران
(تاريخ دريافت: ۸۹/۸/۸، تاريخ تصويب: ۹۰/۶/۲۸)

چكيده

بيابان‌زايي پس از دو چالش تغيير اقليم و كمبود آب شيرين به عنوان سومين چالش مهم جهاني در قرن ۲۱ محسوب مي‌شود. شناخت و ارزيابي عوامل موثر در روند بيابان‌زايي، مي‌تواند در مديريت بهتر سرزمين بسيار مفيد باشد. منطقه مورد بررسی كه درجنوب شهرستان نيشابور واقع شده است, طي سال‌هاي گذشته به دليل خشكسالي،تخريب پوشش گياهي،تبديل اراضي مرتعي به كشاورزي ديم، فرسايش آبي و بادي و همچنين نداشتن مديريت مناسب زمين با مشكل بيابان‌زايي روبرو است. در اين تحقيق، پس از عمليات ميداني، بررسی عكس‌هاي هوايي و تصاوير ماهواره‌اي اقدام به جمع‌آوري اطلاعات و تجزيه و تحليل آنها در سيستم اطلاعات جغرافيايي شد. سپس طبق روش فائو- يونپ (۱۹۸٤ ميلادي) معيارهاي تاثيرگذار مانند وضعيت زوال پوشش گياهي، وضعيت فرسايش آبي، فرسايش بادي وگسترش شوري امتيازبندي شدند.در پايان نقشه وضعيت بيابان‌زايي براساس چهار عامل اصلي بدست آمد. با توجه به نتايج بدست آمده مشخص شد كه وضعيت بيابان‌زايي در شمال منطقه شديد بوده كه مهم‌ترين دليل آن، كاهش درصد تاج پوشش، زوال پوشش گياهي و فرسايش آبي شديد مي‌باشد. اين در حالي است كه ۵۷ درصد منطقه داراي وضعيت بيابان‌زايي متوسط و ۳۰ درصد داراي وضعيت ناچيز است. براي بررسي نتايج به دست آمده در ارزيابي روند بيابان‌زايي به روش فائو، از خوارزميك شبكه‌هاي عصبي مصنوعي استفاده شد. پس از استخراج، تكميل و تعريف حدود هر يک از طبقات ضعيف، متوسط، شديد و بسيار شديد برای متغيرهای ورودی، نقشه وضعيت بيابان‌زايي به عنوان معيار سنجش عملكرد شبكه‌های عصبی مصنوعی در بحث آموزش و پيش بينی وضعيت منطقه بكار گرفته شد. با بررسی نتايج و بر اساس معيارهای خطا، پس از بهينه سازی مدل، مقدار ۰/۰۷۹۷۵ برای متغير متوسط مربعات خطا به دست آمد. در نهايت مدل نهايي با ساختار پرسپترون با يک لايه ورودی و چهار نرون ورودي، براي متغيرهاي اصلي، يعني زوال پوشش گياهي، فرسايش بادي، فرسايش آبي و وضعيت شوري و همچنين يک لايه پنهان با ۳۹ نرون در لايه پنهان و همين‌طور يک لايه خروجي، با استفاده از خوارزميك آموزش گشتاور در هر دو لايه پنهان و خروجي به عنوان مدل نهايی انتخاب شد. نتايج نشان داد كه معيار ميانگين مربعات خطا، عملكرد مناسب مدل را در وضعيت بيابان‌زايي منطقه با روش فائو- يونپ تائيد مي‌كند و مي‌تواند در موارد مشابه نيز استفاده شود. همچنين مشاهده شد كه انتخاب ساختار مدل، خوارزميك آموزش, تعداد سيكل آموزش و همچنين تعداد نرون‌هاي لايه ورودي مي‌تواند در عملكرد ساختارهاي مختلف شبكه‌هاي عصبی تاثيرگذار باشد.

واژه‌هاي كليدي: بيابان‌زايي، روش فائو-يونپ، شبكه‌هاي عصبي مصنوعي، فرسايش بادي و آبي، زوال پوشش گياهي, گسترش شوری

* نويسنده مسئول: تلفن: ۸۷۶۳۲۳۵-۰۵۱۱ فاكس: ۸۷۸۸۸۰۵-۰۵۱۱ E-mail:M_Akbari@um.ac.ir

مقدمه

طبق تعريف، بيابان منطقه‌اي است كه از نظر ساختار زمين شناسي و اقليمي, شرايطی نامناسبي را براي زندگي جانوران و گياهان دارا است (Nateghi, 2000). بيابان‌زايي كاهش توان بوم شناختي (اكولوژيك) و زيستي زمين است كه به‌صورت طبيعي و مصنوعي (عملكرد انسان) رخ مي‌دهد. كمتر از ٣٥ درصد سطح كره زمين،توسط بيابان‌زايي تهديد مي‌شود. اين در حاليست كه ٢٠ درصد جمعيت كل دنيا در اين منطقه‌ها زندگي مي‌كنند و هر ساله ٢١ ميليون هكتار از اراضي حاصلخيز به اراضي غير حاصلخيز تبديل مي‌شود. اين پديده، بعد از دو چالش تغيير اقليم و كمبود آب شيرين, به عنوان سومين چالش مهم جهاني در قرن ٢١ محسوب مي‌شود (FAO-UNEP, 1990).

براي مبارزه با پديده بيابان‌زايي، بررسی‌های پژوهشي و اجرايي مهمي در ايران صورت گرفته است. بطوريكه در بخش ايران مركزي در سطحي بالغ بر ١٠ ميليون هكتار با استفاده از عوامل طبيعي و اقليمي, نقشه شدت بيابان‌زايي تهيه شد(Ekhtesasi and Mohajer, 1998). در بررسي عوامل موثردر بياباني شدن دشت قهاوند همدان، بيابان‌زايي منطقه بررسی و عواملي مانند چراي مفرط، تبديل مراتع به ديمزارها، مديريت نامناسب آب، بهره‌برداري نامناسب از زمين، جنگل‌زدايي، بوته كني و رشد بي‌رويه جمعيت به عنوان عامل‌های تاثيرگذار در بيابان‌زايي منطقه معرفی شدند. (Shahidi hamedani, 1999). در ماهان كرمان، مهمترين عوامل تخريب زمين, فرسايش آبي، بادي و منابع آبي معرفي و نقشه بيابان‌زايي منطقه تهيه شد (Javadi, 2004).

