

ارزیابی اثر عوامل اقلیمی بر پوشش گیاهی منطقه زاگرس با استفاده از اطلاعات رقومی ماهواره‌ای

منوچهر فرج زاده^{۱*}، امان اله فتح نیا^۲، بهلول علیجانی^۳ و پرویز ضیائیان^۴

۱- نویسنده مسئول، دانشیار گروه جغرافیا و سنجش از دور، دانشگاه تربیت مدرس، پست الکترونیک: farajzam@modares.ac.ir

۲- دانشجوی دکترای اقلیم‌شناسی، دانشگاه تربیت مدرس

۳- استاد، گروه جغرافیا، دانشگاه تربیت معلم تهران

۴- استادیار، گروه جغرافیا، دانشگاه تربیت معلم تهران

تاریخ پذیرش: ۸۹/۰۵/۰۲

تاریخ دریافت: ۸۸/۰۸/۰۹

چکیده

هدف این تحقیق ارزیابی اثر عوامل اقلیمی بر پوشش گیاهی در مراتع زاگرس با شاخص NDVI حاصل از سنجنده AVHRR و داده‌های هواشناسی می‌باشد. منطقه مطالعه‌شده مراتع با تراکم‌های ۵۱-۷۵، ۲۶-۵۰ و ۱۰-۲۵ درصد زاگرس می‌باشد. زمان مطالعه تصاویر ماهواره‌ای از ژانویه تا اکتبر ۲۰۰۶ و عوامل اقلیمی از سپتامبر ۲۰۰۵ تا اکتبر ۲۰۰۶ بود. هفت متغیر اقلیمی ماهانه (بارش، دما و رطوبت نسبی (حداکثر، میانگین و حداقل)) بر NDVI ماهانه مطالعه شد. پهنه‌بندی با روش زمین‌آمار و بررسی عوامل اقلیمی بر تغییرات پوشش گیاهی با رگرسیون چندمتغیره انجام شد. نتایج نشان می‌دهد که روش کوکریجینگ برای پهنه‌بندی بهتر می‌باشد و تنها در دمای میانگین، روش وزندهی عکس فاصله ارزیابی بهتری دارد. بدین ترتیب، پوشش گیاهی به بارش ۲ ماه قبل و به دما و رطوبت نسبی ۱ ماه قبل پاسخ می‌دهد. نتایج رگرسیونی، نشان‌دهنده همبستگی بیشتر در مراتع با تراکم ۵۱-۷۵ درصد می‌باشد، اما در مجموع مقدار همبستگی در مراتع با تراکم ۱۰-۲۵ درصد پایین است که ناشی از ارتفاع کم از سطح دریا، اثر پس‌زمینه خاک و حواشی سطوح کشاورزی می‌باشد. همچنین ارتفاع کم در مراتع با تراکم ۱۰-۲۵ درصد عامل افزایش دما و انتقال شروع سبزیگی به اسفندماه (مارس) بوده است، در حالی که در مراتع با تراکم ۵۱-۷۵ درصد، شروع سبزیگی در اردیبهشت‌ماه (می) می‌باشد. بنابراین بیشترین مقدار R^2 در مراتع متراکم ۰/۶۴۷۸ مربوط به اردیبهشت‌ماه (می) و کمترین در مراتع کم تراکم، به مقدار ۰/۱۳۶ در مردادماه (اوت) می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: دما، بارش، رطوبت نسبی، NDVI، مراتع زاگرس، AVHRR.

مقدمه

گیاه نیز یک اثر پس‌خورند روی آب و هوا از طریق زبری، تبخیر یا آلبدو دارد (Rasool, 1993)، اما این اثر به آسانی قابل شناسایی نیست (Charney et al., 1977) و (Courel et al., 1984). از اوایل دهه ۱۹۸۰ محققان

آب و هوا از مهمترین عوامل تأثیرگذار بر شرایط پوشش گیاهی می‌باشد. پراکنش مکانی پوشش گیاهی ارتباط زیادی با شرایط اقلیمی دارد (Saugier, 1996).

بارش می‌باشد. همچنین دما عامل تأثیرگذارتری نسبت به بارش در تغییر رشد گیاه است (Yan *et al.*, 2008). طی دهه‌های گذشته مطالعات زیادی شاخص NDVI را برای پایش پاسخ گیاه به نوسانهای آب و هوایی در افریقا (Tucker *et al.*, 1985) و (Malo & Nicholson, 1990)، ایالات متحده امریکا (Di *et al.*, 1994) و (Schultz & Yang *et al.*, 1998) و در مقیاس جهانی (Halpert, 1993) مورد استفاده قرار دادند. به‌طور کلی از مطالعات می‌توان نتیجه گرفت که تغییرات زمانی شاخص NDVI پیوند نزدیکی با نوسان بارش دارد که توسط برخی محققان به صورت خطی (Malo & Nicholson, 1990) یا غیرخطی (Davenport & Nicholson, 1993) انجام شده است، در صورتی که بارش در حالت ماهیانه یا سالیانه در مقادیر خاصی به NDVI پاسخ می‌دهد. به‌عنوان مثال، اگر بارش بیشتر از آستانه خاصی مانند ۵۰۰ میلی‌متر در سال یا بین ۵۰ تا ۱۰۰ میلی‌متر در ماه باشد، ارتباط قوی بین بارش و شاخص NDVI در بوتسوانا (Nicholson & Farrar, 1994)، ۱۰۰۰ میلی‌متر یا ۲۰۰ میلی‌متر در ماه در شرق افریقا (Davenport & Nicholson, 1993) و ۱۰۰۰ میلی‌متر در سال در ساحل غرب افریقا وجود دارد. در افریقا یک فاصله بین اوج بارش و پاسخ اوج NDVI وجود دارد (Justice *et al.*, 1986)، به‌طوری که همبستگی بالاتری بین NDVI و بارش دو ماه قبل از آن وجود دارد (Malo & Nicholson, 1990) و (Davenport & Nicholson, 1993). در مناطق مرطوب حاره‌ای، بالاتر از یک آستانه خاص، NDVI حساسیت زیادی به تغییرات بارش ندارد؛ به عنوان مثال، در افریقای استوایی بالاتر از ۲۰۰ میلی‌متر در ماه (Poccard & Richard, 1996)، در افریقای شرقی

اطلاعات شرایط پوشش گیاهی را از ماهواره قطبی NOAA^۱-AVHRR بدست آوردند (Tucker, 1996). شاخص NDVI^۳ بدست‌آمده از داده AVHRR می‌تواند برای پایش و ارزیابی توان پوشش گیاهی استفاده شود، زیرا AVHRR دارای تصاویری با تفکیک زمانی بالا و پوشش گسترده می‌باشد (Ji & Peters, 2003).

معادله شاخص NDVI بر این اصل استوار است که گیاه سالم به‌دلیل کلروفیل بیشتر و دیگر رنگدانه‌ها انعکاس پائینی در بخش مرئی طیف الکترومغناطیس دارد و انعکاس بالایی در بخش مادون قرمز نزدیک دارد، زیرا انعکاس داخلی بوسیله بافت اسفنجی برگ سبز صورت می‌گیرد (Cambell, 1987).

شاخص NDVI در اوج رشد عموماً برای گیاهان علفی متراکم حدود ۰/۶، گیاهان پراکنده و تنک ۰/۰۹ و تراکم متوسط حدود ۰/۲۴ می‌باشد (Chen *et al.*, 2005).

همبستگی مکانی شاخص NDVI و فاکتورهای آب و هوایی در تحقیقات متعددی ارزیابی شده است. به‌طوری که همبستگی بالایی بین NDVI و مقدار بارش باران در مناطق خشک بدست‌آمده است، اما ارتباط متقابل بین NDVI و دما ضعیف‌تر ولی معنی‌دار ارزیابی شده است (Yang *et al.*, 1998)، (Richard & Poccard, 1998)، (Wang *et al.*, 2001)، (Ji & Peters, 2004) و (Li *et al.*, 2004). مطالعه ترکیب مقادیر ۱۶ روزه NDVI در مناطق سرد کوههای تیانشان چین نشان‌دهنده همبستگی بالای رشد گیاه با فاکتورهای دما و

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

برخی محققان از ترکیب مقادیر حداکثر برای تلفیق تصاویر چندروزه استفاده کردند. ترکیب مقادیر حداکثر تکنیک حفظ بالاترین مقادیر NDVI برای هر پیکسل در طی دوره یک ماه با استفاده از تصاویر آن ماه می باشد که از نظر مکانی مداوم و نسبتاً بدون ابر، با تفکیک زمانی کافی برای ارزیابی تغییرات رشد گیاه می باشد (Eidenshink, 1992) و (Holben, 1986). دلیل استفاده از ترکیب مقادیر حداکثر، کاهش اثرهای اتمسفری، زاویه اسکن، ابرناکی و اثرهای زاویه تابش خورشید می باشد (Holben, 1986)، (Maselli & Chiesi, 2006)، (Gutman, 1989) و (Eck & Kalb, 1991).

