



امکان سنجی تشخیص تغییرات پوشش گیاهی مبتنی بر شاخص‌های زمینی و ماهواره ای خشکسالی (مطالعه موردی: استان کرمانشاه)

سجاد ابراهیم زاده^۱، جواد بذرافشان^{۲*}، خلیل قربانی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۲/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۳/۲۶

چکیده

خشکسالی نه تنها بر تولیدات کشاورزی و منابع آب بلکه بر پوشش گیاهی طبیعی یک منطقه نیز تاثیر گذاشته و گسترش نواحی بیابانی را تسریع می‌کند. امروزه تشخیص تاثیر خشکسالی بر پوشش گیاهی از نظر زمانی و مکانی توسط تصاویر سنجش از دور و با تعریف شاخص‌های مختلف امکان‌پذیر شده است. هدف از این مطالعه، امکان سنجی تشخیص تغییرات رخ داده در پوشش گیاهی منطقه بر اثر خشکسالی با استفاده از شاخص‌های ماهواره‌ای خشکسالی است. به این منظور از روش تجزیه و تحلیل بردار تغییر به عنوان یکی از الگوریتم‌های تشخیص تغییر استفاده شد. در این روش، تغییر رخ داده در پوشش گیاهی به برداری موسوم به بردار تغییر نسبت داده می‌شود. بردار تغییر با دو مولفه اندازه تغییر و جهت تغییر نشان داده می‌شود. بردار تغییر برای چهار شاخص ماهواره‌ای مبتنی بر پوشش گیاهی حاصل از سنجنده AVHRR ماهواره NOAA و یک شاخص زمینی محاسبه شد. شاخص‌های ماهواره ای شامل شاخص اختلاف نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI)، شاخص اختلاف نرمال شده پوشش گیاهی غیر متعارف (NDVIA)، شاخص شرایط پوشش گیاهی (VCI)، شاخص تغییر شکل گیاهی اصلاح شده (CTVI) و تنها شاخص زمینی مورد مطالعه، شاخص بارندگی استاندارد شده (SPI) می‌باشد. نتایج حاصله نشان داد که شاخص‌های ماهواره‌ای از نظر تشخیص اندازه تغییر، همبستگی خوبی با یکدیگر دارند. بیشترین همبستگی بین شاخص‌های ماهواره‌ای با شاخص زمینی مربوط به شاخص NDVI و کمترین همبستگی مربوط به شاخص VCI می‌باشد.

واژه های کلیدی: خشکسالی، بردار تغییر، پوشش گیاهی، شاخص‌های ماهواره‌ای، سنجنده AVHRR.

مقدمه

خشکسالی استفاده کرده‌اند. رحیم‌زاده و همکاران (۲۰۰۸) امکان استفاده از شاخص‌های NDVI و VCI مستخرج از تصاویر سنجنده AVHRR ماهواره NOAA را برای پایش خشکسالی در شمال غرب ایران بررسی کردند. ایشان بهترین همبستگی بین NDVI و VCI را با بارش سه ماهه (ماه جاری بعلاوه دو ماه قبل) بدست آوردند و در مقایسه با VCI، توافق بهتری بین NDVI و بارش بدست آوردند. طاهرزاده و همکاران (۱۳۸۵) در تحلیل خشکسالی با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و GIS در حوزه آبریز میناب به این نتیجه رسیدند که شاخص SPI با شاخص NDVI همبستگی مثبت دارد و با افزایش مقادیر SPI، مقادیر شاخص NDVI نیز افزایش نشان می‌دهد. میزان همبستگی بین دو شاخص

از دیدگاه سنجش از دور، خشکسالی را می‌توان با تغییرات طیفی ایجاد شده در تصاویر ماهواره‌ای، به دلیل تغییر در شرایط رطوبتی پوشش گیاهی در سطح مورد مطالعه بررسی نمود. محققان زیادی از تصاویر ماهواره‌ای برای پایش

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد هواشناسی کشاورزی، گروه مهندسی

آبیاری و آبادانی، دانشگاه تهران

^۲ استادیار گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشگاه تهران

(*نویسنده مسئول: jbazraf@gmail.com)

استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی،

گرگان^۳

فرآیند تغییر پوشش زمین با استفاده از تصاویر سنجنده AVHRR ماهواره NOAA9 و NOAA11 در منطقه غرب آفریقا پرداختند. نتایج آنالیز بردار ۴دسته عمده اندازه تغییر را نشان داد. همچنین تغییرات سطح آب ذخیره ای نیز در این مطالعه تشخیص داده شد. داوولیت و موراری (۱۹۹۶) از روش آنالیز طیفی ترکیبی و آنالیز برداری تغییر برای پیش تخریب پوشش زمین در منطقه ماوانا در سودان استفاده کردند. در این مطالعه از تصاویر لندست که در سال های ۱۹۸۷، ۱۹۹۹ و ۲۰۰۸ تهیه شده بود استفاده شد. نتایج این مطالعه نشان داد استفاده از آنالیز طیفی مرکب همراه با آنالیز بردار تغییر داده های لندست به عنوان یک روش سازگار و کم هزینه برای به دست آوردن اطلاعات در مورد پوشش گیاهی، نوع سطح خاک و شناسایی مناطق در معرض خطر می تواند مورد استفاده قرار گیرد.

