



## تعیین سطح زیرکشت محصول سیب زمینی در استان همدان با استفاده از سری زمانی تصاویر ماهواره IRSP6

لقمان خداکرمی<sup>۱</sup>، علی شهبازی<sup>۲\*</sup>، کامران نصیراحمدی<sup>۳</sup>

۱- عضو هیئت علمی گروه مهندسی نفت، دانشکده فنی، دانشگاه کویا، کویا، منطقه کردستان، عراق.

۲- عضو هیئت علمی گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

۳- عضو هیئت علمی گروه مهندسی شیمی، دانشکده مهندسی شیمی و صنایع، دانشگاه علم و فناوری، بهشهر، ایران

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: پژوهشی	این مطالعه با هدف استفاده از تکنیک سنجنش از دور و سری زمانی تصاویر ماهواره‌ای برای شناسایی و تعیین سطح زیر کشت مزارع سیب‌زمینی در استان همدان صورت گرفت. بدین ترتیب از سری زمانی تصاویر ماهواره IRSP6 سنجنده AWIFS برای تعیین سطح زیر کشت سیب‌زمینی، استفاده شد. برای این منظور در سه گذر زمانی که همزمان با سبزی‌نگی و زردشدگی گیاه سیب‌زمینی بوده تصاویر تهیه شد. پردازش‌های لازم از جمله آماده‌سازی تصاویر، تصحیح هندسی، شاخص گیاهی، طبقه‌بندی نظارت نشده و طبقه‌بندی نظارت شده فازی بر روی تصاویر انجام شد. در نهایت با استفاده روش Overlay بر روی نقشه‌های حاصل از طبقه‌بندی نظارت شده فازی و شاخص‌های NDVI و SAVI سطح زیرکشت سیب‌زمینی شناسایی شد. ضریب کاپا برای نقشه‌های سطح زیرکشت سیب‌زمینی حاصل از روش طبقه‌بندی فازی، شاخص‌های NDVI و SAVI به ترتیب ۹۰، ۸۷ و ۸۵ درصد به دست آمد. مساحت سطح زیر کشت سیب زمینی نیز به ترتیب حدود ۳۸۷۴۰، ۳۶۷۲۸ و ۳۶۶۱۴ هکتار در سال ۱۳۸۷ تعیین شد. بر اساس نتایج این مطالعه مشخص شد که می‌توان از روش طبقه‌بندی فازی و سری زمانی داده‌های سنجنده AWIFS برای تشخیص و تخمین سطح زیر کشت سیب‌زمینی با دقت تقریباً قابل قبول استفاده کرد و همچنین استفاده از شاخص‌های گیاهی مذکور دارای سرعت بالا برای تفکیک سطح زیرکشت این محصول است.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۲۹	
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۲۱	
دسترسی آنلاین: ۱۴۰۱/۱۲/۲۸	
کلید واژه‌ها: طبقه‌بندی فازی، NDVI تصحیح هندسی	



## Determination of Potato Crop Cultivation in Hamedan Province, Using time series Satellite Images IRSP6

Loqman Khodakarmi<sup>1</sup>, Ali Shahbazi<sup>2\*</sup>, Kamran Nasir Ahmadi<sup>3</sup>

1- Faculty member of Petroleum Engineering Department, Faculty of Engineering, Koya University, Koya, Kurdistan Region, Iraq

2- Faculty member of Environment Department, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

3- Faculty member of Chemical Engineering Department, Faculty of Chemical and Industrial Engineering, University of Science and Technology, Behshahr, Iran

### Article Info

### Abstract

**Article type:**  
Research Article

**Article history:**  
**Received:**  
20/11/2022

**Accepted:**  
12/03/2023

**Available online:**  
19/03/2023

**Keywords:**  
Fuzzy classification,  
NDVI,  
Geometric correction

The aim of this study was to detect and quantify the cultivated area of potato fields in Hamadan Province using remote sensing methods and a time series of satellite photos. As a result, Awifs time-series imaging was used to determine the potato cropping area. For this purpose, pictures were taken at three different times when the potato plant turned green and yellow. Necessary processing such as preparation, atmospheric and geometric correction, vegetation index, and unsupervised classification were performed on the images. Finally, by using Overlay method on the maps obtained from fuzzy supervised classification and NDVI and SAVI indices, potato under cropping area was identified. The kapa coefficient for potato under cropping area determined by phase classification, NDVI, and SAVI was 90, 87, and 85%, respectively. In 1998, the potato under cropping area was determined to be 38740, 36728, and 36614 acres, respectively. This study clearly shows that the phase classification method and Awif data time series can be used to recognize and estimate potato under cropping area with acceptable precision and the mentioned vegetation indices distinguish potato under cropping area faster.

\* Corresponding author E-mail address: [shahbazi.a@ut.ac.ir](mailto:shahbazi.a@ut.ac.ir)

## مقدمه

سنجش از دور به کمک امواج الکترومغناطیس طبیعی و مصنوعی در بررسی‌ها و برنامه‌ریزی‌های کشاورزی و منابع طبیعی کاربرد بسیار دارد. تکنیک‌های سنجش از دور به دلیل تناوب در اخذ تصاویر یک ناحیه، تصویربرداری در طول موج‌های مختلف در یک زمان و در نهایت امکان پردازش و تفسیر سریع این اطلاعات به‌طور گسترده در تحلیل‌های مختلف مربوط به گیاهان مورد استفاده قرار می‌گیرند (Jamshidi, 2020). امروزه کاربرد این علم در بخش‌های مختلف با توجه به منافع حاصله، خصوصاً از جنبه سرعت انجام کار، هزینه‌های انجام شده، حجم داده‌های تولیدی و دقت کار رو به رشد است. سنجش از دور به واسطه به هنگام بودن داده‌ها و نقشه‌های تولیدی و امکان آشکارسازی سریع تغییرات محیطی و همچنین با توجه به وسعت این عرصه‌ها در بخش‌های کشاورزی و منابع طبیعی کاربرد فراوانی دارد (Barrett and Curti, 1992; Curran, 1995). تخمین و تعیین سطح زیرکشت محصولات کشاورزی در برنامه‌ریزی‌ها و تصمیم‌گیری‌ها اهمیت دارد، جمع‌آوری اطلاعات و مشاهده‌های زمینی و تهیه گزارش‌های مربوطه در خصوص سطح زیر کشت بسیار هزینه بر و زمان بر است. داده‌های حاصل از سنجش از دور می‌تواند با تشخیص نوع و تعیین سطح زیر کشت محصولات زراعی، اطلاعات مفیدی در اختیار متخصصان کشاورزی قرار دهد (Curran, 1995; Hu et al., 2019). اساس برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح کشاورزی داشتن آمار و اطلاعات صحیح و به هنگام از وضعیت کشاورزی است. استفاده از داده‌های سنجش از دور به دلیل داشتن ویژگی‌هایی مانند چند زمانه بودن، چند طیفی بودن، دید وسیع و یکپارچه و بدلیل مزیتی که در تفکیک طیفی و مکانی اطلاعات دارند می‌تواند این اطلاعات را بدست آورد (Abdalah Zadeh and Nasiri, 2008).

