علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و دوم، شماره سه، خرداد ماه ۹۹

پایش تغییرات پوشش اراضی با استفاده از سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز خوجین خلخال)

مهسا صفری‌پور[1*]

m_safaripour@pnu.ac.ir

داریوش ناصری[2]

تاریخ دریافت: ۹۵/۹/۱۴ **تاریخ پذیرش:۹۵/۱۰/۲۹**

چکیده

زمینه و هدف: مطالعه میزان تغییرات و تخریب منابع در سال‌های گذشته می‌تواند در برنامه‌ریزی و استفادهٔ بهینه از منابع و کنترل و مهار تغییرات غیر اصولی در آینده گام مهمی باشد و از آنجا که این تغییرات در سطوح وسیع و گسترده اتفاق می افتد، تکنولوژی سنجش از دور می تواند ابزاری ضروری و ارزش مند جهت پایش تغییرات باشد. هدف از تحقیق حاضر، پایش تغییرات پوشش اراضی در حوضه آبخیز خوجین خلخال در جنوب استان اردبیل با تکنیک سنجش از دور می‌باشد.

روش بررسی: ابتدا تصاویر ماهواره لندست مربوط به تیر ماه سال‌های ۱۳۶۵، ۱۳۸۰ و ۱۳۹۵ تهیه و پس از تصحیح هندسی و ارتفاعی، طبقه بندی تصاویر به روش نظارت شده یا خوارزمیک حداکثر احتمال انجام پذیرفت. به منظور افزایش دقت طبقه‌بندی تصاویر نیز از شاخص NDVI، لایه مدل رقومی ارتفاعی و لایه شیب استفاده شد و دقت طبقه‌بندی نیز با شاخص کاپا و صحت کلی بررسی گردید.

یافته ها: بر اساس نتایج در دوره اول (۱۳۸۰-۱۳۶۵) ۲۲/۳۶ درصد، در دوره دوم (۱۳۹۵-۱۳۸۰) ۲۰/۷۳ و در دوره آخر یعنی (۱۳۹۵-۱۳۶۵) ۲۸/۰۸ درصد از منطقه دچار تغییر کاربری شده است که در هر سه دوره، تبدیل کاربری مرتع به زراعت دیم بیش ترین تغییرات را دارد.

بحث و نتیجه گیری: نتایج تحقیق حاضر نشان دهنده این امر است که علی‌رغم بالا بودن قدرت تصاویر لندست در تهیه نقشه کاربری اراضی، می‌توان با استفاده از شاخص‌ها و لایه‌های جانبی نظیر NDVI، ارتفاع و درصد شیب، قدرت تفکیک کاربری‌ها از یکدیگر را بهبود بخشید.

واژه‌های کلیدی: حوضه آبخیز خوجین، تصاویر ماهواره‌ای، تغییرات پوشش اراضی، سنجش از دور.

۱- استادیار، گروه کشاورزی و محیط زیست، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.* (مسوول مکاتبات)

۲- گروه محیط زیست، واحد اردبیل، دانشگاه آزاد اسلامی، اردبیل، ایران

J. Env. Sci. Tech., Vol 22, No.3, May, 2020

Monitoring of Land Cover Changes Using Remote Sensing Technique and GIS (Case study: Khojin watershed, Khalkhal)

Mahsa Safaripour [1*]
m_safaripour@pnu.ac.ir
Dariush Naseri[2]

Admission Date:January 18, 2017 Date Received: December 4, 2016

Abstract

Background and Objective: Study of resources changes and destruction in previous can be useful in the planning and optimal use of resources to control inappropriate changes. Because of land use changes occur on large-scale, remote sensing techniques is a useful and valuable tool for monitoring the changes. The aim of this research is to monitoring of land cover changes in Khojin watershed located in the south of Ardabil province using remote sensing technique.

Method: First TM, ETM+ and OLI images for the year 1986, 2001 and 2016 were collected respectively and after geometric and elevation corrections, images were classified using maximum likelihood classification method. To increase classification accuracy, NDVI, elevation and slope percent layers were used. Kappa and overall accuracy indexes were used to calculate classified images accuracy.

Findings: Based on results, in the first period (1986-2001) 22.36%, in the second period (2001-2016) 20.73% and in the third period (1986-2016) 28.08% of area has changed and in all 3 periods, changing from rangeland to dry farming reached the most change.

Discoution and Conclusion: Results showed despite high capability of Landsat images in mapping land use, using additional layers like NDVI, elevation and slope percent can improve classification accuracy of classified images.

Keywords: Khojin Watershed, Satellite Images, Land Cover Changes, Remote Sensing.

1- Assistant Professor, Natural Resources and Environmental Engineering Department, Faculty of Agricultural Sciences, Payame Noor University, Tehran, Islamic Republic of Iran*(Corresponding Authors)
2- Department of Environment, Ardabil Branch, Islamic Azad University, Ardabil, Iran

مقدمه

رشد سریع اقتصادی، سرعت تغییرات منابع را بیش تر کرده است و بسیاری از این تغییرات، اثرات سریع و زیان باری بر محیط‌زیست طبیعی مانند کشاورزی، جنگل، منابع آب، ارزش-های فرهنگی از قبیل زمین منظرهای تاریخی و سلامتی انسان‌ها گذاشته است. تغییرات کاربری زمین به طور مستقیم منابع زمین را تغییر می دهد که این امر با تأثیر بر دما و رطوبت، باعث تغییراتی در اقلیم و آب و هوای منطقه و نیز باعث کاهش نواحی تحت کشت می‌شود که این نیز خود کاهش مواد غذایی را در پی دارد (۱). با توجه به اینکه یکی از پیش شرط‌های اصلی برای استفاده بهینه از زمین،کسب اطلاع از الگوهای کاربری اراضی در طول زمان است، طراحی نقشه-های تخصصی مربوطه یکی از مهم ترین اهداف در مدیریت منابع طبیعی محسوب می‌گردد (۲). بنابراین تهیه نقشه‌های کاربری به روز از مناطق مختلف و بررسی تغییرات صورت گرفته در خصوص کاربری و پوشش زمین در سال‌های گذشته، برای مدیران و برنامه‌ریزان مناطق برای اتخاذ تصمیمات مدیریتی بسیار حایز اهمیت است (۳). ماهواره‌های سنجش از دور با فراهم‌آوری تصاویر چندزمانه و چندطیفی، کسب داده-های تکراری، فرمت دیجیتالی مناسب برای پردازش کامپیوتر و شیوه‌های دقیق زمین مرجع، متداول ترین منبع داده برای تشخیص، کمی‌سازی و نقشه سازی الگوهای کاربری اراضی و تغییرات آن به شمار می‌رود و می‌توانند در کمی نمودن نوع و میزان تغییرات کاربری و پوشش اراضی به کار گرفته شود. به همین دلیل در طول ۲۰ سال گذشته، تصاویر ماهواره‌ای به عنوان منبع مهمی در تهیه نقشه‌های کاربری اراضی و همچنین ارزیابی تغییرات گذشته مورد استفاده قرار گرفته اند(۴). از طرفی، سیستم اطلاعات جغرافیایی فراهم کننده محیطی مناسب برای نمایش، ذخیره سازی و تجزیه تحلیل داده‌ها می باشد و تکنیک سنجش از دور یک ابزار مناسب برای کسب اطلاعات مکانی در جهت رسیدن به مدیریت پایدار منابع طبیعی و چشم انداز اقتصادی می باشد (۵)، بر همین اساس در سال‌های اخیر، ترکیب دانش سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در شناسایی و تجزیه و تحلیل تغییرات کاربری و پوشش زمین به شکل گسترده‌ای مورد استفاده قرار گرفته است (۶).