تحقیقات انجام شده در ایران اغلب در زمینه اثر خشکسالی بر پوشش گیاهی می باشد. به طوری که رابطه بین بارشهای ماهانه، فصلی و سالانه با شاخص NDVI مربوط به تصاویر AVHRR، نشان دهنده ارتباط معنی دار میزان بارش و شاخص NDVI می باشد، این مطالعه با هدف ارتباط پدیده خشکسالی با NDVI در استانهای آذربایجان غربی، شرقی و اردبیل انجام شده است (چنار، ۱۳۸۰).

مطالعه ارتباط شاخص های گیاهی، شاخص خاک و آب استخراج شده از تصاویر NOAA-AVHRR با هدف بررسی وضعیت خشکسالی منطقه زابل و بارش پاییزه و زمستانی، بارش سالانه، سطح آب دریاچه هامون و میزان آب ورودی به رودخانه هیرمند همبستگی قابل قبولی را نشان می دهد (صفری، ۱۳۸۲).

بررسی NDVI و شاخص بارندگی استاندارد شده (SPI) در حوزه آبریز میناب در دوره آماری ۱۸ ساله نشان دهنده همبستگی مثبت NDVI با شاخص SPI

بالاتر از ۱۲۰۰ میلی متر در سال (Nicholson *et al.*, 1990) و در افریقای جنوبی در حدود ۵۰۰ میلی متر (Nicholson & Farrar, 1994) یا ۶۰۰ میلی متر در سال (Fuller & Prince, 1996).

مطالعه NDVI، بارش و رطوبت خاک در بوتسوانا نشان می دهد، هنگامی که همبستگی بین NDVI و بارش برای متوسط چند ماهه بالا باشد، NDVI همان ماه به وسیله رطوبت خاک کنترل می شود، همچنین دما تأثیر مستقیمی روی رشد گیاه دارد (Farrar *et al.*, 1994). مطالعه بارش و NDVI توسط ریچارد و پوکارد نشان دهنده پاسخ NDVI به بارش سالانه ۳۰۰ تا ۹۰۰ میلی متر می باشد، اما در مناطق نسبتاً خشک این مقدار بین ۳۰۰ تا ۵۰۰ میلی متر است (Richard & Pocard, 1998).

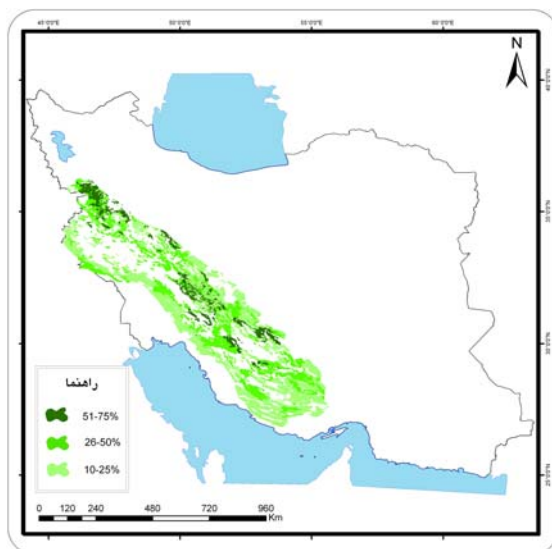
پیشینه مطالعات نشان می دهد که اثر فاصله زمانی بین گیاه و بارش پیچیده می باشد. فاصله زمانی از چندین روز تا یک سال و حتی بیشتر تغییر می کند (Goward & Prince, 1995). بررسی آب و هوای سالانه (دما، بارش و تابش سطحی) و توزیع فصلی NDVI، نشان دهنده فاصله زمانی ۱ تا ۲ ماهه بین کرانه های ماهانه دما و بارش با NDVI می باشد (Potter & Brooks, 1998). مطالعه در افریقای جنوبی نشان دهنده تأخیر زمانی ۱ تا ۲ ماه پاسخ NDVI به بارش می باشد (Richard & Pocard, 1998). برخی محققان تأخیر زمانی ۱ تا ۲ ماهه اثر بارش بر NDVI را پیش بینی کردند (Nicholson & Farrar, 1994). به طوری که تحقیق در امریکای شمالی نشان دهنده اثر بارش دو ماه قبل بر رشد پوشش گیاهی می باشد (Karabulut, 2003).

منطقه مورد مطالعه

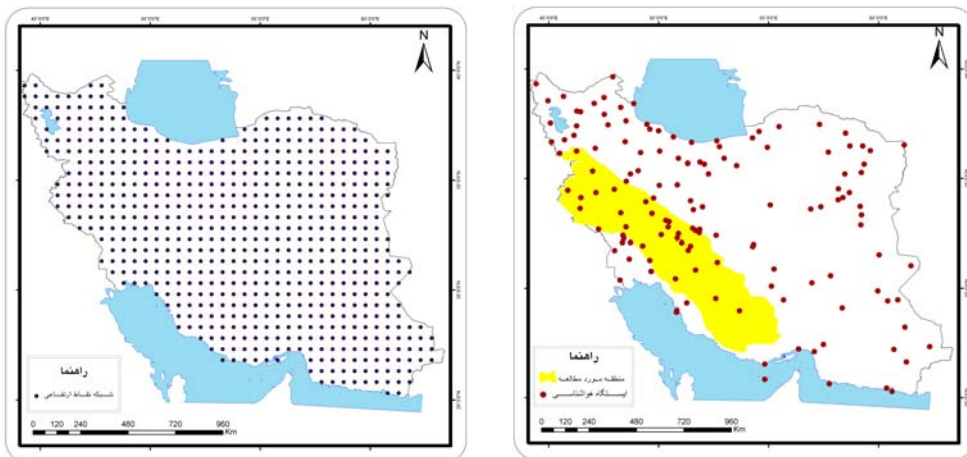
نقشه پوشش گیاهی منطقه به تفکیک درصد تراکم از سازمان جنگلها و مراتع کشور به صورت رقومی تهیه گردید و مناطق پوشش مرتعی علفی (غیر از درخت) با تراکم ۱۰-۲۵، ۲۶-۵۰ و ۵۱-۷۵ درصد (شکل ۱) زاگرس به ترتیب ۱۶۴۱۵۳۶ هکتار، ۶۹۰۶۵۱۵ هکتار و ۵۷۵۱۴۶۵ هکتار، در غرب و جنوب غربی ایران (شکل ۲ الف) می باشد؛ البته بیشتر مراتع علفی (غیر از درخت) زاگرس را مراتع با تراکم ۲۶-۵۰ درصد و کمتر تشکیل می دهد. بنابراین لازم به تذکر این مطلب است که در این تحقیق تراکم براساس سطح پوشش می باشد، نه نوع گونه های متنوع علفی زاگرس.

می باشد. به نحوی که میزان همبستگی در فصول کم باران کمتر می شود، اما با شروع بارش و رویش پوشش گیاهی مقدار همبستگی افزایش می یابد. بنابراین بررسی ارتباط بین شاخص حرارت سطحی LST و شاخص SPI نشان دهنده همبستگی منفی می باشد (طاهرزاده، ۱۳۸۵). نتایج حاصل از شاخص NDVI و VCI^۱ توسط شمس پور (۱۳۸۶) نشان دهنده شرایط خشکسالی ماههای آوریل ۲۰۰۰ و مه ۲۰۰۱ و ترسالی ماههای مه ۲۰۰۲ و ۲۰۰۴ می باشد. همچنین شاخص NDVI و VCI با شاخص SPI رابطه معناداری داشتند.

با توجه به مطالعات انجام شده، هدف این تحقیق ارزیابی اثر عوامل اقلیمی (دما، بارش و رطوبت نسبی) با مقادیر NDVI ماهانه برآورد شده از تصاویر NOAA-AVHRR در مراتع با تراکم ۱۰-۲۵ و ۲۶-۵۰، ۵۰-۷۵ درصد زاگرس می باشد.



