

ادغام معیارهای چشم انداز و سنجش از دور شی گرا به منظور تعیین نوع محصول و ترتیب زمین های کشاورزی

رضوان صفدری^{۱*}

rezvan.safdary@yahoo.com

علی رضا سوفیانیان^۲

سعید پورمنافی^۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۶/۲۸

تاریخ دریافت: ۹۹/۱۲/۱۸

چکیده

زمینه و هدف: این مطالعه به شناسایی نوع کشت و چیدمان مکانی اراضی کشاورزی در واحد هیدرولوژیک دشت سگری در استان اصفهان، ایران پرداخته است.

روش بررسی: با توجه به تقویم رویشی و چرخه های فنولوژیکی محصولات عمده در منطقه مورد مطالعه شامل گندم، یونجه، درختان میوه و سبزیجات و همچنین اندازه اراضی کشاورزی، ۳ تصویر سنجنده OLI ماهواره ی لندست در سال ۲۰۱۵ مورد استفاده قرار گرفت. پس از تصحیحات و پیش پردازشهای اولیه، از شاخص گیاهی NDVI و الگوریتم قطعه سازی Multi-resolution از سه معیار رنگ، مقیاس و شکل استفاده شد تا محدوده اراضی کشاورزی تعیین گردد. سپس با توسعه یک درخت تصمیم گیری بر مبنای شاخص NDVI، محصولات عمده شناسایی، نقشه سازی و صحت آنها مورد ارزیابی قرار گرفت. در ادامه از سنجه های سیمای سرزمین شامل تعداد لکه (NP)، متوسط اندازه لکه (MPS)، شاخص شکل (MSI)، نسبت محیط به مساحت (PARA) و متوسط نزدیکترین فاصله (MNN) استفاده شد تا به بررسی ساختار و چیدمان اراضی کشاورزی پرداخته شود.

یافته ها: نتایج این تحقیق نشان داد که سطح وسیعی از زمینهای کشاورزی (حدود ۴۶ درصد) در منطقه به کشت گندم و کمتر از ۸ درصد آن به کشت سبزیجات اختصاص یافته است. همچنین نتایج نشان داد که کلیه اراضی منطقه دارای شکل منظم هندسی با حداقل مقدار محیط به مساحت هستند.

بحث و نتیجه گیری: خروجی این مطالعه گویای حرکت سیمای سرزمین کشاورزی در منطقه به سمت تک کشتی است. همچنین کمبود منابع آبی در سالهای اخیر نیز یک سیمای سرزمین تکه تکه شده را تشکیل داده اند.

واژه های کلیدی: قطعه بندی، سنجه های سیمای سرزمین، اصفهان، نوع کشت.

۱- دانشجوی دکتری محیط زیست، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.
* (مسوول مکاتبات)

۲- دانشیار، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ایران.

۳- استادیار، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ایران.

Integration of Landscape Metrics and Object-Oriented Remote Sensing in order to determine the Crop Type and Arrangement of Agricultural Land

Rezvan Safdary^{1*}

rezvan.safdary@yahoo.com

Alireza Soffianian²

Saeid Pourmanafi³

Admission Date: January 16, 2019

Date Received: August 22, 2018

Abstract

Background and Objective: This study has been carried out to identify the crop type and spatial pattern of agricultural lands in the Segzi Hydrological Unit in Isfahan Province, Iran.

Material and Methodology: Considering the vegetative calendar and phenological cycles of the major crops in the study area including wheat, alfalfa, fruit trees and vegetables, as well as agricultural land size, it was used for the study 3 Landsat satellite images (OLI) of the year 2015. After corrections and preliminary preprocesses were used from the NDVI and multi-resolution segmentation algorithm, taking into account three criteria of color, scale and shape, to determine the agricultural land area. Then, with the development of a decision tree based on the NDVI index, major crops were identified, mapped and evaluated for their accuracy. Then, using landscape metrics including number of patch (NP), mean patch size (MPS), Mean Shape Index (MSI), Perimeter-area ratio (PARA) and Mean Nearest Neighbor (MNN) to study the structure and agricultural arrangement.

Findings: The results of this study showed that a large area of agricultural land (about 46%) in the region is dedicated to wheat cultivation and less than 8% to vegetable cultivation. The results also showed that all lands in the region have a regular geometric shape with a minimum amount of area per area.

Discussion and Conclusion: The output of this study shows the movement of agricultural land in the region towards a monoculture. Also, the lack of water resources in recent years has formed a picture of a fragmented land.

Keywords: Segmentation, Landscape Metrics, Isfahan, Crop Type.

1- Ph.D. Student of Environment, Department of Environment, Faculty of Natural resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. **(Corresponding Author)*

2- Associate Professor, Department of Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

3- Assistant Professor, Department of Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

مقدمه

برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح کاربری اراضی یکی از مهمترین ارکان توسعه پایدار است (۱). این امر زمانی تحقیق می‌یابد که تصمیم‌گیری بر مبنای مجموعه‌ی کاملی از اطلاعات دقیق و به روز اخذ گردد (۲ و ۳). نقطه عطف در برنامه‌ریزی اصولی برای کاربری اراضی به نیمه‌ی دوم قرن بیستم و به رغم توسعه‌ی فنون سنجش از دور و GIS در تولید و پردازش اطلاعات باز می‌گردد (۴). این فنون موجب شدند تا دقت و سرعت در برداشت داده‌ها در مقیاس‌های محلی تا جهانی و همچنین تبدیل آن‌ها به طیف مختلفی از اطلاعات سودمند به میزان چشمگیر افزایش یابد (۴ و ۵). این امر برای تصمیم‌گیری در مورد آن دسته از استفاده‌هایی از زمین که به شدت در طول زمان و تحت تاثیر پارامترهای محیطی تغییر می‌کنند، مانند کاربری کشاورزی، بسیار سودمند است (۶ و ۷). کاربری کشاورزی به عنوان یکی از ابتدایی‌ترین و مهمترین انواع استفاده از زمین، بیشترین سهم از مصرف منابع آب شیرین دنیا را به خود اختصاص داده است (حدود ۸۰ درصد) (۹) و بیش از سایر کاربری‌ها در کنش مستقیم با پارامترهای اکولوژیکی مانند خاک و اقلیم است (۱۰). همچنین بر اساس پیش‌بینی‌های صورت گرفته، رشد جمعیت تا اواسط قرن ۲۱، فشار زیادی بر منابع طبیعی بخصوص پارامترهای کلیدی و مهم کاربری کشاورزی (آب و خاک) وارد خواهد کرد (۱۱).