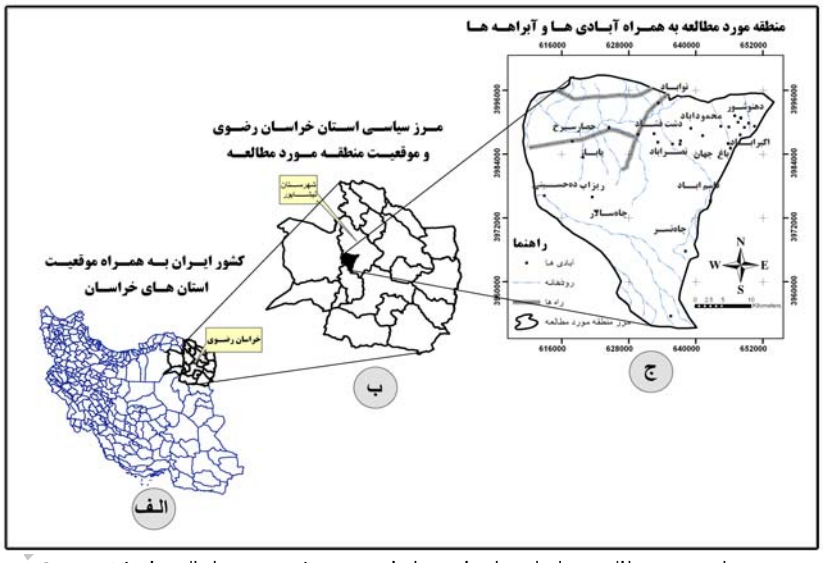
در ارزيابي وضعيت بيابان‌زايي با مدل‌هاي مختلف در شهرستان نيشابور,مدل فائو-يونپ به دليل گستردگي استفاده از شاخص‌هاي متعدد،نتايج بهتري را نسبت به مدل مدالوس ارائه داده است (Badiee Nameghi, 2009). در پژوهشی ديگر براي بررسی ميزان تاثير معيارهای خاک و فرسايش بادی با سيستم اطلاعات جغرافيايی و روش IMDPA در منطقه سيستان و با محاسبه ميانگين هندسی معيارها براي امتيازدهی شاخص‌های بيابان‌زايی, به اين نتيجه رسيدند كه معيار خاک كمترين و فرسايش بادی بيشترين تاثير را در بيابان‌زايی منطقه داشته‌است (Zolfaghari *et al.*, 2010). در مطالعه‌اي در غرب آسيا با در نظر گرفتن عامل‌های تخريب پوشش گياهي، فرسايش آبي، بادي و شوري خاك به عنوان مهمترين عامل موثر، نقشه شدت بيابان‌زايي تهيه شده است (Harashe & Tatashi, 2000).كارشناسان فائو- يونپ (١٩٩٠) در چند كشور آسيايي در مناطق خشك و مرطوب، با بررسي فرآيند هاي فرسايش آبي، بادي، ماندابي شدن اراضي، حاصلخيزي خاك، شور شدن و افت سطح آبهاي زير زميني، شدت بيابان‌زايي را در چهار طبقه كم، متوسط، زياد و خيلي زياد تقسيم بندي كردند. در تحقيقی در منطقه ماهان كرمان به‌منظور بررسی اثر فرسايش بادی در شدت بيابان‌زايی با دو روش ICD و فائو-يونپ به اين نتيجه رسيدند كه تمامی منطقه دارای شدت متوسط از نظر بيابان‌زايی است (Zehtabian *et al.*, 2007).

روش‌هاي ديگري نيز با استفاده از اطلاعات زمين آماري در بررسي روند تخريب خاك و بيابان‌زايي مورد استفاده قرار مي‌گيرد. شبكه عصبي مصنوعي، يك روش نوين در حل مسائل پيچيده‌اي مي باشدكه خوارزميك مشخصي براي حل آنها وجود ندارد. يكي از قابليتهاي مهم اين روش، درك رفتارغيرخطي يك سيستم بوده و يكي از كاراترين مدل‌هاي يادگيري است كه با ساختار رياضي انعطاف پذير، توانايي تشخيص روابط غيرخطي پيچيده بين ورودي‌ها و خروجي‌ها را دارا مي‌باشد. در سال‌های اخير با توجه به مشاهده برخي تجارب موفق در ضمينه كارائي شبكه‌های عصبي مصنوعي در پيش‌بيني پديده‌هاي طبيعی، اين روش‌ها توانسته‌اند جايگاه خود را علوم مختلف زيست‌محيطی نيز باز كنند (Ranaee *et al*, 2010). در مطالعه‌اي مربوط به داده‌هاي دماي متوسط سالانه ايستگاه تبريز، با روش‌های تعيين ضريب همبستگي پيرسون، سري‌هاي زماني، همبستگي خطي ساده، چندجمله‌اي و همچنين شبكه‌هاي مصنوعي عصبی

اين خوارزميك در مقايسه با ساير روش‌ها، عملكرد بهتري در پيش بيني تغييرات دماي سالانه داشته است (Alijani *et al*, 2005).

در مطالعه اي ديگر، براي بررسي روندیابي سيل رودخانه از شبكه هاي مصنوعي عصبي بهره‌گيری و عملكرد آن مناسب ارزيابي شده است (Ranaee *et al*, 2010).

منطقه مورد بررسی با مساحتي در حدود ۱۱۸۶۵۸ هكتار درجنوب شهرستان نيشابور، با موقعيت جغرافيايي "۴۱ '۱۲ °۵۸ الي "۳۱ '۴۲ °۵۸ طول شرقي و "۴۷ '۴۱ °۳۵ الي "۳۴ '۷ °۳۶ عرض شمالي واقع شده است. حداقل ارتفاع ۱۰۴۰ متر، حداكثر ارتفاع ۱۶۲۵ متر و ارتفاع متوسط وزني منطقه ۱۲۰۹ متر مي‌باشد. مي‌زان بارندگي سالیانه برابر با ۲۴۲/۴ ميليمتر است. متوسط درجه حرارت سالیانه معادل ۱۴/۹۶ درجه سانتي گراد و براي باد غالب نيز از شرق به غرب می باشد. اقليم منطقه با بهره‌گيری از روش دومارتن خشك و با روش آمبرژه خشك سرد است. كاربري‌هاي اصلي منطقه زراعت آبي، ديم و مرتع‌داري است. منطقه مطالعاتي، از شمال به رودخانه كال‌شور و از جنوب به دامنه‌هاي شمالي كوه‌هاي چشمه شيرين منتهي مي‌شود، نسبتاً هموار بوده و در طي چند دهه گذشته به دلايل مختلف از جمله بوته كني، چراي بيش از حد دام از مراتع، تبديل اراضي مرتعي به ساير كاربري‌ها، گسترش شوري و ديم كاري باعث توسعه روند بيابان‌زايي شده است. شكل ۱ موقعيت منطقه مورد بررسی را در ايران و استان خراسان رضوي نشان مي‌دهد.



