ASPI | Afarand Scholarly Publishing Institute; Turkey
ISSN: 2538-4384; Geographical Researches. 2023;38(1):35-43. 10.58209/geores.38.1.35

Land Use Mapping by Classification of Landsat Images Using Synthetic Method

ARTICLE INFO

Article Type
Original Research

Authors
Varameshc S.*[1] *PhD,*
Mohtaram Anbaran S.[1] *MSc*

How to cite this article
Varameshc S, Mohtaram Anbaran S. Land Use Mapping by Classification of Landsat Images Using Synthetic Method. Geographical Researches. 2023;38(1): 35-43.

[1]Department of Forest Science and Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

***Correspondence**
Address: Department of Forest Science and Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Mohaghegh Ardabili University, University Street, Ardabil, Iran. Postal Code: 56199-13131
Phone: +98 (914) 3551204
Fax: +98 (45) 33512204
varameshs@uma.ac.ir

Article History
Received: December 16, 2022
Accepted: March 12, 2023
ePublished: March 19, 2023

ABSTRACT

Aims Land use mapping is very important in optimal land management. There are different methods of land use mapping that each of them has its own advantages and disadvantages. This research aimed to land use mapping by combining supervised, unsupervised, object-oriented, spectral methods and using vegetation and soil indices and ancillary maps (DEM and slope) in the Fandoghlo region.

Methodology This research was carried out by a descriptive-analytical method in the Fandoghlo region. At the first, the Landsat8 image was pre-processed and then the normalized difference vegetation index and brightness index were extracted and stacked with image bands. Agriculture, fallow, pasture, and water body classes were extracted using the maximum likelihood method. Then matched filtering analysis and density slice methods were used to extract barren lands and forest classes respectively. Residential and garden classes' were extracted using object-oriented method. Finally, using expert knowledge and recognition of the study area and based on ancillary maps (slope and DEM), the final land use map was extracted.

Findings The overall accuracy and Kappa coefficient of the synthetic method were 97.28% and 0.96, respectively, that is more suitable and practical for land use planning and management than the conventional methods of satellite image classification and land use mapping.

Conclusion Based on the results of this research, it can be said that in order to land use mapping, according to the characteristics of each region in terms of homogeneity and the number of classes, as well as the type of satellite image, it is better to use different combinations of methods, indices, and ancillary maps are used for land use mapping.

Keywords Maximum Likelihood; Density Slice; Matched Filtering Analysis; Objected Oriented; Ancillary Maps

CITATION LINKS

[Abd El-Kawy OR, et al; 2011] Land use ...; [Alemayehu F, et al; 2009] The impacts ...; [Anderson JR, et al; 1976] A land use ...; [Baatz M, et al; 2004] eCognition ... [Bakr N, et al; 2010] Monitoring land ...; [Brandt JS, et al; 2013] Regime shift ...; [Fatahi MM, et al; 2007] Comparison ... [Guo L; 2006] Analysis of ...; [Guo Y, et al; 2010] Remote sensing ...; [Hantson S, Chuvieco E; 2011] Evaluation ...; [Hasan SS, et al, ; 2020] Impact of ...; [Hashim BM, et al; 2022] Effect of ...; [Kafy AA, et al; 2021] Assessing ...; [Kolios S, Stylios CD; 2013] Identification ...; [Lillesand T, et al; 2015] Remote sensing ...; [Manandhar R, et al; 2009] Improving ...; [Mohammady M, et al; 2015] Investigating ...; [Mohammady M, et al; 2014] A comparison ...; [Pakhale GK, Gupta PK; 2010] Comparison ...; [Rezaei Moghadam MH, et al; 2010] Classification ...; [Rojas C, et al; 2013] Assessing ... [Rosenfield GH, Fitzpatrick-Lins K; 1986] A coefficient ... [Rozenstein O, Karnieli A; 2011] Comparison ... [Schulz JJ, et al; 2010] Monitoring ... [Sexton JO, et al; 2013] Long-term ... [Shih H, et al; 2022] From land ... [Stefanov WL, et al; 2011] Monitoring ... [Sun J, et al; 2013] Automatic ... [Ekalagan JR; 2007] Land use ... [Tokola T, et al; 2001] Use of topographic ... [Tolessa T, et al; 2017] The impact ... [USGS; 2015] Landsat 8 ... [Varamesh S, et al; 2022] Evaluation ... [Varamesh S, et al; 2017] Comparison ... [Varamesh S, et al; 2017] Detection ... [Zhou W, et al; 2008] Object-based ...

Copyright© 2023, the Authors | Publishing Rights, ASPI. This open-access article is published under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License which permits Share (copy and redistribute the material in any medium or format) and Adapt (remix, transform, and build upon the material) under the Attribution-NonCommercial terms.

تهیه نقشه کاربری اراضی با طبقه‌بندی تصاویر ماهواره لندست به روش ترکیبی

سعید ورامش* PhD
گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
سهراب محترم عنبران MSc
گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

چکیده

اهداف: تهیه نقشه کاربری اراضی اهمیت زیادی در مدیریت بهینه اراضی دارد. روش‌های مختلفی برای تهیه نقشه کاربری اراضی وجود دارد که هر کدام مزایا و معایب خاص خودشان را دارند. هدف این پژوهش تهیه نقشه کاربری اراضی با تلفیق روش‌های نظارت‌شده، نظارت‌نشده، شی‌گرا، طیفی، شاخص‌های گیاهی و خاکی و نقشه‌های ارتفاع و شیب از منطقه فندقلو بود.

روش‌شناسی: این پژوهش به روش توصیفی-تحلیلی در منطقه فندقلو انجام شد. ابتدا تصویر پیش‌پردازش و سپس شاخص گیاهی تفاوت نرمال‌شده و شاخص خاکی درخشندگی استخراج و با باندهای تصویر ادغام شد. طبقات کشاورزی، آیش، مرتع و پهنه‌های آبی با استفاده از روش بیشینه احتمال استخراج شدند و روش‌های فیلتر انطباقی و برش تراکمی به ترتیب برای استخراج طبقات اراضی بایر و جنگل مورد استفاده قرار گرفتند. طبقات مناطق مسکونی و باغ نیز با استفاده از روش شی‌گرا استخراج شدند. در نهایت با استفاده از دانش کارشناسی و شناخت از منطقه مورد مطالعه و بر مبنای نقشه‌های کمکی شیب و ارتفاع، نقشه نهایی کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه استخراج شد.

یافته‌ها: دقت کلی و ضریب کاپا برای روش ترکیبی نظارت‌شده، نظارت‌نشده، شی‌گرا، طیفی، شاخص‌های گیاهی و خاکی و نقشه‌های ارتفاع و شیب به‌ترتیب ۹۷٪/۲۸ و ۰/۹۶ به‌دست آمد.

نتیجه‌گیری: به منظور تهیه نقشه کاربری اراضی، با توجه به ویژگی‌های هر منطقه از نظر همگنی، تعداد طبقات و نوع تصویر ماهواره‌ای مورد استفاده، باید از ترکیب‌های متفاوتی از روش‌ها، شاخص‌ها و نقشه‌های کمکی استفاده کرد.

