

مقایسه‌ی روش های فازی و حداکثر احتمال برای تهیه نقشه پوشش اراضی تالاب گندمان با استفاده از تصاویر ماهواره لندست

لیلا سمیعی^{۱*}

[nkleilasamiee@yahoo.com](mailto:nskleilasamiee@yahoo.com)

مرضیه علی خواه اصل^۲

محمد رضوانی^۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۴/۰۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۱/۱۷

چکیده

تهیه نقشه‌های کاربری و پوشش زمین به منظور اطلاع از کاربری ها و برنامه ریزی در جهت مدیریت بهینه‌ی کاربری اراضی از جمله اقدامات اساسی برای دستیابی به توسعه پایدار است، این مساله در خصوص مناطق حساس و به‌خصوص تالاب‌ها به علت وابستگی عملکردهای هیدرولوژیکی و بیوژئولوژیکی آن‌ها به جریان‌ات سطحی و زیرزمینی و موقعیت آن‌ها در سیمای سرزمین از اهمیت بیش تری برخوردار است. امروزه الگوریتم‌های زیادی جهت مقایسه نقشه‌های کاربری/ پوشش اراضی، توسعه یافته است. هدف از این مطالعه مقایسه دو روش حداکثر احتمال و فازی، جهت تهیه نقشه پوشش اراضی تالاب بین المللی گندمان و اراضی پیرامون با استفاده از تصاویر ماهواره لندست می‌باشد. برای این منظور، از تصاویر سال ۲۰۱۴ مربوط به سنجنده OLI ماهواره لندست ۸ استفاده شد. بر اساس نتایج به دست آمده، منطقه‌ی مورد مطالعه به طبقات تالاب، اراضی کشاورزی، اراضی بایر و مرتع تقسیم گردید و دقت کلی و ضریب کاپا برای نقشه‌های کاربری اراضی محاسبه شد که بر اساس نتایج به دست آمده می‌توان بیان کرد نقشه‌ی کاربری اراضی حاصل از الگوریتم فازی با دقت کلی ۸۶/۷۰ و ضریب کاپای ۰/۷۹ نسبت به الگوریتم حداکثر احتمال با دقت کلی ۸۱/۲۰ و ضریب کاپای ۰/۷۱ از دقت بالاتری برخوردار بوده است.

کلمات کلیدی: تالاب، روش فازی، روش حداکثر احتمال، کاربری/ پوشش اراضی.

۱- کارشناسی ارشد ارزیابی و آمایش سرزمین، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران. *مسئول مکاتبات)

۲- استادیار، گروه منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

Comparing fuzzy and maximum likelihood methods to land cover mapping in Gandoman wetland using Landsat satellite data

Leila Samiee ^{1*} (*Corresponding Author*)

Vheidadri56@gmail.com

Marzieh Alikhah-Asl ²

Mohammad Rezvani ²

Abstract

Preparation of land use and land cover maps in order to inform from land use and planning with optimal planning one of the basic measures to achieve sustainabl development. This issue is more important in sensitive areas and particularly in wetland due to dependence of hydrologic and biogeological performance of them to surface and groundwater flows and their status in the landscape. Nowadays, many algorithms have developed to compare maps of land use / cover maps. The aim of this study is comparison of two methods of maximum likelihood and fuzzy method for preparation of land use/cover maps in Gandoman international wetland and the land around it using Landsat images. For this study, Images (2014) were used related to landsat. Based on obtained results the study area was classified into farmland, bare land, rangeland and lagoon. Thereafter overall accuracy and kappa computed for each land use. Finally results showed that fuzzy method more accurately produced land were used than maximum probability method. The result can be staded maps of land use fuzzy algorithm with overall accuracy 86.70 and kappa coefficient 0.79 to maximum likelihood in overall accuracy 81.20 and kappa coefficient is 0.71, higher accuracy.

Key Words: Wetland, Fuzzy method, Maximum likelihood method, Land use and land cover.

1- MSc in Assessment and Land Use Planning, Natural Resources and Environmental Engineering Department, Faculty of Agricultural Science, Payame Noor University (PNU), Tehran, Iran. **(Corresponding Author)*

2- Assistant Professor, Natural Resources and Environmental Engineering Departmnt, Faculty of Agricultural Sciences, Payame Noor University, Tehran, Iran.

مقدمه

داده‌های ماهواره‌ای یکی از سریع‌ترین و کم هزینه‌ترین روش‌های در اختیار محققان جهت تهیه نقشه‌ی کاربری اراضی می‌باشد (۱). تجزیه و تحلیل این داده‌ها می‌تواند بینش‌های صحیح جهت تعامل انسان با محیط طبیعی فراهم کند. به خصوص تجزیه و تحلیل تصاویر چند طیفی می‌تواند به انسان جهت شناسایی پوشش زمین کمک کند (۲). ارزیابی روند تغییرات کاربری زمین فرایندی است که به ایجاد درک صحیحی از نحوه تعامل انسان و محیط زیست منجر می‌شود. تهیه نقشه‌های کاربری و پوشش زمین به منظور اطلاع از کاربری‌ها و برنامه ریزی در جهت کاربری‌های دلخواه از جمله اقدامات اساسی برای استفاده بهینه از منابع زمین است. این مسأله در خصوص مناطق حساس و به خصوص تالاب‌ها به علت وابستگی عملکردهای هیدرولوژیکی و بیولوژیکی آن‌ها به جریان‌ات سطحی و زیرزمینی و موقعیت آن‌ها در سیمای سرزمین از اهمیت بیش تری برخوردار است (۳، ۴). از آنجا که تغییرات در کاربری / پوشش اراضی در سطوح وسیع و گسترده صورت می‌گیرد، لذا تکنولوژی سنجش از دور یک ابزار با ارزش در ارزیابی تغییرات به دلیل پوشش و برداشت مکرر از منابع می‌باشد (۵). چیت ساز (۶) بیان داشت که با توجه به قابلیت بالای تصاویر ماهواره‌ای بهنگام بودن، چند طیفی بودن، تکراری بودن، پوشش وسیع و افزایش روزافزون توان تفکیک طیفی و مکانی آن‌ها، می‌توان جهت مطالعه و بررسی تالاب‌ها استفاده نمود. در مطالعات آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی، روش‌های مبتنی بر طبقه بندی اطلاعات دقیقی درباره‌ی انواع پوشش‌های زمین قبل و بعد از تغییر فراهم می‌کنند و وجود چنین اطلاعاتی در مطالعات پایش اهمیت دارد، بنابراین انتخاب روش‌ها به این دسته محدود می‌شوند و به طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرند (۷). امروزه الگوریتم‌های زیادی جهت طبقه بندی و تهیه نقشه‌ی کاربری / پوشش اراضی توسعه یافته است. از متداول‌ترین و دقیق‌ترین روش‌های طبقه‌بندی مورد استفاده برای این منظور می‌توان به روش‌های آماری نظیر