آگاهی از توزیع انواع محصولات کشاورزی از نیازهای اساسی در برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری‌های بازرگانی است و همچنین این امر برای بررسی پاره‌ای از مطالعات کشاورزی مانند تنش آبی و برآورد بازدهی در قالب سنجش از دور بسیار ضروری است (Ashvrlv et al., 2006). در سال‌های اخیر، کاربرد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در مطالعات کشاورزی و تهیه نقشه‌های موضوعی گسترش فراوانی پیدا کرده است. تهیه نقشه کاربری و پوشش اراضی از نیازهای اساسی برای مدیریت و نظارت محیطی است. این نقشه‌ها در برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری‌های مختلف استفاده می‌شوند، مطالعه مکان‌های زیر کشت با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای موجود و تهیه نقشه اراضی زیر کشت آن در هر سال می‌تواند دولت را در مدیریت بهینه این اراضی کمک شایانی نماید (Kholfi and Davarpanah, 2008). با توجه به اهمیت تهیه نقشه اراضی تحت کشت با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به تعدادی از مطالعات انجام شده در این خصوص اشاره می‌شود: Wardlow و همکارانش (۲۰۰۶) قابلیت سری زمانی شاخص‌های گیاهی را برای طبقه‌بندی مزارع بزرگ کشاورزی شامل یونجه، ذرت، سویا و گندم با استفاده از تصویر MODIS با قدرت تفکیک ۲۵۰ متر بررسی و با توجه به روندهای زمانی متفاوت شاخص‌های EVI و NDVI کلاس‌های مختلف را از هم تفکیک کردند. نتایج آنها نشان داد که تفکیک‌پذیری غلات در دوره بلوغ محصولات نسبت به دوره رشد محصولات چشمگیرتر است. Sawasawa (۲۰۰۳) در تحقیقی با استفاده از تلفیق RS، GIS و پارامترهای مدیریت سطح زیرکشت برنج‌زارها را در منطقه‌ای در نظام آباد ایالت آندراپراش هند برآورد کرد. این مطالعه با استفاده از تصاویر ماهواره IRS و همچنین سری زمانی تصاویر ماهواره اسپات و بکارگیری شاخص‌های گیاهی و در نظر گرفتن مراحل مختلف فنولوژی گیاه برنج انجام شد. در تحقیقی دیگر در ترکیه با طبقه‌بندی مرحله به مرحله و با اعمال ماسک‌های متناوب در تصاویر ETM+ اقدام به تهیه نقشه غلات نمودند (Tucker and Arikani, 2000).

در یک پژوهش انجام شده برای تعیین سطح زیر کشت شالیزارهای منطقه اصفهان از داده‌های رقومی ماهواره IRS-ID هند (سنجنده‌های PAN, LIS III, و سری زمانی AWIFS) استفاده کردند. آنها با استفاده از روش‌های حداکثر احتمال و حداقل فاصله از میانگین و همچنین شاخص آب مساحت زیر کشت شالیزارها را تعیین کردند (Khvajhaldyn and Pvrnmnafy, 2007). این مطالعه نشان داد که می‌توان داده‌های LISS III را برای تشخیص و تعیین دقیق سطح زیر کشت شالیکاری و داده‌های سنجنده AWIFS برای تخمین سطح با دقت تقریباً قابل قبول استفاده کرد. همچنین Sarvyy و Nasiri (۲۰۰۲) در مطالعه‌ای با استفاده از فناوری RS و GIS

نقشه اراضی زیر کشت برنج را در شهرستان آمل و بابل با استفاده از داده‌های ماهواره لندست TM و با الگوریتم حداکثر احتمال طبقه‌بندی و طبقات مختلف از جمله برنج زارها تفکیک شد. در تحقیقی دیگر سطح زیر کشت برنج در شهرستان مرو دشت را با استفاده از دو سری زمانی تصاویر LISS III از ماهواره IRSP6 با استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال و شاخص‌های NDVI و SAVI تعیین کردند (Salimi and Kazemi, 2009).