کلیدواژگان: بیشینه احتمال، برش تراکمی، آنالیز فیلتر انطباقی، شی‌گرا، نقشه‌های کمکی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۲۱
*نویسنده مسئول: varameshs@uma.ac.ir

مقدمه

کاربری اراضی مجموعه‌ای از خاک و موجودات زنده است که شامل پوشش طبیعی، کشاورزی و سازه‌های انسانی بوده و رابط مهمی بین فعالیت‌های انسانی و محیط زیست طبیعی است. همچنین مهم‌ترین عامل تاثیرگذار بر تنوع زیستی در مقیاس جهانی، موجودیت آب مناسب و اقلیم بوده [Mohammady, 2015] و عامل مشترک موازنه میان عوامل اقتصاد، هیدرولوژی و اکولوژی است [Varamesh, 2017]. تغییر کاربری و پوشش اراضی از طریق تغییر در فعل و انفعالات بین انسان و محیط زیست با خدمات اکوسیستم ارتباط نزدیکی دارد و می‌تواند خدمات مختلفی از تنوع زیستی گرفته تا اقلیم را تحت تأثیر قرار دهد. علاوه بر این، تغییر کاربری و پوشش اراضی، عملکرد و ساختار اکوسیستم‌ها را تغییر می‌دهد. در این راستا *تولیسا* و همکاران [Tolessa *et al.*, 2017] نتیجه گرفتند که فعالیت‌های مختلف انسانی و تغییرات آب و هوایی بر خدمات اکوسیستم‌ها تأثیر منفی می‌گذارند. تنوع کاربری اراضی نتیجه رشد جمعیت، پیشرفت اقتصاد و تکنولوژی است که باعث تغییرات چشم‌انداز و تفکیک آن به قطعات طبیعی و دست‌ساز انسان می‌شود [Alemayehu *et al.*, 2009; Guo, 2006]. در حال حاضر، جامعه و دولت هر دو نگران مشکلات ناشی از استفاده بی‌رویه از زمین هستند [Hasan *et al.*, 2020]. بنابراین کاربری اراضی موضوع مهمی در منابع طبیعی است و اولین اقدام در مدیریت کاربری اراضی تهیه نقشه دقیق آن بوده که روش‌های مختلفی برای طبقه‌بندی آن ارایه شده است. فناوری سنجش از دور و استفاده از تصاویر ماهواره‌ای با دامنه وسیعی از قدرت تفکیک مکانی، زمانی، طیفی و رادیومتری ابزار قدرتمندی در مطالعات کاربری اراضی است. تصاویر ماهواره لندست در مطالعات سطح زمین، تهیه نقشه کاربری اراضی و بررسی تغییرات آن کاربرد زیادی دارند [Varamesh *et al.*, 2017]. مزایای تصاویر لندست شامل هزینه کم، دسترسی آسان، تفکیک مکانی و زمانی متوسط و آرشیو طولانی‌مدت تصویربرداری آن است [Rozenstein & Karnieli, 2011]. تاکنون مطالعات زیادی در زمینه تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از تصاویر لندست صورت گرفته و در بسیاری از این تحقیقات نتایج قابل قبولی (ضریب کاپا ۰/۸۵) ارایه شده است [Manandhar *et al.*, 2009; Varamesh *et al.*, 2017; Schulz *et al.*, 2010; Varamesh *et al.*, 2022; Shih *et al.*, 2022; Kafy *et al.*, 2021; Hashim *et al.*, 2022]. روش‌های مختلفی برای تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای وجود دارد. در صورتیکه منطقه‌ای کوچک مد نظر باشد از تفسیر چشمی به عنوان ساده‌ترین روش استفاده می‌شود. به منظور استفاده از باندهای بیشتر در مناطق بزرگتر از روش‌های اتوماتیک مانند طبقه‌بندی نظارت‌شده و نظارت‌نشده، آنالیز طیفی و روش شی‌گرا استفاده می‌شود [Rozenstein & Karnieli, 2011] که هرکدام از این روش‌ها مزایا و معایب خاص خود را دارند. انتخاب روش طبقه‌بندی به عوامل مختلفی مثل الگوریتم‌های قابل دسترس برای استفاده از نرم‌افزار پردازش تصویر، داده‌های قابل دسترس و میزان آشنایی و تجربه کاربر با روش‌های مختلف بستگی دارد. بسیاری از مطالعات نشان داده‌اند که روش شی‌گرا براساس سگمنت‌سازی تصویر، نسبت به روش‌های پیکسل پایه پتانسیل بهتر و مناسب‌تری برای کلاسه‌بندی کاربری اراضی دارد [Zhou *et al.*, 2008].

کولیوس و *استیلوس* [Kolios & Stylios, 2013] برای تعیین تغییرات کاربری اراضی و پوشش در یونان با استفاده از تصاویر لندست ۸، روش‌های بیشینه احتمال، حداقل فاصله، متوازی‌السطوح، فاصله ماهالونیبیس (Mahalanobis Distance)، ماشین بردار پشتیبان و شبکه عصبی مصنوعی

مقایسه نموده و به این نتیجه رسیدند که روش‌های ماشین بردار پشتیبان و شبکه عصبی مصنوعی دقت بیشتری نسبت به سایر روش‌ها دارند.

گاهی اوقات در مناطق ناهمگن از نظر پوشش گیاهی، اقلیم و توپوگرافی استفاده از روش‌های معمول دقت کافی نداشته و بهتر است از روش‌های ترکیبی استفاده شود [Lillesand *et al.*, 2015]. در روش‌های ترکیبی علاوه بر تصاویر ماهواره‌ای و روش‌های مذکور، از نقشه‌های کمکی مانند ارتفاع، شبکه جاده‌ای، شیب و همچنین برخی شاخص‌های گیاهی و خاکی برای افزایش دقت استفاده می‌شود [Mohammady *et al.*, 2014]. محمدی و همکاران با هدف مقایسه روش‌های نظارت‌شده، نظارت‌نشده و ترکیبی به منظور تهیه نقشه کاربری اراضی در شمال ایران به این نتیجه رسیدند که روش ترکیبی دارای دقت بالاتری بوده و ترکیب داده‌های سنجش از دور، داده‌های کمکی و قواعد تصمیم، دقت کلاسه‌بندی بهتری را نسبت به روش‌های معمول فراهم می‌کند [Mohammady *et al.*, 2014]. آگاهی از وضعیت کاربری اراضی در تعریف واحدهای مدیریت دقیق ارزشمند است و ارزیابی روش‌های طبقه‌بندی می‌تواند در آمایش سرزمین و سیاست‌گذاری‌های کلان به منظور مدیریت بهینه اکوسیستم‌های مختلف مورد استفاده قرار گیرد. در تحقیقی دیگر [Abd El-Kawy *et al.*, 2011] برای بهبود کلاسه‌بندی کاربری اراضی روش‌های بیشینه احتمال و تفسیر چشمی را ترکیب کردند. مقادیر دقت کلی و ضریب کاپا برای نقشه تهیه‌شده به ترتیب ۹۵٪ و ۰/۹۲ بود.

منطقه فندقلو، در مرز استان اردبیل و گیلان، از نظر اقلیم، توپوگرافی و تیپ‌های کاربری اراضی حالت بسیار ناهمگنی دارد و در منطقه‌ای تا این حد ناهمگن (ارتفاع متغیر از ۱۳۴۶ تا ۲۰۱۸ متر با پوشش‌های متفاوت)، استفاده از روش‌های معمول طبقه‌بندی کاربری اراضی دقت کافی نداشته و به نظر می‌رسد که استفاده از روش‌های ترکیبی نتایج بهتری به همراه داشته باشد. بنابراین، هدف این پژوهش تهیه نقشه کاربری اراضی با تلفیق روش‌های نظارت‌شده، نظارت‌نشده، شی‌گرا، طیفی، شاخص‌های گیاهی و خاکی و نقشه‌های ارتفاع و شیب بود.