طبقه‌بندی حداکثر احتمال اشاره نمود. اما مشکلاتی از قبیل فرضیات مورد نیاز این روش‌ها، منجر به ایجاد روش‌های جدیدتر و استفاده بیش تر از آن‌ها شده است. روش‌های جدید طبقه بندی از جمله فازی توجه زیادی را به خود جلب کرده‌اند. محققان زیادی به بررسی و مطالعه روش‌های پایش تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و تکنیک‌های سنجش از دور پرداخته‌اند. از مطالعات صورت گرفته می‌توان به تحقیقات علوی پناه و مسعودی (۱۳۸۰) اشاره کرد که برای طبقه بندی تصاویر ماهواره لندست جهت تهیه نقشه کاربری اراضی منطقه موک استان فارس از روش حداکثر احتمال استفاده نمودند. نتایج حاصل ارزیابی دقت طبقه بندی کارایی روش مذکور را در تولید نقشه کاربری اراضی نشان داده براساس تحقیقات آن‌ها با توجه کوهستانی بودن منطقه انتخاب راهبرد مناسب برای طبقه بندی تصاویر ماهواره ای ضروری می‌باشد (۸). رحیمی و همکاران (۱۳۹۱) تغییرات پدیده‌های محیط زیستی تالاب بین المللی شادگان با کمک تصاویر ماهواره لندست، روش طبقه بندی نظارت شده و الگوریتم شباهت در یک دوره زمانی ۲۰ ساله بررسی کردند. آن‌ها با بررسی سیر تحولات ناخوشایند تالاب شادگان و ادامه آن روند، خطر جبران ناپذیر موجودیت و یکپارچگی تالاب را هشدار دادند (۹). رفیعی و همکاران (۱۳۹۰) با استفاده از تصاویر چندزمانه سنجند TM تغییرات محیط زیستی تالاب نی‌ریز را بررسی کردند. آن‌ها به منظور یافتن مقدار و علت تغییرات در این تالاب طی سال‌های ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۹ از روش‌های سنجش از دور در پردازش تصاویر ماهواره لندست استفاده کردند. نتایج طبقه بندی نظارت شده و الگوریتم حداکثر احتمال، نشان دهنده دقت کلی بالایی بوده است (۱۰). از دیگر مطالعات انجام شده می‌توان به دهستانی (۱۱)، رفیعیان و همکاران (۱۲)، نیازی و همکاران (۱۳)، ویلسون (۱۴)، ژانک و فودی (۱۵)، فودی (۱۶)، سونار اربیک و همکاران (۱۷) و وربیک و همکاران (۱۸) اشاره کرد. با توجه به این که تغییرات کاربری و پوشش

روش بررسی

داده‌های مورد استفاده

در این تحقیق از داده‌های رقومی ماهواره لندست ۸ مربوط به ۳۰ می ۲۰۱۴ به شماره گذر و ردیف ۱۶۴-۳۸ از سنجنده OLI استفاده شده است. در این مطالعه از باندهای ۱ تا ۸ استفاده شده است.

اراضی باعث ایجاد تغییرات زیادی در تالاب گندمان گردیده و از آنجا که از مهم‌ترین مشکلات پایش تغییرات کاربری اراضی در این منطقه، عدم وجود اطلاعات مکان دار دقیق و به‌روز است که این عوامل به‌طور دقیق و با روش‌های جدید مورد مطالعه قرار نگرفته‌اند، لزوم انجام این مطالعه را نشان می‌دهد. هدف از این مطالعه مقایسه دو روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال و فازی جهت استخراج نقشه‌ی کاربری اراضی تالاب بین‌المللی گندمان چهار محال و بختیاری از تصاویر ماهواره لندست می‌باشد.

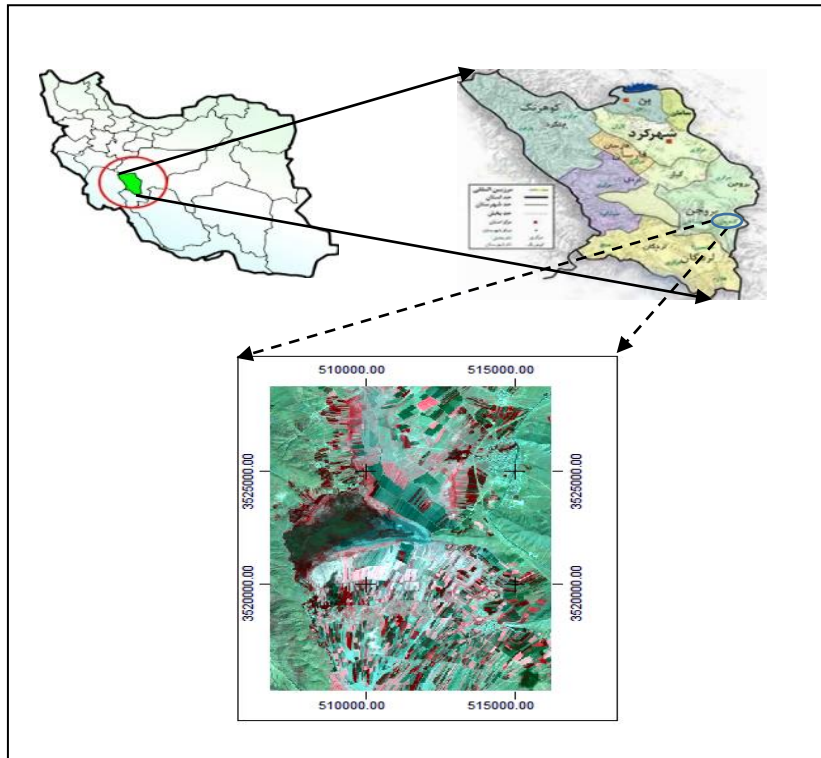
جدول ۱- باندهای طیفی OLI و TIRS

نام سنجنده	باند طیفی	طول موج (میکرومتر)	قدرت تفکیک (متر)	عرض تصویر برداری (کیلومتر)
OLI	باند ۱- باند Coastal/Aerosol	۰/۴۳۳-۰/۴۵۳	۳۰	۱۸۵
	باند ۲- آبی	۰/۴۵۰-۰/۵۱۵	۳۰	
	باند ۳- سبز	۰/۵۲۵-۰/۶۰۰	۳۰	
	باند ۴- قرمز	۰/۶۳۰-۰/۶۸۰	۳۰	
	باند ۵- مادون قرمز نزدیک	۰/۸۴۵-۰/۸۸۵	۳۰	
	باند ۶- مادون قرمز کوتاه	۱/۵۶۰-۱/۶۶۰	۳۰	
	باند ۷- مادون قرمز طول موج کوتاه	۲/۱۰-۲/۳۰	۳۰	
	باند ۸- Panchromatic	۰/۵۰-۰/۶۸	۱۵	
	باند ۹- Cirrus	۱/۳۶-۱/۳۹	۳۰	
TIRS	باند ۱۰- مادون قرمز حرارتی	۱۰/۳۰-۱۱/۳۰	۱۰۰	
	باند ۱۱- مادون قرمز حرارتی	۱۱/۵۰-۱۲/۵۰	۱۰۰	

منطقه‌ی مورد مطالعه

در این سیستم طول و عرض جغرافیایی بیضوی مبنای WGS84 به شرح ذیل است:
طول جغرافیایی ۲۸° ۲۷' ۵۱" تا ۵۱° ۰۸' ۶۶" شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲° ۱۷' ۳۵" تا ۳۵° ۲۵' ۳۹۹" شمالی می‌باشد.