شكل ۱- موقعيت منطقه مورد مطالعه در ايران و استان خراسان رضوي (به ترتيب از الف تا ج)(Akbari *et al*, 2011)

مواد و روش‌ها

جمع آوري داده‌ها و اطلاعات زمين آماري

لايه‌هاي اطلاعاتي دقيق و مطمئن را مي‌توان به‌وسيله فنآوري سنجش از دور، عمليات ميداني و عكس‌هاي هوايي تهيه كرد و سيستم اطلاعات جغرافيايي، مديريت و تلفيق آنها با يكديگر را به عهده دارد. در اين پژوهش از محيط GIS و به‌طور مشخص از نسخه ۹/۱ نرم افزار ArcGIS براي تهيه نقشه‌هاي بيابان‌زايي به روش فائو-يونپ استفاده شد. نقشه‌هاي فيزيوگرافي و توپوگرافي, هوا و اقليم, زمين شناسي و ژئومرفولوژي, خاكشناسي, پوشش گياهي، وضعيت فرسايش آبي, فرسايش بادي, مطالعات اقتصادي و اجتماعي، متناسب با هدف تحقيق، تهيه شدند. به‌منظور ارزيابي و تهيه نقشه وضعيت بيابان‌زايي، تشريح كمي و طبقه‌بندی كردن جنبه‌هاي

مختلف بيابان‌زايي براي هريک از فرآينـدهاي کـه در بـالا ذکر شد ضروري است.

منظور از وضعيت بيابان‌زايي، بررسي حال حاضـر منطقـه است. معيارها و عامل‌های مؤثر بر شدت و يا ناچيز بـودن وضعيت بيابان‌زايي، زوال پوشش گيـاهي، فرسـايش آبـي، فرسايش بـادي و گـسترش شـوري خواهـد بـود (FAO, 1990). در اين پژوهش، براي ارزيابي زوال پوشش گياهي، سه عامل درصد تـاج پوشـش گيـاهي، وضـعيت مرتـع و درصد توليد بالقوه مورد بررسي قرار گرفت و در پايان بـر پايه سه نقـشه وضـعيت بيابـانزايی بـه‌دسـت آمـده، روي هم‌اندازي و ميانگين‌گيـري طبقـات آنهـا در محـيط GIS نقشه پوشش گياهي بدست آمـد. بـراي بررسـي وضـعيت فرسايش آبي، چهار عامل وضعيت سطح، نـوع فرسـايش، ضخامت خاك و درصد توليـد بـالقوه مـورد بررسـي قـرار گرفت. بر اساس ميانگين حـسابي شـاخص‌هـاي مربوطـه نقشه نهايي وضعيت فرسايش آبي بدست آمد. براي تهيـه نقشه فرسايش بادي چهار عامل وسعت پشته‌ها، گسترش تپه‌ها و پهنه‌هاي ماسه‌اي، سنگريزه‌هـاي سـطحي، عمـق خاك مورد بررسي قرار گرفت. در نهايت بر اساس حـدود طبقـه‌هـاي ارائـه شـده در مـدل، نقـشه نهـايي وضـعيت فرسايش بادي تهيه شد. براي ارزيابي وضـعيت گـسترش شوري نيز عامل‌های حداکثر درصـد مقـدار سـديم قابـل تبادل، هدايت الکتريکي مورد بررسي قرار گرفت و با روي هم اندازي طبقات آنها، نقـشه نهـايي وضـعيت گـسترش شوري نيز تهيه شد. جدول١ دامنـه مقـادير کمـي بـراي جنبه وضعيت بيابان‌زايي را نشان مي‌دهد

جدول١- دامنه مقادير کمي براي جنبه وضعيت بيابان‌زايي بر اساس روش فائو-يونپ ١٩٨٤, (Akbari *et al*, 2011)

طبقه	وضعيت بيابان‌زايي
ناچيز	<٢٠
متوسط	٢١-٤٠
شديد	٤١-٦٥
خيلي شديد	>٦٥

نتايج بدست آمـده از روش فـائو-يونـپ در ارزيـابي رونـد بيابان‌زايي، با خوارزميك شبكه عصبي مصنوعي و بر پايـة معيارهاي عددي، مورد ارزيابي قرار گرفتند.

خوارزميك شبكه‌های عصبی مصنوعی

خوارزميك شبكه‌هاي عصبي مصنوعي، بـا توجـه بـه وزن دهي به هر يك از داده‌هـاي ورودي، قابليـت ارائـه مقـدار تاثير هر متغير ورودي را در انتخاب خروجي مدل نهايي و مقايسه با داده‌هاي شاهد دارد (Ranaee, 2010). در ايـن تحقيق، چندين ساختار از شـبكه‌هـاي عـصبي مـصنوعي MLP[1]، GFF[2] و RBF[3] را بـه وسـيله خوارزميـك‌هـاي آموزش، خوارزميك تغيير کاهـشي (گراديـان نزولـي[4]) و خوارزميـك گـشتاور[5] و بـا توجـه بـه تـابع مـورد نظـر فعاليت‌هاي مختلف، مورد بررسي قرار گرفت. برای بررسی عملکرد شبکه‌های عصبی مـصنوعی، تمـامی عامـل‌هـای موثر در روند بيابان‌زايي در محيط نرم افزار ArcGIS و بـا استفاده از دستور روي هم‌گـذاري لايـه هـاي اطلاعـاتي، تركيب شد و همچنين منطقـه مـورد بررسـی بـر اسـاس تغييرات عوامل حاكم بـر رونـد بيابـان‌زايـي بـه تعـدادي واحدهای کاری تقسیم و در پایان داده‌های ورودي مـورد نياز شبكه‌های عصبی مصنوعی در ايـن واحـدهای کـاری استخراج شد. داده‌های مربوط به هر واحد کاري به عنوان يک ورودي شبكه‌های عـصبی مـصنوعی معرفـي شـدند. براين اساس، چهار عامل زوال پوشـش گيـاهي، فرسـايش آبي، بادي وگسترش شوري به عنوان ورودیهای مـوثر، در

[1] Multilayer perceptions network
[2] General feed forward network
[3] Radial basis function network
[4] Conjugate Gradient
[5] Momentum

مدل‌سازي با بهره‌گیری از شبکه‌هاي عصبي مصنوعي به صورت سه مجموعه ماتریس به کار گرفته شد. در ادامه، اطلاعات در سه مجموعه با نسبت دو سوم داده‌ها براي آموزش و ارزیابي و یك سوم داده‌ها نیز براي فرآیند آزمایش تقسیم‌بندي شد. سپس براي بررسی تاثیرپذیری مدل نسبت به هریک از داده‌های ورودی، مدل نسبت به متغیرهاي ورودی‌ها در طي پنج مرحله مورد تحلیل حساسیت قرار گرفت (آنالیز ورودی‌ها در محیط نرم‌افزار Neurosolution صورت گرفته است). این مدل‌ها، با توجه به وزن‌دهی به هر یک از داده‌های ورودی، قابلیت ارائه مقدار تاثیر هر یک از متغیر ورودی را در انتخاب خروجی مدل نهایی و مقایسه با داده‌های شاهد دارا می‌باشند.