روش‌شناسی

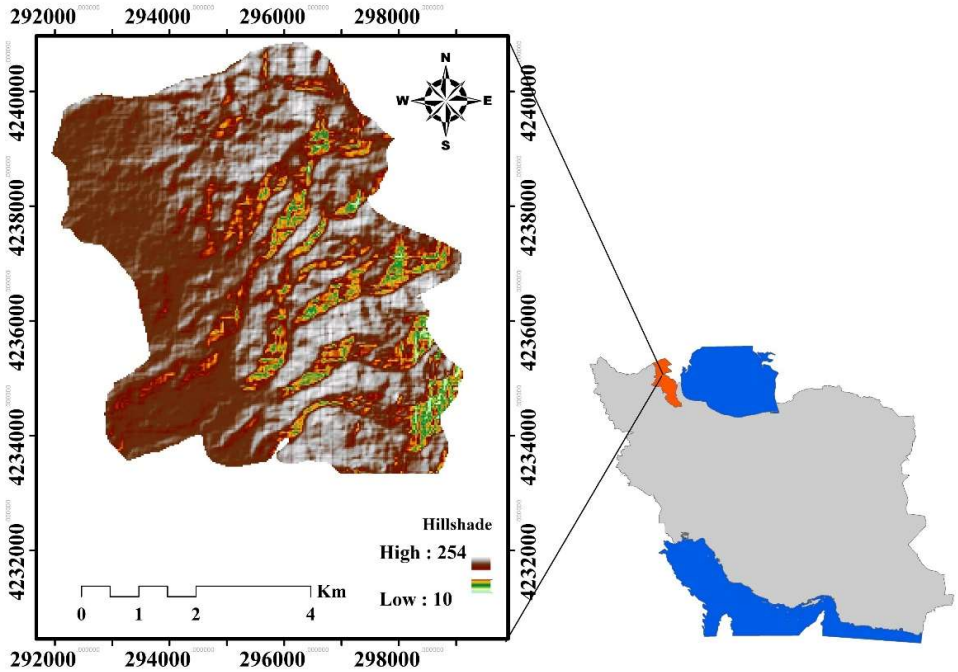
این پژوهش به روش توصیفی-تحلیلی در طول جغرافیایی ′۳۹ °۴۸ شرقی و عرض ′۱۶ °۳۸ شمالی منطقه فندقلو انجام شد (شکل ۱).

داده‌های مورد استفاده یک تصویر از ماهواره لندست ۸ (OLI) بود که در تاریخ ۱۶ جولای ۲۰۱۹ از منطقه مورد مطالعه گرفته شده بود. برای تحلیل نقشه از باندهای ۱ (۰/۴۵۳μm - ۰/۴۳۳)، ۲ (۰/۵۱۵μm - ۰/۴۵۰)، ۳ (۰/۶۰۰μm - ۰/۵۲۵)، ۴ (۰/۶۸۰μm - ۰/۶۳۰)، ۵ (۰/۸۸۵μm - ۰/۸۴۵)، ۶ (۱/۶۶μm - ۱/۵۶) و ۷ (۲/۳μm - ۲/۱) با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر استفاده شد.

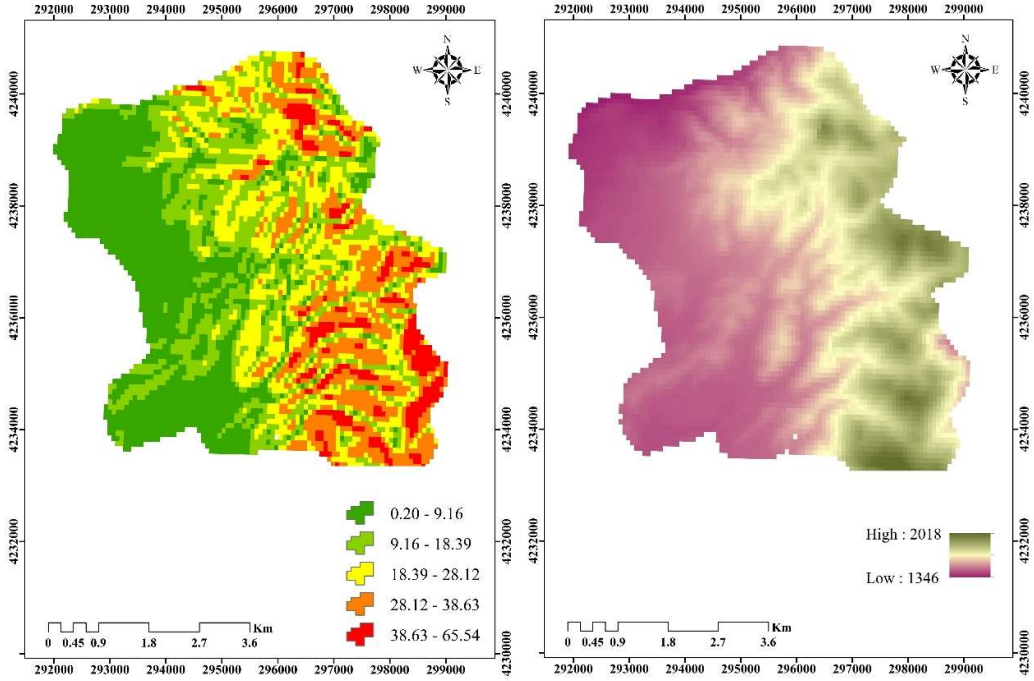
در بازدیدهای میدانی با استفاده از GPS، ۲۴۰ نمونه تعلیمی از کاربری‌های مختلف به صورت پلی‌گون برای تهیه نقشه کاربری اراضی، ذخیره شد [Brandt *et al.*, 2013] که حدود یک‌سوم از نمونه‌ها به‌منظور ارزیابی نقشه تهیه‌شده کنار گذاشته شد و در طبقه‌بندی استفاده نشد.

برای تهیه نقشه ارتفاع و شیب از نقشه مدل رقومی ارتفاع (DEM) ماهواره ASTER با تفکیک مکانی ۳۰ متر استفاده شد (شکل ۲).

برای آنالیز تصاویر و تهیه نقشه از نرم‌افزارهای ENVI 5.3، eCognition و ArcGIS 10.8 استفاده شد.



شکل ۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه



شکل ۲) نقشه DEM و درصد شیب منطقه مورد مطالعه

پیش‌پردازش

با توجه به اینکه در مواردی، پوشش/کاربری یکسان دو طرف ناهمواری در باندهای مختلف مقادیر متفاوتی داشتند، تصحیح توپوگرافی با روش‌هایی که بتواند تغییرات مقادیر عددی تصاویر حاصل از تاثیر توپوگرافی را حذف کرده یا کاهش دهد، به‌ویژه در مناطق با توپوگرافی متنوع قبل از پردازش تصاویر ضروری بود [Tokola, 2001]. بنابراین به منظور بهبود کیفیت تصاویر، ابتدا تصحیح توپوگرافیک به روش مینه‌آرت انجام شد [Hantson & Chuvieco, 2011].

