Archive of SID

پژوهش‌های محیط‌زیست، سال ۱۲، شماره ۲۳، بهار و تابستان ۱۴۰۰، از صفحه ۵۵ تا ۶۶

Dor: 20.1001.1.20089597.1400.12.23.5.5

# پیش‌بینی مناطق دارای توان اکوتوریسم با شبکه عصبی مصنوعی

**منیژه طالبی[۱]، باریس مجنونیان*[۲]، مجید مخدوم[۳]، احسان عبدی[۴]، محمود امید[۵]**

۱ دکتری مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران
۲ استاد گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران
۳ استاد گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران
۴ دانشیار گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران
۵ استاد گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۷/۰۹؛ تاریخ تصویب: ۱۴۰۰/۰۴/۰۷)

## چکیده

استفاده تفرجی از منطقه باید مطابق توان محیط‌زیستی آن انجام گیرد. بنابراین، این پژوهش با هدف ارایه یک روش برای مدل‌سازی و رتبه‌بندی مناطق دارای توان اکوتوریسم انجام شد. بدین منظور از روش سیستمی مخدوم با توجه به ویژگی‌های منطقه و شبکه عصبی پرسپترون چندلایه (MLP) برای ارزیابی توان اکولوژیکی منطقه حفاظت شده ارسباران استفاده شد. در گام نخست منابع اکولوژیکی و اقتصادی- اجتماعی شناسایی و نقشه‌های آن‌ها تهیه شدند، سپس با تجزیه و تحلیل و جمع‌بندی داده‌ها در نرم‌افزار ArcGIS نقشه توان اکوتوریسم حاصل شد. در مرحله بعد با استفاده از نتایج روش سیستمی، شبکه عصبی آموزش داده شد و ساختارهای مختلف آن مورد ارزیابی قرار گرفتند و در نهایت نقشه مناطق مناسب گردشگری براساس خروجی شبکه عصبی مدل‌سازی شد. در مرحله آخر با دخالت دادن معیارهای اقتصادی- اجتماعی و جاذبه‌های تفرجی اولویت‌بندی و ارزیابی نهایی انجام گرفت. ارزیابی توان اکولوژیکی با روش سیستمی نشان داد، منطقه دارای توان برای تفرج متمرکز طبقه دو (۰/۰۶٪) و تفرج گسترده طبقه دو (۱۰/۳۳٪) است. توپولوژی ۳-۹-۷ به عنوان بهترین طبقه‌بندی با دقت کلی ۹۸٪ جهت طبقه‌بندی مناطق تفرجی انتخاب شد و بهترین عملکرد شبکه عصبی به کلاس تفرج متمرکز و کمترین عملکرد به کلاس تفرج گسترده تعلق گرفت. براساس نقشه مدل‌سازی شده، ۰/۱۷٪ منطقه به تفرج متمرکز طبقه ۲، ۱۰/۰۹٪ به تفرج گسترده طبقه ۲ و ۸۹/۷۴٪ به نامناسب برای تفرج اختصاص یافت. مطالعه حاضر نشان داد شبکه عصبی مصنوعی قابلیت طبقه‌بندی مناطق مناسب گردشگری را با دقت بالا دارد.

**کلیدواژه‌ها:** ارزیابی توان اکولوژیکی، اکوتوریسم، تجزیه و تحلیل سیستمی، شبکه عصبی مصنوعی، منطقه حفاظت‌شده ارسباران

*نویسنده مسئول:
Email: bmajnoni@ut.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID



## سرآغاز

گردشگری فرایندی است که از دیرباز با اشکال خاص خود به منظور تامین نیازهای روانی، فرهنگی، اجتماعی و اقتصادی انسان‌ها وجود داشته است. با توجه به زندگی ماشینی مردم امروزی یکی از شاخه‌های رو به رشد این صنعت، اکوتوریسم (طبیعت‌گردی) است (Salman Mahini et al., 2009). اکوتوریسم با هدف حداقل کردن اثرات محیط‌زیستی و به کار بردن اصول حمایت اکولوژیکی، به توسعه اقتصادی جوامع محلی، حفاظت مناظر و برنامه‌های توسعه پایدار کمک می‌کند (Dhami & Deng, 2010; Dhami et al., 2014; Zhang et al., 2015). به‌طوری‌که آموزش و آگاهی جوامع محلی، اشتغال و درآمد ایجاد شده سبب ایجاد انگیزه برای توسعه نگرش مثبت به سمت حفاظت منابع‌طبیعی می‌شود. در نتیجه نتایج این منافع می‌تواند در کاهش فعالیت‌های دارای تاثیرات منفی از قبیل ماهی‌گیری و شکار غیراصولی و فعالیت‌های مخرب مثل جنگل‌زدایی دیده شود. تخریب محیط‌زیست، از بین بردن زیستگاه حیات‌وحش، ناپایداری و تغییرات منفی اقتصادی– اجتماعی و فرهنگی در جوامع محلی بعضی از مشکلات در ارتباط با عدم مدیریت اکوتوریسم و فشارهای جوامع می‌باشند (Das & Chatterjee, 2015). در کل بیشتر از دو دهه است که ثابت شده اکوتوریسم منافع اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی دارد (Zhang et al., 2015). یکی از منابعی که امروزه توجه برنامه‌ریزان در امر گردشگری را بیش از پیش به خود جلب کرده، جنگل‌ها هستند. ارتباط و هماهنگی بین جنگل‌داری پایدار و گردشگری جنگل سبب شده تا امروزه برنامه‌ریزی اکوتوریسم در مناطق جنگلی بسیار مورد توجه باشد. جنگل‌ها با برخورداری از جاذبه‌های طبیعی پتانسیل بسیار مساعدی را برای جذب گردشگران فراهم می‌کنند. تفرج جنگلی بهترین سیاست برای مدیریت جنگل‌ها جهت کاهش عوامل تخریب و حفاظت پایدار آن‌ها است (Ahmadi Sani et al., 2011). از این‌رو، اصول اکوتوریسم متناسب با اصول مدیریت پایدار جنگل است، به‌طوری‌که عمدتا اکوتوریسم جنگلی به عنوان وسیله‌ای برای استخراج منافع اقتصادی حاصل از نقش خدماتی جنگل شناخته می‌شود (Wickramasinghe, 2012). اکوتوریسم جنگلی شامل پارک‌های ملی جنگلی و مناطق حفاظتی و همچنین جنگل‌های ملی است که دارای پتانسیلی برای توسعه بخش‌های اکوتوریسم هستند (Dhami & Deng, 2010). به‌منظور حفظ پایداری منابع‌طبیعی ارزشمند، استفاده تفرجی از آن‌ها باید مطابق توان اکولوژیک انجام گیرد (Scandari et al., 2011). برای ارزیابی توان اکولوژیکی سرزمین به منظور توسعه انواع کاربری‌ها سال‌هاست که از روش تجزیه و تحلیل سیستمی (Makhdoum, 2010) ابداعی مک‌هارگ در سطح ملی یا منطقه‌ای استفاده می‌شود. امروزه شبکه عصبی مصنوعی کاربرد بیشتری در اکثر مطالعات منابع‌طبیعی و جنگل پیدا کرده و می‌تواند به عنوان یک روش در این زمینه نیز استفاده شود. شبکه عصبی مصنوعی[1] (ANN) یک شکلی از هوش مصنوعی است که به وسیله مطالعات بر روی نرون بیولوژیکی الهام گرفته شده است (Sun et al., 2016) و برای تجزیه و تحلیل داده‌های بیوفیزیکی استفاده می‌شود (Zhao et al., 2009). همچنین این شبکه‌ها مبتنی بر فرایند یادگیری داده‌ها و اطلاعات ذخیره شده‌اند و به دلیل ویژگی‌هایی همچون پردازش موازی، هوشمندی و انعطاف‌پذیری جایگاه چشم‌گیری برای خود باز کرده‌اند و قابلیت مدل‌سازی، طبقه‌بندی، تخمین و پیش‌بینی را دارند (Vafakhah & Saidian, 2015). بنابراین شبکه‌های عصبی یک مدل ریاضی، محاسباتی هستند که توانایی مدل‌سازی و ایجاد روابط غیرخطی دارند (Aghajani et al., 2014). با توجه به کاربردهای اخیر این شبکه‌ها در مدیریت منابع جنگل، به عنوان یک روش جایگزین برای مدل‌سازی پدیده‌های غیرخطی و پیچیده در علوم جنگل شناخته می‌شود (Peng & Wen, 1999; Klobucar et al., 2008). قابلیت پیش‌بینی شبکه عصبی مصنوعی براساس فرایند یادگیری و آموزش تحت نظارت می‌تواند راه‌حل‌های بهینه برای مسایل مدیریت منابع جنگل ارایه دهد. به‌طوری‌که قابلیت‌های این شبکه‌ها به عنوان یک ابزار مفید برای پیش‌بینی، طبقه‌بندی و تخمین توابع در زمینه‌های مختلف ثابت شده‌اند و طیف گسترده‌ای از کاربردها را در مدیریت منابع جنگل پیدا کرده‌اند. تحقیقات نشان داده‌اند که ترکیب ANN با سیستم اطلاعات جغرافیایی[2] (GIS) به طور قابل توجهی قابلیت‌های مدل‌سازی GIS را برای تصمیم‌گیری مکانی بهبود بخشیده است (Peng & Wen, 1999) و شبکه عصبی مصنوعی به عنوان یک سیستم هوشمند با قابلیت یادگیری ماشین و تعمیم اطلاعات و در نتیجه برنامه‌ریزی ساده‌تر، می‌تواند برای مدل‌سازی مسایل پیچیده و در زمینه‌های مختلف از قبیل ارزیابی توان اکولوژیکی با صرف زمان کمتر و