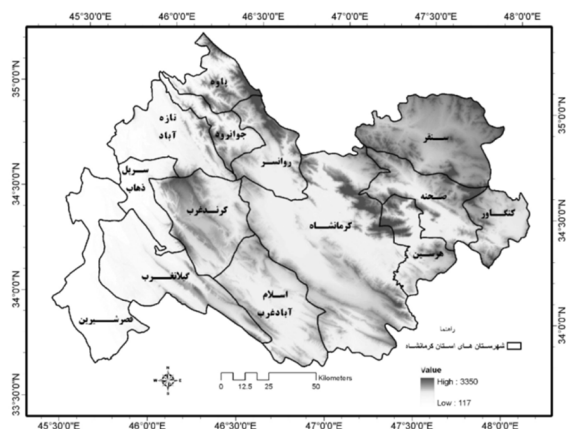
جدول ۱- حدود طبقات نمایه SPI

توصیف وضعیت	حدود طبقات نمایه SPI
غیر خشکسالی	بیشتر از ۰/۵-
خشکسالی خفیف	۰/۵- تا ۰/۷-
خشکسالی متوسط	۰/۸- تا ۱/۲-
خشکسالی شدید	۱/۳- تا ۱/۵-
خشکسالی بسیار شدید	۱/۶- تا ۱/۹-
خشکسالی استثنایی	کمتر از ۲-

هدف از این مطالعه مقایسه توان شاخص های ماهواره ای در تشخیص تغییرات رخ داده در پوشش گیاهی در استان کرمانشاه می باشد. به این منظور از روش تجزیه و تحلیل بردار تغییر استفاده می شود. فرض اولیه در این مطالعه این است که تغییرات رخ داده در پوشش گیاهی در اثر خشکسالی بوده است. در این روش تغییر رخ داده به برداری با عنوان بردار تغییر نسبت داده می شود که دارای اندازه و جهت است. اندازه بردار بیان کننده شدت تغییر و جهت آن بیان کننده نوع تغییر رخ داده است. در این مطالعه صرفاً به بررسی

مذکور در فصول کم باران کمتر و پس از شروع بارش ها و دوره شروع رویش گیاهی مقادیر همبستگی فضایی افزایش می یابد. اما، همبستگی قابل قبولی بین شاخص LST و شاخص SPI مشخص نشد و حداکثر مقدار همبستگی برابر با 0.39- بود.

در زمینه استفاده از روش تجزیه و تحلیل بردار تغییر (Change Vector Analysis)، به عنوان یکی از روش های تشخیص تغییر، برای پایش خشکسالی و تغییرات پوشش گیاهی مطالعات زیادی انجام شده است. در این زمینه، هدف از فرآیند تشخیص تغییر با استفاده از سنجش از دور، اندازه گیری تاثیر تجمعی تغییر حاصل از خشکسالی بر پوشش گیاهی در طول زمان می باشد. تونگ سی و همکاران (۲۰۰۹)، تغییرات پوشش زمین را با استفاده از روش آنالیز بردار تغییر (CVA) در ویتنام مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه از تصاویر ET+ لندست استفاده کردند. شاخص های مورد استفاده در این مطالعه عبارت بودند از: شاخص نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI) که ارتباط بین مقادیر کلروفیل در برگ ها را با طول موج قرمز نزدیک و مادون قرمز نشان می دهد و شاخص خاک لخت (BI) که برای تشخیص زمین های کشاورزی و غیر کشاورزی محاسبه می شود. نتایج این مطالعه نشان داد که روش CVA با استفاده از شاخص NDVI و BI برای تصاویر ET+ لندست در مطالعه زمین های کشاورزی مناسب است. کوزرا و روگان (۲۰۰۵) از روش آنالیز بردار تغییر برای نظارت بر بازسازی پوشش گیاهی و جنگل زدایی در واشنگتن استفاده کردند. در این مطالعه از شاخص های روشنایی و سرسبزی استفاده شد که نتایج حاصل نشان دهنده بازسازی پوشش گیاهی در سال های ۱۹۸۶ تا ۱۹۹۶ بوده است. بیکر و لاورنس (۲۰۰۷) 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 ماهواره لندست استفاده شد. بر طبق نتایج حاصل دقت تشخیص تغییر نزدیک به ۷۶٪ بود که نشان داد CVA روش مناسبی برای مطالعه تغییر اکوسیستم بوده است. لامبین و استرالر (۱۹۹۴) با استفاده از روش آنالیز بردار تغییر (CVA) در فضای چند بعدی، به شناسایی و دسته بندی



شکل ۱- مدل رقومی ارتفاعی استان کرمانشاه و موقعیت جغرافیایی شهرستان‌های آن.

برای پایش ماهواره‌ای خشکسالی، تصاویر موجود در آرشیو ماهواره‌های نوآ ۱۱ تا نوآ ۱۸ طی سال‌های ۱۳۷۱ تا ۱۳۸۷ بررسی و سعی شد تا به تعداد سه تا چهار تصویر از بهترین تصاویر موجود در هر ماه، که از کمترین پوشش ابری برخوردار بودند و منطقه مورد مطالعه در اطراف خط نادیر تصویر (مرکز تصویر) قرار داشت، انتخاب شوند. براین اساس تعداد ۷۳۸ تصویر انتخاب گردید. از بین تصاویر انتخاب شده حدود ۴۰ درصد آنها قبل از ظهر و ۶۰ درصد آنها بعدازظهر برداشت شده بود. واسنجی تصاویر، تصحیح هندسی، تصحیح اتمسفری و تشخیص پیکسل‌های ابر و برف پیش پردازش-هایی بود که بر روی تمام تصاویر انجام شد. تمام فرآیندهای پیش‌پردازش و پردازش با استفاده از نرم افزارهای ENVI 4/4، ARCGIS و IDRISI به انجام رسید.

انتخاب دوره رشد و پایش خشکسالی

بررسی تصاویر ماهواره‌ای نشان می‌دهد که دوره غالب رشد پوشش سبز گیاهی در استان کرمانشاه از ابتدای اسفند تا پایان مرداد می‌باشد. برای تعیین تغییر در پوشش گیاهی و مقایسه تصاویر همگام با رشد پوشش، طول دوره رشد (اسفند تا مرداد) به سه زیر بخش دو ماهه تقسیم شد: دوره آغازی (اسفند و فروردین)، دوره میانی (اردیبهشت و خرداد) و دوره پایانی (تیر و مرداد).