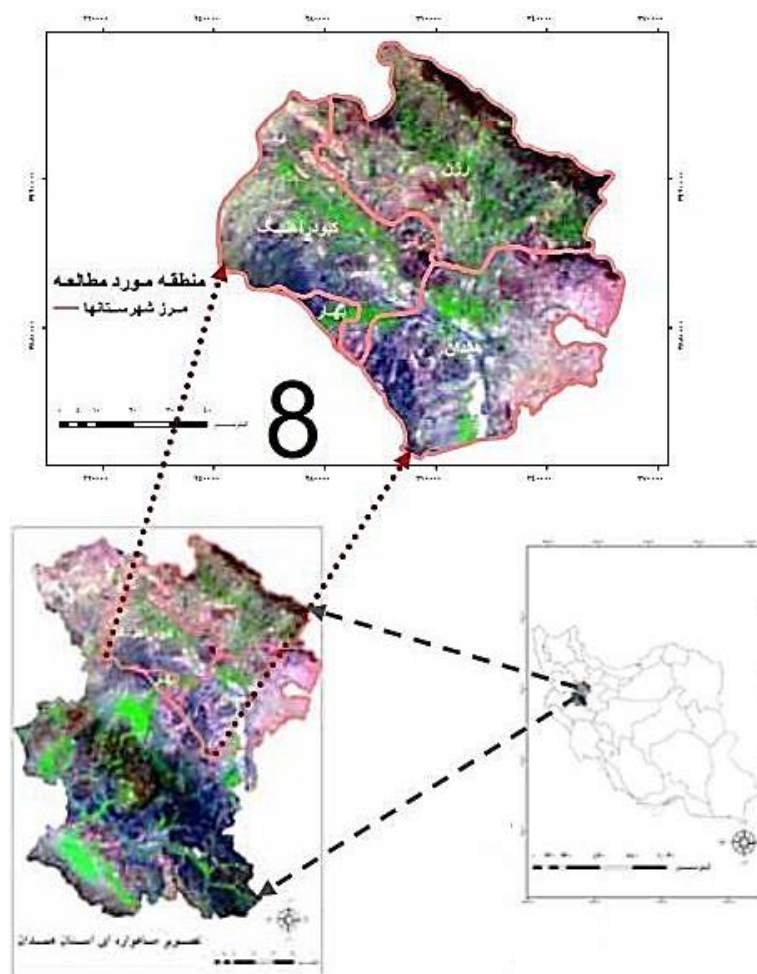
به دلیل نقش پررنگی که سیب‌زمینی در بحران‌های جهانی نظیر گرسنگی فقر و محیط زیست دارد، سازمان ملل متحد سال ۲۰۰۸ را سال سیب‌زمینی<sup>۱</sup> نامیده است و از سیب‌زمینی با عنوان «جواهر پنهان» یاد کرده است. همچنین از دولت‌ها خواسته است با اختصاص زمین‌های بیشتر برای کاشت آن، مردم کشورشان را از زیر بار گرسنگی آزاد کنند. سیب زمینی سومین محصول غذایی پرمصرف در جهان است و بعد از گندم و برنج بیشترین میزان استفاده را دارد. کارشناسان سازمان ملل اعلام کرده‌اند که با پیش‌بینی افزایش جمعیت جهان در دو دهه آینده با سرعت ۱۰۰ میلیون نفر در سال، سیب زمینی در تغذیه این جمعیت جایگاه ویژه‌ای خواهد داشت. سازمان ملل معتقد است: با افزایش کشت سیب‌زمینی در کشورهای جهان از میزان فقرا کاسته شده و باعث افزایش امنیت غذایی می‌شود و از این طریق توجه دولت‌ها را به کاشت این محصول مهم که نقشی حیاتی در رفع گرسنگی مردم جهان دارد، جلب می‌کند. با توجه به اینکه استان همدان یکی از قطب‌های تولید این محصول در ایران است و همچنین یکی از محصولات عمده منطقه مورد مطالعه است، آگاهی از وضعیت سطح زیرکشت آن می‌تواند کمک شایانی در میزان کمبود و یا مازاد این محصول را به منظور ثبات بازار صورت دهد. هدف تحقیق حاضر تعیین سطح زیر کشت سیب زمینی در استان همدان (در شهرستان‌های همدانف بهار، کبودرآهنگ و رزن) با استفاده از سری زمانی تصاویر ماهواره‌ای IRS P6 از سنجنده AWIFS در سال ۱۳۸۷ بود.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در موقعیت جغرافیایی ۳۴°۳۴'۵۱" تا ۳۴°۴۳'۷" عرض شمالی و ۴۷°۵۱'۴۹" تا ۴۹°۲۸'۱۶" طول شرقی واقع شده شکل (۱)، که شامل شهرستان‌های همدان، بهار، کبودرآهنگ و رزن است. در این تحقیق از داده‌های ماهواره IRS-P6 هند، مربوط به سنجنده AWIFS استفاده شد. در جدول (۱) تاریخ داده‌های مورد استفاده در مطالعه ارائه شده است. علاوه بر داده‌های ماهواره‌ای از نقشه‌های ۱:۵۰۰۰۰ سازمان نیروهای مسلح نیز استفاده شد. سنجنده AWIFS دارای ۴ باند شامل: باند ۲ (سبز)، باند ۳ (قرمز)، باند ۴ (مادون قرمز نزدیک) و باند ۵ (مادون قرمز موج کوتاه) با قدرت تفکیک مکانی ۵۶ متر است.

<sup>1</sup> International Year of the Potato



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

جدول ۱- داده‌های مورد استفاده در مطالعه

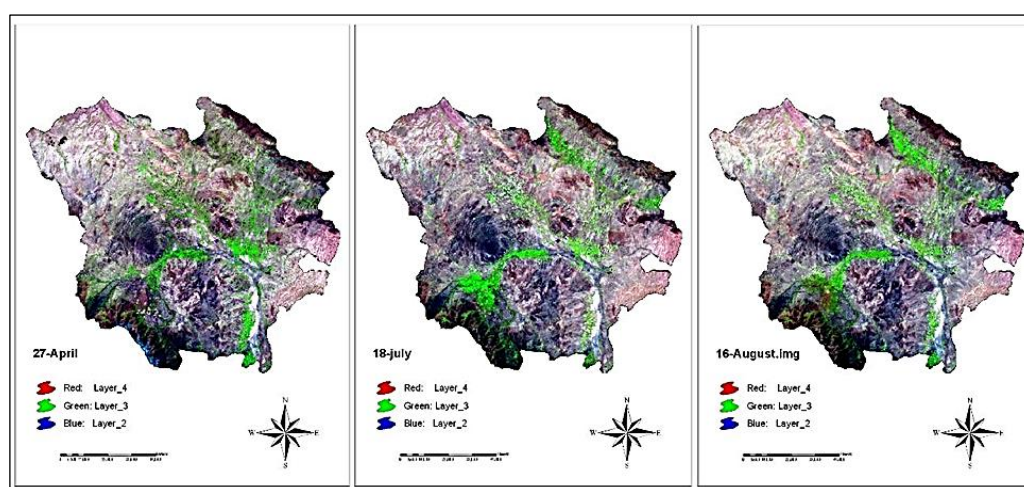
سال	تاریخ به شمسی	سنجنده
۱۳۸۷	۸ اردیبهشت	AWIFS
۱۳۸۷	۲۶ تیر	AWIFS
۱۳۸۷	۲۸ مرداد	AWIFS

#### مشخصات داده‌های ماهواره‌ای مورد مطالعه

به منظور تعیین دامنه زمانی مناسب برای سفارش تصاویر ماهواره‌ای، ابتدا تقویم زراعی محصولات مختلف منطقه مشخص شد (جدول ۲). سپس بر اساس زمان کاشت، اوج سبزی‌نگی، برداشت و شخم محصولات مختلف مشخص تجزیه و تحلیل‌های لازم برای تعیین زمان تصاویر انجام گرفت. نتایج بررسی‌ها نشان داد برای تفکیک سیب زمینی به سه سری زمانی تصویر با توجه به تفاوت در کاشت و برداشت این محصول در منطقه مورد مطالعه به دلیل اختلاف آب و هوایی (پوشش سبز یونجه و گندم در منطقه شاهد ۸ اردیبهشت است، ۲۶ تیر در شهرستان‌های همدان و بهار سیب زمینی به‌طور کامل رشد کرده ولی در رزن و کبودر آهنگ در ۲۸ مرداد رشد آن کامل می‌شود) نیاز است شکل (۲)، سری زمانی تصاویر انتخاب شده را بر اساس مراحل رشد فنولوژیک کشت‌های عمده منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد.

