



دانشگاه گنبد کاووس

نشریه "حفاظت زیست‌بوم گیاهان"

دوره هفتم، شماره چهاردهم

<http://pec.gonbad.ac.ir>

بررسی تغییرات فصلی ۱۵ ساله نمایه‌ی گستره‌ی برگ با استفاده از سنجده‌ی مودیس در گستره‌ی ایران

فخری سادات فاطمی نیا^۱، بهروز سبحانی^{۲*}، سید ابوالفضل مسعودیان^۳

^۱دکتری آب و هواشناسی کشاورزی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

^۲استاد اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

^۳استاد اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه اصفهان، اصفهان

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۳/۲۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۴/۲۹

چکیده

امروزه از تصاویر ماهواره‌ای به‌طور گسترده‌ای برای پایش پوشش گیاهی استفاده می‌گردد. هدف از این پژوهش، بررسی گستره‌ی برگ در بازه‌ی زمانی ۱۳۹۵-۱۳۸۱ با تفکیک مکانی یک کیلومتر به کمک داده‌های دو فرآورده‌ی دورسنجی مودیس‌ترا و آکوا و به‌صورت فصلی بوده است. برای این منظور به واکاوی داده‌ها و انجام محاسبات آماری-ریاضی، کد نویسی و تشکیل پایگاه داده در نرم‌افزار متلب اقدام و سپس نقشه‌ی میانگین فصلی تهیه شد. این نقشه‌ها نشان‌دهنده‌ی تقریباً خالی بودن مناطق مرکزی، شرقی و جنوب شرق ایران از گستره برگ هستند و یا گستره‌ی برگ بسیار تنک در برخی مناطق دیده می‌شود و ۵۸/۲۶ درصد از گستره‌ی ایران خالی از پوشش گیاهی است. در مقابل دامنه‌های شمالی البرز، ارتفاعات شمال غرب و دامنه‌های زاگرس میانی با ۴۱/۷۴ درصد دارای گستره‌ی برگ مناسبی هستند که به استثنا جنگل‌های هیرکانی و ارسباران عموماً شامل کشتزارها می‌شود. از نظر زمانی، فصل بهار و تابستان با میانگین ۰/۴۷ درصد و ۰/۳۶ درصد بالاترین میانگین و فصل پاییز و زمستان کمترین میانگین گستره‌ی برگ را دارا هستند. در مرحله‌ی بعد دارنمای فصلی نمایه‌ی گستره‌ی برگ تهیه شد و یافته‌های موردنظر در چهارفصل و درنهایت در دو گروه قرار داده شدند. این دو گروه شامل گروه دوره‌ی سرد با فصل پاییز و زمستان و گروه دوره‌ی گرم با فصل بهار و تابستان هستند.

واژه‌های کلیدی: بررسی فصلی، رفتار زمانی، مودیس، نمایه‌ی گستره‌ی برگ، ایران

*نویسنده مسئول sobhani@uma.ac.ir

مقدمه

اولین گام اساسی در شناخت نیروهای محرک و ارزیابی مکانیسم تغییرات سرزمینی، آشکارسازی و پایش تغییرات پوشش گیاهی است و در این فرآیند تولید مستقیم نقشه‌هایی با صحت مطلوب از عناصر مختلف سرزمین، یکی از ابزارهای مهم نظارت عرصه‌های منابع طبیعی و محیط‌زیست است (عباس‌زاده‌تهرانی و صابری، ۲۰۱۳). در عصر حاضر، یکی از روش‌هایی که برای شناسایی تغییرات پوشش گیاهی استفاده می‌شود، استفاده از فرآورده‌های دورسنجی می‌باشد. این دانش، امکان شناخت تغییرات بازتاب در گیاهان را از طریق اندازه‌گیری تشعشعات پوشش گیاهی فراهم می‌سازد (فرج‌زاده، ۲۰۰۵؛ عدل، ۱۳۸۶) به همین دلیل است که نمایه‌های گیاهی^۲ مورد استفاده در دورسنجی، در طی دو دهه‌ی گذشته در کسب اطلاعات در مورد وضعیت پوشش گیاهی، برتری یافتن پوشش‌های گیاهی از دیگر پدیده‌ها، پایش آن و بررسی منابع طبیعی کاربرد وسیعی پیدا کرده‌اند (سپهری، ۱۳۸۱؛ رحمانی و همکاران، ۱۳۹۰؛ علوی‌پناه، ۱۳۸۲؛ علوی‌پناه و همکاران، ۱۳۸۵). بررسی ویژگی‌های طیفی گیاهان نشان می‌دهد که گیاهان بیشترین بازتاب را در طیف سبز و مادون قرمز و بیشترین جذب را در طیف قرمز و آبی دارند که در این میان، تغییرات ویژگی‌های برگ و میزان سبزینه‌ی^۳ آن‌ها نقش اساسی و مهمی در میزان بازتاب آن‌ها ایفا می‌کند و عواملی همچون تنش رطوبتی یا دمایی، بیماری و بلوغ برگ که ویژگی‌های برگ را تغییر می‌دهد، به‌طور مستقیم بر بازتاب گیاهان به‌ویژه در ناحیه مادون قرمز اثرگذار است (ثنایی‌نژاد و همکاران، ۱۳۸۷). تغییرات آب و هوایی بر پوشش گیاهی و فعالیت‌های کشاورزی اثرگذار است و آن را به‌طور دائم در معرض مخاطره قرار می‌دهد و متقابلاً تغییرات پوشش گیاهی و به‌ویژه گستره‌ی برگ نیز باعث تغییر فرا سنج‌های مهم اقلیمی همچون بازتاب^۴ سطحی، باد سطحی، میزان تبخیر و تعرق، فرسایش خاک و ... می‌گردد (صبحی و سلطانی، ۱۳۸۷؛ فنایی و عطایی، ۱۳۹۱). به همین دلیل نمایه‌های گیاهی بالأخص نمایه‌ی گستره‌ی برگ^۵ مورد استفاده وسیع کاربران قرار گرفته است. نمایه‌ی گستره‌ی برگ، مقدار سطح برگ در یک مترمربع از پوشش گیاهی می‌باشد. این نمایه، نسبت مساحت سطح بالایی برگ‌های گیاه به مساحت زمین واقع در زیر برگ‌ها است و بازه‌ی تغییرات آن با توجه به نوع گیاه و مراحل مختلف رشد گیاه، متفاوت است (تارنمای مودیس). به عبارت دیگر، کمینه و بیشینه‌ی این نمایه به ترتیب در مرحله‌ی چندبرگی گیاه و

