

پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۷۵، بهار ۱۳۹۰
صص.

ارزیابی تأثیر عوامل اقلیمی بر رشد پوشش گیاهی در مراتع متراکم ایران با استفاده از تصاویر AVHRR

منوچهر فرج‌زاده* - دانشیار گروه جغرافیا و سنجش از دور، دانشگاه تربیت مدرس
امان‌اله فتح‌نیا - دانش‌آموخته دکتری اقلیم‌شناسی، دانشگاه تربیت مدرس
بهلول علیجانی - استاد گروه جغرافیا، دانشگاه تربیت مدرس تهران
پرویز ضیائی‌ان - استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه تربیت مدرس تهران

پذیرش مقاله: ۱۳۸۸/۸/۲۵ تأیید نهایی: ۱۳۸۹/۱۱/۴

چکیده

در تحقیق حاضر همبستگی پوشش گیاهی متراکم با متغیرهای اقلیمی ماهانه بارش، رطوبت نسبی و دما (متوسط، حداکثر و حداقل) در مراتع متراکم ایران مورد ارزیابی قرار گرفت. برای این هدف از داده‌های ۱۳۴ ایستگاه هواشناسی و تصاویر NOAA-AVHRR سال ۲۰۰۶ استفاده شد. سپس داده‌های هواشناسی با استفاده روش بهینه زمین‌اماری درون‌یابی گردید. بعد از اصلاح تصاویر ماهواره‌ای و محاسبه NDVI، مقادیر حداکثر ماهانه استخراج شد. در نهایت، همبستگی داده‌های هواشناسی و مقادیر NDVI به صورت ماهانه انجام گرفت. نتایج تحقیق نشان داد که همبستگی NDVI با رطوبت‌نسبی (میانگین و حداکثر) و دمای حداکثر بالاتر است، اما با بارش و دمای حداقل پایین‌تر است و می‌توان گفت هر چه عنصری دارای توزیع یکنواخت‌تر مکانی باشد، تأثیر آن در پیش‌بینی مقدار NDVI بیشتر است. تأثیر آب و هوای فصل گرم بر روی NDVI بیشتر از فصل سرد بوده است، و این خود به نیاز آبی و دمایی گیاه متناسب با رشد پوشش گیاهی برمی‌گردد. در تابستان با افزایش دما و کاهش رطوبت نسبی نقش بارش بسیار افزایش می‌یابد. همچنین تأثیر دما در زمستان مثبت است و به طرف ماه‌های گرم سال منفی می‌گردد. دیگر اینکه بالاترین همبستگی (۰/۷۸) در ماه اکتبر و پایین‌ترین همبستگی ۰/۲۳ برای ژانویه به‌دست آمد. در اغلب متغیرهای هواشناسی، نتایج درون‌یابی کوکریجینگ دارای کمترین مقدار خطاست، اما در درون‌یابی دمای میانگین، روش وزن‌دهی عکس فاصله نتیجه قابل اعتمادی را ارائه داد. همچنین نتایج تأثیر تأخیر زمانی، نشان‌دهنده پاسخ پوشش گیاهی به بارش ۲ ماه قبل و دما و رطوبت نسبی ۱ ماه قبل است، دلیل کوتاهی زمان پاسخ گیاه به عناصر اقلیمی، قرارگیری ایران در عرض‌های خشک و نیمه خشک است.

کلیدواژه‌ها: مراتع ایران، NDVI، AVHRR، آب و هوا و رشد مرتع، سنجش از دور و رشد پوشش گیاهی.

مقدمه

عناصر اقلیمی مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر شرایط پوشش گیاهی به شمار می‌آیند. ارزیابی ارتباط کمی الگوی پوشش گیاهی و عناصر اقلیمی، از مهم‌ترین کاربردهای سنجش از دور در مقیاس جهانی و منطقه‌ای است. بارش و دما به‌طور

* E-mail: farajzam@modares.ac.ir

مستقیم بر توازن آب تأثیر می‌نهند و به‌نوبه خود جزو عوامل تغییر در رطوبت خاک و رشد گیاه‌اند. از اوایل دهه ۱۹۸۰ محققان داده‌های وضعیت پوشش گیاهی را از ماهواره قطبی^۱ AVHRR^۲-NOAA استخراج کردند (توکر، ۱۹۹۶، ۳-۲). شاخص اختلاف گیاهی نرمال شده (NDVI^۳) برای پایش و ارزیابی پوشش گیاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد (جی و پیتز، ۲۰۰۳، ۸۹-۸۶). شاخص اختلاف گیاهی نرمال شده عموماً دامنه‌ای حدود ۰/۵-۰/۷، به ترتیب برای گیاهان پراکنده و پوشش گیاهی متراکم دارد. بعد از این محدوده معین تراکم (۰/۷) افزایش مقدار حجم گیاه سبز مختصر افزایشی در مقدار NDVI ایجاد می‌کند (توکر و سلرز، ۱۹۸۶، ۱۳۹۷). همبستگی فضایی بین شاخص اختلاف گیاهی نرمال شده و عناصر اقلیمی در کارهای متعددی ارزیابی شده است. به‌ویژه همبستگی بالایی بین NDVI و مقدار بارش باران در مناطق خشک به دست آمده است؛ اما ارتباط بین NDVI و دما کمتر ولی معنی‌دار ارزیابی شده است (یانگ و همکاران، ۱۹۹۸، ۲۷؛ ریچارد و پوکارد، ۱۹۹۸، ۲۹۲۰؛ وانگ و همکاران، ۲۰۰۱، ۳۸۲۹؛ جی و پیتز، ۲۰۰۴، ۲۹۹؛ لی و همکاران، ۲۰۰۴، ۴۶۵-۴۶۳).

مطالعات زیادی برای پایش پاسخ گیاه به نوسانات آب و هوایی با شاخص NDVI صورت گرفته است. برای مثال، در افریقا (توکر و همکاران، ۱۹۸۵، ۲۳۵؛ مالو و نیکلسون، ۱۹۹۰، ۵-۲)، ایالات متحده آمریکا (دی و همکاران، ۱۹۹۴، ۲۱۲۳؛ یانگ و همکاران، ۱۹۹۷، ۲۱۶۵) و در مقیاس جهانی (اسکولتز و هالپرت، ۱۹۹۳، ۲۸۰-۲۷۷) مطالعات گوناگونی انجام گرفته‌اند. به‌طور کلی از این مطالعات می‌توان نتیجه گرفت که تغییرات زمانی NDVI همبستگی بالایی با بارش دارند، که به وسیله برخی از محققان به‌صورت خطی (مالو و نیکلسون، ۱۹۹۰، ۲۴-۱) یا غیرخطی (داونپورت و نیکلسون، ۱۹۹۳، ۲۳۷۱) گزارش شده است. برای مثال، اگر بارش بیش از آستانه مشخصی مانند ۵۰۰ میلی‌متر در سال یا بین ۵۰ تا ۱۰۰ میلی‌متر در ماه باشد، همبستگی زیادی بین بارش و NDVI در بوتسوانا (نیکلسون و فارار، ۱۹۹۴، ۱۲۴)، ۲۰۰-۱۰۰۰ میلی‌متر در ماه در شرق افریقا (دی ون پورت و نیکلسون، ۱۹۹۳، ۲۳۷۲) و ۱۰۰۰ میلی‌متر در سال در ساحل غرب افریقا وجود دارد. در افریقا تأخیر زمانی بین اوج بارش و حداکثر NDVI به چشم می‌خورد (جوستیک و همکاران، ۱۹۸۶، ۱۴۵۵) و همبستگی بیشتری بین NDVI و بارش دو ماه قبل وجود دارد (مالو و نیکلسون، ۱۹۹۰، ۲۴-۱؛ داونپورت و نیکلسون، ۱۹۹۳، ۲۳۷۳). میلیچ و ویس (۲۰۰۰) همبستگی بین NDVI و بارش را برای فصل رشد، در حدود ۲۵۰-۵۰۰ میلی‌متر برآورد کردند (میلیچ و ویس، ۲۰۰۰، ۲۶۱).

