

مقایسه کارایی انواع روش‌های درخت تصمیم و حداکثر احتمال جهت استخراج نقشه‌ی کاربری اراضی در مناطق خشک

فاطمه هوشمندزاده^{۱*}، محمدرضایزدانی^۲، فهیمه عربی^۳

^{۱*} - نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری مدیریت و کنترل بیابان، دانشکده کویر شناسی، دانشگاه سمنان

^۲ - دانشیار دانشکده کویرشناسی، دانشگاه سمنان

^۳ - دانشجوی دکتری مدیریت و کنترل بیابان، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد

ایمیل نویسنده مسئول: hooshmandzadeh71@gmail.com شماره موبایل نویسنده مسئول: ۰۹۱۳۵۴۰۶۹۰۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۵/۲۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۴/۰۱

چکیده

نقشه کاربری اراضی، از ابزارهای پایه برای مدیران و برنامه‌ریزان در راستای توسعه پایدار مناطق مختلف است. روش‌های مختلفی برای تهیه نقشه کاربری اراضی ارائه شده است. تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای با بهره‌گیری از تکنیک‌های مختلف از جدیدترین و مهم‌ترین این روش‌هاست. هدف از انجام تحقیق حاضر، بررسی کارایی روش‌های تصمیم‌گیری درختی و حداکثر احتمال با استفاده از داده‌های ماهواره لندست ۸ مربوط به سال ۲۰۱۶ جهت تهیه نقشه کاربری اراضی دشت یزد - اردکان می‌باشد. پس از انجام تصحیحات لازم بر روی تصاویر ماهواره‌ای، طبقات مختلف کاربری اراضی تعریف و نمونه‌های آموزشی انتخاب شد. نتایج طبقه‌بندی با استفاده از چهار روش تصمیم‌گیری درختی جینی، انتروپی، نسبت بهره و حداکثر احتمال بترتیب ضریب کاپای ۸۵/۷۸، ۸۸/۹۵، ۷۶/۸۸ و ۹۱/۱۵ درصد را نشان دادند که روش حداکثر احتمال نسبت به روش‌های تصمیم‌گیری درختی در از دقت بالاتری برخوردار است. بنابراین این مطالعه کارایی و قابلیت روش حداکثر احتمال را در طبقه‌بندی بهتر تصاویر سنجش از دور اثبات می‌نماید. با مقایسه مساحت نقشه‌های حاصل از روش‌های طبقه‌بندی، مساحت‌های کاربری‌های اراضی ماسه‌ای و اراضی صخره‌ای تقریباً نزدیک به هم هستند. همچنین بیشترین اختلاف مساحت مربوط به تپه‌های ماسه‌ای و کمترین اختلاف نیز مربوط به کاربری اراضی صخره‌ای بود.

واژگان کلیدی:

"ارزیابی دقت"، "سنجش از دور"، "سنجنده OLI"، "کاربری اراضی"، "یزد- اردکان"

Comparison of the Efficiency of Different Types of Decision Tree and Maximum probability for produce Land Use maps in Arid Areas

Fatemeh hooshmandzadeh^{1*}, Mohammadreza yazdani², Fahime arabi³

1* - Corresponding author, PhD student, Management and Control of Desert, Semnan University.

2 - Associate Professor, Faculty of Desertification, semnan University.

3 - PhD student, Management and Control of Desert, Yazd University.

*Email Address: hooshmandzadeh71@gmail.com

* Mobile Phone: 09135406904

Abstract

Land use mapping is the basic tools for administrators and land planners. Different methods have been proposed for land-use mapping. The latest and most important methods is using remote sensed data for Land-use mapping. The aim of the present study was performance evaluation of classification decision tree and maximum probability methods using Landsat 8 image of 2013 for land-use mapping of Yazad- ardacan plant. Different land use classes were defined using training samples comparison of classification. results of four different methods of, Gini decision tree, entropy, Cta and maximum probability respectively thus, Show that Kappa coefficient of 85.78, 88.95, 76.78 and 91.15 the maximum probability than decision tree methods has a higher accuracy. Map area defined by the different methods of classification, are similar in sandy lands and rocky lands. The greatest differences were observed in area of medium sand dunes and minimum differences were related to the rocky lands. Therefore, the present study proves the efficiency and feasibility of the maximum probability method in the better classification of remote sensing images.

Keywords:

"Land use", "Remote sensing", "Landsat OLI", "accuracy Assessment", "Yazd- Ardacan"

اولین طبقه‌بندی پوشش سطح زمین در مقیاس جهانی با روش حداکثر احتمال توسط دفریس و توانشید (۱۹۹۴) انجام و تهیه نقشه پوشش سطح زمین با قدرت تفکیک مکانی ۱ کیلومتر مربع با استفاده از رویکرد طبقه‌بندی نظارت نشده توسط لولند و همکاران (۲۰۰۰) صورت گرفته است. در پژوهشی، به منظور تهیه نقشه کاربری اراضی از منطقه کوهستانی موک استان فارس، از داده‌های رقومی ماهواره لندست (TM) و سامانه اطلاعات جغرافیایی استفاده شد و از باندهای ۳، ۴، ۵ و ۷ سنجنده (TM) و روش طبقه‌بندی نظارت شده حداکثر احتمال در تولید نقشه استفاده و نقشه‌ای شامل ۹ طبقه به دست آمد (علوی پناه، ۱۳۸۰). در تحقیق دیگری نیز برای طبقه‌بندی پوشش و کاربری اراضی منطقه تالابی ترمینوس در جنوب شرقی مکزیک، از شبکه‌ی عصبی پرسترون چندلایه‌ای^۱ الگوریتم پس انتشار استفاده شد. ورودی‌های شبکه‌ی عصبی باندهای طیفی ۲، ۳، ۴، ۵ و ۷ سنجنده ETM+ ماهواره لندست بود و ۶ طبقه پوشش اراضی به عنوان خروجی تهیه شد. صحت طبقه‌بندی ۸۲ درصد گزارش شد (مس، ۲۰۰۳: ۳۴۹۸). برای طبقه‌بندی پوشش و کاربری اراضی شهر ژیان از الگوریتم پس انتشار و روش شبکه‌ی عصبی استفاده شد (Jianjun et al., 2005). در این پژوهش ۶ باند طیفی تصاویر TM/ETM+ را به عنوان ورودی به شبکه‌ی عصبی معرفی و منطقه به ۶ نوع پوشش و کاربری اراضی طبقه‌بندی گردید. امیری و همکاران با استفاده از سه روش فازی، شبکه‌ی عصبی کمترین فاصله تصویر ماهواره‌ای Quick bird 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 امیری و همکاران (۱۳۸۶) با استفاده از سه روش فازی، شبکه‌ی عصبی و کمترین فاصله تصویر ماهواره‌ای Quick bird 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. در تحقیقی دیگر، روش‌های طبقه‌بندی شبکه عصبی مصنوعی و حداکثر احتمال برای طبقه‌بندی پوشش اراضی منطقه جنگلی با استفاده از سنجنده LISS-III ماهواره IRS-1C مورد مقایسه قرار گرفت (Sugumaran, 2001). در پژوهشی مقایسه بین روش درخت تصمیم‌گیری و الگوریتم حداکثر احتمال برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره IRS در کشور هند صورت گرفت نتایج نشان داد که درخت تصمیم‌گیری دقت کلی و ضریب کاپای بالاتر نسبت به

