

Evaluation of the impacts of land-use change on watershed runoff simulation using the MLP model

Case study: Yalfan catchment

M. Rasooli^{1*}, A. Haghi zadeh², H. Zeyni Vand³, A. Ildoromi⁴

1- M.A. Student of Watershed Management & Assistant Professor, Faculty of Agriculture and Natural Resource, University of Lorestan. 2,3- Associate Professor, Faculty of Agriculture and Natural Resource, University of Lorestan. 4- Associate Professor, Faculty of Agriculture and Natural Resource, University of Malayer.

* (Corresponding author Email: m_rasooli@ymail.com)

Received: 26-04-2014

Accepted: 30-07-2014

ارزیابی اثر تغییرات کاربری اراضی بر شبیه‌سازی رواناب خروجی با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی (MLP)

مطالعه موردی: حوضه آبخیز یلفان

مرضیه رسولی^{۱*}، علی حقی زاده^۲، حسین زینی وند^۳، علیرضا ایلدرمی^۴

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان. ۲ و ۳- استادیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان. ۴- دانشیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه ملایر

* (نویسنده مسئول، E-Mail: m_rasooli@ymail.com)

تاریخ دریافت: ۹۳/۲/۶

تاریخ پذیرش: ۹۳/۵/۸

Abstract

Land-use change affects a number natural processes such as soil erosion, sedimentation, flooding and destruction of soil physical and chemical properties. This change of ecosystem causes the degradation of soil quality which eventually leads to a severe decrease in soil fertility. Therefore, various aspects of land-use change should be taken into account in national major decision makings. This study makes use of Artificial Neural Network, Multilayer Perception (ANN-MLP) and land-use planning model (Dr. Makhdoom's method) to assess the impacts of land-use change on runoff. The study site was Yalfan catchment, Hamedan province, Iran. According to the results over the statistical period of 1375 to 1389, the Artificial Neural Network model's (ANN) simulation resulted in the Nash-Sutcliffe model efficiency of 0.74 and root-mean-square error index of 0.01 which was indicative of an acceptable accuracy for the simulation of the daily runoff of Yalfan catchment. Furthermore, the hydrograph peak flow was decreased by 45% after the optimum land-use was implemented. This means a decrease of possible flood damages. It is concluded that the ANN model can be introduced as an appropriate model for runoff simulation in Yalfan and assessing the impacts of land-use change scenarios on runoff.

Keywords: Land-use change, Yalfan catchment, ANN-MLP model, runoff, land-use planning.

چکیده

تغییر کاربری اراضی بر بسیاری از فرآیندهای طبیعی نظیر فرسایش خاک و تولید رسوب، سیلاب و تخریب خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک اثر می‌گذارد. این تغییر اکوسیستم باعث تخریب کیفیت خاک شده، در نتیجه قدرت محصول دهی خاک برای تولید غذا به شدت کاهش می‌یابد. بنابراین نیاز است جنبه‌های مختلف تغییر کاربری اراضی در مطالعات و تصمیم‌گیری‌های کلان کشور مورد توجه قرار گیرد. در این تحقیق، از شبکه‌ی عصبی مصنوعی و آمایش سرزمین (مدل دکتر مخدوم) برای ارزیابی اثر تغییرات کاربری اراضی بر رواناب استفاده شده است. این مطالعه در حوضه‌ی یلفان واقع در استان همدان انجام شد. نتایج حاصل از بررسی‌ها نشان داد مدل شبکه‌ی عصبی مصنوعی در دوره‌ی آماری ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۹، رواناب را با ضریب ناش- ساتکلیف ۰/۷۴ شبیه‌سازی نمود و دارای مجذور میانگین مربعات خطا ۰/۰۱ می‌باشد که نشان‌دهنده دقت قابل قبول برای شبیه‌سازی رواناب روزانه‌ی حوضه‌ی یلفان است. همچنین بعد از در نظر گرفتن کاربری بهینه، دبی اوج هیدروگراف ۴۵ درصد پایین‌تر آمد که نشان‌دهنده‌ی کاهش خسارات احتمالی سیلاب است. بنابراین مدل شبکه‌ی عصبی مصنوعی را می‌توان مدل مناسبی برای شبیه‌سازی جریان در حوضه‌ی یلفان و تعیین اثر سناریوی کاربری اراضی بر روی سیلاب معرفی کرد.

واژه‌های کلیدی: تغییرات کاربری، حوضه‌ی یلفان، شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون، رواناب، آمایش سرزمین.

عصبی مصنوعی (پرسپترون چند لایه) بررسی کردند. در پایان با مقایسه آماری بین دبی مشاهداتی و محاسباتی توسط مدل مشخص شد، شبکه عصبی با چهار لایه مخفی، اعتبار بیشتری نسبت به سایر شبکه‌ها دارد. رحیمی (۱۳۸۹) به مقایسه روش‌های شبکه عصبی مصنوعی و منطق فازی در برآورد میزان رواناب در حوضه آبریز مرکزی پرداخت. نتایج این تحقیق نشان داد که همراهی کردن ۳ عامل بارش، دما در ماه جاری و رواناب در ماه گذشته در رواناب ماه سال جاری با استفاده از شاخص R2 بهترین نتیجه را برای شبکه عصبی در پی داشته است.