همبستگی اندازه بردار تغییر بین شاخص‌های ماهواره‌ای و زمینی پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعاتی

منطقه مطالعاتی، استان کرمانشاه با مساحتی معادل ۴۳۴۲۴ کیلومتر مربع در غرب ایران واقع شده است (شکل ۱) و به سبب موقعیت خاص اقلیمی و بارندگی به موقع و کافی از مناطق شمال غربی تا جنوب شرقی یعنی ارتفاعات اورامانات تا منطقه زردلان و هلیلان، دارای دره‌های پوشیده از جنگل و مراتع می‌باشد. در استان کرمانشاه چهار اقلیم متفاوت قابل تشخیص است: الف) زمستان ملایم و تابستان گرم و خشک که شهرستان‌های قصرشیرین، سرپل ذهاب و دهستان از گله در جنوب غربی جوانرود را شامل می‌شود. ب) زمستان و تابستان خنک که شهرستان‌های پاوه و جوانمرد و بخش کرد از توابع شهرستان اسلام‌آباد غرب را دربر می‌گیرد. ج) اقلیم نیمه‌خشک و استپی خنک که شهرستان‌های سنقر و دهستان پشت دربند از توابع شهرستان کرمانشاه را در بر می‌گیرد. د) اقلیم نیمه‌خشک و استپی گرم که شهرستان‌های کنگاور، صحنه و هرسین را شامل می‌شود. در یک نگاه می‌توان گفت که استان کرمانشاه از نظر آب و هوایی به دو منطقه گرمسیر (مناطق غربی) و سردسیر در سایر نواحی تقسیم می‌شود. بر این اساس، با توجه به تنوع اقلیمی و پوشش گیاهی، این استان به عنوان منطقه مطالعاتی در نظر گرفته شد.

داده‌های مورد نیاز

در این تحقیق از ایستگاه‌های زمینی شامل ایستگاه‌های سینوپتیک (۵ ایستگاه)، اقلیم شناسی (۶ ایستگاه) و باران-سنجی و تبخیرسنجی (۱۵ ایستگاه) متعلق به سازمان هواشناسی کشور و شرکت مدیریت منابع آب وابسته به وزارت نیرو که تا سال ۱۳۸۹ بیش از ۲۰ سال آمار بارش ماهانه داشتند، برای محاسبه شاخص بارش استاندارد (SPI) استفاده شد.

جدول ۲- شاخص‌های ماهواره‌ای خشکسالی و فرمول محاسبه آنها.

شاخص	فرمول محاسبه شاخص ماهواره‌ای
NDVI	$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_R}{\rho_{NIR} + \rho_R}$
NDVIA	$NDVIA_{ijk} = \overline{NDVI_{ij}} - NDVI_{ijk}$
CTVI	$I = \frac{NDVI + 0.5}{ABS(NDVI + 0.5)} \times \sqrt{ABS(NDVI + 0.5)}$
VCI	$VCI = \frac{NDVI_i - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}}$

ρ_{NIR} : بازتاب فروسرخ نزدیک و ρ_R : بازتاب قرمز؛ $NDVI_i$: مقدار $NDVI$ در مقیاس زمانی مورد مطالعه (به طور مثال ماهانه)، $NDVI_{max}$ و $NDVI_{min}$ به ترتیب $NDVI$ حداکثر و حداقل در یک دوره چندساله در مقیاس زمانی مورد مطالعه برای هر پیکسل؛ $\overline{NDVI_{ij}}$ میانگین چندساله شاخص $NDVI$ در ماه i برای پیکسل j می‌باشد و $NDVI_{ijk}$ مقدار شاخص $NDVI$ در سال k و ماه i برای پیکسل j می‌باشد.

تشخیص تغییر در پوشش گیاهی با استفاده از آنالیز بردار تغییر

اگرچه تکنیک‌های مختلفی برای تشخیص تغییر با استفاده از داده‌های سنجش از دور معرفی و در مطالعات متعددی به کار برده شده است (به عنوان مثال لونته والویچ، ۱۹۹۸؛ ساینگ، ۱۹۸۹)، اما انتخاب مناسب‌ترین روش برای مطالعه تغییر حاصل شده از خشکسالی در پوشش گیاهی، کار دشواری است زیرا ممکن است انواع مختلفی از تغییر به دلیل خشکسالی بطور همزمان رخ دهد و به روش‌های مختلفی تفسیر شوند. به عنوان مثال با شروع کاهش رطوبت در داخل پوشش گیاهی، در تصاویر ماهواره‌ای شاهد تغییرات طیفی خواهیم بود که این تغییرات را با استفاده از شاخص‌های ماهواره‌ای مبتنی بر تنش رطوبتی می‌توانیم تشخیص دهیم اما اگر خشکسالی به کاهش سطح پوشش گیاهی و بیابان‌زایی منجر شود با مقایسه سری زمانی تصاویر نیز قابل تشخیص خواهد

در این تحقیق، چهار شاخص ماهواره‌ای طبق جدول (۲) و یک شاخص زمینی برای تمام طول دوره رشد محاسبه و با یکدیگر مقایسه شدند. با توجه به این جدول، شاخص $NDVI$ بر مبنای بازتاب فروسرخ نزدیک و بازتاب قرمز و سایر شاخص‌ها از روی شاخص $NDVI$ محاسبه می‌شوند. شاخص زمینی مرجع برای تصاویر ماهواره‌ای، شاخص بارندگی استاندارد (SPI) بود که بر مبنای آمار ایستگاههای زمینی محاسبه گردید. نمایه SPI توسط مک‌کی و همکاران (۱۹۹۳) بر اساس اختلاف بین مقادیر بارش و میانگین بارش برای یک بازه زمانی مشخص و تقسیم این مقدار بر انحراف معیار بارش پیشنهاد شد. اساس نمایه بارش استاندارد بر محاسبات احتمالات وقوع بارندگی برای هر مقیاس زمانی استوار است. این نمایه صرفاً از داده‌های بارندگی ماهانه استفاده می‌کند و برای تشخیص کمبود میزان بارندگی در مقیاس‌های زمانی چندگانه (۳،۶،۱۲،۲۴، ۴۸ ماه) طراحی شده است. محاسبه SPI شامل برازش تابع چگالی احتمال مناسب (در اینجا، توزیع گاما) بر توزیع فراوانی بارندگی کل برای یک ایستگاه معین می‌باشد. سپس، پارامترهای α و β مربوط به تابع چگالی احتمال گاما برای هر ایستگاه، هر مقیاس زمانی (۳،۶،۱۲،۲۴، ۴۸ و غیره) و برای هر ماه سال برآورد می‌شوند. در مرحله بعد، از پارامترهای α و β برای بدست آوردن تابع احتمال تجمعی بارندگی برای ماه مورد نظر و مقیاس زمانی معین در ایستگاه تحت بررسی استفاده می‌شود.