در ارتباط با موضوع مورد مطالعه تحقیقاتی در داخل و خارج از کشور صورت گرفته است. فاطمی طلب و همکاران (۱۳۹۴) (۷) تغییرات سطح پوشش جنگل‌های رودسر را انجام و به این نتیجه رسیدند که در ۱۳ سال گذشته کاهش چشم گیری در سطح جنگل‌های منطقه رخ داده است. مرادی و همکاران (۱۳۹۵) (۸)، تغییرات پوشش اراضی را در دو شهرستان رابر و ارزوئیه بررسی کردند و نتایج تغییرات کاربری اراضی در دو منطقه نشان داد که کاربری اراضی مرتع بیش‌ترین تبدیل و تغییر را داشته است که اغلب به دلیل گسترش اراضی زراعی بوده است. Waseemو همکاران (۲۰۱۵)، پایش تغییرات پوشش اراضی در منطقه‌ای در مصر را با استفاده از تصاویر لندست انجام و به این نتیجه دست یافتند که استفاده از این فرایند می‌تواند مدیران را جهت برنامه‌ریزی برای حفظ اکوسیستم‌ها کمک کند. از سایر تحقیقات مشابه انجام شده در این زمینه می توان به تحقیقات Maimaitijiang و همکاران (۲۰۱۵) (۱۰)؛ Xiao و همکاران (۲۰۱۵) (۱۱)؛ جعفرنیا و همکاران (۲۰۱۶) (۱۲)؛ راهداری و همکاران (۲۰۱۶) (۱۳) اشاره کرد. حوضه آبخیز خوجین به دلیل مساحت زیاد و نقش مهم در تأمین امرار معاش جمعیت ساکن در این حوضه، برای انجام این پژوهش انتخاب شد و هدف از انجام این پژوهش، پایش تغییرات کاربری اراضی با استفاده از داده‌های دورسنجی و GIS و تأثیر این تغییرات بر سطح مراتع و جنگل‌های حوضه به عنوان رکن امرار معاش مردم بومی در منطقه است تا با مشخص شدن روند تغییرات تصمیمات صحیح برای جلوگیری از تغییرات کاربری و مدیریت جامع در سطح این حوضه اتخاذ گردد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوضه آبخیز خوجین با مساحت ۹۵۵۱/۸۷ هکتار در جنوب استان اردبیل و چسبیده به شهر خلخال در شهرستان خلخال قرارگرفته که به عنوان مهم ترین حوضه در سطح شهرستان از نظر موقعیت جغرافیایی بین″۴۷′۲۸°۴۸ تا ″۲′۳۷°۴۸ طول شرقی و ″۰۵′۳۰°۳۷ تا ″۰۸′۳۷°۳۷ عرض شمالی واقع شده است. حداکثر ارتفاع حوضه ۲۵۶۹ متر و حداقل ارتفاع در خروجی حوضه برابر ۱۷۵۰متر از سطح دریا می‌باشد. متوسط بارش سالیانه در حوضه ۴۰۰ میلی‌متر و میانگین درجه حرارت سالیانه هوا ۷ درجه سانتی‌گراد می باشد (۱۴). شکل (۱) موقعیت حوضه در استان را نشان می‌دهد.

روش تحقیق

ابتدا تصاویر سنجنده‌های TM، ETM^+ و OLI ماهواره لندست ۵، ۷ و ۸ متعلق به تیرماه سال‌های ۱۳۶۵، ۱۳۸۰ و ۱۳۹۵ انتخاب و از تارنمای سازمان زمین شناسی آمریکا[1]دریافت گردید. در ادامه تصاویر اَخذ شده از نظر وجود خطاهای اتمسفری و رادیومتریک از جمله پوشش ابر، خطاهای راه راه شدگی و پیکسل‌های تکراری بررسی شد. در ادامه با توجه به اینکه تصویر سنجنده +ETM برای سال ۲۰۰۲ دارای اندازه سلول ۲۸/۵ متر بود و دو سنجنده دیگر دارای اندازه سلول ۳۰ متری بودند، با استفاده از تابع نمونه‌گیری مجدد[2] هریک از باندهای تصویر و با روش نزدیک ترین همسایه دارای اندازه سلول ۳۰ متر شدند. در ادامه با توجه به این که حوضه مورد مطالعه نیز در منطقه کوهستانی واقع شده و دارای پستی و بلندی زیای بود تصحیحات ارتفاعی با استفاده از لایه DEM و همچنین اطلاعات موجود در متادیتای تصویر دریافتی، انجام شد. با بررسی و هم پوشانی لایه‌هایی مثل جاده و آبراهه‌ها مشخص شد که تصویر سال ۱۳۹۵ فاقد خطای هندسی است و به عنوان تصویر پایه قرار گرفت و با استفاده از روش تصویر به تصویر و استفاده از حدود ۳۰ نقطه در قسمت‌های مختلف حوضه تصاویر سال ۱۳۸۰ و ۱۳۶۵ با مقدار ریشه متوسط مربع خطا[3] برابر ۰/۳۱ و ۰/۳۵ پیکسل محاسبه و دو تصویر بر یکدیگر منطبق شدند. در ادامه اقدام به تهیه نمونه‌های تعلیمی برای طبقه‌بندی تصاویر شد.

