

## بررسی و امکان‌سنجی کارایی شاخص‌های گیاهی و حرارتی ماهواره لندست در تحلیل خشکسالی کشاورزی (مطالعه موردی: شهرستان ملایر)

### چکیده

صادرات کشمش ایران، سهم مهمی از درآمدهای ارزی کشور در کشاورزی را در اختیار داشته و باغ‌های ملایر از باارزش‌ترین اراضی تولید انگور بی‌دانه سفید در صنعت کشمش کشور هستند که در سال‌های اخیر بر اثر تغییر اقلیم دچار تنش‌هایی در مدیریت منابع آب شده‌اند. شناخت وضعیت هیدرولوژی و پایش خشکسالی‌ها از ابزارهای مهم این مدیریت در بحران آب خاورمیانه محسوب می‌شود. امروزه شاخص‌های ماهواره‌ای برای پایش خشکسالی‌های کشاورزی؛ به‌ویژه بر روی دامنه‌های فاقد آمار هواشناسی و در محدوده‌های وسیع بسیار کارآمد هستند. از میان شاخص‌های ماهواره‌ای، شاخص‌هایی که به استخراج اطلاعات از وضعیت پوشش گیاهی می‌پردازند، اهمیت بیشتری دارند؛ زیرا پوشش گیاهی ارتباط نزدیکی با شرایط رطوبتی و دمای خاک دارد و بررسی وضعیت آن، روشی سودمند و اکولوژیک در پایش هیدرولوژی ناهنجاری‌های دما و رطوبت است. در این پژوهش با استخراج دو عامل دما و پوشش گیاهی از تصاویر ماهواره لندست در ماه اردیبهشت سال‌های ۲۰۰۷، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۳ (خشک‌ترین سال‌های کشور)، وضعیت خشکسالی باغ‌های انگور ملایر بررسی شد. شاخص‌های خشکسالی پوشش گیاهی، شاخص شرایط پوشش گیاهی، شاخص تأمین آب پوشش گیاهی و شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی از تصاویر ماهواره‌ای استخراج و پایش خشکسالی کشاورزی انجام و مقایسه شد. نتایج نشان داد که از بین چهار شاخص مورد بررسی، شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی و شاخص تأمین آب پوشش گیاهی دارای دقت بیشتری در آشکارسازی شرایط خشکسالی در منطقه هستند.

**واژه‌های کلیدی:** شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی، شاخص تأمین آب پوشش گیاهی، خشکسالی،

لندست<sup>۱</sup>، ملایر

## مقدمه

کشاورزی در ایران همواره تحت تأثیر شرایط نامساعد مقدار و توزیع نامناسب بارش بوده است و تغییر اقلیم با ایجاد ناهنجاری‌های دما و بارش شرایط کشت در کشور را با مشکلاتی روبه‌رو کرده است. در سال‌های اخیر به علت نبود شرایط رطوبتی مناسب در خاک و کاهش بارندگی در فصل بهار، مقدار تولید و کیفیت میوه‌ها دچار تهدیدات جدی شده است. تحلیل بیلان انرژی و بیلان رطوبتی اکوسیستم‌ها؛ به‌ویژه توجه به پدیده خشکسالی ضرورتی است که در مدیریت و اقتصاد کشاورزی جلوه می‌یابد. خشکسالی حالتی نرمال و مستمر از اقلیم است که تقریباً در تمامی مناطق اقلیمی از مرطوب تا خشک رخ می‌دهد؛ اما مشخصات آن از یک منطقه یا اکوسیستم به منطقه یا اکوسیستم دیگر کاملاً تفاوت دارد. خشکسالی یک اختلال یا ناهنجاری هیدرولوژیک موقتی است و با خشکی تفاوت دارد. خشکی محدود به مناطقی با بارندگی اندک و حالتی دائمی از اقلیم یک ناحیه است. خشکسالی در یک منطقه، بخش‌های مختلف اقلیم، منابع آب و کشاورزی را تحت تأثیر قرار می‌دهد که باعث تمایز انواع خشکسالی‌های هواشناسی، کشاورزی، آب‌شناختی و اجتماعی-اقتصادی می‌شود که از این میان، توجه به خشکسالی کشاورزی به علت ارتباط تنگاتنگ آن با تولید محصولات کشاورزی اهمیت بیشتری می‌یابد. خشکسالی کشاورزی عبارت است از یک دوره ممتد کمبود بارش که باعث تنش خشکی و تغییرات فیزیولوژیک گیاهان و صدمه زدن به محصولات زراعی و باغی و نیز کاهش عملکرد محصول می‌شود. غالباً در بسیاری از نقاط جهان، برخی شرایط اقلیمی مانند دمای بالا، باد شدید و رطوبت نسبی پایین با این پدیده همراه شده و می‌توانند بر شدت آن بیفزایند. بنابراین، پایش خشکسالی کشاورزی می‌تواند اثرهای خشکسالی را در پدیده‌های هواشناسی یا هیدرولوژی کشاورزی، مانند: کمبود بارش، اختلاف بین تبخیر-تعرق واقعی و پتانسیل، کمبود رطوبت خاک، افت سطح آب زیرزمینی آشکار سازد. بخش کشاورزی با اختصاص بیش از ۹۰ درصد از آب مصرفی کشور در هنگام خشکسالی بیشترین آسیب را خواهد دید (چایچی، ۱۳۸۷). کسب اطلاعات درباره وضعیت پوشش گیاهی، از قبیل: میزان و پراکنش آنها از اهمیت زیادی در مطالعات اکولوژیک و هیدرولوژیک اکوسیستم‌ها برخوردار است و استفاده از داده‌های ماهواره‌ای، امکان مطالعه گسترده پوشش گیاهی را فراهم می‌سازد. به منظور کاهش اثر بازتابش سایر پدیده‌های سطح زمین و افزایش دقت در اطلاعات مربوط به پوشش گیاهی از شاخص‌های گیاهی استفاده می‌شود. در واقع، شاخص‌های گیاهی برای متمایز ساختن پوشش گیاهی از پدیده‌های دیگر که توسط تک باندها ممکن نیست، به کار می‌رود (علوی پناه، ۱۳۸۲). این شاخص‌ها با تراکم برگ همبستگی خوبی را نشان می‌دهند و به سه فاکتور ارتفاع و زاویه تابش خورشید، خاک و تأثیرات جوی حساس هستند (سپهری و متقی، ۲۰۰۲). استفاده از شاخص‌های گیاهی چنین امکانی را فراهم می‌سازد که بتوان معادلات و تجزیه و تحلیل‌های ریاضی را بر داده‌ها اعمال کرد. سنجنده ماهواره‌های مختلف از پوشش گیاهی اطلاعات متفاوتی دریافت می‌کنند که با تجزیه و تحلیل این اطلاعات می‌توان پوشش‌های گیاهی مختلف را تا حدودی مشخص نمود (کاجدین<sup>۲</sup>، ۱۹۹۵).