از جمله اطلاعات مورد نیاز و اساسی برای برنامه‌ریزی صحیح و پایدار اراضی کشاورزی، آگاهی از نوع کشت (۱۲ و ۱۳) و نحوه‌ی چیدمان مکانی و ساختار اراضی کشاورزی (۱۴) است. در این راستا، فنون سنجش از دور تصمیم‌گیران را قادر ساخته تا پیش از اتمام فصل زراعی و برداشت هر محصول، برآورد دقیقی از سطح زیر کشت محصولات، و در مواردی میزان محصول تولید شده به عمل آورند (۸، ۱۵، ۱۶ و ۱۷). این اطلاعات همچنین متخصصان را قادر خواهد ساخت تا میزان تناسب هر نوع کشت با پارامترهای محیطی در دسترس را محاسبه و به اصلاح الگوی کشت در هر منطقه بپردازند (۱۸). دستیابی به این اهداف علاوه بر شناسایی نوع کشت، به تعیین

اندازه و چیدمان اراضی کشاورزی نیز وابسته است (۱۹، ۲۰ و ۲۱).

از میان روش‌های پردازش تصاویر، روش پردازش شی‌گرا نسبت به روشهای پیکسل مبنای دلیل قابلیت استفاده از اطلاعات هندسی و بافت تصاویر به همراه اطلاعات طیفی برای پردازش پدیده‌ها با بازتاب طیفی مشابه، نتایج و عملکرد بهتری دارد (۲۲، ۲۳ و ۲۴). در مطالعات Peña et al (2014)، Bozorgi et al (2015)، Li et al (2015) و Aguilari et al (2020) با استفاده از روش شی‌گرا الگوهای متفاوت کشت در مناطق جغرافیایی گوناگون در مقیاس‌های محلی و منطقه‌ای شناسایی شده است. نتایج این مطالعات نشان می‌دهد که روش شی‌گرا برای تهیه نقشه الگوهای کشت با صحت بالا، مناسب است (۲۵، ۲۶، ۲۷ و ۲۸). مطالعه Abraham (2015) از سنجش‌های سیمای سرزمین برای ارزیابی و کمی کردن الگوهای مکانی حاصل شده از روش شی‌گرا استفاده کرد. نتایج این مطالعه نشان داد که این سنجش‌ها ابزاری مناسب برای تحلیل تغییرات سیمای سرزمین است (۲۹).

سنجش‌های سیمای سرزمین در سه سطح لکه، کلاس و کل سیمای سرزمین خصوصیات الگوهای مکانی را کمی و اندازه‌گیری می‌کنند (۳۰). امروزه طیف وسیعی از سنجش‌های سیمای سرزمین برای کمی‌سازی انواع الگوهای مکانی در شاخه‌های مختلف علوم مکانیر به ویژه کاربری اراضی مورد استفاده قرار گرفته است (۳۱، ۳۲، ۳۳، ۳۴، ۳۵).

همسو با تحقیقات اشاره شده در بالا، در این مطالعه از سنجش از دور شی‌گرا و استفاده از تصاویر چند زمانه ماهواره‌ی لندست استفاده شد تا به شناسایی ۴ نوع کشت مهم شامل گندم، یونجه، باغات و سبزیجات در یک منطقه مورد مطالعه در مرکز ایران که با کمبود شدید اطلاعات برای مدیریت اراضی مواجه است پرداخته شود. همچنین به عنوان یک رویکرد جدید از سنجش‌های سیمای سرزمین استفاده شد تا چیدمان مکانی اراضی کشاورزی به تفکیک هر محصول در دو بخش ساختار اراضی و چیدمان مکانی آن بررسی گردد. هدف از این مطالعه

مطالعه را در پیرامون رودخانه زاینده رود را تشکیل می‌دهد. جمعیت این ناحیه از نرخ رشد نسبتاً بالایی برخوردار است (۳۸). شکل ۱ نشان‌دهنده منطقه مورد مطالعه در این تحقیق است.

روش انجام تحقیق

۱- نقشه‌سازی نوع کشت

۱-۱- شناسایی انواع کشت

بر اساس پیمایش‌های میدانی و نظرات کارشناسان و کشاورزان منطقه، ۴ نوع محصول عمده شامل گندم (به همراه جو)، یونجه و درختان میوه به همراه مقادیر کمی سبزیجات (ترکیبی از کلم، هویج و چغندر قند) بدون تناوب کشت پاییزه و بهار در منطقه مورد مطالعه کشت می‌شود. از منظر فنولوژیکی، دو محصول گندم و یونجه در اوایل ماه مارچ، پس از آن در اواسط ماه مارچ درختان میوه رشد خود را آغاز می‌کنند و یونجه به حداکثر رشد خود می‌رسد. در اواخر ماه می محصولات گندم و درختان به اوج رشد خود رسیده، در اوایل جولای محصول گندم از روی زمین برداشت شده و تنها پوشش سبز قابل مشاهده در منطقه محصول یونجه و درختان است. در اواخر ماه جولای، برخی از اراضی موجود، بخصوص اراضی که قبلاً زیر سطح کشت گندم بودند، برای کاشت سبزیجات مورد استفاده قرار می‌گیرند. با شروع فصل پاییز نیز به ترتیب محصولات سبزیجات برداشت و درختان میوه و یونجه برای رویش مجدد در سال بعد خزان می‌کنند. این سیکل به طور سالیانه با شروع فصل بهار آغاز و تا اواسط پاییز خاتمه می‌یابد (۳۹).