جدول ۲- کشت محصول سیب زمینی

مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	مرداد	شهرستان	نوع	مرداد	شهرستان	مهر	آبان	آذر														
برداشت	در	شهرستان	های رزن	و کیودر	آهنگ	کود	آلی	زمین در حال	استراحت	آماده	ساز	زمین	کاشت	بذر	رشد کامل بوته	در	شهرستان	های بهار و همدان	رشد در	شهرستان	های گرمسیر	رشد در	شهرستان	های گرمسیر	برداشت	در	شهرستان	های گرمسیر	کامل



شکل ۲- تصاویر ماهواره‌ای منطقه مورد مطالعه

مرحله بعدی جمع‌آوری داده‌های زمینی است. جهت تفکیک دقیق نواحی کشت سیب زمینی از سایر محصولات زراعی هم چنین به منظور تولید نقشه واقعیت زمینی، نمونه‌برداری در سه مرحله انجام گرفت: مرحله اول در اردیبهشت انجام شد که هم زمان با کاشت سیب زمینی، مرحله دوم در اواخر مرداد و اوایل شهریور که در این زمان سیب زمینی همدان و بهار در حال برداشت بود و مرحله سوم در مهرماه انجام گرفت که در این فصل در شهرستان رزن و کیودر آهنگ شاهد برداشت محصول بودیم. در هر سه مرحله با استفاده از GPS موقعیت مناطق ثبت شد و هم چنین پرسشنامه‌هایی توسط کشاورزان در باره تاریخ کاشت و برداشت سیب‌زمینی و سایر محصولات کامل شد. که در مجموع ۹۰ پرسشنامه تکمیل و ۴۰۰ نقطه زمینی ثبت شد.

در مرحله بعد به پردازش تصویر پرداخته می‌شود. مراحل پردازش داده‌های ماهواره‌ای تا دستیابی به تعیین سطح زیر کشت سیب زمینی، به صورت زیر است: ۱- تصحیح هندسی و اتمسفریک ۲- بارزسازی (افزایش کنتراست و انواع آنالیزها) ۳- طبقه‌بندی تصاویر (نظارت نشده و طبقه‌بندی نظارت شده فازی) ۴- تلفیق لایه‌های تهیه شده.

برای تصحیح اتمسفریک از تکنیک کاهش پیکسل‌های تاریک استفاده شد. با این فرضیه که پیکسل تاریک با حداکثر احتمال، کمترین میزان انعکاس طیفی را دارد و متعلق به آب عمیق و سایه میان تصویر است که انعکاس آن صفر است. زیرا در صورت وجود ذرات پراکنده در جو، پراکنش جوی باعث می‌شود که عملاً انعکاس طیفی پیکسل‌های تاریک صفر نباشد (Sarnam et al. 2002: 220).

برای تصحیح هندسی از نقشه‌های رقومی (با استفاده از خطوط مربوط به شبکه آبراهه‌ها و لایه راه‌ها) به عنوان نقشه مبنا استفاده

شد و تصویر ۸ اردیبهشت با انتخاب ۳۰ نقطه مشترک با پراکنش مناسب در سیستم تصویر UTM مطابقت داده شد و تصاویر ۲۶ تیر و ۲۸ مرداد هم با تصویر ۸ اردیبهشت اصلاح هندسی شدند. در مرحله بعد به منظور آشکارسازی بهتر عارضه‌ها و تفکیک پدیده‌های زمینی از ترکیب رنگی کاذب استفاده شد. سنجنده AWIFS دارای ۴ باند مختلف است لذا امکان تولید ۲۴ تصویر رنگی کاذب وجود دارد. برای مشخص کردن بهترین ترکیب سه تایی باندها که دارای بیشترین اطلاعات از وضعیت پوشش اراضی منطقه مطالعه باشد از ضریب شاخص مطلوبیت (OIF)<sup>۱</sup> استفاده شد. در این تحقیق برای ارزیابی بهتر وضعیت پوشش اراضی از دو شاخص گیاهی NDVI و SAVI استفاده شد. این شاخص‌ها با توجه به اینکه پوشش گیاهی از بخش مرئی به طرف بخش مادون قرمز میانی، تفاوت معنی‌داری را در انعکاس و جذب طیف‌ها نشان می‌دهند وضعیت پوشش گیاهی را بصورت ارزش‌های عددی بین ۱- تا ۱ نشان داده و بر اساس آن امکان طبقه‌بندی منطقه به اراضی تحت کشت، آیش و بایر وجود خواهد داشت (French et al., 2020). در مرحله بعدی به طبقه‌بندی تصاویر پرداخته می‌شود. طبقه‌بندی تصاویر را می‌توان به عنوان مهم‌ترین بخش تفسیر اطلاعات ماهواره‌ای به شمار آورد (Tso and Mather, 2001). در این مطالعه از الگوریتم‌های دو روش طبقه‌بندی نظارت نشده و نظارت شده فازی جهت طبقه‌بندی تصاویر استفاده شد و نهایتاً دقت وضوح نقشه‌های طبقه‌بندی شده به کمک نقشه واقعیت زمینی که با استفاده از ۲۰۰ نقطه کنترل زمینی و مساحتی حدود ۵ درصد سطح منطقه تهیه شده بود، انجام گرفت. سپس با قطع دادن این نقشه با نقشه‌های بدست آمده از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای و بر اساس آن ماتریس خطا<sup>۲</sup> تشکیل و دقت کلی<sup>۳</sup> و ضریب کاپا<sup>۴</sup> محاسبه شد. شایان ذکر است، در طبقه‌بندی نظارت شده به روش فازی بالاترین دقت مربوط به طبقه‌بندی بهترین ترکیب باندی بود. از آنجا که سیب‌زمینی محور اصلی تحقیق حاضر است، و به علت مشابه بودن بازتاب سیب-زمینی با یونجه و گندم و جو در فصولی که این محصول در اوج رشد است نمی‌توان از یک تصویر برای تفکیک و استخراج سطح زیر کشت سیب‌زمینی استفاده کرد، با توجه به جدول زمان‌بندی کشت‌های عمده و تفاوت اقلیمی و تفاوت کاشت و برداشت، سه سری زمانی تصاویر IRSP6 از سنجنده AWIFS انتخاب شد به گونه‌ای که بر اساس تفاوت اقلیم در شهرستان‌های بهار و همدان که آب و هوای معتدل‌تری دارند، سیب زمینی بهاره کشت می‌شود و در شهرستان رزن و کبودر آهنگ به علت سردسیر بودن سیب زمینی پاییزه کشت می‌شود. در این تحقیق تصاویر به گونه‌ای انتخاب شد که تصویر اول در زمانی باشد که سیب‌زمینی کشت نشده باشد و تصویر دوم در اوج رشد این محصول باشد. به این دلیل برای شهرستان‌های بهار و همدان دو تصویر ۸ اردیبهشت و ۲۶ تیر انتخاب شد، در ۸ اردیبهشت کشت گندم، جو و یونجه در اوج رشد است ولی در ۲۶ تیر گندم و جو برداشت شده است. در این رابطه نتایج کار ما با نتایج سایر محققین همخوانی دارد (Salimi, Kazemi, 2009؛ Khvajhaldyn et al., 2017).