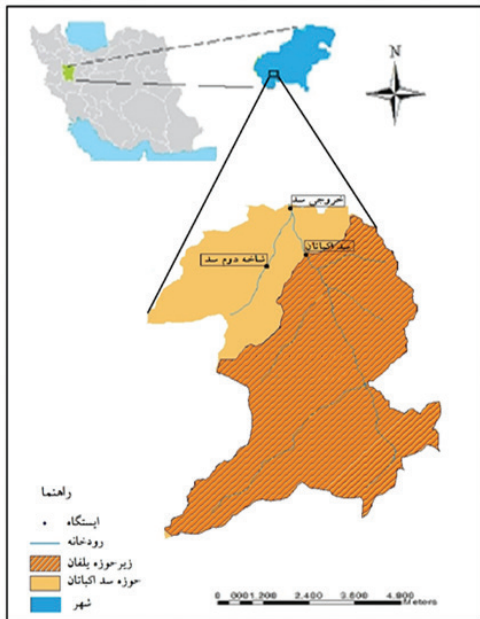
پرورش و همکاران (۱۳۸۹) روش آمایش فیزیکی (ژئومورفولوژی) و روش آمایش سرزمین را برای ارزیابی توان اکولوژیکی حوضه‌ی آبخیز نسا واقع در استان هرمزگان مقایسه کردند. نتایج بدست آمده از مطالعه آنها نشان داد، به کاربردن روش ژئومورفولوژی برای ارزیابی توان اکولوژیکی این منطقه نتایج تقریباً مشابهی با روش آمایش سرزمین داشته و توان بیش‌تر نقاط منطقه، مرتع‌داری فقیر و حفاظت به دست آمده است. از جمله مطالعات انجام شده دیگر می‌توان به برنامه ریزی جامع کاربری اراضی و آمایش سرزمین در حوضه‌های آبخیز شهری با استفاده از GIS مطالعه‌ی موردی حوضه آبریز ماهیدشت (بیات و همکاران، ۱۳۹۰)، برنامه آمایش سرزمین منطقه‌ی حفاظت شده‌ی ارسباران (سرهنگ‌زاده، ۱۳۸۱)، مدلی برای ارزیابی انطباق کاربری فعلی و آتی (اولویت‌بندی شده) استان گلستان (اونق و میرکریمی، ۱۳۸۲) و برنامه‌ی جامع استفاده از سرزمین (حوضه‌ی آبخیز) با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی حوضه‌ی آبخیز انجیرآب گرگان (قنبرآبادی و همکاران، ۱۳۸۹) اشاره نمود.

با توجه به اینکه منطقه‌ی مورد مطالعه دارای پتانسیل تولید سیلاب است، تغییر شرایط آن بر رواناب خروجی حوضه یا افزایش احتمال وقوع سیلاب و پیامدهای آن تأثیرگذار می‌باشد. همچنین مشکلات بروز سیلاب که تحت تأثیر عوامل مختلفی است منجر به تخریب منابع طبیعی و تأثیرات بسیار منفی و غیرقابل جبرانی مانند افزایش زمین‌های بایر و شخم‌خورده، قطع درختان جنگلی، دگرگونی و تخریب اراضی، افزایش فرآیند بیابانی شدن، آلودگی منابع آبی، منابع زیستی و غیره می‌شود که در نتیجه به دنبال آن مشکلات اجتماعی، اقتصادی و مالی را در پی خواهد داشت. در این مطالعه اثر تغییر کاربری اراضی بر رواناب با استفاده از مدل شبکه‌ی عصبی مصنوعی و سناریوسازی کاربری در آینده (مدل آمایش سرزمین) مورد بررسی و پیش‌بینی قرار گرفته است.

تغییر کاربری اراضی غیر اصولی یکی از چالش‌های عمده در قرن بیست و یکم است. عموماً سه ویژگی اولیه حوضه آبخیز شامل خاک، پوشش گیاهی و توپوگرافی، تغییرات هیدرولوژیک را در قالب فرآیندهای بارش- رواناب و فرسایش اداره می‌کنند. تأثیرات هیدرولوژیک کاربری اراضی و مدیریت پوشش گیاهی در قالب تغییر در عمق رواناب، دبی حداقل، دبی حداکثر، رطوبت خاک و تبخیر و تعرق آشکار می‌شود (Sikka et al, ۲۰۰۳). مدل‌های بارش- رواناب نقش مهمی در مدیریت منابع آب دارد. به همین دلیل مدل‌های مختلفی با درجات مختلف از پیچیدگی، به منظور مدل سازی این رابطه، توسعه یافته است. این مدل‌ها به طور کلی به سه دسته تقسیم می‌شوند؛ شامل مدل‌های جعبه سیاه یا مدل‌های نظری، مدل‌های مفهومی و مدل‌هایی که اساس کار آنها روابط فیزیکی هستند. مدل‌های جعبه سیاه معمولاً دارای یک ورودی و یک خروجی مستقل هستند؛ بنابراین مدل‌هایی کاملاً تجربی محسوب می‌شوند. مدل‌های مفهومی بارش- رواناب، براساس ساده‌سازی روابط فیزیکی عناصر و پارامترهای دخیل در مدل بارش- رواناب عمل می‌کنند (O'Connor, ۱۹۹۷). مدل شبکه عصبی مصنوعی (ANN- MLP) غیرخطی بودن فرآیند بارش رواناب را در نظر می‌گیرد؛ اما متعلق به مدل‌های جعبه سیاه است. اساس کار مدل‌های جعبه سیاه، برقراری ارتباط بین میزان تلفات خاک با عوامل موثر بر روی آن می‌باشد که از طریق مشاهده، اندازه‌گیری تجربی و تجزیه و تحلیل آماری بدست می‌آیند. در این بخش به برخی از سوابق پژوهشی در زمینه‌ی مدل شبکه عصبی و آمایش سرزمین اشاره می‌شود.

Dawson و Wilby (۱۹۹۸) به منظور پیش‌بینی جریان در دو حوضه مستعد سیل در بریتانیا از شبکه‌های عصبی مصنوعی و داده‌های هیدرومتریک استفاده و مقایسه‌ی بین عملکرد مدل ANN و دیگر سیستم‌های رایج پیش‌بینی سیل انجام دادند. نتایج آنها نشان داد که با توجه به توانایی مدل ANN نسبت به داده‌های مفقود شده سیل، این مدل را می‌توان جایگزین مدل‌های یکپارچه و یا نیمه توزیعی کرد. Sudheer و همکاران (۲۰۰۲) در تحقیقی از مدل شبکه عصبی مصنوعی که بر اساس مدل رواناب- بارش پایه‌گذاری شده است، استفاده کردند. ارزیابی داده‌ها در این مدل در حوضه‌ی آبخیز هند صورت گرفت. نتایج مطالعه آنها نشان داد که زمان مورد نیاز برای انجام مطالعات با توسعه مدل ANN کاهش پیدا می‌کند.