پایش وضعیت پوشش گیاهی به دلیل ارتباط نزدیک آن با شرایط رطوبتی خاک، ابزار مناسبی در بررسی خشکسالی‌های کشاورزی ایجاد می‌کند. بررسی وضعیت پوشش گیاهی به طور مداوم به جمع‌آوری اطلاعات از

سطوح زیرکشت نیاز دارد و این امر مستلزم هزینه و زمان زیادی است. بنابراین، امروزه توجه بیشتر به روش‌هایی است که امکان دسترسی به اطلاعات از یک سطح وسیع را به سهولت و با صرف هزینه کمتر فراهم می‌آورند. تصاویر ماهواره‌ای چنین قابلیت‌هایی را داشته و به دلیل یکپارچه و وسیع بودن، تهیه پوشش‌های تکراری، سرعت انتقال و سهل‌الوصول بودن تهیه داده‌ها و دسترسی سریع به نقاط دورافتاده در مقایسه با سایر روش‌های گردآوری اطلاعات از توانایی‌ها و کارکردهای ویژه‌ای برخوردارند. تاکنون شاخص‌های ماهواره‌ای متعددی برای پایش خشکسالی کشاورزی تعریف شده است که در سطوح گسترده باغ‌ها، اراضی کشاورزی و پوشش گیاهی بسیار کارآمد هستند.

سراجیان و توکلی برای کل کشور با استفاده از داده‌های نوا<sup>۱</sup>، شاخص شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی را محاسبه کردند. آنها نتیجه گرفتند که خشکسالی در سیستان بیشترین شدت را داشته است (سراجیان و توکلی، ۲۰۰۰). در مطالعه‌ای در استان‌های شمال غرب کشور به بررسی خشکسالی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای نوا و شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی در طول سال‌های ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۰ پرداخته و نتایج حاصل از ارزیابی زمینی خسارت‌های خشکسالی را تأیید کرد (چنار، ۲۰۰۱). در پژوهش دیگری به بررسی خشکسالی با استفاده از تصاویر اوهر<sup>۲</sup> در منطقه زابل پرداختند؛ که نتایج حاصل کاهش سطح آب هامون، دبی رودخانه هیرمند و نیز کاهش شاخص‌های گیاهی را در طی شرایط خشکسالی نشان داد (صفری، ۲۰۰۳). یافته‌های پژوهش‌های دیگری نشان داد که شاخص‌های مبتنی بر تصویر نسبت به روش‌های مبتنی بر آمار دارای دقت بیشتری هستند (باعقیده، ۲۰۰۷ و کبیری، ۲۰۰۲). سیدان با استفاده از داده‌های اوهر، دما و رطوبت سطح خاک را در ایران ارزیابی کرد و با اعمال آزمون‌های همبستگی و تحلیل رگرسیونی مدل‌هایی برای محاسبه رطوبت سطحی خاک ارائه نمود (سیدان، ۱۳۸۲). در پژوهش دیگری با استفاده از داده‌های اوهر و با محاسبه و اعمال میزان توان تشعشعی سطوح مختلف، دمای سطح زمین در بیابان‌های ایران مطالعه شد (فروغ بیک و سارادجیان<sup>۳</sup>، ۲۰۰۳). تنگ سی و همکاران در ویتنام، تغییرات پوشش زمین را با استفاده از روش آنالیز بردار تغییر سی وی ای<sup>۴</sup> بررسی شدند. در این مطالعه از تصاویر لندست استفاده کردند. شاخص‌های مورد استفاده در این مطالعه عبارت بودند از: شاخص نرمال شده پوشش گیاهی که ارتباط بین مقادیر کلروفیل در برگ‌ها را با طول‌موج قرمز نزدیک و مادون‌قرمز نشان می‌دهند؛ و شاخص خاک لخت<sup>۵</sup> که برای تشخیص زمین‌های کشاورزی و غیر کشاورزی محاسبه شد. نتایج این مطالعه نشان داد که روش سی. وی. ای با استفاده از شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی و خاک لخت برای تصاویر لندست در مطالعه زمین‌های کشاورزی مناسب است (تنگ سی<sup>۶</sup> و همکاران، ۲۰۰۹). برخی محققان آمریکایی از روش آنالیز بردار تغییر برای نظارت در بازسازی پوشش گیاهی و جنگل‌زدایی در واشنگتن استفاده کردند. در این مطالعه از شاخص‌های روشنایی و سرسبزی استفاده شد که نتایج حاصله نشان‌دهنده بازسازی پوشش گیاهی در سال‌های ۱۹۸۶ تا ۱۹۹۶ بوده است. در این مطالعه از تصاویر ماهواره‌ای لندست استفاده شد (کوزرا و روگان<sup>۷</sup>، ۲۰۰۵). در

1- NOAA

2- AVHRR

3- Foroogh Beik and Saradjian

4- CVA

5- Bare Index

6-Tong ci

7- Kuzera and Rogan

پژوهشی در حوزه تالاب‌ها از روش آنالیز بردار تغییر به منظور تشخیص تغییر اکوسیستم تالاب در دره گاتالین در جنوب غربی مونتانا در دوره ۱۹۸۸ تا ۲۰۰۱ استفاده کردند. در این مطالعه از تصاویر ماهواره‌ای لندست استفاده شد (بیکر و لورنس<sup>۱</sup>، ۲۰۰۷).

به طور کلی، مطالعات انجام شده در ایران در زمینه خشکسالی عمدتاً به بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از شاخص شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی و از طریق داده‌های عمدتاً نوا (که دارای دقت مکانی پایین هستند) انجام شده است و کمتر از دیگر شاخص‌های پوشش گیاهی و دیگر داده‌های آستر<sup>۲</sup>، ای. تی. ام<sup>۳</sup>، آی. آر. اس<sup>۴</sup> و ... که دارای دقت مکانی بالاتری هستند، استفاده می‌شود.