شکل ۱- مراتع با تراکم ۱۰-۲۵ و ۲۶-۵۰، ۵۰-۷۵ درصد زاگرس



شکل ۲- الف) منطقه مورد مطالعه و ایستگاههای هواشناسی، ب) نقاط ارتفاعی استخراج شده از مدل رقومی ارتفاع

تصاویر مطالعه شده مربوط به NOAA-۱۸ می باشد که به وسیله سازمان ملی اقیانوس شناسی امریکا و جوی در تاریخ ۲۰ می ۲۰۰۵ به فضا پرتاب شد، این ماهواره خورشید آهنگ بوده و ۸۴۵ کیلومتر از زمین فاصله دارد. برخی سنجنده ها از جمله AVHRR بر روی این ماهواره مستقر می باشد (wikipedia). تصاویر ماهواره ای NOAA-AVHRR از وب سایت <http://www.class.ngdc.noaa.gov> استخراج گردید که در سطح 1B و قدرت تفکیک مکانی ۱/۱ کیلومتری بود.

روش کار

پردازش داده های اقلیمی

با ایجاد پایگاه داده عوامل اقلیمی در نرم افزار ArcGIS 9.3، درون یابی داده ها با روش زمین آمار وزن دهی عکس فاصله، کریجینگ معمولی و کوکریجینگ کروی با ۱۰ نقطه همسایه انجام شد. لازم به تذکر این مطلب است که برای درون یابی در روش کوکریجینگ دو عامل نیاز است، به طوری که همراه با هر فاکتور اقلیمی نقاط ارتفاعی مستخرج از مدل رقومی ارتفاع، در محاسبه وارد می شود.

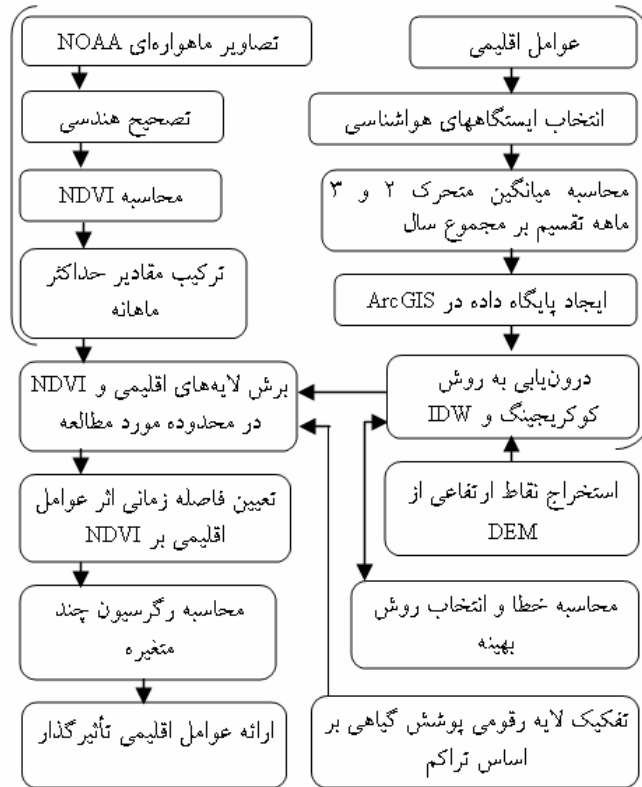
مواد و روشها

ایستگاههای هواشناسی سینوپتیک و کليما تولوژی به دلیل ثبت عوامل اقلیمی مشابه دما، بارش و رطوبت نسبی برای دوره زمانی سپتامبر ۲۰۰۵ تا اکتبر ۲۰۰۶ انتخاب شد، به نحوی که که ۱۳۴ ایستگاه دارای داده های ثبت شده بدون نقص در دوره مطالعاتی بودند که تقریباً ۳۵ نقطه ایستگاهی در محدوده مورد مطالعه قرار گرفته است (شکل ۲ الف).

بدلیل تأثیر بیشتر توپوگرافی نسبت به دیگر عوامل مکانی بر عوامل اقلیمی، داده های ارتفاعی مربوط به ایستگاهها و همچنین نقاط ارتفاعی با فواصل ۰/۳ درجه ای (شکل ۲ ب) از مدل رقومی ارتفاعی (DEM¹) استخراج گردید. مدل رقومی ارتفاعی بدست آمده از شاتل راداری SRTM² با ابعاد تقریباً ۸۰*۸۰ کیلومتری بود. در مجموع ۱۱۷ نقطه در منطقه مورد مطالعه که بالاترین نقطه ۳۲۲۴ متر و پایین ترین نقطه با ۱۴۳ متر ارتفاع بود، برداشت گردید.

1- Digital Elevation Model
2- Shuttle Radar Topography Mission
(<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>)

سپس میزان خطای بایاس^۱ میانگین، خطای مطلق میانگین و خطای جذر مربع میانگین هر کدام از روشها محاسبه می گردد. شکل ۳ شمایی کلی از فرایند اجرای تحقیق را نشان می دهد.



شکل ۳- نمودار فرآیند اجرای تحقیق

قبل برگردانده شده و برای تمامی نقاط، این عمل تکرار می شود. در نهایت با توجه به مقادیر اندازه گیری شده و پیش بینی شده، دقت (MAE) و انحراف (MBE) روش درون یابی با استفاده از روابط زیر محاسبه گردید (اختری و همکاران، ۱۳۸۵).

برای انتخاب روش زمین آمار بهینه از روش Cross-Validation برای ارزیابی روشهای زمین آمار استفاده شد. در این تکنیک، هر بار یک نقطه واقعی حذف و با استفاده از نقاط مجاور، مدل مورد نظر مقداری برای نقطه حذف شده برآورد می کند، سپس مقدار واقعی به محل

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{x=1}^n \left| \hat{Z}(X_i) - Z(X_i) \right| \tag{1}$$

$$MBE = \frac{1}{n} \sum_{x=1}^n \left(\hat{Z}(X_i) - Z(X_i) \right) \tag{2}$$

- 1- Bias
- 2- Mean Absolute Error
- 3- Mean Bias Error

شاخصی را برای برآورد سبزینه گیاه فراهم می‌کند (Sellers, 1985).

شاخص NDVI ضریبی از انعکاس در (باند ۲) مادون قرمز نزدیک (NIR) و (باند ۱) قرمز (RED) بخشی از طیف الکترومغناطیس می‌باشد (Tucker, 1979) و به صورت زیر محاسبه می‌شود:

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

با استفاده از نرم‌افزار ERDAS 8.7 شاخص NDVI کل ایران استخراج گردید، به دلیل دامنه کم (۱ تا -۱) مقدار بدست‌آمده، در این مطالعه دامنه‌ای از ۰-۲۵۵ ایجاد شد، تا مقادیر مشخص‌تر شود. بنابراین برای کاهش اثرهای اتمسفری، زاویه اسکن، ابرناکی و زاویه تابش خورشید، فرمول ترکیب مقادیر حداکثر (MVC) روی تصاویر اعمال شد.

اثر تأخیر زمانی

در هر مکان جغرافیایی عوامل اقلیمی، با تأخیر زمانی بر روی رشد پوشش گیاهی مؤثرند، که در هر عامل اقلیمی با توجه به ضریب تأثیر آن عامل متفاوت است. با توجه به همین امر (اثر تأخیر زمانی فاکتورهای اقلیمی بر NDVI)، برای برآورد این زمان، عوامل اقلیمی از ماه سپتامبر ۲۰۰۵ و تصاویر ماهواره‌ای از ژانویه ۲۰۰۶ مورد بررسی قرار گرفت؛ به طوری که هر فاکتور برای کل ماههای قبل از ماه دارای NDVI برآزش داده شد. در

که در آنها: $\hat{z}(x_i)$ مقدار پیش‌بینی در نقطه x_i ، $z(x_i)$ مقدار اندازه‌گیری در نقطه x_i و n تعداد نقاط است. MAE معرف خطاست که هرچه مقدار به صفر نزدیکتر باشد، دقت روش موردنظر مناسبتر است. مقدار MBE بیانگر میانگین انحراف است که می‌تواند مثبت و یا منفی باشد، از نظر تئوری هرگاه این دو مقدار برابر صفر شوند، دقت روش صددرصد بوده و مقدار تخمین شده یک کمیت برابر مقدار واقعی می‌باشد (فرجی سبکبار و عزیزی، ۱۳۸۵). مقادیر خطای جذر مربع میانگین^۱ نیز از رابطه زیر محاسبه می‌گردد که مقدار اختلاف بین مقدار پیش‌بینی و اندازه‌گیری شده را نشان می‌دهد (Wechsler, 1999).