شکل ۲ - روند اجرای مدل‌های شبکه‌های عصبي مصنوعي

تحلیل حساسیت مدل نسبت به متغیرهای ورودی و انتخاب مهم‌ترین متغیرها طی مراحل زیر صورت پذیرفت:

در مرحله اول، از تمامی عامل‌های موثر بر پدیده بیابان‌زایی (بر اساس روش فائو) به عنوان ورودی مدل شبکه‌های عصبی مصنوعی استفاده شد. دراین مرحله براي بررسي میزان تاثیرپذیري مدل شبکه عصبي مصنوعي، مدل تحلیل حساسیت نهایي نسبت به ورودي‌ها در محیط نرم افزاري اجرا شد. در این مرحله، براي مقایسه تاثیرپذیري مدل نسبت به مشاهدها وضعیت منطقه مورد بررسی و همین‌طور نتایج طبقه بندي به روش فائو، وضعیت پوشش گیاهي، وضعیت فرسایش آبي، وضعیت فرسایش بادي و شوري به همراه شاخص‌هاي اندازه‌گیري آن‌ها به عنوان ورودي شبکه عصبي تعریف شدند.

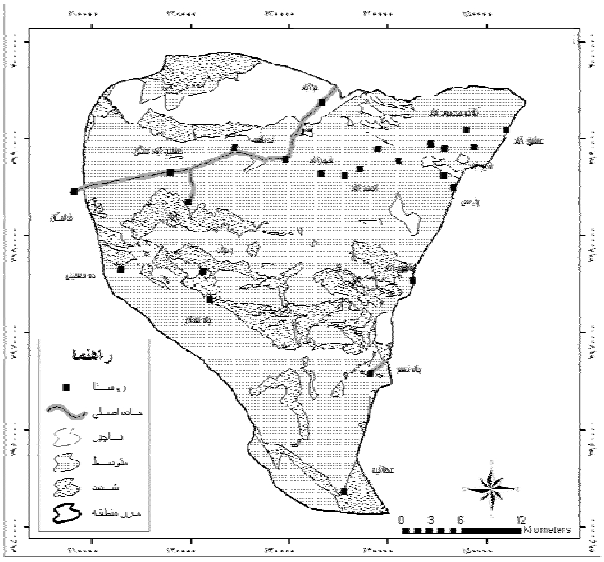
- از آنجا که تحلیل حساسیت مدل در مرحله اول, اثرات تغییر در شرایط برخي متغیرهاي ورودي را در پیش‌بیني وضعیت بیابانزایی ناچیز نشان مي‌داد، در مرحله دوم با توجه به نتایج تحلیل حساسیت مدل مرحله مقدماتی، داده‌های ورودی مدل به متغیرهای وضعیت پوشش گیاهی، تاج پوشش گیاهی، فرسایش بادی، سنگریزه، ضخامت خاک و وضعیت فرسایش آبی بهینه شد.

- در مرحله سوم، بر اساس پیشنهاد روش فائو-یونپ مبنی بر تاثیر وضعیت پوشش گیاهی، وضعیت فرسایش بادی، وضعیت شوری و وضعیت فرسایش آبی به عنوان متغیرهای اصلی اثر گذار داده‌های ورودی مدل به متغیرهای ذکرشده تعدیل گردید.
- در مرحله چهارم، با توجه به حساسیت ناچیز مدل نسبت به متغیر ورودی شوری در سه مرحله قبل ، این پارمتر نیز از داده‌های ورودی مدل حذف شد.
- در پایان مرحله پنجم، برای تعیین عملکرد شبکه‌های عصبی در طبقه بندی داده‌های خروجی، به جای بهره‌گیری از یک نرون به عنوان خروجی مدل، سه نرون برای شرایط بیابان‌زایی ناچیز، متوسط و شدید به عنوان لایه خروجی شبکه‌های عصبی مصنوعی تعریف شد.

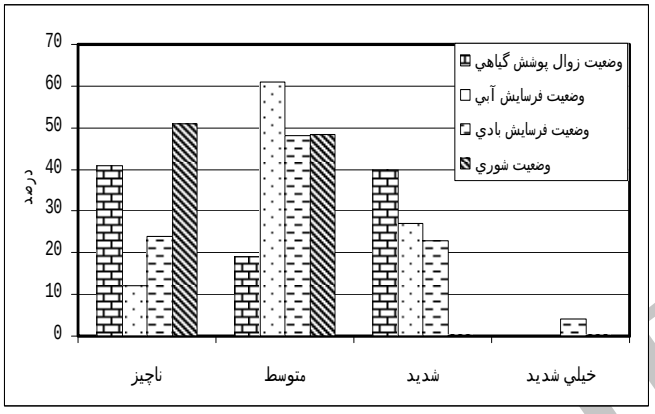
وضعیت بیابان‌زایي، طی فرآیند آموزش، در تمامي مرحله‌های ذکر شده و بر اساس میانگین مربعات خطا در حالت حداقلي و همچنین نهايي (MSE)، متوسط حداکثر مربعات خطا (NMSE)، متوسط مطلق خطا (MAE)، حداکثر خطاي واقعي (Max Absolute Error)، حداقل خطاي واقعي (MIN Absolute Error) و معیار رگرسیون خطی (R2) نسبت به داده‌هاي شاهد ارائه شد.

نتايج

نقشه وضعيت بيابان‌زايي براساس چهار عامل اصلي تاثيرگذار در منطقه، شامل وضعيت زوال پوشش گياهي، وضعيت فرسايش آبي، فرسايش بادي وگسترش شوري كه هريك براساس طبقات ارائه شده توسط روش فائو-يونپ محاسبه شده، بدست آمد. شكل ۳ نقشه نهايي بيابان‌زايي منطقه را در سامان‌هاي عرفي نشان مي‌دهد. با روي هم اندازي نقشه وضعيت بيابان‌زايي با نقشه سامان‌هاي عرفي و ميانگين‌گيري وزني طبقات در هريك از سامان‌ها طبقه متوسط هر سامان عرفي محاسبه شد. بر اين اساس وضعيت بيابان‌زايي تنها در سامان عرفي نوآباد ناچيز و در ساير سامان‌ها متوسط است. وضعيت بيابان‌زايي در ارتفاعات منطقه شديد (۱۳ درصد منطقه) بوده، مهم‌ترين دليل آن كاهش درصد تاج پوشش، درنتيجه كاهش توليد و زوال پوشش گياهي و همچنين فرسايش آبي شديد در اين مناطق مي باشد. اين در حالي است كه ۵۷ درصد منطقه داراي وضعيت بيابان‌زايي متوسط و ۳۰ درصد وضعيت ناچيز دارند. شكل ٤، درصد گسترش طبقات عامل‌های مهم بيابان‌زايي(جنبه وضعيت) و جدول ۲، درصد گسترش هر يک از عوامل وضعيت بيابان‌زايي را براساس روش فائو-يونپ نشان مي‌دهد.