در مطالعه حاضر، به منظور طبقه‌بندی تصاویر به روش فازی از ترکیب روش‌های فازی و حداکثر احتمال استفاده می‌شود. نظریه مجموعه‌های فازی (Zadeh, 1978)، فرضیه‌ای برای اقدام در شرایط عدم اطمینان است. این نظریه قادر است بسیاری از مفاهیم و متغیرها و سیستم‌هایی را که نادقیق هستند (چنانچه در عالم واقع اکثراً چنین است) صورت‌بندی ریاضی ببخشد و زمینه را برای استدلال، استنتاج، کنترل و تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان فراهم آورد (Ranjbar and Honarmand, 2004).

در رده‌بندی نظارت شده مرسوم در سنجش از دور، نقاط تعلیمی و نتایج رده‌بندی بر مبنای روش یک پیکسل یک رده<sup>۵</sup> هستند در حقیقت یک پیکسل فقط به یک رده می‌تواند تعلق داشته باشد رده مخلوط نمی‌تواند به عنوان نقاط تعلیمی یا یک طبقه فرض شود و میزان عضویت<sup>۶</sup> در پیکسل‌ها مشخص نیست. در حقیقت در روش‌های کلاسیک رده‌بندی مرزهای مناطق آموزشی به صورت ناگهانی تغییر می‌کند و به صورت تدریجی نیست. این محدودیت‌های آشکار باعث کاهش ارزش رده‌بندی سطوح و استخراج اطلاعات ضعیفی می‌شود و

<sup>1</sup> Optimum Index Factor

<sup>2</sup> Confuse Matrix

<sup>3</sup> Overall Accuracy

<sup>4</sup> Kappa Coefficient

<sup>5</sup> one-pixel-one-class

<sup>6</sup> Membership

ممکن است اطلاعات با ارزشی از بین برود. این مشکل، بیشتر به خاطر مفهوم عضویت در نظریه مجموعه‌های کلاسیک است که بر اساس آن یک مجموعه مرزهایی دارد و هر عضو می‌تواند به طور کامل عضو این مجموعه باشد یا نباشد. نظریه مجموعه‌های فازی که به منظور از بین بردن ابهام در داده‌ها به کار می‌رود، یک مفهوم جدیدی است که بر اساس آن عضویت جزئی<sup>۱</sup> اجازه می‌دهد که اطلاعات در موقعیت‌های پیچیده تر مثلاً پوشش‌های مخلوط یا شرایط حدواسط بهتر نمایش داده شده و به کار روند اگرچه تحلیل تصاویر سنجش از دور با استفاده از مجموعه‌های فازی دشوار و مشکل است، اما با توجه به اینکه در داده‌های سنجش از دور، اغلب تعیین مرز بین دو رده مختلف آسان نیست، می‌توان از نظریه، مجموعه‌های فازی به صورت کیفی به خوبی استفاده کرد. در این نظریه، رتبه عضویت می‌تواند مقداری بین ۰ و ۱ در نظر گرفته شود، در صورتی که در حالت عادی عضویت نظریه مجموعه‌ها، رتبه عضویت فقط ۰ یا ۱ اختیار می‌شود برای انجام این رده‌بندی انتخاب مناطق آموزشی لازم است. بر خلاف روش‌های معمول رده‌بندی که هر کدام از مناطق آموزشی حاوی موادی هستند که در نوع خود خالص است و هیچگونه تغییرات تدریجی در آنها وجود ندارد در این روش ضروری نیست که نقاط تعلیمی کاملاً یکنواخت باشند (Wang, 1990; Chen et al., 2012). برای ترکیب روش‌های فازی و حداکثر احتمال با انتخاب مناطق تعلیمی، پارامترهای میانگین و کواریانس این مناطق به ترتیب با استفاده از توابع ۱ و ۲ به صورت مجموعه فازی برای هر طبقه تعریف می‌شوند رابطه (۱ و ۲) (Farn Chen and Tan Li, 2000).

$$\mu_c^* = \frac{\sum_{i=1}^n f_c(x_i)x_i}{\sum_{i=1}^n f_c(x_i)} \quad (\text{رابطه ۱})$$

$$\Sigma_c^* = \frac{\sum_{i=1}^n f_c(x_i)(x_i - \mu_c^*)(x_i - \mu_c^*)^T}{\sum_{i=1}^n f_c(x_i)} \quad (\text{رابطه ۲})$$

$$\mu_c^* = \text{میانگین فازی نمونه تعلیمی طبقه C}$$

$$\Sigma_c^* = \text{کواریانس فازی نمونه تعلیمی طبقه C}$$

$$x_i = \text{ارزش برداری پیکسل } i\text{ام}$$

$$f_c(x_i) = \text{تابع عضویت پیکسل } x_i \text{ برای نمونه تعلیمی طبقه C}$$

$$N = \text{کل پیکسل‌های نمونه تعلیمی}$$

$$T = \text{تابع تبدیل}$$

تابع عضویت هر پیکسل بر اساس الگوریتم حداکثر احتمالی که در فرمول آن از میانگین و کواریانس فازی استفاده می‌شود تعریف می‌شود. الگوریتم حداکثر احتمال بصورت رابطه (۳) است (Farn Chen and Tan Li, 2000).