مقایسه کمّی اطلاعات مختلف تصاویر ماهواره‌ای نیازمند تبدیل مقدار DN_S پیکسل‌ها به بازتابش بود. در مرحله اول مقادیر DN_S با استفاده از فرمول $A_L+M_LQ_{cal}=L_\lambda$ به تابش بالای اتمسفر (TOA=Top of Atmosphere) و سپس با استفاده از فرمول $A_\rho+M_\rho Q_{cal}=\rho_{\lambda'}$، تابش سنجنده بدون تصحیح زاویه تابش خورشیدی محاسبه و با استفاده از الگوریتم پیکسل‌های تیره به بازتابش سطحی تبدیل شد [USGS, 2015].

L_λ: تابش طیفی بالای اتمسفر (Watts / (m² × srad × μm))

M_L : ضریب تبدیل که از متادیتا استخراج شد.

A_L: ضریب تبدیل که از متادیتا استخراج شد.

Q_{cal}: مقدار DN

$\rho_{\lambda'}$: انعکاس بدون تصحیح زاویه خورشیدی

M_ρ: ضریب تبدیل از متا دیتا استخراج شد.

A_ρ: ضریب تبدیل از متا دیتا استخراج شد.

تصحیح انعکاس به‌دست‌آمده با استفاده از فرمول زیر انجام شد:

$$\rho_\lambda = \frac{\rho_{\lambda'}}{\cos(\theta_{SZ})} = \frac{\rho_{\lambda'}}{\sin(\theta_{SE})}$$

ρ_λ: انعکاس تصحیح شده با زاویه تابش خورشیدی

θ_{SE}: زاویه ارتفاع محلی خورشید که از متادیتا استخراج شد.

θ_{SZ}: زاویه زنیت محلی خورشید $\theta_{SZ} = 90° - \theta_{SE}$

محاسبه شاخص‌ها

استفاده از شاخص‌ها (فرمول‌های ریاضی ترکیب باندها) برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای بسیار معمول است. شاخص‌های زیادی به منظور طبقه‌بندی پوشش گیاهی (شاخص‌های گیاهی) و تفکیک تیپ اراضی (شاخص‌های خاک) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای پیشنهاد شده است.

به منظور تشخیص و تسهیل ویژگی‌های تیپ زمین و گیاه در ارتباط با جذب، بازتابش و قابلیت انتشار تابش خورشیدی از شاخص‌هایی با دامنه‌های طیفی مختلف از مرئی تا مادون قرمز استفاده شد. ترکیب شاخص‌ها با بازتابش باند موجود می‌تواند اطلاعات طیفی ضروری استفاده شده در فرآیند طبقه‌بندی را بهبود دهد و در نهایت منجر به افزایش دقت نتایج طبقه‌بندی شود.

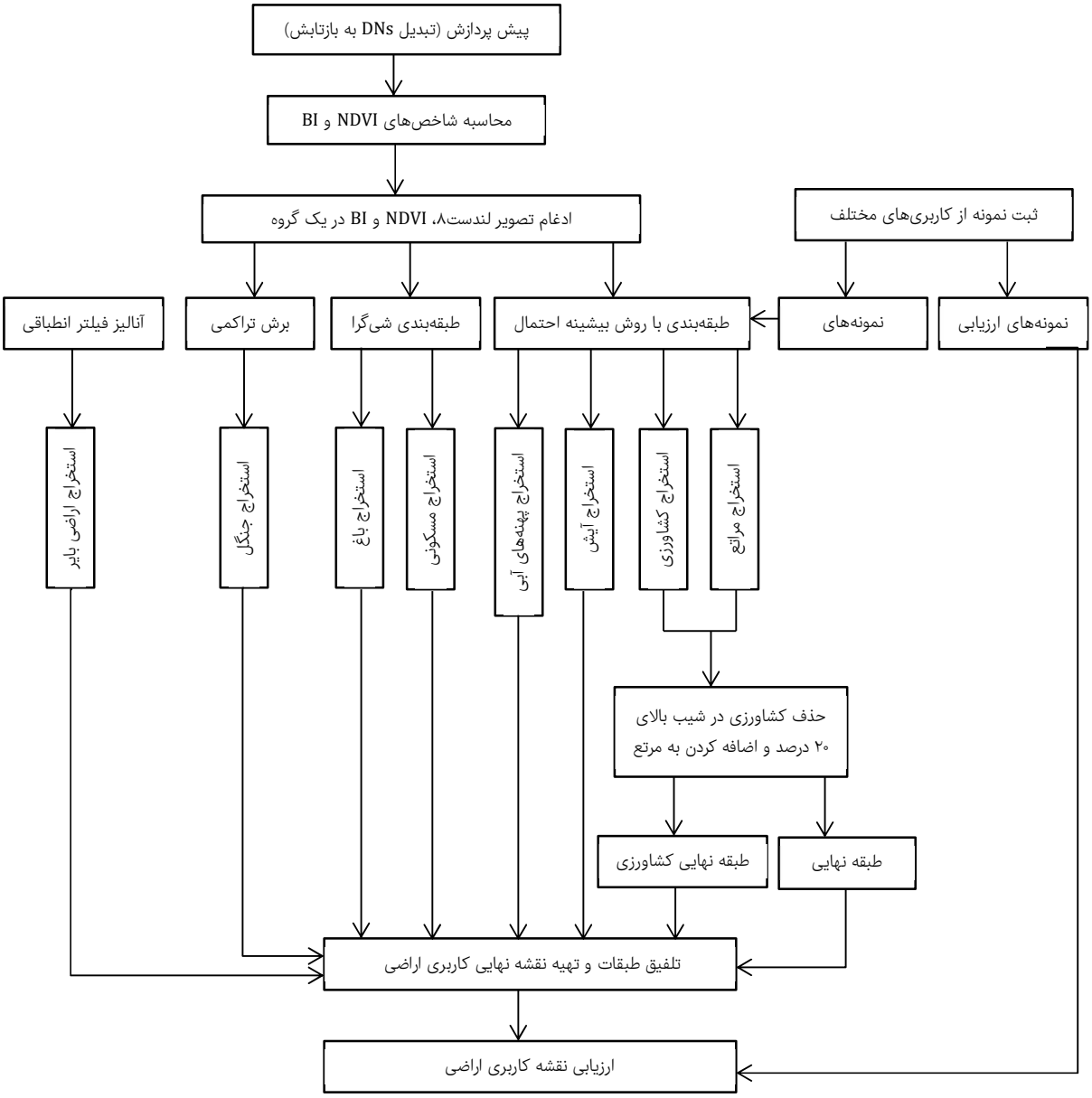
شاخص گیاهی NDVI (شاخص گیاهی تفاوت نرمال‌شده) و شاخص خاک BI (شاخص درخشندگی) با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه و هر یک به عنوان یک لایه با باندهای تصویر ادغام شدند [Kolios & Stylios, 2013].

$$NDVI = (P_{nir} - P_{red}) / (P_{nir} + P_{red})$$
$$BI = [(P_{red})^2+(P_{green})^2+(P_{red})^2]^{1/2} / (3)^{1/2}$$

پردازش

باندهای مورد نظر و شاخص‌ها در کنار هم به منظور طبقه‌بندی منطقه مورد مطالعه، مورد استفاده قرار گرفتند. یکی از پرکاربردترین روش‌های نظارت‌نشده روش Iso-data بوده که بدون نیاز به نمونه‌های آموزشی پیکسل‌های مشابه را در یک طبقه قرار می‌دهد

[Bakr *et al.*, 2010]. ابتدا روش Iso-data برای استخراج طبقات کاربری اراضی استفاده شد که چون تفکیک طبقات به‌خوبی انجام نشد، از این روش طبقه‌ای استخراج نشد. در روش نظارت‌شده که معمول‌ترین آن روش بیشینه احتمال است، از نمونه‌های آموزشی ثبت‌شده در منطقه استفاده شد. روش نظارت‌شده به دلیل استفاده از نمونه‌های آموزشی و شناخت قبلی از منطقه معمولاً دقت بیشتری نسبت به روش نظارت‌نشده (Iso-data) برای طبقه‌بندی دارد [Guo *et al.*, 2010].