شكل ۳ - نقشه وضعيت بيابان‌زايي منطقه مورد بررسی به روش فائو-يونپ, (Akbari *et al*, 2011)



شکل ٤ - درصد گسترش طبقات عامل‌های مهم بيابان‌زايي(جنبه وضعيت) به روش فائو-يونپ

جدول ۲ - درصد گسترش عوامل مهم وضعيت بيابان‌زايي منطقه, (Akbari *et al*, 2011)

عامل ارزيابي	طبقات وضعيت بيابان‌زايي (مساحت به درصد)			
	ناچيز	متوسط	شديد	خيلي شديد
درصد تاج پوشش	٥٠	٤٧	٣	٠
وضعيت پوشش گياهي مراتع	١٣	١٢	٣٩	٣٦
درصد توليد پتانسيل	٤	٤٠	٢٧	٢٩
وضعيت زوال پوشش گياهي	٤١	١٩	٤٠	٠
وضعيت سطح	٥٤	٢٠	٢٦	٠
نوع فرسايش آبي	٧١	١٩	٩	١
ضخامت خاك	٤٥	٣٥	٦	١٤
وضعيت فرسايش آبي	١٢	٦١	٢٧	٠
درصد گسترش پشته ها	٨٧	١	٦	٣
وضعيت سطح	٥٤	٢٠	٢٦	٠
عمق خاك	٤٥	٣٥	٦	١٤
وضعيت فرسايش بادي	٢٤	٤٨	٢٣	٤
سديم قابل تبادل	٩٩/٥	٠	٠	٠/٥
هدايت الكتريكى	٩٩/٥	٠	٠	٠/٥
وضعيت شوري	٥١	٤٨/٥	٠/٢	٠/٣
وضعيت بيابان‌زايي منطقه به روش فائو-يونپ	٣٠	٥٧	١٣	٠

همانطور که در مطالب بالا اشاره شد برای تعيين عملکرد شبکه‌های عصبی در طبقه‌بندی داده‌های خروجی در مرحله پنجم مدل سازي، به جای استفاده از يک نرون به عنوان خروجی مدل، سه نرون برای شرايط بيابان‌زايی ناچيز، متوسط و شديد به عنوان لايه خروجی تعريف شد. وضعيت بيابان‌زايي، طی فرآيند آموزش، در هر يک از چهار مرحله اول و بر اساس حداکثر مربعات خطا نسبت به داده‌هاي شاهد ارائه شد.جدول۳ و٤ عملکرد مدل‌های نهايی شبکه عصبی را با توجه به معيارهاي خطا در مرحله اول تا پنجم نشان مي دهد.

در مورد نتايج مرحله پنجم مدلسازی بايد گفت كه با توجه به جدول زير به واضح است، اين مدل، توانايي مناسبي در طبقه بندي داده‌ها در شرايط شديد نداشته است. بنابراين كارايي مدول طبقه بندي اين مدل در طبقه بندي داده‌ها براي تعيين شرايط بيابان‌زايي تاييد نمي‌شود.

جدول۳ - عملكرد مدل‌های نهايی شبكه عصبی در پيشبينی وضعيت بيابان‌زايي با توجه به معيارهای خطا (مرحله۱- ٤)

معيار هاي خطا	نتايج مدل نهايی مرحله ۱	نتايج مدل نهايی مرحله ۲	نتايج مدل نهايی مرحله ۳	نتايج مدل نهايی مرحله ٤
MSE	۰/۲۳۳۹۵۳	۰/۲۲۱۰۳٤٥۸۹	۰/۲۲۳۷۱٦٥۳٤	۰/۲۲۳۱۸۳٦۱۹
NMSE	۰/٦٥۳۷۰۰	۰/٦۱۷٦۰۲۸٤۸	۰/٦۲٥۰۹٦٥۹٤	۰/٦۲۳٦۰۷٥٥۲
MAE	۰/٤۳۹۱۹۳	۰/٤۱۳۳٤۸۹٥۳	۰/٤۱۹۰٥۷۲۷۹	٤۱۷۰٤۸۳۱۳
Min Abs Error	۰/۰۰۳۱٥۰	۰/۰٥۸۲٤٥۳٥۱	۰/۰۱٥۸۸۷۷۲٤	۰/۰۲۳۷۹۸٦٤۸
Max Abs Error	۱/٥۰۸۸٥۳	۱/٤٥۸٦۲۳۹٥۸	۱/٤۸٦۸۱۸۷۷۲	۱/٤۷۷٦۹٤٦۲۸
R2	۰/٦۰۹٤۳٦	۰/٦۲۱۹۹٥۲۸٥	۰/٦۱۳۱۳٥٦٦٤	۰/٦۱۹٤۸۱۷۰۲

جدول ٤ - عملكرد مدل نهايی شبكه عصبی در طبقه بندی وضعيت بيابان‌زايي با توجه به معيارهای خطا (مرحله ٥)

معيارهاي خطا	شرايط ناچيز	شرايط متوسط	شرايط شديد
MSE	۰/۰۸۳۱۱۰۹۹٤	۰/۲٤۱۲٤٥۷۲	۰/۱٥٥۳۹٦٤۲٦
NMSE	۰/۸۰۳٤۸۳۸۲۳	۱/۰۲٥۲۷۹۰۸٦	۰/۸۰٤٥۱۲۱۹٥
MAE	۰/۱٥٥٥٥۳٦٦۱	۰/٤۸٤۳۲۷۹٤۲	۰/۲۸۷۸۰٦۸۳۹
Min Abs Error	۰/۰۰۸۹۱۸۹٥۷	۰/۳۱۰۰٤۱۸۱۹	۰/۰۰۰٥٥٥۲٦۸
Max Abs Error	۰/۰۱۰٤۸۷۱۱۹	۰/٦۸۹۹٥۸۱۸۱	۰/۹۷۸۹۹۷۳۹٥
R2	۰/٥۹۰۸۲٦۱۳	۰/۲۹۸٦۲۱٤۰٥	۰/٤۸۳۷۳۳۲٦۱
درصد داده‌های صحيح محاسباتي	۸۱/۳۹٥۳٤۸۸٤	۸٦/۹٥۱۷٥٤۳۹	۰

انتخاب مدل نهايي و توليد داده‌های خروجی در سامان‌های عرفی

با توجه به نتايج ارزيابي كارايي مدل‌هاي شبكه عصبي مصنوعي طی فرآيند آموزش در پنج مرحله ذكرشده و تحليل حساسيت آنها نسبت به داده های ورودي و در پايان مطابقت بيشتر ساختار مدل مرحله سوم با فرضيه‌هاي روش فائو-يونپ، اين مدل را به عنوان مدل نهايي شبكه عصبي مصنوعي انتخاب كرديم. در نتيجه از بين تركيبات مختلفی از ساختارهايی از MLP، GFF و RBF با بهره‌گيری از توابع محرک و خوارزميك‌های آموزش مختلف، در مجموع با توجه به تحليل نتايج بر اساس معيارها كارايي و خطا، مدل نهايي را با ساختار پرسپترون (MLP) با يک لايه ورودی و چهار نرون ورودي (براي متغيرهاي وضعيت پوشش گياهي، فرسايش بادي، فرسايش آبي و وضعيت شوري) و همچنين يک لايه پنهان با ۳۹ نرون در لايه پنهان و همينطور يک لايه خروجي (نتايج مدلسازي وضعيت بيابان‌زايي)، با بهره‌گيری از خوارزميك آموزش گشتاور در هر دو لايه پنهان و خروجي را به عنوان مدل نهايی انتخاب شد. جدول ٥ عملكرد مدل نهايي شبكه عصبي در مرحله آموزش و اعتبارسنجي با توجه به معيار خطا MSE و انحراف معيار داده ها را نشان مي دهد.