فارار و همکاران (۱۹۹۴) با مطالعه NDVI بارش و رطوبت خاک در بوتسوانا پی‌بردند که همبستگی بین NDVI و بارش، زمانی بالاست که NDVI به‌وسیله رطوبت خاک کنترل می‌شود. همچنین دما تأثیر مستقیمی روی رشد گیاه دارد (فارار و همکاران، ۱۹۹۴، ۱۲۱). یانگ و همکاران (۱۹۹۷) همبستگی دما و NDVI در نبراسکای ایالات متحده آمریکا را مورد مطالعه قرار دادند و همبستگی بالایی را بین NDVI با درجه روز رشد و دمای خاک مشاهده کردند (یانگ و همکاران، ۱۹۹۷، ۲۱۶۱). پیشینه مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که تأثیر تأخیر زمانی گیاه و بارش، پیچیده است. تأخیر زمانی از چند روز تا یک سال و حتی بیشتر تغییر می‌کند (گوارد و پرینس، ۱۹۹۵، ۵۴۹). یو و همکاران (۲۰۰۰) پی‌بردند که شروع سبزیگی گیاه در استپ‌های داخلی مغولستان وابسته به بارش و دمای رخ داده در پاییز و زمستان سال قبل و بهار سال

1. National Oceanic and Atmospheric Administration
2. Advanced Very High Resolution Radiometer
3. Normalized Difference Vegetation Index

جاری است (یو و همکاران، ۲۰۰۰، ۱۱).

اسکولتز و هالپرت (۱۹۹۵) تغییرپذیری مکانی همبستگی NDVI و دما و بارش را مطالعه کردند، و پی بردند که تغییرات NDVI همبستگی بالایی با آب و هوا ندارد، اما تأخیر زمانی یک‌ماهه بارش با NDVI را معمول دانستند (اسکولتز و هالپرت، ۱۹۹۵، ۲۷۵۵). پیتر و بروک (۱۹۹۸) با مطالعه عناصر سالانه (دما، بارش و تابش سطح) و توزیع فصلی NDVI، تأخیر زمانی ۱ تا ۲ ماهه را برآورد کرده‌اند (پیتر و بروک، ۱۹۹۸، ۲۹۲۱).

ترکیب مقادیر حداکثر تکنیک حفظ بالاترین مقادیر NDVI برای هر پیکسل در طی دوره‌ای یک ماهه با استفاده از تصاویر آن ماه است (ایدن شینک، ۱۹۹۲، ص ۸۰۹؛ هولبن، ۱۹۸۶، ۱۴۱۷). دلیل استفاده از ترکیب مقادیر حداکثر، کاهش فراوان تأثیرات اتمسفری، تأثیرات زاویه تصویربرداری، ابرناکی و تأثیر زاویه زینت خورشیدی است (هولبن، ۱۹۸۶، ۱۴۱۸؛ ماسلی و چپسی، ۲۰۰۶، ۵۵).

اما تحقیقات صورت گرفته در ایران در زمینه تأثیر خشکسالی بر پوشش گیاهی، بدون در نظر گرفتن مناطق مرتعی و به صورت نقطه‌ای بوده است. نتایج برخی از تحقیقات بدین شرح‌اند.

چنار (۱۳۸۰) رابطه بین بارش‌های ماهانه و فصلی و سالانه را با شاخص اختلاف گیاهی نرمال شده مستخرج از AVHRR، با توجه به پدیده خشکسالی استان‌های آذربایجان غربی و شرقی و نیز استان اردبیل مطالعه کرد. مطالعه او همبستگی معنی‌دار بارش و شاخص NDVI را نشان داد (چنار، ۱۳۸۰، ۷۵-۶۰).

صفری (۱۳۸۲) شاخص‌های گیاهی، خاک و آب استخراج شده از تصاویر AVHRR را برای مطالعه وضعیت خشکسالی منطقه زابل مورد بررسی قرار داد. او بین شاخص‌های گیاهی و عناصری مانند بارش‌های پاییزی و زمستانی و بارش سالانه در سطح آب دریاچه هامون همبستگی درخور پذیرشی را مشاهده کرد (صفری، ۱۳۸۲، ۸۵-۷۰).

بررسی NDVI و شاخص بارندگی استاندارد شده (SPI) در حوزه آبریز میناب در دوره آماری ۱۸ ساله نشان‌دهنده همبستگی مثبت NDVI با شاخص SPI است. میزان همبستگی در فصول کم‌باران کمتر می‌شود؛ اما با شروع بارش و رشد گیاه مقدار همبستگی افزایش می‌یابد (طاهرزاده، ۱۳۸۵، ۱۶۵).

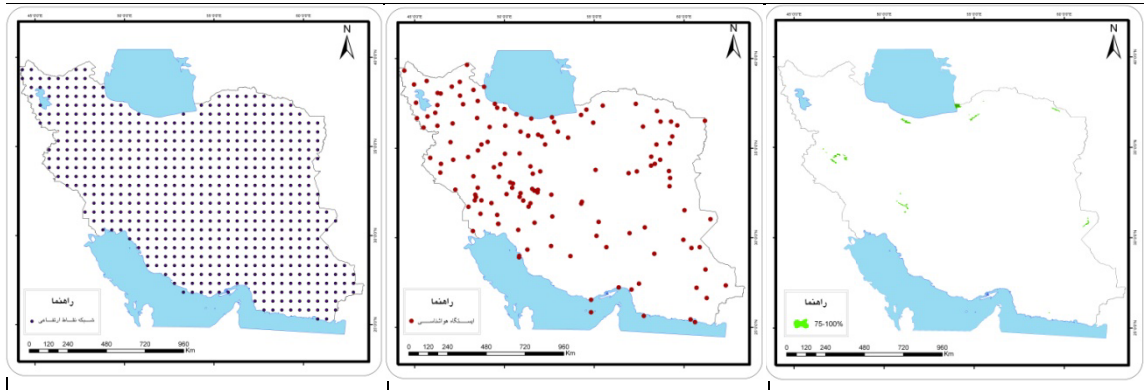
نتایج به دست آمده از به کارگیری شاخص NDVI و VCI به وسیله شمسی‌پور (۱۳۸۶)، نشان‌دهنده شرایط خشکسالی ماه‌های آوریل ۲۰۰۰ و مه ۲۰۰۱ و شرایط ترسالی ماه‌های مه ۲۰۰۲ و ۲۰۰۴ است. همچنین شاخص NDVI و VCI رابطه معناداری با شاخص SPI داشتند (شمسی‌پور، ۱۳۸۶، ۱۸۱-۱۷۶).