پس از محاسبه تابع تجمعی کل، تغییر شکل هم احتمالی تابع تجمعی گاما به متغیر تصادفی نرمال استاندارد Z (یا SPI) با میانگین صفر و واریانس یک صورت می‌گیرد (بذرافشان، ۱۳۸۱). حدود طبقات این نمایه برای توصیف وضعیت خشکسالی مطابق جدول (۱) می‌باشد. در این مطالعه برای ایجاد نقشه‌های مربوط به شاخص SPI، از مقیاس ماهانه این شاخص استفاده شد. برای تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی شده شاخص SPI، بعد از محاسبه مقادیر این شاخص در ایستگاه‌های زمینی، از نرم‌افزار ARCGIS و روش (Inverse Distance Weighted) IDW استفاده شد.

دادن آن‌ها به تغییرات اندازه و جهت بردار پوشش گیاهی در طول دوره قابل تشخیص است (لامبین و ارلیچ، ۱۹۹۷). روش تجزیه و تحلیل بردار تغییر، با توجه به داشتن دو مولفه جهت و اندازه، و خلاصه سازی داده‌های سری‌های زمانی، نسبت به سایر روش‌های تشخیص تغییر مناسب‌تر است. در روش تجزیه و تحلیل بردار تغییر که در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفته است، مراحل زیر دنبال می‌شود:

الف: با توجه به ارزش عددی پیکسل‌های هر شاخص، یعنی I ، در یک سال معین، یعنی t ، یک بردار زمانی $(V_{I,y})$ ، برای هر پیکسل خواهیم داشت:

$$V_{I,y} = [I_{t1} \quad I_{t2} \quad \dots \quad I_{tn}]^T \quad (1)$$

که در آن، t زمان و بین t_1 تا t_n تغییر می‌کند. n تعداد ماه‌های مورد مطالعه که در این تحقیق برابر با تعداد ماه‌های دوره رشد گیاهی (اسفند تا مرداد) می‌باشد.

ب: تعیین اختلاف بین بردار زمانی $(V_{I,y})$ و بردار سال مرجع (که با اندیس REF مشخص می‌شود) که اصطلاحاً بردار تغییر زمانی $(C_{I,y})$ نامیده و به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$C_{I,y} = V_{I,REF} - V_{I,y} \quad (2)$$

ج: تعیین مولفه‌های بردار تغییر زمانی پوشش گیاهی: بردار تغییر زمانی دارای دو مولفه اندازه و جهت است. قدر مطلق اندازه این بردار برای شاخص I ، یعنی $|C_{I,y}|$ ، شدت تغییر در پوشش گیاهی را که می‌تواند ناشی از خشکسالی باشد، نشان می‌دهد. اندازه بردار تغییر زمانی به صورت فاصله اقلیدسی بین مقدار شاخص برای سال مورد نظر و سال مرجع بیان می‌شود:

$$|C_{I,y}| = \sqrt{\sum_{i=1}^n (I_{REF} - I_{y,i})^2} \quad (3)$$

مولفه جهت بردار تغییر زمانی، $S_{I,y}$ ، برای هر مقدار شاخص I ، با مقایسه تفاوت شاخص (برای ماه و سال مورد نظر از مقدار شاخص در تصویر مرجع) بین زمان t_n و t_{n+1} به صورت زیر علامت‌گذاری می‌شود:

$$S_{I,y} = \pm [(I_{REF} - I_{y,t_{n+1}}) \text{ between } (I_{REF} - I_{y,t_n})] \quad (4)$$

بود. همچنین ممکن است روش مورد استفاده نیز در تشخیص یا عدم تشخیص تغییر موثر باشد و یک روش تغییر را معنی‌دار تشخیص دهد و روش دیگر غیر معنی‌دار تشخیص دهد.

بطور کلی حدود ۲۲ روش برای تشخیص تغییر در استفاده از تصاویر ماهواره‌ای وجود دارد که می‌توان آن‌ها را در شش گروه کلی تقسیم کرد (لوو و همکاران، ۲۰۰۳). این گروه‌ها شامل: ۱- تغییرات جبری (تفاضل تصویر، رگرسیون تصویر، نسبت‌گیری تصویر، تفاوت شاخص‌های گیاهی، تجزیه و تحلیل بردار تغییر و غیره)، ۲- تبدیل (تجزیه و تحلیل مولفه اصلی (Principal Component Analysis)، روش تبدیل اصلی (Gramm-Schmidt) GS، روش (Kauth_Thomas) KT)، روش مربع چای و غیره)، ۳- طبقه‌بندی (تجزیه و تحلیل ترکیب طیفی و زمانی، الگوریتم تشخیص Expectation Maximization (EM)، نظارت نشده، تشخیص تغییر هیبرید، شبکه عصبی مصنوعی و غیره)، ۴- مدل‌های پیشرفته (مدل ترکیب طیفی و غیره)، ۵- روش‌های GIS (رهیافت GIS و غیره)، ۶- تجزیه و تحلیل بصری (تفسیر بصری) و دیگر روش‌های تشخیص تغییر. کلیه این روش‌ها دارای مزایا و معایبی هستند، به عنوان مثال از نقاط مثبت روش تفاضل تصویر می‌توان سادگی استفاده و تجزیه و تحلیل نتایج و از معایب آن عدم قابلیت تحلیل جزئیات تغییر و نیاز داشتن به تعیین آستانه را نام برد. و یا روش رگرسیون تصویر این قابلیت را دارد که اثر اتمسفر، سنجنده و محیط را کاهش می‌دهد اما برای اجرای آن نیاز به بدست آوردن معادله رگرسیون مناسب می‌باشد. روش نسبت-گیری تصویر اثر زاویه خورشید و توپوگرافی را تعدیل می‌کند اما توزیع غیرنرمالی را از نتایج بدست می‌دهد (لوو و همکاران، ۲۰۰۳).