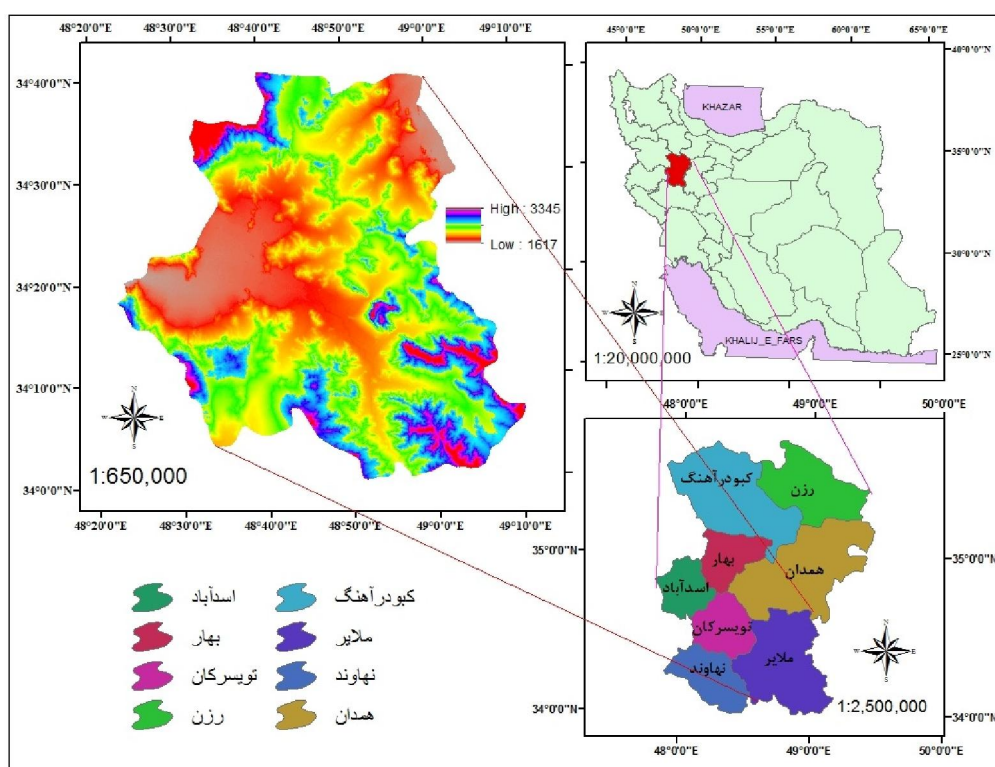
نظر به اهمیت صنعت کشمش در صادرات غیرنفتی کشور و چالش‌های مدیریت منابع آب در سال‌های اخیر در تولید بالا و با کیفیت محصول انگور در تاکستان‌های ملایر، هدف از این مطالعه بررسی و مقایسه توان برخی شاخص‌های ماهواره‌ای، شامل: "شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی"، "شاخص تأمین آب پوشش گیاهی"، "شاخص خشکسالی پوشش گیاهی" و "شاخص شرایط پوشش گیاهی" در ارزیابی خشکسالی‌های کشاورزی با استفاده از تصاویر لندست<sup>۵</sup>، در خشک‌ترین سال‌های شهرستان ملایر است.

## داده‌ها و روش پژوهش

محدوده مورد مطالعه در این پژوهش شهرستان ملایر است؛ که یکی از شهرستان‌های تابعه استان همدان محسوب شده و در موقعیت جغرافیایی ۳۴ درجه و ۲۶ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۵۰ دقیقه طول شرقی قرار گرفته است. شهرستان ملایر با وسعتی معادل ۳۳۲۶ کیلومتر مربع محدوده‌ای بیش از ۱۶/۹ درصد از کل وسعت استان را به خود اختصاص داده است (شکل ۱).

---

1- Baker and Lawrence  
2- ASTER  
3- ETM  
4- IRS  
5- LANDSAT



شکل (۱) محدوده مورد مطالعه

داده‌های مورد استفاده شامل تصاویر ماهواره لندست است که مشخصات آنها در جدول زیر آورده شده است.

جدول (۱) تصاویر مورد استفاده در پژوهش

تاریخ تصویر (شمسی)	تاریخ تصویر (میلادی)	سنجنده
۱۳۸۶/۲/۲۴	۲۰۰۷/۵/۱۴	TM
۱۳۸۸/۲/۲۴	۲۰۰۹/۵/۱۴	TM
۱۳۹۲/۲/۲۴	۲۰۱۳/۵/۱۴	OLI

تصاویر بالا دارای شماره گذر ۱۶۶ و ردیف ۳۳ است.

با استفاده از نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱/۵۰۰۰۰، نقشه کاربری اراضی شهرستان ملایر تهیه شده است. نرم‌افزارهای انوی ۱۵، آرک جی. آی. اس ۱۰، ۱ و گوگل ارث<sup>۳</sup> برای تصحیحات اولیه و طبقه‌بندی نهایی به کار گرفته شدند. در مراحل پیش، پردازش اقدامات مورد نیاز بر روی تصاویر مانند زمین مرجع کردن تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از نقشه‌های ۱/۲۵۰۰۰ و تصحیحات اتمسفری بر پایه روش کسر ارزش عددی پیکسل‌های تیره انجام شد. شرح هر مرحله به ترتیب زیر است:

- 1- ENVI 5
- 2- Arc GIS 10.1
- 3- Google Earth

الف- تصحیح هندسی<sup>۱</sup>

در گام اول در نرم‌افزار آرک جی. آی. اس ۱۰،۱ نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ مربوطه به محدوده مورد مطالعه (۷ شیت)، هر شیت با شش نقطه به صورت پراکنده در سطح نقشه و با استفاده از معادله درجه اول معروف به آفاین<sup>۲</sup> که یک تابع خطی است، زمین مرجع شدند و مقدار "مجذور میانگین مربعات خطا"<sup>۳</sup> آن‌ها، ۰/۰۰۶ به دست آمد. استفاده از معادله آفاین در تصحیح مکانی به دلیل برآورد چهار مؤلفه اصلی موقعیت و مقیاس نقاط، کشیدگی و چرخش آنها از کارایی مطلوبی برخوردار است (متر، ۲۰۰۵؛ به نقل از آهنی و همکاران). در گام بعدی برای انجام تصحیح هندسی که رایج‌ترین روش غیرپارامتری انجام آن، استفاده از نقاط کنترل زمینی<sup>۴</sup> است (جاهدی و فرخی، ۱۳۷۵)، بر روی تصاویر نقاط کنترل با پراکنش مناسب از سطح منطقه مورد مطالعه جمع‌آوری و در محیط نرم‌افزار انوی ۵ بر سطح تصویر پیاده شد. در ادامه، برای نمونه‌گیری ارزش مجدد پیکسل‌ها از روش نزدیک‌ترین همسایه استفاده شد.