کاربری اراضی شامل انواع بهره‌برداری از زمین به منظور رفع نیازهای گوناگون انسان و در نتیجه روابط متقابل مولفه‌های اجتماعی- فرهنگی و توان بالقوه سرزمین است (محمداسماعیل، ۱۳۸۹). استفاده از داده‌های ماهواره‌ای، راه مناسبی برای تهیه نقشه‌ی پوشش اراضی و پایش آن به ویژه در مناطق جغرافیایی بزرگ و وسیع است (یوان، بوئر، هینرت و هولدن، ۲۰۰۵). تصاویر ماهواره‌ای با توجه به ویژگی‌های برتر خود مانند پوشش وسیع، قابلیت تکرار و بهنگام شدن مداوم می‌تواند به عنوان گزینه نخست در بحث شناخت و کاربری اراضی مطرح باشد. به روز بودن و صحت این نقشه‌ها، می‌تواند نقش چشمگیری در مدیریت و برنامه‌ریزی محیطی داشته باشد (یعقوب زاده و اکبرپور، ۱۳۸۹؛ ساعتی و عبدی، ۱۳۸۵). با استفاده از تصاویر و تکنیک‌های طبقه‌بندی آنها می‌توان اراضی‌ای را که دارای شباهت‌های سطحی و بازتاب مشابه هستند در یک طبقه قرار داد و شرط اولیه که همان گروه‌بندی اراضی مشابه هست را فراهم آورد (علوی پناه، ۱۳۸۴).

طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای فرآیند پیچیده‌ای است که ممکن است به وسیله‌ی بسیاری از متغیرها تحت تاثیر قرار گیرد. در راستای توسعه‌ی روش‌ها و تکنیک‌های پیشرفته طبقه‌بندی جهت بهبود دقت طبقه‌بندی، تلاش‌های وسیع و گسترده‌ای انجام شده که از جمله این روش‌ها می‌توان به شیء‌گرا، شبکه‌ی عصبی مصنوعی، منطق فازی، تصمیم‌گیری درختی و سیستم‌های هوشمند اشاره کرد (Lu et al., 2004). جهت استخراج اطلاعات از تصاویر ماهواره‌ای می‌توان دو گروه عمده الف) روش طبقه‌بندی مبتنی بر ارزش‌های عددی عناصر تصویری یا پیکسل و ب) روش طبقه‌بندی مبتنی بر شیء‌های تصویر بر اساس ویژگی پردازش تصویر را تعریف نمود (فازی زاده و هلالی، ۱۳۸۸). نکته مهم در این زمینه، اجرای روش‌های بهینه طبقه‌بندی و استخراج اطلاعات مفید از داده‌ها با توان تفکیک مکانی بالاست. همواره با افزایش توان تفکیک مکانی تصاویر، نتیجه طبقه‌بندی بهتر نمی‌شود، زیرا کاهش اندازه پیکسل‌ها موجب تغییرات شدید درون طبقه‌ای و کاهش صحت طبقه‌بندی در روش‌های سنتی و پیکسل پایه می‌شود (اسچیوی، ۲۰۰۲: ۲۳۵). با افزایش توان تفکیک مکانی، تفاوت طیفی پیکسل‌های درون هر طبقه بیشتر می‌شود، تفکیک پذیری طبقات کاهش می‌یابد و در نتایج طبقه‌بندی به دلیل اینکه تک پیکسل‌های طبقه‌بندی شده با پیکسل‌های مجاور خود تفاوت دارند، اثر لفل نمکی ظاهر می‌شود (یو و همکاران، ۲۰۰۶: ۷۹۹). در زمینه‌ی پژوهش‌های مرتبط با طبقه‌بندی کاربری اراضی با استفاده از داده‌های سنجنش از دور می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود.

¹ Multi-Layer Perceptrons

محدوده مورد مطالعه، نقشه کاربری اراضی به روش طبقه‌بندی نظارت شده در ۷ طبقه شامل: کشاورزی، اراضی بایر، اراضی صخره‌ای، تپه ماسه‌ای، مرتع فقیر، مرتع متوسط و اراضی مسکونی با استفاده از تصویر ترکیب رنگی کاذب (۵۴۳) و اطلاعات کمکی تهیه شد. جهت تفکیک مرتع متوسط و فقیر از بازتاب طیفی هر کاربری و همچنین بازدید میدانی استفاده شده است.

• طبقه‌بندی نظارت شده تصویر

در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای پیکسل‌هایی با ارزش عددی یکسان در یک گروه قرار می‌گیرد. در طبقه بندی نظارت شده برای طبقه‌بندی پیکسل‌ها از نمونه‌های آموزشی استفاده می‌شود، بدین معنی که با تعریفی از پیکسل‌های مشخصی از تصویر برای هر کدام از کلاس‌ها، عمل طبقه‌بندی در قالب کلاس‌های در نظر گرفته شده انجام می‌شود. در پژوهش حاضر برای تهیه نقشه کاربری اراضی از روش طبقه‌بندی پیکسل پایه تصمیم‌گیری درختی و حداکثر احتمال استفاده شد.

• روش حداکثر احتمال

در این روش طبقه‌بندی بر اساس واریانس و کواریانس انجام می‌شود. در روش مذکور فرض بر این است که همه‌ی مناطق آموزشی دارای پراکنش نرمال هستند. در حقیقت نمونه‌های کلاس‌های آموزشی باید معرف آن کلاس باشند، بنابراین تا حد امکان باید از تعداد نمونه‌های بیشتری استفاده شود تا تغییرات بسیاری از ویژگی‌های طیفی در این گستره پیوسته قرار گیرد، در طبقه‌بندی حداکثر احتمال پیکسل مورد نظر به کلاسی نسبت داده می‌شود که بیشترین احتمال تعلق پیکسل به آن کلاس وجود دارد. بنابراین شرط توزیع نرمال در روش حداکثر احتمال اهمیت خاصی دارد (علوی پناه، ۱۳۸۴). بطوری که این روش از داده‌های آموزشی برای محاسبه میانگین برداری M_c برای هر طبقه و ماتریس-کواریانس هر طبقه C برای باند K و V_c استفاده می‌کند. بر این اساس، X در طبقه C قرار می‌گیرد (فرمول ۱).

$$P_c = -0.5 \log \{ \det(V_c) \} - 0.5 \{ [X - M_c] T (V_c) - 1 (X - M_c) \} \quad (1)$$

که در آن P_i و $r_i = 1, 2, 3, \dots, m$ $P_c(a_c) > P_i(a_c)$ احتمال وجود آن طبقه است.