در بین الگوریتم‌های تشخیص تغییر، تجزیه و تحلیل بردار تغییر، یک الگوریتم قدرتمند تشخیص تغییر است (کوهن و فیورلا، ۱۹۹۸) و می‌توان از آن برای تشخیص تغییر رخ داده در پوشش گیاهی استفاده کرد. اگرچه این تکنیک برای داده‌های دو باند طیفی لندست توسعه داده شده است (کوآث و توماس، ۱۹۷۶) اما برای هر تعداد باند طیفی و یا هر تعداد داده زمانی قابل اجراست. درجه و مدت خشکسالی با نسبت

بنابراین همبستگی بین شاخص‌های ماهواره‌ای، همبستگی پیکسل به پیکسل بین تصاویر اندازه تغییر شاخص‌ها برای هر یک از سال‌های تحت مطالعه، بدست آمد. از آنجا که دامنه مقادیر عددی در تصویر اندازه بردار تغییر هر شاخص متفاوت است، قبل از آنالیز همبستگی، استانداردسازی مقدار بردار تغییر انجام شد:

$$|C_{I,y}|_{sta} = \frac{|C_{I,y}| - |C_{I,\sum y}|_{mean}}{|C_{I,\sum y}|_{stdv}} \quad (5)$$

که در آن، $|C_{I,y}|_{sta}$ اندازه تغییر استاندارد شده برای سال y و شاخص معین I است که دارای میانگین صفر و انحراف معیار یک می‌باشد. $|C_{I,\sum y}|_{mean}$ و $|C_{I,\sum y}|_{stdv}$ به ترتیب میانگین و انحراف معیار چندین ساله $|C_{I,y}|$ می‌باشند.

نتایج و بحث

تعیین سال‌های تر، خشک و نرمال به عنوان نماینده

ابتدا چهار سال به عنوان نماینده به منظور ارزیابی نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل بردار تغییر انتخاب شدند که عبارت بودند از سال ۱۹۹۲ به عنوان سال تر، ۱۹۹۳ به عنوان سال نرمال، ۱۹۹۹ به عنوان سال خشک و ۲۰۰۱ به عنوان سال نرمال. جهت ارزیابی‌های بهتر، سال منتخب نرمال یکی پس از ترسالی و دیگری پس از خشکسالی بود. انتخاب این سال‌های خشک و تر با توجه به اختلاف مجموع بارندگی طول فصل رشد از میانگین چندساله آن می‌باشد (شکل ۲). سپس، برای هر یک از سال‌های منتخب و برای هر یک از زیربخش‌ها، شاخص‌های مورد مطالعه محاسبه شد. در مرحله بعد، اندازه بردار تغییر با توجه به فرمول ۳ محاسبه گردید. پس از مشخص شدن پیکسل‌های واجد تغییر (با توجه به آستانه تعریف شده برای وجود تغییر، یعنی یک انحراف معیار بالاتر از میانگین تصویر اندازه تغییر)، تمام مقادیر مربوط به تصویر اندازه تغییر هر شاخص طبق فرمول ۵ استاندارد شدند.

که در آن، $S_{I,y}$ نوع تغییر در پوشش گیاهی را نشان می‌دهد و می‌تواند مثبت یا منفی باشد.

الگوریتم تجزیه و تحلیل بردار تغییر (CVA) برای ۵ شاخص مورد مطالعه به صورت گام به گام در نرم افزار Idrisi اجرا شد. نتیجه اعمال این الگوریتم بر روی هر تصویر شاخص خشکسالی، دو تصویر است: یکی، تصویر اندازه تغییر (یعنی، شدت خشکسالی) و دیگری، تصویر جهت تغییر (یعنی، وضعیت خشکسالی). در این مطالعه، صرفاً قابلیت تشخیص تغییر مورد بررسی قرار گرفته است.

در روش تجزیه و تحلیل بردار تغییر، دو نکته مهم می‌بایست در نظر گرفته شود: (۱) تهیه تصویر مرجع که به عنوان مرجعی برای مقایسه داده‌های خروجی مربوط به بردار تغییر می‌باشد (کوهن و همکاران، ۱۹۹۸). تصویر مرجع (که می‌تواند برای مثال، میانگین بلند مدت یا میانه باشد) مشخص کننده شرایط عادی است و امکان مقایسه سال‌های مختلف را با یکدیگر فراهم می‌کند (لامبین و همکاران، ۱۹۹۴). در مطالعه حاضر، میانگین چندین ساله هر یک از ماه‌های دوره رشد برای هر شاخص، به عنوان تصویر مرجع در نظر گرفته شده است ($V_{I,REF}$). (۲) تصمیم‌گیری در مورد آستانه‌های مشخص کننده وجود تغییر و عدم وجود تغییر در تصویر اختلاف، یعنی اینکه در تصویر حاصل از اختلاف تصویر شاخص مورد نظر در سال مورد نظر از تصویر مرجع مربوط به آن شاخص، کدام پیکسل به عنوان وجود تغییر و کدام پیکسل به عنوان عدم وجود تغییر در نظر گرفته شود. این آستانه معمولاً به اندازه یک انحراف معیار بالاتر از میانگین هیستوگرام تصویر اختلاف در نظر گرفته می‌شود (لونت، ۱۹۹۸؛ ساینگ، ۱۹۸۹) یعنی هر پیکسلی که در آن میزان اختلاف کمتر از یک انحراف معیار از میانگین هیستوگرام تصویر اختلاف باشد به عنوان پیکسلی که در آن تغییر رخ نداده است، و هر پیکسلی که این شرط را نداشته باشد به عنوان پیکسلی که در آن تغییر رخ داده است در نظر گرفته می‌شود. در این مطالعه نیز چنین معیاری به عنوان آستانه برای تمام پیکسل‌های تصویر در نظر گرفته شد. در اینجا فرض شده است که مقادیر بالاتر از این آستانه به علت شرایط خشکسالی شدید هستند. از آنجا که ملاک تطابق بین شاخص‌های از نظر اندازه بردار تغییر، همبستگی آنها بود،

پایش خشکسالی و تعیین گستره‌های تغییر

پس از محاسبه نقشه اندازه تغییر، به منظور بررسی همبستگی‌های بین شاخص‌های مختلف، مقادیر بدست آمده طبق فرمول ۵ استاندارد شدند و نقشه‌های مقادیر استاندارد شده اندازه بردار تغییر حاصل شد. نمونه‌ای از این نقشه‌ها برای هر پنج شاخص در سال ۱۹۹۹، در شکل (۳) آورده شده است. همچنین به منظور مشاهده مناطق رخداد تغییر پس از ایجاد نقشه اندازه تغییر برای هر شاخص در سال مورد نظر، با در نظر گرفتن آستانه تغییر (یک انحراف معیار بالاتر از میانگین هیستوگرام تصویر اندازه تغییر)، پیکسل‌هایی که در آن‌ها تغییر رخ نداده با کد صفر و آن‌هایی که در آن‌ها تغییر رخ داده، با کد ۱ مشخص شدند. در شکل (۴) برای نمونه تصاویر مربوط به سال ۱۹۹۹ برای هر پنج شاخص آورده شده است.