نصری و همکاران (۱۳۸۹) در تحقیقی رابطه بارندگی - رواناب حوضه پلاسخان در سرشاخه زاینده‌رود را با استفاده از شبکه



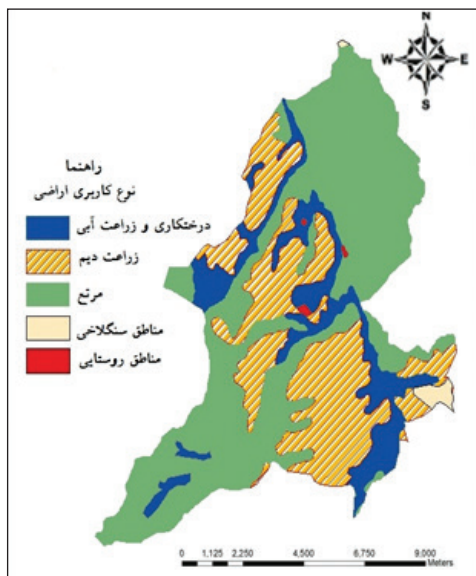
شکل ۱- موقعیت جغرافیایی حوضه یلفان

موقعیت جغرافیایی و وضعیت فیزیوگرافی حوضه یلفان حوضه ی آبخیز یلفان با مساحت ۷۱۷۳ هکتار در استان همدان و جنوب شهرستان همدان قرار گرفته و از نظر موقعیت جغرافیایی بین ۴۸ درجه و ۳۲ دقیقه و ۲۸ ثانیه تا ۴۸ درجه و ۴۰ دقیقه و ۴ ثانیه طول شرقی و ۳۴ درجه و ۳۶ دقیقه و ۵۷ ثانیه تا ۳۴ درجه و ۴۵ دقیقه و ۲ ثانیه عرض شمالی واقع شده است. حداکثر ارتفاع حوضه ۳۴۵۰ متر و حداقل ارتفاع در خروجی حوضه برابر ۱۹۵۰ متر از سطح دریا می‌باشد. شیب متوسط این حوضه ۲۲ درصد است. این حوضه دارای یک ایستگاه هیدرومتری، باران-سنجی و دماسنجی به نام سد اکباتان (یلفان) می‌باشد. یلفان، زیرحوضه‌ای از حوضه ی آبخیز سد اکباتان می‌باشد که برای این مطالعه انتخاب شده است. موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه (یلفان) در شکل (۱) نمایش داده شده است.

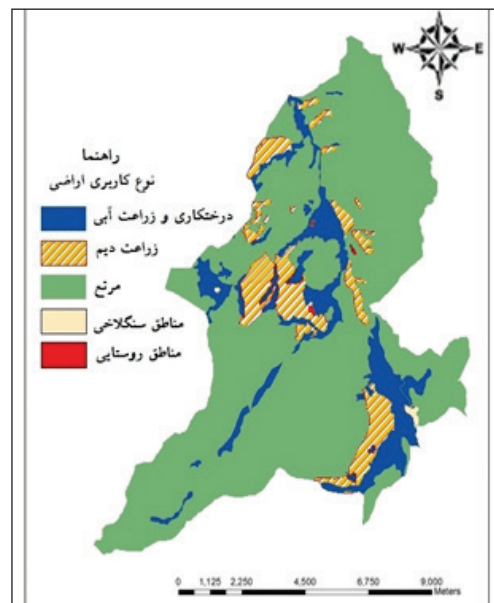
۱۳۸۴ و ۱۳۸۹) استفاده شده است. نقشه‌ی کاربری اراضی سال ۱۳۷۵، نقشه‌ی کاربری اراضی سال ۱۳۸۴ و نقشه‌ی کاربری اراضی سال ۱۳۸۹ به ترتیب در شکل‌های (۲)، (۳) و (۴) قابل مشاهده است.

انواع کاربری اراضی و بافت خاک

کاربری اراضی حوضه آبخیز مورد مطالعه شامل پنج کلاس درختکاری و زراعت آبی، مرتع، زراعت دیم، مناطق سنگلاخی و مناطق روستایی می‌باشد. در تحقیق حاضر از سه نقشه‌ی کاربری اراضی حوضه یلفان مربوط به سه دوره (سال‌های ۱۳۷۵،

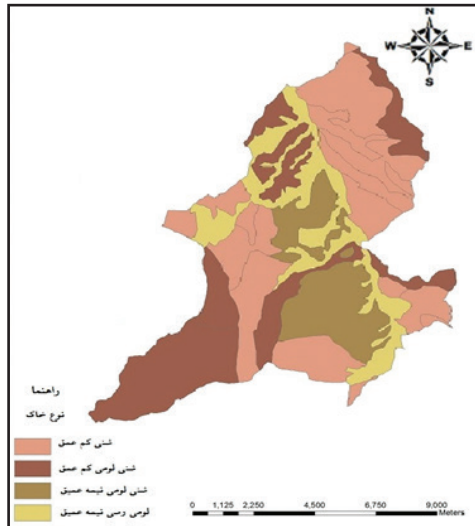


شکل ۳- نقشه کاربری اراضی حوضه یلفان سال ۱۳۸۴ (اداره‌ی منابع طبیعی استان همدان، ۱۳۸۴)



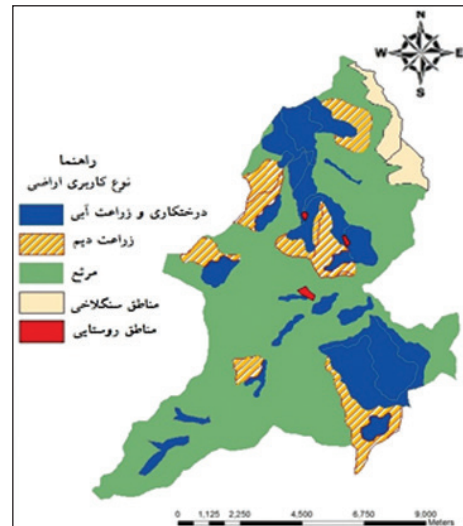
شکل ۲- نقشه کاربری اراضی حوضه یلفان سال ۱۳۷۵ (فرهادی و همکاران، ۱۳۷۵)

ارزیابی آمایش سرزمین استفاده شد. این نقشه در شکل (۵) قابل مشاهده می‌باشد.