با توجه به مطالعات انجام شده، هدف این تحقیق ارزیابی همبستگی عناصر اقلیمی (دما، بارش و رطوبت نسبی) با مقادیر NDVI مستخرج از تصاویر AVHRR به صورت فضایی در مراتع متراکم ایران است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه، مراتع با تراکم ۱۰۰-۷۵ درصد کل کشور ایران (شکل ۱ الف) است (سازمان جنگل‌ها و مراتع، ۱۳۷۵). مساحت منطقه مطالعه حدود ۲۳۵۲۱۴/۲۸ هکتار است. پایین‌ترین نقطه ارتفاعی در مراتع متراکم ۰/۴ متر در جنوب شرقی دریای خزر، و بالاترین نقطه ارتفاعی ۳۵۶۲ متر مربوط به ارتفاعات زاگرس بختیاری و ارتفاع متوسط مراتع

متراکم ۱۵۰۴/۳ متر است.



شکل ۱ الف) منطقه مطالعه شده (مراتب با تراکم ۱۰۰-۷۵ درصد کشور ایران)؛ ب) ایستگاه‌های هواشناسی هم‌دید و ج) اقلیم‌شناسی (کلیماتولوژی) مورد مطالعه؛ و ج) نقاط ارتفاعی استخراج شده از مدل رقومی ارتفاع (DEM)

ایستگاه‌های هم‌دید و اقلیم‌شناختی به دلیل ثبت عناصر اقلیمی دما و بارش و رطوبت نسبی برای دوره زمانی سپتامبر ۲۰۰۵ تا اکتبر ۲۰۰۶ انتخاب گردید که ۱۳۴ ایستگاه دارای داده‌های ثبت شده بدون نقص در دوره مطالعه بودند (شکل ۱ ب). لازم به ذکر است که به منظور کاهش خطا، بازسازی داده انجام نشد. پست‌ترین نقطه ایستگاهی بندر انزلی با ۲۶/۲- متر و مرتفع‌ترین ۲۴۶۵/۲ متر ایستگاه آبعلی می‌باشد.

به دلیل تأثیر توپوگرافی بر عناصر اقلیمی، داده‌های ارتفاعی به صورت ۰/۳ درجه‌ای (شکل ۱ ج) از مدل رقومی ارتفاعی (DEM) استخراج گردید. مدل رقومی ارتفاعی به دست آمده از شاتل راداری SRTM^۱ با ابعاد تقریباً ۸۰ × ۸۰ کیلومتری بود و در مجموع ۶۲۵ نقطه ارتفاعی برداشت شد.

تصاویر مطالعه شده تحقیق مربوط به NOAA-۱۸ از وبسایت <http://www.class.ngdc.noaa.gov> استخراج گردید که در سطح 1B و قدرت تفکیک مکانی ۱/۱ کیلومتری بود. در مجموع ۳۶ تصویر اغلب مربوط به اوایل و اواخر هر ماه انتخاب گردید. لازم به ذکر است که انتخاب تصاویر بر اساس کمترین میزان ابرناکی بود.

ابتدا پایگاه داده عناصر اقلیمی در نرم‌افزار ArcGIS 9.3 ایجاد شد. برای درون‌یابی داده‌های هر عامل از سه روش زمین-آماری وزن‌دهی عکس فاصله، کریجینگ و کوکریجینگ استفاده گردید. تعداد نقاط همسایه ۱۰ در نظر گرفته شد و نوع کریجینگ معمولی و کوکریجینگ کروی مورد استفاده قرار گرفت. لازم به ذکر است که برای درون‌یابی در روش کوکریجینگ همراه با هر عنصر اقلیمی عامل ارتفاع، در محاسبه وارد شد. شکل ۲ شمایی کلی از فرایند اجرای تحقیق را نشان می‌دهد.

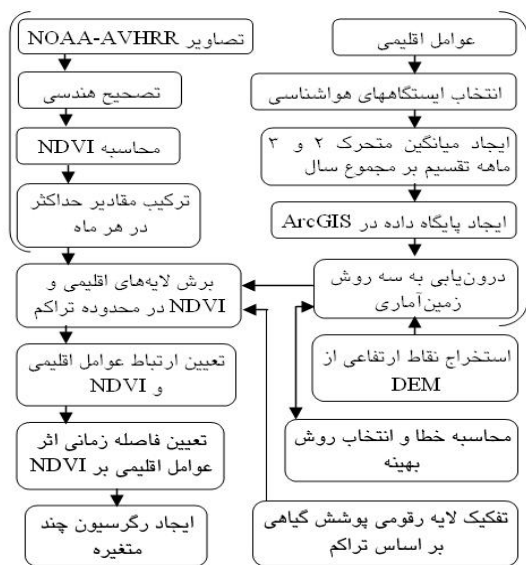
برای انتخاب روش بهینه از تکنیک Cross-Validation برای ارزیابی روش‌های زمین‌آماری استفاده شد. سپس دقت

(^۲MAE) و انحراف (^۳MBE) روش‌های درون‌یابی از روابط زیر محاسبه گردید (اختری و همکاران، ۱۳۸۵، ۳۵-۲۸):

1. Shuttle Radar Topography Mission (<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>)

2. Mean Absolute Error

3. Mean Bias Error



شکل ۲. نمودار فرایند اجرای تحقیق

$$\text{رابطه (۱)} \quad MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \hat{Z}(X_i) - Z(X_i) \right|$$

$$\text{رابطه (۲)} \quad MBE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\hat{Z}(X_i) - Z(X_i) \right)$$

که در آنها، $Z^*(X_i)$ مقدار پیش بینی شده در نقطه X_i ، $Z(X_i)$ مقدار اندازه گیری شده در نقطه X_i و n تعداد نقاط است. MAE معرف خطاست که هر چه به صفر نزدیک تر باشد، دقت روش مورد نظر مناسب تر است. مقدار MBE بیانگر میانگین انحراف است که می تواند مثبت و یا منفی باشد. از بُعد نظری، هر گاه این دو مقدار برابر صفر شوند، نشان از آن دارد که دقت روش صد در صد است و مقدار تخمین زده شده، کمیتی است برابر با مقدار واقعی (فرجی سبکیار و عزیز، ۱۳۸۵، ۱۲).

مقادیر خطای جذر مربع میانگین^۱ (انحراف معیار) از رابطه زیر محاسبه می شود که مقدار اختلاف بین مقدار پیش بینی شده و اندازه گیری شده را نشان می دهد (وسلر، ۱۹۹۹، ۲۶۲):

$$\text{رابطه (۳)} \quad RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2}{N - 1}}$$

که در آن، y_i مقدار پیش بینی شده، \hat{y}_i مقدار اندازه گیری شده، و N = تعداد نقاط نمونه. در نهایت، بهترین روش برای درون یابی داده های دما و بارش و رطوبت نسبی انتخاب شد.