در صورتی که دانش مورد نظر در مورد آن عارضه وجود نداشته باشد از لحاظ نظری به P_i برای هر طبقه وزن مساوی داده می‌شود. اگر احتمال یک طبقه بیش از دیگر طبقه‌ها باشد، کاربر می‌تواند مجموعه‌ای از احتمال پیشین‌های در اولویت را برای عارضه‌ها

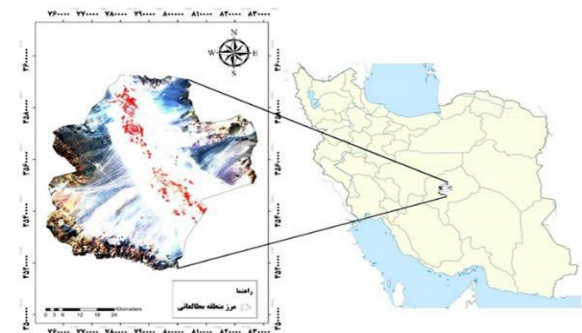
الگوریتم حداکثر احتمال داشته است (Ghose et al., 2010). در مطالعه‌ای با مقایسه بین روش‌های جینی و آنتروپی درخت تصمیم‌گیری، شبکه عصبی و آرت‌مپ در تهیه نقشه کاربری مناطق جنگلی مشخص گردید که روش درخت تصمیم‌گیری صحت بالاتری نسبت به دیگر روش‌ها دارد، همچنین در مقایسه بین دو الگوریتم جینی و آنتروپی، روش آنتروپی کارایی بالاتری نسبت به روش جینی داشت. نتایج کلی نشان داد که روش‌های درخت تصمیم‌گیری کمتر تحت تأثیر اندازه نمونه‌های آموزشی نسبت به دیگر روش‌ها قرار گرفته است (Lippitt et al., 2008).

لذا روش‌های متعددی جهت تهیه نقشه کاربری اراضی وجود دارد. هدف از این تحقیق، بررسی بارزیایی کارایی روش‌های طبقه‌بندی درختی شامل جینی، آنتروپی، نسبت بهره و روش حداکثر احتمال با استفاده از داده‌های لندست ۸ مربوط به سال ۲۰۱۶ جهت تهیه نقشه کاربری اراضی مناطق خشک صورت گرفته است

۲- روش انجام تحقیق

• منطقه مورد مطالعه

منطقه مطالعاتی در ایران مرکزی واقع است و اراضی دشت یزد- اردکان را شامل می‌شود. دشت یزد - اردکان با مساحتی برابر با ۱،۱۴۰،۱۵۲ هکتار در جنوب غربی استان یزد و در مختصات جغرافیایی $47^{\circ} 23' 48''$ تا $47^{\circ} 39' 11''$ طول شرقی و $34^{\circ} 50' 32''$ تا $32^{\circ} 46' 54''$ عرض شمالی قرار گرفته است. این دشت متشکل از شهرهای مهریز، تفت، اشکذر، میبد، اردکان و یزد می‌باشد. که به ارتفاعات سیاه‌کوه، شیرکوه و خرانق منتهی می‌شود. حدود جغرافیایی این دشت در شکل (۱) ارائه شده است.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در ایران و در استان یزد

• داده‌ها و پردازش تصویر

تصویر ماهواره‌ای مورد استفاده در تحقیق حاضر شامل تصویر ماهواره لندست ۸ با سنجنده OLI بود. پس از انجام تصحیحات هندسی و اتمسفری بر روی تصویر ماهواره‌ای و برش آن در

Gini (S) =

$$\sum_{j=1}^n \text{freq}(C_j, S) \times (1 - \text{freq}(C_j, S)) \quad (4)$$

• روش انشعاب نسبت بهره

الگوریتم نسبت بهره سعی می کند از طریق نرمال سازی به انحراف (بیش انشعاب) بالقوه الگوریتم آنتروپی غلبه کند. اگر ما اطلاعات انشعاب (X) را به صورت ذیل تعریف کنیم (Zambon *et al.*, 2006).

اطلاعات انشعاب ارائه کننده اطلاعات بالقوه تولید شده از طریق تقسیم گروه S به n زیر گروه است (فرمول ۵).

$$\text{split inf } O(X) = - \sum_{i=1}^n \frac{|S_i|}{S} \times \log_2 \left(\frac{|S_i|}{|S|} \right) \quad (5)$$

• ارزیابی دقت طبقه بندی

برآورد صحت (Accuracy Assessment) برای درک نتایج بدست آمده و بکار بردن این نتایج برای تصمیم گیری حائز اهمیت است. معمول ترین پارامترهای برآورد دقت شامل، دقت کل، دقت تولید کننده، دقت کاربر و ضریب کاپا هستند (علوی پناه و همکاران، ۱۳۸۴؛ Lu *et al.*, 2004). از نظر تئوری احتمالات، دقت کلی نمی تواند معیار خوبی برای ارزیابی نتایج طبقه بندی باشد. زیرا در این شاخص نقش شانس قابل توجه است. دقت کلی از جمع عناصر قطر اصلی ماتریس خطا تقسیم بر تعداد کل پیکسل ها طبق رابطه (۶) بدست می آید (علوی پناه و احسانی، ۱۳۸۲).

$$OA = \frac{1}{N} \sum P_{ij} \quad (6)$$

در این رابطه OA - دقت کلی، N - تعداد پیکسل های آزمایشی، $\sum P_{ij}$ - جمع عناصر قطر اصلی ماتریس خطاست.

بدلیل ایرادات وارده بر دقت کلی، اغلب در کارهای اجرایی که مقایسه دقت طبقه بندی مورد توجه است، از شاخص کاپا استفاده می شود. چون شاخص کاپا پیکسل های نادرست طبقه بندی شده را مورد توجه قرار می دهد. شاخص کاپا از رابطه (۷) محاسبه می شود (مسگری، ۱۳۸۱).

$$\text{Kappa} = \frac{P_0 - P_C}{1 - P_C} \times 100 \quad (7)$$

که در این رابطه: P_0 = درستی مشاهده شده و P_C = توافق مورد انتظار.