تحلیل همبستگی مکانی شاخص‌های خشکسالی

جدول ۳، تحلیل همبستگی ساده شاخص‌های ماهواره‌ای و زمینی از نظر اندازه بردار تغییر را در هر یک از سال‌های منتخب نشان می‌دهد. نکته جالب توجه آن که به استثنای یک مورد (همبستگی SPI و VCI در سال ۱۹۹۹)، همبستگی کلیه شاخص‌ها از نظر اندازه تغییر مثبت است. با توجه به جدول ۳ نتایج عمده زیر بدست آمد:

در تمام سال‌های مورد مطالعه، شاخص‌های ماهواره‌ای به جز VCI از ضریب همبستگی بالایی با یکدیگر برخوردار هستند، به طوری که بیشترین همبستگی مربوط به شاخص‌های NDVI و CTVI (بیش از ۰/۹ در تمام سال‌ها) و کمترین همبستگی مربوط به شاخص‌های VCI و NDVI یا NDVIا می‌باشد.

به طور کلی از نظر اندازه تغییرات رخ داده در پوشش گیاهی، بین شاخص VCI همبستگی چندانی با دیگر شاخص‌ها

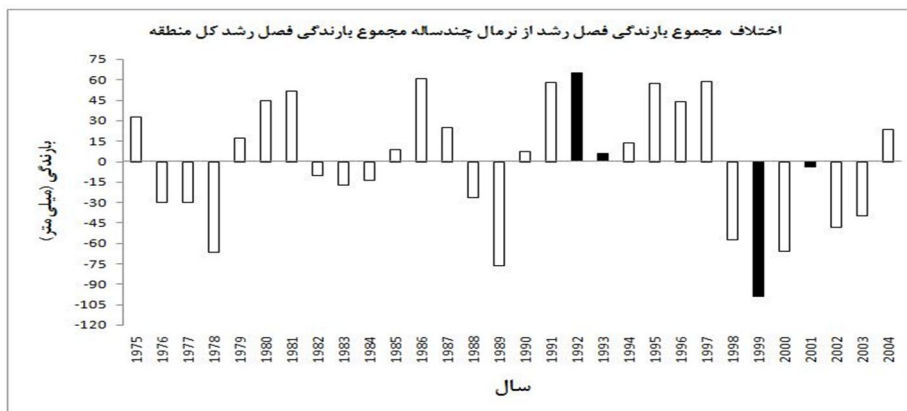
وجود ندارد. این وضعیت به ویژه در سال خشک ۱۹۹۹ به بدترین وضعیت می‌رسد و ضریب همبستگی VCI با سه شاخص ماهواره‌ای دیگر به مقادیر ناچیز ۰/۰۱ می‌رسد به طوری که می‌توان گفت که هیچ همبستگی بین VCI و سایر شاخص‌ها وجود ندارد. این در حالی است که در دیگر مطالعات (به عنوان مثال رحیم‌زاده و همکاران، ۲۰۰۸، لیو و همکاران، ۱۹۹۶) همبستگی خوبی بین مقادیر شاخص VCI و NDVI مشاهده و این شاخص به عنوان شاخص مناسب جهت استفاده در مدل پیش‌بینی مقدار محصول در کنار NDVI معرفی شده است. البته نتایج تحقیقات فوق همه پیکسل‌ها را در نظر گرفته اند، ولی در این مطالعه فقط به پیکسل‌هایی توجه شده که در آنها تغییر رخ داده است.

سه شاخص NDVI، NDVIا و CTVI همبستگی قابل ملاحظه‌ای با یکدیگر دارند. بنابر این به نظر می‌رسد استفاده از یکی از آنها برای پایش وضعیت پوشش گیاهی کافی باشد. این سه شاخص در سال بسیار خشک ۱۹۹۹ (ضریب همبستگی در حدود ۰/۹۷ بین هر سه شاخص) همبستگی بسیار زیادی در مقایسه با سال‌های نرمال و تر با یکدیگر داشته اند.

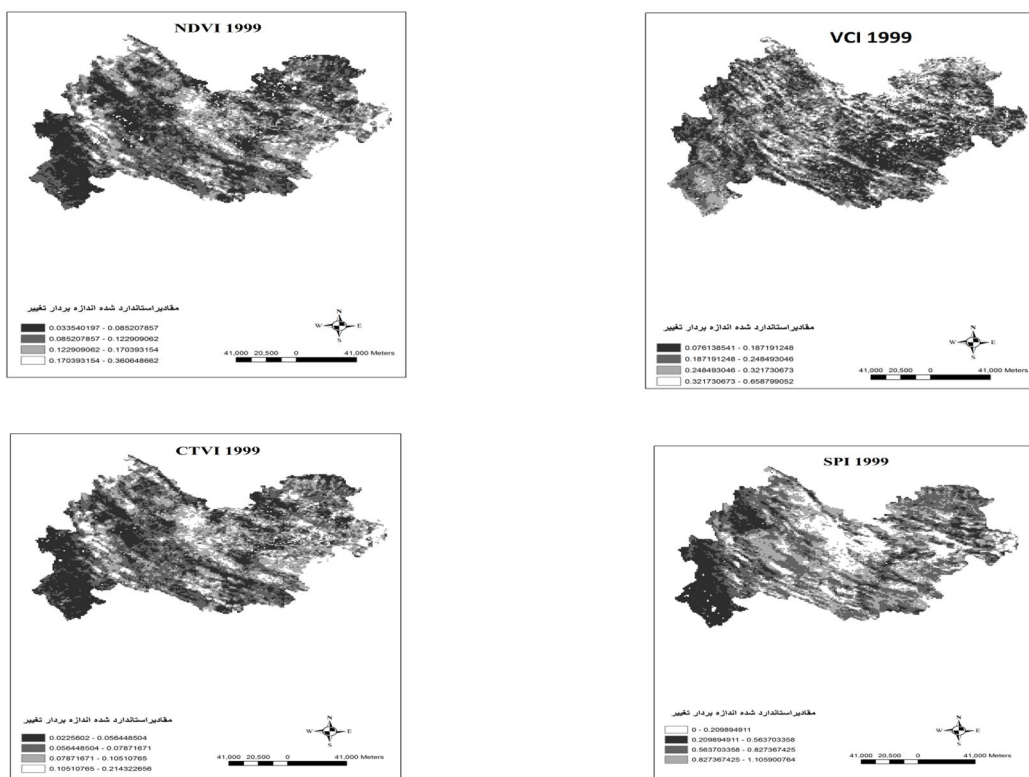
شاخص بارندگی استاندارد (SPI) همبستگی خوبی در سال تر ۱۹۹۲ با شاخص‌های ماهواره‌ای به جز VCI (ضریب همبستگی ۰/۲۱) دارد. این در حالی است که این همبستگی در سال‌های نرمال و خشک کاهش می‌یابد.