شکل ۵- نقشه‌ی بافت خاک حوضه‌ی یلفان (اداره‌ی منابع طبیعی استان همدان، ۱۳۸۴)

چهار نوع بافت خاک در این منطقه مشاهده می‌شود که شامل شنی کم عمق، شنی لومی کم عمق، شنی لومی نیمه عمیق و لومی رسی نیمه عمیق است. در این پژوهش از نقشه‌ی خاک به منظور



شکل ۴- نقشه کاربری اراضی حوضه یلفان سال ۱۳۸۹ (اداره‌ی منابع طبیعی استان همدان، ۱۳۸۹)

و داده‌های دبی روزانه که مربوط به سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۹ می‌باشند، وارد مدل MLP شدند. لازم به ذکر است که مقادیر شماره‌ی منحنی رواناب و درصد پنج کلاس کاربری اراضی با استفاده از روش درون‌یابی در سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۹ برای هرروز محاسبه شدند. داده‌های بارندگی، دما و دبی مربوط به ایستگاه باران‌سنجی، دماسنجی و هیدرومتری سد اکباتان می‌باشند. نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کلموگراف-اسمیرنوف (K-S) توسط نرم افزار SPSS انجام شد؛ که نتایج نشان داد، داده‌ها از توزیع نرمال پیروی می‌کند. مشخصات ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه در جدول (۱) آورده شده است.

روش تحقیق

تهیه نقشه‌ی شماره‌ی منحنی رواناب (CN)

مقادیر شماره‌ی منحنی رواناب به عنوان ورودی مدل شبکه عصبی مصنوعی استفاده می‌شود. بدین منظور با استفاده از محیط نرم افزاری GIS این نقشه تهیه شد.

انتخاب داده‌ها در شبکه عصبی مصنوعی

اولین گام شبیه‌سازی رواناب در شبکه عصبی مصنوعی انتخاب داده‌ها است. بارندگی و دمای روزانه، درصد مساحت پنج کلاس نقشه‌ی کاربری اراضی، شماره‌ی منحنی رواناب (CN)

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های محدوده‌ی مطالعاتی

نوع ایستگاه	طول جغرافیایی دقیقه-درجه	عرض جغرافیایی دقیقه-درجه	ارتفاع از سطح دریا (متر)	نوع بافت
هیدرومتری	۴۷-۵۵	۳۴-۲۵	۱۹۴۰	شاخه‌ی دوم سد اکباتان
هیدرومتری	۴۸-۳۵	۳۴-۴۵	۱۸۸۰	سد اکباتان
هیدرومتری	۴۸-۳۵	۳۴-۴۵	۱۸۸۰	خروجی سد
دماسنجی	۴۸-۳۵	۳۴-۴۵	۱۸۸۰	سد اکباتان
باران‌سنجی	۴۸-۳۵	۳۴-۴۵	۱۸۸۰	سد اکباتان

شبکه عصبی مصنوعی مورد استفاده

متغیرهای مدل شامل تمام مقادیری است که می‌تواند متغیر خروجی را تحت تأثیر قرار دهد. بنابراین لایه ورودی کاملاً مشخص بوده و اطلاعات لازم برای شبکه را فراهم می‌کند. لایه آخر یا لایه خروجی نیز شامل متغیری است که شبکه آن را پیش‌بینی می‌کند

و در واقع خروجی مدل است. نرون‌های موجود در هر لایه با تمام نرون‌های لایه‌های قبل و بعد از خود در ارتباط هستند. تعداد لایه‌های شبکه یا لایه‌های مخفی و تعداد نرون‌های موجود در هر لایه از طریق روش سعی و خطا بدست می‌آید.

ارزیابی و مقایسه آماری

در مدل شبکه عصبی، ضریب همبستگی بین مقادیر مشاهده‌ای و برآوردی، رایج‌ترین شاخص مقایسه‌ای است. با این وجود ضریب همبستگی یک شاخص کلی بوده و نمی‌تواند شاخص مناسب باشد (Khan et al, ۲۰۰۶). بنابراین در این تحقیق علاوه بر شاخص ضریب همبستگی که مدل محاسبه می‌کند، از معیارهای آماری زیر نیز استفاده شد:

• آزمون t-test

معنی‌داری و عدم معنی‌داری اختلاف بین داده‌های مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده را می‌توان با آزمون t-test تشخیص داد. در این آزمون اگر مقدار آماره‌ی t بیشتر از سطح معنی‌دار باشد، اختلاف معنی‌داری بین مقادیر مشاهده‌ای و محاسباتی دیده می‌شود؛ و اگر مقدار آماره‌ی t کمتر از سطح معنی‌دار باشد، اختلاف معنی‌داری بین مقادیر مشاهده‌ای و محاسباتی دیده می‌شود (بی‌همتا و زارع چاهوکی، ۱۳۸۹). آزمون‌های فرض در این روش عبارت‌اند از:

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0 \quad (1)$$

$$H_a: \mu_1 - \mu_2 \neq 0 \quad (2)$$

که در آن μ_1 میانگین سری مشاهده‌ای، μ_2 میانگین سری شبیه‌سازی شده است.

• معیارهای آماری MAE^2 ، $RMSE^3$ ، NSE^4 :

از این معیارهای آماری برای تجزیه و تحلیل داده‌های خروجی

مدل استفاده می‌شود. این آماره‌ها با استفاده از روابط زیر برآورد می‌شوند:

$$RMSE = \frac{\sqrt{\sum(Q_o - Q_M)^2}}{N} \quad (3)$$

$$MAE = \frac{\sum|Q_o - Q_M|}{N} \quad (4)$$

$$NSE = \left[1 - \frac{\sum(Q_o - Q_M)^2}{\sum(Q_o - \bar{Q}_o)^2} \right] \quad (5)$$

در این روابط Q_o ، داده‌های مشاهده‌ای و Q_M ، داده‌های شبیه‌سازی شده هستند.