تعریف کند و در این صورت رابطه کمی اصلاح می شود (علوی پناه و لدنی، ۱۳۸۹)

$$P_c(ac) = \log_e(a_c) - [-0.5 \log_e\{det(V_c)\}] - 0.5[\{X - M_c\}T(V_c) - 1(X - M_c)] \quad (2)$$

که در آن $P_c(ac) > P_i(ac)$ $i = 1, 2, 3, \dots, m$ می باشد (فرمول ۲).

در پژوهش حاضر برای تعیین حداکثر احتمال از روش دادن مقدار مشخص احتمالی که از قبل تعیین شده بود برای هر کاربری استفاده شد. این مقدار با توجه به مساحتی که هر کاربری از سطح منطقه به خود اختصاص داده بود، تعیین گردید.

• معرفی روش طبقه بندی درختی

طبقه بندی درختی با تفکیک بطور متوالی داده ها در هر میانگرمه به میانگرمه های جدید حاوی زیرمجموعه های همگن تر پیکسل های تعلیمی پیش می رود. یک میانگرمه جدیداً ایجاد شده ممکن است در حالتی که پیکسل های تعلیمی حاوی تنها یک کلاس است یا غالبیت پیکسل ها با یک کلاس است، ایجاد یک برگ نماید.

زمانی که دیگر میانگرمه های برای انشعاب (تفکیک) وجود ندارد، قواعد نهایی طبقه بندی درختی شکل می گیرد. نرم افزار ادیسی سه الگوریتم انشعاب را به کار می برد: آنتروپی، نسبت بهره و جینی.

• روش انشعاب آنتروپی

رابطه آن به شرح زیر است (فرمول ۳).

$$\text{Entropy} = - \sum_{j=1}^k \frac{\text{freq}(C_j, S)}{|S|} \cdot \log_2 \left(\frac{\text{freq}(C_j, S)}{|S|} \right) \quad (3)$$

که در این رابطه:

S تعداد پیکسل ها در گروه |S|:

S در گروه j تعداد پیکسل های کلاس Cj:

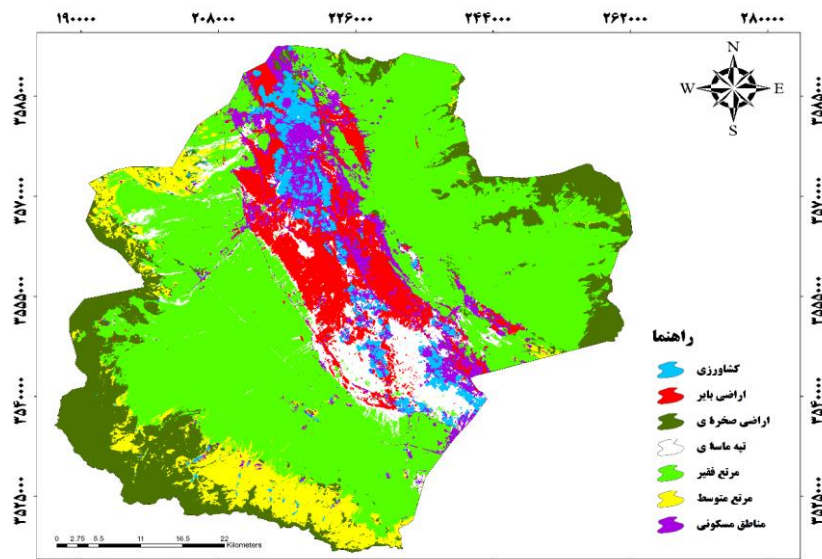
• روش انشعاب جینی

روش انشعاب جینی سعی می کند همگن ترین دسته را در میان سری داده ها پیدا کند و آن را از بقیه داده ها جدا کند (Zambon *et al.*, 2006). هدف در این مدل جدا کردن بزرگترین گروه همگن در داده های آموزشی است (Lippitt *et al.*, 2008)

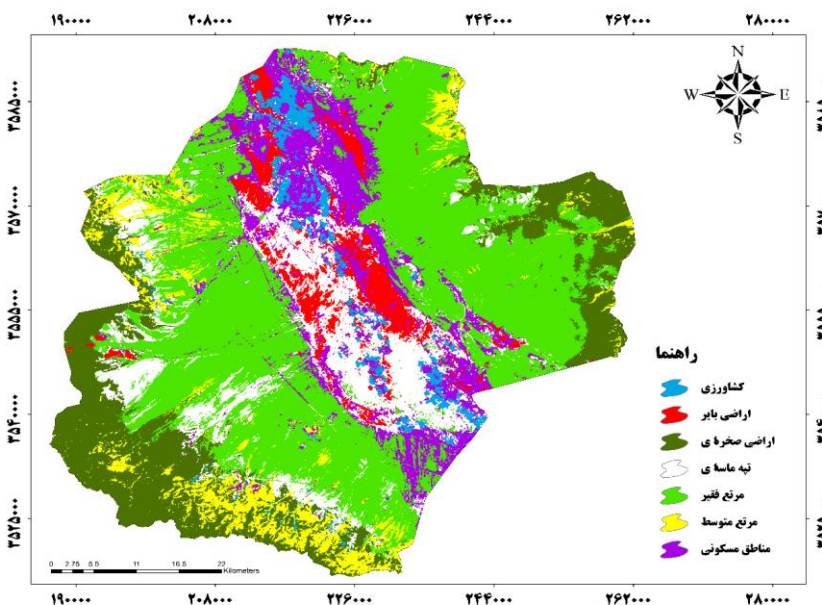
۳- نتایج

مقادیر آماری ماتریس خطا، مساحت و ضریب کاپا بترتیب در جدول‌های ۱ تا ۶ ارائه شده است. نتایج طبقه‌بندی با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری درختی جینی، آنتروپی، نسبت بهره و حداکثر احتمال در جدول ۶ ارائه شده است. بر اساس جدول (۶)، روش حداکثر احتمال ضریب کاپای ۹۱/۱۵ درصد و روش‌های تصمیم‌گیری جینی، آنتروپی و نسبت بهره بترتیب ضریب کاپای ۸۵/۷۸، ۸۸/۹۵ و ۷۶/۸۸ را دارا هستند. از این روش حداکثر احتمال بترتیب با اختلاف ضریب کاپای ۵/۸۹، ۲/۵ و ۱۵/۶۵ درصد نسبت به روش‌های تصمیم‌گیری درختی جینی، آنتروپی و نسبت بهره در پژوهش حاضر از دقت بالاتری برخوردار است