شکل ۳) نمودار جریانی تهیه نقشه کاربری منطقه مورد مطالعه

روش بیشینه احتمال پهنه‌های آبی، مرتع، آیش و کشاورزی را به خوبی استخراج کرده ولی در سایر طبقات کاربری (مسکونی، جنگل، باغ و اراضی بایر) تداخل زیادی مشاهده شد که به‌خوبی تفکیک نشده بودند. بنابراین، بایستی از روش‌های مناسب دیگر برای استخراج این سه طبقه باقیمانده استفاده می‌شد. با توجه به شکل منظم مناطق مسکونی و باغ استفاده از روشی که علاوه بر انعکاس طیفی، شکل پدیده را نیز در طبقه‌بندی لحاظ کند منطقی به نظر می‌رسید. به این منظور برای استخراج این دو طبقه از روش شی‌گرا در نرم‌افزار eCognition استفاده شد. طبقه‌بندی شی‌گرا پارامترهای مختلفی از جمله فرم، بافت و اطلاعات طیفی را در نظر می‌گیرد. ابتدا براساس تفکیک‌پذیری تصویر و مقیاس اشیا سگمنت‌سازی انجام شد که منجر به متمایزسازی سطوح مختلف انواع اشیا شد

[Pakhale & Gupta, 2010]. این نواحی شامل گروه‌های چندطیفی یا فراطیفی پیکسل‌های تصویر بود که دارای مقادیر ویژه اطلاعات یکسانی بودند که تیپ پوشش زمین یا نوع کاربری زمین خواهند شد [Baatz *et al.*, 2004].

برای استخراج طبقه جنگل از روش نظارت‌شده برش تراکمی استفاده شد. در این روش تنها یک باند مورد استفاده قرار گرفت. مرز بین طبقات با مطالعه هیستوگرام باندها و مشخصه طیفی پدیده‌های مورد نظر تعیین شد. این روش تنها در مواردی که هیستوگرام یک باند نمایانگر تفکیک خوب دو یا چند طبقه باشد، استفاده می‌شود [Fatahi *et al.*, 2007]. با توجه به اینکه در شرایط اقلیمی منطقه جنگل‌ها در ارتفاع بیشتر از ۲۰۰۰ متر پراکنش نداشته و کاربری مرتع شروع شده، برای افزایش دقت این طبقه از نقشه ارتفاعی استفاده شد. با استفاده از نقشه DEM طبقات ارتفاعی تهیه و با اعمال آن در طبقه جنگل قسمت‌های با ارتفاع بیشتر از ۲۰۰۰ متر حذف و به طبقه مرتع اضافه شد.

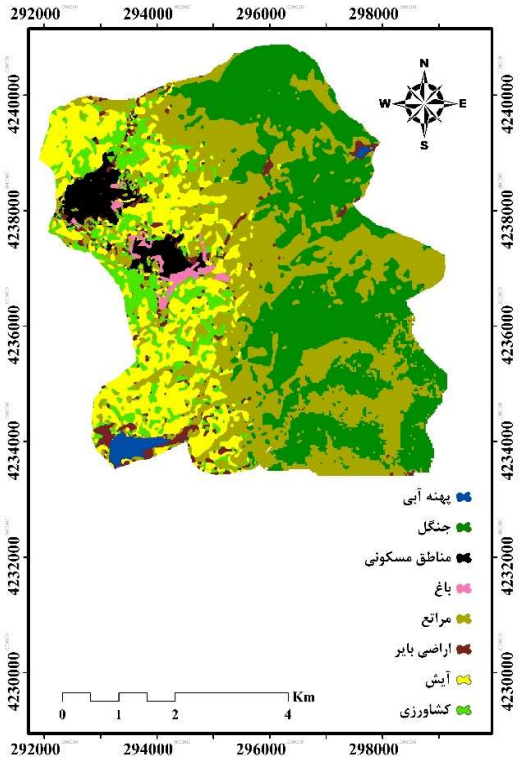
بین طبقات مسکونی و اراضی بایر تداخل زیادی وجود داشته و استفاده از روش‌های معمول دقت زیادی در تفکیک این دو طبقه نداشت. از روش آنالیز طیفی فیلتر انطباقی برای استخراج اراضی بایر استفاده شد. این روش در زمره روش‌های جداسازی طیفی جزئی است. فیلترهای انطباقی را می‌توان به عنوان فرآیندی که در آن داده‌هایی که بیشترین انطباق را با هدف دارند، در مقابل پس‌زمینه فیلتر می‌شوند، مطرح نمود. از نظر ریاضی نیز فیلترهای انطباقی به منظور حداقل‌نمودن انرژی محدود به‌کار می‌رود [Ekalagan, 2007]. با توجه به اینکه قسمت‌هایی از طبقات مراتع و اراضی کشاورزی تداخل داشته و هنوز به‌خوبی تفکیک نشده‌اند، در ادامه، از نقشه کمکی شیب برای بهبود دقت طبقات استفاده شد. نقشه شیب در نقشه طبقه‌بندی‌شده اعمال و قسمت‌های دارای شیب بالای ۲۰٪ که در طبقه کشاورزی بود حذف و به طبقه مرتع اضافه شد [Mohammady *et al.*, 2014]. در نهایت، طبقات مختلف کاربری حاصل از روش‌های مختلف با هم تلفیق و نقشه نهایی کاربری اراضی تهیه شد. مراحل تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از روش ترکیبی در شکل ۳ نشان داده شده است.

ارزیابی نقشه کاربری اراضی

حدود یک سوم از نمونه‌های آموزشی به منظور ارزیابی نقشه نهایی در طبقه‌بندی وارد نشد. برای ارزیابی، ماتریس درهمی یا آشفتگی در محیط نرم‌افزار ENVI 5.3 تهیه شد. از روی این ماتریس میزان دقت کلی به دست آمد [Brandt *et al.*, 2013]. همچنین از ضریب کاپا به عنوان استانداردی برای ارزیابی نقشه کاربری اراضی استفاده شد [Rosenfield & Fitzpatrick-lins, 1986]. ضریب کاپا در بسیاری از تحقیقات گذشته استفاده و مورد تایید قرار گرفته است [Bakr *et al.*, 2010; Rojas *et al.*, 2013]. سازمان زمین‌شناسی آمریکا حداقل ضریب کاپا قابل قبول برای نقشه کاربری اراضی را ۰/۸۵ بیان کرده است [Anderson *et al.*, 1976].

یافته‌ها

ضریب کاپا و دقت کلی برای نقشه تهیه‌شده با روش نظارت‌شده بیشینه احتمال به‌ترتیب ۰/۸۸ و ۹۴/۳۹٪ بود. در نقشه بیشینه احتمال، طبقات مربوط به پهنه آبی، کشاورزی، آیش و مرتع به‌خوبی جدا شده‌اند. قسمت‌های کوهستانی منطقه شامل کاربری مرتع و جنگل بود. کاربری کشاورزی، آیش و مسکونی نیز در قسمت‌های غربی منطقه بود. همچنین پهنه‌های آبی بخش‌هایی با مساحت کم در شمال شرقی و جنوب غربی منطقه مشاهده شد (شکل ۴).