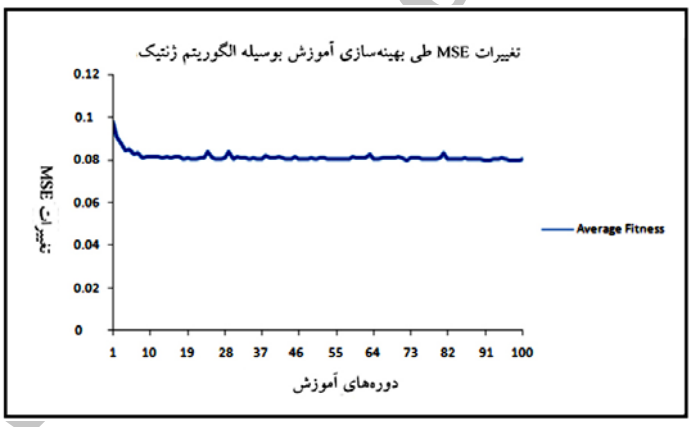
سپس نتايج تحليل حساسيت مدل نهايی نيز در مقايسه با مدل مقدماتی (مرحله اول مدلسازی) در شكل زيرارائه شده است. مشاهده مي‌شود كه در مدل نهايی به جز متغير شوری، اثرات ديگر متغيرهای ورودی ديگر

دربرآورد خروجی مدل غیر قابل اغماز است. شایان ذکر است که با وجود اهمیت متغیر شوری در پدیده بیابان‌زایی، دلیل استفاده نکردن از آن در پیش‌بینی‌های مدل، یکنواختی تقریبی آن در محدوده جغرافیایی مورد بررسی است و نه بی اهمیت بودن آن. در پایان، براي بهینه سازی و افزایش دقت مدل نهایی، با استفاده از مدول خوارزمیك ژنتیک، ضرایب گشتاور را در این مدل بهینه شد. نمودار زیر تغییرهاي مقدار متغیر MSE را پس از بهینه سازی با استفاده از خوارزمیك ژنتیک ارائه می‌دهد.

مقدار نهایي حداکثر مربعات خطا نسبت به داده های شاهد، پس از بهینه سازی مدل با استفاده از خوارزمیك ژنتیک ۰/۰۷۹۷۵۵٦٤۹ است که تطابق نتایج مدلسازی را با داده‌های شاهد، در حد بسیار خوبی نشان مي‌دهد.

جدول۵- عملکرد مدل نهایي شبکه عصبي در مرحله آموزش و اعتبارسنجي با توجه به معیار خطا **MSE** (مرحله سوم مدلسازی).

ارزیابی کارایی و خطا نسبت به داده های شاهد	مرحله آموزش	مرحله اعتبارسنجی
حداقل خطای *MSE*	۰/۱۰۷۷۸۸۵۹۹	۰/۰۸۲۸۷٤۰٦۵
مقدار نهایي خطای *MSE*	۰/۱۰۷۷۸۸۵۹۹	۰/۰۸٦۱۲۲۸۱۸
حداقل انحراف معیار داده ها	۰/۰۲۸۸۹۹۱۸۸	۰/۰۳۵۹٦۲۵۷٦
مقدار نهایي انحراف معیار داده ها	۰/۰۲۸۹۰۰٤۲٦	۰/۰۳۵۹۰٦۹۰۵



شکل ۵- بهینه سازي آموزش مدل نهایي با استفاده از خوارزمیك ژنتیک با توجه به معیار خطای **MSE** (مرحله سوم مدلسازی)

ارزیابي نتایج مدل نهایي شبکه عصبي مصنوعي در سامان‌هاي عرفي

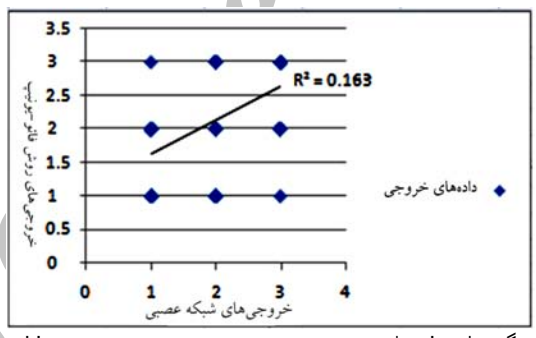
پس از گزینش و بهینه سازی مدل نهایی شبکه‌های عصبی مصنوعی، این مدل را با توجه داده‌های ورودی وضعیت بیابان‌زایي در سامان‌های عرفی مورد استفاده قرار گرفت. جدول ٦ نتایج مدل نهایی شبکه‌های عصبی و همین‌طور ارزیابي کارایي خروجي‌هاي تولید شده این مدل در مقایسه با روش فائو-یونپ در سامان‌های عرفی را نشان مي‌دهد. لازم به یادآوري است که نمودار همبستگي خطی پراکندگی داده‌ها بهترین معیارهای نمایشي و معیار MSE مهم‌ترین معیار عددی مقایسه الگوها و ساختارهاي مختلف شبکه عصبي مي‌باشد. شکل ٦ نشان دهنده پراکندگی داده‌های خروجی وضعیت بیابان‌زایي در روش شبکه‌های عصبی مصنوعی است. مشاهده مي‌شود با توجه

به اختلاف زیاد متغیر R2 نسبت به مقدار مطلوب یک، نمودار پراکندگی نمي‌تواند عملکرد مناسبی از خود نشان دهد. بنابراین در ادامه به جای داده‌های طبقه بندی شده یافته‌هاي شبکه عصبی، از داده های خروجی غیر طبقه بندی شده این مدل استفاده شد که موجب افزایش دقت متغیر R^2 شد.

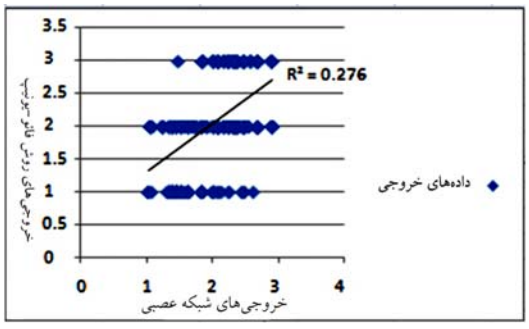
شکل ۸ نمودار زیر پراکندگی داده‌های خروجی مدل شبکه عصبی مصنوعی را در مقابل نتایج روش فائو با اعمال وزن مساحت تحت پوشش هر داده نشان می‌دهد. با افزایش مقدار متغیر R2 به ۸۷۱/. می‌توان به خوبی نزدیک شدن این مقدار را به حد نهایی مطلوب (مقدار واحد) ملاحظه کرد.

