

تهیه نقشه کاربری اراضی شهر سبزوار با استفاده از روش‌های حداکثر احتمال و شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه

تاریخ دریافت مقاله: ۹۱/۱۱/۳۰ تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۹۲/۶/۲۷

الهه اکبری* (مربی دانشگاه حکیم سبزواری، کارشناسی ارشد سنجش از دور و GIS)
مجید ابراهیمی^۱ (دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه حکیم سبزواری)
ابوالقاسم امیر احمدی (دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه حکیم سبزواری)

چکیده

از جمله عوامل مهم در برنامه‌ریزی و مدیریت شهری، به ویژه در راستای نیل به توسعه‌ی پایدار در نواحی شهری و استفاده بهینه از سرزمین، اطلاع بهنگام از وضعیت پوشش اراضی برای این مناطق است. داده‌های سنجش از دور به جهت ارائه‌ی اطلاعات به هنگام و رقومی، تنوع اشکال و امکان پردازش پتانسیل بالایی برای تهیه‌ی نقشه‌های به روز کاربری اراضی شهری دارند. در این تحقیق با استفاده از تصویر ماهواره‌ای Landsat/ETM⁺ و دو الگوریتم طبقه‌بندی نظارت شده شامل حداکثر احتمال و شبکه عصبی مصنوعی، نقشه کاربری اراضی تهیه و با یکدیگر مقایسه گردید. در طبقه‌بندی با استفاده از الگوریتم شبکه عصبی از یک شبکه پرسپترون با یک لایه پنهان و ۷ نرون ورودی، ۹ نرون میانی و ۴ نرون خروجی استفاده شده است که تعداد نرون‌های ورودی همان تعداد باندهای تصویر ماهواره‌ای لندست و تعداد نرون‌های خروجی همان تعداد کلاس‌های نقشه کاربری اراضی می‌باشد. در نهایت نقشه پوشش اراضی منطقه به چهار طبقه‌ی مناطق مسکونی، اراضی بایر، پوشش گیاهی و جاده طبقه‌بندی شد. برای ارزیابی صحت نتایج طبقه‌بندی، برداشت‌های زمینی با استفاده از GPS انجام گرفت. نتایج حاصل از ارزیابی دقت این دو روش با استفاده از صحت کلی و ضریب کاپا نشان داده است که الگوریتم شبکه عصبی پرسپترون با دقت کلی ۹۸/۲۴ و ضریب کاپای ۰/۹۷۰۳ نسبت به الگوریتم حداکثر احتمال با دقت کلی ۹۴/۲۳ و ضریب کاپای ۰/۹۰۳۴ از دقت بیش تری برخوردار است. همچنین در این تحقیق ارزیابی شد که روش طبقه‌بندی شبکه‌ی عصبی

* نویسنده رابط: e.akbari@hsu.ac.ir

^۱ majid_brahim2@yahoo.com

پرسپترون چند لایه، نسبت به روش حداکثر احتمال، از توان تفکیک و قابلیت بیش تری برای تهیه نقشه پوشش اراضی در مناطق شهری برخوردار می‌باشد.

واژه‌های کلیدی:

کاربری اراضی شهری، تصویر ماهواره‌ای، سبزوار، شبکه عصبی پرسپترون چند لایه، ارزیابی دقت

Archive of SID

مقدمه

توسعه‌ی فیزیکی شهرها فرآیندی پویا و گریز ناپذیر است که طی آن محدوده‌های فیزیکی شهر در جهات مختلف گسترش یافته و سبب تغییر در وضعیت پوشش اراضی منطقه می‌شود (امیرانی و همکاران، ۱۳۹۱: ۱۲۸) می‌توان با برنامه‌ریزی کاربری اراضی^۱ شهری و آمایش سرزمین، رشد شهری را در مناسب‌ترین جهت هدایت کرد تا ضمن برآورده شدن نیازهای ساکنان شهرها، منابع طبیعی، اراضی اطراف شهر و زمین کشاورزی نیز حفظ شوند. نقشه‌های کاربری و پوشش اراضی شهری، افزون بر طبقه‌های مختلف کاربری، الگوی مکانی، نوع و شدت استفاده از سرزمین را مشخص می‌کند و می‌توان از آن برای برنامه‌ریزی‌های کنونی و آتی اراضی شهری استفاده کرد (فیضی زاده و همکاران، ۱۳۸۶: ۷۵). آگاهی از انواع پوشش سطح زمین و فعالیت‌های انسانی در قسمت‌های مختلف آن و به بیان دیگر نحوه‌ی استفاده از زمین، به عنوان اطلاعات پایه برای برنامه‌ریزی‌های مختلف از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. نقشه‌های پوشش اراضی حاصل از تصاویر ماهواره‌ای نقش مهمی در ارزیابی‌های منطقه‌ای و ملی ایفا می‌کنند (Knorn, 2009: 858). پوشش اراضی، پویایی و تغییرات آن، متغیرهای مهمی هستند که تأثیراتی جدی بر روی محیط و فرآیندهای محیطی می‌گذارند (Foody, 2000: 433). استفاده از فناوری‌های سنجش از دور و به کارگیری داده‌های ماهواره‌ای در تهیه‌ی نقشه‌ی پوشش اراضی، موجب کاهش هزینه‌ها، صرفه‌جویی در وقت، افزایش دقت و سرعت می‌شود. پردازش رقومی تصاویر ماهواره‌ای و طبقه‌بندی آنها، یعنی نمونه برداری از سطح محدودی از تصویر و تعمیم آن به کل تصویر در مدت کوتاه، کمک شایانی به صرفه‌جویی در زمان و هزینه‌های پروژه‌ها خواهد کرد (زاهدی فرد، ۱۳۸۱: ۵۳). از آنجا که هدف اصلی فناوری سنجش از دور، شناسایی و تفکیک پدیده‌های زمینی و قرار دادن آن‌ها در گروه‌ها یا طبقه‌بندی‌های مشخص است، طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای را می‌توان به عنوان مهم‌ترین بخش تغییر اطلاعات ماهواره‌ای به شمار آورد (زبیری، ۱۳۷۵: ۸۴). امروزه، از متداول‌ترین و دقیق‌ترین روش‌های طبقه‌بندی مورد استفاده برای این منظور، می‌توان به روش‌های آماری نظیر طبقه‌بندی حداکثر احتمال اشاره کرد. اما مشکلاتی از قبیل فرضیات مورد نیاز این روش‌ها، منجر به ایجاد روش‌های جدیدتر و استفاده بیش‌تر از آن‌ها شده است (Chen, 2009: 432). روش‌های جدید طبقه‌بندی، از جمله شبکه‌های عصبی، توجه زیادی را به خود جلب کرده‌اند. به دلیل ماهیت غیر پارامتریک شبکه‌های عصبی و قابلیت‌شان برای بهره‌گیری از مثال‌ها و توانایی تعمیم آن‌ها، برای

¹ - Land Use

طبقه‌بندی نظارت شده مناسب قلمداد می‌شود. علاوه بر این، در بسیاری از مطالعات مقایسه‌ای، شبکه‌های عصبی پوشش اراضی را صحیح‌تر از روش‌های متداول موجود طبقه‌بندی کرده‌اند (Foody, 2000: 434). انواعی از روش‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی برای طبقه‌بندی کاربری و پوشش اراضی وجود دارد که از میان آن‌ها، شبکه‌های عصبی پرسپترون چند لایه از معمول‌ترین مدل مورد استفاده، برای طبقه‌بندی تصویر در سنجش از دور برای پوشش و کاربری اراضی منطقه، بر اساس روابط آموزش طی فاز آموزشی، تهیه می‌شود (Wijaya, 2005: 102). هدف از این پژوهش بررسی قابلیت طبقه‌بندی پوشش اراضی شهری با استفاده از دو روش حداکثر احتمال و شبکه عصبی پرسپترون چند لایه و مقایسه آن‌ها با یکدیگر است.