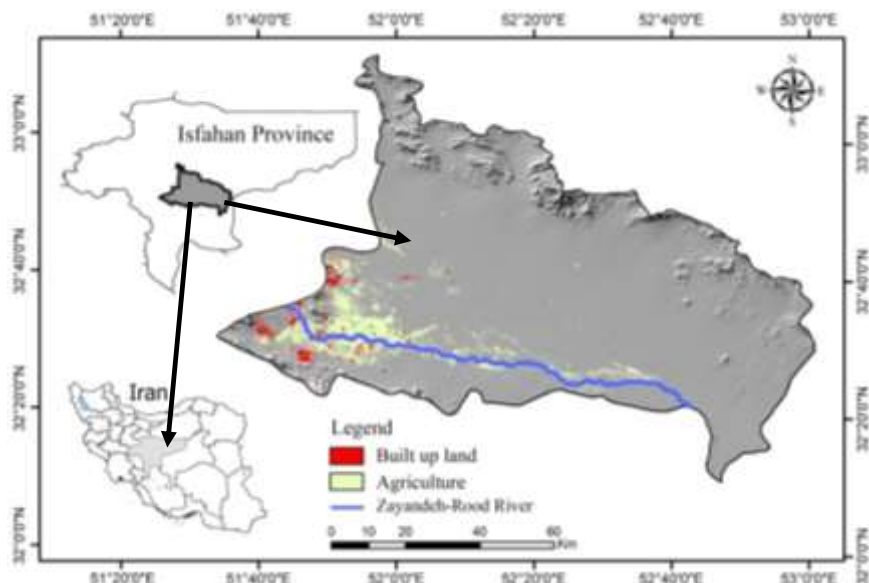
شناسایی نوع کشت و چیدمان مکانی اراضی کشاورزی در واحد هیدرولوژیک دشت سگزی در استان اصفهان، ایران است. گام‌های طی شده در این مطالعه به صورت خلاصه در زیر آمده است.

۱. شناسایی محدوده‌ی اراضی کشاورزی با استفاده از فنون قطعه‌سازی (segmentation) چند زمانه.
۲. طراحی درخت تصمیم‌گیری برای اختصاص هر نوع کشت به اراضی کشاورزی.
۳. استفاده از سنج‌های سیمای سرزمین برای کمی‌سازی ساختار و چیدمان مکانی انواع کشت.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

در این تحقیق، واحد هیدرولوژیک دشت سگزی با وسعتی برابر ۹۰۸۷۰ هکتار بین طول شمالی ۴۰' ۳۲° تا ۶۵' ۳۲° و عرض شرقی ۲۶' ۵۲° تا ۴۹' ۵۱° واقع در مرکز استان اصفهان به عنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب شد. این ناحیه در قسمت‌های مرکزی دارای خاک‌هایی با عمق بیش از ۱۲۰ سانتی‌متر، تحول یافته با حاصلخیزی متوسط، دانه‌بندی درشت تا متوسط و بافت لومی، لومی رسی و در برخی مناطق آن شنی و لومی شنی است (۳۶) که بر اساس طبقه‌بندی توان اکولوژیک صورت گرفته توسط مخدوم (۱۳۸۲)، از توان متوسط برای کاشت محصولات کشاورزی آبی برخوردار است (۳۷). از نظر شرایط اقلیمی، دارای متوسط بارش سالیانه تقریبی برابر با ۱۲۰ میلی‌متر و آب و هوای نیمه خشک همراه با زمستان‌های سرد و تابستان‌های گرم و خشک است (۳۵). نواحی زیر کشت محصولات کشاورزی به همراه نواحی پراکنده سکونتگاهی بسستر اصلی منطقه مورد



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه: واحد هیدرولوژیک دشت سگزی در استان اصفهان

Figure 1. Study area: Segzi plain hydrological unit in Isfahan province

۲-۱- انتخاب و آماده‌سازی تصاویر

برای استخراج اطلاعات در این تحقیق از ۳ تصویر سنجنده OLI ماهواره‌ی لندست ۸ (LIT) از سال ۲۰۱۵ (۱۵ مارچ (L1)، ۲۶ می (L2) و ۱ اکتبر (L3)) استفاده شد (۴۰). برداشت تصویر در بازه‌های زمانی ۱۶ روز و همخوانی مقیاس مکانی آن با اندازه اراضی کشاورزی در منطقه مورد مطالعه که عموماً از ۰٫۵ هکتار بزرگتر هستند. برای انجام تصحیح رادیومتریک، باندهای هر تصویر ماهواره‌ای با استفاده از رابطه ۱ به مقادیر بازتاب TOA تبدیل شد که در آن مقدار بازتاب بدون اصلاح زاویه خورشید، Q_{cal} مقادیر خام طیفی هر باند و M_{ρ} و A_{ρ} فاکتورهای تغییر مقیاس هستند (۳۷). سپس با استفاده از رابطه ۲ اثر زاویه خورشید اصلاح و مقادیر بازتاب TOA (ρ_{λ}) بدست آمد که در آن θ_{SE} زاویه محلی ارتفاع خورشید است (۴۱).

$$\rho'_{\lambda} = M_{\rho} Q_{cal} + A_{\rho} \quad (1)$$

$$\rho_{\lambda} = \frac{\rho'_{\lambda}}{\sin(\theta_{SE})} \quad (2)$$

همچنین برای اصلاح اثر ذرات گرد و غبار موجود در اتمسفر در بازتاب حاصل از روش پیکسل سیاه استفاده شد (۴۲، ۴۳). برای شناسایی اراضی زیر سطح کشت و انواع الگوهای کشت آن از نسخه ۵٫۱ نرم‌افزار ENVI و eCognition نیز برای

شناسایی و تفکیک زمین‌های کشاورزی تحت روشهای شی گرا (قطعه بندی اراضی) استفاده شد. برای کمی کردن محدوده‌ی اراضی کشاورزی و مقایسه آن‌ها یکدیگر از سنجش‌های سیمای سرزمین تعبیه شده از نرم‌افزار Fragstats استفاده شد.

۳-۱- قطعه‌بندی و طبقه‌بندی نوع کشت

پس از تصحیح تصاویر، از فنون سنجش از دور شی گرا استفاده شد تا محدوده‌ی اراضی کشاورزی و سپس نوع کشت آن‌ها تعیین شود. اساس تحلیل شی گرا، به عنوان یک رویکرد جدید در سنجش از دور، بر پایه‌ی خوشه‌بندی تعدادی از پیکسل‌های همسایه در یک مجموعه با نام شی یا قطعه (Segment) است (۲۲ و ۴۴). برای انجام آنالیزهای شی گرا در این تحقیق از روش قطعه بندی multi-temporal استفاده شد (۴۵، ۴۶). در این تحقیق نیز بجای استفاده از کلیه‌ی باندهای تصاویر، از شاخص NDVI مربوط به هر تصویر تولید و برای آنالیز قطعه‌بندی مورد استفاده قرار گرفت (۴). برای انجام قطعه‌سازی بر روی نقشه‌های شاخص NDVI از الگوریتم قطعه بندی-Multi-resolution (۴۷) و با در نظر گرفتن سه معیار رنگ (بازتاب طیفی)، مقیاس (متوسط تعداد پیکسل‌ها در یک شی) و شکل هندسی استفاده شد. متوسط مقادیر طیفی یکی از اصلی‌ترین

شاخص‌ها برای انجام قطعه بندی است که تقریباً در تمام مطالعات تحلیل شی‌گرایی تصاویر مورد استفاده قرار گرفت (۲۲). علیرغم وجود روش‌های کمی برای تعیین مقیاس قطعه بندی (۴۸)، در این تحقیق از تجربیات قبلی از منطقه مورد مطالعه استفاده شد و عدد ۴ هکتار برای رسیدن به مقداری دقیق از اندازه‌ی اراضی کشاورزی مورد استفاده قرار گرفت (۸). در زمینه شاخص شکل نیز معیار مورد نظر بدست آوردن قطعات مستطیلی شکلی بود که اندازه طول آن سه برابر اندازه عرض آن

است (۸).