همبستگی SPI با شاخص‌های ماهواره‌ای در یک سال نرمال پس از یک دوره خشک بیشتر از یک سال نرمال پس از یک دوره تر است.

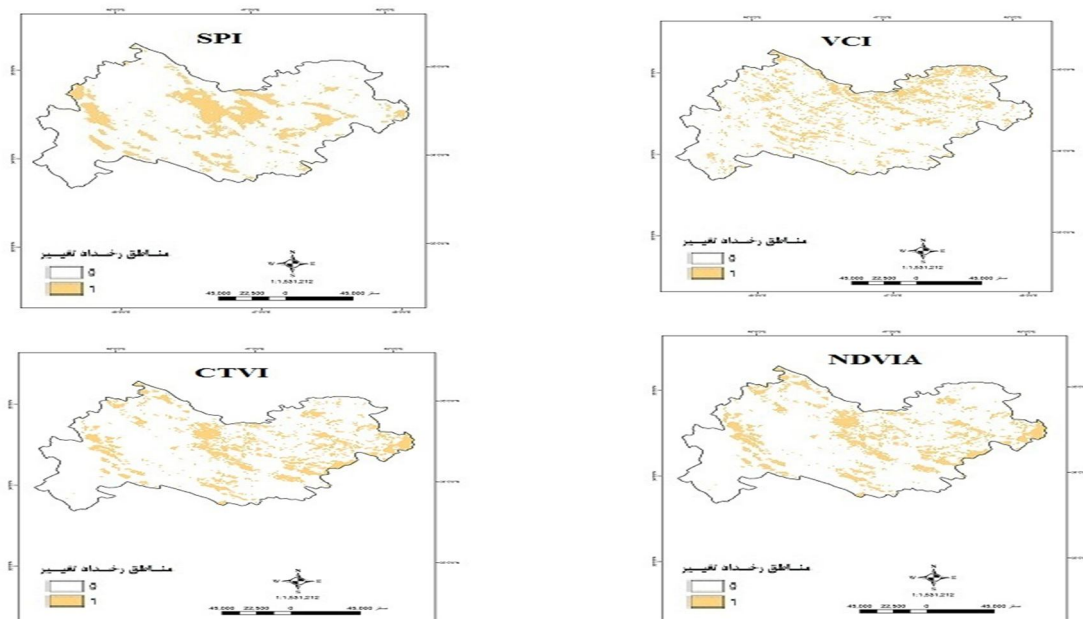
بیشترین همبستگی بین شاخص مبتنی بر داده‌های زمینی (SPI) در سال‌های مورد بررسی با NDVI بدست آمد. از این روی، این شاخص برای مطالعات پایش خشکسالی هواشناسی پیشنهاد می‌شود.



شکل ۲- اختلاف مجموع بارندگی فصل رشد از نرمال چندساله آن در کل منطقه تحت بررسی (میل‌های مشکی سالهای منتخب را نشان می‌دهند).



شکل ۳- نقشه مقادیر استاندارد شده اندازه تغییر برای شاخص‌های مختلف در سال ۱۹۹۹



شکل ۴- نقشه مناطق رخداد تغییر برای هر شاخص در سال ۱۹۹۹

جدول ۳- ضرایب همبستگی تصاویر اندازه تغییر شاخص‌ها در سال‌های مطالعاتی

۱۹۹۳ (سال نرمال پس از دوره تر)					۱۹۹۲ (سال بسیار تر)					شاخص
SPI	VCI	NDVIA	NDVI	CTVI	SPI	VCI	NDVIA	NDVI	CTVI	
				۱					۱	CTVI
			۱	۰/۹۵				۱	۰/۹۱	NDVI
		۱	۰/۹۲	۰/۹۵			۱	۰/۸۸	۰/۸۹	NDVIA
	۱	۰/۴۴	۰/۴۴	۰/۴۹		۱	۰/۶۴	۰/۴۶	۰/۵۳	VCI
۱	۰/۰۴	۰/۴۸	۰/۴۸	۰/۳۲	۱	۰/۲۱	۰/۶۸	۰/۸۵	۰/۷۹	SPI
۲۰۰۱ (سال نرمال پس از دوره خشک)					۱۹۹۹ (سال بسیار خشک)					شاخص
SPI	VCI	NDVIA	NDVI	CTVI	SPI	VCI	NDVIA	NDVI	CTVI	
				۱					۱	CTVI
			۱	۰/۹۱				۱	۰/۹۷	NDVI
		۱	۰/۹۱	۰/۹۰			۱	۰/۹۶	۰/۹۷	NDVIA
	۱	۰/۶۲	۰/۶۲	۰/۵۹		۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	VCI
۱	۰/۶۰	۰/۶۶	۰/۶۶	۰/۶۴	۱	-۰/۱۱	۰/۴۹	۰/۴۹	۰/۴۷	SPI

نتیجه گیری

مشخص شد که بهترین پاسخ به تغییرات ناشی از خشکسالی در سال‌های مورد بررسی با شاخص NDVI بدست می‌آید، بنابراین به نظر می‌رسد شاخص NDVI قابلیت بیشتری نسبت به سایر شاخص‌های ماهواره‌ای مبتنی بر پوشش گیاهی، برای تشخیص تغییر رخ داده دارد. بنابراین تحقیق، شاخص مذکور به دلیل انطباق بیشتر با خشکسالی‌های هواشناسی برای پایش ماهواره‌ای این نوع خشکسالی‌ها پیشنهاد می‌شود.