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

که در آن: y_i = مقدار پیش‌بینی شده، \hat{y}_i = مقدار اندازه‌گیری شده و N = تعداد نقاط نمونه می‌باشد.

درنهایت با توجه به مقادیر خطا، پهنه‌بندی عوامل اقلیمی با روشهای بهینه انجام شد.

شاخص NDVI

ابتدا تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از نرم‌افزار ENVI تصحیح هندسی گردید. البته بدلیل استفاده از فایل HDR تصاویر، میزان خطای تصحیح هندسی کمتر از ۰/۱ پیکسل (۱۰۰ متر) بود. سپس برای استخراج NDVI از باند ۱ و ۲ تصاویر AVHRR استفاده گردید. محدوده طیفی باند ۱ (۰/۶۸-۰/۵۸ میکرومتر) و باند ۲ (۰/۷۳-۱/۱ میکرومتر) می‌باشد که با فعالیت فتوسنتزی گیاه همبستگی دارد و

1- Root-Mean-Square Error

2- Maximum Value Composite

نتایج

تحلیل روشهای واسطه‌یابی و انتخاب روش بهینه

دلیل اصلی استفاده از روشهای پهنه‌بندی عوامل اقلیمی، قرارگیری اغلب سطوح پوشش گیاهی طبیعی در دامنه‌های کوهستانی و دور از دسترس می‌باشد، به‌طوری‌که اغلب مناطق مرتعی دور از ایستگاههای هواشناسی می‌باشند و استفاده از روشهای درون‌یابی را ضروری می‌نماید. با توجه به بهینه بودن روش کوکریجینگ در ارزیابی همبستگی (R^2) حاصل از داده‌های اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده، این روش در واسطه‌یابی عوامل اقلیمی بارش، متوسط حداکثر دما، متوسط حداقل دما، متوسط حداکثر رطوبت نسبی، میانگین رطوبت نسبی و متوسط حداقل رطوبت نسبی بکار برده شد که به ترتیب دارای ضریب همبستگی $0/436$ ، $0/93$ ، $0/863$ ، $0/672$ ، $0/741$ و $0/703$ بودند (جدول ۱). تنها در میانگین دمای ماه ژانویه روش وزن‌دهی عکس فاصله (IDW) با مقدار $0/881$ از روش کوکریجینگ ارزیابی بهتری داشت؛ بنابراین بالاترین مقدار ضریب همبستگی مربوط به متوسط حداکثر دمای ماهانه بود، دلیل این امر احتمالاً به توزیع یکنواخت‌تر این عامل نسبت به دیگر عوامل اقلیمی می‌باشد. کمترین مقدار ضریب همبستگی مربوط به پیش‌بینی بارش با مقدار حداکثر $0/438$ در روش کوکریجینگ است، دلیل این امر به عوامل مکانی مانند قرارگیری کشور ایران در عرضهای جنب‌حاره، توپوگرافی غیریکنواخت، متأثر بودن از توده‌های مختلف هوایی و در نتیجه پیش‌بینی کمتر این فاکتور اقلیمی با استفاده از واسطه‌یابی می‌باشد.

نهایت بهترین برآزشها به‌عنوان تأخیر زمانی عوامل اقلیمی بر پوشش گیاهی در نظر گرفته شد.

رگرسیون چندمتغیره

رگرسیون حداقل مربعات ساده یا (OLS) مدل رگرسیونی است که معمولاً معادل با حداقل مربعات معمولی می‌باشد و از یک متغیر مستقل استفاده می‌کند (Propastin et al., 2009) که از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$y = \alpha + \beta * X + \varepsilon \quad (5)$$

y = متغیر وابسته، α = عرض از مبدأ، β = ضریب رگرسیون، X = متغیر مستقل و ε = خطای تصادفی می‌باشد.

ضریب تأثیر (β) با محاسبه اثر هر عامل اقلیمی در برآورد NDVI بدست می‌آید؛ به‌طوری‌که هر چه این مقدار بیشتر باشد نشان‌دهنده تأثیر بیشتر آن در ارزیابی NDVI می‌باشد. از این رو طرز قرارگیری این مقدار در مدل رگرسیون خطی به صورت ثابت است که در مقادیر X (عوامل اقلیمی)، ضرب می‌شود. خطای تصادفی در معادله رگرسیونی به صورت ثابت فرض می‌شود. از آنجایی‌که در این تحقیق هفت متغیر مستقل (عوامل اقلیمی) بررسی شده است، از رگرسیون چندمتغیره (MOLS) استفاده شد. بنابراین از آنجایی‌که در این مدل متغیر وابسته و مستقل مشخص است، ضرایب رگرسیون و عرض از مبدأ مشخص می‌گردد (Baker, 2003).

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_K X_K + \varepsilon \quad (6)$$

Y = متغیر وابسته، α = عرض از مبدأ، β = ضریب رگرسیون، X = متغیرهای مستقل و ε = خطای تصادفی می‌باشد.

جدول ۱- ارتباط داده‌های اقلیمی اندازه‌گیری شده با مقدار پیش‌بینی شده در روشهای زمین‌آماری

عوامل اقلیمی	روش وزن‌دهی عکس فاصله	روش کریجینگ	روش کوکریجینگ
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	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

بررسی مقادیر خطا (جدول ۲) در روشهای درون‌یابی نشان‌دهنده بهینه‌بودن روش کوکریجینگ می‌باشد. به عبارت دیگر، هر چه این مقادیر کمتر باشد، بهینه‌بودن آن روش را نشان می‌دهد. به‌طوری‌که کمترین مقدار خطای بایاس میانگین مربوط به متوسط حداقل دما با $۰/۰۰۰۴۶$ - و بیشترین خطا مربوط به بارش می‌باشد. کمترین مقدار خطای مطلق میانگین مربوط به متوسط حداکثر رطوبت $۱/۳۰۳۵۱۸$ در روش کوکریجینگ و بیشترین مقدار خطای مطلق میانگین مربوط به بارش $۱۳/۶۵۶۸$ مربوط به روش وزن‌دهی عکس فاصله می‌باشد.

جدول ۲- مقادیر خطاهای بایاس میانگین، مطلق میانگین و جذر مربع میانگین در روشهای درون‌یابی

فکتور اقلیمی	روشهای زمین‌آماری	میانگین مطلق خطا	خطای بایاس میانگین	خطای جذر مربع میانگین
متوسط حداکثر دما	کوکریجینگ	۴/۹۱۸۹۹	۰/۰۰۹۴۲۴	۰/۰۰۹۴۲۴
(ژانویه ۲۰۰۶)	کریجینگ	۵/۰۶۹۸۸۷	-۰/۱۷۲۷۶	-۰/۱۷۲۸
متوسط حداکثر رطوبت	وزن‌دهی عکس فاصله	۴/۹۲۴۸۵۳	۰/۰۶۹۱۸۱	۰/۰۰۸۴۶۹
(ژانویه ۲۰۰۶)	کوکریجینگ	۱/۳۰۳۵۱۸	-۰/۰۰۱۰۸	-۰/۰۰۱۰۸
بارش (ژانویه ۲۰۰۶)	کریجینگ	۱/۹۳۷۱۵۴	-۰/۰۰۵۶۹	-۰/۰۰۵۶۸
	وزن‌دهی عکس فاصله	۱/۸۱۷۶۵۲	۰/۰۳۱۸۶۴	۰/۰۳۱۸۶
	کوکریجینگ	۲۵/۶۵۹۳۹	۱/۰۳۸۸۸۱	۱/۰۳۹
میانگین دما	کریجینگ	۲۶/۳۴۶۲۸	۲/۱۹۱۹۴۹	۲/۱۹۲
(ژانویه ۲۰۰۶)	وزن‌دهی عکس فاصله	۳۱/۶۵۶۸	-۰/۲۷۸۰۶	-۰/۲۷۸۱
متوسط حداقل دما	کوکریجینگ	۲/۱۲۷۴۱۲	۰/۰۰۷۸۰۹	۰/۰۰۰۱۵۲۵
(ژانویه ۲۰۰۶)	کریجینگ	۲/۱۶۱۷۹۸	-۰/۰۰۰۵۸	-۰/۰۰۰۵۸۱۴
متوسط حداقل رطوبت	وزن‌دهی عکس فاصله	۱/۷۹۶۷۵۸	-۰/۱۹۶۱۲	-۰/۱۹۶۱
(ژانویه ۲۰۰۶)	کوکریجینگ	۲/۶۱۴۹۱۲	-۰/۰۰۰۴۶	-۰/۰۰۷۸۰۱
میانگین رطوبت نسبی	کریجینگ	۲/۶۴۳۱۰۴	-۰/۰۰۰۸۷	۰/۱۰۲۳
(ژانویه ۲۰۰۶)	وزن‌دهی عکس فاصله	۲/۰۴۲۰۳۵	-۰/۲۱۹۰۴	-۰/۲۱۹
متوسط حداکثر رطوبت	کوکریجینگ	۴/۷۱۸۲۸۵	۰/۰۲۵۱۸۴	۰/۰۲۵۱۸
(ژانویه ۲۰۰۶)	کریجینگ	۴/۷۲۳۲۹۵	۰/۰۲۹۸۸۲	۰/۰۲۹۸۸
نسبی (ژانویه ۲۰۰۶)	وزن‌دهی عکس فاصله	۵/۱۲۰۲۰۳	۰/۲۲۴۵۶۸	۰/۲۲۴۶
	کوکریجینگ	۵/۶۴۲۳۰۹	۰/۰۴۳۳۱۷	۰/۰۴۳۳۲
	کریجینگ	۵/۶۷۸۰۶۱	۰/۰۶۴۴۲۹	۰/۰۶۴۴۳
	وزن‌دهی عکس فاصله	۶/۲۲۸۲۵۴	۰/۵۴۱۳۲۳	۰/۵۴۱۳