پیشینه تحقیق

تا کنون مطالعات و کوشش‌های زیادی در زمینه طبقه‌بندی تصاویر چند طیفی برای تهیه نقشه پوشش و کاربری اراضی در ایران و خارج ایران صورت پذیرفته که می‌توان به مواردی چند اشاره نمود؛ علوی پناه و همکاران (۱۳۸۰) برای تهیه نقشه کاربری اراضی از منطقه کوهستانی موک استان فارس، از داده‌های رقومی ماهواره لندست (TM) و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) استفاده کردند. آن‌ها از باندهای ۳، ۴، ۵، ۷ سنجنده (TM) و روش طبقه‌بندی نظارت شده حداکثر احتمال در تولید نقشه استفاده کردند و نقشه‌ای شامل ۹ طبقه به دست آوردند. میزان دقت کلی نقشه تولید شده، ۹۴/۱۷ درصد برآورد گردید. احمدی و همکاران (۱۳۸۸) به منظور تهیه نقشه پوشش اراضی شهر اراک از داده‌های رقومی سنجنده LISS-III استفاده کردند. در نهایت صحت کلی طبقه‌بندی برای روش حداکثر مشابهت و روش شبکه عصبی به ترتیب ۹۲/۶ و ۹۲/۷ درصد برآورد گردید. امیری و همکاران (۱۳۸۵) از سه روش فازی، شبکه عصبی و کم‌ترین فاصله برای طبقه‌بندی تصویر ماهواره‌ای (Quickbird) به سه طبقه پوشش گیاهی، منطقه شهری و آب استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که دقت طبقه‌بندی با روش شبکه عصبی در مقایسه با دو روش دیگر در منطقه مورد مطالعه بیش‌تر است. هوانق^۱ و همکاران (۲۰۰۸) در تحقیق خودشان تحت عنوان طبقه‌بندی شیء‌گرای تصاویر ماهواره‌ای با تفکیک بالا برای دست‌یابی به دقت بهتر از تصاویر ماهواره‌ای (Quickbird) استفاده نمودند. نتایج حاصله نشان می‌دهد که نقشه کاربری اراضی حاصل شده از روش طبقه‌بندی شیء‌گرا از

^۱ - Huang

دقت بیش تری برخوردار بوده و دارای وضوح بیش تری می باشد. سوگوماران^۱ (۲۰۰۱)، روش های طبقه بندی شبکه عصبی مصنوعی و حداکثر احتمال را برای طبقه بندی پوشش اراضی منطقه ی جنگلی با استفاده از سنجنده LISS-III ماهواره IRS-1C را با هم مقایسه کرد. مس^۲ (۲۰۰۳) برای طبقه بندی پوشش و کاربری اراضی منطقه ی تالابی ترمینوس در جنوب شرقی مکزیک، شبکه عصبی پرسپترون چند لایه ی (MLP^۳) و الگوریتم پس انتشار را مورد استفاده قرار داد. ورودی های شبکه عصبی باندهای طیفی ۲، ۳، ۴، ۵، ۷ سنجنده (ETM⁺) ماهواره لندست بود و ۶ طبقه پوشش اراضی به عنوان خروجی تهیه شد. صحت طبقه بندی ۸۲ درصد گزارش گردید. جیانجون^۴ و همکاران (۲۰۰۵)، برای طبقه بندی پوشش و کاربری اراضی شهر ژیان الگوریتم پس انتشار و روش شبکه ی عصبی استفاده کردند. آن ها ۶ باند طیفی تصاویر (TM/ETM⁺) را به عنوان ورودی به شبکه عصبی معرفی کردند و منطقه را به ۶ نوع پوشش و کاربری اراضی طبقه بندی نمودند. لیزارازو^۵ (۲۰۰۶)، برای طبقه بندی کاربری اراضی منطقه شهری بوگوتا در کلمبیا از سه روش طبقه بندی درخت تصمیم گیری^۶، شبکه عصبی و حداکثر احتمال استفاده کرد. برای انجام طبقه بندی، تصویر (Quickbird) به کار برده شد و نقشه کاربری اراضی با ۹ طبقه ایجاد گردید. صحت طبقه بندی کاربری اراضی برای روش های درخت تصمیم گیری، شبکه عصبی و حداکثر احتمال به ترتیب ۷۴، ۶۵ و ۴۰ درصد برآورد گردید. چن^۷ و همکاران (۲۰۱۰)، با استفاده از تصاویر ماهواره ای (Spot) نسبت به مقایسه روش های طبقه بندی پیکسل پایه و شیء گرا در استخراج اطلاعات از تصاویر ماهواره ای اقدام نمودند و پس از انجام طبقه بندی نتیجه می گیرند که الگوریتم طبقه بندی فازی در روش طبقه بندی شیء گرا با دقت کلی ۹۶/۴۲ درصد در مقایسه با الگوریتم طبقه بندی حداکثر احتمال در روش طبقه بندی پیکسل پایه با دقت کلی ۷۷/۷۹ درصد، در طبقه بندی تصاویر ماهواره ای، از دقت بالاتری برخوردار است.