جدول ٦- نتایج بدست‌آمده از ارزیابي عددی کارائي مدل نهایی اجرا شده درمقایسه با روش فائو در سامان‌های عرفی

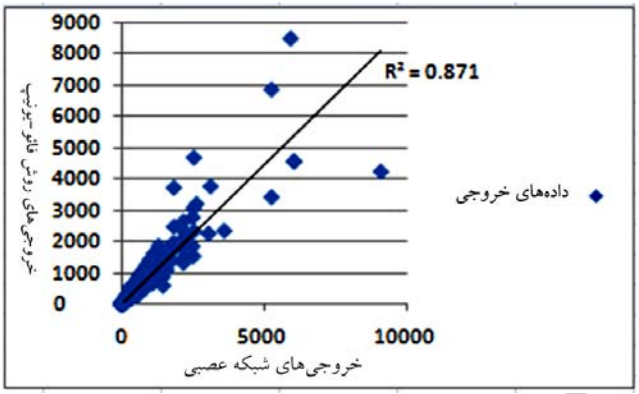
معیارهاي کارائي	عملکرد شبکه عصبی مصنوعی
انحراف معیار (*STD*)	۰/٤۰۹۱۳
R2	۰/۸۷۱
MSE	۰/۲٤۹٥۳۳
RMSE	۰/٤۳۰٦۷
MAE(Mean Absolute Error)	۰/٤۳۰٦٥
MIN(Min Absolute Error)	۰/۰۰۳۰۸
MAX(Max Absolute Error)	۱/٦۲۱۹۱



شکل ٦ - نمودار پراکندگی داده‌های طبقه بندی شده خروجی روش **ANN** در مقابل نتایج روش فائو-یونپ



شکل ۷ - نمودار پراکندگی داده‌های طبقه بندی نشده خروجی روش **ANN** در مقابل نتایج روش فائو



شکل ۸ - پراکندگی داده های طبقه بندی شده خروجی روش **ANN** در مقابل نتایج روش فائو- یونپ

پس از ارائه مدل نهـایی و تاییـد عملکـرد شـبکه عـصبی مصنوعی وهمچنین بررسی توانـایی آن در مـدل نمـودن وضعیت بیابان‌زایي با توجه به معیارهای ارزیـابي کـارایی، نتـایج حاصـل از شـبکه عـصبی نهـایی را در مدلـسازی وضعیت بیابان‌زایي در سامان‌های عرفی با نتایج روش فائو مقایسه شد. جدول ۷ درصد وزنی مساحت تحت پوشـش هر یک از وضعیت‌های بیابان‌زایي را با توجه بـه داده‌هـای خروجی این دو مدل، در سامان‌های عرفی ارائه مـی‌دهـد.

بر این مبنا مشاهده مي‌شود که وضعیت بیابان‌زایـي فقـط در سامان عرفي نوآباد ناچیز و در سایر سامان‌ها متوسـط است که با نتایج روش فائو- یونپ تطابق دارد.

همانطور که از جـدول فـوق بـه وضـوح مـشخص اسـت، وسعت تحـت پوشـش هـر یـک از وضـعیت‌هـای نـاچیز، متوسط، شدید و خیلی شدید بدست‌آمده از نتایج هـر دو روش شبکه‌های عصبی و فائو تطابق قابـل قبـولي بـا هـم دارند.

جدول ۷ - مساحت و درصد وزنی هر یک از وضعیت‌های بیابان‌زایي، با توجه به داده‌های خروجی روش فائو و مدل شبکه عصبی، در سامان‌های عرفی. (Akbari *et al*, 2011)

وضعیت	روش فائو		شبکه‌های عصبی مصنوعی	
	وسعت (هکتار)	درصد وسعت	وسعت (هکتار)	درصد وسعت
کل	۱۶۸۲۱۷/۳۸	۱۰۰	٦٤٢٣٦/٣٠٣	۱۰۰
ناچیز	٤٩٧٧٩/٦٧	۳۰	٤٤٧٦٢/٧١٨	۲۷
متوسط	۹۵۹۸۳/٦٨	۵۷	۱۰۹۱۳۰/۱۳۵	٦٧
شدید	۲۲٤٥۳/۹۹۰۱	۱۳	۱۰۳٤۳/۵	٦

بحث و نتیجه‌گیري

با توجه به نتـایج بدسـت آمـده مـشخص شـد وضـعیت بیابـان‌زایـي در ارتفاعـات منطــقه شـدید (۱۳ درصــد) مـي‌باشـد. منـاطقي ماننـد ارتفاعـات میـاني کـه بیـشتر رخنمون‌هاي سنگي بوده و پوشش گیاهي مناسبي ندارند و منطقه‌هـای کـم پوشـش اطـراف کـال‌شـور داراي زوال پوشش گیاهي شدید مي‌باشند. مهم‌ترین دلیل آن کاهش درصد تاج پوشش و درنتیجه کاهش تولید و زوال پوشش

گياهي شديد و همچنين فرسايش آبي شديد در اين منطقه‌هامي‌باشد. اين نتايج، با نتايج (Badiee Nameghi, 2009) همخوانی دارد. اين در حالي است كه ۵۷ درصد منطقه داراي وضعيت بيابان‌زايي متوسط و ۳۰ درصد وضعيت ناچيز دارند. با مقايسه روش فائو-يونپ و نتايج مدل شبكه عصبی مصنوعی و بر اساس معيارهاي ارزيابي كارايی، به وضوح توانايي مناسب شبكه‌هاي عصبي مصنوعي را در تكميل پهنه بندي پديده بيابان‌زايی در منطقه مشاهده مي‌شود. روش شبكه‌هاي عصبي مصنوعي توانائي درک رفتار پديده بيابان‌زايی را دارد و مي‌تواند در اين زمينه به كار گرفته شود. نتايج بررسی معيارهای خطا به خصوص حداكثر مربعات خطا با مقدار ۰/۰۷۹۷۵ اين عملكرد مناسب را تائيد می‌كند.