در این مطالعه توان چهار شاخص ماهواره‌ای و یک شاخص زمینی، در تشخیص تغییرات رخ داده در پوشش گیاهی در استان کرمانشاه، مورد مقایسه قرار گرفت. فرض اولیه در این مطالعه این بود که تغییرات رخ داده در پوشش گیاهی در نتیجه خشکسالی رخ داده است. برای مقایسه از همبستگی بین تصاویر اندازه بردار تغییر شاخص‌ها استفاده شد و

منابع

بذرافشان، ج. ۱۳۸۱. مطالعه تطبیقی برخی نمایه‌های خشکسالی هواشناسی در چند نمونه‌ی اقلیمی ایران، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، رشته هواشناسی کشاورزی، دانشگاه تهران، دانشکده کشاورزی کرج.
طاهرزاده، ع. ۱۳۸۵. تحلیل خشکسالی با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و GIS در حوزه آبریز میناب، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.

- Baker, C., Lawrence, R. L., Montagne, C., Patten, D. 2007. Change detection of wetland ecosystems using landsat imagery and change vector analysis. *Wetlands*, 27(3):610-619.
- Cohen, W., Fiorella, M. 1998. Comparison of methods for detecting conifer forest change with thematic mapper imagery. In R. S. Lunetta & C. D. Elvidge (Eds.), *Remote sensing change detection: Environmental monitoring methods and applications* (pp. 89–102). Michigan, USA: Ann Arbor Press.
- Diouf, A., Lambin, E. F. 2001. Monitoring land-cover changes in semi-arid regions: Remote sensing data and field observations in the Ferlo, Senegal. *J. Arid Environ.*, 48: 129–148.
- Kauth, R. J., Thomas, G. S. 1976. The 46ussled cap-a graphic description of the spectral-temporal development of agricultural crops as seen by Landsat. *Proceedings of the Symposium on Machine Processing of Remotely Sensed Data* (pp. 4B41–4B51). West Lafayette, Indiana, USA: Purdue University.
- Kuzera, K., Rogan, J. 2005. Monitoring vegetation regeneration and deforestation using change vector analysis: Mt. St. Helens study area. *Proc. ASPRS annual conference*, Baltimore, Maryland, USA.
- Lambin, E. F., Ehrlich, D. 1997. Land-cover changes in Sub-Saharan Africa (1982–1991): Application of a change index based on remotely sensed surface temperature and vegetation indices at a continental scale. *Remote Sens. Environ.*, 61: 181–200.
- Lambin, E. F., Strahler, A. H. 1994. Change-vector analysis in multitemporal space: A tool to detect and categorize land-cover change processes using high temporal-resolution satellite data. *Remote Sens. Environ.*, 48: 231–244.
- Lu, D., Mausel, P., Brondizio, E., Moran, E. 2003. Change detection techniques. *Int. J. Remote Sens.* 25(12): 2365–2407.
- Lunetta, R. S., Elvidge, C. D. 1998. *Remote sensing change detection: Environmental monitoring methods and applications* (pp. 318). Michigan, USA: Ann Arbor Press.

- Mc Kee, T. B., Doesken, N. J., Kleist, J. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scale. Preprints, Eighth Conf. on Applied Climatology, Anaheim, CA, Amer. Meteorol. Soc., 179-184.
- Prince, S. D., De Colstoun, E. B., Kravitz, L. L. 1998. Evidence from rainuse efficiencies does not indicate extensive Sahelian desertification. *Glob. Change Biol.*, 4, 359-374.
- Rahimzadeh, P., Darvishsefat, A., Khalili, A., Makhdom, A. 2008. Using AVHRR-based vegetation indices for drought monitoring in the northwest of Iran. *J. Arid Environ.*, 72: 1086-1096.
- Singh, A. 1989. Digital change detection techniques using remotely sensed data. *Int. J. Remote Sens.*, 10: 989-100.
- Tong Si, S., LAN Pham Thi, L. P. 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.



Study of the identification of the variations in plant vegetation using remote sensing and ground-based drought indices (case study: Kermanshah province)

S. Ebrahimzadeh¹ - J. Bazrafshan*² - Kh. Ghorbani³

Received: 15-3-2013

Accepted: 16-6-2013

Abstract

Drought affects not only agricultural productions and water resources but can affect on the vegetation cover of a region and promotes the desertification. Today, the identification of drought effect on plant vegetation as temporal and local has been possible with drought indices defined by remote sensing images. The aim of the paper is to investigate if it is possible to identify the changes in plant vegetation using satellite drought indices. To do this, the change vector (CV) analysis was used as one of the change detection algorithms. In this method, the change occurred in vegetation has been attributed to the change vector. The change vector contains two components, change magnitude and change orientation. In this paper, the CV was computed for four satellite drought indices based on the condition of vegetation which is measured by NOAA AVHRR images, and one ground-based drought index, the Standardized Precipitation Index (SPI). The satellite indices are: NDVI, NDVIA, VCI, CTVI. The results showed that satellite drought indices have a high correlation in identifying the change magnitude. The highest lowest correlation between satellite-based drought indices and the SPI is related to NDVI and VCI, respectively.

Keywords: Drought, Change Vector, Vegetation, Satellite Drought Indices, VHRR.

¹ M.Sc. Student of Irrigation and Reclamation Engineering Department, University of Tehran, Karaj.

² Assistant Professor of Irrigation and Reclamation Engineering Department, University of Tehran, Karaj.

³ Assistant Professor of Irrigation and Reclamation Engineering Department, University of Agricultural Sciences & Natural Resources, Gorgan.

(*Corresponding Email Address: jbazr@ut.ac.ir)