1 - Sugumaran

2 - Mas

3 - Multi-Layer Perceptron

4 - Jianjan

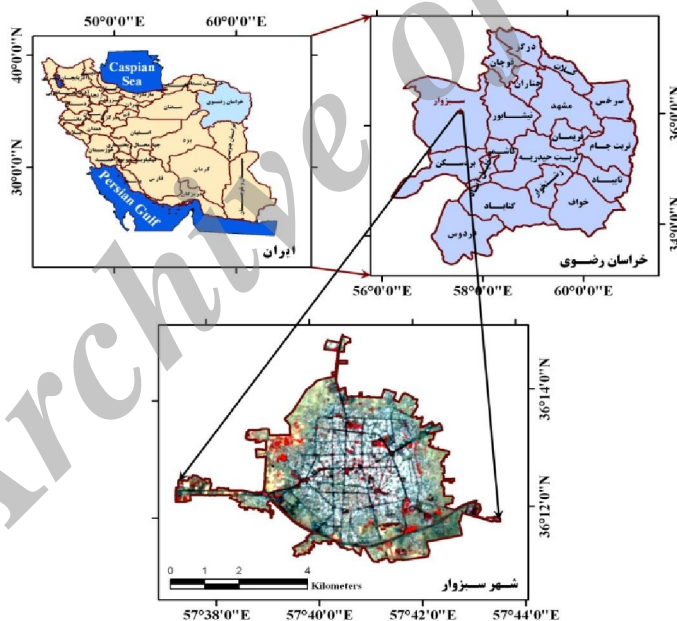
5 - Lizarazo

6 - Decision Tree

7 - Chen

منطقه مورد مطالعه

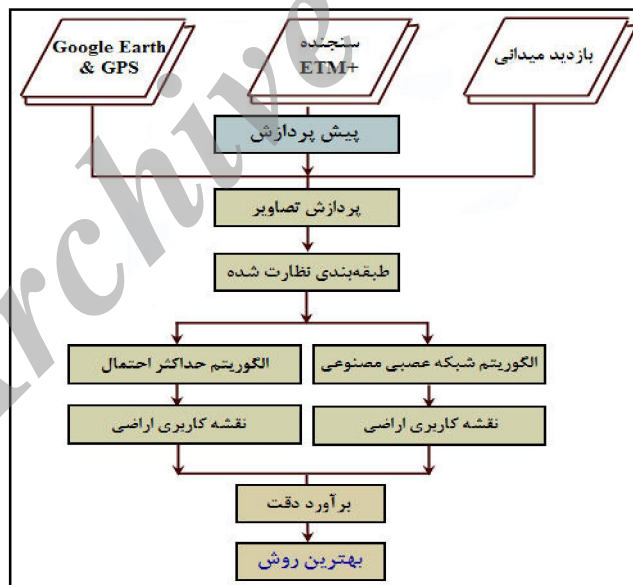
شهر سبزوار یکی از قدیمی‌ترین مناطق سکونتی ایران و غربی‌ترین شهرستان استان خراسان رضوی است که بین $36^{\circ} 9' 7''$ تا $36^{\circ} 22' 30''$ عرض شمالی و $37^{\circ} 30'$ تا $57^{\circ} 46' 10''$ طول شرقی با مساحت $31/7$ کیلومترمربع در ارتفاع 970 متری از سطح دریا واقع شده است (شکل ۱). این شهر در دهه‌های گذشته به دلیل فرآیند صنعتی شدن و تنگناهای محیطی همچون بروز خشکسالی‌ها و به تبع آن مهاجرت جمعیت، رشد بسیار سریعی داشته و بر محیط پیرامون خود تأثیرات شدیدی بر جای گذاشته است. به عنوان نمونه، جمعیت این شهر از 30545 نفر در سال 1335 به 214582 نفر در سال 1385 افزایش یافته است. رشد افزایش جمعیت و در پی آن، رشد و توسعه فیزیکی شهر، و تغییر در پوشش و کاربری اراضی را به همراه داشته است که نیاز به بررسی پوشش اراضی منطقه و برنامه‌ریزی صحیح برای حفظ منابع موجود، بیش از پیش لازم و ضروری است.



شکل ۱: نقشه موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه (مأخذ: نگارندگان)

مواد و روش‌ها

روش تحقیق در این پژوهش پیمایشی و توصیفی-تحلیلی است. بدین منظور اقدام به مطالعه و جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز و پردازش اولیه‌ی آن به منظور ایجاد پایگاه داده در محیط نرم افزاری شده است، سپس این داده‌ها با هدف استخراج اطلاعات مورد تحلیل قرار گرفته، و یافته‌ها از طریق بررسی‌های میدانی کنترل شده است. برای تجزیه و تحلیل اطلاعات دو الگوریتم طبقه‌بندی نظارت شده شامل حداکثر احتمال و شبکه عصبی مصنوعی جهت تهیه نقشه کاربری اراضی استفاده گردید. یافته‌های این مرحله جهت اعتبار سنجی از طریق عملیات میدانی کنترل شده، سپس نقشه پوشش اراضی شهری در ۴ طبقه تهیه و به عنوان خروجی تحقیق معرفی گردید. در این پژوهش از تصویر ماهواره‌ای سنجنده ETM^+ ، ماهواره لندست ۷ در تاریخ ۱۳۸۷/۰۳/۰۶ مربوط به گذر ۱۶۰ و ردیف ۳۵ و از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰ و نقاط کنترل زمینی برداشت شده با (GPS)، برای شناسایی بهتر منطقه و زمین مرجع کردن تصاویر ماهواره‌ای و اجرای مدل‌ها با استفاده از نرم افزار ArcGIS و ENVI استفاده شده است. شکل (۲) فلوجارت مراحل انجام تحقیق را نشان می‌دهد.



شکل ۲: فلوجارت مراحل انجام تحقیق (مأخذ: نگارندگان)

الف) پیش‌پردازش و آماده‌سازی تصویر ماهواره‌ای

عمل تطابق هندسی تصویر با استفاده از نقشه‌ی توپوگرافی ۵۰۰۰۰:۱ و به‌کارگیری ۲۵ نقطه‌ی کنترل زمینی به دست آمده در عملیات میدانی، در سطحی وسیع‌تر از محدوده‌ی مطالعه انجام گرفت. برای این کار با استفاده از معادله‌ی درجه اول (برای تصاویری که در سطح سیستمی به خوبی تصحیح شده‌اند) (فاطمی و رضایی، ۱۳۸۵: ۱۲۹) و عمل نمونه‌گیری مجدد و روش نزدیک‌ترین همسایه (تعیین ارزش روشنایی یک پیکسل در تصویر، از راه ارزش پیکسلی که در نزدیک‌ترین موقعیت همان پیکسل قرار دارد) تصحیح هندسی اجرا شد. در گام بعد، محدوده‌ی شهر سبزوار به وسعت حدود ۳۱/۷ کیلومترمربع از تصویر زمین مرجع شده، جدا شد. برای افزایش وضوح تصویر و نمایان‌تر شدن پدیده‌ها و عوارض موجود و کمک به انتخاب نمونه‌های تعلیمی، تصویر رنگی کاذب تولید گردید. برای ساختن تصویر رنگی کاذب در فضای RGB (فضایی که از ترکیب سه رنگ قرمز، سبز و آبی ایجاد می‌شود)، از شاخص مطلوبیت^۱ استفاده شد. با محاسبه‌ی شاخص مطلوبیت (OIF)^۲، باندهای انتخاب شد که ضریب همبستگی کم‌تر و واریانس بالاتری داشتند. بر اساس رابطه‌ی شماره‌ی (۱) می‌توان تعداد ترکیبات سه‌تایی به دست آمده از باندهای مورد استفاده را محاسبه کرد.

رابطه‌ی (۱)

$$\left[\begin{matrix} N \\ 3 \end{matrix} \right] = \frac{N!}{3!(N-3)!}$$

$\left[\begin{matrix} N \\ 3 \end{matrix} \right]$: تعداد ترکیب سه‌تایی باندها؛

N : تعداد باندهای طیفی.

سپس همبستگی بین باندها و واریانس باندهای مختلف محاسبه شده و با استفاده از آن‌ها، شاخص (OIF) برای ترکیبات مختلف باندی به دست می‌آید. مقدار (OIF) بر اساس واریانس و همبستگی بین باندهای مختلف بر مبنای رابطه‌ی شماره‌ی (۲) محاسبه می‌شود:

رابطه‌ی (۲)

$$OIF = \frac{\sum_{j=1}^r SD_i}{\sum_{j=1}^r CC_j}$$

^۱. شاخصی است برای انتخاب بهترین ترکیب سه‌تایی باندها برای ایجاد تصویر کاذب و استخراج بیشترین اطلاعات از آن.

^۲ - Optimal Index Factor

$\sum_{j=1}^3 SD_i$: مجموع انحراف معیارهای ۳ باند؛

$\sum_{j=1}^3 CC_j$: مجموع قدر مطلق ضرایب همبستگی بین ۲ باند از ۳ باند.

از ترکیب ۳ باندهی که بالاترین (OIF) را داشته باشند، می‌توان برای ایجاد تصویر رنگی کاذب استفاده کرد؛ زیرا بیشترین اطلاعات را در خود جای داده است (Bodily, 2004:56).

ب) طبقه‌بندی تصویر

برای انجام طبقه‌بندی نظارت شده^۱ با توجه به نمونه‌های تعلیمی انتخاب شده از تصاویر رنگی کاذب و انجام بازدیدهای میدانی، تعدادی نمونه‌ی تعلیمی از انواع کاربری‌های مختلف منطقه به شرح جدول (۱) شناسایی شدند. میزان نمونه‌های تعلیمی بیش از ۳٪ مساحت مطالعه تعیین شدند (علوی‌پناه، ۱۳۹۰ : ۸۰). برای ارزیابی کمی تفکیک‌پذیری طبقه‌ها در نمونه‌های آموزشی، از شاخص واگرایی تبدیل شده^۲ استفاده و در نهایت طبقه‌بندی تصویر با استفاده از روش حداکثر احتمال و شبکه‌ی عصبی پرسپترون چند لایه، انجام گرفت.