منطقه مورد بررسی، اراضی محدوده تالاب گندمان با وسعت حدود ۱۴ هزار هکتار می‌باشد که با ارتفاع حدود ۲۲۱۹ متر از سطح دریا در استان چهار محال و بختیاری در بخش گندمان با فاصله تقریبی ۹۰ کیلومتری از مرکز استان واقع شده و نزدیکترین شهر به آن شهر گندمان می‌باشد که با فاصله ۴ کیلومتری از آن قرار گرفته است. بر مبنای سیستم مختصات UTM این منطقه در زون ۳۹ شمالی قرار دارد و مختصات آن



شکل ۱ - موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان چهارمحال و بختیاری و ایران (منبع: نگارندگان)

پیش‌پردازش تصاویر

مورد بررسی قرار گرفت. تصاویر پانکروماتیک با تعداد ۲۵ نقطه کنترل زمینی و بکارگیری رابطه تطابق درجه دوم با RMSE برابر ۰/۸۶ زمین مرجع شد. همچنین تصاویر چند طیفی با استفاده تصاویر تطابق یافته و از تلفیق روش دستی و خودکار RMSE برابر ۰/۴۵ در جهت محور Y و ۰/۶۰ در جهت محور X و به‌کارگیری رابطه تطابق درجه دوم زمین مرجع شد. میزان تطابق هندسی تصاویر پانکروماتیک با استفاده از لایه برداری جاده‌ها مورد بررسی قرار گرفت و تطابق هندسی مناسبی را نشان دادند. همچنین به منظور تصحیح رادیومتریک از روش کاهش تیرگی پدیده در تصویر استفاده شد. به منظور کاهش تیرگی و اثرات پخش اتمسفری، از متد چاوز که عبارت است از روش کم کردن ارزش‌های پیکسل‌های تیره استفاده و ارزش پیکسل‌های تیره در تصویر کاهش داده شد تا فرآیند طبقه‌بندی از صحت بالایی برخوردار باشد. این روش به راحتی در نرم افزار Envi قابل اجراست (۲۱).

پیش‌پردازش‌های لازم بر روی تصاویر شامل بررسی تصحیح هندسی و تصحیح رادیومتریک می‌باشد. با انجام تصحیح هندسی علاوه بر حذف و کاهش خطاهای هندسی یک سیستم مختصات مشخص را نیز به تصویر اعمال کرده و تا حدی خصوصیات یک نقشه را از نقطه‌نظر هندسی به تصویر می‌دهد (۱۹، ۲۰). در این تحقیق از روش کلی برای تصحیح هندسی استفاده شد. به منظور زمین مرجع سازی تصاویر پانکروماتیک نقاط کنترل زمینی از روی نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰ جمع‌آوری شد و در انتخاب نقاط کنترل سعی گردید تا از عوارضی مانند تقاطع راه‌ها، کوچه‌ها، محل پل‌ها و نقاطی که در تصویر و نقشه قابل شناسایی هستند استفاده گردد. زمین مرجع سازی با استفاده از رابطه درجه دوم و روش نمونه‌گیری مجدد نزدیک‌ترین همسایه انجام شد. تصاویر چند طیفی از طریق تطابق تصویر به تصویر، با تصاویر پانکروماتیک مورد مطابقت قرار گرفتند. میزان تطابق هندسی با استفاده از لایه برداری جاده‌ها

پردازش و بارسازی تصویر

به منظور استخراج هر چه کامل تر اطلاعات از تصاویر ماهواره‌ای از روش‌های مناسب تبدیل، بارسازی تصویر نظیر ترکیب‌های رنگی مختلف، نسبت‌گیری طیفی، ادغام تصاویر چند طیفی با پانکروماتیک، شاخص‌های پوشش گیاهی و تبدیل تسلدکپ می‌توان استفاده کرد (۲، ۴، ۲۲). در این مرحله اقدام به تهیه ترکیب‌های رنگی مختلف کرده و ترکیب ۵۴۳ برای تصویر سنجنده OLI به عنوان بهترین ترکیب برای استفاده در مراحل بعدی انتخاب شد. معمولاً در طبقه‌بندی و استخراج بهتر اطلاعات در فضای n بعدی، تعدادی باند مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای انتخاب مناسب‌ترین ترکیبات باندی از شاخص فاکتور مطلوبیت (OIF) استفاده شد. استفاده از تعداد باندهای مختلف و متعدد در طبقه‌بندی، میزان اطلاعات دریافتی و همچنین دقت طبقه بندی را افزایش می‌دهد. در این تحقیق علاوه بر باندهای طیفی اصلی، باندهای مختلف مصنوعی نیز برای شرکت در طبقه‌بندی تهیه شدند. بدین صورت که یک مقدار آماری تحت عنوان فاکتور مطلوبیت وجود دارد که براساس بالاترین مجموع انحراف از معیارها و پایین‌ترین میزان همبستگی بین هر دو باند، برای هر ترکیبی از سه باند محاسبه می‌شود و هر ترکیب از سه باند که مقدار

بالاتری داشته باشد به نحو مطلوب‌تری در تصویر مرکب، پدیده‌ها را تفکیک می‌کند. یعنی فاکتور مطلوبیت بالاتر مقدار اطلاعات بیش تر و اطلاعات تکراری کم تری را در ترکیب باند مورد نظر نشان می‌دهد (۲). به منظور جداسازی پوشش گیاهی از غیرگیاهی، در این تحقیق از شاخص NDVI که یکی از پر کاربردترین شاخص‌ها به منظور تفکیک پوشش گیاهی است، به همراه باندهای حاصل از ادغام، استفاده شد. این شاخص گیاهی که از معروف‌ترین و ساده‌ترین شاخص‌های گیاهی مورد استفاده است، بر حسب دو باند قرمز و مادون قرمز نزدیک به صورت زیر تعریف می‌شود (۴):

محدوده‌ی شاخص پوشش گیاهی نرمال شده بین -1 و $+1$ است. نواحی سترون صخره‌ای، ماسه‌ای یا برفی معمولاً شاخص‌های $ndvi$ بسیار پایینی (به عنوان مثال $0/1$ با کم تر) را نشان می‌دهد. پوشش گیاهی پراکنده نظیر درختچه‌ها، چمنزارها یا محصولات پیر و فرسوده ممکن است به مقادیر متوسط (تقریباً $0/2$ تا $0/5$)، $NDVI$ منجر شود. ارزش‌های بالای $NDVI$ (تقریباً $0/6$ تا $0/9$) با پوشش‌های گیاهی متراکم از قبیل آن چه که در جنگل‌های حاره‌ای و معتدله و یا محصولات در مرحله‌ی اوج رشد یافت شده است، مطابقت دارد.