در نهایت برای طبقه‌بندی اشیاء تولید شده به انواع کشت، از متوسط مقدار NDVI در هر سه تصویر استفاده شد. بر اساس پیمایش‌های میدانی، چنانچه مقدار متوسط NDVI یک شی کمتر از ۰,۱۸۵ باشد، آن شی در تصویر مورد نظر فاقد پوشش سبز بوده (منظور نوع کشت است) و کد صفر و در غیر آن صورت کد ۱ به آن اختصاص یافت. این اطلاعات به صورت خلاصه در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- درخت تصمیم‌گیری توسعه یافته برای طبقه‌بندی محصولات

Table 1. Decision Tree Developed for Product Classification

کد شی	کد در تصویر			نوع محصول
	L3	L2	L1	
۰۱۱	۰	۱	۱	گندم
۱۱۱	۱	۱	۱	یونجه
۰۱۱	۱	۱	۰	باغ
۰۰۱	۱	۰	۰	سبزیجات

ارزیابی صحت طبقه‌بندی در این تحقیق در سطح پلی‌گون انجام شد تا خطاهای مکانی مربوط به مقایسه‌ی نقشه‌ی تولید شده با نقاط برداشت شده توسط GPS مانند خطای موقعیت (positional error) کاهش یابد و برآورد دقیقتری از صحت طبقه‌بندی بدست آید. به دلیل عدم وجود داده‌های مکانی از محدوده‌ی زمین‌های کشاورزی، تعدادی از واحدهای کشت به صورت تصادفی انتخاب و برای ساخت ماتریس خطا مورد استفاده قرار گرفت. در نهایت از آماره‌های صحت کلی، ضریب کاپا، خطای حذفی و خطای تجمعی بررسی دقت طبقه‌بندی استفاده شد (۴).

۲- کمی‌سازی ساختار و چیدمان مکانی انواع کشت

برای کمی‌سازی و مطالعه ساختار و ترکیب اراضی کشاورزی (به تفکیک هر نوع کشت) از مجموعه‌ای از سنجه‌های سیمای سرزمین در سه بخش ترکیب‌بندی، پیکره بندی و ساختار استفاده شد. در بخش سنجه‌های ترکیب‌بندی (سنجه‌های بدون

بعد)، از سنجه‌های تعداد لکه (NP) و متوسط اندازه لکه (MPS) استفاده شد تا تعداد و متوسط اندازه‌ی اراضی زیر سطح کشت به تفکیک هر محصول مشخص شود. در بخش سنجه‌های ساختار، از سنجه‌های متوسط شاخص شکل (MSI) و نسبت محیط به مساحت (PARA) استفاده شد تا اطلاعاتی در مورد شکل اراضی کشاورزی در منطقه مورد مطالعه بدست آید (جدول ۲). در نهایت در بخش سنجه‌های پیکره‌بندی، از سنجه‌ی متوسط نزدیک‌ترین فاصله (MNN) استفاده شد تا اطلاعاتی در مورد نحوه‌ی چیدمان مکانی هر نوع کشت بدست آید. سنجه‌های مورد استفاده در این مطالعه بر اساس مرور منابع مطالعات موجود (۴۹) و همچنین بررسی قابلیت سنجه‌های سیمای سرزمین در کمی‌سازی انواع الگوهای مکانی انتخاب گردید. برای محاسبه‌ی سنجه‌های سیمای سرزمین از نرم‌افزار Fragstats (۳۰) استفاده شد.

جدول ۲- توصیف سنجه‌های سیمای سرزمین مورد استفاده در این تحقیق (اقتباس از Frazier and Kedron, 2017)

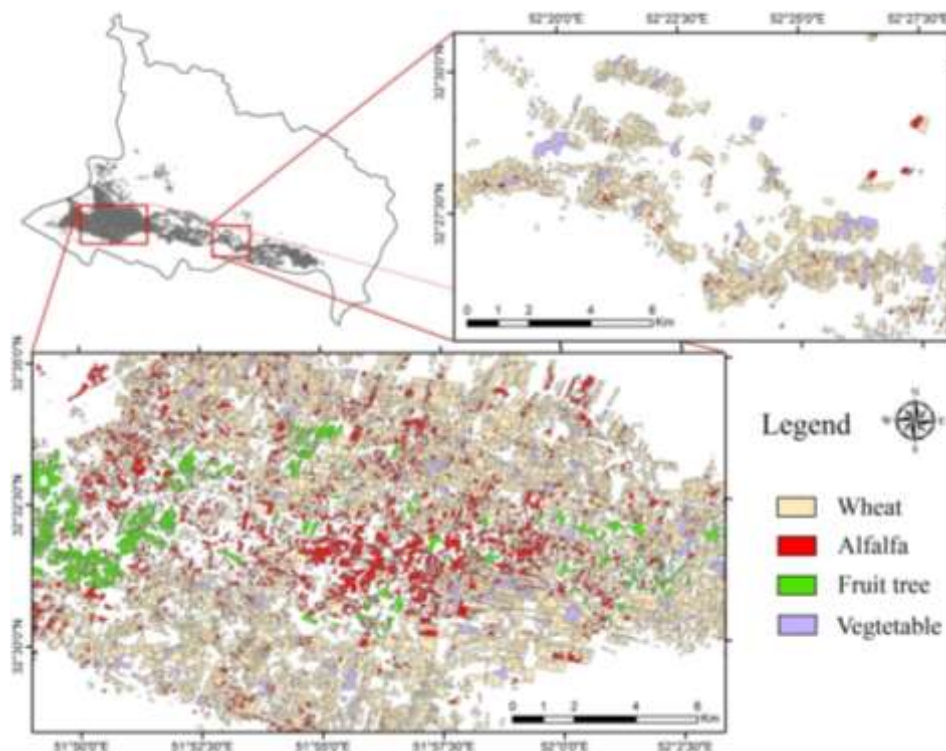
Table 2. Description of land use metrics used in this research (adapted from Frazier and Kedron, 2017)