جدول ۱: طبقه‌های پوشش اراضی و توصیف آن‌ها

نام طبقه	توصیف
منطقه‌ی مسکونی	مناطق مسکونی، صنعتی و تجاری
اراضی بایر	مناطق بایر و مناطقی با پوشش گیاهی بسیار اندک که به شکل خاک یا زمین برهنه هستند
پوشش گیاهی	انواع پوشش گیاهی شامل کشاورزی، باغ و فضای سبز شهری
جاده	شامل کوچه، خیابان و جاده‌ها

مأخذ: نگارندگان

۱) طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای با روش حداکثر احتمال^۳

از میان روش‌های طبقه‌بندی نظارت‌شده، روش حداکثر احتمال تاکنون به عنوان دقیق‌ترین و پر استفاده‌ترین روش‌ها شناخته شده است (Liu et al., 2002, 258). در این روش، طبقه‌بندی بر اساس واریانس و کوواریانس انجام می‌شود. در روش مذکور فرض بر این است که همه‌ی مناطق آموزشی دارای پراکنش نرمال هستند. در حقیقت نمونه‌های کلاس‌های آموزشی

¹ - Supervised Classification

² - Transformed Divergence

³ - Maximum Likelihood (ML)

باید معرف آن کلاس باشند، بنابراین تا حد امکان باید از تعداد نمونه‌های بیش تری استفاده شود تا تغییرات بسیاری از ویژگی‌های طیفی در این گستره ی پیوسته قرار گیرد. در طبقه‌بندی حداکثر احتمال، پیکسل مورد نظر به کلاسی نسبت داده می‌شود که بیش ترین احتمال تعلق پیکسل به آن کلاس وجود دارد.

۲) طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای با روش شبکه‌ی عصبی پرسپترون چند لایه^۱

انواع مختلفی از روش‌های شبکه‌ی عصبی مصنوعی برای طبقه‌بندی کاربری و پوشش اراضی وجود دارد. یک شبکه‌ی عصبی از نوع پرسپترون چند لایه (mlp)، به طور معمول از یک لایه‌ی ورودی، یک یا چند لایه‌ی پنهان و یک لایه‌ی خروجی تشکیل شده است که به ترتیب اطلاعات را دریافت، پردازش کرده و نمایش می‌دهند (Wijaya, 2005:24). به طور کلی ۳ مرحله در طبقه‌بندی شبکه‌ی عصبی وجود دارد. مرحله اول یک فرایند آموزشی با استفاده از داده‌های ورودی و نمونه‌های تعلیمی است. مرحله دوم، مرحله‌ی اعتبارسنجی است که موفقیت مرحله‌ی آموزشی و صحت شبکه را تعیین می‌کند (Yuan, 2005:320). اعتبارسنجی و آزمون شبکه، به وسیله‌ی بخشی از نمونه‌های غیرتعلیمی انجام می‌گیرد. مرحله‌ی آخر، مرحله‌ی طبقه‌بندی است که در آن نقشه‌ی پوشش و کاربری اراضی منطقه، بر اساس روابط آموزشی، طی فاز آموزشی تهیه می‌شود (Omo-Irabor, 2007:91). شبکه‌های پرسپترون چند لایه‌ای معمولاً با روش پس‌انتشار^۲ (Bp) آموزش داده می‌شوند. در قانون یادگیری پس انتشار (Bp) هیچ ارتباطی بین نرون‌های یک لایه وجود ندارد ولی خروجی هر نرون به ورودی نرون‌های لایه بعد متصل می‌شود (شکل ۳). فرایند آموزش و یادگیری نیاز به مجموعه‌ای از الگوهای آموزشی با ورودی‌ها و خروجی‌های مطلوب دارد (Wijaya, 2005:24). طرح و ساختار شبکه روی طبقه‌بندی به روش شبکه‌ی عصبی موثر است. در یک شبکه‌ی پرسپترون چندلایه، تعداد نرون‌های ورودی برابر با تعداد متغیرهای ورودی، یعنی باندهای طیفی است و تعداد نرون‌های خروجی برابر با تعداد طبقه‌های مورد نظر در طبقه‌بندی است. قانون و راهنمای کلی برای تعیین تعداد لایه‌ها و گره‌های پنهان وجود ندارد (Wijaya, 2005:24). و به طور معمول بر اساس آزمایش‌ها و تجربه‌های پیشین تعیین می‌شود (حسینی، ۱۳۸۲: ۱۱). به طور کلی ساختار شبکه‌ی عصبی مصنوعی با رابطه‌ی شماره‌ی (۴) معرفی می‌شود:

^۱ - Multi-layer Perceptron

^۲ - Back propagation learning

رابطه‌ی (۴)

$$net_j = \sum_{i=1}^m w_{ij} o_i$$

W_{ij} : وزن بین گروه I و j؛

O_i : خروجی حاصل از گره i (براساس رابطه‌ی شماره ی ۵)

رابطه‌ی (۵)

$$O_j = f(net_j)$$

در این مطالعه در طبقه‌بندی داده‌ها به کمک شبکه عصبی، از یک شبکه پرسپترون با یک لایه‌ی پنهان و ۷ نرون ورودی، ۹ نرون میانی و ۴ نرون خروجی استفاده شده است که تعداد نرون‌های ورودی همان تعداد باندهای تصویر ماهواره‌ای لندست و تعداد نرون‌های خروجی همان تعداد کلاس‌های نقشه کاربری اراضی می‌باشد. نرخ خطا مربوط به خطای آموزش شبکه بوده و بر اساس مربع ریشه‌ی میانگین محاسبه می‌شود:

رابطه‌ی (۶)

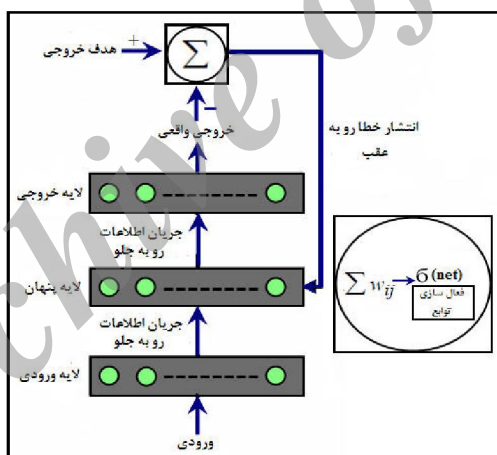
$$RMS = \frac{\sqrt{\sum_p \sum_k (t_{pk} - o_{pk})^2}}{P \times N}$$