شکل ۲- نمودار روند کلی مراحل انجام پژوهش (منبع: نگارندگان)

طبقه‌بندی تصاویر

شد و در حین برداشت موقعیت این نقاط بر روی تصویر منطقه مورد مطالعه که چاپ شده بود، نیز مشخص گردید. سپس در تصویر تصحیح شده این نقاط بر روی تصویر مشخص گردید.

به منظور شناسایی و ایجاد کاربری‌ها و همچنین تهیه نقشه کاربری در منطقه مورد مطالعه از روش‌های طبقه‌بندی نظارت شده استفاده شد.

به منظور تفکیک کاربری‌ها یک طرح طبقه بندی با توجه به مشاهدات میدانی و تفسیر بصری تصاویر ایجاد شد و تصاویر Landsat به چهار کلاسه به منظور تعیین کاربری تقسیم گردیدند.

جدول ۲- تعداد نمونه‌های تعلیمی

(منبع: نگارندگان)

نقاط رفرنس	نقاط شاهد	نمونه تعلیمی کاربری
۳۰	۱۰	تالاب
۸۰	۲۷	اراضی کشاورزی
۶۰	۱۸	اراضی بایر
۵۰	۱۵	مراتع

نمونه‌های تعلیمی و تفکیک پذیری آن‌ها

در طبقه‌بندی نظارت شده، اساس کار طبقه‌بندی کننده‌ها روی نمونه‌های تعلیمی و خصوصیات طیفی آن‌ها استوار می‌باشد. در مطالعات دورسنجی به منظور ارزیابی صحت نقشه‌های تولید شده، نقشه واقعیت زمینی (نقشه مبنا) را می‌توان به صورت بصری از روی عکس‌های هوایی بزرگ مقیاس و یا از روش میدانی تهیه کرد (۲۰، ۲۳، ۸). برای تهیه نقشه واقعیت زمینی دقیق از تمام کاربری‌ها در منطقه مورد مطالعه، با استفاده از GPS، نمونه‌های تعلیمی به صورت پراکنده و تصادفی برداشت

از طریق معیار تفکیک و اگرایبی جفریز- ماتوسیتا بهترین مجموعه کلاس‌ها برای طبقه‌بندی تعیین شد (۲۴). حد تفکیک

پارامترهای برآورد صحت شامل، صحت کلی، صحت تولید کننده، صحت کاربر و ضریب کاپا هستند (۲۰، ۳۱). صحت اطلاعات در واقع میزان احتمال درستی اطلاعات است (۳۳، ۳۲). صحت کلی از جمع عناصر قطر اصلی ماتریس خطا تقسیم بر کل پیکسل‌ها محاسبه گردید. صحت کلی به عنوان یک معیار ارزش‌گذاری صحت طبقه‌بندی، از طریق تقسیم مجموعه پیکسل‌های صحیح طبقه بندی شده تمامی طبقات به مجموعه پیکسل‌های تصویر می‌باشد. در این معیار فقط از پیکسل‌های صحیح طبقه‌بندی استفاده شده و از شرکت دادن پیکسل‌هایی که به غلط طبقه‌بندی شده‌اند صرف‌نظر می‌شود. در نتیجه این معیار فقط به عنوان صحت کلی نقشه حاصله خواهد بود (۳۴، ۱۵). رابطه آن به شرح زیر است:

$$\text{صحت کلی} = \frac{\text{مجموع پیکسل‌هایی که درست طبقه‌بندی شده‌اند}}{\text{کل پیکسل‌های تصویر}}$$

ضریب کاپا نشان‌دهنده توافق حاصل طبقه‌بندی با داده‌های واقعیت زمینی می‌باشد. دامنه این ضریب بین ۰-۱ است که عدد ۱ بیان‌گر همسویی یا توافق صد درصد نقشه طبقه‌بندی شده با واقعیت زمینی می‌باشد (درویش صفت، ۱۳۷۷). (۱۲) معادله ضریب کاپا برابر است با:

$$k = \frac{\theta_2 - \theta_1}{1 - \theta_2}$$

در تصاویر Landsat از ۲۵۸ نمونه تعلیمی در تعیین کاربری برای انجام طبقه بندی استفاده شد و ۳۰ درصد از هر طبقه به عنوان نقشه واقعیت زمینی نمونه‌ای برای استفاده در ارزیابی صحت نتایج طبقه‌بندی در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

پس از اعمال الگوریتم‌های طبقه بندی حداکثر احتمال و فازی بر روی تصاویر سنجنده OLI ماهواره لندست ۸ نقشه‌ی پوشش/کاربری اراضی تهیه گردید. (شکل ۴ و ۵). سپس صحت طبقه‌بندی با ۳۰ درصد از نمونه‌های تصادفی جمع‌آوری شده مورد ارزیابی قرار گرفت. با استفاده از صحت کلی و ضریب کاپا دقت نقشه‌های تولیدی مشخص گردید که نتایج آن در جدول (۳) ارائه شده است. بر اساس نتایج به دست آمده می‌توان بیان

معیار واگرایی و فاصله جفریز- ماتوسیتا بین ۲-۴ می‌باشد. اگر در کلاس‌ها حد تفکیک پذیری بیش از ۱/۹ باشد نشان‌دهنده این است که کلاس‌ها تفکیک پذیری خوبی دارند و در صورتی که حد تفکیک پذیری کم تر از ۱ باشد، نشان‌دهنده این است که تفکیک پذیری پایین دارند و باید توسط گزینه Merge با هم ادغام شوند (۲۵، ۱۳، ۲۶). که اراضی بایر و رها شده حد تفکیک پایینی داشتند و با یکدیگر ادغام گردیدند.