یکی از شاخص‌های کمی مناسب که می‌توان از آن در برآورد میزان دقت مدل استفاده کرد، مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) و میانگین خطای مطلق (MAE) می‌باشد. این معیارها دقت مدل را بر اساس تفاضل بین مقادیر واقعی و مقادیر پیش‌بینی شده، ارزیابی می‌کنند و طبیعتاً هرچه به صفر نزدیکتر باشند، نمایانگر اختلاف کمتری بین آنها خواهند بود. از جمله معیارهایی که در این مطالعه استفاده شده است معیار ناش-ساتکلیف (NSE) می‌باشد. اگر مقدار NSE برابر ۱ باشد، تناسب کاملی بین داده‌های مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده وجود دارد. مقدار NSE صفر نیز نشان می‌دهد که مدل، نسبت به استفاده از مقادیر میانگین داده‌های مشاهده‌ای بهتر یا بدتر پیش‌گویی نمی‌کند. اگر NSE بزرگتر از ۰/۷۵ باشد، نتایج شبیه‌سازی خوب توصیف می‌شوند، اما زمانی که مقادیر NSE بین ۰/۳۶ و ۰/۷۵ است، نتایج مدل رضایت بخش به شمار می‌رود (Motovilov et al, ۱۹۹۹).

روستایی و حفاظت استفاده گردید. هر یک از مدل‌های نام‌برده، برای نشان دادن توان و درجه‌ی مرغوبیت (طبقه‌بندی) سرزمین برای انجام کاربری‌های مختلف مطابق با مدل می‌باشند. به دلیل گستردگی زیاد طبقات در هر مدل و شرایط پارامترهای محیطی آن، از آوردن توصیفات طبقات مدل‌ها صرف نظر شده است. علاقمندان برای مطالعه بیشتر به کتاب شالوده‌ی آمایش سرزمین (مخدوم، ۱۳۹۰) مراجعه نمایند.

تهیه نقشه‌ی کاربری بهینه (مدل آمایش سرزمین) حوضه‌ی آبریز یلفان

در این پژوهش به منظور بررسی نقش اثر کاربری اراضی بر رواناب توسط شبکه‌ی عصبی اقدام به تهیه‌ی نقشه‌ی کاربری بهینه شد و از مدل‌های اکولوژیکی مخدوم برای تعیین نقشه‌ی آمایش سرزمین به انواع کاربری‌های هفتگانه‌ی جنگل‌داری، کشاورزی و مرتع‌داری، آبی‌پروری، تفرج و توریسم، توسعه شهری و

به طور خلاصه روش مدل آمایش سرزمین شامل مراحل زیر است: نخست نقشه طبقات ارتفاعی از سطح دریا و نیز طبقات درصد شیب، بر روی هم گذارده و تلفیق می شوند. سپس نقشه تلفیق شده (نقشه واحدهای مقدماتی شکل زمین) بر روی نقشه جهت‌های جغرافیایی قرار داده شده و عمل روی هم‌گذاری و تلفیق نهایی برای دستیابی به نقشه واحدهای شکل زمین انجام می‌گیرد (مخدوم، ۱۳۹۰). پس از روی هم‌گذاری نقشه واحد شکل زمین و نقشه طبقات خاک، واحد زیست محیطی پایه یک در حوضه تهیه می‌شود. در نهایت از

تلفیق نقشه زیست محیطی پایه یک با نقشه تراکم، نقشه واحدهای زیست محیطی پایه دو و از تلفیق آن با نقشه تیپ پوشش گیاهی نقشه واحدهای زیست محیطی نهایی تهیه می‌شود. فرآیند تجزیه و تحلیل و جمع‌بندی داده‌ها برای نقشه‌سازی یگان‌های زیست محیطی که شامل ترکیب طبقات منابع اکولوژیکی با هم‌دیگر است، شامل موارد ذکر شده بود که نهایتاً در مقایسه با معیارها، استانداردها یا مدل‌های اکولوژیکی، توان سرزمین برای هر یک از کاربری‌ها تعیین می‌شود.

نتایج و بحث

نتایج شبیه‌سازی رواناب توسط شبکه عصبی مصنوعی

پس از سعی و خطای فراوان در انتخاب تعداد لایه‌ها و تعداد چرخه‌های تکرار، همچنین انتخاب تابع تانژانت هیپربولیک، ضرایب همبستگی متفاوتی بدست آمد که مورد بررسی قرار

گرفت. در نهایت با ۲۹ عدد نرون لایه مخفی، بیشترین ضریب همبستگی وجود داشته که با تعداد چرخه‌های تکرار متفاوت با روش سعی و خطا مورد بررسی قرار گرفت. این نتایج در جدول (۲) قابل مشاهده است. نتایج نشان می‌دهد که بیشترین ضریب همبستگی ۰/۸۶ می‌باشد که مربوط به شبکه عصبی با تعداد چرخه‌های تکرار ۱۰۰۰۰ و تعداد لایه مخفی ۲۹ است.

جدول ۲- بیشترین مقادیر ضریب همبستگی در چرخه‌ی تکرار متفاوت

تعداد نرون لایه مخفی	تعداد چرخه‌های تکرار	تابع فعالیت	ضریب همبستگی مرحله‌ی آموزش	ضریب همبستگی مرحله‌ی آزمایش	ضریب همبستگی نهایی
۲۹	۵۰۰۰	تانژانت هیپربولیک	۰/۷۶	۰/۷۳	۰/۷۶
۲۹	۷۰۰۰	تانژانت هیپربولیک	۰/۷۸	۰/۷۵	۰/۷۵
۲۹	۸۰۰۰	تانژانت هیپربولیک	۰/۷۹	۰/۷۶	۰/۷۶
۲۹	۱۰۰۰۰	تانژانت هیپربولیک	۰/۸۳	۰/۸۱	۰/۸۱
۲۹	۱۰۰۰۰۰	تانژانت هیپربولیک	۰/۸۶	۰/۸۲	۰/۸۶