ب- تصحیح رادیومتریک<sup>۵</sup>

تصحیحات رادیومتریک شامل آن دسته از تصحیحات هستند که تنها روی گام‌های خاکستری اعمال شده و فقط با تغییر مقادیر آن‌ها به صورت مجزا (پیکسل به پیکسل) می‌توان سعی در جبران بعضی از آن خطاها نمود. از جمله این خطاها، خطاهای اتمسفری، راه‌راه شدگی، خطوط جاافتاده و خطاهای دستگاهی هستند (فاطمی و رضایی، ۱۳۸۹). بعضی از این خطاها مانند خطوط جاافتاده باید حتماً تصحیح شوند؛ ولی بعضی از خطاهای متداول که در نتیجه طبقه‌بندی تأثیر زیادی نخواهند گذاشت (مثلاً در بعضی موارد خطای اتمسفری) و یا میزان آن‌ها بسیار ناچیز است، می‌توان صرف نظر نمود. در رابطه با تصحیحات اتمسفری، اگر تصویر یک‌زمانه در طبقه‌بندی استفاده شود، ممکن است به انجام آن نیازی نباشد (سنگ<sup>۶</sup> و همکاران، ۲۰۰۱). از آنجا که در این پژوهش از تصاویر یک‌زمانه استفاده شده و تصاویر مورد نظر، از نظر آب‌وهوایی تقریباً یکنواخت و با آسمانی صاف و بدون ابر هستند، لذا به انجام تصحیحات اتمسفری نیاز نبوده و از انجام آن صرف نظر شد.

در سال‌های اخیر به منظور بررسی تغییرات پوشش گیاهی و در نتیجه پیش‌بینی خشکسالی از روش‌های مختلفی استفاده می‌کنند و به طور عمده در این روش‌ها از "شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی" و یا "شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی به همراه درجه حرارت" استفاده می‌شود. مبنای این گونه روش‌ها، تشخیص تغییرات تصویر بر اساس روش جبر تصویری است (گرانیر<sup>۷</sup> و همکاران، ۱۹۹۸). با توجه به اینکه هدف محاسبه شاخص‌های پوشش گیاهی و خشکسالی است و در محاسبات مربوط به شاخص‌ها به بازتاب نیاز است، تصاویر به تابندگی تبدیل شدند. شاخص‌هایی که در این پژوهش استفاده شده، عبارتند از:

- 1- Geometric Correction
- 2- Affine
- 3- Root Mean Square Error
- 4- Ground Control Points (GCP)
- 5- Radiometric Correction
- 6- Song
- 7- Granier

۱- شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی (۱)

شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی که از رابطه زیر محاسبه می‌شود، متداول‌ترین ابزار ماهواره‌ای بررسی وضعیت پوشش گیاهی است. این شاخص با استفاده از دو باند مربوط به ناحیه قرمز و مادون قرمز در ماهواره‌های لندست ۷ و ۸ محاسبه می‌شود که از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$NDVI = (p2-p1)/(p2 + p1) \quad (1)$$

در این رابطه، P1 و P2 باندهای قرمز و مادون قرمز نزدیک هستند و NDVI، شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی است (طاهرزاده، ۱۳۸۵).

۲- شاخص تأمین آب پوشش گیاهی (۲)

در این روش فرض اساسی این است که رشد گیاه به آب قابل دسترس گیاه بستگی دارد؛ و همچنین، تبخیر نیز بر این آب تأثیر مستقیم دارد. در دماهای بالا این روش نتایج مناسبی را ارائه می‌کند. در زمان‌های خشکسالی پوشش گیاهی یا تاج پوشش کم شده و در نتیجه دمای سطح زمین بالا رفته و طبق فرمول زیر شاخص تأمین آب پوشش گیاهی کاهش می‌یابد.

$$WSVI = \frac{NDVI}{Tb}$$

در این رابطه Tb دمای درخشندگی<sup>۳</sup> استخراج شده از باند حرارتی است.

$$WSVI = \frac{NDVI}{Tb}$$

به طور کلی، می‌توان گفت این شاخص منعکس‌کننده خشکسالی در منطقه است (طاهرزاده، ۱۳۸۵).

۳- شاخص خشکسالی پوشش گیاهی (۴)

این شاخص بر اساس تغییرات درازمدت شاخص تأمین آب پوشش گیاهی به دست می‌آید. معمولاً از این روش برای پیش‌بینی خشکسالی استفاده می‌شود. همانند شاخص تأمین آب پوشش گیاهی، این شاخص نیز بر کم بودن آب گیاهان تأکید می‌کند و از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$VDI = \frac{100(WSVI - WSVI_{min})}{WSVI_{max} - WSVI_{min}} \quad (2)$$

شاخص تأمین آب پوشش گیاهی، مقدار شاخص تأمین آب پوشش گیاهی در هر پیکسل تصویر ماهواره‌ای است. WSVI min، حداقل مقدار شاخص تأمین آب پوشش گیاهی در تصویر و WSVI max، حداکثر مقدار شاخص تأمین آب پوشش گیاهی در تصویر مورد بررسی است (طاهرزاده، ۱۳۸۵).

۴- شاخص شرایط پوشش گیاهی (۵)

این شاخص نشان‌دهنده شرایط غالب پوشش گیاهی است؛ به گونه‌ای که اگر شاخص شرایط پوشش گیاهی به صفر نزدیک شود، با خشکسالی شدید روبه‌رو خواهیم بود. شاخص شرایط پوشش گیاهی به طریق زیر محاسبه می‌شود:

- 1- Normalized Difference Vegetation Index
- 2- Water Supplying Vegetation Index
- 3- Braithness Temperture
- 4- Vegetation Drought Index
- 5- Vegetation Condition Index