برای محاسبه شاخص اختلاف گیاهی نرمال شده (NDVI) ابتدا تصاویر ماهواره ای با استفاده از نرم افزار ENVI تصحیح هندسی و رادیومتریک گردید. به دلیل استفاده از داده فایل HDR تصاویر، میزان خطا در تصحیح هندسی کمتر از ۰/۱ پیکسل (۱۰۰ متر) بود. شاخص اختلاف گیاهی نرمال شده از باند مادون قرمز نزدیک (NIR) و قرمز (RED) محاسبه می شود (توکر، ۱۹۷۹، ۱۲۸). رابطه ای که در پی می آید،

$$\text{رابطه (۴)} \quad NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

با استفاده از نرم افزار ERDAS 8.7 پوشش گیاهی (NDVI) کل ایران استخراج گردید. به دلیل دامنه کم (۱ تا -۱) مقدار به دست آمده، در این مطالعه دامنه ای از -۲۵۵- ایجاد شد، تا مقادیر مشخص تر شود. سپس فرمول ترکیب مقادیر حداکثر (MVC) روی تصاویر هر ماه اعمال گردید، زیرا ترکیب مقادیر حداکثر باعث کاهش فراوان تأثیرات اتمسفری، تأثیرات زاویه تصویربرداری، ابرناکی و تأثیرات زاویه زینت خورشیدی می شود (هولین، ۱۹۸۶، ۱۴۱۹؛ ماسلی و چپسی،

1. Root-Mean-Square Error
2. Maximum Value Composite

۲۰۰۶، ۵۶). در نهایت، تصاویر در محدوده مورد مطالعه برش داده شد.

برای محاسبه همبستگی NDVI و عناصر اقلیمی از روش رگرسیون حداقل مربعات معمولی یا (OLS) استفاده شد، که دارای متغیر مستقل است. (پروپستین و همکاران، ۲۰۰۹، ۴۶۸-۴۵۹).

به رابطه ۵ توجه فرمایید:

$$y = \alpha + \beta * X + \varepsilon \quad \text{رابطه (۵)}$$

که در آن، y = متغیر وابسته، α = عرض از مبدأ، β = ضریب رگرسیون، X = متغیر مستقل، و ε = خطای تصادفی است. از آنجا که در این تحقیق هفت متغیر مستقل مورد بررسی قرار گرفته است، از رگرسیون خطی چندمتغیره (MOLS) استفاده شد.

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_K X_K + \varepsilon \quad \text{رابطه (۶)}$$

در رابطه ۶، Y = متغیر وابسته، α = عرض از مبدأ، β = ضریب رگرسیون، X = متغیرهای مستقل، و ε = خطای تصادفی است (بیکر، ۲۰۰۳، ۲۰۹-۲۰۶)؛ که در اینجا NDVI متغیر وابسته و عناصر اقلیمی متغیر مستقل اند.

یافته‌ها

نتایج حاصل از روش‌های درون‌یابی نشان‌دهنده بهتر بودن روش کوکریجینگ است، به طوری که R^2 حاصل از داده‌های اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده این روش در عناصر بارش، متوسط حداکثر دما، متوسط حداقل دما، میانگین و حداقل رطوبت نسبی به ترتیب ۰/۴۳۶، ۰/۹۳، ۰/۸۶۳، ۰/۶۷۲، ۰/۷۴۱ و ۰/۷۰۳ است (جدول ۱). تنها در میانگین دمای ماه ژانویه روش وزن‌دهی عکس فاصله (IDW) با مقدار ۰/۸۸۱، از روش کوکریجینگ بهتر بود. بهترین مقدار R^2 پیش‌بینی شده مربوط به متوسط حداکثر دماست. دلیل این امر احتمالاً توزیع یکنواخت‌تر این عنصر است. کمترین مقدار R^2 مربوط به بارش است که حداکثر ۰/۴۳۸ در روش کوکریجینگ است. دلیل آن را می‌توان تأثیرپذیری بارش از عوامل مختلف دانست.

جدول ۱. ارتباط داده‌های اقلیمی اندازه‌گیری شده با مقدار پیش‌بینی شده در روش‌های زمین‌آماري

روش‌های درون‌یابی	روش‌های درون‌یابی	روش‌های درون‌یابی	روش‌های درون‌یابی
عوامل اقلیمی	روش‌های درون‌یابی	روش‌های درون‌یابی	روش‌های درون‌یابی
متوسط حداکثر دما	۰/۸۷۶	۰/۸۶۲	۰/۹۳
میانگین دما	۰/۸۸۱	۰/۸۴۵	۰/۸۵۰
متوسط حداقل دما	۰/۸۴۳	۰/۷۶۵	۰/۸۶۳
متوسط حداکثر رطوبت نسبی	۰/۶۴۸	۰/۶۶۷	۰/۶۷۲
میانگین رطوبت نسبی	۰/۷۰۷	۰/۷۳۷	۰/۷۴۱
متوسط حداقل رطوبت نسبی	۰/۶۴۲	۰/۷	۰/۷۰۳
بارش	۰/۳۴۸	۰/۴۲۸	۰/۴۳۸

1. Ordinary Least Squares
2. Multivariate Ordinary Least Squares Regression
3. Inverse Distance Weighted

جدول ۲. مقادیر برآورد خطا یا بایاس میانگین، خطای مطلق میانگین و خطای جذر مربع میانگین در روش‌های درون‌یابی

خطای جذر مربع میانگین	خطا یا بایاس میانگین	میانگین مطلق خطا	روش‌های زمین‌آماری	مقادیر خطا / فاکتور اقلیمی
۰/۰۰۹۴۲۴	۰/۰۰۹۴۲۴	۴/۹۱۸۹۹	کوکریجینگ	متوسط حداکثر دما، ژانویه ۲۰۰۶
-۰/۱۷۲۸	-۰/۱۷۲۷۶	۵/۰۶۹۸۸۷	کریجینگ	
۰/۰۰۸۴۶۹	۰/۰۶۹۱۸۱	۴/۹۲۴۸۵۳	وزن‌دهی عکس فاصله	
-۰/۰۰۱۰۸	-۰/۰۰۱۰۸	۱/۳۰۳۵۱۸	کوکریجینگ	متوسط حداکثر رطوبت، ژانویه ۲۰۰۶
-۰/۰۰۵۶۸	-۰/۰۰۵۶۹	۱/۹۳۷۱۵۴	کریجینگ	
۰/۰۳۱۸۶	۰/۰۳۱۸۶۴	۱/۸۱۷۶۵۲	وزن‌دهی عکس فاصله	
۱/۰۳۹	۱/۰۳۸۸۸۱	۲۵/۶۵۹۳۹	کوکریجینگ	بارش، ژانویه ۲۰۰۶
۲/۱۹۲	۲/۱۹۱۹۴۹	۲۶/۳۴۶۲۸	کریجینگ	
-۰/۲۷۸۱	-۰/۲۷۸۰۶	۳۱/۶۵۶۸	وزن‌دهی عکس فاصله	
۰/۰۰۰۱۵۲۵	۰/۰۰۷۸۰۹	۲/۱۲۷۴۱۲	کوکریجینگ	میانگین دما، ژانویه ۲۰۰۶
-۰/۰۰۰۵۸۱۴	-۰/۰۰۰۵۸	۲/۱۶۱۷۹۸	کریجینگ	
-۰/۱۹۶۱	-۰/۱۹۶۱۲	۱/۷۹۶۷۵۸	وزن‌دهی عکس فاصله	
-۰/۰۰۷۸۰۱	-۰/۰۰۰۴۶	۲/۶۱۴۹۱۲	کوکریجینگ	متوسط حداقل دما، ژانویه ۲۰۰۶
۰/۱۰۲۳	-۰/۰۰۸۷	۲/۶۴۳۱۰۴	کریجینگ	
-۰/۲۱۹	-۰/۲۱۹۰۴	۲/۰۴۲۰۳۵	وزن‌دهی عکس فاصله	
۰/۰۲۵۱۸	۰/۰۲۵۱۸۴	۴/۷۱۸۲۸۵	کوکریجینگ	میانگین رطوبت نسبی، ژانویه ۲۰۰۶
۰/۰۲۹۸۸	۰/۰۲۹۸۸۲	۴/۷۲۳۲۹۵	کریجینگ	
۰/۲۲۴۶	۰/۲۲۴۵۶۸	۵/۱۲۰۲۰۳	وزن‌دهی عکس فاصله	
۰/۰۴۳۳۲	۰/۰۴۳۳۱۷	۵/۶۴۲۳۰۹	کوکریجینگ	متوسط حداقل رطوبت نسبی، ژانویه ۲۰۰۶
۰/۰۶۴۴۳	۰/۰۶۴۴۲۹	۵/۶۷۸۰۶۱	کریجینگ	
۰/۵۴۱۳	۰/۵۴۱۳۲۳	۶/۲۲۸۲۵۴	وزن‌دهی عکس فاصله	