$$p_c^*(x_i) = (2\pi)^{-N/2} |\Sigma_c^*|^{-1/2} \exp\left[-\frac{1}{2}(x_i - \mu_c^*)^T \Sigma_c^*^{-1/2} (x_i - \mu_c^*)\right] \quad (\text{رابطه ۳})$$

ارزش تابع عضویت هر پیکسل با استفاده از رابطه (۴) محاسبه می‌شود (Farn Chen and Tan Li, 2000).

$$f_c(x_i) = \frac{P_c^*(x_i)}{\sum_{j=1}^m P_j^*(x_i)} \quad (\text{رابطه ۴})$$

<sup>۱</sup> Partial membership



$$f_c(x_i) = \text{تابع عضویت پیکسل } x_i \text{ به کلاس } c$$

$$p_c^*(x_i) = \text{حداکثر احتمال تعلق پیکسل } x_i \text{ به کلاس } c$$

$$m = \text{تعداد طبقات}$$

$$n = \text{تعداد باند}$$

در نهایت پس از محاسبه ماتریس فاصله برای هر طبقه و با داشتن یک ماتریس وزن و با استفاده از رابطه (۵) می توان عمل تعلق دادن هر پیکسل به یک طبقه مشخص<sup>۱</sup> را انجام داد (ERDAS Field Guide, 2007).

$$T_{[K]} = \sum_{i=0}^d \sum_{j=0}^d \sum_{l=0}^n \frac{W_{ij}}{D_{ijl} [K]} \quad (\text{رابطه } ۵)$$

که در این فرمول

$$i, j = \text{به ترتیب نمایه ردیف و ستون در پنجره متحرک}$$

$$d = \text{اندازه پنجره (۵، ۳ یا ۷)}$$

$$l = \text{نمایه مربوط به لایه در مجموعه فازی}$$

$$n = \text{تعداد لایه های فازی به کار رفته}$$

$$w = \text{ماتریس وزن برای پنجره}$$

$$k = \text{نمایه مربوط به طبقه}$$

$$D_{[K]} = \text{ارزش ماتریس فاصله برای طبقه } k$$

$$T_{[K]} = \text{فاصله وزنی طبقه } k$$

### یافته های پژوهش

نتایج مراحل مختلف آماده سازی و پردازش تصاویر ماهواره ای به شرح زیر است:

تصحیح هندسی تصویر ۸ اردیبهشت با استفاده ۳۰ نقطه و به روش نزدیکترین همسایه با RMSE<sup>۲</sup> برابر ۰/۴ انجام گرفت. در ادامه تصاویر ۲۶ تیر و ۲۸ مرداد با استفاده از تصویر ۸ اردیبهشت هم مختصات شدند، که RMAE آنها به ترتیب ۰/۳۴ و ۰/۳ است. نتایج بهترین ترکیب باندی با استفاده از شاخص OIF برای تصاویر در جدول (۳) آمده است. که بهترین ترکیب باندی ترکیب ۲-۳-۴ است.

به منظور پردازش اولیه تصاویر و شناخت کلی از کاربری اراضی منطقه ابتدا طبقه بندی نظارت نشده به روش Iso Data بر روی تصاویر انجام شد. نتایج طبقه بندی اولیه به منظور بررسی تنوع و الگوی کشت موجود در منطقه و همچنین انتخاب نمونه های تعلیمی در طبقه بندی نظارت شده استفاده شد. همانطور که در جدول شماره (۲) مشاهده می شود، در طبقه بندی با استفاده از شاخص های گیاهی SAVI و NDVI برای تهیه نقشه سطح زیر کشت سیب زمینی شاخص NDVI از دقت بیشتری نسبت به شاخص SAVI برخوردار است. در طبقه بندی نظارت شده به روش فازی بالاترین دقت مربوط به طبقه بندی بهترین ترکیب باندی بود.

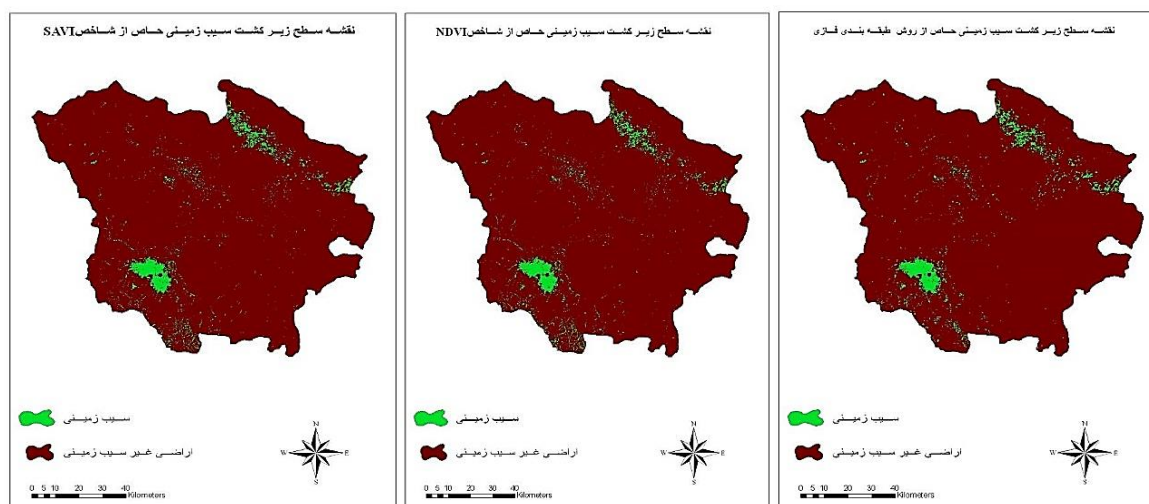
برای شهرستان های رزن و کبودر آهنگ دو تصویر ۸ اردیبهشت و ۲۸ مرداد انتخاب شد که در تصویر اول هنوز سیب زمینی کشت نشده ولی در تصویر دوم این محصول در اوج رشد است اما گندم و جو کاملاً برداشت شده اند. پس از انتخاب تصاویر، تصحیحات لازم، پیش