www.SID.ir

Archive of SID



دقت قابل قبول استفاده شود. تاکنون مطالعات زیادی در رابطه با ارزیابی توان اکولوژیکی جهت کاربری اکوتوریسم جنگلی انجام گرفته است که در این مطالعات عمدتا از روش معمول مخدوم و فرایند تحلیل سلسله مراتبی[۳] (AHP) و فرایند تحلیل شبکه‌ای[۴] (ANP) بهره گرفته شده است. اما در زمینه استفاده از شبکه عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی و رتبه‌بندی (طبقه‌بندی) مناطق گردشگری کمتر پرداخته شده است. در این رابطه Zheng و همکاران (۲۰۰۶)، به ارزیابی تناسب اکوتوریسم منطقه‌ای براساس GIS و شبکه عصبی مصنوعی در ایالت ژجیانگ چین پرداختند. در این مطالعه با استفاده از سیستم شاخص‌های منابع گردشگری، کیفیت محیط‌زیستی و شرایط اقتصادی- اجتماعی، شایستگی اکوتوریسم ارزیابی شد. سپس با استفاده از تجزیه و تحلیل مکانی در GIS و نقشه مدل‌سازی با شبکه عصبی مصنوعی، تحلیل خوشه‌ای انجام شد و مناطق مورد مطالعه از لحاظ تناسب اکوتوریسم به پنج کلاس تقسیم شدند. در مطالعه‌ای دیگر در این منطقه Yu & Wang (2014) به ایجاد شاخص‌های وضعیت منابع گردشگری و کیفیت محیط‌زیستی پرداختند و با استفاده از روش وزن‌دهی و رویهم‌گذاری فاکتورها مدلی برای استفاده در شبکه عصبی مصنوعی به منظور ارزیابی شایستگی اکوتوریسم ارایه دادند. بنابراین در رابطه با استفاده از مدل‌های ریاضی کاربردی برای ارزیابی و پیش‌بینی مناطق گردشگری، Nahuelhual et al. (2013) در مطالعه‌ای در جنوب شیلی با استفاده از ترکیب GIS و روش مشارکتی دلفی و AHP نقشه مناطق مناسب اکوتوریسم تهیه کردند. در این پژوهش معیارهای مناطق منحصر به فرد، زیبایی منظر، قابلیت دسترسی، ظرفیت جاذبه گردشگری و پتانسیل استفاده گردشگری توسط متخصصان و دو نوع شاخص پتانسیل تفرج و اکوتوریسم و فرصت‌های تفرج و اکوتوریسم به‌دست آمدند. طبق نتایج نقشه‌ها با توزیع مناطق سازگار بودند که به‌عنوان مناطق مناسب برای توسعه تفرج شناخته شدند. Mahdavi et al. (2015) با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی[۵] (FMCDM) به تعیین مناطق مناسب توسعه اکوتوریسم پرداختند. در این مطالعه برای تعیین اهمیت معیارها و زیرمعیارها از روش دلفی و جهت تعیین درجه اهمیت معیارها و زیرمعیارها از تئوری مجموعه فازی و فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) استفاده شد. براساس نتایج، بخش‌هایی از منطقه با پتانسیل عالی و خوب برای اکوتوریسم مشخص شد. Gigovic et al. (2016) مدلی را براساس کاربرد ترکیبی GIS و تجزیه‌وتحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاره[۶] (MCDA) با استفاده از روش ارزیابی و تصمیم‌گیری فازی[۷] (FDEMATEL) به‌منظور تخمین و تهیه نقشه کلاسه‌های شایستگی اکوتوریسم برای توسعه پایدار اکوتوریسم پیشنهاد دادند. مدل با استفاده از ۱۶ معیار در ۴ خوشه توسعه یافت. نقشه نهایی توسعه اکوتوریسم با استفاده از روش ترکیب وزن‌دهی خطی[۸] (WLC) در ۴ کلاس شایستگی تهیه شد. بنابراین روش ارایه شده می‌تواند در مناطقی با شرایط جغرافیایی مشابه برای شناسایی رویشگاه های گردشگری و انواع اکوتوریسم استفاده شود.

برای استفاده بهینه از مناطق توریستی منطقه مورد مطالعه، شناسایی و ارزیابی توان اکولوژیکی منطقه در جهت برنامه‌ریزی و مدیریت توریسم مورد نیاز است. بنابراین، هدف اصلی این تحقیق ارایه یک روش مبتنی بر ماشین جهت مدل‌سازی نقشه مناطق دارای توان برای کاربری اکوتوریسم به منظور مدیریت منطقه مورد مطالعه و ارایه مدل ارزیابی توان اکولوژیکی برای منطقه با شبکه عصبی مصنوعی است.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