روش حداکثر احتمال و فازی

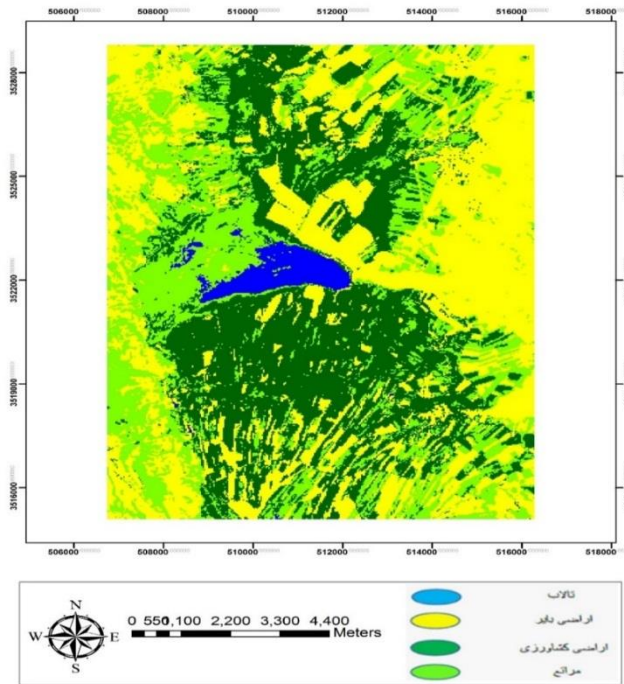
در روش حداکثر احتمال ارزش بازتابی هر پیکسل ناشناخته بر اساس واریانس و کوواریانس آن به طبقه واکنش طیفی ویژه تجزیه و تحلیل می‌شود. در این روش فرض بر این است که توزیع داده‌های هر طبقه بر اساس توزیع نرمال در اطراف پیکسل میانگین آن طبقه قرار گرفته‌اند (۲۷). در این روش ارزش بازتابی هر پیکسل ناشناخته بر اساس واریانس و کوواریانس آن به طبقه واکنش طیفی ویژه تجزیه و تحلیل می‌شود. و الگوریتم فازی برای کمک به داده‌هایی که ممکن است در یک طبقه قرار نگیرند، طراحی شده است. این طبقه‌بندی بر اساس یک تابع عضویت عمل می‌نماید که در آن ارزش یک پیکسل با نزدیکی آن به یک کلاس یا کلاسی دیگر تعیین می‌شود. طبقه بندی فازی دارای مرز مشخصی نیست و هر پیکسل می‌تواند متعلق به چندین کلاس متفاوت باشد (۲، ۲۰، ۲۸ و ۲۹). در این طبقه بندی همانند طبقه‌بندی نظارت شده نمونه‌های تعلیمی مورد استفاده قرار می‌گیرد اما بزرگ‌ترین تفاوت آن با روش نظارت شده آن است که قادر است اطلاعات را از کلاس‌های مختلفی که در پیکسل‌های مخلوط یافت می‌شوند به دست آورد و علاوه بر آن در طبقه بندی فازی مکان‌های تعلیمی نایست پیکسل‌های کاملاً مشابه داشته باشند (۳۰).

ارزیابی صحت طبقه‌بندی

برآورد صحت برای درک نتایج به دست آمده و به‌کار بردن این نتایج برای تصمیم‌گیری خیلی مهم هستند. معمول‌ترین

است و دقت کاربر احتمال یک کلاس مشخص در روی زمین در همان کلاس بر روی تصویر طبقه‌بندی شده می‌باشد و برای ۴ کلاس تعیین شده در این مطالعه بیشترین دقت را برای نقشه‌ی کاربری اراضی به‌دست آمده از روش فازی داشته‌اند.

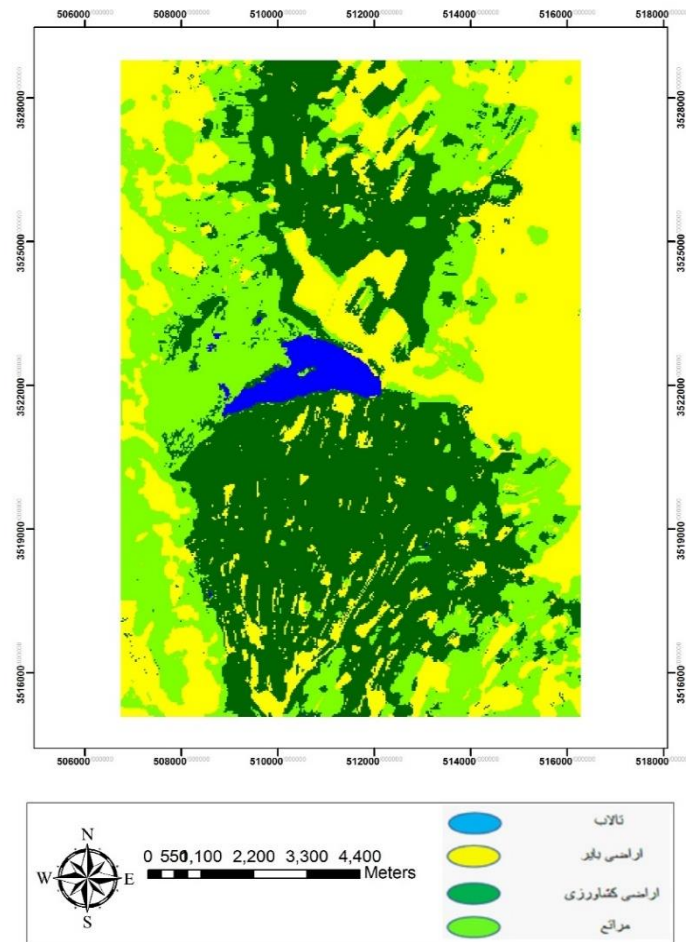
کرد نقشه‌ی کاربری اراضی حاصل از الگوریتم فازی با دقت کلی ۸۶/۷۰ و ضریب کاپای ۰/۷۹ نسبت به الگوریتم حداکثر احتمال با دقت کلی ۸۱/۲۰ و ضریب کاپای ۰/۷۱ از دقت بالاتری برخوردار بوده است. دقت تولید کننده احتمال یک پیکسل در تصویر طبقه‌بندی در همان کلاس در روی زمین



شکل ۳- نقشه کاربری اراضی به روش حداکثر احتمال (منبع: نگارندگان)

جدول ۳- صحت نقشه کاربری اراضی به روش حداکثر احتمال (منبع: نگارندگان)

دقت کاربر	دقت نرم افزار	نوع کاربری
۸۰/۰۰	۱۰۰/۰۰	تالاب
۷۰/۷۶	۶۵/۳۲	اراضی کشاورزی
۸۱/۴۵	۷۱/۷۳	اراضی بایر
۹۵/۲۳	۸۶/۸۹	مراتع
		صحت کلی ۸۱/۲۰
		ضریب کاپا ۰/۷۱۴



شکل ۴- نقشه کاربری اراضی به روش فازی (منبع: نگارندگان)

جدول ۴- صحت نقشه کاربری اراضی به روش فازی (منبع: نگارندگان)

دقت کاربر	دقت نرم افزار	نوع کاربری
۱۰۰/۰۰	۹۰/۰۰	تالاب
۷۸/۸۹	۸۰/۳۴	اراضی کشاورزی
۸۹/۲۷	۷۶/۴	اراضی بایر
۹۸/۲۳	۹۰/۱۴	مراعی
		صحت کلی ۸۶/۷۰
		ضریب کاپا ۰/۷۹۲۱

کلاس‌های طبقه‌بندی شده تا حدودی متفاوت بوده که ناشی از تفاوت دقت طبقه‌بندی با الگوریتم‌های حداکثر احتمال و فازی می‌باشد.