واحد	توصیف	حروف اختصاری	الگوی سنجه	عنوان سنجه
بدون واحد	این سنجه نشان دهنده‌ی تعداد پلیگون‌ها یا تعداد اراضی کشاورزی مورد بررسی است	NP	ترکیب	تعداد تکه
بدون واحد	این سنجه مقدار پیچیدگی شکلی اراضی کشاورزی مورد بررسی را نشان می‌دهد. هرچه این مقدار از یک بیشتر باشد پیچیدگی شکلی بیشتر است	MSI	ترکیب	شاخص متوسط شکل
هکتار	این سنجه بیانگر مقدار متوسط وسعت اراضی در منطقه است که از مجموع وسعت اراضی بر تعداد زمین‌ها بدست می‌آید	MPS	ساختار	متوسط اندازه اراضی
متر	این سنجه نسبتی از مقدار مساحت داخلی هر پلیگون یا زمین زراعی به محیط آن زمین است که به صورت متوسط برای کل اراضی گزارش می‌شود	MPA	ساختار	متوسط محیط به مساحت
متر	این سنجه نشان دهنده‌ی متوسط طول محیطی یک پلیگون یا زمین رزاعی صرف نظر از پیچیدگی مکانی یا شکل آن است	MPE	پیکربندی	متوسط حاشیه اراضی

یافته‌ها

ضریب کاپا و صحت کلی مقادیر ۸۲٫۸۴ و ۸۷٫۴۱ درصد را که سب کردند که نشان از صحت قابل قبول نقشه‌ی کشت را دارد. بر اساس نتایج حاصل از در صد خطای تجمعی و حذفی، اراضی زیر کشت یونجه با مقدار خطاهای بیشتر از ۱۵ درصد به عنوان یکی از مشکل‌ترین کلاس‌ها برای طبقه‌بندی در بین سایر محصولات شناخته شد که این امر بیشتر به دلیل برداشت ماهیانه محصول و در نتیجه رفتار طیفی متغیر آن‌ها است (جدول ۲ و جدول ۳).

با محاسبه‌ی مقدار متوسط NDVI هر شی و استفاده از اطلاعات ارائه شده در جدول ۱، نقشه‌ی نوع کشت در چهار کلاس گندم، یونجه، باغ و سبزیجات تهیه گردید. شکل ۲ و جدول ۳ به ترتیب نشان‌دهنده‌ی توزیع مکانی انواع کشت و وسعت هر یک از آن‌ها است. بر اساس نتایج بدست آمده، گندم با وسعت تقریبی ۲۱۸۰۳ هکتار بیشترین سطح زیر کشت محصولات را به خود اختصاص داده و کمترین سطح زیر کشت با وسعت ۲۸۱۶ هکتار مربوط به سبزیجات است. دو آماره



شکل ۲- نقشه‌ی سطح زیر کشت محصولات کشاورزی

Figure 2. Map of the area under cultivation of agricultural products

جدول ۳- وسعت زیر سطح کشت هر محصول و آماره‌های ارزیابی صحت

Table 3. Area below the cultivation area of each crop and accuracy assessment statistics

نوع کشت	وسعت (هکتار)	تعداد اراضی ارزیابی صحت	خطای تجمعی (%)	خطای حذفی (%)
گندم	۲۱۸۰۳	۲۱۴	۶/۵۹	۱۴/۰۱
یونجه	۴۸۹۲	۱۳۷	۱۷/۰۲	۱۵/۵۹
باغ	۵۵۶۱	۱۶۲	۱۸/۴۳	۹/۸۷
سبزیجات	۲۸۱۶	۹۹	۷/۳۶	۱۱/۱۱
صحت کلی: ۸۷/۴۱		ضریب کاپا: ۸۲/۸۴		

در صد از کل زمین‌های کشاورزی). بر اساس نتایج بدست آمده در بخش MPS، بیشترین اندازه‌ی اراضی در منطقه مورد مطالعه مربوط به نواحی باغی است (برابر با ۱/۴۴ هکتار) و یونجه با اختلاف بسیار زیاد نسبت به سایر انواع کشت کمترین مقدار متوسط اندازه اراضی را به خود اختصاص داده است (برابر با ۰/۳۹). در بخش پیچیدگی شکلی، اراضی موجود در منطقه مورد مطالعه از پیچیدگی شکلی زیادی برخوردار نیستند و بیشترین مقدار بدست آمده مربوط به اراضی باغی با مقدار

پس از تعیین نقشه‌ی نوع کشت به کمی‌سازی الگوی کشت در منطقه مورد مطالعه پرداخته شد. نتایج حاصل از کمی‌سازی سنج‌های سیمای سرزمین در جدول ۴ آمده است. بر این اساس، اراضی زیر سطح کشت گندم با تعداد بالغ بر ۱۶۵۰۰ زمین کشاورزی (۴۶ درصد از کل زمین‌های کشاورزی) بیشتر از سایر محصولات توسط کشاورزان برای کشت انتخاب شده است. سبزیجات نیز با تعداد حدود ۲۶۰۰ زمین کشاورزی، کمترین نوع کشت انتخاب شده توسط کشاورزان بوده است (کمتر از ۸

دارند (برابر با ۲/۱۲ متر) و اراضی اختصاص یافته به یونجه و سبزیجات در فواصل نسبتاً زیادی نسبت به یکدیگر قرار دارند (به طور متوسط در فاصله‌ی بیش از ۲۰ متری از یکدیگر).