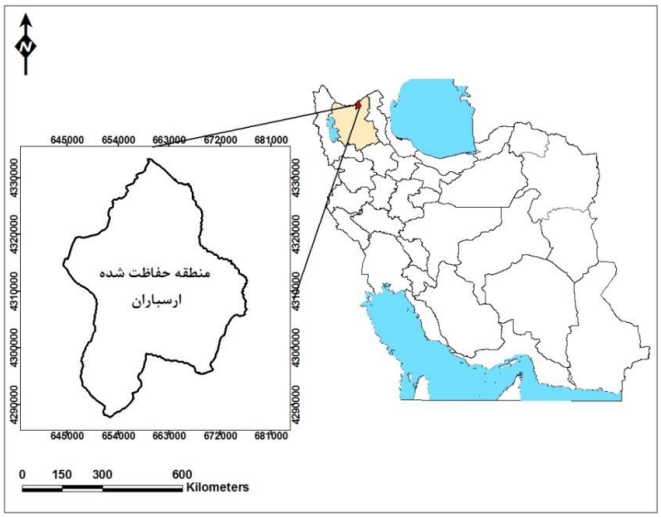
منطقه ارسباران در شمال‌غرب کشور و شمال آذربایجان شرقی قرار دارد. جنگل‌های ارسباران نیز به طور کامل در محدوده مطالعات ناحیه ارسبارن شمالی قرار گرفته است و بیشتر این جنگل‌ها در چهار حوزه هیدرولوژیک کلیبرچای، ایلگنه‌چای، حاجیلرچای و سلن‌چای واقع شده‌اند (Alijanpour et al., 2009). منطقه حفاظت‌شده ارسباران که جزء اندوختگاه‌های زیست‌سپهر یونسکو به‌شمار می‌رود در محدوده حوزه‌های ایلگنه‌چای و کلیبرچای بین '۴۰ °۳۸ تا '۰۹ °۳۹ عرض شمالی و '۴۲ °۴۶ تا '۰۳ °۴۷ طول شرقی قرار گرفته است (Sarhangzadeh & Makhdoum, 2002; Zabardast et al., 2011) (شکل ۱). بارندگی سالانه در این منطقه حدود ۶۰۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر است، با این وجود تعداد روزهای مه‌خیز این منطقه زیاد است و نقش عمده‌ای در بیلان آب جنگل دارد. متوسط حرارت سالانه در ارتفاعات کوهستانی ۵ درجه و در حاشیه رود ارس ۱۷ درجه است (Alijanpour et al., 2009; Zabardast et al., 2011). از نظر پوشش‌گیاهی، در منطقه ارسباران ۱۳۳۴ گونه گیاهی از ۴۹۳ جنس و ۹۷ تیره رویش دارند. علاوه بر فلور خاص این منطقه تعداد زیادی از فلور منطقه هیرکانی، منطقه غرب ایران

www.SID.ir

Archive of SID



و قفقاز مشاهده می‌شود که این منطقه با مساحت به نسبت کم، بیش از ۱۰ درصد گونه‌های گیاهی کل کشور را در خود جای داده است (Zabardast et al., 2011). سه گونه ممرز، بلوط سفید و بلوط سیاه مهم‌ترین درختان جنگل‌های ارسباران را تشکیل می‌دهند و مهم‌ترین گونه‌های درختچه‌ای این جنگل‌ها شامل انار، سیاه تلو، اسپیره، سیاه تنگرس، ازگیل و زغال‌اخته است (Anonymous, 2016).




**شکل (۱): موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان و کشور**

## روش پژوهش

### ارزیابی توان اکولوژیکی جهت کاربری اکوتوریسم

به‌طورکلی در این مطالعه از روش تجزیه و تحلیل سیستمی مخدوم (Makhdoum, 2010) و شبکه عصبی مصنوعی برای ارزیابی توان منطقه استفاده شد.

### تجزیه و تحلیل سیستمی

در این روش ابتدا منابع اکولوژیکی و اقتصادی- اجتماعی و جاذبه‌های تفرجی منطقه شناسایی و نقشه‌های این منابع تهیه و طبقه‌بندی شدند، سپس با در نظر گرفتن منابع شناسایی شده، یک مدل ویژه برای منطقه با توجه به مدل کلی اکوتوریسم مخدوم (Makhdoum, 2010) تهیه شد. منابع و لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز تهیه و سپس نقشه‌های مورد نیاز از آن‌ها استخراج شدند. در مرحله بعد نقشه‌های منابع اکولوژیکی شامل شیب، جهت، ارتفاع، بافت خاک، تیپ و تراکم پوشش‌گیاهی در نرم‌افزار ArcGIS تلفیق و رویهم‌گذاری شدند و یگان‌های محیط‌زیستی ایجاد شدند. سپس با توجه به این‌که منابع اکولوژیکی ناپایدار نمی‌توانند در مرحله رویهم‌گذاری استفاده شوند، از این‌رو اطلاعات این منابع موجود از قبیل اقلیم و منابع آبی به دلیل این‌که در ارزیابی توان اکولوژیکی نقش دارند و همچنین اطلاعات معیار حساسیت به فرسایش در جدول واحدهای محیط‌زیستی وارد شدند. در نهایت ارزیابی توان اکولوژیک منطقه با لحاظ کردن مدل طراحی شده برای کاربری مورد نظر انجام گرفت. بر این اساس نقشه توان کاربری اکوتوریسم با استفاده از روش سیستمی جهت تهیه نمونه‌های آموزشی برای شبکه عصبی مصنوعی تهیه شد.

### شبکه عصبی مصنوعی

به‌طورکلی شبکه‌های عصبی مصنوعی برای مسایل مختلف پیش‌بینی، تخمین تابع، خوشه‌بندی و طبقه‌بندی به کار گرفته می‌شوند. در مطالعه حاضر جهت تهیه نقشه مناطق دارای توان اکوتوریسم از مسئله طبقه‌بندی استفاده شد. برای مدل‌سازی شبکه عصبی، داده‌های اطلاعاتی موثر در ارزیابی توان اکولوژیکی و مورد استفاده در روش سیستمی از قبیل متغیرهای شیب، جهت، بافت خاک، تراکم پوشش‌گیاهی، اقلیم، منابع آبی و حساسیت به فرسایش به عنوان ورودی‌های شبکه و نقشه پهنه‌های دارای توان اکوتوریسم به‌دست آمده (شامل سه کلاس تفرج متمرکز طبقه ۲، تفرج گسترده طبقه ۲ و نامناسب برای تفرج) به عنوان خروجی برای آموزش شبکه در نظر گرفته شدند. دو معیار ارتفاع و تیپ

www.SID.ir

Archive of SID



پوشش‌گیاهی به دلیل این‌که در مدل ارزیابی توان اکولوژیکی نقش ندارند و فقط در نقشه‌سازی واحدهای محیطزیستی وارد می‌شوند و با توجه به عدم تاثیرگذاری در نتایج وارد شبکه عصبی نشدند. اطلاعات ورودی و خروجی شبکه عصبی با توجه به طبقه‌بندی معیارها ارزش‌گذاری شدند، به‌طوری‌که هر واحد محیطزیستی به عنوان یک نمونه در نظر گرفته شد و جدول واحدهای محیطزیستی مطابق با طبقه‌بندی معیارهای مورد استفاده کدبندی شد. به علت تعداد نمونه کم مربوط به کلاس تفرج متمرکز (یک پلی‌گون)، واحد محیطزیستی مربوط به این کلاس به صورت پیکسلی در نظر گرفته شد و ارزش پیکسل‌های این کلاس استخراج شدند. در کل با حذف نمونه‌های تکراری، ۶۳۷ نمونه برای آموزش به شبکه عصبی وارد شدند تا مدل‌سازی بر روی آن‌ها انجام گیرد. قبل از ورود داده‌ها به شبکه ابتدا داده‌ها در دامنه ۰ و ۱ استانداردسازی شدند.