در جدول ۲ مقادیر قدر مطلق خطا، خطای مجذور مربع میانگین و خطا یا بایاس میانگین در روش‌های درون‌یابی عناصر اقلیمی نشان داده شده است. هر چه این مقادیر کمتر باشد، نشان‌دهنده بهینه بودن روش است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، در اغلب موارد مقدار خطا در روش کوکریجینگ کمتر است. کمترین مقدار خطا یل بایاس میانگین مربوط به متوسط حداقل دما با $0/00046$ و بیشترین خطا مربوط به بارش است. کمترین مقدار خطای مطلق میانگین مربوط به متوسط حداکثر رطوبت $1/303518$ در روش کوکریجینگ، و بیشترین مقدار خطای مطلق میانگین مربوط به عامل بارش با $13/6568$ مربوط به روش وزن‌دهی عکس فاصله است. کمترین خطای جذر مربع مربوط به میانگین دما با مقدار $0/0001$ و بیشترین مربوط به بارش است.

با توجه به تأثیر تأخیر زمانی عناصر اقلیمی بر NDVI، برای برآورد این مقدار تأخیر، عناصر اقلیمی از ماه سپتامبر ۲۰۰۵ و تصاویر ماهواره‌ای از ژانویه ۲۰۰۶ مورد بررسی قرار گرفت، به‌طوری که همبستگی هر عنصر برای کل ماه با NDVI محاسبه شد. در نهایت بهترین همبستگی به عنوان تأخیر زمانی تأثیر عنصر اقلیمی بر رشد پوشش گیاهی در نظر گرفته شد. برای عنصر بارش تأخیر زمانی دو ماهه و برای عنصر دما و رطوبت نسبی تأخیر زمانی یک‌ماهه، به عنوان

بهترین حالت برآورد گردید. مقادیر محاسبه شده از رگرسیون خطی چندمتغیره در جدول ۳ و ۴ ارائه شده است.

جدول ۳. ضریب تأثیر عوامل اقلیمی در محاسبه NDVI با رگرسیون خطی چندمتغیره (MOLS)

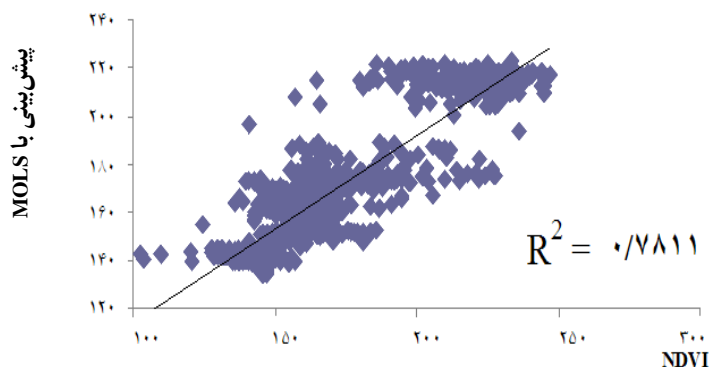
فاکتور اقلیمی	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مه	ژوئن	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر
دمای حداکثر	۵/۵۷	-۱۷/۹۷	-۷/۵۳	-۲۱/۹۵	-۱۶/۶۸	۷۱/۹۰	۳۲/۶۰	۳۵/۲۰	-۱۲/۲۶	-۲۰/۱۳
دمای میانگین	-۲/۷۲	۱۵/۹۲	۷/۷۱	۳۵/۷۴	-۳۸/۹۰	-۷۶/۶۲	-۳۸/۶	-۱۱/۹۳	۱۰/۸۰	۲/۱۴
دمای حداقل	-۰/۸	۰/۲	-۰/۳۵	-۱/۵	۶۷/۹۰	۱۱/۱۴	۵/۱۱	-۱۲/۳۱	۰/۸۵	۶/۴۵
رطوبت نسبی حداکثر	-۱۳/۵۹	-۸/۳۵	۱۱/۴۶	۷۶/۳۹	۲۵۷/۸۳	۷۷/۱۲	۵۲/۷۶	-۵۲/۵۰	۱۵/۳۴	۱۴/۰۶
رطوبت نسبی میانگین	۲۱/۷۷	۱۵/۷۴	۳/۴۷	-۱۶۷/۹۶	-۶۰۳/۴	-۱۷۲/۷	-۸۷/۷	۱۴۷/۹۸	۱۱/۳۷	۱۴/۶۹
رطوبت نسبی حداقل	-۶/۲۳	-۰/۹	-۸/۲۸	۸۳/۲۳	۳۳۳/۴۹	۹۷/۴۹	۵۲/۱۷	-۹۶/۷۵	-۳۳/۶۶	-۱۲/۹۵
بارش	-۰/۵۹	-۰/۵۳	-۰/۵۳	۰/۷۴	-۱/۰۸	-۰/۲۲	-۱/۴۵	-۱/۰۴	۶/۶۳	۲

جدول ۳ نشان‌دهنده ضریب تأثیر (β) هر کدام از عناصر اقلیمی در محاسبه شاخص اختلاف گیاهی نرمال شده مربوط به ماه‌های ژانویه تا اکتبر ۲۰۰۶ است. جدا از حالت منفی مقادیر، در اغلب ماه‌ها رطوبت نسبی میانگین و حداکثر و دمای حداکثر بیشترین نقش داشته است؛ اما عوامل بارش، رطوبت نسبی حداقل و دمای حداقل دارای نقش خیلی کمتری بوده‌اند. کمترین نقش در این میان مربوط به بارش است. همان‌گونه که شکل (۱ الف) نشان می‌دهد، قرارگیری منطقه مورد مطالعه در بخش‌های مختلف کشور مانند زاگرس بختیاری، زاگرس مرکزی واقع در استان کرمانشاه، دشت سیستان، حاشیه جنوب شرقی دریای خزر، البرز مرکزی و شرقی، و عامل توپوگرافی غیرهمگن، باعث شده‌اند تا هم مقدار R^2 حاصل از درون‌یابی پایین باشد و هم ضریب تأثیر بارش در قیاس با دیگر عناصر اقلیمی، بسیار پایین‌تر از حد انتظار باشد. در مقابل مقدار ضریب تأثیر بارش با افزایش دما و کاهش رطوبت نسبی در اواخر تابستان، بیشتر شده است. از نتایج حاصل از ضرایب تأثیر مشخص است که هر چه مقدار عامل اقلیمی در سطح کشور یکنواخت‌تر باشد، آن عامل ضریب نسبتاً بیشتری دارد. از آنجا که توپوگرافی متفاوتی بر منطقه مطالعه حاکم است، نمی‌توان دلایل قاطعی برای ضریب تأثیر دما برشمرد. لازم به ذکر است که مقادیر زیر در سطح معنی‌داری ۹۹ درصد P value 0.0001 مقدار جدول برابر $3/0902$ است که در مقابل مقدار مشاهده شده آماره عددی (۱۴۲۵۰) نقطه محاسباتی) مراتع متراکم ناچیز است.