MSI برابر با ۱/۱۸ است. همچنین مقدار شاخص PARA مقدار بسیار کمی برای هر یک اراضی اختصاص رفته به انواع کشت داشت. در بخش نتایج حاصل از سنجش MNN، اراضی گندم در منطقه مورد مطالعه در کمترین فاصله از یکدیگر قرار

جدول ۴- وسعت کشت به ازای هر واحد آبی

Table 4. Cultivation area per water unit

سنجه سیمای سرزمین					نوع کشت
MNN	PARA	MSI	MPS	NP	
۲/۱۲	۰/۰۱۳	۱/۱۳	۱/۳۱	۱۶۵۷۲	گندم
۲۲/۵۶	۰/۰۱۴	۱/۰۸	۰/۳۹	۱۲۵۴۳	یونجه
۸/۹۴	۰/۰۸۱	۱/۱۸	۱/۴۴	۳۸۶۲	باغ
۲۰/۱۴	۰/۰۱۳	۱/۱۴	۱/۰۸	۲۶۰۷	سبزیجات
۱۳/۴۴	۰/۰۱	۱/۱۳	۱/۰۵	(۳۵۵۸۴)	متوسط (جمع)

بحث

قطعه‌سازی اراضی کشاورزی در این تحقیق، تکه تکه بودن سیمای اراضی کشاورزی به دلیل کمبود آب است که باعث شد تا هر زمین به خوبی از اراضی همسایه، حتی اگر دارای یک نوع کشت مشابه هستند، قابل تمایز باشد. همچنین مکانیزه نبودن کشاورزی در این منطقه باعث شد تا بازتاب طیفی هر زمین کشاورزی به دلیل تقدم و تاخیر در زمان کاشت، تفاوت در میزان آب در دسترس هر زمین و شیوه‌ها و زمان‌های متفاوت آبیاری هر زمین نسبت اراضی همسایه متفاوت باشد و بخوبی توسط الگوریتم مورد استفاده برای قطعه‌سازی اراضی کشاورزی جدا شوند. در بخش اراغی باغی نیز نوع و ترکیب متفاوت درختان میوه در هر زمین کشاورزی مهمترین عامل برای شناسایی قطعات آن بود.

استفاده از الگوریتم قطعه‌سازی و ترکیب آن با یک درخت تصمیم‌گیری که بر مبنای تغییرات شاخص NDVI در طول زمان است بخوبی توانست به شناسایی نوع کشت بپردازد. این امر برای شناسایی اراضی یونجه که در یک مقطع زمانی به دلیل الگوها و زمان‌های برداشت متفاوت، رفتار طیفی متفاوتی را نیز از خود نشان می‌دهد بسیار سودمند بود (۴۶). مطالعات Khan

این مطالعه به بررسی نوع کشت و ساختار اراضی کشاورزی در مناطق مرکزی ایران که با کمبود شدید اطلاعات مورد نیاز برای مدیریت کاربری اراضی روبرو هستند پرداخته است. نتایج این تحقیق در بخش شناسایی نوع کشت نشان از غالبیت محصول گندم نسبت به سایر محصولات دارد که می‌تواند نشان دهنده حرکت سیمای سرزمین به سمت الگوی تک کشتی (monoculture) باشد که یکی از عوامل تهدید کننده محیط زیست به شمار می‌آید (۸ و ۵۰). اصلی‌ترین عامل در بروز این شرایط، کاهش شدید منابع آب شیرین برای فعالیت‌های کشاورزی و ترجیح کشاورزان برای کاشت محصولات با حداقل نیازهای آبی بخصوص محصول گندم است. برداشت آب از رودخانه زاینده‌رود باعث شده تا با عبور این رودخانه از قسمت غرب به شرق منطقه مورد مطالعه به تدریج از میزان آب در دسترس کاسته شده و قسمت‌های شرقی تنها به کاشت گندم محدود شود. در قسمت‌های غربی، چنانچه در شکل ۲ نشان داده شده است، ترکیبی از چهار نوع کشت اصلی در منطقه مورد مطالعه قابل مشاهده است.

یکی از علل مهم در حصول نتایج قابل قبول در بخش

محصول گندم در منطقه مورد مطالعه است.

نتیجه‌گیری

این مطالعه به بررسی نوع کشت و چیدمان اراضی کشاورزی در مناطق مرکزی ایران پرداخته است. استفاده از فنون سنجش از دور شی‌گرا به همراه بررسی تغییرات شاخص NDVI در چند مقطع زمانی توانست به خوبی به شناسایی دقیق نوع محصول بپردازد. همچنین استفاده از سنجش‌های سیمای سرزمین توانست اطلاعات مفیدی در خصوص ساختار و چیدمان مکانی اراضی کشاورزی قرار دهد. بر اساس نتایج بدست آمده در این تحقیق، اراضی کشاورزی در مناطق مرکزی ایران در حال حرکت به سمت الگوی تک‌کشتی محصولات بخصوص در قسمت‌های شرقی است. از این رو اطلاعات بدست آمده در این تحقیق می‌تواند تا حد زیادی نیاز به اطلاعات برای مدیریت بهتر اراضی کشاورزی در منطقه مورد مطالعه را فراهم کند. پیشنهاد می‌شود تا در مطالعات آینده از مجموعه‌ی بزرگتری از سنجش‌های سیمای سرزمین استفاده شود تا به طور کامل به بررسی ساختار و چیدمان مکانی اراضی کشاورزی پرداخته شود. همچنین استفاده از تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک مکانی بهتر نیز یکی از راه‌های مفید برای کاهش عدم قطعیت در نتایج بدست آمده توسط تصاویر با قدرت تفکیک مکانی متوسط مانند تصاویر لندست است.

References

1. Godschalk, D.R. 2004. Land use planning challenges: Coping with conflicts in visions of sustainable development and livable communities. *Journal of the American Planning Association*, 70(1): 5-13.
2. Collier, P. M. 2015. Accounting for managers: Interpreting accounting information for decision making. John Wiley & Sons. 544 p.
3. Van Knippenberg, D., Dahlander, L., Haas, M.R. & George, G. 2015. Information, attention, and decision making. *Academy of Management*

et al. (۲۰۱۰) و *Foerster et al.* (۲۰۱۲) نیز همسو با نتایج این تحقیق در شناسایی نوع کشت در سیمای سرزمین کشاورزی داشته و منجر به دستیابی به نتایج به مراتب دقیقتری خواهند شد (۱۲ و ۱۳). نتایج ارزیابی صحت نقشه‌ی تولید شده نیز گویایی صحت روش مورد استفاده در این تحقیق است.

بر اساس نتایج حاصله، منطقه مورد مطالعه از حدود ۳۵۵۰۰ زمین کشاورزی با متوسط اندازه ۱ هکتار تشکیل شده است که بر اساس مشاهدات میدانی از متوسط اندازه اراضی کشاورزی سایر نواحی در مناطق مرکز ایران بیشتر است (۸). متوسط فاصله‌ی بین اراضی کشاورزی در کل منطقه مورد مطالعه بالغ بر ۱۳ متر است که بخش بسیار بزرگی از این مقدار رهاسازی اراضی کشاورزی به دلیل کمبود آب است و بخش بسیار کمتری از آن متوجه موانع طبیعی (مانند رودخانه زاینده رود) و انسان ساخت (مانند نواحی سکونتگاهی و جاده‌ها) است. حصول مقادیر بسیار پایین سنجش‌های *MSI* و *PARA* نیز به دلیل شکل هندسی منظم اراضی کشاورزی است که در مطالعه *Turner et al.* (۲۰۱۵) نیز عنوان شده است (۵۱).