## طراحی شبکه

در این پژوهش از شبکه پرسپترون چندلایه (MLP) جهت مدل‌سازی استفاده شد. از یک لایه مخفی در ساخت شبکه استفاده شد و تعداد نرون‌های لایه مخفی با استفاده از روش آزمون و خطا تعیین شد. به‌منظور بالا بردن عملکرد شبکه و انتخاب بهترین مدل، نرون‌های لایه مخفی تغییر داده شدند و عملکرد شبکه با تعداد متفاوت نرون محاسبه شد و در نهایت ساختار دارای کارایی بالاتر جهت طبقه‌بندی انتخاب شد. در شبکه‌های عصبی از یک تابع به‌عنوان تابع انتقال یا تابع فعال‌سازی برای به‌دست آوردن حداکثر کارایی به منظور اعمال آستانه استفاده می‌شود. بنابراین، با توجه به ماهیت مدل طبقه‌بندی در این تحقیق از تابع انتقال تانژانت هیپربولیک (tansig) برای نرون‌های لایه مخفی و نرون‌های لایه خروجی استفاده شد. از میان الگوریتم‌های آموزشی مختلف، با توجه به تعداد پارامترها و اندازه شبکه از الگوریتم لونبرگ مارکوارت برای آموزش شبکه استفاده شد. برای اجرای شبکه داده‌های موجود به سه دسته تقسیم شدند، در همه مدل‌ها ۷۰ درصد داده‌ها برای آموزش[۹]، ۱۵ درصد برای اعتبارسنجی[۱۰] و ۱۵ درصد برای آزمون[۱۱] مورد استفاده قرار گرفت.

## ارزیابی شبکه

پس از طراحی و آموزش شبکه، لازم است که شبکه طراحی شده از نظر عملکرد مورد ارزیابی قرار گیرد. در واقع مقادیر پیش‌بینی شده توسط شبکه عصبی با داده‌های واقعی به روش‌های آماری مورد مقایسه قرار می‌گیرد. بنابراین در این پژوهش برای ارزیابی شبکه عصبی از ماتریس اغتشاش برای داده‌های آزمون و شاخص‌های آماری مانند حساسیت[۱۲]، اختصاصی بودن[۱۳]، دقت[۱۴]، صحت[۱۵] و دقت کلی[۱۶] استفاده شد. از روابط زیر برای محاسبه شاخص‌های مزبور استفاده شد (Erfanifard, 2014; Teimouri et al., 2016).

$$Sensitivity = \frac{TP}{TP+FN} \quad (۱)$$

$$Sensitivity = \frac{TP}{TP+FN} \quad (۲)$$

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} = \frac{TP+TN}{N} \quad (۳)$$

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP} \quad (۴)$$

$$Model\ accuracy = \frac{n}{N} \quad (۵)$$

N تعداد کل نمونه‌های طبقه‌بندی شده و n مجموع نمونه‌های درست طبقه‌بندی شده (قطر اصلی جدول ماتریس اغتشاش) است. برای تحلیل این ماتریس چهار حالت مثبت درست[۱۷] (TP)، منفی درست[۱۸] (TN)، مثبت نادرست[۱۹] (FP) و منفی نادرست[۲۰] (FN) وجود دارد. TP تعداد نمونه‌هایی است که به درستی به طبقه مورد نظر اختصاص یافته‌اند، TN نمونه‌هایی که به درستی به طبقه مورد نظر اختصاص نیافته‌اند، FP نمونه‌هایی که به نادرستی به طبقه مورد نظر اختصاص یافته‌اند و FN نمونه‌هایی است که به نادرستی به طبقه مورد نظر اختصاص نیافته‌اند.

## مدل‌سازی پهنه‌های دارای توان اکوتوریسم

با انتخاب بهترین مدل، کل داده‌ها به منظور پیش‌بینی مناطق مناسب توریسم به شبکه وارد شدند. در نهایت خروجی‌های برآورد شده توسط شبکه جهت تهیه نقشه مناطق دارای توان گردشگری به نرم‌افزار ArcGIS وارد شدند. تمام مراحل طراحی و اجرای شبکه عصبی در نرم‌افزار MATLAB2016b انجام شد.

www.SID.ir

Archive of SID



**ارزیابی نهایی توان تفرجی**

در ادامه فرایند ارزیابی توان محیط‌زیستی، لایه‌های اطلاعاتی اقتصادی- اجتماعی و جاذبه‌های تفرجی از قبیل منابع آبی، مناطق مسکونی و روستایی و مسیرهای دسترسی در اولویت‌بندی مناطق دارای توان اکوتوریسم به‌ویژه تفرج متمرکز به‌منظور برنامه‌ریزی توسعه فیزیکی به‌عنوان لایه‌های تاثیرگذار دخالت داده شدند و با نقشه توان اولیه حاصل از شبکه عصبی مصنوعی رویهم‌گذاری شدند. بدین‌ترتیب، مناطق مستعد تفرج متمرکز براساس در دسترس بودن و نزدیکی به راه‌های دسترسی و رودخانه و حفظ فاصله مناسب از محدوده‌های روستایی (حداکثر تا ۲ کیلومتر) اولویت‌بندی شدند. در نهایت نقشه توان اولویت‌بندی شده با نقشه کاربری فعلی جهت مشخص شدن وضعیت کاربری فعلی در مناطق دارای توان تفرج متمرکز و گسترده به‌منظور بررسی قابلیت اجرایی مناطق دارای توان گردشگری تلفیق شد.

**یافته‌ها**

**ارزیابی توان اکولوژیکی برای کاربری اکوتوریسم**

ارزیابی توان اکولوژیکی برای کاربری اکوتوریسم براساس مدل اکوتوریسم مخدوم (Makhdoum, 2010) و مدل ویژه تهیه شده نشان داد، منطقه دارای توان برای تفرج متمرکز طبقه ۲ و تفرج گسترده طبقه ۲ است که مساحت و درصد این مناطق تفرجی در جدول (۱) نشان داده شده است.

**جدول (۱): مساحت و درصد مناطق تفرجی و غیر تفرجی تعیین شده با روش سیستمی**

| کلاس | طبقه تفرجی | مساحت (هکتار) | درصد از سطح منطقه |
|---|---|---|---|
| ۱ | نامناسب برای تفرج | ۷۱۸۶۱/۴۸ | ۸۹/۶۱ |
| ۲ | تفرج گسترده طبقه ۲ | ۸۲۸۱/۹۶ | ۱۰/۳۳ |
| ۳ | تفرج متمرکز طبقه ۲ | ۴۹/۴۱ | ۰/۰۶ |
| | جمع | ۸۰۱۹۲/۸۵ | ۱۰۰ |

در این پژوهش از شبکه عصبی پرسپترون چندلایه برای تشخیص کلاس‌های مختلف اکوتوریسم استفاده شد و با روش سعی و خطا ساختارهای مختلف شبکه آموزش یافت. بعد از ارزیابی شاخص دقت کلی برای ساختارهای مختلف، شبکه با ساختار ۳-۹-۷، یعنی ۷ ورودی شامل شیب، جهت، بافت خاک، تراکم پوشش‌گیاهی، اقلیم، منابع آبی و حساسیت به فرسایش، ۹ نرون در لایه مخفی و ۳ خروجی شامل کلاس‌های تفرج متمرکز طبقه ۲، تفرج گسترده طبقه ۲ و نامناسب برای تفرج به عنوان بهترین مدل طبقه‌بندی انتخاب شد.

بر این اساس ماتریس اغتشاش بهینه‌ترین شبکه برای مجموعه داده آزمون نشان داده شده در جدول (۲) تشکیل شد. دقت کلی طبقه‌بندی با شبکه عصبی ۹۸ درصد به‌دست آمد. برای ارزیابی عملکرد ماتریس اغتشاش مقادیر مربوط به شاخص‌های آماری حساسیت، اختصاصی بودن، دقت و صحت طبق روابط (۱ تا ۴) برای تمام کلاس‌ها به‌دست آمد که در جدول (۳) آورده شده‌اند. طبق نتایج به‌دست آمده، بهترین عملکرد طبقه‌بندی شبکه عصبی متعلق به کلاس ۳ و کمترین عملکرد متعلق به کلاس ۲ است.