نمونه های تعلیمی بایستی به صورتی انتخاب شوند که روی پدیده‌های گوناگون تصویر، به شکل مناسب پراکنده شده باشند. حداقل تعداد پیکسل مورد نیاز برای هرکلاس N+1 است که حرف N به معنای تعداد باندهای مورد استفاده در عملیات طبقه بندی است، اگرچه تعداد پیکسل های

مورد نیاز برای هر کلاس ۱۰N یا حتی ۱۰۰N نیز پیشنهاد شده است(۱۵). با رعایت شرایط فوق، با کاربرد سامانه موقعیت یاب جهانی و تصاویر مربوط به گوگل اِرث، نمونه‌های تعلیمی از سطح حوضه تهیه شد (جدول۱). در ادامه، برای طبقه‌بندی تصاویر از خوارزمیک بیش ترین شباهت[4]استفاده شد که این روش به عنوان یکی از دقیق‌ترین روش‌های طبقه‌بندی پیکسل پایه توسط اکثر محققین پذیرفته شده است (۱۶). در ادامه

با استفاده از نقاط تعلیمی (شکل ۲)، نقشه کاربری و پوشش اراضی تهیه شد. پس از تهیه نقشه طبقه‌بندی شده، اراضی جنگلی از نقشه طبقه بندی شده جدا و با نقاط شاهد که به منظور ارزیابی دقت برداشت شده بودند، رویهم گذاری و مشخص شد که در برخی مناطق تفکیک اراضی مرتع و جنگل از یکدیگر به خوبی صورت نگرفته است. به همین دلیل به منظور جلوگیری از کاهش دقت طبقه بندی تصاویر، از شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI) استفاده شد و ارزش‌های بیش تر از ۰/۴ به اراضی جنگلی و ارزش‌های کم تر از ۰/۴ به اراضی مرتعی اختصاص یافت. برای تفکیک بهتر اراضی مرتعی از اراضی دیم نیز که امکان طبقه بندی اشتباه پیکسل‌ها در این زمینه وجود داشت از نقشه شیب منطقه کمک گرفته شد.

به گونه‌ای که با پیمایش میدانی در منطقه، حداکثر شیبی که برای کشاورزی دیم مشاهده شد ۳۰٪ تخمین زده شد و در

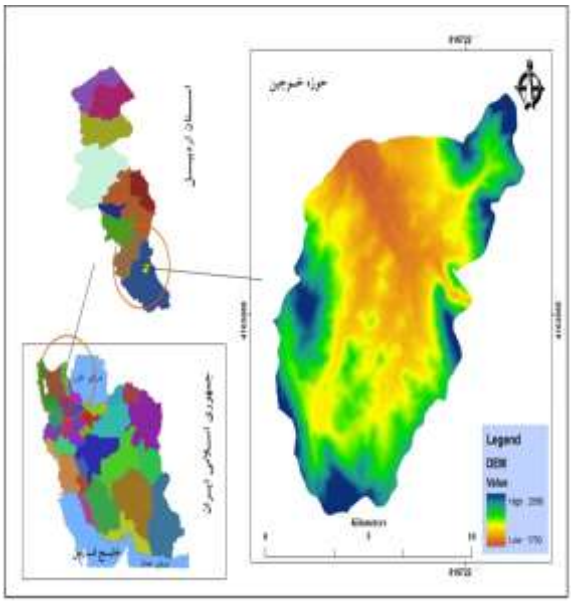
1- United State Geology Survey
2- Resample
3- RMSE
4- Maximum Likelihood

ادامه لایه شیب با لایه کاربری تهیه شده از روش حداکثر احتمال رویهم گذاری شده و مناطق با شیب بیش تر از ۳۰٪ که به کاربری کشاورزی دیم اختصاص داده شده بودند، به کاربری مرتع تغییر یافتند. برای تفکیک اراضی جنگلی از کشت آبی و باغات نیز با توجه به وجود باغات گسترده در منطقه در نقشه طبقه‌بندی شده، از لایه DEM استفاده شد که با توجه به وجود اراضی جنگلی در ارتفاعات بیش تر از ۲۰۰۰ و اراضی باغی و زراعت آبی در ارتفاعات کم تر از ۲۰۰۰ متر، لایه مدل رقومی ارتفاعی در دو طبقه بیش تر و کم تر از ۲۰۰۰ متر طبقه‌بندی و با لایه کاربری به دست آمده رویهم گذاری گردید و اراضی که در ارتفاعات بیش تر از ۲۰۰۰ متر و کاربری زراعت آبی باغ را شامل می‌شدند به اراضی جنگلی تغییر نام یافتند. به منظور اطمینان از دقت طبقه‌بندی تصاویر لازم بود تا ارزیابی دقت صورت گیرد که برای این‌کار از شاخص کاپا و صحت کلی استفاده شد.

جدول ۱- تعداد نقاط شاهد و تعلیمی

Table1. The number of training and witness points

ردیف	کاربری	نقاط تعلیمی	نقاط شاهد
۱	مسکونی	۵۹	۳۳
۲	جنگل	۶۹	۳۸
۳	کشت دیم	۸۹	۵۴
۴	مرتع	۱۰۴	۷۸
۵	کشت آبی و باغات	۷۵	۴۹



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه

Figure1. Study area

شکل ۲- موقعیت نقاط شاهد و تعلیمی در حوضه

Figure 2. The location of training and witness points

نتایج

نتایج کلی دقت طبقه بندی و میزان ضرایب دقت کاربر و تولید کننده در جدول (۲) آورده شده است. بر این اساس در هرسه تصویر میزان صحت کلی از میزان ضریب کاپا بیش تر است. از طرف دیگر میزان ضریب به دست آمده بیان گر این است که تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده با دقت قابل قبول قادر به تهیه نقشه‌های کاربری اراضی است. بالاتر بودن میزان ضریب صحت کلی نسبت به ضریب کاپا به ماهیت محاسبه ضرایب فوق مربوط است (۱۷). معمولاً صحت کلی، یک برآورد خوش بینانه است و بالاتر از مقدار واقعی به دست می‌آید. در حالی که ضریب کاپا میزان دقت را نسبت به یک طبقه‌بندی تصادفی

محاسبه می‌نماید(۱۸). از آنجاکه ضرایب صحت کلی و ضریب کاپا تنها با کل طبقه بندی ارتباط دارند و اطلاعاتی در مورد توزیع مکانی خطای کلاس‌ها ارایه نمی‌دهند (۱۹)، برای برآورد دقت کلاس‌ها به صورت مجزا پارامترهای دقت کاربر و دقت تولید کننده و خطای کمیشن (دقت کاربر-۱) و خطای امیشن (دقت تولید کننده-۱) برای کلاس‌های مختلف کاربری اراضی تهیه شد.