از نکات بسیار قابل توجه در این تحقیق دستیابی به متوسط اندازه‌ی بسیار کوچک برای زمین‌های زیر کشت یونجه است. یکی از دلایل محتمل در این راستا، تولید این محصول تنها برای مصارف دام‌های صاحبان زمین است که بر اساس آن، هر کشاورز بیشتر به سبب رفع اختیاجات غذایی تعداد دام‌های کم خود و کمتر برای مصارف اقتصادی به تولید این محصول می‌پردازد. از این رو اراضی مورد استفاده برای کاشت این محصول به مراتب کوچکتر از سایر اراضی هستند. وجود فاصله زیاد بین اراضی زیر کشت یونجه نیز نشان از پراکندگی بالای واحدهای دامداری خصوصی در منطقه مورد مطالعه است. اراضی باغی بیشتر در قسمت‌های غربی منطقه متمرکز شده‌اند و در فاصله‌ی کمتری نسبت به یکدیگر قرار گرفته‌اند. با این حال متوسط فاصله بین اراضی سبزیجات به طور متوسط بیش از ۲۰ متر بدست آمد که نشان از پراکندگی زیاد اراضی اختصاص یافته به این محصول در منطقه مورد مطالعه است. فاصله بین زمین‌های اختصاص یافته به کشت گندم در مقایسه با سایر اراضی در مقدار بسیار کم و حدود ۲ متر به دست آمد که این امر بیشتر به دلیل غالبیت

- spatiotemporal variation analysis of virtual water for agriculture and livestock husbandry: A study for Jilin Province in China. *Science of the Total Environment*, 586: 1150-1161.
12. Foerster, S., Kaden, K., Foerster, M. & Itzerott, S. 2012. Crop type mapping using spectral-temporal profiles and phenological information. *Computers and Electronics in Agriculture*, 89: 30-40.
 13. Khan, M., De Bie, C., Van Keulen, H., Smaling, E. & Real, R. 2010. Disaggregating and mapping crop statistics using hypertemporal remote sensing. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 12 (1): 36-46.
 14. Blaschke, T., Lang, S. & Hay, G. 2008. Object-based image analysis: spatial concepts for knowledge-driven remote sensing applications. *Springer Science & Business Media*, 817 p.
 15. Johnson, D.M. 2014. An assessment of pre-and within-season remotely sensed variables for forecasting corn and soybean yields in the United States. *Remote Sensing of Environment*, 141: 116-128.
 16. Bolton, D.K. & Friedl, M.A. 2013. Forecasting crop yield using remotely sensed vegetation indices and crop phenology metrics. *Agricultural and Forest Meteorology*, 173: 74-84.
 17. Howitt, R.E., Medellin-Azuara, J., MacEwan, D., Lund, J.R. and Sumner, D.A. 2014. Economic Analysis of the 2014 Drought for California Agriculture. Center for Watershed Sciences, University of California, Davis, California. 28p.
 18. Bandyopadhyay, S., Jaiswal, R., Hegde, V. & Jayaraman, V. 2009. *Journal*, 58(3): 649-657.
 4. Aronoff, S. 2005. Remote sensing for GIS managers. Esri Press Redlands, CA. 487p.
 5. Malczewski, J. 1999. GIS and multicriteria decision analysis. John Wiley & Sons. 408p.
 6. Hassan, R., Rizwan, A., Farhan, S. & Sabir, B. 2017. Comparative Study of Conventional and Satellite Based Agriculture Information System. World Academy of Science, Engineering and Technology, International Journal of Computer, Electrical, Automation, Control and Information Engineering, 11(3), 304-309.
 7. Nikolaos, T. 2015. Forecasting and classifying potato yields for precision agriculture based on time series analysis of multispectral satellite imagery. 66p.
 8. Asgarian, A., Soffianian, A. and Pourmanafi, S. 2016. Crop type mapping in a highly fragmented and heterogeneous agricultural landscape: A case of central Iran using multi-temporal Landsat 8 imagery. *Computers and Electronics in Agriculture*, 127: 531-540.
 9. Ding, L., Cheng, Z., Guo, S., Zhang, R. & Huang, C. 2007. Effect of regulated deficit irrigation on water use efficiency and yield of broad bean. *Journal of Gansu Agricultural University*, 42: 123-126.
 10. Bedada, W., Lemenih, M. & Karlun, E. 2016. Soil nutrient build-up, input interaction effects and plot level N and P balances under long-term addition of compost and NP fertilizer. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 218: 220-231.
 11. Ma, X. & Ma, Y. 2017. The