گیاهی از رگرسیون خطی چندمتغیره استفاده گردید. مقادیر بدست آمده از رگرسیون خطی چندمتغیره تراکم ۵۱-۷۵ درصد در جدولهای ۳ و ۴ ارائه شده است. جدول ۳ نشان دهنده ضریب تأثیر (β) هر کدام از عوامل اقلیمی در محاسبه شاخص اختلاف گیاهی نرمال شده مربوط به ماههای ژانویه تا اکتبر ۲۰۰۶ می باشد. حالت منفی مقادیر نشان دهنده تأثیر بعکس آن عامل اقلیمی در ارتباط با دیگر عوامل اقلیمی می باشد؛ به نحوی که هر عامل در ماه ممکن است نسبت دیگر عوامل نقش منفی یا مثبت داشته باشد.

بدین ترتیب کمترین خطای جذر مربع مربوط به میانگین دما ۰/۰۰۰۱ و بیشترین مربوط به بارش می باشد. بنابراین بیشترین خطاها در بارش مربوط به پیش بینی پذیری کمتر این عامل می باشد.

نتایج حاصل از بررسی اثر فاصله زمانی عوامل اقلیمی بر NDVI نشان دهنده تأثیر دو ماه قبل بارش و برای یک ماه قبل دما و رطوبت نسبی می باشد که در مطالعه حاضر این مقدار زمان لحاظ گردید.

تحلیل تأثیر عوامل اقلیمی بر شاخص NDVI

برای محاسبه تأثیر عوامل اقلیمی بر رشد پوشش

جدول ۳- ضریب تأثیر عوامل اقلیمی در محاسبه NDVI با رگرسیون چندمتغیره در مراتع با تراکم ۵۱-۷۵ درصد

فاکتور اقلیمی	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژوئیه	اگوست	سپتامبر	اکتبر
دمای حداکثر	-۱/۲۷	۳/۱۰	-۰/۳۱	-۳۲/۵۴	-۱۸/۰۴	-۱۱/۱۵	۹/۶۳	۴/۲۲	۵/۷۲	-۳/۷۴
دمای میانگین	۰/۳۵	-۰/۵۵	۰/۹۲	۱۲/۴۲	۵/۷۰	۰/۵۴	۸/۶۴	۵/۶۲	-۲/۸۷	-۰/۳۷
دمای حداقل	۰/۱۷	۰/۱۵	-۱/۲۱	-۱/۵۱	۰/۸۳	۱/۹۴	-۰/۷۹	۰/۶۳	-۱/۳۱	-۰/۳۶
رطوبت نسبی حداکثر	۱۵/۷۹	۳/۰۸	۱۲/۴۱	-۴/۷۹	-۲۵/۸۴	۳۷/۵۹	-۱۱/۷۸	-۷/۶۵	۲۱/۱۰	۲۰/۳۲
رطوبت نسبی میانگین	-۱۱/۱۵	-۲/۲۲	-۵/۸۹	۶۰/۳۳	۵۲/۹۴	-۳۱/۶۶	-۴/۴	۱/۴۳	-۱۹/۳۴	-۵/۷۳
رطوبت نسبی حداقل	-۳/۳۶	۰/۰۲	-۴/۷۹	-۳۷/۷۳	-۱۱/۲۴	۱/۴۵	۱۲/۷۷	۲/۱۰	-۲/۶۴	-۵/۲۱
بارش	-۲/۶۸	-۰/۲۳	۲/۱۷	۰/۲۷	-۲/۹۲	۱/۴۵	-۱/۷۳	۰/۸۱	-۲/۸۴	-۲/۵۶

جدول ۴- ضرایب رگرسیون چندمتغیره بین عوامل اقلیمی با NDVI مراتع با تراکم ۵۱-۷۵ درصد

ضرایب OLS	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژوئیه	اگوست	سپتامبر	اکتبر
ضریب α	۱۲۷/۹۶	۱۳۵/۴۷	۱۳۶/۴۵	۱۲۷/۲	۱۲۸/۱۴	۱۲۸/۸	۱۳۹/۴۹	۱۱۸/۴۸	۱۳۶/۳	۱۴۰/۴۷
خطای تصادفی	۲۳/۷۸	۱۸/۵	۱۱/۴	۵۰/۳۱	۶۶/۷	۳۷/۹	۳۳/۴۲	۳۴/۲	۱۸/۲	۲۰/۳
R^2	۰/۴۱۹۷	۰/۲۳	۰/۳۱۸	۰/۴۳۸	۰/۶۴۷۸	۰/۶۴۳۷	۰/۵۶۲	۰/۵۶۹	۰/۴۰۲	۰/۴۵۴
AIC	۶۱۰۵/۳	۵۸۰۴/۱	۵۳۷۴۳/۳	۶۸۶۶۹/۶	۷۱۴۸۴/۶	۶۲۸۸۲/۷	۶۳۶۸۱/۱	۶۵۰۳۴/۴	۵۸۴۸۵/۳	۵۹۳۹۶/۵

ارتباط کمتر شده است؛ به طوری که بالاترین مقدار همبستگی در ماه می (۰/۶۴۷۸) به دلیل شروع رشد گیاه و کمترین مربوط به فوریه (۰/۲۳) به دلیل اثر سرما می باشد. معیار اطلاعاتی اکیایک (Akaike) برای سنجش مدل های مختلف بکار برده می شود. از این رو هر چه این مقدار کمتر باشد، نشان دهنده پیچیدگی کمتر مدل محاسباتی می باشد. به عبارت بهتر، مقادیر کمتر، برازش بهتر با داده های مشاهده شده را نشان می دهد. بنابراین کمترین مقدار مربوط به ماه مارس به مقدار ۵۳۷۴۳ و بیشترین مقدار مربوط به ماه می (۷۱۴۸۴) می باشد.