**جدول (۲): ماتریس اغتشاش به‌دست آمده برای سه کلاس اکوتوریسم با استفاده از شبکه عصبی**

| کلاس‌های پیش‌بینی شده | کلاس‌های واقعی | | |
|---|---|---|---|
| | ۱ | ۲ | ۳ |
| ۱ | **۸۹** | ۱ | **۰** |
| ۲ | ۱ | **۳** | ۰ |
| ۳ | ۰ | ۰ | **۲** |

**جدول (۳): مقادیر شاخص‌های آماری مربوط به ماتریس اغتشاش و مؤلفه‌های آن‌ها در طبقه‌بندی شبکه عصبی**

| مؤلفه و شاخص‌های آماری (٪) | کلاس‌ها | | |
|---|---|---|---|
| | ۱ | ۲ | ۳ |
| TP | ۸۹ | ۳ | ۲ |
| FP | ۱ | ۱ | ۰ |
| FN | ۱ | ۱ | ۰ |
| TN | ۵ | ۹۱ | ۹۴ |
| حساسیت | ۹۹ | ۷۵ | ۱۰۰ |
| اختصاصی بودن | ۸۳ | ۹۹ | ۱۰۰ |
| صحت | ۹۹ | ۷۵ | ۱۰۰ |
| دقت | ۹۸ | ۹۸ | ۱۰۰ |

دقت کلی = ۹۸ درصد

www.SID.ir

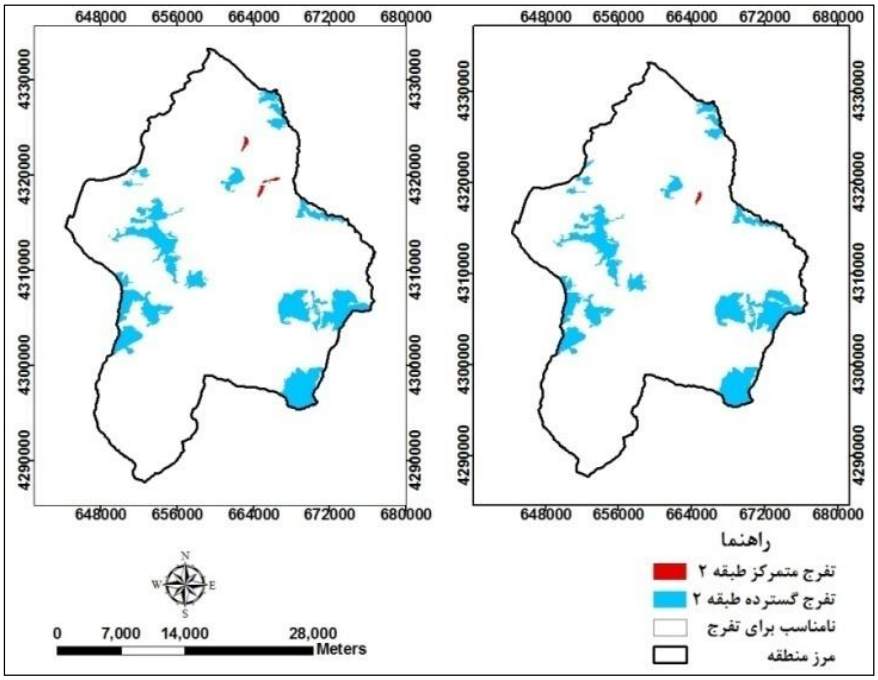
Archive of SID



سپس نقشه مناطق دارای توان اکوتوریسم با استفاده از خروجی‌های برآورد شده توسط شبکه عصبی در نرم‌افزار ArcGIS تهیه شد که مساحت و درصد مناطق تفرجی برآورد شده در جدول (۴) آورده شده است. مقایسه نقشه توان اکوتوریسم تهیه شده با روش سیستمی و شبکه عصبی نشان می‌دهد، نقشه حاصل از شبکه عصبی با یک تفاوت جزیی مشابه با نقشه تهیه شده با روش سیستمی است که در شکل (۲) قابل مشاهده است.

**جدول (۴): مساحت و درصد مناطق تفرجی و غیرتفرجی برآورد شده با شبکه عصبی**

| کلاس | طبقه تفرجی | مساحت (هکتار) | درصد از سطح منطقه |
|---|---|---|---|
| ۱ | نامناسب برای تفرج | ۷۱۹۶۳/۹۸ | ۸۹/۷۴ |
| ۲ | تفرج گسترده طبقه ۲ | ۸۰۹۱/۵۳ | ۱۰/۰۹ |
| ۳ | تفرج متمرکز طبقه ۲ | ۱۳۷/۳۴ | ۰/۱۷ |
| | جمع | ۸۰۱۹۲/۸۵ | ۱۰۰ |




**شکل (۲): نقشه توان اکوتوریسم تهیه شده با استفاده از روش سیستمی (سمت راست) و شبکه عصبی (سمت چپ)**

**ارزیابی نهایی توان تفرجی**

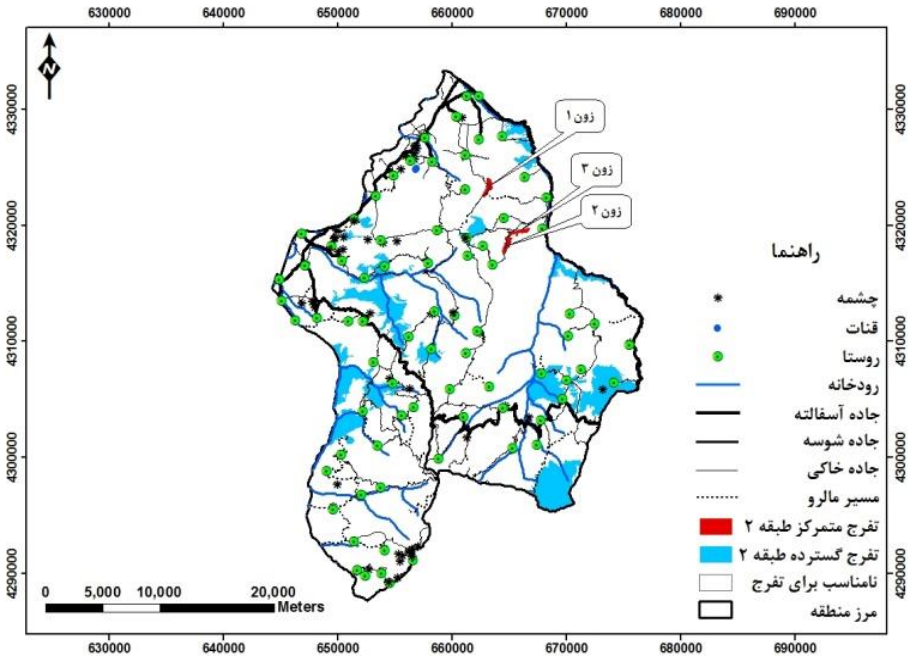
در این مرحله با دخالت دادن داده‌های اقتصادی- اجتماعی و جاذبه‌های تفرجی، مناطق مناسب تفرج متمرکز اولویت‌بندی و ارزیابی نهایی انجام گرفت. طبق نتایج، زون ۱ به لحاظ عوامل اکولوژیکی و دسترسی و حفظ فاصله از محدوده روستایی در اولویت قرار گرفت (شکل ۳).