به طور کلی، برای رسیدن به یک مدل مطلوب شبکه عصبی، انجام مراحل شامل پیش‌پردازش داده‌ها، انتخاب ساختار و معماری شبکه و آموزش شبکه ضرورت دارد (رضایی و همکاران، ۱۳۸۶، ۳۰). ساختار شبکه و پارامترهای آن و تعداد تکرارها غالباً بر اساس آزمون‌های متعدد و تجربیات قبلی انتخاب می‌شود (Foody, 2000: 440). پژوهشگران بسیاری اهمیت انتخاب داده‌های آموزشی در شبکه‌ی عصبی را مورد تأکید قرار داده‌اند. کیفیت و اندازه‌ی مجموعه داده‌های آموزشی، بیش‌ترین تأثیر را روی قابلیت تعمیم نتیجه‌ی طبقه‌بندی شبکه‌ی عصبی و صحت کلّ طبقه‌بندی دارد. بندیکسون^۱ و همکاران (۱۹۹۰) بیان کرده‌اند که باید مجموعه داده‌های آموزشی، توانایی ارائه‌ی اطلاعات مناسب از طبقه‌های مورد نظر برای طبقه‌بندی شبکه‌ی عصبی را داشته باشد. اندازه‌ی مجموعه‌ی آموزشی باید متناسب با افزایش تعداد نرون‌های ورودی یا باندهای طیفی، تغییرپذیری طیفی طبقه‌های مورد نظر و صحت طبقه‌بندی مورد نظر، افزایش یابد (Omo-Irabor, 2007: 15). عامل مهم دیگر که باید در

¹ - Root Mean Square Error

² - Bandekson

شبکه‌ی عصبی به دقت تعیین شود، گشتاور^۱ است که عملی شبیه فلیتر کم‌گذر دارد و به شبکه اجازه می‌دهد تا عوارض کوچک در سطح خطا را نادیده بگیرد (Yuan, 2005: 323). گشتاور باید با تجربه و آزمایش انتخاب شود. تعداد تکرار در طبقه‌بندی شبکه‌ی عصبی نیز اهمیت دارد و باید به اندازه‌ی کافی بزرگ باشد تا شبکه آموزش داده شود، ولی نه آنقدر زیاد که شبکه بسیار زیاد آموزش داده شود (Sugumaran, 2001: 43). در این مطالعه برای اجرای شبکه‌ی عصبی، یک لایه‌ی پنهان و تعداد متفاوتی از متوسط پیکسل‌های آموزشی و آزمایشی در هر طبقه و نرخ آموزش، مورد آزمون قرار گرفت تا تعداد بهینه‌ی آن‌ها برای بالا بردن صحت طبقه‌بندی انتخاب شود. همچنین تعداد گره‌ی پنهان با کمک نرم‌افزار و براساس تعداد باند معرفی شده در لایه‌ی ورودی، خود به خود تعیین شد. همچنین برای انتخاب شبکه‌ی بهینه و اجرای صحیح طبقه‌بندی، مقادیر متفاوتی برای شاخص‌های شبکه همچون یادگیری، گشتاور و میزان تکرار در نظر گرفته شد و صحت آن‌ها مورد آزمون قرار گرفت تا مناسب‌ترین مقادیر برای این مطالعه شناسایی شود. در نهایت، مقادیری برای این شاخص‌ها انتخاب شد که موجب افزایش صحت و کاهش خطای طبقه‌بندی شود.



شکل ۳: عملکرد قاعده پس انتشار خطا (BP) (مأخذ: Yilmaz, 2009: 1127)

ج) ارزیابی صحت نقشه‌های طبقه‌بندی شده

برای بیان صحت یک نقشه به صورت کمی، می‌توان آن را پیکسل به پیکسل با واقعیت زمینی مقایسه و نتایج را در جدولی به نام ماتریس خطا درج کرد (Fauzi et al, 2005: 53).

¹ - Momentum factor

برای تعیین صحت طبقه‌بندی‌ها، برداشت زمینی به عنوان داده‌های مرجع با استفاده از GPS انجام گرفت و تعداد ۱۰۰ نقطه‌ی کنترل زمینی با مساحت ۳۲ کیلومتر مربع برداشت و به عنوان داده‌های مرجع برای مقایسه با تصاویر طبقه‌بندی شده و تهیه ماتریس خطا به کار گرفته شدند. سپس ضریب کاپا^۱ و صحت کلی^۲ به دست آمده از ماتریس‌های طبقه‌بندی هر دو روش با یکدیگر مقایسه شدند.

یافته‌های تحقیق

رایج‌ترین روش غیر پارامتری انجام تطابق هندسی، استفاده از نقاط کنترل زمینی^۳ می‌باشد (Eastman, 1995:331). برای انجام عملیات زمین مرجع کردن، ۲۵ نقطه کنترل مشخص گردید و خطای جذر مربعات میانگین (RMSE) تصویر، ۰/۳۳۷ پیکسل برآورد شد. همچنین در این پژوهش برای انتخاب گروه باندهی سه تایی مناسب، برای ترکیب باندهی RGB، از شاخص مطلوبیت استفاده شد تا تفسیر و طبقه‌بندی بهتری ارائه دهد. بهترین ترکیب باندهی که دارای انحراف معیار بالا و همبستگی کم بین باندها برای تصویر Landsat/ETM⁺ بود، باندهای ۳-۴-۵-۷ تعیین شدند. از این باندها برای تهیه‌ی تصویر رنگی کاذب استفاده شده است. این ترکیب باندهی برای تهیه‌ی نمونه‌های تعلیمی، تفسیر و تهیه‌ی نقشه پوشش اراضی مورد استفاده قرار گرفت. بعد از انتخاب نمونه‌های تعلیمی، شاخص واگرایی برای نمونه‌های آموزشی (برای ارزیابی میزان تفکیک‌پذیری طبقه‌های تعریف شده) محاسبه شد (جدول ۲). نتایج برآورد این شاخص نشان می‌دهد که ترکیبات جفتی طبقات اراضی مسکونی، جاده و پوشش گیاهی به خوبی از یکدیگر تفکیک پذیرند، ولی طبقات اراضی بایر و پوشش گیاهی دارای تفکیک پذیری پایینی هستند.

جدول ۲: شاخص واگرایی تبدیل شده ی کاربری اراضی

نام طبقه	مناطق مسکونی	اراضی بایر	جاده	پوشش گیاهی
پوشش گیاهی	۱۹۹۹/۹۹	۲۰۰۰	۱۹۹۹/۹۹	۰
جاده	۱۹۹۹/۶۳	۱۹۹۸/۴۲	۰	۰
اراضی بایر	۱۹۹۸/۷۲	۰	۰	۰
مسکونی	۰	۰	۰	۰

مأخذ: نگارندگان

1 - Kappa Coefficient

2 - Overall accuracy

3 - Ground Control points (GSP)

پس از انتخاب بهترین نمونه‌های تعلیمی، طبقه‌بندی نظارت شده به روش حداکثر احتمال صورت پذیرفت و برای تعیین صحت طبقه‌بندی از تصاویر رنگی کاذب و برداشت‌های میدانی استفاده شد بر اساس نتایج به دست آمده از ماتریس خطای طبقه‌بندی پوشش اراضی به روش حداکثر احتمال، صحت کلی طبقه‌بندی ۹۴/۲۳ درصد برآورد شد. تصویر حاصل از طبقه‌بندی نظارت شده به روش حداکثر احتمال (شکل ۴) و نتایج ارزیابی طبقه‌بندی در جدول (۳) نشان داده شده است. طبقه‌بندی به روش شبکه‌های عصبی با انتخاب یک لایه پنهان و تعداد متفاوتی از تعداد متوسط پیکسل‌های آموزشی و آزمایشی در هر طبقه و نرخ آموزش، مورد آزمون قرار گرفت تا تعداد بهینه‌ی متوسط پیکسل‌های آموزشی و آزمایشی در هر طبقه و نرخ آموزش برای بالا بردن صحت طبقه‌بندی انتخاب شود. پس از آزمون اعداد متفاوتی از این دو شاخص، در نهایت مقدار بهینه از آن‌ها به دست آمد که بالاترین صحت را برای طبقه‌بندی ایجاد می‌کرد. در این پژوهش تعداد نرون در لایه میانی از ۵ تا ۲۵ تغییر داده شد و با تعداد ۹ نرون، شبکه به کم‌ترین خطا در مرحله آموزش و آزمایش رسید. همچنین مقدار گشتاور^۱ نیز ۰/۹۵ در نظر گرفته شد. در مرحله‌ی بعد اقدام به تهیه‌ی نقشه واقعیت زمینی^۲ شد. در این تحقیق نقشه‌ی واقعیت زمینی به روش نمونه برداری تصادفی^۳ و با استفاده از نقاطی که با پیمایش‌های میدانی مختصات آن‌ها به کمک GPS تعیین شده بود، و همچنین تصویر ماهواره‌ای موجود در نرم افزار Google Earth تهیه شده است. پس از انتخاب بهترین نمونه‌های تعلیمی، طبقه‌بندی نظارت‌شده به روش شبکه‌ی پرسپترون چند لایه روی باندهای تصویر Landsat/ETM⁺ انجام شد و نقشه حاصله در ۴ طبقه تهیه گردید و صحت کلی طبقه‌بندی بر اساس نتایج به دست آمده از ماتریس خطای طبقه‌بندی پوشش اراضی ۹۸/۲۴ درصد برآورد شد. تصویر حاصل از طبقه‌بندی نظارت شده به روش شبکه‌ی پرسپترون چند لایه (شکل ۵) و ماتریس خطای محاسبه شده برای نقشه پوشش اراضی به دست آمده در جدول (۴) قابل مشاهده است.