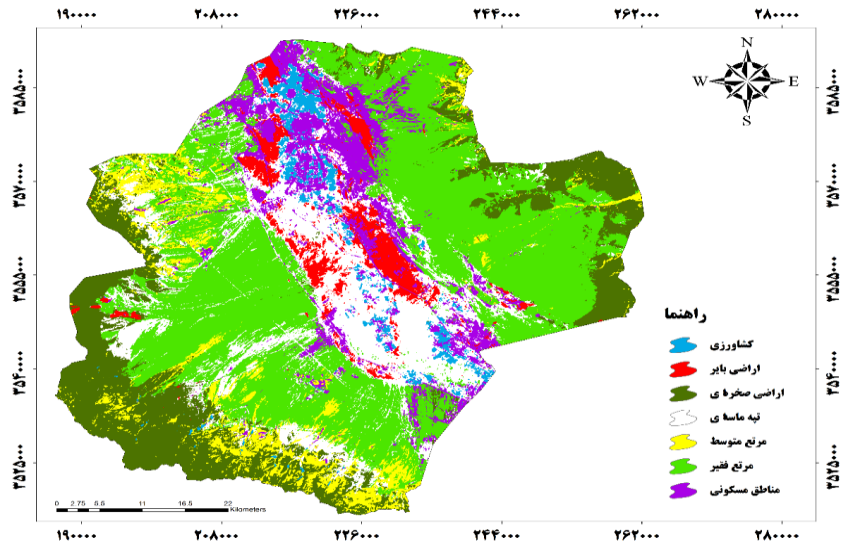
جهت طبقه‌بندی تصویر ماهواره‌ای لندست ۸ سال ۲۰۱۶، کلاس‌های کاربری اراضی در ۷ طبقه شامل، کشاورزی، اراضی بایر، اراضی صخره‌ای، تپه ماسه‌ای، مرتع فقیر، مرتع متوسط و اراضی مسکونی تقسیم شد. نقشه‌های طبقه‌بندی پوشش اراضی منطقه یزد- اردکان با استفاده از روش طبقه‌بندی پیکسل پایه روش شبکه عصبی حداکثر احتمال و تصمیم‌گیری درختی مربوط به سال ۲۰۱۶ در شکل‌های ۲ تا ۵ نشان داده شده است.



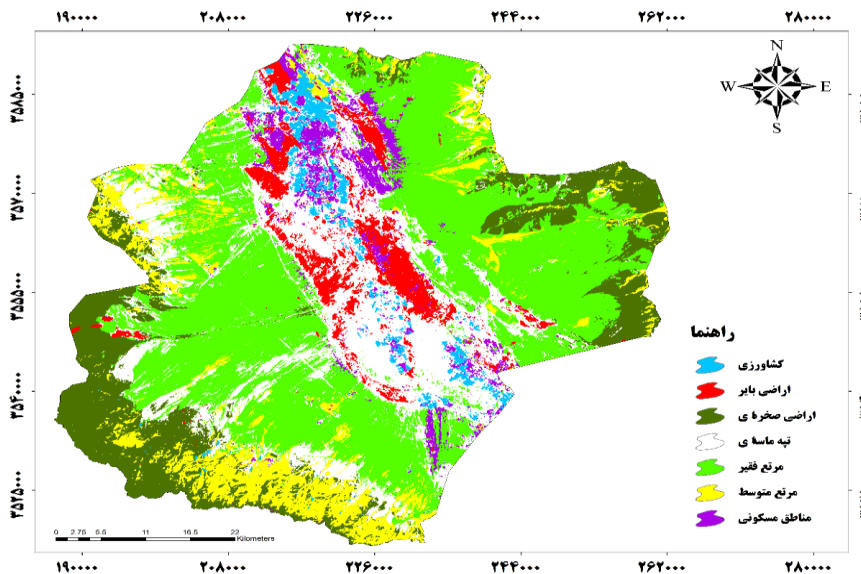
شکل ۲- نقشه کاربری اراضی منطقه دشت یزد- اردکان با بهره‌گیری از روش حداکثر احتمال



شکل ۳- نقشه کاربری اراضی منطقه دشت یزد- اردکان با بهره‌گیری از روش جینی



شکل ۴- نقشه کاربری اراضی منطقه دشت یزد- اردکان با بهره‌گیری از روش آنتروپی



شکل ۵- نقشه کاربری اراضی منطقه دشت یزد- اردکان با بهره‌گیری از روش نسبت بهره

جدول ۱- ماتریس خطای طبقه‌بندی کاربری اراضی به روش حداکثر احتمال

کلاس	مرتج فقیر	اراضی صخره‌ای	اراضی مسکونی	تپه ماسه‌ای	کشاورزی	اراضی بایر	مرتج متوسط	مجموع
مرتج فقیر	۴۲۹۱۴	۱۶۳۳	۳۲	۲۹۰	۱	۰	۶۸	۴۴۹۳۸
اراضی صخره‌ای	۱۰۴	۱۹۵۱۱	۳۸	۱۱	۴	۰	۲۱۷	۱۹۸۸۵
اراضی مسکونی	۴۵	۵۵	۱۲۷۰	۵۳	۱۱۳	۲۱	۲	۱۵۵۹
تپه ماسه‌ای	۳۷۰	۶۱	۵۵	۴۳۶۷	۲۰	۸	۷	۴۸۸۸
کشاورزی	۱۰	۶	۹۵	۹	۵۵۱۷	۰	۰	۵۶۳۷
اراضی بایر	۰	۰	۲۹	۳۴۵	۱	۵۰۴۵	۰	۵۴۲۰
مرتج متوسط	۲۵۰	۱۴۴۹	۱۶	۳	۰	۰	۵۹۴۰	۷۶۹۳
مجموع	۴۳۷۲۸	۲۲۷۱۵	۱۵۳۵	۵۰۷۸	۵۶۵۶	۵۰۷۴	۶۲۳۴	۹۰۰۲۰