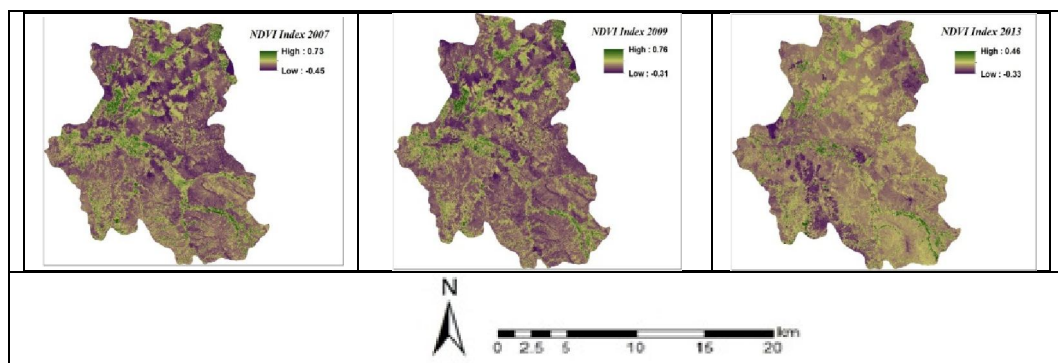
$$VCI = \frac{100(NDVI - NDVI_{min})}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \quad (۳)$$

در رابطه (۳)، NDVI، مقدار شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی در هر پیکسل تصویر ماهواره‌ای است. NDVI min، حداقل مقدار شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی در تصویر و NDVI max، حداکثر مقدار شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی در تصویر مورد بررسی است (ظاهرزاده، ۱۳۸۵). در این مطالعه توان شاخص‌های ماهواره‌ای "شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی"، "شاخص تأمین آب پوشش گیاهی"، "شاخص خشکسالی پوشش گیاهی" و "شاخص شرایط پوشش گیاهی" در ارزیابی خشکسالی‌های کشاورزی شهرستان ملایر با استفاده از تصاویر لندست (سال‌های ۲۰۰۷، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۳ که خشک‌ترین سال‌های منطقه هستند)، بررسی و مقایسه شد.

### یافته‌های پژوهش

هدف ما در ارزیابی پیکسل‌های تصاویر لندست و محاسبه کسر پوشش گیاهی در شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی، جداسازی مناطق دارای پوشش گیاهی از مناطق غیرپوشش گیاهی برای هر یک از نقاط نمونه‌برداری است. ساده‌ترین کار برای این راه استفاده از حد آستانه است؛ بدین صورت که مناطقی که شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی آنها بالاتر از ۰/۲ است، به عنوان مناطق دارای پوشش گیاهی فرض شد. مقادیر آستانه با توجه به شرایط منطقه، اطلاعات جانبی و علم و تجربه تعیین و اعمال می‌شود. معمولاً بهترین مقادیر در یک فرایند سعی و خطا به دست می‌آید (کبیری، ۱۳۸۰). حد آستانه برای هر کدام از تصاویر در نظر گرفته شده و مساحت هر یک از آستانه‌ها در جدول (۲) نمایش داده شده است. شکل (۲) تصاویر شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی سال‌های ۲۰۰۷، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۳ را نشان می‌دهد.

در این جدول بر اساس آستانه‌ای به کار گرفته شد. تصاویر به دو طبقه پوشش گیاهی و غیرپوشش گیاهی تقسیم می‌شوند و مساحت هر کدام اندازه‌گیری شده است.



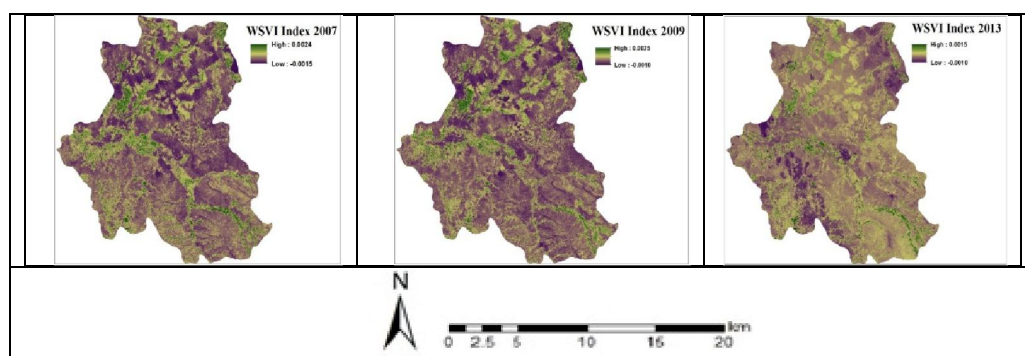
شکل (۲) شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی سال‌های ۲۰۰۷، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۳ در ملایر



جدول ۲) مساحت طبقه پوشش گیاهی و طبقه غیرپوشش گیاهی تصاویر شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی سال‌های ۲۰۰۷، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۳ در ملایر

تاریخ تصاویر	مساحت طبقه پوشش گیاهی	مساحت طبقه غیر پوشش گیاهی
۲۰۰۷/۵/۱۴	۹۱۰/۴۶	۲۳۹۵/۷۹
۲۰۰۹/۵/۱۴	۷۶۳/۶۵	۲۵۴۲/۶۵
۲۰۱۳/۵/۱۴	۸۲۲/۲۴	۲۴۸۴/۰۲

به طور کلی، می‌توان گفت شاخص تأمین آب پوشش گیاهی، منعکس‌کننده خشکسالی در منطقه است. با توجه به اینکه در شاخص تأمین آب پوشش گیاهی، هرچه پوشش گیاهی کمتر باشد، مقدار دمای سطح زمین بالا رفته و در نتیجه، مقدار شاخص تأمین آب پوشش گیاهی کاهش می‌یابد و نیز با توجه به آستانه مشخص شده در هر تصویر، نتایج نشان می‌دهد که در سال‌های ۲۰۰۷ و ۲۰۰۹ تقریباً دارای پوشش و دمای یکسان هستند که در سال ۲۰۱۳ با توجه به اینکه بالاترین ارزش آن کمتر از بالاترین ارزش دو تصویر ۲۰۰۷ و ۲۰۰۹ است؛ پس می‌توان نتیجه گرفت که سال ۲۰۱۳ نسبت به دو سال ۲۰۰۷ و ۲۰۰۹ دارای دمای بیشتر و پوشش گیاهی کمتر است که در نتیجه مقدار شاخص تأمین آب پوشش گیاهی دارای بیشینه ارزش کمتری است (شکل ۳).