همچنين با توجه به تحليل حساسيت مدل نسبت به نوع و تعداد داده ورودي، اثرات داده‌هاي ورودي شامل وضعيت پوشش گياهي، توليد بالقوه، تاج پوشش گياهي، وضعيت مرتع، وضعيت فرسايش بادي، آبي، سنگريزه‌هاي سطحي، وسعت پشته‌ها، عمق خاک، درصد مقدار سديم قابل تبادل، هدايت الكتريكي در پيش‌بيني خروجي مدل شبكه‌های عصبی مصنوعی مورد بررسی قرار گرفت كه در پايان اثرات وضعيت پوشش گياهی، فرسايش بادی و فرسايش آبی در منطقه مورد بررسی غير قابل اغماض مي‌كرد كه بايد مورد توجه جدي قرار گيرد. طبق نتايج اين بررسي، به جز در مواردي، اثر متغير وضعيت شوري، با پيشنهاد روش فائو مطابقت دارد. علت تاثير كم متغير شوري در مدل وضعيت بيابان‌زايي منطقه، آن است كه با توجه به جدول ۲ ارائه شده، مشخص شد كه ۵۱ درصد وسعت منطقه داراي وضعيت شوري ناچيز و همينطور ٤٨/٥ درصد آن داراي وضعيت متوسط است.بنابراين به دليل يكنواختي تقريبي منطقه از نظر متغير ذكر شده، مدل حساسيتي نسبت به تغييرات آن در ارائه نتايج نشان نمي‌دهد و مي توان مدل را بدون منظور كردن اثرات وضعيت شوري نيز ارائه كرد. به عبارت ديگر هر چند متغير شوري به عنوان يك متغير موثر در افزايش و گسترش و بيابان‌زايي در منطقه مورد بررسی بايد مورد توجه قرار گيرد، اما براي بررسي و مدلسازي وضعيت موجود بيابان‌زايي در اين منطقه مي‌توان از اثرات آن صرف نظر كرد.

بررسي بعمل آمده در اين تحقيق نشان مي‌دهد كه افزايش كارائي شبكه‌هاي عصبي مصنوعي وابستگي زيادي به آمار طولاني مدت دارد (Alijani et al, 2005) و (Ranaee et al, 2010) اين موضوع را نيز در مطالعات خود اشاره كرده‌اند. تلاش بيشتر در امر آماده كردن شرايط ثبت صحيح آمار و تكميل پايگاه‌هاي داده‌هاي منابع طبيعی مي‌تواند نقش بسيار مهمي در استفاده از مزاياي شبكه‌هاي عصبي مصنوعي در آينده داشته باشد. علاوه برآن براساس نتايج بدست آمده پيشنهاد مي‌شود هرگونه عمليات احيايي و اصلاحي در عرصه بيابان‌زايي ابتدا در مناطقي آغاز شود كه داراي شدت بيابان‌زايي بالا مي‌باشد.

References

-Akbari, M,. Ranaee, E., and Badiee Nameghi, S. H., 2011. Sensitivity Analysis of Desertification Status to the Input Parameters Using Artificial Neural Networks Model, (Case Study: South of Neishabour Township), Journal of water and soil, 25,398-410.

- Aljani, B., Ghavidel, Rahimi, I., 2005. Comparison and Prediction of Annual Temperature Change in Tabriz Province with Earth Temperature Anomalies by liner Regression Model, Fourth National Congress of Civil Engineering, Tehran university.

- Badiee Nameghi, S. H., 2009. Assessment of Desertification with GIS and Remote Sensing and Comparison FAO-UNEP and MEDALUS model, Master thesis of desertification, Shiraz University. 168pp.

- Ekhtesasi, M., Mohajeri. S., 1998. Classification and Severity of Desertification in Iran, Conference Proceedings of desertification and deferent methods, Research Institute of Forests and Rangelands.

- FAO-UNEP. 1990. Provisional Methodology Assessment and Mapping of Desertification, Rome. 212p.

- Javadi, M., 2004. Assessment of Effective Factors in Desertification and Providing Regional Model in Kerman province, (Case Study: Mahan basin), Master thesis of desertification, Tehran university.112pp.
- Nateghi, D., 2000. Reviewing to Desert, Rural development press, Tehran. 232p.
- Ranaee, E., Mahmoodian, M., and Rahati, S., 2010. "Sensitivity Analysis of River Flood Routing Model to Input Data", Environmental Science and Technology, 23-25 April, Published by: Research Publishing Services, 3, 256-259.
- Shahidi Hamedani, KH., 1999. Effective Factors in Desertification In Ghohavand plain, Master thesis of desertification, Isfahan University of Technology. 125pp.
- Harashe, H., Tatashi. R,. 2000. Desertification Mapping of West Asia-GIS and Remote Sensing Application, website:http://www.gis. Development.net/aars.
- Zehtabian, Gh., javadi, M., Ahmadi, h., Azarnivand, H., 2007. Investigation on effect of wind erosion on increasing intensity and presenting of regional desertification model in Mahan basin. Pajouhesh-va-Sazandegi Journal. 19, 65-83.
- Zolfagari,, F., Shahriyari, A., Fakhireh, A., Nori, S., Rashki, A., Khosravi, H., 2010. Assessment of Effectiveness Criteria Soil and wind Erosion in Desertification in Sistan Regional with GIS, http://www.civilica.com/Paper-GEO89-GEO89_122.html

Evaluation of artificial neural network algorithm in desertification assessment (Case Study: South of Neishabour township)

M. Akbari[*1], S. H. Badiee Nameghi[2] and E. Ranaee [3]
[1] Faculty Member, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, I.R. Iran
[2] Senior Expert, Natural Resources and Watershed Management Head Office of Khorasan Razavi province, Mashhad, I.R. Iran
[3] Senior Expert, Agriculture and Natural Resources Research Center of Khorasan Razavi province, Mashhad, I.R. Iran
(Received: 30 October 2010, Accepted: 19 September 2011)

Abstract
Desertification, after climate changes and deficiency of freshwater, is the third important global challenge during 21th century. Investigating and assessment of the effective factors on desertification trend are very important issues for better land management. The study area is located at south of Neishabour township. This region has been faced to increasing rate of desertification because of drought, vegetation removal, change of rangelands to dry farming lands, water and wind erosion and lack of proper land management over previous years. In this research, data of field study, analysis of aerial photo and satellite image were collected and analyzed in geographic information system. Then FAO-UNEP desertification method (1984) was used in this study. According to this method, vegetation condition, rangeland condition, water and wind erosion and salinity were defined and categorized as the factors defining the status of desertification. Finally, desertification map was prepared. Based on the result, desertification in this region is severe in the northern part of the region mostly due to reduction of canopy, vegetation removal and water erosion. Meanwhile, 57% and 30% of the studied region could be categorized in moderate and slight desertification conditions, respectively. To compare the results and effects of input parameters and their weights; artificial neural networks have been used. After data collection, classification and categorization of and input parameters in four levels including slight, moderate, severe and very severe, desertification map of FAO-UNEP method was used in GIS based on the artificial neural networks approach for predicting desertification condition. Final optimized perception model with one input layer composed of 4 neurons (vegetation condition, water and wind erosion and salinity) and one hidden layer including 39 neurons; and one output layer (desertification condition) based on momentum training algorithm for hidden and output layers was accepted to reach the Mean Square Error (MSE) of 0.07975. Comparison of the outputs of artificial neural network with FAO-UNEP method, shows artificial neural network capability to explain desertification condition. It was also revealed that, definition of structure of networks, training algorithm and cycles in addition to input neurons may effectively influence on the performance of various structures of artificial neural networks.

Keywords: Desertification, FAO-UNEP, Artificial Neural Network, Wind and Water Erosion, Vegetation Removal, Salinity

*Corresponding author: Tel: +98 511 8763235 Fax: +98 511 8788805 E-mail: M_Akbari@um.ac.ir