معنی‌داری و عدم معنی‌داری اختلاف بین داده‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی شده با روش آزمون t-test مشخص شد که نتایج حاصل از آن در جدول (۳) قابل مشاهده است. مقدار بدست آمده از معیار ناش - ساتکلیف (NSE=۰/۷۴) در مقیاس روزانه در دوره‌ی اعتبارسنجی قابل قبول بوده، نتایج رضایت بخش و خوب ارزیابی می‌شود. همچنین آماره‌ی t در مدل

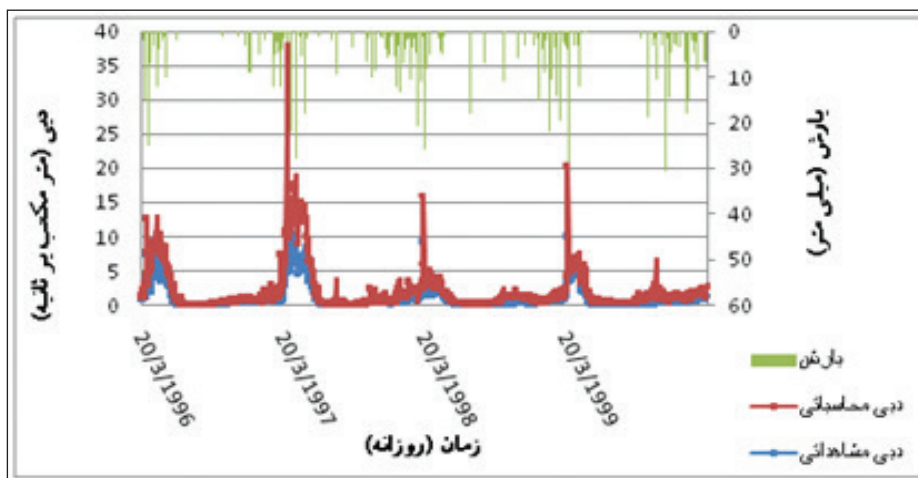
شبکه‌ی عصبی با سطح معنی‌داری ۰/۰۵ برابر ۰/۰۸ است. نتیجه نشان می‌دهد که اختلاف بین داده‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی شده معنی‌دار نمی‌باشد.

جدول ۳- نتایج شاخص‌های آماری در طول دوره‌ی آماری در مدل ANN

NSE	RMSE	MAE	t-test
۰/۷۴	۰/۰۱	۰/۴۹	۰/۰۸

مقایسه گرافیکی دبی مشاهداتی و دبی شبیه‌سازی شده (شکل ۶) نشان می‌دهد تا حدود زیادی مدل توانایی شبیه‌سازی را داشته

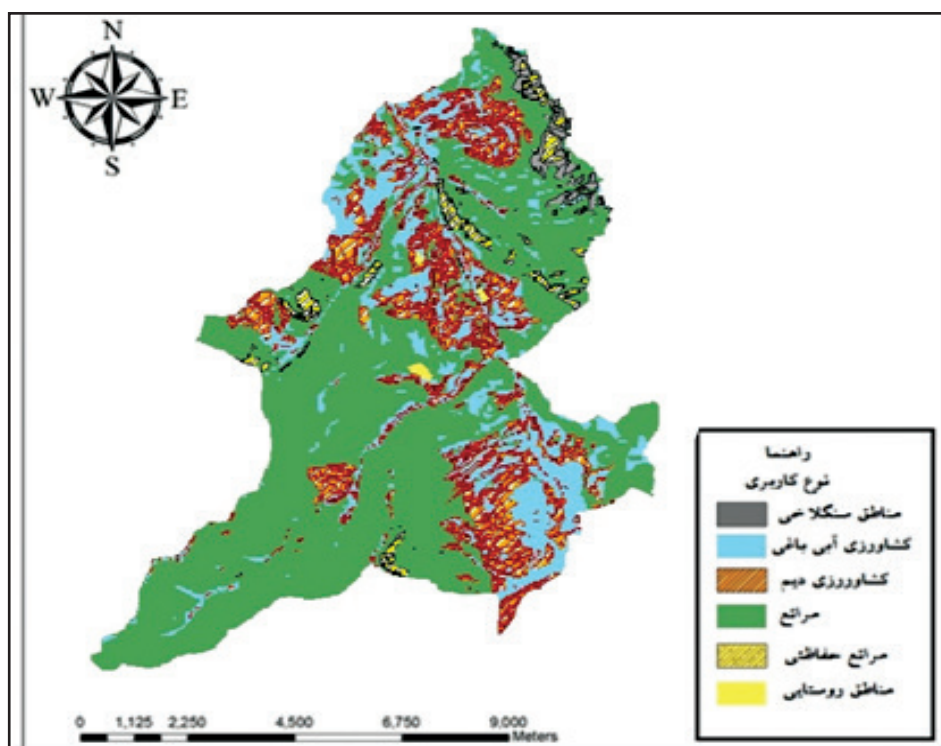
است. همچنین علت خطای اندک مدل را می‌توان عدم توانایی در شبیه‌سازی برخی از دبی‌های اوج دانست.



شکل ۶- مقایسه‌ی گرافیکی دبی‌های مشاهده‌ای و محاسباتی

کاری ارزیابی توان، تفکیک و نقشه‌بندی شد. ضمن اینکه ویژگی‌های اقلیم‌شناسی، احتمال فرسایش خاک و نوع کاربری فعلی برای هر واحد در نظر گرفته شد. برای این واحدهای زیست محیطی، ارزیابی توان اکولوژیک، برای کاربری‌های کشاورزی، مرتع‌داری، جنگل‌داری، توریسم، توسعه شهری و روستایی و حفاظت صورت پذیرفت. شکل (۷) نقشه آمایش سرزمین را نشان می‌دهد.