جدول ۴. ضرایب محاسبه شده در رگرسیون خطی چندمتغیره (MOLS) بین عوامل اقلیمی با NDVI

ضرایب OLS	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مه	ژوئن	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر
ضریب α	۱۲۲/۴۳	۱۱۲/۳۷	۱۱۰/۷۵	۱۳۸/۵۲	۱۱۲/۷۵	۹۷/۶۳	۹۴/۲۴	۱۱۴/۸۹	۱۳۱/۳۲	۱۳۴/۴۹
خطای تصادفی	۱۴۸/۲۹	۱۱۶/۸۴	۴۴/۶۸	۵۹۲/۴۱	۴۴۸/۲۷	۳۸۸/۰۲	۴۰۲/۲۵	۳۱۱/۴۴	۳۳۹/۷	۱۵۵/۹۱
R^2	۰/۲۳	۰/۴۹	۰/۵۷	۰/۳۱	۰/۶۴	۰/۷۲	۰/۵۷	۰/۶۸	۰/۶۳	۰/۷۸
AIC	۱۱۵۲۸/۴	۱۱۱۷۸	۹۷۶۴/۸	۱۳۵۶۴/۴	۱۳۱۵۴/۶	۱۲۹۴۲	۱۲۹۹۵	۱۲۶۱۹	۱۲۷۴۶/۹	۱۱۶۰۲

جدول ۴ مقادیر عرض از مبدأ (ضریب ثابت α)، خطای تصادفی (ϵ)، ضریب همبستگی (R^2) و ملاک اطلاعاتی ایایک (AIC¹) را نشان می‌دهد. همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد، مقدار ضریب همبستگی از ماه‌های سرد سال به سمت ماه‌های گرم سال بیشتر می‌گردد. این مقدار از ماه مه بسیار اوج می‌گیرد و در ماه‌های ژوئن و اوت بالاتر می‌رود و در ماه اکتبر به بالاترین حد خود می‌رسد. در برخی از ماه‌ها مقدار ضریب همبستگی کمتر از ماه‌های قبل و بعد از آن است. از جمله دلایل این امر می‌تواند وجود پوشش برف بر روی زمین و نظایر اینها باشد. آنچه که در مجموع باعث شده است تا مقدار ضریب همبستگی کمتر از حد انتظار باشد، یکی از عوامل آن به مقدار خطای حاصل از درون‌یابی برمی‌گردد؛ و پس از آن، پراکندگی منطقه مطالعه شده در مناطق مختلف کشور و توپوگرافی متفاوت است. خطای تصادفی، مقدار خطای باقی مانده از عوامل اقلیمی را نشان می‌دهد. بیشترین مقدار مربوط به ماه مه است و کمترین مقدار مربوط به ماه مارس. هر چه این مقادیر بیشتر باشد، نشان از پیچیدگی بیشتر داده‌ها در آن ماه دارد. ملاک اطلاعاتی ایایک برای سنجش مدل به کار برده می‌شود. هر چه این مقدار کمتر باشد، نشان‌دهنده پیچیدگی کمتر مدل محاسباتی است. به عبارت بهتر، مقادیر کمتر نشان‌دهنده همبستگی بهتر داده‌های مشاهده شده است. بیشترین مقدار ملاک اطلاعاتی ایایک مربوط به ماه آوریل است، و کمترین آن مربوط به ماه مارس.



شکل ۳. نمودار روش رگرسیون خطی چندمتغیره مقدار NDVI با مقدار پیش‌بینی شده در ماه اکتبر

رگرسیون خطی چندمتغیره علاوه بر محاسبه پارامترها، با توجه به عناصر اقلیمی، مقداری را برای هر کدام از پیکسل‌ها پیش‌بینی می‌کند. شکل ۳ نمونه‌ای از نمودار رگرسیون خطی مقدار پیش‌بینی شده با رگرسیون خطی چندمتغیره با مقدار واقعی NDVI برای ماه اکتبر را نشان می‌دهد. هر چه این مقدار به ۱۰۰ نزدیک‌تر باشد، انطباق پاسخ بهتر NDVI به عوامل اقلیمی را بیان می‌کند.

بحث و نتیجه‌گیری

یکی از مهم‌ترین شاخص‌ها برای پایش و ارزیابی توان رشد پوشش گیاهی، شاخص اختلاف گیاهی نرمال شده (NDVI) به دست‌آمده از داده‌ها AVHRR است. عناصر اقلیمی مهم‌ترین عامل تأثیرگذار بر رشد گیاه به شمار می‌آیند، تأثیر هر

یک از این عوامل در هر مکان جغرافیایی متفاوت است، به طوری که در هر مکان تأثیر یکی از عناصر اقلیمی بسته به شرایط محیطی، از بقیه بیشتر است. در این تحقیق میران تأثیر سه عنصر مهم اقلیمی بارش، دما و رطوبت نسبی بر رشد گیاه مورد مطالعه گرفت.

نتایج حاصل از این تحقیق را می‌توان چنین برشمرد:

۱- بهینه بودن روش کوکریجینگ و داده ارتفاعی حاصل از مدل رقومی ارتفاع در درون‌یابی اغلب عناصر اقلیمی (غیر از دمای میانگین، که روش وزن‌دهی عکس فاصله بهتر است).

۲- تأثیر تأخیر زمانی دوماهه بارش و یک‌ماهه دما و رطوبت در رشد گیاه است که با نتایج پیترو و بروک ۱۹۹۸ منطبق است، اما نتایج او چندان در مورد هر عنصر اقلیمی مشخص نیست و تنها به تأخیر زمانی یک تا دو ماهه اشاره کرده است. نتایج مالو و نیکلسون (۱۹۹۰)؛ دی‌ون پورت و نیکلسون، (۱۹۹۳) همبستگی بین NDVI با بارش را دو ماه زودتر برآورد کردند که با نتایج تحقیق منطبق است.

۳- رگرسیون خطی چندمتغیره ضریب تأثیر رطوبت نسبی میانگین و حداکثر و دمای حداکثر را در اغلب ماه‌ها (ژانویه تا اکتبر) در سال ۲۰۰۶ نشان می‌دهد. اما عناصر اقلیمی بارش، رطوبت نسبی حداقل و دمای حداقل نقش خیلی کمتری در برآورد مقدار NDVI داشته‌اند. نتایج یانگ و همکاران (۱۹۹۷) در نبراسکای ایالات متحد آمریکا نیز این واقعیت را نشان می‌دهد که مقدار همبستگی دما با NDVI بسیار بالاست. اما نتایج محققانی از جمله یانگ و همکاران، ۱۹۹۸؛ ریچارد و پوکارد، ۱۹۹۸؛ وانگ و همکاران، ۲۰۰۱؛ جی و پیترو، ۲۰۰۴؛ لی و پیترو، ۲۰۰۳ با نتایج این تحقیق یکسان نیست، به طوری که نشان از ارتباط بیشتر بارش با NDVI نسبت به دما دارد. دلیل این اختلاف احتمالاً به شرایط خاص توپوگرافی منطقه مورد مطالعه و قرارگیری ایران در جنب حاره برمی‌گردد که پراکندگی بارش را تحت تأثیر قرار داده است.