- series data. *Remote Sensing*, 7(12): 16091-16107.
26. Aguilar, M.A., Vallario, A., Aguilar, F.J., Lorca, A.G. & Parente, C. 2015. Object-based greenhouse horticultural crop identification from multi-temporal satellite imagery: A case study in Almeria, Spain. *Remote Sensing*, 7(6): 7378-7401.
27. Peña, J.M., Gutiérrez, P.A., Hervás-Martínez, C., Six, J., Plant, R.E. & López-Granados, F. 2014. Object-based image classification of summer crops with machine learning methods. *Remote Sensing*, 6(6): 5019-5041.
28. Bozorgi, M., Moein, M., Nejadkoorki, F. & Bihamta Toosi, N. 2020. Assessing the effect of water scarcity on crop selection and spatial pattern of croplands in central Iran, *Computers and Electronics in Agriculture*, 178: 1-9.
29. Abraham, K. 2015. Detecting shifts in agricultural landscape patterns of Hawassa, Ethiopia: an assessment of land cover change between 1984-2014 using object-based image analysis and landscape metrics. Centre for Geo-Information Thesis Report GIRS-2015-11, Wageningen University and Research Centre, 115 p.
30. Bihamta Toosi, N., Soffianian, A. & Fakheran, S. 2014. Analysis of Land Covers Changes in the Central Part of Isfahan Using Landscape Metrics, *Journal of Applied Ecology*, 2: 77-87. (In Persian)
31. Daneshmand, R., Mirzaei, R. & Bihamta Toosi, N. 2018. Land cover change detection of Chahar Mahal Bakhtiari province using landscape metrics (1994-2015), *Journal of Applied Ecology*, 7: 17-28. (In Persian)
32. Karami, A., Fegghi, J. 2012. Assessment of land suitability potentials for agriculture using a remote sensing and GIS based approach. *International Journal of Remote Sensing*, 30(4): 879-895.
19. Van der Sande, C., De Jong, S. & De Roo, A. 2003. A segmentation and classification approach of IKONOS-2 imagery for land cover mapping to assist flood risk and flood damage assessment. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 4(3): 217-229.
20. Chand, R., Prasanna, P.L. & Singh, A. 2011. Farm size and productivity: Understanding the strengths of smallholders and improving their livelihoods. *Economic and Political Weekly*, xlvi (26 & 27): 5-11.
21. Bojnec, Š. & Latruffe, L. 2013. Farm size, agricultural subsidies and farm performance in Slovenia. *Land Use Policy*, 32: 207-217.
22. Blaschke, T. 2010. Object based image analysis for remote sensing. *ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing*, 65(1): 2-16.
23. Feizizadeh, B., and Helali, H. 2010. Comparison Pixel-Based, Object-Oriented Methods and Effective Parameters in Classification Land Cover/ Land Use of West Province Azerbaijan. *Physical Geography Research*, 42(71): 73-84. (In Persian).
24. Bihamta Toosi, N., Soffianian, A., Fakheran, S., Pourmanafi, S., Ginzler, C. & Waser, L.T. 2020. Land Cover Classification in Mangrove Ecosystems Based on VHR Satellite Data and Machine Learning_An Upscaling Approach”, *Remote Sensing*, 12: 1-17.
25. Li, Q., Wang, C., Zhang, B. & Lu, L. 2015. Object-based crop classification with Landsat-MODIS enhanced time-

- I. 1984. Crop identification using Landsat temporal-spectral profiles. *Remote Sens. Environ.* 14 (1): 39-54.
40. Roy, D.P., Wulder, M., Loveland, T.R., Woodcock, C., Allen, R., Anderson, M., Helder, D., Irons, J., Johnson, D. & Kennedy, R. 2014. Landsat-8: Science and product vision for terrestrial global change research. *Remote Sensing of Environment*, 145, 154-172.
41. Markham, B., Barsi, J., Kvaran, G., Ong, L., Kaita, E., Biggar, S., Czaplak-Myers, J., Mishra, N. & Helder, D. 2014. Landsat-8 operational land imager radiometric calibration and stability. *Remote Sensing*, 6(12): 12275-12308.
42. Chavez, P.S. 1996. Image-based atmospheric corrections-revisited and improved. *Photogrammetric engineering and remote sensing*, 62(9): 1025-1035.
43. Roy, D.P., Ju, J., Kline, K., Scaramuzza, P.L., Kovalsky, V., Hansen, M., Loveland, T.R., Vermote, E. & Zhang, C. 2010. Web-enabled Landsat Data (WELD): Landsat ETM+ composited mosaics of the conterminous United States. *Remote Sensing of Environment*, 114(1): 35-49.
44. Walter, V. 2004. Object-based classification of remote sensing data for change detection. *ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing*, 58(3): 225-238.
45. Anders, N., Seijmonsbergen, A.C. & Bouten, W. 2013. Geomorphological change detection using object-based feature extraction from multi-temporal LiDAR data. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 10(6): 1587-1591.
- Investigation of Quantitative metrics to protect the landscape in land use by sustainable pattern (Case study: Kohgiluyeh and Boyer Ahmad). *Journal of Environmental Studies (JES)*, 37(60): 79-88. (In Persian).
33. Frazier, A.E. and Kedron, P. 2017. Landscape metrics: past progress and future directions. *Current Landscape Ecology Reports*, 2(3): 63-72.
34. Mirzayi, M., Riyahi Bakhtiyari, A., Salman Mahini, A., Gholamalifard, M. 2013. Investigating the Land Cover Changes in Mazandaran Province Using Landscape Ecology's Metrics Between 1984 - 2010. *ijae*. 2(4): 37-55. (In Persian)
35. Joorabian Shooshtari, S., Shayesteh, K., Gholamalifard, M., Azari, M., López-Moreno, J.I., 2017. The Role of Landscape Metrics and Spatial Processes in Performance Evaluation of GEOMOD (Case Study: Neka River Basin). *Geography and Sustainability of Environment*. 7(3): 63-80. (In Persian)
36. Soffianian, A., Pourmanafi, S., Soltani, S., Homami, M., Bashari, h. & Bagheri, m. (2013) Isfahan Land-use Planning Project, land use evaluation. IN Province, G.G.o.I. (Ed).
37. Makhdoom Farkhondeh, M., 2013. Landscaping foundation. Institute of Printing and Publishing, University of Tehran. Tehran, 289 p. (In Persian)
38. Country Planning and Budget Organization. 2019. Statistical Yearbook of Isfahan Province in 1396. Deputy of Statistics and Information of Isfahan Management and Planning Organization. First turn, 876 p. (In Persian)
39. Odenweller Julie, B. & Johnson, Karen

- Applied Earth Observation and Geoinformation, 9(3): 311-321.
49. Leitão, A.B., Miller, J., Ahern, J. & McGarigal, K. 2012. Measuring landscapes: A planner's handbook. Island press. 272p.
50. Chen, H., Yi, Z.F., Schmidt-Vogt, D., Ahrends, A., Beckschäfer, P., Kleinn, C., Ranjitkar, S. & Xu, J. 2016. Pushing the limits: the pattern and dynamics of rubber monoculture expansion in Xishuangbanna, SW China. PloS one, 11(2), e0150062.
51. Turner, M., Gardner, R. & O'Neill, R. 2015. Landscape ecology in theory and practice: pattern and process. Springer. New York.
46. Bihamta Toosi, N., Soffianian, A., Fakheran, S. & Pourmanafi, S. 2019. Incorporating CART Algorithm and Vegetation Indices for Mapping Mangrove Using Landsat 8 Imagery", Journal of Forest Research and Development, 5: 557-569. (In Persian).
47. Baatz, M. and Schäpe, A. 2000. Multi resolution Segmentation: an optimum approach for high quality multi scale image segmentation. In Beutrage zum AGIT-Symposium. Salzburg, Heidelberg, 12-23.
48. Möller, M., Lymburner, L. & Volk, M. 2007. The comparison index: A tool for assessing the accuracy of image segmentation. International Journal of