جدول ۲- نتایج کلی دقت طبقه بندی و میزان ضرایب دقت کاربر و تولید کننده برای تصاویر مورد استفاده

Table2. Overall accuracies and Kappa coefficients and user and producer accuracies for used images

ردیف	کاربری	دقت کاربر			دقت تولید کننده			درصد کمیشن			درصد امیشن		
		۱۳۹۵	۱۳۸۰	۱۳۶۵	۱۳۹۵	۱۳۸۰	۱۳۶۵	۱۳۹۵	۱۳۸۰	۱۳۶۵	۱۳۹۵	۱۳۸۰	۱۳۶۵
۱	زراعت آبی	۹۵/۷۶	۹۴/۹۶	۷۵/۷۸	۹۶/۰۵	۹۸/۲۶	۸۸/۴۱	۴/۲۴	۵/۰۴	۲۴/۲۲	۳/۹۵	۱/۷۴	۱۱/۵۹
۲	مرتع	۹۱/۰۰	۸۷/۴۷	۸۷/۷۵	۹۸/۴۲	۹۸/۳۱	۹۵/۸۱	۹/۰۰	۱۲/۵۳	۱۲/۲۵	۱/۵۸	۱/۶۹	۴/۱۹
۳	جنگل	۹۷/۰۹	۹۸/۷۷	۹۴/۹۱	۹۷/۶۱	۹۶/۹۷	۸۹/۶۹	۲/۹۱	۱/۲۳	۵/۰۹	۲/۳۹	۳/۰۳	۱۰/۳۱
۴	زراعت دیم	۹۹/۱۸	۱۰۰/۰۰	۹۱/۵۲	۹۳/۷۲	۸۲/۳۲	۸۲/۵۱	۰/۸۲	۰/۰۰	۸/۴۸	۶/۲۸	۱۷/۶۸	۱۷/۴۹
۵	مسکونی	۹۶/۰۵	۹۶/۸۴	۹۷/۴۲	۹۰/۱۲	۸۹/۳۲	۸۶/۲۷	۳/۹۵	۳/۱۶	۲/۵۸	۹/۸۸	۱۰/۶۸	۱۳/۷۳
۲۰۱۶	ضریب کاپا	۰/۹۴											
	صحت کلی٪	۹۵/۶۰											
۲۰۰۱	ضریب کاپا	۰/۹۱											
	صحت کلی٪	۹۳/۶۱											
۱۹۸۶	ضریب کاپا	۰/۸۶											
	صحت کلی٪	۹۰/۰۶											

نقشه‌های کاربری و پوشش اراضی مربوط به سال‌های ۱۳۶۵، ۱۳۸۰ و ۱۳۹۵ در شکل (۳) آورده شده است. مجموع مساحت کاربری‌های منطقه مورد مطالعه ۹۵۵۱ هکتار می‌باشد. مساحت هر یک از کاربری‌ها نیز در هر سه سال مورد بررسی به تفکیک در جدول (۳) آورده شده است که بر این اساس در هر سه سال به ترتیب کاربری‌های مرتع، زراعت دیم، زراعت آبی و باغ، مسکونی و جنگل بیش ترین مساحت را به خود اختصاص داده‌اند. در جدول (۴) نیز میزان و درصد تغییرات آورده شده است که بر این اساس زراعت دیم و اراضی مسکونی در هر سه دوره افزایش و اراضی مرتعی و جنگلی در هر سه دوره روند کاهشی داشته است. اراضی زراعت آبی و باغ نیز در دوره اول (۱۳۶۵-۱۳۸۰) کاهش و در دوره دوم (۱۳۸۰-۱۳۹۵) افزایش یافته است.

جدول ۳- مساحت کلاس‌های مختلف کاربری در سه سال مورد بررسی بر حسب درصد و هکتار

Table 3. The areas of different land use classes for 3 studied years based on (hectare and percentage)

ردیف	کلاس کاربری	سال					
		۱۳۶۵		۱۳۸۰		۱۳۹۵	
		هکتار	درصد	هکتار	درصد	هکتار	درصد
۱	زراعت دیم	۱۶۵۸/۱۹	۱۷/۳۳	۲۵۱۶/۱۲	۲۶/۳۰	۳۱۴۶/۶۲	۳۲/۹۴
۲	جنگل	۳۲۱/۴۶	۰۳/۳۶	۲۶۹/۲۰	۰۲/۸۱	۲۳۱/۹۳	۲/۴۲
۳	زراعت آبی و باغ	۱۱۶۸/۵۷	۱۲/۳۵	۸۶۶/۸۸	۰۹/۲۰	۱۰۴۸/۴۳	۱۰/۹۷

۴	مرتع	۶۳۰۳/۱۵	۶۵/۹۱	۵۶۰۶/۴۲	۵۸/۶۲	۴۷۰۳/۷۸	۴۹/۲۴
۵	مسکونی	۹۹/۴۳	۰۱/۰۳	۲۹۲/۷۴	۰۳/۰۶	۴۲۰/۴۷	۴/۴۰

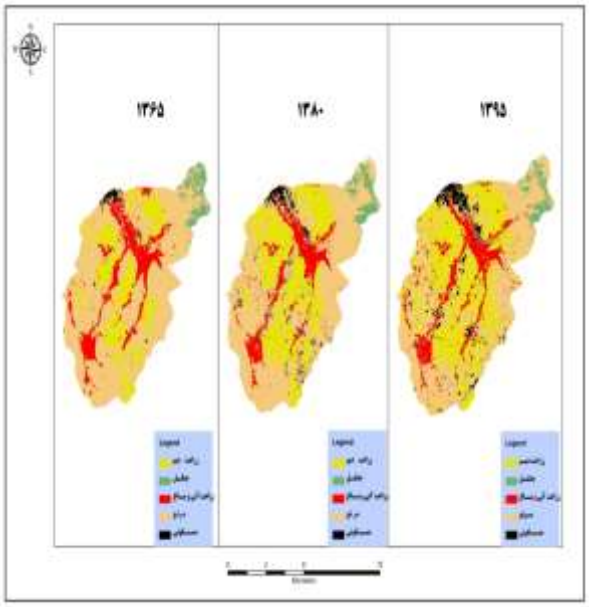
جدول۴- میزان تغییرات هریک از کاربری‌ها در سه دوره مورد بررسی