<sup>۱</sup> Defuzzification

<sup>۲</sup> Root Mean Square Error

پردازش‌های اولیه و انتخاب نقاط تعلیمی مناسب اقدام به طبقه‌بندی داده‌ها با استفاده از روش طبقه‌بندی فازی شد. هر یک از تصاویر به ۹ کلاس شامل: طبقات شخم، آب، پوشش گیاهی، اراضی بایر، مناطق آهکی، کوه، شوره زار، شهر و آیش) طبقه‌بندی شدند. طبقه پوشش گیاهی از هر سه تصویر استخراج شد، برای به دست آوردن سطح زیر کشت سیب زمینی شهرستان همدان و بهار نقشه پوشش گیاهی حاصل از تصویر ۲۶ تیر که شامل کاربری‌های یونجه، سیب زمینی، باغ و قلمستان بود با استفاده از طبقه پوشش گیاهی تصویر ۸ اردیبهشت که شامل کاربری‌های گندم، جو، یونجه و باغ و قلمستان است ماسک و سطح زیر کشت سیب زمینی همدان و بهار نقشه پوشش گیاهی حاصل از تصویر ۲۸ مرداد که شامل کاربری‌های یونجه و باغ و قلمستان است با استفاده از تصویر ۸ اردیبهشت که شامل گندم، جو، یونجه و باغ و قلمستان است ماسک و سطح زیر کشت سیب زمینی در این منطقه نیز مشخص شد.

بعد از تلفیق این دولاپه نقشه سطح زیر کشت سیب زمینی منطقه مورد مطالعه با مساحت ۳۶۷۲۸ هکتار به تهیه شد شکل (۳). با استفاده از شاخص‌های گیاهی SAVI و NDVI و تعیین حد آستانه برای نقشه‌های حاصل از این شاخص‌ها، نقشه سطح زیر کشت سیب زمینی با استفاده از ماسک نقشه پوشش گیاهی تصویر تاریخ آورده شود با نقشه پوشش گیاهی حاصل از تصویر تاریخ آورده شود تهیه شد که مساحت سطح زیر کشت این محصول با شاخص NDVI و SAVI بر اساس شکل (۳) به ترتیب برابر است با ۳۸۷۴۰ و ۳۶۶۱۴ هکتار، مقدار اختلاف در برآورد به دلیل تفاوت در تعیین حد آستانه شاخص‌های گیاهی است.



شکل ۳ - نقشه سطح زیر کشت سیب زمینی حاصل از شاخص‌های NDVI، SAVI و روش طبقه‌بندی فازی

جدول ۳- نتایج شاخص OIF

تصاویر	بهترین ترکیب	OIF
۸ اردیبهشت	۲ و ۳ و ۴	۸۶/۳۱
۲۶ تیر	۲ و ۳ و ۴	۶۶/۰۵
۲۸ مرداد	۲ و ۳ و ۴	۹۳/۰۳

جدول ۴- نتایج ارزیابی روش‌های طبقه بندی

روش طبقه بندی	صحت کلی (%)	ضریب کاپا
شاخص NDVI	۸۷	۰/۸۴
شاخص SAVI	۸۵	۰/۸۲
روش فازی (ترکیب باندی ۲ و ۳ و ۴)	۹۰	۰/۸۸
روش فازی (ترکیب باندی ۱ و ۲ و ۳ و ۴)	۸۹	۰/۸۷

### بحث و نتیجه‌گیری

این تحقیق نشان داد بهترین زمان برای تعیین زیر کشت سیب‌زمینی استفاده از سری زمانی داده‌های ماهواره‌ای است. داده‌های ماهواره‌ای لازم است به گونه‌ای انتخاب شوند که زمان اول قبل از کشت سیب زمینی و در زمان دوم این محصول در اوج سبزیگی باشد و این مهم با تهیه جدول زمان بندی مراحل فنولوژیک رشد کشت‌های عمده در منطقه امکان پذیر می‌شود. برای منطقه مورد مطالعه سه سری زمانی ۸ اردیبهشت، ۲۶ تیر و ۲۸ مرداد براساس تفاوت اقلیمی و تفاوت در کاشت و برداشت، در منطقه مورد مطالعه بهترین سری‌های زمانی است. نتایج کار ما با نتایج سایر مطالعات انجام شده مطابقت دارد. در این زمینه می‌توان به پژوهش‌های انجام شده توسط عبداله‌زاده و همکاران (۲۰۰۷)، Jeong et al., 2022، Hasim & Bhar, 2020، Manfron et al., 2017، Krishna Mohan et al., 2000، Wardlow et al., 2007 اشاره کرد.

یکی از موارد قابل اشاره در این مطالعه این است که بر اساس آمار ارائه شده توسط سازمان جهاد کشاورزی استان همدان سطح زیر کشت سیب‌زمینی منطقه مورد مطالعه در حدود ۲۶۰۰۰ هکتار برآورد شده که تولید این محصول در سال ۱۳۸۷ در حدود ۲ میلیون تن تخمین زده شده است. اما نتایج مطالعه ما نشان داد که مساحت زیر کشت سیب زمینی برابر با ۳۶۷۲۸ هکتار بوده که با توجه به میانگین برداشت ۵۰ تن در هکتار که نتیجه مطالعات پرسشنامه‌ای و اخذ اطلاعات از کشاورزان منطقه است، میزان برداشت سیب زمینی در سال ۱۳۸۷ معادل ۱۸۳۶۴۰۰ تن بوده است.

به عنوان سخن پایانی پایانی با توجه به نتایج حاصله، پیشنهاد می‌شود با بکارگیری این روش نسبت به تهیه نقشه اراضی زیرکشت محصولات مختلف در سطح استان اقدام شود. سهل الوصول بودن داده‌ها، دسترسی سریع به نقاط دور افتاده و کوهستانی ودقت نسبتا بالای استفاده از داده‌های ماهواره‌ای، از امتیازات خاص فن سنجش از دور محسوب می‌شود. به دلیل اینکه داده‌های سنجش از دور دارای تنوع طیفی و پوشش‌های تکراری مناسب بوده و با توجه به اینکه در مقایسه با سایر روش‌های گردآوری اطلاعات ارزان تر هستند، می‌توانند به عنوان منبعی مناسب برای جمع‌آوری داده و ایجاد بانک اطلاعات کشاورزی استفاده شوند.