^۱ - Momentum

^۲ - Ground Truth (GCP)

^۳ - Stratified Random Sampling

جدول ۳: ماتریس خطای طبقه‌بندی پوشش اراضی به روش حداکثر احتمال

طبقات پوشش اراضی	مناطق مسکونی	اراضی بایر	پوشش گیاهی	جاده	جمع	صحت کاربر (درصد)
مناطق مسکونی	۱۸۵۲	۱۱۱	۰	۶۰۸	۲۵۷۱	۷۲/۰۳
اراضی بایر	۰	۸۷۲۲	۰	۰	۸۷۲۲	۹۹/۵۸
پوشش گیاهی	۰	۶۳	۲۰۶۸	۵۳	۲۱۸۴	۹۴/۶۹
جاده	۱۲	۱۵	۰	۱۴۴۹	۱۴۷۶	۹۸/۱۷
جمع (پیکسل ها)	۱۸۶۴	۸۹۱۱	۲۰۶۸	۲۱۱۰	۱۴۹۵۳	----
صحت تولید کننده (درصد)	۹۹/۳۶	۹۷/۸۸	۱۰۰	۶۸/۳۶	----	----

مأخذ: نگارندگان ضریب کاپا: ۰/۹۰۳۴ صحت کلی: ۹۴/۲۳٪

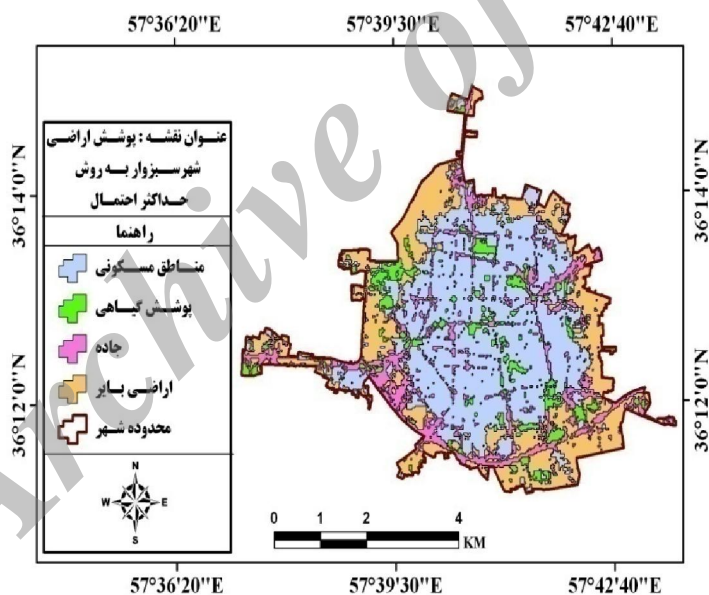
جدول ۴: ماتریس خطای طبقه‌بندی پوشش اراضی به روش شبکه عصبی

طبقات پوشش اراضی	مناطق مسکونی	اراضی بایر	پوشش گیاهی	جاده	جمع	صحت کاربر (درصد)
مناطق مسکونی	۲۳۹۸	۴۳۶	۰	۱۳۰	۲۹۶۴	۹۷/۲
اراضی بایر	۰	۶۳۲۱	۱۷۱	۱۸۹	۶۶۸۱	۹۹/۳۳
پوشش گیاهی	۱۲	۲	۱۹۷۱	۲۵	۲۰۱۰	۹۷/۰۶
جاده	۱۶۰	۰	۴	۱۶۸۲	۱۸۴۶	۸۵/۰۵
جمع (پیکسل ها)	۲۵۷۰	۶۷۵۹	۲۱۴۶	۲۰۲۶	۱۳۵۱	----
صحت تولید کننده (درصد)	۸۷/۳۱	۹۹/۰۵	۹۳/۰۴	۹۱/۵۴	----	----

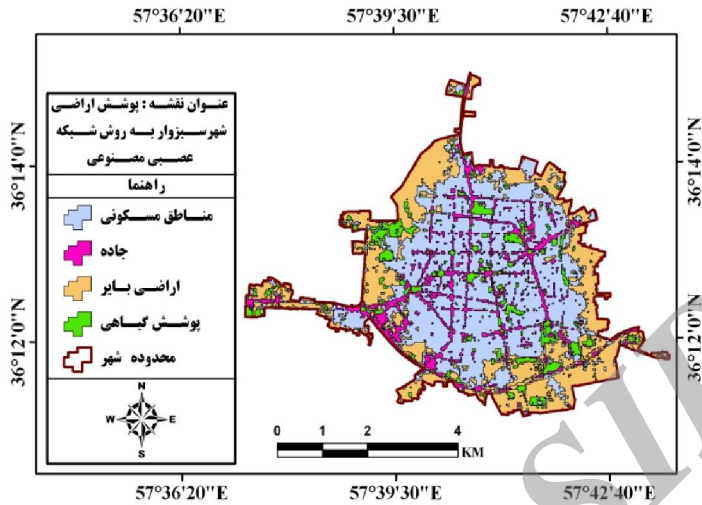
مأخذ: نگارندگان ضریب کاپا: ۰/۹۷۰۳ صحت کلی: ۹۸/۲۴٪

نتایج حاصل از طبقه‌بندی نشان می‌دهد که طبقه‌بندی مناطق مسکونی کم‌ترین میزان صحت کاربر را در طبقه‌بندی به روش حداکثر احتمال دارد، به گونه‌ای که تنها ۷۲/۰۳ درصد از پیکسل‌ها به درستی به این طبقه اختصاص یافته‌اند، همچنین در روش شبکه عصبی پرسپترون چند لایه، کم‌ترین صحت کاربر مربوط به طبقه‌ی جاده با میزان صحت طبقه‌بندی ۸۵/۰۵ درصد بوده است. طبقه‌بندی به روش شبکه عصبی پرسپترون چند لایه، دارای بالاترین صحت کلی است و به خوبی می‌تواند ۴ نوع کاربری اراضی را از یکدیگر جدا کند. همان‌طور که در جدول (۴) مشاهده می‌شود، صحت کاربر مربوط به طبقه‌ی مناطق مسکونی در طبقه‌بندی شبکه‌ی عصبی پرسپترون چند لایه، ۹۷/۰۲ درصد است که بیان می‌کند تعداد زیادی از پیکسل‌های مناطق مسکونی در طبقه‌بندی، به درستی به طبقه‌ی مناطق مسکونی اختصاص یافته‌اند. این در حالی است که صحت کاربر در طبقه‌بندی مناطق مسکونی با استفاده از روش