مساحت هریک از کلاس‌های نقشه کاربری اراضی به‌دست آمده از دو طبقه‌بندی حداکثر احتمال و نظارت شده در نمودار (۱) نشان داده شده است. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد مساحت



نمودار ۱- مساحت کاربری‌های با استفاده از دو روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال و فازی بر حسب هکتار (منبع: نگارندگان)

جدول ۵- مساحت هر کاربری با استفاده از طبقه‌بندی فازی و حداکثر احتمال (منبع: نگارندگان)

نوع کاربری	مساحت حاصل از طبقه‌بندی فازی (هکتار)	مساحت حاصل از طبقه‌بندی حداکثر احتمال (هکتار)	درصد مساحت به روش فازی	درصد مساحت به روش حداکثر احتمال
تالاب	۲۴۸/۷۶	۲۹۸/۳۵	۱/۹۰	۲/۲۸
اراضی کشاورزی	۴۸۶۹/۹۱	۴۲۵۷/۴۵	۳۷/۲۲	۳۲/۵۵
اراضی بایر	۴۱۹۰/۶۷	۵۰۲۶/۰۵	۳۲/۰۴	۳۸/۴۲
مراتع	۳۷۷۱/۰۰	۳۴۷۹/۴۹	۲۸/۸۲	۲۶/۶
کل	۱۳۰۷۹/۳۴	۱۳۰۷۹/۳۴	۱۰۰	۱۰۰

بحث و نتیجه‌گیری

طبقه‌بندی پوشش زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای یکی از مهم‌ترین کاربردهای سنجش از دور است و بسیاری از الگوریتم‌ها برای این منظور توسعه یافته‌اند. این پژوهش کارایی روش‌های حداکثر احتمال و فازی را در طبقه‌بندی و تعیین نقشه کاربری اراضی مقایسه کرده است. وجود خطای هندسی در تصاویر ماهواره‌ای استفاده شده در این تحقیق بر لزوم تصحیح هندسی آن قبل از بکاربردن آن‌ها در تجزیه و تحلیل‌ها دلالت

می‌کند. این مطلب مورد تأکید سایر پژوهش‌گران نیز می‌باشد (۳۵). خطای میا‌نگین ریشه‌مربعات باید کمتر از ۱ باشد که در این تحقیق نیز معیار مزبور مورد توجه قرار گرفت. تهیه اطلاعات به روز و تشکیل بانک اطلاعاتی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای با قدرت تفکیک مکانی متوسط راه حل مناسبی برای مطالعه تغییرات پدیده‌های زمینی به نظر می‌رسد انتخاب گروه باندی مناسب به داده‌های سنجش از دور امکان استفاده بیش-

تری می‌دهد برای انتخاب گروه باندی سه تایی مناسب برای ترکیب رنگی RGB به منظور تفسیر و طبقه‌بندی از باندهای ۵، ۳ و ۴ استفاده شده است که نتایج جعفر زاده (۱۳۸۹) نیز موید این موضوع می‌باشد. همچنین از ترکیب شاخص پوشش گیاهی و باندهای حاصل از ادغام به عنوان مناسب‌ترین ترکیب باندی برای طبقه‌بندی استفاده شد (۳۶). فتاحی (۱۳۸۶)، در تحقیقی با مقایسه ۴ روش طبقه‌بندی و تهیه نقشه‌های پوشش زمین و استفاده از اراضی، داده‌های سنجنده ETM⁺ و سنجنده LISSIII را مورد بررسی قرار داد. نتایج این تحقیق نشان داد که در طبقه‌بندی استفاده از شاخص‌های گیاهی NDVI، RVI بهترین پاسخ و بالاترین دقت را دارد که با نتایج تحقیق ما مطابقت دارد (۳۷). همچنین در مطالعات عباسی و ریاحی (۲۰۱۲) نیز این موضوع تاکید شده است. در این بررسی سعی شده است که در انتخاب نمونه‌های تعلیمی حداکثر دقت به عمل آید و بهترین مجموعه نمونه‌های تعلیمی انتخاب شد. بنابراین نمونه‌های تعلیمی مربوط به چهار کلاس تالاب، اراضی کشاورزی، اراضی بایر و مراتع طوری انتخاب شدند که علاوه بر داشتن شرایط انتخاب یک نمونه تعلیمی، از حداکثر تفکیک‌پذیری برخوردار باشند (۳۸). شایان ذکر است که نقاط تعلیمی اراضی کشاورزی و دیم و صخره در منطقه به تفکیک برداشت شد، اما در نهایت با انجام دستور شاخص واگرایی جفریز- ماتوسیتا به منظور تعیین میزان تفکیک نمونه‌های تعلیمی، نتایج مربوطه مشاهده و با توجه به پایین بودن تفکیک‌پذیری اراضی کشاورزی دیم و آبی این دو کلاس ادغام و همچنین به دلیل پایین بودن شاخص واگرایی صخره‌ها و اراضی بایر این دو نیز ادغام گردیدند و بدین ترتیب نمونه‌ها اصلاح شدند، که این نتیجه با نتایج اکبر پور و همکاران (۱۳۸۵) مطابقت دارد (۳۹).

از آنجا که واقعیت زمینی نیز با دقت بسیار بالایی تهیه و انتقال داده شده، تطابق هندسی با دقت خوبی با استفاده از خطوط جاده‌های نقشه توپوگرافی انجام شده است. در بین روش‌های طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای، استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال در اکثر موارد دارای دقت بیش تری نسبت به

طبقه‌بندی با الگوریتم‌های حداقل فاصله و متوازی السطوح است (۱۵، ۲، ۲۲، ۲۳، ۲۸، ۴۰ و ۴۱). در این پژوهش با توجه به شرایط خاص منطقه و به منظور بهبود نتایج طبقه‌بندی، طبقه بندی پیکسل‌های مخلوط و همچنین تعیین روش مناسب تر طبقه‌بندی، همانند مطالعه‌ی مبینی و همکاران (۱۳۹۲) از روش فازی که یکی از روش‌های طبقه بندی نرم است، استفاده شد (۴۲). روش‌های فازی از جمله روش‌هایی هستند که قادرند نتایجی ارائه دهند که با واقعیت زمینی تطابق بهتری دارند. نتایج این مطالعه حاکی از افزایش صحت و ضریب کاپای روش فازی نسبت به روش حداکثر احتمال می‌باشد و می‌توان گفت که با توجه به ناهمگنی منطقه این روش در چنین مناطقی کارایی بالاتری دارد. علی‌خواه اصل و فروتن (۱۳۹۲) برای تهیه‌ی نقشه‌ی کاربری اراضی یکی از زیر حوزه‌های آبخیز حبله رود، از روش فازی استفاده نمودند و به این نتیجه رسیدند که این روش دارای دقت بالایی می‌باشد (۴۳). ژانگ و فودی (۱۹۹۲) از بین روش‌های شبکه عصبی مصنوعی و فازی، روش فازی را دارای کارایی بالایی در تهیه‌ی نقشه‌های کاربری اراضی معرفی کردند (۱۵). اکبرپور و همکاران (۱۳۸۵) هم طی مطالعه‌ی ای به مقایسه روش‌های فازی و حداکثر احتمال در تهیه نقشه‌ی کاربری اراضی پرداختند و روش فازی دارای صحت بالاتری نسبت به روش حداکثر احتمال بود. دقت بالای الگوریتم فازی نسبت به حداکثر احتمال را می‌توان این‌طور بیان کرد که طبقه‌بندی فازی مرزهای مشخصی ندارد و هر پیکسل می‌تواند متعلق به چندین کلاس باشد و پیکسل‌های مخلوط هم در طبقه بندی به کار می‌روند در صورتی که در روش حداکثر احتمال پیکسل فقط به یک رده تعلق می‌گیرد و پیکسل‌های مخلوط طبقه‌بندی نمی‌شوند (۳۹). تهیه‌ی نقشه کاربری و پوشش اراضی از نیازهای اساسی برای مدیریت و نظارت زیست محیطی است، که به منظور مدیریت و حفاظت و تداوم زیست بوم‌ها، مورد نیاز سازمان‌های مسئول است.