نتایج اجرای مدل آمایش سرزمین و تولید نقشه‌ی آمایش (برنامه آمایش سرزمین) در آمایش حوضه‌ی آبخیز یلفان که مساحت آن تقریباً ۷۱۷۳ هکتار است، با استفاده از توان‌مندی‌های GIS، نقشه‌ی طبقات ارتفاع از سطح دریا، درصد شیب، جهات جغرافیایی، نقشه‌ی خاک، تیپ و تراکم پوشش گیاهی به روش دوتایی باهم ترکیب شده و در نهایت ۸۷۲ واحد زیست محیطی بدون تکرار به عنوان واحدهای



شکل ۷- نقشه‌ی آمایش سرزمین حوضه‌ی یلفان

نتایج مقایسه تغییرات ایجاد شده در کاربری‌ها

پس از بررسی آمایش سرزمین و اولویت‌بندی بین کلاس کاربری‌ها به روش کیفی قیاسی، از بین توان‌های اکولوژیکی، نقشه آمایش سرزمین حوضه آبریز یلفان ایجاد شد که در واقع همان نقشه کاربری در آینده است. مقایسه‌ی نقشه‌ی کاربری ۱۳۸۹ (کاربری فعلی) با کاربری بهینه، مشخص کرد که مساحت مراتع منطقه از ۶۱/۵۶ درصد کاربری فعلی به حدود ۶۶/۵۶ درصد در کاربری بهینه افزایش می‌یابد؛ کاربری زراعت دیم از حدود ۱۱/۴۸ درصد در شرایط فعلی به حدود ۱۷/۵۹ درصد در شرایط بهینه می‌رسد.

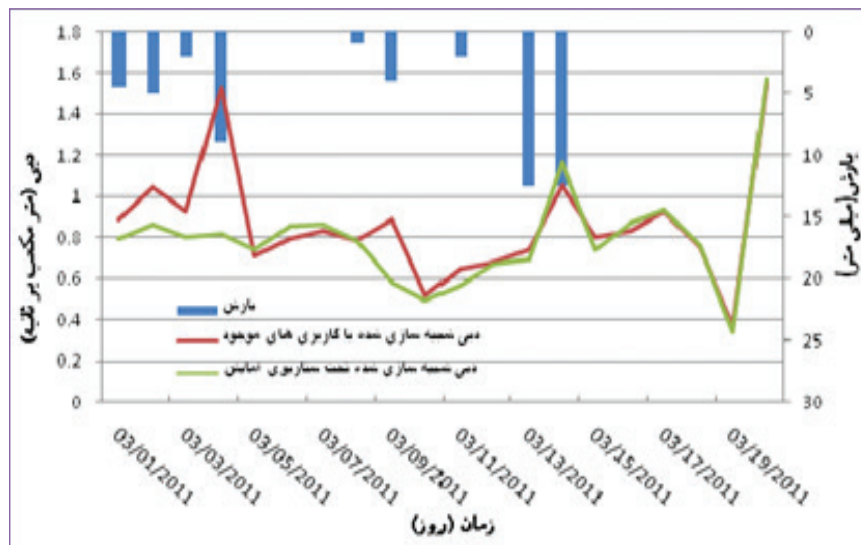
ضمن اینکه زراعت آبی از حدود ۲۳/۲۵ درصد به ۱۳/۲۴ درصد در شرایط بهینه تغییر پیدا می‌کند. جدول (۴) تغییرات درصد کاربری‌های موجود را نسبت به شرایط بهینه نشان می‌دهد.

نتایج تغییر کاربری بهینه روی جریان شبیه‌سازی شده

با تغییر در درصد مساحت کاربری‌ها و جایگزین کاربری بهینه (سناریوی آمایش سرزمین) اقدام به اجرای مجدد مدل گردید. نتایج شبیه‌سازی در شکل (۸) قابل مشاهده است.

جدول ۴- تغییرات درصد کاربری‌های موجود نسبت به شرایط بهینه

کاربری اراضی	مساحت سال ۱۳۷۵		مساحت سال ۱۳۸۴		مساحت سال ۱۳۸۹		درصد مساحت کاربری بهینه
	هکتار	درصد	هکتار	درصد	هکتار	درصد	
کشاورزی آبی و باغ	۹۳۷/۳۸	۱۳/۰۶	۱۱۱۷/۸۵	۱۵/۵۸	۱۶۶۷/۷۶	۲۳/۲۵	۱۳/۲۴
کشاورزی دیم	۶۷۴/۲۵	۹/۳۹	۲۰۶۳/۸۳	۲۸/۷۴	۸۲۳/۸۱	۱۱/۴۸	۱۷/۵۹
مراتع	۵۵۳۹/۰۷	۷۷/۲۳	۳۷۷۶/۶۲	۵۲/۶۴	۴۴۱۶/۵۷	۶۱/۵۶	۶۶/۵۶
مناطق سنگلاخی	۱۵/۴۵	۰/۲۲	۱۹۹/۶۱	۲/۷۸	۲۴۷/۱۴	۳/۴۶	۲/۳۸
مناطق مسکونی	۶/۸۶	۰/۱	۱۵/۵۴	۰/۲۱	۱۸/۱۵	۰/۲۵	۰/۲۳



شکل ۸- نتایج تغییر کاربری بهینه روی جریان شبیه‌سازی شده

در برخی موارد دبی پیک به خوبی شبیه سازی نشده است که علت آن را می توان تأخیر در ثبت هیدروگراف توسط مدل دانست؛ یعنی دبی اوج دیرتر از وقوع دبی اوج مشاهداتی به ثبت رسیده است که علت آن را می توان خطاهای الگوریتمی در مدل شبکه ی عصبی دانست.

شکل (۸) نشان می دهد با نظر گرفتن کاربری بهینه، دبی اوج هیدروگراف پایین تر آمده است که این نشان دهنده ی کاهش احتمال وقوع سیلاب و به عبارتی کاهش خسارات احتمالی ناشی از سیلاب است. اکثر پروژه ها و سناریوها توسط مهندسان و کارشناسان هیدرولوژی با در نظر گرفتن این هدف طراحی می شوند. در نهایت، مدل شبکه ی عصبی مصنوعی را می توان مدل مناسبی برای شبیه سازی جریان در حوضه ی یلفان و تعیین اثرات اعمال سناریوی کاربری اراضی بر روی سیلاب معرفی کرد.