Table 4. The amounts of land use changes during 3 studied periods

ردیف	کلاس کاربری	سال					
		۱۳۶۵-۱۳۸۰		۱۳۸۰-۱۳۹۵		۱۳۶۵-۱۳۹۵	
		هکتار	درصد	هکتار	درصد	هکتار	درصد
۱	زراعت دیم	۸۵۷/۹۳	۸/۹۸	۶۳۰/۴۹	۶/۶۰	۱۴۸۸/۴۳	۱۵/۵۸
۲	جنگل	-۵۲/۲۶	-۰/۵۴	-۷۳/۲۶	-۰/۳۹	-۸۹/۵۲	-۰/۹۳
۳	زراعت آبی و باغ	-۳۰۱/۶۸	-۳/۱۵	۱۶۸/۵۴	۱/۷۶	-۱۳۳/۱۴	-۱/۳۹
۴	مرتع	-۶۹۶/۷۲	-۷/۲۹	-۹۰۲/۶۳۳	-۹/۴۵	-۱۵۹۹/۳۶	-۱۶/۷۴
۵	مسکونی	۱۹۳/۳۱	۲/۰۲	۱۲۷/۷۲	۱/۳۳	۳۲۱/۰۳	۳/۳۶

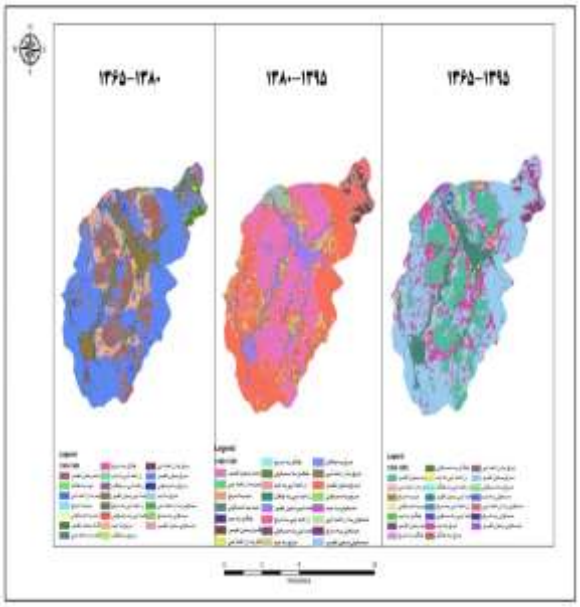
همچنین، بر اساس جدول فوق مشخص است که در دوره اول (۱۳۶۵-۱۳۸۰)، بیش ترین تغییرات مربوط به کاربری کشت دیم می باشد که به میزان ۸۵۷/۹۳ هکتار افزایش و در مقابل در دوره کنونی، کاربری جنگل، مرتع و زراعت آبی- باغ کاهش یافته است. در این دوره مناطق مسکونی نیز به میزان ۱۹۳/۳۱ هکتار افزایش یافته است. در دوره دوم نیز (۱۳۸۰-۱۳۹۵)، بیش ترین تغییرات مربوط به کاربری مرتع است که به میزان ۹۰۲/۹۳ هکتار کاهش داشته و کم ترین تغییرات نیز کاهش ۷۳ هکتاری جنگل های حوضه است. در دوره سوم یعنی (۱۳۶۵-۱۳۹۵)، بیش ترین تغییرات کاهش ۱۶۰۰ هکتاری مراتع منطقه و کم ترین تغییرات نیز کاهش ۹۰ هکتاری جنگل های منطقه است. در ادامه به منظور بررسی دقیق‌تر تغییرات هر یک از کاربری‌ها، میزان تغییرات خالص هر طبقه با توجه به نقش دیگر کاربری‌ها، به تفکیک در جدول (۵) آورده شده است.

بر اساس جدول (۵) در دوره اول (۱۳۶۵-۱۳۸۰)، ۲۲/۳۶ درصد از منطقه تغییر کاربری داشته که بیش ترین تغییرات آن به یکدیگر شامل تبدیل اراضی مرتعی به اراضی کشت دیم می-باشد. در دوره دوم یعنی (۱۳۸۰-۱۳۹۵)، ۲۰/۷۳ درصد از منطقه دچار تغییر کاربری شده است که در این دوره نیز تبدیل اراضی مرتعی به زراعت دیم بیش ترین تغییرات را دارد. در دوره آخر یعنی (۱۳۶۵-۱۳۹۵) که ۲۸/۰۸درصد از منطقه دچار تغییر کاربری شده است، باز هم دست خوش تغییر اراضی مرتع به زراعت دیم است. شایان ذکر است در سه دوره به ترتیب، تبدیل اراضی دیم به مرتع، جنگل به مسکونی و زراعت آبی به جنگل با تغییرات کم تر از یک هکتار ،حداقل تغییرات محسوب می شوند. در شکل (۴) نقشه نوع تبدیلات کاربری اراضی به یکدیگر آورده شده است.



شکل ۳- نقشه کاربری اراضی

Figure3. Land use map



شکل۴- نقشه تغییرات کاربری رخ داده

Figure4. The map of land use changes

جدول۵- نوع و درصد تغییرات کاربری صورت گرفته در حوضه آبخیز خوجین در فاصله سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۶۵

Table 5.The types and percentages of land use changes in Khojin watershed during the period of 1985-2015