جدول ۳ مربوط به مراتع با تراکم ۵۱-۷۵ درصد زاگرس می باشد، به طوری که بیشترین ضریب تأثیر مربوط به رطوبت نسبی حداکثر و میانگین و کمترین مربوط به دمای حداقل و میانگین می باشد، بقیه عوامل اقلیمی نقش میانه ای داشته اند. جدول ۴ مقادیر عرض از مبدأ (ضریب α)، خطا (ε)، همبستگی (R^2) و معیار اطلاعاتی اکیایک (AIC^1) را نشان می دهد. همبستگی R^2 در ماه های سرد سال کمتر از ماه های گرم سال می باشد، این مقدار با شروع رشد گیاه تقریباً در ماه می افزایش محسوسی داشته و بعد از ماه اوت به دلیل خشک شدن پوشش گیاهی و در عین حال اثر ارتفاع زیاد بر تعدیل دما و رطوبت این

جدول ۵- ضریب تأثیر عوامل اقلیمی در محاسبه NDVI با رگرسیون چندمتغیره در مراتع با تراکم ۲۶-۵۰ درصد

فاکتور اقلیمی	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژوئیه	اگوست	سپتامبر	اکتبر
دمای حداکثر	۷/۳۲	۸/۶۵	-۵/۱۷	-۶/۳۹	-۵/۳	۱۲/۵۸	۶/۲۹	۲/۶۲	۱۲/۲۹	۵/۳۷
دمای میانگین	۵/۷۸	۱/۸۶	۶/۱۲	۵/۲۹	-۶/۴۱	-۱۶/۶۹	-۴/۰۶	۰/۲۵	-۴/۱۲	-۳/۴۱
دمای حداقل	-۱/۵۸	-۱/۴۶	۰/۶۸	-۱	۳۲/۹۵	۳/۲۹	۱/۰۲	۰/۰۴	۰/۲۸	۰/۷۳
رطوبت نسبی حداکثر	۹/۲۲	-۱/۹۱	۳/۱۹	۲۳/۶۲	-۱۶/۸۲	۱۸/۰۷	۱۵/۶۱	۱۸/۱۰	-۴۶/۱۲	۵/۰۴
رطوبت نسبی میانگین	-۶/۳۸	۴/۸۷	۱۱/۳۳	-۲۷/۰۱	-۶۰/۳۹	-۱۱/۷۵	-۱۷/۳۷	-۱۱/۷۱	۶۸/۷۳	۱۰/۴۸
رطوبت نسبی حداقل	-۲/۲	-۰/۰۱	-۲/۵۳	۱۳/۳۵	۶۶/۳۲	۳/۶۳	۵/۹۹	-۲/۳	-۲۳/۹۶	-۷/۹۶
بارش	۰/۳۴	-۰/۰۹	-۱/۱۲	-۰/۶۷	-۰/۴۸	-۰/۰۱	۰/۱۴	۶/۰۳	۷/۴۵	-۰/۰۱

جدول ۶- ضرایب رگرسیون چندمتغیره بین عوامل اقلیمی با NDVI مراتع با تراکم ۲۶-۵۰ درصد

ضرایب OLS	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژوئیه	اگوست	سپتامبر	اکتبر
ضریب α	۶۶/۳۸	۶۶/۵۶	۶۵/۳۹	۷۲/۸۳	۶۵/۹۶	۶۳/۴۸	۶۲/۳۰	۶۰/۰۳	۶۵/۰۷	۶۷/۶۲
خطای تصادفی	۳۴۲/۷	۳۱۵/۴	۳۸۴/۱	۴۱۳/۸	۴۱۳/۱	۳۳۱/۱	۲۸۱/۶	۲۷۲/۱	۳۱۷/۷	۳۳۰/۳
R^2	۰/۳۶۳	۰/۲۹۷	۰/۳۴۷	۰/۲۴۴	۰/۴۰۸	۰/۳۶۴	۰/۳۲۵	۰/۲۵۹	۰/۲۷۴	۰/۲۷۹
AIC	۴۹۲۸۱۰	۴۸۸۰۹۳	۴۹۹۲۸۶	۵۰۳۵۲۱	۵۰۳۴۲۰	۴۹۰۸۴۳	۴۸۱۶۵۲	۴۷۹۶۸۹	۴۸۸۵۱۱	۴۹۰۷۰۲

مقادیر در ماههای سرد سال بر اثر سرما حالت کاهشی - افزایشی و با شروع فصل رشد در ماه می افزایش یافته است، اما در ماههای پاییز کاهش یافته است. بنابراین بالاترین مقدار همبستگی در ماه آوریل و کمترین آن مربوط به ماه آگوست می باشد. به طوری که کمترین مقدار معیار اطلاعاتی اکیایک (Akiaike) مربوط به ماه آگوست به مقدار ۴۷۹۶۸۹ و بیشترین مقدار مربوط به ماه آوریل به مقدار ۵۰۳۵۲۱ می باشد.

جدولهای ۵ و ۶ ضرایب محاسبه شده برای تراکم ۲۶-۵۰ درصد مراتع زاگرس می باشد. به طوری که بیشترین ضریب تأثیر مربوط به حداکثر، رطوبت نسبی حداقل و میانگین و کمترین تأثیر مربوط به بارش و دمای حداقل می باشد. البته اثر بارش در ماههای گرم سال رو به افزایش گذاشته است که می تواند به دلیل نقش ارتفاع در افزایش بارش باشد، اما در ماههای سرد سال اثر بارش به طرف منفی می رود. از این رو جدول ۶ همبستگی عوامل اقلیمی با NDVI در مراتع ۲۶-۵۰ درصد را نشان می دهد، این

جدول ۷- ضریب تأثیر عوامل اقلیمی در محاسبه NDVI با رگرسیون چندمتغیره در مراتع با تراکم ۱۰-۲۵ درصد

فاکتور اقلیمی	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژوئیه	آگوست	سپتامبر	اکتبر
دمای حداکثر	-۵/۱۲	۴/۹۵	-۳/۱۸	-۱۷/۱۹	-۱۱/۳۴	-۰/۶۳	-۰/۵۷	۰/۲۶	۵/۲۱	-۳/۲۳
دمای میانگین	۶/۵۸	۱/۶۹	۵/۲۶	۹/۵۸	-۱/۶۳	-۴/۱۶	۰/۸۸	۱/۸۳	۰/۰۲	۴/۹۷
دمای حداقل	۰/۰۵	-۱/۱۷	۰/۳۴	-۲/۰۲	۱۳/۵۹	۱/۸۹	۰/۸۹	-۰/۱۶	-۱/۰۹	-۰/۲۵
رطوبت نسبی حداکثر	۲۸/۴۱	۲۳/۸۷	۲۳/۹۷	۲۹/۲۴	۲۶/۰۶	۳۱/۲۸	۳۸/۱۳	۳۶/۰۳	۴۳/۲۴	۳۶/۷
رطوبت نسبی میانگین	-۲۵/۷۰	-۲۹/۵۴	-۲۷/۱۶	۴/۲۵	-۴۵/۸۷	-۱۳/۷۱	-۵۷/۵۹	-۴۶/۲۶	-۵۱/۲۷	-۲۱/۷۷
رطوبت نسبی حداقل	۴/۸۷	۹/۹۵	۱۰/۴۳	-۱۹/۳۲	۲۴/۷۵	-۵/۲۶	۲۴/۹۲	۱۳/۹۳	۹/۳۳	-۲/۹
بارش	۰/۳۱	۰/۲	-۰/۵۲	-۰/۱	-۰/۰۵	-۱/۲۸	۰/۲	۲/۴۹	۳/۹۱	-۰/۴۱

جدول ۸ - ضرایب رگرسیون چند متغیره بین عوامل اقلیمی با NDVI مراتع با تراکم ۱۰-۲۵ درصد

ضرایب OLS	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژوئیه	آگوست	سپتامبر	اکتبر
ضریب α	۱۴۶/۸	۱۴۹/۹	۱۴۷/۱	۱۵۱/۵	۱۴۴/۹	۱۳۷/۸	۱۴۰/۶	۱۳۹/۲	۱۵۱/۱	۱۶۴/۵
خطای تصادفی R^2	۱۱۹/۱	۱۰۹/۷	۲۲۴/۵	۲۱۱/۸	۲۰۲/۶	۹۸	۷۷/۴	۹۵/۵	۱۲۱/۵	۹۳/۹
AIC	۱۶۵۳۸۱	۱۶۳۶۰۰	۱۷۹۱۴۶	۱۷۷۸۷۹	۱۷۶۹۲۰	۱۶۱۱۵۵	۱۵۶۰۲۶	۱۶۰۵۹۷	۱۶۵۸۱۳	۱۶۰۲۳۵

می باشد. به طور کلی ضریب تأثیر بارش در ماههای گرم سال افزایش محسوس و مثبتی داشته است. به دلیل اینکه این سطح از تراکم مراتع در ارتفاع کم واقع شده است، بنابراین مقدار دما افزایش و رطوبت کاهش داشته که با نقش بارش بیشتر شده است. بنابراین بیشترین ضریب

جدولهای ۷ و ۸ ضرایب محاسبه شده برای تراکم ۱۰-۲۵ درصد مراتع زاگرس می باشد. این مراتع در مناطق کم ارتفاع زاگرس واقع شده است. به طوری که بیشترین ضریب تأثیر مربوط به رطوبت نسبی حداکثر و میانگین و کمترین مربوط به بارش و دمای حداقل و میانگین

ارتفاع بالاتر زاگرس قرار گرفته‌اند که دور از دسترس برای چرای دام نیز می‌باشد. همچنین در مناطق کم‌ارتفاع به دلیل افزایش دما شروع رشد گیاه زودتر اتفاق افتاده است، به طوری که در مراتع با تراکم ۲۵-۱۰ درصد شروع رشد گیاه در ماه مارس، ولی در مراتع متراکم در ماه می رخ داده است. بنابراین به دلیل نقش ارتفاع در تعدیل دما، در ماههای گرم سال، مقدار همبستگی در مراتع متراکم بیشتر از مراتع کم تراکم است. آنچه لازم به یادآوریست، این موضوع می‌باشد که در مجموع مقدار ضریب همبستگی در همه تراکم‌ها پایین است، این امر به نتایج حاصل از درون‌یابی عوامل اقلیمی با روشهای زمین‌آمار برمی‌گردد؛ آنچه مسلم است مقدار پیش‌بینی در روشهای زمین‌آمار کمتر بوده و این خود باعث می‌شود که مقدار همبستگی بین عوامل اقلیمی و شاخص NDVI کمتر از ضریب همبستگی در پیش‌بینی درون‌یابی باشد.