شکل ۴) نقشه کاربری اراضی تهیه‌شده با استفاده از روش ترکیبی

ارزیابی دقت نقشه با استفاده از ضریب کاپا و دقت کلی به‌ترتیب مقادیر ۰/۹۶ و ۹۷/۲۸٪ را نشان داد.

بیشترین مقدار خطای ازدست‌رفتگی (میزان پیکسل‌های اراضی یک کلاس که جز کلاس‌های دیگر طبقه‌بندی شده است) مربوط به طبقه مراتع و کمترین آن مربوط به جنگل بود. بیشترین مقدار خطای گماشته‌شده (میزان پیکسل‌های اراضی یک کلاس است که واقعا به آن تعلق ندارد) مربوط به طبقه آیش و کمترین آن مربوط به باغ بود. همچنین بالاترین مقدار دقت تولیدکننده (نشان‌دهنده قابلیت تفکیک طیفی بالا) مربوط به جنگل بود. بالاترین دقت کاربر نیز مربوط به باغ (۱۰۰/۰۰٪ از پیکسل‌ها به درستی به این طبقه اختصاص یافته‌اند) و کمترین میزان مربوط به طبقه آیش بود. بر این اساس بالاترین دقت طبقه‌بندی مربوط به طبقه باغ بود (جدول ۱).

جدول ۱) ماتریس خطای طبقه‌بندی کاربری اراضی به روش ترکیبی

طبقه کاربری	دقت تولیدی	دقت کاربر	خطای گماشته‌شده	خطای ازدست‌رفتگی
پهنه آبی	۹۸/۴۵	۹۹/۸۳	۰/۱۷	۱/۵۵
جنگل	۹۹/۵۶	۹۹/۹۱	۰/۰۹	۰/۴۴
مناطق مسکونی	۹۷/۷۴	۹۹/۹۳	۰/۰۷	۲/۲۶
باغ	۹۸/۹۵	۱۰۰/۰۰	۰	۱/۰۵
مراتع	۹۳/۹۱	۹۸/۲۲	۱/۷۸	۶/۰۹
اراضی بایر	۹۵/۴۱	۹۳/۳۲	۶/۶۸	۴/۵۹
آیش	۹۷/۱۸	۸۱/۷۸	۱۰/۲۲	۲/۸۲
کشاورزی	۹۶/۹۱	۹۹/۶۴	۷/۸۴	۳/۰۹

بیشترین و کمترین مساحت کاربری اراضی به ترتیب مربوط به مراتع و پهنه آبی بود (جدول ۲).

جدول ۲) مساحت طبقات مختلف کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه

طبقه کاربری	هکتار	درصد
پهنه آبی	۳۶/۰۵	۰/۹۳
جنگل	۱۲۴۹/۲۴	۳۲/۱۳
مناطق مسکونی	۱۳۷/۷۶	۳/۵۴
باغ	۳۹/۶۶	۱/۰۲
مراتع	۱۳۸۲/۳۴	۳۵/۵۵
اراضی بایر	۱۱۵/۴۳	۲/۹۷
آیش	۶۱۸/۵۶	۱۵/۹
کشاورزی	۳۰۹/۰۴	۷/۹۶
جمع	۳۸۸۸/۰۸	۱۰۰

بحث

برای تهیه نقشه کاربری اراضی از تصاویر لندست ۸ استفاده شد، چرا که تصاویر ماهواره لندست با قدرت تفکیک مناسب و قابلیت تکرار طی سال، ابزار مهمی در تهیه نقشه کاربری اراضی بوده و در بسیاری از پژوهش‌ها مورد استفاده قرار گرفته است [Schulz *et al.*, 2010; Sexton *et al.*, 2013]. با وجود استفاده از نمونه‌های تعلیمی زیاد در روش بیشینه احتمال هنوز بین برخی کاربری‌ها تداخل وجود داشته و دقت نقشه برای تمام کاربری‌ها قابل قبول نبود. با توجه به شرایط توپوگرافی، اقلیمی، تنوع کاربری‌ها منطقه مورد مطالعه چنین نتیجه‌ای قابل انتظار بود. استخراج طبقه پهنه آبی با استفاده از روش نظارت‌شده به دلیل خصوصیات طیفی منحصر به فرد و تفاوت زیاد آن با دیگر طبقات کاربری اراضی بود. کاربری مرتع، آیش و کشاورزی نیز با استفاده از روش نظارت‌شده به‌خوبی تفکیک شد و فقط در مناطق شیب‌دار تداخلی وجود داشت که با تکیه به شناخت کارشناس از منطقه مبنی بر عدم وجود کشاورزی در شیب‌های بیشتر از ۲۰٪ این تداخل اصلاح شد [Mohammady *et al.*, 2014]. در این خصوص، ذکر این نکته ضروری است که به‌هنگام استفاده از نقشه شیب به عنوان داده کمکی، مقدار شیب ۲۰٪ برای همه مناطق عمومیت نداشته و براساس الگوی استفاده از اراضی شیب‌دار این مقدار می‌توان در مناطق مختلف، متفاوت باشد. در این تحقیق طبقه جنگل با استفاده از روش نظارت‌شده برش تراکمی به‌خوبی استخراج شد. با این وجود لازم به ذکر است که به دلیل تداخل طیفی پدیده‌ها، محدودبودن دامنه تعریف طبقات و آمیختگی طبقات طیفی نمی‌توان به عنوان یک روش کامل و مستقل طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده قرار گیرد و تنها برای تفکیک حداکثر ۲ تا ۳ طبقه یا کمک به تشخیص و تفکیک برخی پدیده‌ها مناسب است [Fatahi *et al.*, 2007]. در این تحقیق به دلیل تداخل طیفی زیاد طبقات مسکونی با اراضی بایر و باغ با اراضی جنگلی، استخراج طبقه مسکونی و باغ با استفاده از روش شی‌گرا انجام گرفت. در روش شی‌گرا، مشخصه‌ها و کیفیت مشخصه‌های استفاده شده برای ارزیابی و طبقه‌بندی اجزای تصویر وابستگی مستقیم به اشیاء و چگونگی شکل‌گیری قبلی آنها دارد. استفاده از فرآیند شی‌گرا برای استخراج اشیاء به صورت اتوماتیک در بسیاری از کاربردهای علوم زیستی و زمین ثابت شده است. این نوع از طبقه‌بندی یک فرآیند تکرارپذیر است. بدین معنی که طبقه‌بندی چندین‌بار انجام می‌شود تا بالاترین درجه عضویت برای طبقات حاصل شود [Rezaei Moghadam *et al.*, 2010].