ردیف	نوع تغییر	سال					
		۱۳۶۵-۱۳۸۰		۱۳۸۰-۱۳۹۵		۱۳۶۵-۱۳۹۵	
		هکتار	درصد	هکتار	درصد	هکتار	درصد
۱	زراعت دیم بدون تغییر	۱۵۵۰/۴۲	۱۶/۲۱	۲۴۱۶/۷۰	۲۵/۳۰	۱۵۲۹/۵۹	۱۶/۰۱
۲	زراعت دیم به جنگل	۰/۰۵	۰/۰۰	۱۷/۱۵	۰/۱۷	-	-
۳	زراعت دیم به زراعت آبی	۳/۵۷	۰/۰۳	۱۷/۱۵	۱۷/۹۶	۲۰/۱۷	۰/۲۱
۴	زراعت دیم به مرتع	۱۰۰/۷۷	۱/۰۵	۷۹/۹۲	۰/۸۳	۱۰۴/۳۵	۱/۰۹
۵	زراعت دیم به مسکونی	۳/۳۶	۰/۰۳	۲/۹۷	۰/۰۳	۳/۷۹	۰/۰۳
۶	جنگل بدون تغییر	۱۹۶/۶۹	۲/۰۵	۲۰۳/۳۷	۲/۱۲	۱۸۰/۰۳	۱/۸۸
۷	جنگل به زراعت آبی	۵۱/۹۹	۰/۵۴	۱۲/۱۷	۰/۱۲	-	-
۸	جنگل به مرتع	۷۲/۷۷	۰/۷۶	۷۷/۵۴	۰/۸۱	۱۳۹/۳۱	۱/۴۵
۹	زراعت آبی به زراعت دیم	۸۶/۸۶	۰/۹۰	۵۷/۸۶	۰/۶۰	۱۶۴/۳۰	۱/۷۲
۱۰	زراعت آبی به جنگل	۱۳/۳۸	۰/۱۳	۱۵/۸۰	۰/۱۶	۰/۰۳	۰/۰۰
۱۱	زراعت آبی بدون تغییر	۶۹۴/۹۰	۷/۲۶	۶۴۳/۳۹	۶/۷۳	۸۱۰/۱۴	۸/۴۸
۱۲	زراعت آبی به مرتع	۳۵۹/۹۷	۳/۷۶	۲۴۷/۲۵	۲/۵۸	۱۶۱/۲۶	۱/۶۸
۱۳	زراعت آبی به مسکونی	۲۶/۴۴	۰/۲۷	۱۷/۳۶	۰/۱۸	۴۵/۲۷	۰/۴۷
۱۴	مرتع به زراعت دیم	۸۷۸/۶۹	۹/۱۸	۶۴۷/۹۱	۶/۷۸	۱۴۴۸/۵۴	۱۵/۱۶
۱۵	مرتع به جنگل	۸۶/۰۴	۰/۸۹	۱۲/۷۵	۰/۱۳	۵۱/۸۶	۰/۵۴

۱۶	مرتع به زراعت آبی	۲۳۰/۴۳	۲/۴۰	۳۶۵/۸۷	۳/۸۳	۲۱۷/۱۷	۲/۲۷
۱۷	مرتع بدون تغییر	۴۹۰۹/۱۸	۵۱/۳۳	۴۱۷۳/۲۵	۴۳/۶۹	۴۲۷۷/۰۵	۴۴/۷۸
۱۸	مرتع به مسکونی	۱۹۸/۷۸	۲/۰۷	۲۶۴/۷۵	۲/۷۷	۲۹۸/۸۸	۳/۱۲
۱۹	مسکونی به زراعت دیم	۱/۰۷	۰/۰۱	۲۲/۵۵	۰/۲۳	۴/۰۵	۰/۰۴
۲۰	مسکونی به زراعت آبی	۱/۳۳	۰/۰۱	۹/۸۲	۰/۱۰	۰/۹۳	۰/۰۰
۲۱	مسکونی به مرتع	۳۲/۰۳	۰/۳۳	۱۲۵/۸۱	۱/۳۱	۲۱/۸۰	۰/۲۲
۲۲	مسکونی بدون تغییر	۶۴/۹۹	۰/۶۷	۱۳۴/۹۶	۱/۴۱	۷۲/۲۵	۰/۷۵

بحث و نتیجه‌گیری

در این تحقیق برای پایش تغییرات رخداده در طول دوره۳۰ ساله از روش طبقه‌بندی نظارت‌شده و خوارزمیک بیش ترین شباهت که دارای دقت بالایی می‌باشد،(۲۰) استفاده شدکه مشابه تحقیقات سنجری و برومند (۱۳۹۲)؛ Elcovyو همکاران(۲۰۱۱) (۲۱و ۲۲) است. دقت طبقه‌بندی هر سه تصویر با شاخص کاپا و صحت کلی بررسی شد و با توجه به تحقیقات Mather در سال ۲۰۰۵ (۲۳) نتایج پژوهش حاضر از لحاظ آماری، دقت و صحت طبقه‌بندی قابل قبول است. بر اساس نتایج حاصل از بررسی دقت طبقه بندی در سه تصویر، میزان دقت طبقه‌بندی به ترتیب تاریخ دریافت تصویر، روند افزایشی داشته که با توجه به بروز بودن اطلاعات از تصویر سال ۲۰۱۵ و امکان دسترسی مستقیم به کاربری فعلی، اراضی منطقه برای انتخاب نمونه های تعلیمی طبیعی بود. علاوه بر این دقت به دست آمده در هر سه تصویر قابل قبول بوده و نشان از قابلیت بالای تصاویر لندست برای تهیه نقشه کاربری اراضی با دقت قابل قبول داردکه این امر با نتایج تحقیقات سنجری و برومند (۱۳۹۲)؛ Youan و همکاران(۲۰۰۵)؛ Elcovy و همکاران(۲۰۱۱) (۱۵، ۲۱ و۲۲) مطابقت دارد. البته باید اشاره نمود که دقت بالای طبقه‌بندی، تنها حاصل اجرای فرایند طبقه بندی نبوده و علاوه بر این موارد، برداشت نمونه‌های تعلیمی با پراکنش و تعداد مناسب در سطح حوضه و استفاده از شاخص NDVI و لایه شیب و لایه ارتفاع برای تصحیح نقشه‌ها نقش قابل توجهی در بهبود فرایند طبقه‌بندی داشته است. راهداری و همکاران (۱۳) نیز در تحقیق خود از شاخص پوشش گیاهی برای افزایش دقت طبقه‌بندی استفاده نمودند. همچنین در این تحقیق علاوه بر محاسبه صحت کلی و ضریب کاپا، پارامترهای دقت کاربر و دقت تولید کننده، به تفکیک برای هر کلاس از کاربری ها در سه تصویر به دست آمد تا میزان خطا در هر کدام از کلاس‌های طبقه‌بندی شده، مشخص شود. در مجموع دقت نتایج حاصل از سه تصویر برای تمام کاربری‌ها نتایج مشابهی داشت که این مهم را می‌توان به برداشت نمونه‌های تعلیمی مناسب و همزمانی تاریخ برداشت سه تصویر (تیرماه) ارتباط داد. نتایج تغییرات کاربری. در دوره زمانی اول (۱۳۶۵-۱۳۸۰)، تغییر کاربری اراضی منطقه در حدود ۲۳٪ است. درحالی که این امر در دوره دوم (۱۳۹۵-۱۳۸۰) حدود ۲۱ درصد و در دوره سوم (۱۳۹۵-۱۳۶۵) حدود ۲۸ درصد است. تبدیل جنگل به مرتع یک حالت از این تغییرات است که به دنبال قاچاق درختان جنگلی منطقه در طی سال‌های گذشته رخ داده و همواره موجب لکه لکه شدن این زیستگاه می‌شود. قطع درختان جنگلی در نهایت موجب تبدیل این اراضی به مراتع می‌شود که این مراتع نیز با توجه به بالا بودن میزان شیب منطقه بعد از مدتی از بین رفته و تبدیل به اراضی با پوشش ضعیف و فرسایشی می‌شوند. همچنان که در حال حاضر نیز در اراضی جنگلی از بین رفته این مناطق قابل مشاهده است. تبدیل اراضی زراعت دیم به اراضی زراعت آبی هر چند اندک اما اغلب در اطراف اراضی زراعی صورت گرفته است که در این خصوص باید به توسعه عملیات آبخیزداری و تأمین آب برای این اراضی اشاره نمود که توسط سازمان‌های ذیربط صورت گرفته و موجب توسعه اراضی زراعت آبی و باغ شده است. تبدیل اراضی زراعت آبی به زراعت دیم در