در نهایت تلفیق نقشه توان اولویت‌بندی شده با کاربری فعلی اراضی نشان داد، اکثرا مناطق مناسب تفرج در مناطق جنگلی و مرتعی قرار گرفته‌اند که برای این مناطق برنامه‌ریزی تفرجی می‌تواند در نظر گرفته شود. مساحت واحد محیط‌زیستی تفرج گسترده به علت واقع شدن در کاربری زراعی و تناقض با کاربری فعلی از ۲۶۱/۹۴ به ۲۰۲/۶۱ هکتار کاهش پیدا کرد، بنابراین بخشی از این واحد فاقد توان برای تفرج در نظر گرفته شد. بر این اساس نقشه توان نهایی اکوتوریسم به‌دست آمد (شکل ۴).

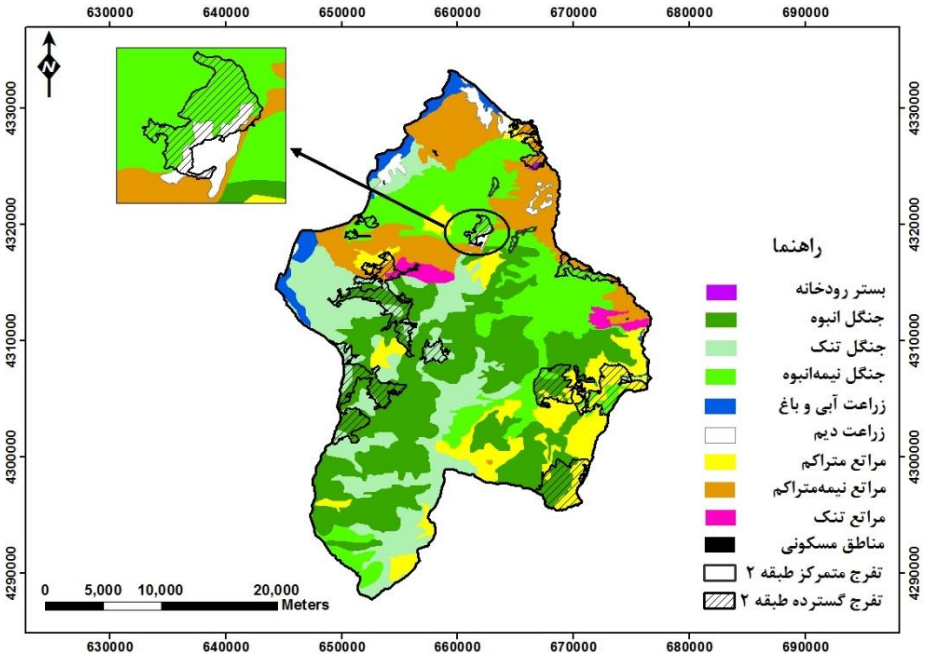
www.SID.ir

Archive of SID






**شکل (۳): نقشه اولویت‌بندی تفرجی**




**شکل (۴): تلفیق نقشه توان اولویت‌بندی شده با نقشه کاربری فعلی اراضی**

## بحث و نتیجه‌گیری

بسیاری از کشورهای در حال توسعه بر رونق اکوتوریسم در کشور خود برای توسعه اقتصادی و ایجاد فرصت‌های شغلی تاکید می‌کنند. مناطق جنگلی مکان‌های مهمی برای حفاظت سیستم‌های محیط‌زیستی و منابع‌طبیعی و همچنین ارایه فرصت‌های تفریحی و گردشگری برای مردم هستند. بنابراین تفرج جنگلی می‌تواند از تخریب و آلودگی جنگل جلوگیری کند (Bhuiyan et al., 2011). از این‌رو برنامه‌ریزی گردشگری در منطقه حفاظت‌شده ارسباران می‌تواند برای مدیریت منطقه در نظر گرفته شود. در مطالعه حاضر روند ارزیابی توان اکولوژیکی با روش

www.SID.ir

Archive of SID



مخدوم مطابق با مطالعات (Pirmohammadi et al., 2010; Scandari et al., 2011; Rashidi et al., 2011) و Khalili et al. (2015) انجام گرفت. با توجه به مطالعات آمایش سرزمین انجام گرفته در منطقه ارسباران، Dehdar Darghahi & Makhdoum (2000) ۲۷/۳۷ درصد حوزه‌های جنگلی ارسباران را به اکوتوریسم گسترده و ۰/۰۱ درصد را به اکوتوریسم متمرکز اختصاص دادند (Dehdar Darghahi & Makhdoum, 2000) و در مطالعه Sarhangzadeh & Makhdoum (2002) انجام گرفته در منطقه حفاظت‌شده ارسباران، درصد بیشتر منطقه به حفاظت (۶۵/۳۶ درصد) و تنها ۳/۳۷ درصد به توریسم گسترده اختصاص یافت (Sarhangzadeh & Makhdoum, 2002). منطقه ارسباران با توجه به این‌که یک منطقه کوهستانی و پرشیب است و غالبا شیب بالای ۲۵ درصد دارد و از طرفی به علت بافت خاک نامناسب، بیشتر سطح این منطقه فاقد توان تفرجی است و منطقه فاقد توان برای تفرج متمرکز طبقه ۱ و تفرج گسترده طبقه ۱ است. بنابراین، بر اساس نتایج تجزیه و تحلیل سیستمی، از کل سطح منطقه (۸۰۱۹۲/۸۵ هکتار)، درصد کمی برای تفرج متمرکز طبقه ۲ (۰/۰۶ درصد) و تفرج گسترده طبقه ۲ (۱۰/۳۳ درصد) و درصد بیشتری (۸۹/۶۱ درصد) به مناطق نامناسب برای تفرج تعیین شد. در مدل‌سازی پهنه‌های دارای توان گردشگری از شبکه عصبی مصنوعی به منظور پیش‌بینی و طبقه‌بندی کلاس‌های تفرج متمرکز، تفرج گسترده و نامناسب برای تفرج استفاده شد. بر این اساس توپولوژی ۷-۹-۳ به عنوان بهترین مدل انتخاب شد و شبکه عصبی توانست با دقت بالایی (۹۸ درصد) سه کلاس تفرج را طبقه‌بندی کند. ارزیابی عملکرد ماتریس اغتشاش نشان داد، بهترین عملکرد متعلق به کلاس تفرج متمرکز طبقه دو با مقادیر شاخص‌های آماری حساسیت، اختصاصی بودن، صحت و دقت برابر ۱۰۰ درصد است به‌طوری‌که شبکه این کلاس را به طور کامل و دقیق تشخیص داده است و کمترین عملکرد متعلق به کلاس تفرج گسترده طبقه دو با مقادیر به ترتیب ۷۵، ۹۹، ۷۵ و ۹۸ درصد برای شاخص‌های حساسیت، اختصاصی بودن، صحت و دقت است. کلاس نامناسب برای تفرج با اختلاف ۲۴ درصد بیشتر در شاخص آماری حساسیت و صحت و ۱۶ درصد کمتر در شاخص آماری اختصاصی بودن نسبت به تفرج گسترده به خوبی شناسایی شده است. تشخیص خوب کلاس نامناسب برای تفرج می‌تواند به دلیل تعداد نمونه آموزشی بیشتر این کلاس نسبت به کلاس تفرج گسترده باشد. به‌طوری‌که کلاس با یک مورد خطا و تعداد نمونه بیشتر وضعیت بهتری نسبت به کلاس با یک خطا و تعداد نمونه کمتر می‌تواند داشته باشد. در نهایت نقشه توان اکوتوریسم با ۰/۱۱ درصد بیشتر در سطح منطقه تفرج متمرکز طبقه دو، ۰/۲۴ درصد کمتر در سطح تفرج گسترده طبقه دو و ۰/۱۳ درصد بیشتر در سطح نامناسب برای تفرج در مقایسه با نقشه حاصل از روش سیستمی، توسط شبکه عصبی مصنوعی مدل‌سازی شد. بنابراین با توجه به نقشه توان اکوتوریسم تهیه شده با روش سیستمی و نقشه مدل‌سازی شده با شبکه عصبی مصنوعی (شکل ۲) می‌توان گفت، نقشه حاصل از شبکه عصبی مشابه با نقشه تهیه شده با روش سیستمی است و شبکه عصبی توانست با یک تفاوت جزئی مناطق تفرج را پیش‌بینی کند. در واقع در این پژوهش مدل‌سازی مطابق با مدل مخدوم و آموزش شبکه عصبی براساس نتایج کار روش سیستمی مخدوم انجام گرفت. شبکه عصبی با توجه به این‌که به داده‌هایی با توزیع پارامتریک نیاز ندارد و از مدل آماری پیش فرضی استفاده نمی‌کند و در واقع از روی مثال‌های آموزشی پیش‌بینی و طبقه‌بندی را انجام می‌دهد، بنابراین به‌عنوان یک روش جدید مبتنی بر یادگیری ماشین و قابلیت تعمیم اطلاعات با دقت کلی بالایی برای ارزیابی و پیش‌بینی مناطق دارای توان اکوتوریسم استفاده شد که این مساله می‌تواند علت مشابهت نتایج حاصل از شبکه عصبی با نتایج روش سیستمی باشد. زیرساخت‌ها به‌ویژه مسیرهای دسترسی در برنامه‌ریزی تفرجی نقش بسیار تعیین‌کننده‌ای ایفا می‌کنند و در تقاضای تفرجی یک منطقه حائز اهمیت می‌باشند. بنابراین در درجه اول قرارگیری مناطق مناسب تفرجی در مجاورت مسیرهای دسترسی موجود، بسیار مهم است. از طرف دیگر نزدیکی به رودخانه (از لحاظ تامین آب و جاذبه تفرجی) و دیگر جاذبه‌های تفرجی در اولویت‌بندی مناطق تفرجی در نظر گرفته می‌شوند. همچنین حفظ فاصله مناسب از محدوده‌های مسکونی و روستایی به منظور توسعه فیزیکی منطقه برای تفرج متمرکز از قبیل اردو زدن، کمپینگ و پیکنیک و غیره مد نظر قرار می‌گیرد تا منجر به نارضایتی مردم محلی از حضور گردشگران نشود. در همین راستا در اولویت‌بندی مناطق تفرج متمرکز، زون ۱ به دلیل دسترسی مناسب (عبور مسیر دسترسی از داخل زون) و عدم قرارگیری سطح بیشتری از منطقه در محدوده‌های روستایی (حداکثر تا ۲ کیلومتر) نسبت به دو زون دیگر مطلوبیت بیشتری دارد. زون ۲ دارای دسترسی مناسب (عبور