ضریب کاپا: ۹۱/۱۵

جدول ۲- ماتریس خطای طبقه‌بندی کاربری اراضی به روش جینی

کلاس	مرتج فقیر	اراضی صخره‌ای	اراضی مسکونی	تپه ماسه‌ای	کشاورزی	اراضی بایر	مرتج متوسط	مجموع
مرتج فقیر	۴۲۲۳۵	۱۹۶۱	۲۸	۴۶۸	۴	۰	۲۸۶	۴۴۹۸۲
اراضی صخره‌ای	۱۹۴	۱۷۴۷۷	۰	۴	۰	۰	۸۷۱	۱۸۵۴۶
اراضی مسکونی	۶۵۱	۱۱۶	۱۴۳۸	۳۹	۷۵	۰	۸	۲۳۲۷
تپه ماسه‌ای	۴۹۹	۴۵۰	۱۶	۴۵۰۷	۲۶	۱۲۱	۱۸	۵۶۳۷
کشاورزی	۰	۱۱۳	۴۵	۳۵	۵۵۵۱	۰	۰	۵۷۴۴
اراضی بایر	۰	۵	۸	۲۵	۰	۴۹۵۳	۰	۴۹۹۱
مرتج متوسط	۱۴۹	۲۵۹۳	۰	۰	۰	۰	۵۰۵۱	۷۷۹۳
مجموع	۴۳۷۲۸	۲۲۷۱۵	۱۵۳۵	۵۰۷۸	۵۶۵۶	۵۰۷۴	۶۲۳۴	۹۰۰۲۰

ضریب کاپا: ۸۵/۷۸

جدول ۳- ماتریس خطای طبقه‌بندی کاربری اراضی به روش آنتروپی

کلاس	مرتج فقیر	اراضی صخره‌ای	اراضی مسکونی	تپه ماسه‌ای	کشاورزی	اراضی بایر	مرتج متوسط	مجموع
مرتج فقیر	۴۲۵۱۶	۲۱۲۰	۲	۲۰۲	۰	۰	۱۹۸	۴۵۰۳۸
اراضی صخره‌ای	۱۳۵	۱۹۰۰۰	۰	۰	۰	۰	۱۱۱۱	۲۰۲۴۶
اراضی مسکونی	۸۱	۱۰۱	۱۴۰۷	۰	۳۵	۴	۱۰	۱۶۳۸
تپه ماسه‌ای	۷۵۳	۳۴۹	۸۸	۴۷۷۴	۶۴	۱۱۹	۴	۶۲۵۱
کشاورزی	۰	۰	۳۸	۲	۵۵۵۷	۰	۰	۵۵۹۷
اراضی بایر	۰	۰	۰	۰	۰	۴۹۵۱	۰	۴۹۵۱
مرتج متوسط	۲۴۳	۱۱۴۵	۰	۰	۰	۰	۴۰۱۱	۶۲۹۹
مجموع	۴۳۷۲۸	۲۲۷۱۵	۱۵۳۵	۵۰۷۸	۵۶۵۶	۵۰۷۴	۶۲۳۴	۹۰۰۲۰

ضریب کاپا: ۸۸/۹۵

جدول ۴- ماتریس خطای طبقه‌بندی کاربری اراضی به روش نسبت بهره

کلاس	مرتج فقیر	اراضی صخره‌ای	اراضی مسکونی	تپه ماسه‌ای	کشاورزی	اراضی بایر	مرتج متوسط	مجموع
مرتج فقیر	۴۰۱۸۹	۱۷۹۷	۶۸	۸۰۸	۱۲	۰	۳۴۹	۴۳۲۲۳
اراضی صخره‌ای	۶۷۷	۱۴۹۱۷	۱	۳۹	۶	۰	۵۹۶	۱۶۲۳۶
اراضی مسکونی	۶۶	۸۲	۱۰۰۵	۶۵	۱۰۶	۵	۱۲	۱۳۴۱
تپه ماسه‌ای	۲۱۵۷	۱۱۳۶	۲۷۹	۴۰۸۹	۱۹۵	۱۸۴	۳۰۵	۸۳۴۵
کشاورزی	۰	۸	۵۵	۰	۵۳۱۲	۰	۱	۵۳۷۶
اراضی بایر	۰	۱۲	۶۲	۷۴	۱	۴۸۸۵	۰	۵۰۳۴
مرتج متوسط	۶۳۹	۴۷۶۳	۶۵	۳	۲۴	۰	۴۹۷۱	۱۰۴۶۵
مجموع	۴۳۷۲۸	۲۲۷۱۵	۱۵۳۵	۵۰۷۸	۵۶۵۶	۵۰۷۴	۶۲۳۴	۹۰۰۲۰

ضریب کاپا: ۷۶/۸۸

پس از تهیه نقشه کاربری اراضی به روش‌های طبقه‌بندی مذکور، مساحت ۷ طبقه کاربری اراضی بدست آمد (جدول ۵).

جدول ۵- مساحت کاربری‌های مختلف در روش‌های مختلف طبقه‌بندی (هکتار)

نوع کاربری	حداکثر احتمال	جینی	آنتروپی	نسبت بهره
کشاورزی	۱۲۴۷۵/۸	۱۰۷۸۲/۴۵	۸۹۵۳/۲۹	۸۵۰۱/۲۲
اراضی بایر	۲۱۶۷۸/۵۷	۱۵۸۱۵/۶۱	۱۹۹۶۴/۰۷	۳۱۴۶۱/۳
اراضی صخره‌ای	۵۴۳۴۵/۷۸	۶۱۹۴۸/۳۵	۶۴۹۶۳/۸۹	۵۳۶۶۲/۷۷
تپه ماسه‌ای	۲۳۵۴۵/۰۸	۵۱۰۴۰/۷۱	۶۵۴۴۳/۰۵	۸۰۷۳۵/۹۴
مرتع فقیر	۱۴۵۷۴۰	۱۵۲۲۵۲/۱	۱۵۴۸۶۹/۹۳	۱۹۴۱۷۳/۵۶
مرتع متوسط	۲۵۶۹۵/۵۴	۲۶۰۵۷/۳۴	۲۵۱۱۸/۴۶	۳۸۴۱۴/۱۶
اراضی مسکونی	۱۷۹۹۴/۹۶	۳۴۱۸۱/۱۹	۴۲۰۶۴/۷۴	۳۱۴۶۱/۳
مجموع	۳۶۶۷۲۷/۵۹	۳۶۶۷۲۷/۵۹	۳۶۶۷۲۷/۵۹	۳۶۶۷۲۷/۶

جدول ۶- ارزیابی دقت روش‌های مختلف طبقه‌بندی کاربری اراضی در دشت یزد- اردکان

ضریب کاپا	روش
۹۱/۱۵	حداکثر احتمال
۸۵/۷۸	جینی
۸۸/۹۵	آنتروپی
۷۶/۷۸	نسبت بهره

۴- بحث و نتیجه‌گیری

محدودیت‌های این داده‌ها را مشخص کند. اما آنچه که مهم است بررسی قابلیت این داده‌ها با توجه به پیشرفت‌های روز افزون قابلیت‌های طیفی و مکانی آنها می‌باشد. همچنین بررسی این داده‌ها در شرایط محیطی با تنوع کاربری‌ها و پوشش گیاهی ضروری به نظر می‌رسد.