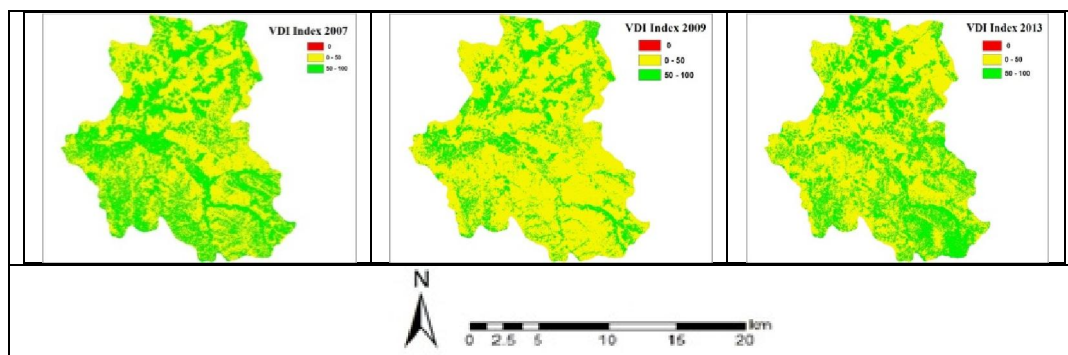
شکل ۳) شاخص تأمین آب پوشش گیاهی سال‌های ۲۰۰۷، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۳ در ملایر

در دو شاخص خشکسالی پوشش گیاهی و شاخص شرایط پوشش گیاهی، هرچه ارزش پیکسل‌ها به صفر نزدیک شود، انعکاس‌دهنده خشکسالی است و هرچه این ارزش به ۱۰۰ نزدیک شود، نشانه شرایط نرمال بودن است؛ و با توجه به جدول (۳) آستانه خشکسالی و نرمال بودن تعیین می‌شود.

جدول ۳) شرایط بهینه، نرمال و خشکی در دو شاخص خشکسالی پوشش گیاهی و شاخص شرایط پوشش گیاهی ملایر

شاخص	شرایط خشکی	شرایط نرمال	شرایط بهینه
شاخص شرایط پوشش گیاهی	۰	۵۰	۱۰۰
شاخص خشکسالی پوشش گیاهی	۰	۵۰	۱۰۰

شاخص خشکسالی پوشش گیاهی بر اساس تغییرات درازمدت شاخص تأمین آب پوشش گیاهی به دست می آید. معمولاً از این روش برای پیش بینی خشکسالی استفاده می شود. همانند شاخص تأمین آب پوشش گیاهی، این شاخص نیز بر کم بودن آب گیاهان تاکید می کند.



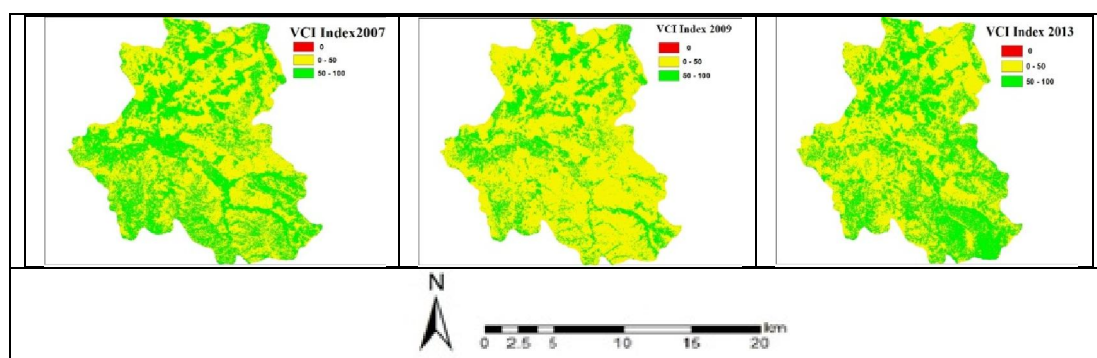
شکل (۴) شاخص خشکسالی پوشش گیاهی سال های ۲۰۰۷، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۳ در ملایر

مقدار کمینه و بیشینه شاخص خشکسالی پوشش گیاهی در تصاویر سال های مختلف نشان می دهد که حالت بالاتر از ۵۰ که در واقع دارای شرایط نزدیک به بهینه است، در سال ۲۰۰۷ بهتر دیده می شود و در سال ۲۰۰۹ به مراتب این شاخص تضعیف شده است و در سال ۲۰۱۳ با اینکه نسبت به سال ۲۰۰۹ دارای شرایط بهتری است؛ اما در کل نسبت به سال ۲۰۰۷ دارای ارزش کمتری است. در این پژوهش به وضوح مشاهده می شود که کلاس صفر که نشان دهنده وضعیت خشکسالی در تصاویر است، در هیچ کدام از تصاویر دیده نمی شود. جدول (۴) مساحت هر یک از کلاس های مربوط به شاخص خشکسالی پوشش گیاهی در سال های آماری مورد نظر را نشان می دهد.

جدول (۴) مساحت تصاویر شرایط بهینه، نرمال و خشکی در شاخص خشکسالی پوشش گیاهی ملایر

تاریخ تصاویر	شرایط بهینه (Km <sup>2</sup> )	شرایط نرمال (Km <sup>2</sup> )	شرایط خشکی (Km <sup>2</sup> )
۲۰۰۷/۵/۱۴	۱۳۶۴/۲۳	۱۹۴۱/۹۷	.
۲۰۰۹/۵/۱۴	۷۳۱/۱۰	۲۵۷۵/۱۹	.
۲۰۱۳/۵/۱۴	۱۱۹۵/۲۷	۲۱۱۱	.

همان گونه که در این جدول مشاهده می شود، مساحت مناطقی که دارای شرایط بهینه هستند، در تصویر تاریخ ۲۰۰۷ بیشتر از دو سال دیگر است و تقریباً با اینکه در سال ۲۰۱۳ شرایط بهتر از سال ۲۰۰۹ است، روند نزولی وجود دارد. شاخص شرایط پوشش گیاهی نشان دهنده شرایط غالب پوشش گیاهی است؛ به گونه ای که اگر شاخص شرایط پوشش گیاهی به صفر نزدیک شود، با خشکسالی شدید روبه رو خواهیم بود. شاخص شرایط پوشش گیاهی مربوط به سه سال مورد بررسی در شکل (۵) آمده است.