۴- مقدار ضریب همبستگی R^2 در سطح معنی‌داری ۹۹ درصد، از ماه‌های سرد سال (ژانویه ۰/۲۳) به سمت ماه‌های گرم سال (ژوئن ۰/۷۲) مقدار بیشتر می‌شود. این مقدار از ماه مه (۰/۶۴) افزایش فراوانی می‌یابد و در ماه‌های ژوئن تا اوت بالاتر می‌رود و در ماه اکتبر به بالاترین حد خود می‌رسد. این امر نشان‌دهنده اوج سبزیگی از ماه‌های گرم است. آنچه که در مجموع مقدار ضریب همبستگی را کمتر کرده است، ورود خطای حاصل از درون‌یابی و تنوع مکانی منطقه مطالعه شده است. البته این مقدار با نتایج پروپستین و همکاران (۲۰۰۹) که مقدار R^2 عنصر بارش را به طور متوسط ۰/۶۳ برآورد کرده است، انطباق دارد.

۵- ضریب تأثیر بارش با افزایش دما و کاهش رطوبت نسبی در اواخر فصل تابستان بیشتر می‌شود.

سپاس‌گزاری

از سازمان هواشناسی کشور و سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور، برای همکاری‌شان در زمینه داده‌های اقلیمی و لایه رقومی پوشش گیاهی، تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

- Akhtari, R., Mahdian, M. H., & Morid, S., 2007, **Assessment of Spatial Analysis of SPI and EDI Drought Indices in Tehran Province**, Iran-Water Resources Research, Vol. 2, No. 3, pp.28-38.
- Baker, M.J., 2003, **The Marketing Book**, fifth edition, Oxford OX2 8DP, pp. 206-209. (google book online).
- Chenar, A., 2001, **Drought Assessment & Monitoring in East & West Azarbaijan & Ardabil Provinces Using AVHRR Images**, supervisor: Abbas Alimohamadi Sarab, Master of Science Remote Sensing & GIS, University of Tarbiat Modares, p.81.
- Davenport, M. L., and Nicholson, S. E., 1993, **On the Relation Between Rainfall and the Normalized Difference Vegetation Index for Diverse Vegetation Types in East Africa**, International Journal of Remote Sensing, 14, pp. 2369–2389.
- Di, L., Rundquist, D. C., and Han, L., 1994, **Modelling Relationships Between NDVI and Precipitation During Vegetation Growth Cycles**, International Journal of Remote Sensing, 15, pp. 2121–2136.
- Eidenshink, J. C., 1992, **The 1990 Conterminous U.S. AVHRR Data Set**, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 58, pp. 809– 813.
- Farajisabokbar, H., & Azizi, G., 2007, **Investigation the Accuracy of Spatial Interpolation Methods (Case Study: Modeling Precipitation in Krdeh Basin)**, Physical Geographical Research Quarterly, No. 58, pp. 1-15.
- Farrar, T. J., Nicholson, S. E., and Lare, A. R., 1994, **The Influences of Soil Type on the Relationships Between NDVI, Rainfall, and Soil Moisture in Semiarid Botswana, II. NDVI response to soil moisture**. Remote Sensing of Environment, 50, pp. 121–133.
- Goward, S. N., and Prince, S. D., 1995, **Transient Effects of Climate on Vegetation Dynamics: Satellite Observations**, Journal of Biogeography, 22, pp. 549–563.
- Holben, B. N., 1986, **Characteristics of Maximum-value Composite Images from Temporal AVHRR Data**, International Journal of Remote Sensing, 7, pp. 1417– 1434.
- Ji, L. and A. J. Peters, 2004, **A Spatial Regression Procedure for Evaluating the Relationship between AVHRR-NDVI and Climate in the Northern Great Plains**, Int. J. Remote Sensing, 25, pp. 297-311.
- Ji, L., and Peter, A. J., 2003, **Assessing Vegetation Response to Drought in the Northern Great Plains Using Vegetation and Drought Indices**, Remote Sensing of Environment, 87, pp. 85–98.
- Justice, C. O., Holben, B. N., and Gwynne, M. D., 1986, **Monitoring East African Vegetation Using AVHRR Data**, International Journal of Remote Sensing, 7, pp. 1453–1474.
- Li, J., Lewis, J., Rowland, J., Tappan, G. and L. L. Tieszen, 2004, **Evaluation of Land Performance in Senegal Using Multi-temporal NDVI and Rainfall Series**. Journal of Arid Environments, 59, pp. 463-480.
- Malo, A. R., and Nicholson, S. E., 1990, **A Study of Rainfall and Vegetation Dynamics in the African Sahel Using Normalized Difference Vegetation Index**, Journal of Arid Environments, 19, pp. 1–24.
- Maselli, F., & M. Chiesi, 2006, **Integration of Multi-source NDVI Data for the Estimation of Mediterranean Forest Productivity**, International Journal of Remote Sensing, 27, pp. 55-72.
- Milich, L., and Weiss, E., 2000, **GAC NDVI Images: Relationship to Rainfall and Potential Evaporation in the Grazing Lands of The Gourma (Northern Sahel) and in the Croplands of the Niger- Nigeria Border (Southern Sahel)**, International Journal of Remote Sensing, 21, pp. 261-280.
- Potter, C.S., Brooks, V., 1998, **Global Analysis of Empirical Relations Between Annual Climate and Seasonality of NDVI**, International Journal of Remote Sensing 15, pp. 2921–2948.