گرفته و فرض می‌شود همه‌ی مناطق آموزشی از پراکنش یکسانی برخوردار هستند. در حقیقت نمونه‌های آموزشی باید معرف کل کلاس‌ها باشند. بنابراین هرچه تعداد نمونه‌های آموزشی بیشتری استفاده شود تغییرات بیشتری از ویژگی‌های طیفی در آن گستره قرار خواهد گرفت (علوی پناه، ۱۳۸۴). از میان روش‌های طبقه‌بندی نظارت شده، روش حداکثر احتمال تاکنون به‌عنوان دقیق‌ترین و پراستفاده‌ترین روش‌ها شناخته شده است (علوی پناه و احسانی، ۱۳۸۲؛ Lu et al., 2004). با مقایسه دقت طبقه‌بندی حاصل از الگوریتم‌های مختلف و احتمال طبقه‌بندی درختی، جینی و نسبت بهره مشخص گردید که نتایج حاصل از روش‌های مختلف طبقه‌بندی کاربری اراضی نشان می‌دهد که روش حداکثر احتمال دارای تصویری با

در حال حاضر استفاده از نقشه‌های اراضی یکی از ارکان مهم در تولید اطلاعات برای برنامه‌ریزی‌های کلان و خرد می‌باشد. استفاده از تصاویر ماهواره‌ای امروزه به‌عنوان راهکاری مناسب در تهیه نقشه‌های کاربری اراضی مطرح است. استفاده و کاربرد این تصاویر در زمینه‌های مختلف می‌تواند قابلیت و

با استفاده مشاهدات صحرایی و تفسیر عکس‌های هوایی بزرگ مقیاس، می‌توان نقشه پوشش و کاربری اراضی را تولید کرد، ولی روش مذکور وقت‌گیر و هزینه‌بر است. استفاده از داده‌های ماهواره‌ای، راه مناسبی برای تهیه نقشه پوشش اراضی و پایش آن بویژه در مناطق وسیع است (Yu et al., 2006). هدف از پژوهش حاضر ارزیابی روش‌های طبقه‌بندی تصمیم‌گیری درختی جینی، آنتروپی، نسبت بهره در مقایسه با روش حداکثر احتمال با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای لندست ۸ مربوط به سال ۲۰۱۶ جهت تهیه نقشه کاربری اراضی حوزه دشت یزد- اردکان بود. پس از تصحیحات لازم و پیش‌پردازهای اولیه تصاویر، اقدام به طبقه‌بندی داده‌ها گردید. در روش پیکسل پایه، واریانس و کواریانس داده‌ها مورد ارزیابی قرار

نتایج تحقیق حاضر با نتایج فتیحی زاد و همکاران (۱۳۹۴) که دو روش حداکثر احتمال و فازی را جهت استخراج نقشه پوشش مرتعی به کار گرفته و مشخص کردند که روش شبکه عصبی مصنوعی آرتمپ فازی نسبت به روش حداکثر احتمال دارای دقت بالاتری است که این به دلیل غیر خطی بودن و غیر پارامتریک بودن شبکه مصنوعی آرتمپ فازی می باشد مغایر است. در طبقه بندی به روش حداکثر احتمال داده های آموزش نقش حیاتی دارند. در این روش فرض بر این است که توزیع در داخل نمونه های آموزشی نرمال باشد که اگر نتوان این شرط را برآورد نمود دقت طبقه بندی به شدت پایین می آید. در حالی که روش عصبی بر مبنای ویژگی ها و ساختار خود داده ها عمل می کنند. و به این دلیل است که شبکه های عصبی در ترکیب داده های با منبع مختلف موفق ترند.

مقایسه مساحت کاربری های اراضی در نقشه تولید شده نشان می دهد که مساحت کاربری های اراضی ماسه ای و اراضی صخره ای در نقشه های حاصل از الگوریتم های تصمیم گیری درختی، جینی و نسبت بهره تقریباً نزدیک به هم هستند.

وضوح بالا است. به طور کلی روش حداکثر احتمال با اختلاف ضریب کاپای ۱۴/۲۷ درصد نسبت به روش های تصمیم گیری درختی، جینی و نسبت بهره برای سری داده های مورد استفاده در تحقیق حاضر از دقت بالاتری برخوردار است یافته های پژوهش با نتایج علوی پناه و مسعودی (۱۳۸۰) که برای طبقه بندی تصاویر ماهواره لندست TM برای تهیه نقشه کاربری اراضی منطقه موک استان فارس از روش حداکثر احتمال استفاده نمودند و نتایج حاصل از ارزیابی کارایی دقت طبقه بندی روش مذکور را در تولید نقشه کاربری اراضی نشان داد مطابق می باشد. شتایی و عبدی (۲۰۰۷) به منظور تهیه نقشه کاربری اراضی در حوزه سرخاب خرم آباد در استان لرستان، از داده های سنجنده ETM⁺ استفاده کردند و طبقه بندی تصویر به روش ظارت شده و با استفاده از الگوریتم های حداکثر احتمال، متوازی السطوح و حداقل فاصله از میانگین انجام گرفت. نتایج نشان داد که طبقه بندی حداکثر احتمال، نتایج بهتری در مقایسه با دو روش طبقه بندی دیگر ارائه می دهد که نتایج پژوهش حاضر را تایید می کند.