www.SID.ir

Archive of SID



مسیر دسترسی از داخل زون) است و از طرفی سطحی از منطقه نسبت به زون ۳ (قرارگیری کل منطقه در محدوده روستایی) در محدوده‌های روستایی قرار نگرفته است، بنابراین این زون وضعیت بهتری در مقایسه با زون ۳ دارد. عامل رودخانه به دلیل نقش تاثیرگذار مسیرهای دسترسی در تصمیم‌گیری و عدم تاثیر زیاد این معیار بر مناطق تفرجی، در اولویت‌بندی مورد توجه قرار نگرفت. زون ۱ به لحاظ عوامل اکولوژیکی و دسترسی و حفظ فاصله از مناطق روستایی برای برنامه‌ریزی توسعه فیزیکی در اولویت قرار گرفت. کاربری فعلی اراضی نیز نقش تعیین کننده‌ای در انتخاب مناطق مناسب برای کاربری‌های جدید ایفاء می‌کند. اگر مناطق مناسب کاربری مورد نظر که براساس ارزیابی توان اکولوژیکی به‌دست می‌آید با استفاده فعلی از سرزمین در تناقض باشد، در این صورت این مناطق برای آن کاربری نامناسب در نظر گرفته می‌شوند. با توجه به این مسئله مناطق دارای توان تفرج متمرکز و گسترده با توجه به کاربری فعلی آن منطقه بررسی شدند. با توجه به شکل (۴)، اکثرا مناطق مناسب تفرج در مناطق جنگلی و مرتعی قرار گرفته‌اند که برای این مناطق برنامه‌ریزی تفرجی می‌تواند در نظر گرفته شود. برای بخشی از یک واحد محیط‌زیستی تفرج گسترده به علت قرارگیری در کاربری زراعت دیم نمی‌توان برنامه‌ریزی تفرجی در نظر گرفت. بنابراین مساحت منطقه واقع در کاربری زراعت دیم از مساحت کل واحد محیط‌زیستی دارای توان تفرج گسترده حذف شد و این قسمت فاقد توان برای تفرج در نظر گرفته شد.

با توجه به نتایج حاصله می‌توان گفت برنامه‌ریزی گردشگری در جهت توسعه پایدار باید مطابق توان اکولوژیکی هر منطقه در نظر گرفته شود. از طرفی در مناطق حفاظت‌شده با توجه به شرایط خاص حاکم بر این مناطق و اهمیت فون و فلور در آن‌ها لزوم دقت در برنامه‌ریزی برای این مناطق بیشتر می‌شود. با وجود مزایای زیاد صنعت توریسم، در صورت عدم مدیریت می‌تواند باعث اثرات منفی زیادی روی محیط‌زیست شود و منجر به تخریب مناطق جنگلی شود. بنابراین، با برنامه‌ریزی اصولی تفرج منطقه جنگلی می‌تواند به عنوان یک گزینه برای مدیریت جنگل، کاهش عوامل تخریب و حفاظت پایدار جنگل‌ها در نظر گرفته شود. شبکه عصبی مصنوعی توانست با کارایی و دقت قابل قبولی سه کلاس تفرج متمرکز، تفرج گسترده و نامناسب برای تفرج را طبقه‌بندی کند. بنابراین، علاوه بر روش‌های کلاسیک مورد استفاده در کار ارزیابی توان اکولوژیکی، مدل‌سازی با شبکه عصبی مصنوعی می‌تواند در این زمینه به عنوان یک روش مبتنی بر ماشین و دارای قابلیت تعمیم اطلاعات و پیش‌بینی داده‌های آموزش ندیده و جدید استفاده شود. این روش با توجه به این‌که نمی‌تواند دقت کار روش تجزیه و تحلیل سیستمی را داشته باشد ولی می‌تواند به عنوان یک روش برای ارزیابی سریع و ارایه مدل ارزیابی توان اکولوژیکی برای هر منطقه استفاده شود.