در آنالیز فیلتر انطباقی که برای استخراج اراضی بایر استفاده شد، ارزش یک پیکسل در تصویر خروجی متناسب با درصد پیکسل که مواد هدف را شامل می‌شود، در نظر گرفته شد. هر پیکسل با ارزش صفر و کمتر از آن به عنوان زمینه تفسیر شد. این کاربرد از تصاویر به عنوان تفکیک و برآورد فراوانی هر یک از اهداف موجود در یک پیکسل (جداسازی طیفی) مطرح بوده و از این رو نیاز به توسعه این الگوریتم‌ها در سال‌های اخیر به‌شدت مورد توجه قرار گرفته است. در مورد کاربری جنگل نیز در ارتفاعات بالای ۲۰۰۰ متر اصلاحاتی انجام شد و این قسمت‌ها از جنگل حذف شد و به مرتع اضافه شد. این کار با توجه به دانش قبلی مبنی بر عدم وجود جنگل در ارتفاع بیشتر از ۲۰۰۰ متر در منطقه صورت گرفت. استفاده از نقشه‌های جغرافیایی به منظور بهبود دقت نقشه کاربری توسط محققین دیگری نیز مورد توجه قرار گرفته و کارایی آن تایید شده است [Stefanov *et al.*, 2001]. دقت نقشه نهایی با ضریب کاپا و دقت کلی ارزیابی شده و مقدار آن به ترتیب ۰/۹۶ و ۹۷/۲۸٪ به‌دست آمد. ضریب کاپا قابل قبول در نقشه‌های کاربری ارایه‌شده توسط سازمان زمین‌شناسی آمریکا [Anderson *et al.*, 1976] ۸۵٪ است که ضریب به دست آمده در این تحقیق بسیار بالاتر از این میزان بود و دقت روش را تایید کرد. به عبارت دیگر، ضرایب به دست آمده نشان داد کاربرد همزمان چند روش و همچنین استفاده از داده‌های کمکی مانند شیب و ارتفاع بر مبنای شناخت کارشناس از منطقه موجب افزایش دقت نقشه کاربری اراضی شد.

این در حالی است که در بسیاری از تحقیقات قبلی در زمینه تهیه نقشه کاربری اراضی، مقدار دقت گزارش شده برای نقشه‌ها کمتر از تحقیق حاضر بوده است. همچنین در مطالعات قبلی مقادیر متفاوتی برای مقدار ضریب کاپا و دقت کلی در استخراج نقشه کاربری اراضی ذکر شده است [Rojas *et al.*, 2013; Sun *et al.*,

[2013]. هرچند لازم به توضیح است که تعداد کلاس‌های انتخابی و نوع کلاس‌ها نیز در این تحقیقات متفاوت بود که این فاکتورها خود تاثیر زیادی بر دقت حاصل از طبقه‌بندی داشت. در زمینه استفاده از نقشه‌های کمکی و روش‌های ترکیبی مطالعات دیگری نیز انجام شده و افزایش دقت روش‌های ترکیبی در مقایسه با روش‌های معمول مشاهده شده است. به عنوان مثال *رزنستاین* و *کارنیلی* [Rozenstein & Karnieli, 2011] ابتدا طبقه‌بندی با استفاده از روش بیشینه احتمال انجام داده و دقت ۰/۵۳ به دست آوردند. سپس با استفاده از فاکتورهای کمکی و اعمال روش ترکیبی دقت نقشه کاربری اراضی تا ۰/۶۸ افزایش یافت. همچنین در تحقیق دیگری [Abd El-Kawy *et al.*, 2011] به طور همزمان از تفسیر بصری و روش بیشینه احتمال استفاده نموده و دقت ۹۵٪ و ۰/۹۲ برای دقت کلی و ضریب کاپا به دست آوردند. *محمدی* و همکاران [Mohammady *et al.*, 2014] در فصول مختلف نقشه کاربری اراضی را تهیه نموده و بیشترین میزان دقت کلی و ضریب کاپا ۸۴٪ و ۰/۸۱ به دست آمد. ایشان با استفاده از روش ترکیبی، کاربرد چند تصویر برای تهیه نقشه کاربری یک سال و استفاده از نقشه‌های توپوگرافی کمکی دقت را تا ۹۸/۲٪ برای دقت کلی و ۰/۹۸ برای ضریب کاپا افزایش دادند. نکته‌ای که به آن توجه شد، نحوه استفاده از روش‌های ترکیبی و داده‌های کمکی در مناطق مختلف بود. بدون شک آگاهی از شرایط هر منطقه در انتخاب نقشه‌های کمکی و روش مورد استفاده موثر بوده و نمی‌توان از روش ثابتی برای مناطق مختلف استفاده نمود. به عنوان نمونه بیان شد که در ارتفاع بالاتر از ۲۰۰۰متر در منطقه جنگل وجود نداشته و کشاورزی نیز به ندرت در شیب‌های بیش از ۲۰٪ مشاهده شد. ممکن است در مناطق مختلف شرایط متفاوت بوده و استفاده از این معیارها منطقی نباشد، لذا برای استفاده از داده‌های کمکی باید شناخت خوبی از منطقه وجود داشته باشد. به طور کلی در شرایط شمال کشور شرایط کاربری اراضی به منطقه مورد مطالعه نزدیک بوده و می‌توان روش مورد استفاده را در این مناطق نیز به کار برد. قابل ذکر است که در مناطق وسیع که با یک تصویر پوشش داده نشوند و یا کاربری‌های اراضی متنوع با طیف‌های مشابه (مسکونی و اراضی بایر، کشاورزی و مرتع) وجود داشته باشد، استفاده از روش‌های کلاسه‌بندی معمول (الگوریتم بیشینه احتمال، Iso-data و غیره) از دقت بالایی برخوردار نیست. از طرفی، ماهیت غیرخطی پدیده‌های طبیعی، با مبنای خطی‌بودن روش‌های مذکور می‌تواند یکی از منابع عمده بروز خطا باشد که در این راستا باید علاوه بر تحلیل طیفی، فاکتورهای دیگری همچون بافت، شکل، تن رنگ نیز در کلاسه‌بندی کاربری اراضی در نظر گرفته شود. این امر لزوم استفاده از روش‌های طبقه‌بندی پیشرفته‌ی مبتنی بر پیکسل مانند روش ماشین بردار پشتیبان، شبکه عصبی مصنوعی و روش شی‌گرا را ضروری می‌کند. علاوه بر این، با توجه به میزان تجربه کاربر و شناخت دقیق او از منطقه مورد مطالعه می‌توان از روش‌های ترکیبی دیگری نیز استفاده نمود. ذکر این نکته نیز ضروری است که روش‌های کلاسه‌بندی متفاوت می‌توانند در مناطق مختلف دارای نتایج متفاوتی باشند.

نتیجه‌گیری

روش ترکیبی با دقت کلی و ضریب کاپا به ترتیب ۹۷/۲۸٪ و ۰/۹۶ نسبت به روش‌های معمول از دقت بالاتری برخوردار بوده و برای برنامه‌ریزی و مدیریت اراضی مناسب است. به دلیل تشابه خصوصیات طیفی و حتی شکل و رنگ برخی از طبقات کاربری اراضی، استفاده از روش ترکیبی و نقشه‌های کمکی دقت بیشتری نسبت به استفاده از روش‌های معمول دارد. بنابراین، با توجه به خصوصیات هر منطقه از نظر میزان همگنی و همچنین نوع تصویر ماهواره‌ای مورد استفاده، می‌توان ترکیب‌های متفاوتی از روش‌ها و شاخص‌ها را برای طبقه‌بندی کاربری اراضی به‌منظور افزایش دقت به‌کار برد.

تشکر و قدردانی: موردی برای گزارش وجود ندارد.

تاییدیه اخلاقی: موردی برای گزارش وجود ندارد.

تعارض منافع: موردی برای گزارش وجود ندارد.

سهم نویسندگان: سعید ورامش (نویسنده اول)، نگارنده مقدمه/پژوهشگر اصلی/روش‌شناس/نگارنده بحث (٦٠٪)؛ سهراب محترم عنبران (نویسنده دوم)، پژوهشگر کمکی/نگارنده بحث/تحلیلگر داده‌ها (٤٠٪)

منابع مالی: موردی برای گزارش وجود ندارد.