منابع

- دهه گذشته. مجله سنجش از دور و Gis ایران، ۱۳۹۰، شماره ۲، صفحه ۱۹-۳۷.
۸. علوی پناه، سید کاظم، احسانی، امیر هوشنگ ، تشخیص تغییرات و بیابانزایی با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی داده‌های ماهواره‌های چندطیفی، پژوهشهای جغرافیایی، ۱۳۸۴، شماره ۵۱ ، صفحه ۵۰
۹. رحیمی بلوچی، لیلا، زرع کار، آمنه، ملک محمدی، بهرام ، بررسی تغییرات زیست محیطی با استفاده از سنجش از دور و شاخص کیفیت آب (مطالعه موردی :تالاب بین المللی شادگان) کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی، ۱۳۹۲، سال سوم، شماره ۴، صفحه ۴۳-۵۵.
۱۰. رفیعی یوسف، بهرام، ملک محمدی، اکبر، آبکار علی، احمد رضا، یآوری، مجید، رضانی مهریان، و حمید، ظهراپی، بررسی تغییرات زیست محیطی تالاب ها و مناطق حفاظت شده با استفاده از تصاویر چند زمانه سنجنده (TM مطالعه موردی :تالاب نیریز). مجله محیط شناسی، ۱۳۹۰، شماره ۵۷، صفحه ۶۵-۷۶.
۱۱. دهستانی، طبقه بندی تصاویر چندطیفی سنجش از دور با استفاده از شبکه‌ی عصبی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس ۱۳۷۷، ۱۶۷ص.
۱۲. رفیعیان، امید، درویش صفت، علی اصغر، نمیرانیان، منوچهر ، تعیین تغییرات گستره‌ی جنگلهای شمال کشور بین سالهای ۷۳ تا ۸۰ با استفاده از تصاویر سنجنده ETM⁺. مطالعه موردی : (جنگلهای بابل). مجله علوم و فنون کشاورزی منابع طبیعی، ۱۳۸۵، شماره ۳، صفحه ۲۸۶-۲۷۷.
۱۳. نیازی .یعقوب،، اختصاصی، محمد رضا. ملکی نژاد، حسین، حسینی، سید زین العابدین، جعفر، مرشدی، مقایسه دو روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال و شبکه
۱. جهانی شکیب، فاطمه، ملک محمدی، بهرام، یآوری، احمد رضا، شریفی، احمد رضا، عادل، یونس، ارزیابی روند تغییرات کاربری زمین و تغییر اقلیم در سیمای سرزمین تالاب چغاخور با تأکید بر آثار محیط زیستی، محیط شناسی، ۱۳۹۳، شماره ۳، صفحه ۶۴۳-۶۳۱.
۲. شتایی جویباری، شعبان، تهیه نقشه جنگل به کمک تصاویر ماهواره‌ای به روش رقومی، پایان نامه دکتری، دانشگاه تهران، ۱۳۸۲، ۱۵۵ص.
3. Zhao, H; Cui, B; Zhang, H; Fan, X; Zhang, Z; Lei, X (2010); A landscape approach for wetland change detection (1979-2009) in the Pearl River Estuary; Procedia Environmental Sciences; 2, 1265-1278
۴. زبردست، لعبت، جعفری، حمیدرضا ، ارزیابی روند تغییرات تالاب انزلی با استفاده از سنجش از دور و ارائه راه حل مدیریتی، مجله محیط شناسی، ۱۳۹۰، شماره ۵۷، صفحه ۵۷-۶۴.
5. Song, C., C. E. Woodcock, K. C. Seto, M. P. Lenney, and S. A. Macomber, 2001. Classification and change detection using landsat tm data: When and how to correct atmospheric effects? Remote Sensing of Environment, 74:230-244
۶. چیتساز، وحید ، تهیه نقشه شوری و قلیائیت خاک در منطقه شرق اصفهان با استفاده از داده های رقومی TM، پایان نامه کارشناسی ارشد بیابان‌زدایی، دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده منابع طبیعی، ۱۳۷۸، ص ۱۴۰.
۷. رضانی، نفیسه، جعفری، رضا، ایزانلو، اسماعیل ، بررسی تغییرات کاربری اراضی خراسان شمالی در ۴