بحث

یکی از مهمترین شاخص‌ها برای پایش و ارزیابی توان رشد پوشش گیاهی، شاخص NDVI بدست‌آمده از داده AVHRR می‌باشد. عوامل اقلیمی مهمترین عامل تأثیرگذار بر رشد پوشش گیاهی می‌باشند، تأثیر هر یک از این عوامل در هر منطقه متفاوت است. به طوری که در این تحقیق میزان تأثیر سه عامل مهم اقلیمی بارش، دما و رطوبت نسبی بر رشد پوشش گیاهی مورد مطالعه گرفت. نتیجه تحقیق عبارت است از:

۱- بهینه‌بودن روش کوکریجینگ و داده ارتفاعی حاصل از مدل رقومی ارتفاع در درون‌یابی عوامل اقلیمی، غیر از دمای میانگین که روش وزن‌دهی عکس فاصله بهتر می‌باشد.

تأثیر منفی مربوط به میانگین رطوبت نسبی و بیشترین ضریب تأثیر مثبت مربوط به رطوبت حداکثر می‌باشد. در جدول ۸ مقادیر خطای تصادفی، عرض از مبدأ، همبستگی و معیار اطلاعاتی اکاییک (Akaike) ارائه شده است. به نحوی که مقدار همبستگی در کل نسبت به دیگر سطوح کمتر است، همچنین اثر ارتفاع باعث شده است که شروع سبزیگی چند ماه زودتر شروع شود و در ماه مارس اتفاق بیفتد. بدین ترتیب، در ایام زمستان مقدار R^2 بالاتر از تابستان و بهار می‌باشد؛ که دلیل آن رشد زودتر مراتع بر اثر عوامل اقلیمی دما در ارتفاع پایین‌تر است، اما به طرف بهار و تابستان به دلیل افزایش دما و کاهش بارش، سبزیگی کم شده است. البته بیشترین همبستگی مربوط به ماه مارس به مقدار ۰/۴ و کمترین مربوط به آگوست به مقدار ۰/۱۳۶ می‌باشد. در مجموع کمترین مقادیر در تابستان به طرف پاییز اتفاق افتاده است که در این زمان دما بالا و رطوبت نسبی کم می‌باشد.

کمترین معیار اطلاعاتی اکاییک (Akaike) مربوط به ماه ژولای به مقدار ۱۵۶۰۲۶ و بیشترین مربوط به ماه مارس به مقدار ۱۷۹۱۴۶ می‌باشد.

ارزیابی اثر تراکم مراتع بر همبستگی بین عوامل اقلیم و NDVI

همچنان‌که از جدولهای مربوط به انواع تراکم مرتع مشخص است، هر چه میزان تراکم مرتع بیشتر باشد، همبستگی بیشتری بین عوامل اقلیمی با شاخص NDVI وجود دارد. به طوری که، در مراتع با تراکم ۲۵-۱۰ درصد زاگرس به دلیل اثر پس‌زمینه خاک و احتمالاً اثر تداخل سطوح زیر کشت کشاورزی، مقدار R^2 کمتری بدست آمده است؛ در حالی که در مراتع با تراکم ۷۵-۵۱ درصد زاگرس همبستگی خیلی بالاتر می‌باشد، این مناطق در

برمی‌گردد که با سطوح طبیعی پوشش گیاهی تداخل ایجاد می‌کند. بنابراین آنچه در مجموع مقدار ضریب همبستگی را کمتر کرده است، ورود خطای حاصل از درون‌یابی و تنوع مکانی منطقه مطالعه شده می‌باشد. البته این مقدار با نتایج (Propastin *et al.*, 2009) که مقدار R^2 عامل بارش را به طور متوسط $0/63$ برآورد کرده است، منطبق‌تر است. ۵- شروع رشد گیاه در مرتع کم تراکم ۲۵-۱۰ درصد تحت تأثیر ارتفاع به چند ماه زودتر یعنی ماه مارس منتقل شده است، در حالی که در ارتفاعات بالاتر با سطوح مترکم‌تر شروع رشد گیاه در ماه می اتفاق افتاده است.

۶- اثر ارتفاع بر تراکم کمتر باعث شده است که در ماههای گرم سال مقدار ضریب همبستگی کمتر از حد معمول باشد که ناشی از افزایش دما و کاهش رطوبت نسبی می‌باشد.

سپاسگزاری

از مسئولان محترم سازمان هواشناسی کشور و همچنین سازمان جنگلها، مراتع و آبخیزداری کشور بدلیل همکاری در زمینه داده‌های اقلیمی و لایه‌های رقمی پوشش گیاهی تشکر می‌نمایم.

منابع مورد استفاده

- چنار، ع.، ۱۳۸۰. ارزیابی و نظارت بر خشکسالی در استانهای آذربایجان شرقی، غربی و اردبیل با استفاده از تصاویر AVHRR، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۵ص.
- صفری، ه.، ۱۳۸۲. بررسی وضعیت خشکسالی با استفاده از اطلاعات هواشناسی و داده ماهواره NOAA در منطقه زابل. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی، ۱۵۱ص.
- شمسی پور، ع.ا.، ۱۳۸۶. تحلیل رخدادهای خشکسالی منطقه کاشان با استفاده از داده NOAA-AVHRR. رساله دکتری اقلیم شناسی، دانشگاه تهران، ۱۹۴ص.

۲- تأثیر تأخیر زمانی دو ماهه بارش در پوشش گیاهی ماههای بعد از آن؛ درحالی که فاکتورهای دما و رطوبت فاصل زمانی یک ماهه دارند، ولی با نتایج (Potter & Brooks, 1998)، (Nicholson & Farrar, 1994) و (Richard & Pocard, 1998) منطبق می‌باشد، اما نتایج او چندان در مورد هر عامل اقلیم مشخص نیست و تنها به فاصله زمانی ۱ تا ۲ ماهه اشاره کرده است. نتایج (Nicholson & Farrar, 1994) و (Davenport & Nicholson, 1993) همبستگی بین NDVI با بارش را دو ماه زودتر برآورد کردند که با نتایج تحقیق منطبق است.

۳- در مجموع در کل پوشش گیاهی زاگرس رگرسیون چندمتغیره ضریب تأثیر رطوبت نسبی حداکثر، میانگین و حداقل را در اغلب ماهها ژانویه تا اکتبر ۲۰۰۶ نشان می‌دهد. اما عوامل اقلیمی بارش و دمای حداقل نقش خیلی کمتری در برآورد NDVI داشته‌اند. به‌نحوی که این مقادیر با نتایج (Yang *et al.*, 1997) مطابقت ندارد، هر چند مقدار ضریب دما بعد از رطوبت می‌باشد. همچنین نتایج محققانی از جمله (Yang *et al.*, 1998)، (Richard & Pocard, 1998)، (Wang *et al.*, 2001)، (Ji & Peters, 2004) و (Li *et al.*, 2004) با نتایج این تحقیق سازگار نمی‌باشد، به‌طوری که نتایج این محققان بیانگر ارتباط بیشتر بارش با NDVI نسبت به دماست. دلیل اختلاف احتمالاً به شرایط خاص توپوگرافی منطقه مطالعه شده و قرارگیری در جنب‌حاره برمی‌گردد که تغییرات بارش و دما را تحت تأثیر قرار داده است.