- Propastin, P., Muratova, N., and Kappas, M., 2009, **Reducing Uncertainty in Analysis of Relationship Between Vegetation Patterns and Precipitation**, 7th International Symposium on Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Sciences, Edited by M. Caetano and M. Painho, pp. 459-468.
- Richard Y. & I. Pocard, 1998, **A Statistical Study of NDVI Sensitivity to Seasonal and Interannual Rainfall Variations in Southern Africa**, *Int. J. Remote Sensing*, 19, pp. 2907-2920.
- Safari, H., 2003, **Surviving the Situation of Drought by Using Weather Data and NOAA Images in the Zabol Region**, supervisor: Abbas Alimohamadi Sarab, Master of Science Remote Sensing & GIS, University of shahid Beheshti, p. 98.
- Schultz, P. A., and Halpert, M. S., 1993, **Global Correlation of Temperature**, NDVI and precipitation, *Advances in Space Research*, 13(5), pp. 277-280.
- Schultz, P. A., and Halpert, M. S., 1995, **Global Analysis of the Relationships Among a Vegetation Index, Precipitation, and Land Surface Temperature**, *International Journal of Remote Sensing*, 16, pp. 2755- 2777.
- Shamsipour, A. A., 2007, **Analysis of Drought Events for Kashan Area with NOAA-AVHRR Data**, Supervisors: S. K. AlaviPanah and H. Mohammadi, A thesis the degree of Ph.D. in Climatology, University of Tehran.
- Taherzadeh, S. A., 2007, **Drought Analysis Using Remote Sensing & GIS Techniques on the Minab Basin**, supervisor: Prviz zeaiean, Master of Art Remote Sensing & GIS, University of Tarbiat Modares, p. 173.
- Tucker, C. J. & P. J. Sellers, 1986, **Satellite Remote Sensing of Primary Production**, *International Journal of Remote Sensing*, 7, pp. 1396-1416.
- Tucker, C. J., 1979, **Red and Photographic Infrared Linear Combinations for Monitoring Vegetation**, *Remote Sensing of Environment*, 8, pp. 127-150.
- Tucker, C. J., 1996, **History of the Use of AVHRR Data for Land Applications**, In: G. D Souza, A. S. Selward and J. P. Malingreau, Editors, *Advances in the use of NOAA AVHRR data for land applications*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 1-19.
- Tucker, C. J., Vanpraet, C. L., Sharman, M. J., and Van Ittersum, G., 1985, **Satellite Remote Sensing of Total Herbaceous Biomass Production in the Senegalese Sahel: 1980-1984**, *Remote Sensing of Environment*, 17, pp. 233-249.
- Wang, J., Price, K. P. and P. M. Rich, 2001, **Spatial Patterns of NDVI in Response to Precipitation and Temperature in the Central Great Plains**, *Int. J. Remote Sensing*, 22, pp. 3827-3844.
- Wechsler, 1999, **Digital Elevation Model (DEM) Uncertainty: Elevation and Effect on Topographic Parameters**, available at www.esri.com/library/userconf/proc99/proceed/papers/pap262/p262.htm.
- Yang, L., Wylie, B., Tieszen, L. L., and B. C., Reed, 1998, **An analysis of Relationships Among Climate Forcing and Time-integrated NDVI of Grasslands over the U.S. Northern and Central Great Plains**, *Remote Sens. Environ*, 65, pp. 25-37.
- Yang, Y., Yang, L., and Merchant, J. W., 1997, **An Assessment of AVHRR/NDVI-Ecoclimatological Relations in Nebraska, USA**, *International Journal of Remote Sensing*, 18, pp. 2161-2180.
- YU, F., PRICE, K. P., LEE, R., and ELLIS, J., 2000, **Analysis of the Relationships Between Climatic Variation and Seasonal Grassland Development in Central Asia**, *Proceeding of the Annual ASPRS Meetings*, Washington DC, 22-26 May, pp. 11.

Assessment of the Effect of Climatic Factors on the Growth of Dense Pastures of Iran, Using AVHRR Images

Farajzadeh M.*

Associated Prof., Dep. of Remote Sensing, Tarbiat Modares University

Fathnia A.

Ph.D. Graduate, Dep. of Geography (climateology), Tarbiat Modares University

Alijani B.

Professor, Dep. of Geography, Tarbiat Moallem University

Zeaiean P.

Assistant Prof., Dep of Geography, Tarbiat Moallem University

Received: 16/11/2009

Accepted: 24/01/2011

Extended Abstract

Introduction

Climate is among the most important factors affecting vegetation condition. AVHRR-NDVI data are used to evaluate climatic and environmental changes at regional – as well as global - scales. Since 1983, Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) of the NOAA satellites gave a continuous spatial cover on a regular time scale of the photosynthetic activity, which can be expressed by indices such as the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). The NDVI, defined as the ratio $(NIR-VIS)/(NIR+VIS)$, represents the absorption of photosynthetic active radiation and hence act as a kind of measurement of the photosynthetic capacity of the canopy. Previous studies indicated that there was a significant relationship between AVHRR-NDVI and precipitation or temperature. For example, in the northern Great Plains, many researchers have found close relationships between AVHRR-NDVI and climate, especially precipitation. Various studies (Yang et al 1998, Richard & Pocard 1998, Wang et al. 2001, Ji & Peters 2004, Li et al 2004) found significant correlations between NDVI and rainfall in different regions, including arid and semi-arid environments.

In Iran, researchers assessed only relation between drought and NDVI. For example, Taherzadeh (2007) has been studied relation between NDVI and Standardized Precipitation Index (SPI) in the Minab basin. The results of that study showed that there was a good relationship between SPI and NDVI, but there was a negative relation between Land Surface Temperature (LST) and SPI, as well (Taherzadeh, 2007, 173).

Shamsipour (2007) has studied drought for the Kashan area using NDVI and VCI. The results of that study showed that there were almost suitable relations between NDVI and VCI with meteorological methods. According to product of utilization NDVI and VCI, the years 2000 and 2001 were with drought condition, and the years 2002 & 2004 were with wetness (shamsipour, 2007, 1).

Method

In this research, the authars analyzed the relation between vegetation density and the monthly climatic variables of rain, relative humidity (Mean, Max., and Min.), and temperature (Mean, Max., and Min.) in the dense pastures (75-100 percent) of Iran. The climatic data were obtained

* E-Mail: farajzam@modares.ir

from the Meteorological Organization of Iran for 134 stations (October 2005- October 2006) and vegetation density was extracted from AVHRR-NOAA satellite as the NDVI index for January to October 2006. The vegetation layers (forest and pasture) were obtained from the Forest Organization of Iran, then divided to layers based on density. The authors analyzed AVHRR-NDVI and seven climate variables, using a Multivariate Ordinary Least Squares regression (MOLS) technique. The maximum value composite (MVC) is calculated from a multi-temporal series of geometrically corrected NDVI images. The common maximum NDVI value composite (MVC) method was used to compile monthly NDVI dataset. The maximum value composite method could minimize atmospheric effects, scan angle effects, cloud contamination and solar zenith angle effects.

Results and Discussion

For interpolation the climatic variables, the researchers applied geostatistic methods such as Inverse Distance Weighting, Kriging, and Co-Kriging. In most of the variables, Co-kriging method showed the lowest of errors; but the mean temperature showed reliable results with IDW method. On the overall, in interpolation the climatic factors with CO-Kriging method results showed that best R^2 between observed and predicted values for precipitation, maximum, minimum temperature, maximum, mean and minimum relative humidity are 0.436, 0.93, 0.863, 0.672, 0.741 and 0.703; but for mean temperature R^2 is 0.881 in IDW method. Previous studies using both observation and simulation models showed that there was a complicated lag effect between vegetation and climatic variables. Lag time was an effect of climatic factors on the vegetation growth, which the lag time varied from several days to 1 year - or even longer. For example, obtained results by researchers i.e. Potter and Brooks (1998) showed lag times of 1 to 2 months for maximum and minimum temperature and rainfall.

Conclusion

In this paper, the authors obtained the lag time for the vegetation growth response to the climatic factors, two months for rainfall and one month for the other variables.

In most of the variables, Co-Kriging method showed the lowest errors; but the mean temperature showed reliable results with IDW method. The results showed that the relation between NDVI was higher relative humidity (mean and max) and maximum temperature, but lower for the rain and minimum temperature. The effect of the warm season climate was higher than that of the cold season. The highest relation of 0.78 was experienced in October, and the lower 0.23 value was computed for January.

Keywords: *Pastures of Iran, NDVI, AVHRR, Climate and pasture growth, Remote Sensing the vegetation growth.*