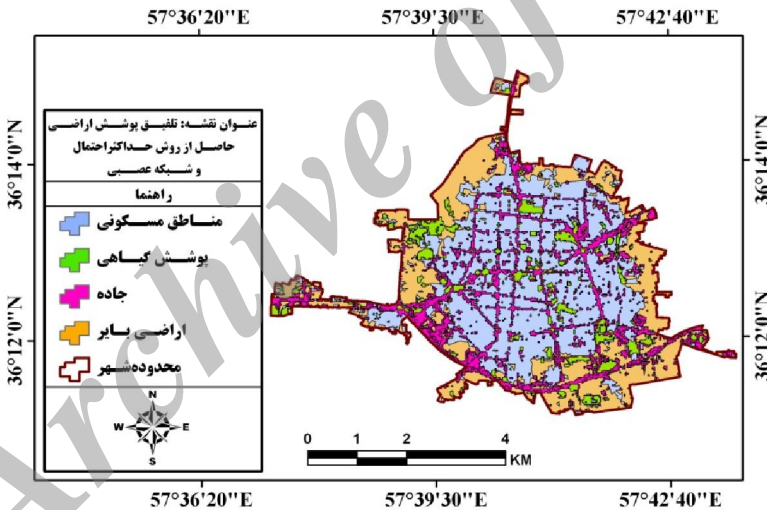
حداکثر احتمال $۷۲/۰۳$ درصد بوده است. در طبقه‌بندی نظارت شده به روش حداکثر احتمال و نیز، طبقه‌بندی به روش شبکه‌ی عصبی پرسپترون چند لایه، مشاهده می‌شود که پیکسل‌های طبقه‌های جاده با مناطق مسکونی دارای اختلاط زیادی است. تداخل برخی پیکسل‌های مربوط به جاده با مناطق مسکونی در هر دو روش طبقه‌بندی، به اختلاط طیفی پیکسل‌های مناطق مسکونی با جاده مربوط می‌شود (شکل ۶). برای اصلاح طبقه‌بندی می‌توان از فیلتر میانگین استفاده کرد، اما هدف مطالعه‌ی پیش رو این بود که تنها از روش‌های طبقه‌بندی استفاده شود و پس از طبقه‌بندی اصلاحی صورت نگیرد تا بتوان توانایی روش‌ها را در تهیه‌ی نقشه‌ی پوشش اراضی مورد مقایسه قرار داد. مقایسه‌ی شیوه‌ی تفکیک طبقه‌های پوشش اراضی دو نقشه به دست آمده و نیز ماتریس خطای حاصل از دو روش نشان می‌دهد که روش شبکه‌ی پرسپترون چند لایه در مقایسه با روش حداکثر احتمال، از توانایی بالاتری برای طبقه‌بندی تصویر ماهواره‌ای برخوردار است.



شکل ۴: نقشه پوشش اراضی حاصل از طبقه‌بندی نظارت شده به روش حداکثر احتمال (مأخذ: نگارندگان)



شکل ۵: نقشه پوشش اراضی حاصل از طبقه‌بندی نظارت‌شده به روش شبکه‌ی عصبی پرسپترون چند لایه (مأخذ: نگارندگان)



شکل ۶: نقشه تلفیق پوشش اراضی حاصل از روش حداکثر احتمال و شبکه عصبی پرسپترون چند لایه (مأخذ: نگارندگان)

نتیجه گیری

در این مطالعه از دو روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال و شبکه عصبی مصنوعی جهت استخراج نقشه پوشش اراضی از تصویر ماهواره‌ای سنجنده Landsat/ETM⁺ استفاده شده است. در طبقه‌بندی داده‌ها به کمک شبکه عصبی، از یک شبکه پرسپترون با یک لایه پنهان و

۴ نرون ورودی، ۹ نرون میانی و ۴ نرون خروجی استفاده شده است که تعداد نرون‌های ورودی همان تعداد باندهای تصویر ماهواره‌ای ETM^+ و تعداد نرون‌های خروجی همان تعداد کلاس‌های نقشه پوشش اراضی می‌باشد. برای آموزش شبکه نیز از الگوریتم انتشار برگشتی (Bp) استفاده شده است. با انجام مقایسه دقت طبقه‌بندی حاصل از روش‌های مبتنی بر شبکه عصبی مصنوعی و حداکثر احتمال مشخص گردید که شبکه‌ی عصبی مصنوعی با صحت کلی ۹۸/۲۴ درصد نسبت به روش حداکثر احتمال با صحت کلی ۹۴/۲۳ درصد دارای دقت بیش تری است که این به دلیل غیر خطی بودن و غیر پارامتریک بودن شبکه عصبی مصنوعی است. اما در طبقه‌بندی به وسیله الگوریتم حداکثر احتمال، داده‌های آموزشی نقش حیاتی دارند. در این روش فرض بر این است که توزیع در داخل نمونه‌های آموزشی باید نرمال باشد، به طوری که اگر نتوان این شرط را برآورده نمود، دقت طبقه‌بندی به شدت پایین می‌آید. در حالی که روش شبکه عصبی مصنوعی بر مبنای ویژگی‌ها و ساختار خود داده عمل می‌کند و به این دلیل است که شبکه عصبی در ترکیب داده‌ها با منابع مختلف موفق‌ترند. لذا با استفاده از قابلیت‌های شبکه عصبی مصنوعی، ضمن کاهش خطا در طبقه‌بندی، امکان افزایش تعداد کلاس‌ها و جداسازی کلاس‌های دقیق‌تر در پروژه‌های کاربردی فراهم می‌باشد. نتایج کلی حاصل از این پژوهش را می‌توان چنین دسته‌بندی کرد:

۱. طبقه‌بندی شبکه عصبی مصنوعی، روشی مناسب برای تهیه نقشه پوشش و کاربری اراضی به شمار می‌آید که قابلیت طبقه‌بندی با صحت بالا را دارد. به ویژه اینکه در این روش می‌توان از داده‌های کمکی به عنوان ورودی در طبقه‌بندی استفاده کرد، لذا نیاز به اصلاح پس از طبقه‌بندی وجود ندارد.

۲. گرچه نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که استفاده از روش شبکه عصبی، صحت بالاتری در مقایسه با روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال ارائه می‌دهد، روش حداکثر احتمال نیز برای طبقه‌بندی پوشش اراضی مناسب است و در این مطالعه، صحت بالایی را ارائه داده است. صحت طبقه‌بندی حداکثر احتمال معادل ۹۴/۲۳ درصد برآورد گردید و بیان شده است که صحت بالاتر از ۸۵ درصد برای طبقه‌بندی مناسب است (علوی پناه، ۱۳۸۲: ۳۱).

۳. صحت تولید کننده و کاربر برای بیش تر طبقات در ۲ روش طبقه‌بندی، بالاتر از ۸۵ درصد برآورد گردید که نشان دهنده‌ی میزان صحت در حد مطلوب است.

۴. با توجه به تمامی نتایج خوب به دست آمده از روش طبقه‌بندی شبکه عصبی، گفته می‌شود این روش نیز مانند تمامی روش‌های طبقه‌بندی، محدودیت‌های خاص خود را دارد که از جمله آن می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- توابع شبکه‌های عصبی مصنوعی در همه نرم افزارهای پردازش تصویر موجود نیست؛
- هیچ قانونی در ارتباط با ساختار شبکه و تنظیم شاخص‌ها وجود ندارد (Lu et al, 2004:2371)؛

- دقت نتایج بستگی زیادی به اندازه مجموعه‌ی آموزشی دارد؛
- آموزش شبکه ممکن است در برخی موارد مشکل باشد.