### منابع

- Abdalah Zadeh, M. And Nasiri, M. B. (2008) Determination of potato cultivated in the city using a series Borujen When images IRSP6. National symposium of Geomatic 2008. Survey Organization, Tehran.
- Alavi Panah, S. K. (2003) Remote sensing applications in geosciences. Tehran University Press.
- Ashvrlv, M., A. Mhmddy, AS, Rezaeian, P. and Vashvrlv, D. (2006) Application of linear analysis in the diagnosis of separating wheat from other Products on satellite images. *Journal of Environmental Sciences*. (2), 101-116.
- Barrett, E.C. and L.F. Curtis. (1992) *Introduction to environmental remote sensing*. Routledge.
- Chen, C. F., Son, N. T., & Chang, L. Y. (2012) Monitoring of rice cropping intensity in the upper Mekong Delta, Vietnam using time-series MODIS data. *Advances in Space Research*, 49(2), 292-301.
- Curran, P. (Translation reza haer). (1995) *Principles of remote sensing*. Iranian Remote Sensing Center. Omid Publications, Tehran.
- Guide, E. F. (2010) Technical documentation. *ERDAS Inc*.

- Farn Chen, C. and Y. Tan Li. (2000) Supervised Classification of Multi-Temporal Remote Sensing Images, Int: 20 Th Asian Conferences on Remote Sensing.  
<http://www.sarmayeh.net/ShowNews.php?7063>, Download in 28/6/2009.
- French, A. N., Hunsaker, D. J., Sanchez, C. A., Saber, M., Gonzalez, J. R., & Anderson, R. (2020) Satellite-based NDVI crop coefficients and evapotranspiration with eddy covariance validation for multiple durum wheat fields in the US Southwest. *Agricultural Water Management*, 239, 106266.
- Jamshidi, B. (2020) the Role of Spectroscopy as an Optical Non-destructive Technology in Development of Smart Agriculture. *NDT Technology*, 2(5), 83-92. doi: 10.30494/jndt.2020.217468.1035
- Jensen, J. R. (1996) *Introductory digital image processing: a remote sensing perspective* (No. Ed. 2) Prentice-Hall Inc.
- Jeong, S., Ko, J., & Yeom, J. M. (2022) Predicting rice yield at pixel scale through synthetic use of crop and deep learning models with satellite data in South and North Korea. *Science of the Total Environment*, 802, 149726.
- Hasim, S., & Bhar, K. K. (2020) Seasonal Cropping Pattern Extraction Using NDVI from IRS LISS-III Image of Kangsabati Commanded Area. *Procedia Computer Science*, 167, 900-906.
- Hu, Q., Sulla-Menashe, D., Xu, B., Yin, H., Tang, H., Yang, P., & Wu, W. (2019) A phenology-based spectral and temporal feature selection method for crop mapping from satellite time series. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, (80), 218-229.
- Khodakarami, L. (2022) Determination of Potato Crop Cultivation in Hamedan Province, Using time series Satellite Images IRSP6.
- Khvajhaldyn, S.J. and Pvrnnafy, S. (2007) Determine the level of marginal paddy Zayandehrod River in Isfahan Region with satellite sensor digital data of IRS. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*. Isfahan University of Technology. (1), 513-527.
- Khvajhaldyn, S.J. (1997) The role of remote sensing of natural resources in sustainable agricultural development and use of these data in planning industrial agriculture. *Proceedings of Seminar on Role of Technology in Agricultural Development*, Scientific Research & Publications in cooperation with the Town Publishing Mani, Isfahan.
- Mohan, B. K., Madhavan, B. B., & Gupta, U. D. (2000) Integration of IRS-1A L2 data by fuzzy logic approaches for landuse classification. *International journal of remote sensing*, 21(8), 1709-1723.
- Lillesand, T. M., Kiefer, R. W., & Chipman, J. W. (1994) *Remote sensing and image interpretation*. John Willey & Sons. Inc, United States of America.
- Manfron, G., Delmotte, S., Busetto, L., Hossard, L., Ranghetti, L., Brivio, P. A., & Boschetti, M. (2017) Estimating inter-annual variability in winter wheat sowing dates from satellite time series in Camargue, France. *International journal of applied earth observation and geoinformation*, 57, 190-201.
- Ranjbar, H., & Honarmand, M. (2004) Integration and analysis of airborne geophysical and ETM+ data for exploration of porphyry type deposits in the Central Iranian Volcanic Belt using fuzzy classification. *International Journal of Remote Sensing*, 25 (21), 4729-4741.
- Richards, J. A., & Richards, J. A. (1999) *Remote sensing digital image analysis* (Vol. 3, pp. 10-38) Berlin: springer.
- Salimi, S. and Kazemi, F. (2009) Application of satellite images IRS in order to map the distribution of rice in the city Marvdasht. (2008) National symposium of Geomatic2008. Survey Organisation, Tehran.
- Joshi, P. K., Roy, P. S., Singh, S., Agarwal, S., & Yadav, D. (2002) Biome level characterization (BLC) of western India-a geospatial approach. *Tropical ecology*, 43 (1), 213-228.
- Sarvyy, S. and Nasiri, A. (2002) Using remote sensing technology in the preparation of statistics and maps of land unse rice cultivation in the north (city of Amol and Babol) National symposium of Geomatic2002. Survey Organisation, Tehran.
- Sawasawa, H. (2003) Crop yield estimation: Integrating RS, GIS, and management factors. International Institute for Geo-information Science and Earth Observation, Enschede The Netherlands.
- Tso, B. and P. Mather. (2001) *Classification Methods for Remotely Sensed Data*. Taylor & Francis, UK.
- Turker, M., & Arikan, M. (2004) Field-Based Crop Mapping through Sequential Masking Classification of Multi-temporal LANDSAT-7 ETM+ Images in Karacabey, Turkey. *Int. Arch. Ph. RS*, 35, 192-197.
- Wang, F. (1990) Fuzzy supervised classification of remote sensing images *IEEE Transactions on Geosciences*

and Remote Sensing. (28), 194-201.

Wardlow, B. D., Egbert, S. L., & Kastens, J. H. (2007) Analysis of time-series MODIS 250 m vegetation index data for crop classification in the US Central Great Plains. *Remote sensing of environment*, 108(3), 290-310.

Wright, G. G., & Morrice, J. G. (1997) Landsat TM spectral information to enhance the land cover of Scotland 1988 dataset. *International journal of remote sensing*, 18(18), 3811-3834.

Zadeh, L. A. (1978) Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility. *Fuzzy sets and systems*, 1(1), 3-28.

Zhtabyan, GH.R. and Tabatabai, M. R. (1999) Studying the process of desertification using satellite imagery processing and geographic information system (GIS) *Iranian Journal of Rang and Desert*. (2), 57-67.