## یادداشت‌ها

1. Artificial Neural Network (ANN)
2. Geographical Information System (GIS)
3. Analytical Hierarchy Process (AHP)
4. Analytical Network Process (ANP)
5. Fuzzy Multi-Criteria Decision Making (FMCDM)
6. Multi-Criteria Decision Making Analysis (MCDA)
7. Fuzzy Decision Making Trial and Evaluation Laboratory (FDEMATEL)
8. Weighted Linear Composition (WLC)
9. Train
10. Validation
11. Test
12. Sensitivity
13. Specificity
14. Accuracy
15. Precision
16. Model Accuracy
17. True Positive (TP)
18. True Negative (TN)
19. False Positive (FP)
20. False Negative (FN)

## فهرست منابع

Aghajani, H.; Marvie Mohajer, M.R.; Jahani, A.; Asef, M.R.; Shirvany, A. & Azaryan, M. 2014. Investigation of affective habitat factors affecting on abundance of wood macrofungi and sensitivity analysis using the artificial neural network (case study: Kheyrud forest, Noshahr). Iranian Journal of Forest and Poplar Research. 21(4): 617–628 (In Persian).

www.SID.ir

Archive of SID



Ahmadi Sani, N.; Babai Kafaki, S. & Mataji, A. 2011. Ecological possibility of ecotourism activities in the northern Zagros forests using MCDM, GIS and RS. Town and Country Planning. 3(4): 45–64 (In Persian).

Alijanpour, A.; Eshaghi Rad, J. & Banj Shafiei, A. 2009. Investigation and comparison of two protected and non-protected forest stands regeneration diversity in Arasbaran. Iranian Journal of Forest. 1(3): 209–217 (In Persian).

Anonymous, 2016. National forest plan. Forest, Range and Watershed Organization, Tehran, 47 p (In Persian).

Bhuiyan, M. A. H.; Siwar, C.; Ismail, S. M. & Islam, R. 2011. Ecotourism development in recreational forest areas. American Journal of Applied Sciences. 8(11): 1116–1121.

Das, M. & Chatterjee, B. 2015. Ecotourism: A panacea or a predicament. Tourism Management Perspectives. 14: 3–16.

Dehdar Darghahi, M. & Makhdoum, M. 2000. Land use planning for forest catchments of Arasbaran. Journal of Environmental Studies. 26(26): 25–34 (In Persian).

Dhami, I. & Deng, J. 2010. Classification of forest-based ecotourism areas in Pocahontas county of West Virginia using GIS and Pairwise Comparison. Proceedings of the 2010 Northeastern Recreation Research Symposium. USA. PP. 215–223.

Dhami, I.; Deng, J.; Burns, R. C. & Pierskalla, C. 2014. Identifying and mapping forest-based ecotourism areas in West Virginia – Incorporating visitors' preferences. Tourism Management. 42: 165–176.

Erfanifard, S.Y. 2014. Application of ROC curve to assess pixel-based classification methods on UltraCam-D aerial imagery to discriminate tree crowns in pure stands of Brant`s oak in Zagros forests. Iranian Journal of Forest and Poplar Research. 22(4): 649–663 (In Persian).

Gigovic, L.; Pamucar, D.; Lukic, D. & Markovic, S. 2016. GIS-Fuzzy DEMATEL MCDA model for the evaluation of the sites for ecotourism development: A case study of "Dunavski kljuˇc" region, Serbia. Land Use Policy. 58: 348–365.

Khalili, Z.; Oladi, J.; Hoseini nasr, S.M. & Tekeykhah, J. 2015. Assessment of ecotourism capability of traditional ghoori ghale basin with emphasis on water resources factor. Journal Management System. 5(4):42–62 (In Persian).

Klobucar, D.; Pernar, R.; Loncaric, S. & Subasic, M. 2008. Artificial neural networks in the assessment of stand parameter from an IKONOS satellite image. Croatian Journal of forest Engineering. 29(2): 201–211.

Mahdavi, A.; Niknejad, M. & Karami, O. 2015. A fuzzy multi-criteria decision method for locating ecotourism development. Caspian Journal of Environmental Science. 13(3): 221–236.

Makhdoum, M. 2010. Fundamental of land use planning. Tehran University press, 289 p (In Persian).

Nahuelhual, L.; Carmona, A.; Lozada, P.; Jaramillo, A. & Aguayo, M. 2013. Mapping recreation & ecotourism as a cultural ecosystem service: an application at the local level in Southern Chile. Applied Geography. 40: 71–82.

Peng, C. & Wen, X. 1999. Recent applications of artificial neural networks in forest resource management: an overview. American Association for Artificial Intelligence (AAAI) Technical Report: WS-99-07, Available at: [https://www.aaai.org/Papers/Workshops/1999/WS-99-07/WS99-07-003.pdf ].

Pirmohammadi, Z.; Feghhi, J.; Zahedi, Amiri, Gh. & Sharifi, M. 2010. Environmental capability evaluation appropriate to ecotourism in Zagros forests (Case study: Saman-e-orfie Cham-Haji of Kakareza forest in Lorestan Province). Iranian Journal of Forest and Poplar Research. 18(2): 230–241 (In Persian).

www.SID.ir

Archive of SID



Rashidi, A.; Makhdoum, M.; Feghhi, J. & Sharifi, M. 2011. Evaluation of ecotourism in the forests surrounding Zaribar wetland using Geographic Information System (GIS). Environmental Researches. 1(2):19–30 (In Persian)

Salman Mahini, A.; Reeazi, B.; Naeemi, B.; Babai Kafaki, S. & Javadi Larijani, A. 2009. Ecotourism capability assessment of the Behshahr area by using GIS. Journal of Environmental Science and Technology. 11(1): 187–198 (In Persian).

Sarhangzadeh, J. & Makhdoum, M. 2002. Land use planning of Arasbaran protected region. Journal of Environmental Studies. 28(30): 31–42 (In Persian).

Scandari, S.; Oladi, J. & Yakhkeshi, A. 2011. Investigation of the effect of non-ecologic factors in evaluation of outdoor recreation potential of Sorkhe Hesar forest park using GIS. Town and Country panning. 1(2): 37–58 (In Persian).

Sun, Y.; Wendi, D.; Kim, D. E. & Liong, S. Y. 2016. Technical note: application of artificial neural networks in groundwater table forecasting – a case study in Singapore swamp forest. Hydrology and Earth System Sciences Discussion. 20(4): 1405–1412.

Teimouri, N.; Omid, M.; Mollazade, K. & Rajabipour, A. 2016. An artificial neural network-based method to identify five classes of almond according to visual features. Journal of Food Process Engineering. 39: 625–635.

Vafakhah, M. & Saidian, H. 2015. Forecasting of runoff and sediment using neural network and multi regression in Aghajari Marls. Journal of Range and Watershed Management. 67(3): 487–499 (In Persian).

Wickramasinghe, K. 2012. Ecotourism as a tool for sustainable forest management in Sri Lanka. Journal of Environmental Professionals Sri Lanka. 1(2): 16–29.

Yu, y. & Wang, W. 2014. Application of GIS and artificial neural network model ecotourism relevancy evaluation. Applied Mechanics and Materials. 556-562: 5776–5779.

Zabardast, L.; Jafari, H.R.; Badehyan, Z. & Asheghmoala, M. 2011. Assessment of the trend of changes in land cover of Arasbaran protected area using satellite images of 2002, 2006 and 2008. Environmental Researches. 1(1): 23–33 (In Persian).

Zhang, A.; Zhong, L.; Xu, Y.; Dang, L. & Zhou, B. 2015. Identifying and mapping wetland-based ecotourism areas in the first meander of the Yellow river: incorporating tourist preferences. Journal of Resources and Ecology. 6(1): 21–29.

Zhao, Z.; Chow, T. L.; Rees, H. W.; Yang, Q.; Xing, Z. & Meng, F. R. 2009. Predict soil texture distributions using an artificial neural network model. Computers and Electronics in Agriculture. 65: 36–48.

Zheng, X.; Sun, M.; Chen, Y. & Wang, X. 2006. Evaluation of regional ecotourism suitability based on GIS and artificial neural network model: A case study of Zhejiang Province, China. Chinese Journal of Ecology. 25(11): 1435–1441.

www.SID.ir