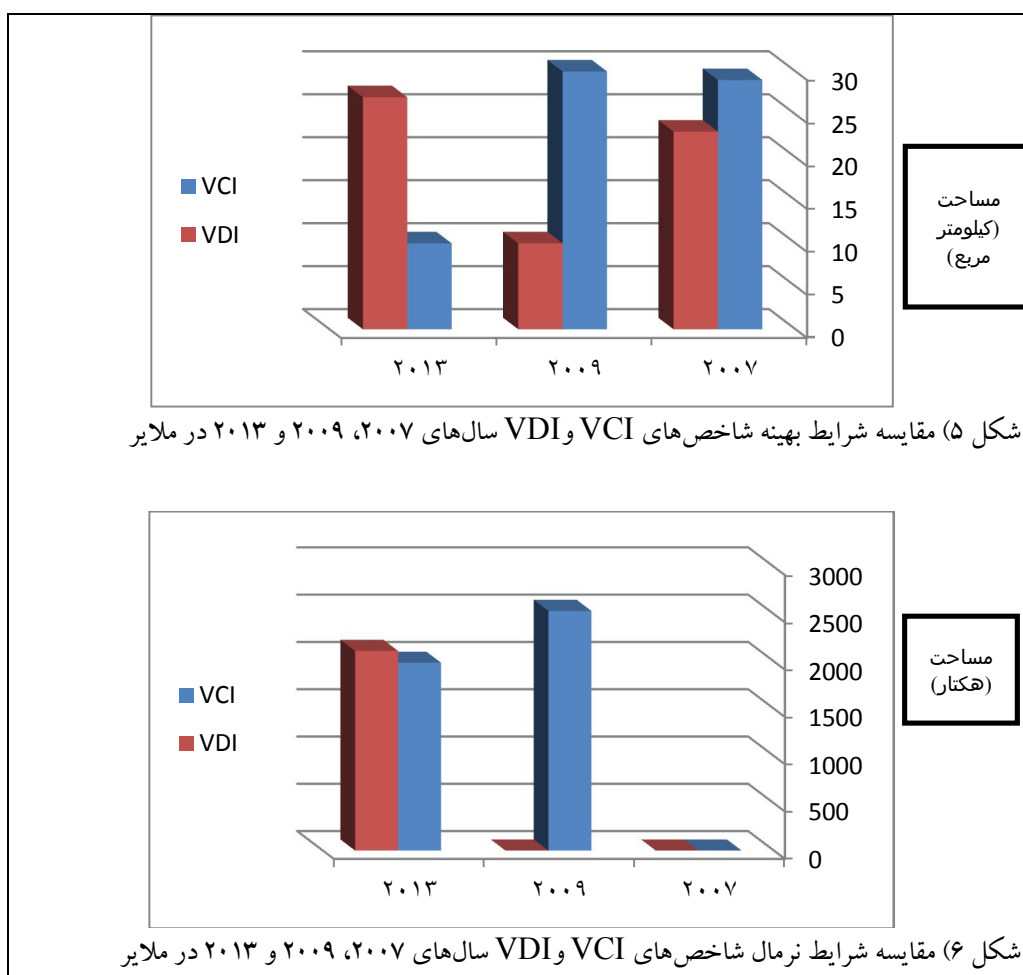
شکل (۵) شاخص شرایط پوشش گیاهی سال‌های ۲۰۰۷، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۳ در ملایر

در این شاخص نیز همانند شاخص خشکسالی پوشش گیاهی، پیکسل‌هایی که دارای ارزش نزدیک به ۱۰۰ هستند، دارای شرایط بهینه و آن دسته از پیکسل‌هایی که ارزش نزدیک به صفر دارند، نشانه کم بودن پوشش گیاهی و نشانه خشکسالی شدید است. در سه تصویر شاخص، شرایط پوشش گیاهی با توجه به اینکه مقدار صفر وجود ندارد؛ یعنی اینکه خشکی شدید در این چند سال آماری با توجه به این شاخص وجود ندارد؛ جدول شماره (۵) مساحت کلاس‌های شاخص شرایط پوشش گیاهی را برای سال‌های ۲۰۰۷، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۳ و بر اساس شرایط بهینه، شرایط نرمال و خشکی نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که مقدار شرایط بهینه به عنوان شاخص اصلی از سال ۲۰۰۷ تا ۲۰۰۹ دارای روند نزولی است؛ ولی این شاخص در تصویر سال ۲۰۱۳ کمی از سال ۲۰۰۹ بیشتر است؛ بنابراین، این روند از ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۳ به خوبی روند خشکسالی را نمایش نمی‌دهد.

جدول (۵) مساحت تصاویر شرایط بهینه، نرمال و خشکی در شاخص شرایط پوشش گیاهی ملایر

تاریخ تصاویر	شرایط بهینه (Km <sup>2</sup> )	شرایط نرمال (Km <sup>2</sup> )	شرایط خشکی (Km <sup>2</sup> )
۲۰۰۷/۵/۱۴	۱۳۵۷/۲۹	۱۹۴۸/۹۱	۰
۲۰۰۹/۵/۱۴	۷۷۲/۳۰	۲۵۳۴	۰
۲۰۱۳/۵/۱۴	۱۳۲۱/۱۰	۱۹۸۶	۰

اشکال (۵) و (۶) شرایط بهینه و نرمال شاخص‌های شرایط پوشش گیاهی و شاخص خشکسالی پوشش گیاهی سال‌های ۲۰۰۷، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۳ در ملایر را مقایسه می‌کند.



## نتیجه گیری

در این مطالعه، توان چهار شاخص ماهواره‌ای در تشخیص خشکسالی‌های شهرستان ملایر که از مهم‌ترین مراکز تولید انگور سفید بی‌دانه و تولید کشمش صادراتی است، بررسی و مقایسه شد. فرض اولیه مبتنی بر تحلیل آمار بارش درازمدت ایستگاه همدید ملایر و گزارش خشکسالی‌های مهم منطقه بر این است که خشکسالی در این شهرستان در شدیدترین حالت در سال‌های ۲۰۰۷، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۳ رخ داده و طی سال‌ها بر میزان آن افزوده می‌شود. برای ارزیابی این شاخص‌ها و مقایسه آنها با همدیگر از روش آستانه‌گذاری و اندازه‌گیری مساحت محدوده‌های مورد مقایسه، استفاده شد. در این ارزیابی مشخص شد که از بین این شاخص‌های ماهواره‌ای، شاخص خشکسالی پوشش گیاهی و شاخص شرایط پوشش گیاهی از اهمیت و دقت کمتری برخوردارند. به دلیل اینکه مقدار ارزش بهینه در این دو شاخص که از لحاظ خشکسالی دارای بیشترین ارزش و شرایط بهینه هستند، به صورت نمودار سینوسی عمل کرده و از سال ۲۰۰۷ تا سال ۲۰۰۹ دارای کاهش ارزش بهینه و از سال ۲۰۰۹ تا سال ۲۰۱۳ دارای روندی صعودی است (مقدار ارزش بهینه در پیکسل‌های شاخص افزایش می‌یابد). با استفاده از این نتایج مشخص شد که بهترین پاسخ به تغییرات ناشی از خشکسالی در سال‌های مورد بررسی با شاخص‌های شاخص تأمین آب پوشش گیاهی و شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی به دست می‌آید؛ بنابراین، به نظر می‌رسد این دو شاخص دارای قابلیت بیشتری نسبت به سایر شاخص‌های ماهواره‌ای