منطقه نشان دهنده کاهش میزان آب دریافتی در این مناطق است که به دلیل عدم امکان تأمین آب است که نشان از کمبود آب در برخی از مناطق حوضه را دارد. البته باید اشاره نمود که در طی ۳۰ سال گذشته ۱۲۸ هکتار از اراضی زراعی و باغات منطقه از بین رفته و دچار تغییر کاربری شده است که عمدتاً به زراعت دیم تبدیل شده است. همچنین در طی ۳۰ سال گذشته ۱۶۰۰ هکتار از مراتع منطقه از بین رفته و تبدیل به کاربری-های دیگر شده اندکه زراعت دیم در این زمینه بیش تر از بقیه کاربری‌ها است که از این حیث مشابه تحقیق مرادی و همکاران (۸) می باشد. نوع دیگری از تغییر، تبدیل اراضی کشت دیم به مرتع است. این تغییر در دوره اول و دوم تقریباً برابر است و علت این امر نقش بازدارندگی یگان حفاظت از منابع طبیعی استان در ارتباط با مقوله تغییر کاربری است. این تغییر بدین شکل اتفاق می افتد که افراد بومی منطقه اراضی مرتعی حاشیه اراضی کشاورزی یا سایر مراتع را تحت کشت قرار داده و بعد از فرایند حقوقی در دادگاه بخش قابل توجهی از این اراضی که توسط افراد سودجو تصرف شده است، به نفع اداره منابع طبیعی برگشته و مجدداً بعد از مدتی کشت نشدن این اراضی زراعی کم کم تبدیل به مرتع می‌شوند. البته برخی از مناطقی هم که تحت کشت قرار می گیرند به علت عدم کارایی و بازدهی زمین بعد از مدتی رها می‌شوند که از آن ها تحت عنوان دیم زار رها شده عنوان می‌گردد که بعد از مدتی به مراتع با پوشش ضعیف تبدیل می گردد. نوع دیگر تغییر در منطقه تبدیل اراضی مرتعی به کشت دیم است. این معضل که در بیش تر حوضه‌های کشور رخ می‌دهد. با توجه به شغل دوم مردم منطقه که بعد از دامداری، کشاورزی می باشد قابل توجیه می شود. با افزایش جمعیت منطقه و نیاز به درآمد اقتصادی، بیش تر اراضی مرتعی منطقه به صورت مخفیانه تحت کشت قرار می‌گیرند و در بسیاری از مواقع برای مدت زیادی این اتفاق مشخص نمی گردد.

به همین دلیل است که در حوضه مورد مطالعه نیز به دنبال افزایش جمعیت، این تغییر قابل تشخیص شده است که البته بیش تر در ارتباط با مراتع اطراف اراضی کشاورزی که به آسانی قابل شخم است رخ می دهد. آخرین نوع از تغییرات، افزایش اراضی مسکونی در منطقه است که با توجه به روند افزایشی جمعیت در منطقه امری طبیعی است. بیش ترین کاربری تغییر یافته در این خصوص اراضی مرتعی را می توان ذکر کرد که طی ۳۰ سال گذشته حدود ۱۹۸ هکتار از اراضی مرتعی منطقه به کاربری مسکونی تغییر یافته است و علت اصلی آن واقع شدن مراتع در حاشیه اراضی مسکونی در منطقه است که با گسترش شهر به سمت حاشیه، این اراضی تبدیل به مسکونی شده است. می‌توان ادعا نمود که مهم ترین تغییرات کاربری حوضه در درجه اول، تبدیل اراضی جنگلی به مرتعی است و توسعه به دلیل افزایش جمعیت، رشد تکنولوژی و رعایت نکردن اصول اکولوژیکی و اجرای قوانین قابل مشاهده است. کمااینکه محققین متعددی در نقاط مختلف ایران و جهان به نتایج مشابهی در این خصوص دست یافته‌اند(۲۴ و ۲۱).

در درجه دوم، تبدیل اراضی مرتعی به کشت دیم است که به دلیل شغل مردم منطقه که دامداری و سپس کشاورزی می-باشد، قابل توجیه است.

به طور کلی می‌توان بیان نمود که در طی ۳۰ سال گذشته اراضی کشت دیم در منطقه روندی افزایشی داشته است که هم سو با مطالعات (۲۵) می‌باشد. اما این موضوع با مطالعات (۲۶) مغایرت دارد که در آن در طی یک دوره اراضی کشاورزی کاهش یافته است. در ادامه می توان بیان کرد که جنگل های منطقه در طی سال های گذشته همواره روند کاهشی شدیدی داشته که با توجه به محدود بودن سطح جنگل های منطقه نیازمند توجه بیش تر مسوولین در این خصوص است به خصوص که این تغییرات منجر به ایجاد اراضی بایر و بدون پوشش می‌شود که با توجه به قرار گیری آن در ارتفاعات و وجود باندهای شدید در این ناحیه در آینده موجب وارد آمدن گرد و خاک به سمت شهر خلخال خواهد شد. در تحقیق فاطمی طلب و همکاران (۷) هم میزان جنگل‌های منطقه روندی کاهشی داشته است هر چند که در تحقیق جعفرنیا و همکاران (۱۲) سطح جنگلهای منطقه روندی افزایشی داشته است که علت آن رشد طبیعی جنگلهای منطقه بوده است. در این ارتباط تحقیقات Lu و همکاران (۲۷) نیز مؤید این مطلب است که شناخت مقدار و روند تغییرات در کاربری های مختلف

موجب فهم بیش تر و اتخاذ تصمیم مناسب مدیریتی در ارتباط با کاربری‌های مختلف خواهد شد. البته باید اذعان داشت که علت اصلی این تغییرات، عدم وجود شغل مناسب در منطقه است که در نهایت برای کسب درآمد اقدام به تخریب منابع طبیعی منطقه می گردد. لذا، مدیریت مناسب و اجرای برنامه-های آمایش سرزمین در این منطقه ضروری به نظر می رسد.