Archive of SID

منابع و مآخذ:

- ۱- امیری، ع.، چاوشی، ح.، امینی، ج. ۱۳۸۶. مقایسه سه روش طبقه‌بندی فازی، شبکه عصبی و کم‌ترین فاصله در تصاویر ماهواره (Quickbird). دومین کنفرانس همایش ژئوماتیک، تهران، ۲۰-۱۸ اردیبهشت. ۳۷-۲۱.
- ۲- احمدی، م.، سفیانیان، ع.، خواجه‌الدین، ج. ۱۳۸۸. تهیه نقشه پوشش اراضی شهر اراک با استفاده از روش‌های طبقه‌بندی شبکه عصبی مصنوعی و حداکثر مشابهت، مجله پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۶۹(۹): ۴۴-۳۱.
- ۳- رضایی، ع.، مهدوی، م.، کارول، فیض‌نیا، س.، مهدبان، ج. ۱۳۸۴. اثر ارتفاع بر بارندگی‌های یک روزه سیلزا برای برآورد دبی اوج (در حوزه آبخیز سفید رود). مجله منابع طبیعی ایران، ۵۸(۲): ۲۸۵-۲۷۵.
- ۴- زاهدی فرد، ن.، خواجه‌الدین، ج. ۱۳۸۳. کاربرد داده‌های رقومی سنجنده TM در تهیه نقشه کاربری اراضی حوضه آبخیز رودخانه بافت، مجله علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی)، ۸(۲): ۱۰۵-۹۱.
- ۵- زبیری، م.، مجد، ع. ۱۳۷۵. آشنایی با فن‌سنجش از دور و کاربرد در منابع طبیعی (اطلاعات ماهواره‌ای، عکس‌های هوایی، فضایی). چاپ اول. تهران. انتشارات دانشگاه تهران. ۳۳۰ صفحه.
- ۶- شتابی، ش.، عبدی، ا. ۱۳۸۶. ارزیابی قابلیت داده‌های ماهواره‌ای سنجنده ETM⁺ در تفکیک اراضی جنگلی مناطق کوهستانی زاگرس (منطقه مورد مطالعه: حوزه سرخاب خرم‌آباد). اولین کنفرانس همایش ژئوماتیک، تهران، ۲-۱. اردیبهشت. ۶۳-۵۷.
- ۷- فاطمی، ب.، رضایی، ی. ۱۳۸۵. مبانی سنجش از دور. چاپ دوم. انتشارات آزاده. ۲۵۰ صفحه.
- ۸- فیضی‌زاده، ب.، عزیزی، ح.، ولیزاده، خ. ۱۳۸۶. استخراج کاربری اراضی شهرستان ملکان با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ETM⁺ لندست ۷. مجله آمایش محیط، ۲(۱): ۹۳-۷۴.
- ۹- علوی‌پناه، ک. ۱۳۸۸. اصول سنجش از دور و تفسیر تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌هوایی. چاپ اول. انتشارات دانشگاه تهران. ۷۸۲ صفحه.
- ۱۰- علوی‌پناه، ک. ۱۳۸۴. کاربرد سنجش از دور در علوم زمین. چاپ سوم. انتشارات دانشگاه تهران. ۴۸۷ صفحه.
- ۱۱- علوی‌پناه، ک.، مسعودی، م. ۱۳۷۹. تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از داده‌های رقومی ماهواره لندست TM و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، ۶(۲): ۷۵-۶۵.

- 12-Bodily,J.2002.Protocol Development at the Golden Spike National Historic Site for Soil Survery Updates. *Applied Remote Sensing*,27(12):478-499.
- 13-Chen,M.,Su.W.,Li.L,C.,Yue.A.,Li.H.2010.of Pixel-based and Obgett-oriented Knowledge based Classification Methods Using SPOT5 Imagery. *wseas Transactions on Information Science and Applications*, ISSN:1790-0832:477-489.
- 14-Eastman,R.J.1995.Idrisi for windows (version2) users Guide.Clark University,NewYork. 350P.
- 15-Fauzi,A.,Hussin,Y.A., Weir,M.2005.A Comparison between Neural Networks and Maximum Likelihood Remotely Sensed Data Classifiers to Detect Tropical Rain Logged-cover Forest in Indonesia.*International Journal of Geoinformatics*,1(2):47-59.
- 16-Foody,G.M.2000.Mapping Land Cover from Remote Sensed Data with a Softened Feed forward Neural Network Classification.*Journal of Intelligent and Robatic Systems*, 29(4):433-449.
- 17-HosseiniAria,E.,Amini,J.,Saradjian,M.R.2003.Back Propagation Neural Network for Classification of IRS-1D Satellite Images.*Proceedings of the Conference of High Resolution Mapping from Space*, Hanover,Germany.
- 18-Huang,L.,Ni,L.2008.Object Oriented Classification of High Resolution Satellite Image for Better Accuracy.*Proceedings of the 8th International Symposium on Spatial Accuracy Assess ment in Natural Resources and Envir onmental Sciences*,Shanghai,P.R.China,June 2008.211-218.
- 19-Jianjun,J.,Jie,Z.,Hongan,W.,Li,A.,Hailing,Z.,Li,Z.,Jun,X.2005.Land cover Changes in the Rural urban Interaction of Xian Region Using Landsat TM/ETM Data.*Journal of Geographical Science*,15(4):423-430.
- 20-Lu,D.,Mausel,P.,Brondizio,E.,Moran,E.2004.Change Detection Techniques.*International Journal of Remote Sensing*,25(12):2365-2401.
- 21-Mas,J.F.2003.An Artificial Neural Networks Approach to Map Land Use/cover Using Landsat Imagery and Ancillary Data. *Proceedings of the International Geosciences and Remote Sensing Symposium IEEE IGARSS 2003*,10(3):3498-3500.
- 22-Knorn,J.A.,Radeloff,C.V.,Kuemmerle,T.,Kozak,J.,Hoster,P.2009.Land cover mapping of large areas using chain classification of neighboring landsat satellite images.*Remote Sens. Environ*,113:957-964.
- 23-Omo-Irabor,O.,Oduyemi,K.2007.A Hybrid Image Classification Approach for the Systematic Analysis of Land Cover (LC) Change in the Niger Delta Region.*5th International Symposium on Spatial Data Quality*, The Netherlands.

- 24-Sugumaran,R.2001.Forest Land Cover Classification Using Statistical and Artificial Neural Network Approaches Applied to IRS LISS – III Sensor. *Geocarto Interventional*,16(2):39-44.
- 25-Wijaya,A.2005.Application of Multi-Stage Classification to Detect Illegal Logging with the Use of Multi-Source Data. Master Thesis,ITC,The Netherlands.732P.
- 26-Yilmaz,L.2009.Landslide susceptibility mapping using frequency ratio, logistic regression,artificial neural networks and their comparison:A case study from kat landslides (Tokat- Turkey).*Computers and Geosciences*,35:1125-1138.
- 27-Yuan,F.,Sawaya,K.E.,Leoffelholz,B.C.,Bauer,M.E.2005.Land Cover Classification and Change Analysis of the Twin Cities (Minnesota) Metropolitan Area by Multi Temporal Landsat Remote Sensing. *Remote Sensing of Environment*,98(3):317-328.

Archive of SID