منابع

- امیری، ا؛ چاوشی، ح؛ امینی، ج. (۱۳۸۶). مقایسه سه طبقه بندی تصویر ماهواره ای: فازی، شبکه عصبی و حداقل فاصله، کنفرانس ژئوماتیک، مرکز ملی کارتوگرافی، تهران. ۲۰ صفحه.
- فتیحی زاد، ح؛ فلاح شمسی، ر؛ مهدوی، ع؛ آرخی، صالح. (۱۳۹۴). مقایسه دو روش طبقه بندی حداکثر احتمال و شبکه عصبی مصنوعی آرتمپ فازی در استخراج نقشه پوشش مرتعی (مطالعه موردی: مرتع حوزه دوبرج دهلران)، فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان، جلد ۲۲، شماره ۱، ۷۲-۵۹.
- فازی زاده، ب؛ هالالی، ح. (۲۰۱۰). مقایسه پارامترهای پیکسل پایه و شی گرا و پارامترهای موثر بر کاربری اراضی / پوشش استان آذربایجان غربی، مطالعات جغرافیایی، ۷۱، ۸۴-۷۳.
- علوی پناه، ک. (۱۳۸۴). کاربرد سنجنش از دور در علوم زمین، چاپ سوم، انتشارات دانشگاه تهران. ۴۸۷ صفحه.
- علوی پناه، ک؛ مسعودی، م. (۱۳۸۰). تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از داده های رقومی ماهواره لندست TM و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: منطقه موک استان فارس)، علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۱، ۷۴-۶۵.
- علوی پناه، س. ک؛ احسانی، ا. (۱۳۸۲). بررسی بیابان زایی و تغییرات اراضی پلائیای دامغان با استفاده از داده های ماهواره ای چندزمانه و چندطیفی، بیابان، ۹(۱): ۱۵۴-۱۴۳.
- علوی پناه، ک؛ ولدنی، م. (۱۳۸۹). سنجنش از راه دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی، انتشارات دانشگاه تهران، ایران، ۱۵۳-۱۴۹.
- مسگری، س. (۱۳۸۰). بررسی روند تغییرات در سطوح جنگل با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و بررسی از یک فاصله، تهران، پروژه تحقیقاتی دانشکده فنی، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی.
- یعقوب زاده، م؛ اکبرپور، ا. (۱۳۹۰). اثر الگوریتم طبقه بندی تصاویر ماهواره ای بر اساس تعداد منحنی رواناب و حداکثر تخلیه سیل با استفاده از GIS و RS. جغرافیا و توسعه، ۹ (۲۲)، ۲۲-۵.

- Alavipanah, S. K., Valadni, M. 2009, Remote Sensing and GIS, Tehran University Press, Iran. 149-153.
- Alavipanah, S. K., Masudi, M. 2000, Land Use Mapping Using Landsat Digital Data and GIS, Journal of Agricultural Sciences and Natural Resource, pp. 65-76.
- Alavipanah, S. K., Ahsani, A. 2002, Investigating Desertification and Meghan Playa Lands Changes With Use of Multi-Temporal and Multispectral Satellite Images, Desert Journal, vol. 9, No 1, pp. 143-154.
- Alavipanah, S. K. 2003, Application Remote Sensing in Geology (Earth Sciences), Geographic Institute of Tehran University Press, pp. 478.
- Amiri, A., Chavooshi, H., Amini, J. 2007, Comparison of Three Satellite Image Classification: Fuzzy, Neural Network and Minimum Distance, Geomatic Conference, National Cartographic Center, Tehran. Austria, pp. 20.
- DeFries, R. S., Townshed, J. G. 1994, NDVI Derived Land Cover Classification at a Globe Scale, International Journal of Remote Sensing, vol. 5, pp. 3567-3586.
- Fazizadeh, B., Helali, H. 2010, Comparison of Pixel-Based and Object-Oriented and Parameters Affecting the on Land Use/Cover West Azerbaijan Province, Geography Studies, vol 71, pp. 73-84.
- Fathizad, H., Fallah Shamsi, R., Mahdavi, A., Arekhi, S. 2015, Comparison of Two Classification Methods of Maximum Probability and Artificial Neural Network of Fuzzy Artmap to Produce Rangeland Cover Maps (Case study: Rangeland of Doviraj, Dehloran), Iranian Journal of Range and Desert Research, Vol. 22, No. 1, PP. 59-72.
- Ghose, M. K., Pradha, R., Ghose Sucheta, S. 2010, Decision Tree Classification of Remotely, International Journal of Advanced Computer Science and Applications, vol. 1, pp. 93-101.
- 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, vol. 4, No. 15, pp. 423-430.
- Mohammed Ismail, Z. 2011, Monitoring of Changes Land Use Karaj of Using Remote Sensing Techniques, Iranian Journal of Soil Research, vol. 24, No. 1, pp. 81-88.
- Lippitt, C. D., Rogan, J., Li, Z., Eastman, J. R., Jones, T. G. 2008, Mapping Selective Logging in Mixed Deciduous Forest: A Comparison of Machine Learning Algorithms, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, vol. 74, pp. 1201-1211.
- Liu, X. H., Skidmore, A. K., Oosten, H.V. 2002, Integration of Classification Methods for Improvement of Land-cover Map Accuracy, ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, vol. 56, pp. 257-268.
- Lu, D., Mausel, P., Brondi'zio, E., Moran, E. 2004, Change Detection Techniques, International Journal of Remote Sensing, vol. 25, No. 12, pp. 2365-2407.
- Loveland, T. R., Reed, B. C., Brown, J. F., Ohlen, D. O., Zhu, Z., Yang, L., Merchant, J. W. 2000, Development of a Global Land Cover Characteristics Database and IGBP Discover From 1 km AVHRR Data, International Journal of Remote Sensing, 21.
- Mass, 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, Toulouse, France, pp. 3498-3500.
- Mesghari, S. 2001, Investigating the Trend of Changes in Forest Levels Using the Geographic Information System and its Pupils From a Distance, Tehran, Research project of the Faculty of Engineering, Khaje Naseerdin Tousi University.
- Schiewe, J. 2002, Segmentation of High-Resolution Remotely Sensed Data Concepts, Application and Problems, in Symposium on Geospatial Theory, Processing and Applications, Ottawa, Canada, PP. 235-242.
- Shatee, S. H., Abdi, O. 2007, Land Cover Mapping in Mountainous Lands of Zagros Areas Using ETM+ Data Case Study: Sorkhab Watershed, Lorestan Province, Agricultural Sciences and Natural Resource Journal, vol. 14, No. 1, 129-139.
- Sugumaran, R. 2001, Forest Land Cover Classification Using Statistical and Artificial Neural Network Approaches Applied to IRS LISS - III Sensor, Geocarto International, Vol. 16, No. 2, pp. 39-44.
- Yaghoobzadeh, M., Akbarpour, A. 2011, The Effect of Satellite Image Classification Algorithm Based on Curve Number Runoff and Maximum Flood Discharge Using GIS and RS, Geography and Development, vol. 9, No. 22, pp. 5-22.
- Yu, Q., Gong, P., Clinton, N., Biging., G., Kelly, M., Schirokauer, D. 2006, Object-Based Detailed Vegetation Classification with Airborn High Spatial Resolution Remote Sensing Imagery, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, vol. 72, No. 7, pp. 799-811.
- Yuan, F., Bauer, M. E., Heinert, N. J., Holden, G. R. 2005, Multi-Level Land Cover Mapping of the Twin Cities (Minnesota) Metropolitan Area with Multi-seasonal Landsat TM/ETM+ Data, Geocarto International, Vol. 20, No. 2, pp. 5-14.
- Zambon, M., Lawrence, R., Bunn, A., Powell, S. 2006, Effect of Alternative Splitting Rules on Image Processing Using Classification Tree Analysis, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, vol. 72, No. 1.