- کاربری اراضی از تصاویر ماهواره ای. نقشه برداری، ۱۳۸۰، شماره ۶۵، صفحه ۵-۱۲
21. Chavez, P.S. and Kwarteng, A.Y. 1989. Extracting spectral contrast in landsat thematic mapper image using selective principle component analysis. *Photogrammetric Eng. & Remote Sens*, 55(3): 339-348 pp.
۲۲. شتایی، شعبان، عبدی، امید، تهیه نقشه کاربری اراضی در مناطق کوهستانی زاگرس با استفاده از داده‌های سنجنده TM (منطقه مورد مطالعه: حوزه سرخاب خرم آباد لرستان)، *مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی*، ۱۳۸۶، ۱:۱۴، ۱۳۸-۱۲۹.
۲۳. عرب مومنی، اسماعیل، برآورد تاج پوشش جنگل-های شهری با استفاده از روش‌های آماربرداری زمینی، داده‌های Quickbird و UltraCamD. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ۱۳۹۱، ۱۰۹ص.
24. Hua, Z., Guo, H. H., Dunling, W. and Xiaodong, Z., 2011. Uncertainty assessment of climate change impacts on the hydrology of small prairie wetlands. *J HYDROL*, 396, 94-103
25. Bhaskaran, s., Paramananda, S., Ramnarayan, M. (2010). Per-pixel and object-oriented classification methods for mapping urban features using Ikonos satellite data. *Applied Geography*. 30, 650- 665
26. Alavi Panah, S.k., Goosens R. 1999: The role of TM thermal band in describing the state/stress of remote sensing in Iranian Desert. *Proceeding of remote sensing in the 21 century; Economic and environmental applications*. 19th EARSel Symposium, University of Valladolid, Spain, 31 May-2 June, 31-37 p
- عصبی مصنوعی در استخراج نقشه کاربری اراضی مطالعه موردی: حوزه سد ایلام. *مجله جغرافیا و توسعه*، ۱۳۸۹، شماره ۲۰، صفحه ۱۳۳-۱۱۹
14. Wilson, J.D. 1992. A comparison of procedures for classifying remotely sensed data using simulated data sets in incorporating autocorrelation between spectral responses. *Int. J. Remote Sensing*, 13(2):432-475
15. Zhang J and Foody GM. 2001. Fully-fuzzy supervised classification of sub-urban land cover from remotely sensed imagery: statistical and artificial neural network approaches. *International Journal of Remote Sensing*, 22(4): 615-628
16. Foody GM. 2002. Hard and soft classifications by a neural network with a non-exhaustively defined set of classes. *International Journal of Remote Sensing*, 23(18): 3853-3864.
17. Sunar Erbek F, Ozkan C and Taberner M 2004. Comparison of maximum likelihood classification method with supervised artificial neural network algorithms for land use activities. *International Journal of Remote Sensing*, 25(9): 1733-1748.
18. Verbek LPC, Vancoillie FMB and De Wulf RR. 2004. Reusing back-propagating artificial neural network for land cover classification in tropical savannahs. *International Journal of Remote Sensing*, 25(14): 2747-2771
۱۹. رشیدی، فرحناز، بررسی صحت طبقه‌بندی تیپ‌های جنگل با استفاده از ادغام داده‌های ماهواره‌ای (مطالعه موردی: طرح جنگلداری آذر رود، سواد کوه مازندران)، ۱۳۸۷، شماره ۱، صفحه ۱۱-۲۱.
۲۰. علیمحمدی، عباس، نوابی، ایرما، شیرکوند، محمد، بهینه سازی الگوریتم SPARK برای تهیه نقشه

- Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 70(6): 743-751.
34. Richards, J.A., X., Jia. 2006. Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction, Springer Verlag, Berlin.
۳۵. فاطمی، سید باقر، رضایی، یوسف، مبانی سنجش از دور، انتشارات آزاده، ۱۳۸۵، ۲۵۷ صفحه.
۳۶. جعفر زاده، علی اکبر، مدل سازی تخریب جنگل- های زاگرس با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و GIS، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، دانشکده منابع طبیعی، ۱۳۸۹، ۹۱ص.
۳۷. فتاحی، محمد مهدی، مقایسه چهار روش طبقه- بندی و تهیه نقشه‌های استفاده از اراضی و پوشش زمین با استفاده از داده های سنجش از دور. پنجمین همایش علوم آبخیزداری، بهار ۱۳۸۸، کرج، ایران.
38. Abbasi, M., Riyahi Bakhtyari, H.R. 2012. Extraction of Forest stands parametrs from ASTER data in open forest. The XXII Congress of the international Society for photogrammetry and remote sensing. 25 Agust – 1 September.
۳۹. اکبر پور، ابوالفضل، شریفی، محمدباقر، معماریان خلیل آبادی، هادی، مقایسه روش‌های فازی و حداکثر احتمال با کمک داده‌های ETM (مطالعه‌ی موردی: حوزه ابخیز کامه)، فصلنامه تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۱۳۸۵، جلد ۱، شماره ۱، صفحه ۲۷-۳۸.
40. Sepehry A and Liu G. 2006. Flood induced land cove change detection using multitemporal ETM+ imagery. Proceedings of the 2nd Workshop of the EARSeL SIG on Land Use and Land Cover: Application and
27. Ridd MK and Liu J. 1998. A comparison of four algorithms for change detection in an urban environment. Remote Sensing of Environment, 63(2): 95-100.
۲۸. عالی‌شاه ارات بنی، فاطمه، ارزانی، حسین، حسینی، زین العابدین، بابایی کفاکی، ساسان، میر آخورلو، خسرو، بررسی قابلیت داده‌های ماهواره‌ای IRS-LissIII در تفکیک اراضی مرتعی از کاربری های دیگر (مطالعه موردی، حوزه آبخیز سرخ آباد- مازندران)، ۱۳۹۰، شماره ۲، صفحه ۱۵۴-۱۴۷.
۲۹. هادیان، فاطمه، جعفری، رضا، بشری، حسین، سلطانی، سعید، بررسی گروههای مختلف شاخص- های گیاهی سنجش از دوری در مطالع تیپ‌های مرتعی (مطالعه موردی: سمیرم، اصفهان)، مجله مرتع، ۱۳۹۰، شماره ۴، صفحه ۴۲۹-۴۲۰.
۳۰. سفیانیان، علیرضا، خداکرمی، لقمان، تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از روش طبقه‌بندی فازی (مطالعه موردی سه زیر حوزه آبخیز کبودر آهنگ، رزن - قهقاوند و خونجین - تلخاب در استان همدان)، فصلنامه آمایش سرزمین، ۱۳۹۰، شماره ۴، صفحه ۹۵-۱۱۴.
31. Congalton, R.G. and K., Green.1999. Assessing the accuracy of remotely sensed data: Principles and practices, Boca Rotan, Florida' Lewis Publishers. 365-386.
32. Wang, Y.Q., et al. 2009. Remote sensing of land-cover change and landscape context of the national parks: A case study of the Northeast Temperate Network. Remote Sensing of Environment, 113, 1453-1461.
33. Stehman SV. 2004. A critical evaluation of the normalized error matrix in map accuracy assessment.

لندست، مجله کاربرد سنجش از دور و Gis در منابع طبیعی، ۱۳۹۰، شماره ۱۲، صفحه ۶۹-۸۰.

۴۳. علی خواه اصل، مرضیه، فروتن، الهام، استفاده از روش طبقه بندی فازی برای تهیه نقشه کاربری اراضی (مطالعه موردی: زیر حوزه آبخیز حبله رود)، فصلنامه انسان و محیط زیست، ۱۳۹۲، شماره ۱، صفحه ۴۱-۴۷.

Development, Bonn, Germany, 28-30 September, 399-406.

41. Yuan, F., Sawaya, K. E., Loeffelholz, B. C., & Bauer, M. E. (2005). Land cover classification and change analysis of the Twin Cities (Minnesota) Metropolitan Area by multitemporal Landsat remote sensing. *Remote sensing of Environment*, 98(2), 317-328.

۴۲. مبینی، مریم، آسیایی، مریم، کرمشاهی، عبدالعلی،

مقایسه‌ی روش حداکثر احتمال و فازی در تهیه

نقشه کاربری جنوب خوزستان با استفاده از تصاویر