در این تحقیق تغییرات روزانه ی رواناب با مدل ANN شبیه سازی شد. از آنجایی که با در نظر گرفتن یک معیار آماری که توسط مدل محاسبه می شود، نمی توان نتیجه ی قطعی گرفت؛ بنابراین معیارهای آماری بیشتری استفاده شد. مثلاً مطابق معیار ناش - ساتکلیف که یکی از معتبرترین و پرکاربردترین معیارهای آماری است، دقتی معادل ۷۴٪ در کل مراحل واسنجی و اعتبارسنجی محاسبه شد. بر این اساس نتایج مدل بسیار رضایت بخش است. نتایج این تحقیق نشان می دهد مدل شبکه عصبی دقت قابل قبولی برای شبیه سازی رواناب روزانه ی حوضه ی یلفان دارد. مقایسه ی گرافیکی مدل (شکل ۶) نشان می دهد از آغاز سال ۱۹۹۶

پی نوشت

- 3- Root Mean Absoute Error
4- Nash – Sutcliffe Efficiency

- 1- Artificial Neural Networks- Multilayer Perceptron
2- Mean absolute Error

منابع

- ارزیابی توان اکولوژیکی حوضه آبخیز نسا در استان هرمزگان. مجله ی آمایش سرزمین سال دوم، ۲: ۲۷-۵۰.
رحیمی، ف. ۱۳۸۹. مقایسه ی توانایی روش های شبکه ی عصبی مصنوعی و منطق فازی در برآورد میزان رواناب (مطالعه موردی: حوضه ی آبریز کن البرز مرکزی)، پایان نامه کارشناسی ارشد سنجش از دور و GIS. دانشکده علوم زمین. دانشگاه شهید بهشتی. ۱۳۵ ص.
سرهنگ زاده، ج. و مخدوم، م. ۱۳۸۱. آمایش سرزمین منطقه حفاظت شده ی ارسباران. مجله محیط شناسی، (۳۰): ۳۱-۴۲.
فرهادی، ع.، ولی سامانی، ج. و حبیبی، م. ۱۳۷۵. ارزیابی تأثیر عملیات آبخیزداری بر رسوب گذاری و عمر مفید سد اکباتان. پایان نامه کارشناسی ارشد تأسیسات آبیاری. دانشکده ی کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس. ۲۰۰ ص.
قنبرآبادی، ح.، مرادی پور، ش. و قارزی، ر. ۱۳۸۹. برنامه جامع استفاده از سرزمین حوضه آبخیز با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی. مجموعه مقالات همایش منطقه-ای ایده های نو در کشاورزی پایدار. دانشگاه آزاد اسلامی. واحد بروجرد.
مخدوم، م. ۱۳۹۰. شالوده آمایش سرزمین. انتشارات دانشگاه

- اداره ی منابع طبیعی استان همدان، بخش مطالعات آبخیزداری. ۱۳۸۹. مطالعات تلفیقی حوضه ی سد اکباتان.
اداره ی منابع طبیعی استان همدان، بخش اطلاعات سنجش از دور. ۱۳۸۴. استخراج نقشه کاربری اراضی حوضه ی سد اکباتان.
اوتوق، م. و میرکریمی، س. ح. ۱۳۸۲. مدل ارزیابی انطباق زیست محیطی کاربری های فعلی و آتی استان گلستان. مجله ی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۱۰(۳): ۵-۱۵.
بیات، ب.، متکان، ع.، رحمانی، ب. و عربی، ب. ۱۳۹۰. برنامه ریزی جامع کاربری اراضی و آمایش سرزمین در حوضه های آبریز شهری با استفاده از GIS، مطالعه موردی: حوضه آبریز ماهیدشت. فصل نامه ی جغرافیایی آمایش محیط، شماره ی ۱۳: ۱-۱۰.
بی همتا، م. و زارع چاهوکی، م. ۱۳۸۹. اصول آمار در علوم منابع طبیعی. انتشارات دانشگاه تهران. چاپ دوم. ۳۰۰ ص.
پرورش، ح.، دهقانی، م. و نوحه گر، ا. ۱۳۸۹. مقایسه ی روش آمایش فیزیکی (ژئومرفولوژی) و روش آمایش سرزمین جهت

- A. 1999. Validation of a distributed hydrological model against spatial observations. *Agriculture and Forest Meteorology*, 98- 99: 257- 277.
- O'connor M.K. 1997. Applied hydrology deterministic. Unpublished lecture note Department of engineering hydrology. National university of Ireland, Galway.
- Sikka A.K., Sarma J.S., Sharda V.N., Samraj P. and Lakshmanam V. 2003. Low Flow and High Flow Responses to Converting Natural Grassland into Bluegum (*Eucalyptus globulus*) in Nilgiris Watersheds of South India. *Journal of Hydrology*, 270: 12- 26.
- Sudheer K.P., Gosain A.K. and Ramasastri K.S. 2002. A data-driven algorithm for constructing artificial neural network rainfall-runoff models. *Hydrol. Process*, 16: 1325-1330.
- تهران.
نصری، م.، مدرس، ر. و دستورانی، م. ۱۳۸۹. اعتبارسنجی مدل شبکه عصبی رابطه بارندگی رواناب در حوضه آبریز سد زاینده رود. *مجله علمی پژوهشی پژوهش‌های آبخیزداری (پژوهش و سازندگی)*. شماره ۸۸: ۱-۱۰.
- Dawson W. and Wilby R. 1998. An artificial neural network approach to rainfall-runoff modeling. *Hydrological Sciences - Journal - des Sciences Hydrologiques*, 43(1). 1- 10.
- Harpham C., Dawson CW. 2005. The effect of different basis functions on a radial basis function network for time series prediction: A comparative study. *Neurocomputing*, 69: 2161 -2170.
- Khan S.M., Coulibaly P. and Dibike Y. 2006. Uncertainty analysis of statistical downscaling methods. *J. hydrol.* 319: 357- 382.
- Motovilov Y.G., Gottschalk L., Engeland K. and Rohde