مبتنی بر پوشش گیاهی و دمای سطح زمین برای تشخیص خشکسالی‌ها هستند؛ این دو شاخص دقیقاً با توجه به ارزش‌های بیشینه و کمینه مربوط به پیکسل‌هایشان منعکس‌کننده وضعیت خشکسالی از سال ۲۰۰۷ به سمت سال ۲۰۱۳ هستند؛ بنابراین، شاخص‌های تأمین آب پوشش گیاهی و شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی به دلیل انطباق بیشتر با خشکسالی‌های کشاورزی و با توجه به نگرش اکوسیستمی و اعتبار مقیاس‌های محلی، مزو و میکرواقلیم در تحلیل رطوبت و خشکسالی تصاویر ماهواره‌ای در مقایسه با تحلیل آمار بارش ایستگاه‌های همدید که دارای مقیاس ماکرواقلیم و همدید هستند، برای پایش خشکسالی‌های کشاورزی، در این مناطق پیشنهاد می‌شوند.

## منابع

- ۱- آهنی، حسین؛ قربانی، اردوان؛ رستگار مقدم، مرضیه؛ فلاح شمسی، رشید و باقرنژاد، مجید. (۲۰۰۵). *ارزیابی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای: مطالعه موردی حوضه آبخیز تنگ سرخ شیراز*.
- ۲- فاطمی، باقر و رضایی، یوسف. (۱۳۸۹). *مبانی سنجش از دور*، چاپ دوم، صص ۱۷۵-۲۳۰.
- ۳- جاهدی، فرشید و فرخی، شاهرخ. (۱۳۷۵). *مبانی سنجش از دور (ترجمه)*، مرکز سنجش از دور ایران، ۳۲۹ص.
- ۴- طاهرزاده، علی و ضیایان، پرویز. (۱۳۸۵). *تحلیل خشکسالی با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و GIS مطالعه موردی شهرستان میناب*، پایان‌نامه دانشگاه تربیت مدرس.
- ۵- چایچی، مریم و شهابی‌فر، مهدی. ۱۳۸۷. *پایش خشکسالی کشاورزی با استفاده از شاخص‌های ماهواره‌ای در استان تهران*، کنفرانس بین‌المللی بحران آب، دانشگاه زابل.
- ۶- کبیری، کیوان. (۱۳۸۰). *بررسی اثرات خشکسالی بر پوشش گیاهی ایران در دهه ۹۰ میلادی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای NOAA*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشکده عمران دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی ۱۳۸۰.
- ۷- سیدان، جعفر. (۱۳۸۲). *بررسی امکان برآورد دما و رطوبت لایه سطحی خاک با کمک داده‌های NOAA/AVHRR*، پایان‌نامه دانشگاه شهید بهشتی، صص ۲۴-۱۳۶، تهران.
- ۸- علوی پناه، سید کاظم. ۱۳۸۲. *کاربرد سنجش از دور در علوم زمین*، انتشارت دانشگاه تهران.
- 9- Baker, Corey., Lawrence, Rick. L., Montagne, Clifford., Patten, Duncan. (2007). Change detection of wetland ecosystems using landsat imagery and change vector analysis. *Wetlands*, 27(3), pp:610-619.
- 10- Baaqide, Mohamad. (2007). *Drought monitoring using multi temporal NOAA, NDVI and GIS in Isfahan province*. PHD Thesis. Tarbiat
- 11- Chenar, Ali. (2001). *Drought assesment using NOAA images in eastern Azarbayjan, western Azarbayjan and Ardabil provinces*. M.Sc Thesis. Tarbiat Modares University (Tehran, Iran).
- 12- Granier Ali., 1998, "A lumped water balance model to evaluate duration and intensity of drought constraints in forest stands", *int. j. Ecological Modelling*, vol. 16, no. 15, pp: 269-283
- 13- KHAJEDDIN, S. Jamshid. 1995. *A survey of the plant communities of the Jazmorian, IRAN, using Landsat MSS data*. Ph.D. thesis University of Reading University.
- 14- Kuzera, Kristofer. Rogan, John. 2005. *Monitoring vegetation regeneration and deforestation using change vector analysis: Mt. St. Helens study area*. Proc. ASPRS annual conference, Baltimore, Maryland, USA.
- 15- Forough Beik. and Saradjian, MohamadReza. (2003). *Emissivity Determination for Land Surface Temperature estimation of Iran using AVHRR Thermal Infrared Data, Map Asia 2003*, 14-15 October, PWTC Kuala Lumpur, pp: 97-116

- 16- SEPEHRI, Ali. and Mohamad. Reza. Mottaghi.( 2002). Application of vegetation indices for assessing rangelands cover percentage of Jahannema protected area – Gorgan (Iran), Iranian Journal of Natural Resources, Vol. 55, No. 2 Moallem University (Tehran, Iran)
- 17- Kabiri, Keyvan. (2002). Drough monitoring using 'Kerr et al 1989' model and NDVI. Geomatic81 conference, (Tehran, Iran)
- 18- Safari, H. (2003). Drought assesment using meteorological data and AVHRR imagery in Zabol district. M.Sc Thesis. Shahid Beheshti University (Tehran, Iran)
- 19- Serajian, Mohamad. and Ali. Tavakoli (2000). Study of drought condition using NOAA images in Iran. Application of GIS and remote sensing in arid area conference, 10-13 May 2000 (Tehran, Iran)
- 20- SONG, Congle. WOODCOCK, Curtis E. SETO, Karen.C. LENNEY, Mary.Pax. and MACoMBER, Scott.A. 2001, Classification and change detection using Landsat TM data: when and how to correct atmospheric effect. Remote Sensing of Environment, 75, pp: 230–244.
- 21- Tong Si, Son. LAN Pham Thi,. 2009. Land Cover Change Analysis Using Change Vector Analysis Method in Duy Tien District, Ha Nam Province in Vietnam. 7th FIG Regional Conference Spatial Data Serving People: Land Governance and the Environment Vietnam, 19-22 October