۴- بیشترین مقدار همبستگی R^2 مربوط به تراکم ۷۵-۵۱ درصد و کمترین مقادیر مربوط به تراکم ۲۵-۱۰ درصد می‌باشد. دلیل این امر احتمالاً به اثر پس‌زمینه خاک در مراتع غیرمترکم و اثر حواشی سطوح کشاورزی

- Fuller, D.O. and Prince, S.D., 1996. Rainfall and foliar dynamics in tropical Southern Africa: potential impacts of global climatic change on savanna vegetation. *Climatic Change*, 33, PP: 69- 96.
- Goward, S.N. and Prince, S.D., 1995. Transient effects of climate on vegetation dynamics: satellite observations. *J. Biogeography*, 22, PP: 549-563.
- Gutman, G., 1989. On the relationship between monthly mean and maximum-value composite normalized vegetation indices. *Int. J. Remote Sensing*, 10, PP: 1317-1325.
- Holben, B.N., 1986. Characteristics of maximum-value composite images from temporal AVHRR data. *Int. J. Remote Sensing*, 7, PP: 1417- 1434.
- [http://en.wikipedia.org/w/index.php?title = Special %3 ASearch&search = noaa+18](http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Special%3AASearch&search=noaa+18).
- Ji, L. and Peters, 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.
- Ji, L. and Peters, A.J., 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.
- Justice, C.O., Holben, B.N. and Gwynne, M.D., 1986. Monitoring East African vegetation using AVHRR data. *Int. J. Remote Sensing*, 7, PP: 1453-1474.
- Karabulut, M., 2003. An examination of relationships between vegetation and rainfall using Maximum Value Composite AVHRR-NDVI data. *Turk Journal Bot*, 27, PP: 93-101.
- Li, J., Lewis, J., Rowland, J., Tappan, G. and Tieszen, L.L., 2004. Evaluation of land performance in Senegal using multi-temporal NDVI and rainfall series. *J. 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. *J. Arid Environments*, 19, 1-24.
- Maselli, F. and Chiesi, M. 2006. Integration of multi-source NDVI data for the estimation of Mediterranean forest productivity. *Int. J. Remote Sensing*, 27, PP: 55-72.
- Nicholson, S.E. and Farrar, T.J., 1994. The influence of soil type on the relationships between NDVI, rainfall and soil moisture in semiarid Botswana. I. NDVI response to rainfall. *Remote Sensing of Environment*, 50, PP: 107- 120.
- Nicholson, S.E., Davenport, M.L. and Malo, A.R., 1990. A comparison of the vegetation response to rainfall in the Sahel and East Africa, using NDVI from NOAA AVHRR. *Climatic Change*, 17, PP: 207- 241.
- Pocard, I. and Richard, Y., 1996. Sensibilite du NDVI aux variations pluviométriques par suivi satellital en Afrique tropicale. Publications - طاهرزاده، ع.، ۱۳۸۵. تحلیل خشکسالی با استفاده از تکنولوژی GIS و سنجش از دور در حوضه آبریز میناب. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۰ ص.
- اختری، ر.، مهدیان، م.ح. و مرید، س.، ۱۳۸۵. تحلیل مکانی خشکسالی SPI و EDI در استان تهران. تحقیقات منابع آب ایران، سال دوم، ۳، ۲۷-۳۸.
- فرجی سبکبار، ح.ع. و عزیز، ق.، ۱۳۸۵. ارزیابی میزان دقت روشهای درون‌یابی فضایی (مطالعه موردی: الگوسازی بارندگی حوزه کارده مشهد). پژوهش‌های جغرافیایی، ۵۸: ۱۵-۱.
- Baker, M.J., 2003. The marketing book, fifth edition. Oxford, OX2 8DP, (google book online).
- Cambell, J.B., 1987. Introduction to Remote Sensing. New York, The Guttford Press.
- Charney, J.G., Quirk, W.J., Chow, S. and Kornfield, J., 1977. A comparative study of the effects of albedo change on drought in the semiarid regions. *J. Atmospheric Sciences*, 34, PP: 1366- 1385.
- Chen, H., Zou, C., Liu, Y., Xu, X. and Wang, S., 2005. Variations of NDVI and the relationship with climate in Huang- Huai- Hai region of China in 1981-2001. *Remote sensing and Modeling of Ecosystems for Sustainability II*. edited by Wei Gao, David R, Shaw, Proceedings of SPIE Vol. 5884 (SPIE, Bellingham, WA, 2005) 58841I.
- Courel, M.F., Kandel, R.S. and Rasool, S.I., 1984. Surface albedo and the Sahel drought. *Nature*, 307, PP: 528- 531.
- 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. *Int. J. Remote Sensing*. 15, PP: 2121-2136.
- Eck, T. and Kalb, V., 1991. Cloud-screening for Africa using a geographically and seasonally variable infrared threshold. *Int. J. Remote Sensing*, 12, PP: 1205-1221.
- Eidsensink, J.C., 1992. The 1990 conterminous U.S. AVHRR data set. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 58, PP: 809- 813.
- 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.

- 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.
- Toker, 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 Rich, P.M., 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.
- Yan, D., Xi, C., Bao, A., Luo, G., Jappar, G. and Li, J., 2008. The Correlation Analysis of Vegetation Variable Process and Climate Variables in Alpine-Cold Wetland in Arid Area. Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS 2008. IEEE International Vol. 4, 7-11, P: IV - 878 - IV – 881.
- Yang, L., Wylie, B., Tieszen, L.L. and Reed, B.C., 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.
- Association International Climatology, 9, PP: 41-48.
- Potter, C.S. and Brooks, V., 1998. Global analysis of empirical relations between annual climate and seasonality of NDVI. Int. J. 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.
- Rasool, S.I., 1993. Systeme Terre, (France: Dominos Flammarion), P: 12.
- Richard, Y. and Poccard, I., 1998. A statistical study of NDVI sensitivity to seasonal and interannual rainfall variations in southern Africa. Int. J. Remote Sensing, 19, PP: 2907-2920.
- Saugier, B., 1996. Vegetation et atmosphere. (France: Dominos Flammarion), P: 107.
- 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. Int. J. Remote Sensing, 16, PP: 2755- 2777.
- Sellers, P.J., 1985. Canopy reflectance, photosynthesis, and transpiration. Int. J. Remote Sensing, 6, PP: 1335–1372.
- Tucker, C.J., 1979., Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. Remote Sensing of Environment, 8, pp: 127-150.

Assessment of climatic factors effect on vegetation in the Zagross region using satellite images

Farajzadeh, M.^{1*}, Fathnia, A.A.², Alijani, B.³ and Zeaiean, P.⁴

1*- Corresponding Author, Associated Professor, Department of Remote Sensing, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
E-mail: farajzam@modares.ac.ir

2- Ph.D. Student, Department of Geography (climateology), Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

3- Professor, Department of Geography, Tarbiat Moallem University, Tehran, Iran.

4- Assisstant Professor, Department of Geography, Tarbiat Moallem University, Tehran, Iran.

Received: 31.10.2009

Accepted: 24.07.2010

Abstract

The aim of this research was to evaluate the effect of climatic factors on vegetation in rangelands of Zagross with normalized difference vegetation index (NDVI) derived from Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) sensor, and climatic data. The study area was rangelands of Zagross with 51-75, 26-50 and 10-25 density. Satellite images and climatic factors were respectively studied from January to October 2006 and from September 2005 to October 2006. Effects of seven monthly climatic variables (precipitation, temperature and relative humidity (maximum, mean and minimum) were studied on monthly NDVI. Zoning was performed by geostatistical method and Multivariate Ordinary Least Squares regression (MOLS) was applied to study the effect of climatic factors on vegetation changes. According to the Results CO-Kriging was identified as the best method for zoning, and Inverse Distance Weighting (IDW) only in mean temperature showed a better distance. Vegetation responses to precipitation of last two months, and temperature and relative humidity of last one month. Results of MOLS showed higher correlation in rangelands with a density of 51-75 %, but generally, correlation was low in rangelands with a density of 10-25 %, that can be due to the low altitude from sea level, effect of soil background and agricultural field margins. Also, low height in rangelands with a density of 10-25 % increased the temperature and transferred the start of leaf greenness to March, while in rangelands with a density of 51-75 % greenness started in May. The highest and lowest R^2 values were calculated as 0.6478 for dense rangelands in May and 0.136 for low density rangelands in August.

Key words: temperature, precipitation, relative humidity, NDVI, rangelands of Zagross, AVHRR