منابع

- Abd El-Kawy OR, Rød JK, Ismail HA, Suliman AS (2011). Land use and land cover change detection in the western Nile delta of Egypt using remote sensing data. Applied Geography. 31(2):483-494.
- Alemayehu F, Nurhussen T, Jan N, Atkilt G, Amanuel Z, Mintesinot B, et al (2009). The impacts of watershed management on land use and land cover dynamics in Eastern Tigray (Ethiopia). Resources, Conservation and Recycling. 53(4):192-198.
- Anderson JR, Hardy EE, Roach JT, Witmer RE (1976). A land use and land cover classification system for use with remote sensor data. Washington DC: US Government Printing Office.
- Baatz M, Benz U, Dehghani S, Heynen M, Höltje A, Hofmann P, Lingenfelder I, et al (2004). eCognition professional user guide 4. Munich: Definiens Imaging.
- Bakr N, Weindorf DC, Bahnassy MH, Marei SM, El-Badawi MM (2010). Monitoring land cover changes in a newly reclaimed area of Egypt using multi-temporal Landsat data. Applied Geography. 30(4):592-605.
- Brandt JS, Haynes MA, Kuemmerle T, Waller DM, Radeloff VC (2013). Regime shift on the roof of the world: Alpine meadows converting to shrublands in the southern Himalayas. Biological Conservation. 158:116-127.
- Fatahi MM, Nowrozi, AA, Abkar AA, Khalkhali A (2007). Comparison of methods of classification and preparation of land use map (Landuse) of arid regions using satellite images. Pajouhesh va Sazandgi. 20(30):129-135. [Persian]

agreement as a measure of thematic classification accuracy. Photogrammetric engineering and remote sensing. 52(2):223-227.
- Rozenstein O, Karnieli A (2011). Comparison of methods for land-use classification incorporating remote sensing and GIS inputs. Applied Geography. 31(2):533-544.
- Schulz JJ, Cayuela L, Echeverria C, Salas J, Benayas JMR (2010). Monitoring land cover change of the dryland forest landscape of central Chile (1975–2008). Applied Geography. 30(3):436-447.
- Sexton JO, Urban DL, Donohue MJ, Song C (2013). Long-term land cover dynamics by multi-temporal classification across the landsat-5 record. Remote Sensing of Environment. 128:246-258.
- Shih H, Stow DA, Chang KC, Roberts DA, Goulias KG (2022). From land cover to land use: Applying random forest classifier to Landsat imagery for urban land-use change mapping. Geocarto International.37(19):5523-5546.
- Stefanov WL, Ramsey MS, Christensen PR (2001). Monitoring urban land cover change: An expert system approach to land cover classification of semiarid to arid urban centers. Remote sensing of Environment. 77(2):173-185.
- Sun J, Yang J, Zhang C, Yun W, Qu J (2013). Automatic remotely sensed image classification in a grid environment based on the maximum likelihood method. Mathematical and Computer Modelling. 58(3-4):573-581.
- Ekalagan JR (2007). Land use: The interaction of economy, ecology and hydrology. In: Tabibian M, translator. Tehran: Tehran University Press. [Persian]
- Tokola T, Sarkeala J, Van der Linden M (2001). Use of topographic correction in landsat TM-based forest interpretation in Nepal. International Journal of Remote Sensing. 22(4):551-563.
- Tolessa T, Senbeta F, Kidane M (2017). The impact of land use/land cover change on ecosystem services in the central highlands of Ethiopia. Ecosystem Services. 23:47-54.
- USGS (2015). Landsat 8 Using Product [Internet]. Virginia: United States Geological Survey [Cited 2022, 20 November]. Available from: https://www.usgs.gov/search?keywords=Landsat8+
- Varamesh S, Mohtaram Anbaran S, Rouhnavaz Z (2022). Evaluation and monitoring of the thirty-year physical expansion process of Ardabil city using satellite images. Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR). 31(123):139-153. [Persian]
- Varamesh S, Hosseini.SM, Rahimzadegan M (2017). Comparison of conventional and advanced classification approaches by landsat-8 imagery. Applied Ecology and Environmental Research. 15(3):1407-1416.
- Varamesh S, Hosseini SM, Rahimzadegan M (2017). Detection of land use changes in northeastern Iran by landsat satellite data. Applied Ecology and Environmental Research. 15(3):1443-1454.
- Zhou W, Troy A, Grove M (2008). Object-based land cover classification and change analysis in the Baltimore metropolitan area using multitemporal high resolution remote sensing data. Sensors. 8(3):1613-1636.
- Guo L (2006). Analysis of spatio-temporal changes in the landscape pattern of the Taishan mountain. Journal of Mountain Ecology. 8:1-6.
- Guo Y, Wu Y, Ju Z, Wang J, Zhao L (2010). Remote sensing image classification by the Chaos genetic algorithm in monitoring land use changes. Mathematical and Computer Modelling. 51(11–12):1408-1416.
- Hantson S, Chuvieco E (2011). Evaluation of different topographic correction methods for landsat imagery. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. 13(5):691-700.
- Hasan SS, Lin Z, Giashuddin M, Tofayel A, Abdus S (2020). Impact of land use change on ecosystem services: A review. Environmental Development. 34:100527.
- Hashim BM, AL Maliki A, Sultan M, Shahid S (2022). Effect of land use land cover changes on land surface temperature during 1984-2020: A case study of Baghdad city using landsat image. Natural Hazards. 112(2):1223-1246.
- Kafy AA, Al Rakib A, Akter KS, Jahir DA, Sikdar S, Al Faisal A, et al (2021). Assessing and predicting land use/land cover, land surface temperature and urban thermal field variance index using landsat imagery for Dhaka metropolitan area. Environmental Challenges. 4:100192.
- Kolios S, Stylios CD (2013). Identification of land cover/land use changes in the greater area of the Preveza peninsula in Greece using Landsat satellite data. Applied Geography. 40:150-160.
- Lillesand T, Kiefer RW, Chipman J (2015). Remote sensing and image interpretation. Toronto: John Wiley and Sons.
- Manandhar R, Odeh IOA, Ancev T (2009). Improving the accuracy of land use and land cover classification of landsat data using post-classification enhancement. Remote Sensing. 1(3):330-344.
- Mohammady M, Zeinivand H, Moradi HR, Pourghasemi HR, Farazjoo H (2015) Investigating the effects of land use on runoff generation using WetSpa model. Iranian journal of Ecohydrology. 2(4):357-369. [Persian]
- Mohammady M, Moradi HR, Zeinivand H, Temme AJAM (2014). A comparison of supervised, unsupervised and synthetic land use classification methods in the north of Iran. International Journal of Environmental Science and Technology. 12(5):1515-1526.
- Pakhale GK, Gupta PK (2010). Comparison of advanced pixel based (ANN and SVM) and object-oriented classification approaches using landsat-7 Etm+ data. International Journal of Engineering and Technology. 2(4):245-251.
- Rezaei Moghadam MH, Rezaei Banafsheh M, Faizizadeh B, Nazmfar H (2010). Classification of land cover/land use based on object-oriented technique and satellite images, case study: West Azerbaijan province. Pajouhesh va Sazandgi. 23(2):19-32. [Persian]
- Rojas C, Pino J, Basnou C, Vivanco M (2013). Assessing land-use and-cover changes in relation to geographic factors and urban planning in the metropolitan area of Concepción (Chile), implications for biodiversity conservation. Applied Geography. 39:93-103.
- Rosenfield GH, Fitzpatrick-Lins K (1986). A coefficient of