Reference

1. Chen, X., Vierling, L., Deering, D., 2005. A simple and effective radiometric correction method to improve landscape change detection across sensors and across time. Remote Sensing of Environment, 98(1), Pp 63-79.
2. Gharagozlou, A., Nouri Kermani, A., Keshmiri, Z., 2009, Assessment of physical changes and analysis of urban development using remote sensing with high resolution & GIS/RS(case study: District 5 of Tehran), Journal of Environmental Science and technology, Vol. 11, No.1. (In Persian)
3. Xian, G., Homer, C., Fry, J., 2009. Updating the 2001 National Land Cover Databaseland cover classification to 2006 by using Landsat imagery change detectionmethods. Remote Sensing of Environment, 113, Pp 1133–1147.
4. Mohammady, M., Moradi, HR., Zeinivand, H., 2015. A comparison of supervised, unsupervised and synthetic land use classification methods in the north of Iran. International Journal of Environment Science and technology, 12: Pp 1515–1526.
5. Jensen, J.Rand Cowen, D.C., 1999. Remote sensing of urban suburban infrastructure and socio-economic attributes. Photogram Engineering, Remote Sensing, 65, Pp 611–622.
6. Hathout, S., 2002. The use of GIS for monitoring and predicting urban growth in East and West St Paul, Winnipeg, Manitoba, Canada. Journal of Environmental Management, 66, Pp 229–238.
7. Fatemi talab, S.R., Maadani pour, M., Hashemi, S.A., 2014, Estimation of changes in the cover plant of Rudsar forests using classification of artificial neural network & Maximum probability, Journal of Rs & GIS in natural resources, the sixth year, No.2. (In Persian)
8. Moradi, A., Jafari, M., Arzani, H., Ebrahimi, M., 2016, Assessment of land use changes into dry land using satellite images and Geographical information system (GIS), Journal of Rs & GIS in natural resources, the seventh year, No.1. (In Persian)
9. Waseem, M., Paul, H., Jeffrey, G., Boshra, H., Salem, B., 2015. Land use/land cover change detection and prediction in the north-western coastal desert of Egypt using Markov-CA. Applied Geography, 63 (2015), Pp 101-112.
10. Maimaitijiang, m., Ghulam, a., Onésimo Sandoval, j.s., 2015. Drivers of land cover and land use changes in St. Louis metropolitan area over the past 40 years characterized by remote sensing and census population data. International Journal of Applied Earth Observation and Geo information, 35 (2015), Pp 161–174.
11. Xiao, T.Y., Huiping, L.X., 2015. Land cover changed object detection in remote sensing data with medium spatial resolution. International Journal

of Applied Earth Observation and Geo information, 38, (2015), Pp 129–137.

12. Jafarnia, Sh., Oladi, J., Hoojati, S.M., Mirakhorloo, Kh., 2016, Status and change detection of Mangrove forest in Qeshm Island using satellite imagery from 1988 to 2008, J. Env. Sci. Tech., Vol 18, No.1. (In Persian)
13. Rahdari, V., Soffianian, A., Maleki Najfabdai, S., Khajeddin, S.J., Rahdari, M., 2017, Land use/cover mapping usig satellite data and geographic information system (GIS) (Case study: Mouteh wild life sanctuary), J. Env. Sci. Tech., Vol 18, No.1. (In Persian)
14. Detailed plan studies, Khojin watershed in Khalkhal, General Administration of Natural Resources and Watershed Management, Engineering and Studies Unit, 2016. (In Persian)
15. Yuan, F.K.E., Sawaya, B.C., Loeffelholz, M. E., 2005. Land cover classification and change analysis of the Twin (Minnesota) Metropolitan Area by multi temporal Landsat remote sensing. Remote sensing of Environment, 95: 317-328.
16. Rasooli, A., & Mahmoodzadeh, H., 2010, Basics of Remote sensing, Basic knowledge, 1th edition Alimardan publication. (In Persian)
17. Nazari Samani, A.A., Ghorbani, M., Koohbani, H.R., 2010, Assessing the trend of land use change of Taleghan watershed between 1987-2001, Journal of Rangeland Research, 4th year, No.3. pp.442-451. (In Persian)
18. Di Gregoria, A., 2005.Landcover classification system (LCCS), classification concepts and user manual, software version2. Rome: Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations.
19. 20- Soltanian, S., Rahimi, E., Sabzghabayei, Gh., Rostami, K., Zeidi,A., 2014, Evaluating the trend of land use changes in Oshtrankooh protected area between 1989- 2005 using Landsat images, journal of new technologies in environmental engineering & renewable sorces, No.1. (In Persian)
20. Yousefi, S., Tazeh, M., Mirzaei, S., Moradi, H.R., Tavangar, Sh., 2011, Comparison of different algorithms for classifying satellite images in land use mapping (Case study: Noor city), Journal of RS & GIS application in natural resources, No., 2, pp15-25. (In Persian)
21. Sanjari, S., Boroumand, N., 2013, Monitoring land use / land cover changes over the past three decades using RS (case study: Zarand city in Kerman province), Journal of RS & GIS application in natural resources, 4th year, No.1., pp. 56-67. (In Persian)
22. Elcavy, O., Rod, J., Ismail, H., Suliman, A., 2011. Land use and land cover changes detections in the western Nile delta of Egypt using remote sensing data. Applied geography, 31(2011), pp. 483-494 .
23. Mathers, P., 2005. Computer Processing of Remotely- Sensed Images. John Wiley & Sons, 345 pp.
24. Roosta, Z., Darvish, S.Y., Falahati, F., 2012, Application of remote sensing and geographic information system in extracting land use map of Shiraz suburbs, Landuse planning, 4th year, No.6., pp149-163. (In Persian)
25. kelarestaghi, A., Ahmadi, H., Jafari, M., Ghodoosi, J.,2008, Predicting

Possible Changes in Forest Use to Deforestation Using Probabilistic Modeling in Frame Sahra Watershed-Mazandaran Province, Journal of Research and Construction, 21th year, No.3., pp. 52-63. (In Persian)

26. Rajesh, B., Yuji, M., 2006. Land use change analysis using remote sensing and GIS: A Case Study of Kathmandu Metropolitan, Nepal. Research Abstracts on Spatial Information Science CSIS DAYS: 1.
27. Lu, D., Mausel, P., Brondizio, E., Moran, E., 2004. Change detection techniques. International Journal of Remote Sensing, 25(12), Pp 2365-2407.