² Vegetation Index

³ Chlorophyll

⁴ Albedo

⁵ Leaf Area Index

مرحله‌ی پایانی رشد گیاه است (بادیه‌نشین و همکاران، ۱۳۹۳). این نمایه، قادر به نشان دادن میزان حاصلخیزی خاک، رویش و یا نابودی درختان، افزایش نیتروژن، میزان زیست‌توده، افزایش محصول و کاهش یا افزایش برگ‌های گیاهی است (Afas et al., 2005; Arias, 2007). پایش این نمایه، به‌منظور مدیریت آبیاری و عملیات کشاورزی در شبکه‌ی زهکشی و آبیاری اهمیت دارد (بادیه‌نشین و همکاران، ۱۳۹۳). در ارتباط با پوشش گیاهی و به‌ویژه گستره‌ی برگ، پژوهش‌های زیادی انجام‌شده است. گورگل و فرتیرا (Gurgel and Ferreira, 2003)، تغییرات پوشش گیاهی را در ارتباط با تغییرات اقلیمی در برزیل مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که تغییرات پوشش گیاهی در ارتباط با تغییرات اقلیمی با توجه به نوع پوشش گیاهی هر منطقه متفاوت است که در این میان زمان بارندگی‌ها تأثیرات متفاوتی را بر پوشش گیاهی منطقه می‌گذارد. همبستگی بارندگی با تغییرات پوشش گیاهی در فصل بهار ۹۱ درصد و در فصل تابستان ۷۰ درصد می‌باشد. لیو و پیتز (Lei and Peters, 2003)، پی‌آو و همکاران (piao et al., 2003) و پرسنت (Present, 2009)، بارندگی‌های اواسط فصل بهار را بر پوشش گیاهی مؤثر می‌دانند. حسینی و همکاران (حسینی و همکاران، ۲۰۱۱)، نیز معتقدند که بارندگی فصل بهار نسبت به سایر فصول تأثیر بیشتری بر پوشش گیاهی دارد. تافین-دونگ و همکاران (Taifeng Dong et al., 2016)، گستره‌ی برگ گندم زمستانه را با استفاده از داده‌های تلفیقی سنجنده‌ی مودیس و لندست ۸ بررسی نمودند. ایشان به‌منظور تخمین میزان محصول به جمع‌آوری نمایه‌ی گستره‌ی برگ سبز (GLAI) پرداختند. بدین منظور با استفاده از دو مدل STARFM^۶ و ESTARFM^۷، به برآورد میزان گستره‌ی برگ پرداختند. نتایج نشان داد زمانی که داده‌های دورسنجی محدود باشد، الگوریتم‌های ترکیبی، پایش رشد محصولات و تخمین میزان رشد آن‌ها را بهبود می‌دهد. هوآن‌جین و همکاران (Huaan Jin et al., 2017)، به مطالعه‌ی گستره‌ی برگ در جنوب غرب چین و ارتباط آن با توپوگرافی، زمان و نوع پوشش گیاهی در سال‌های ۲۰۱۱-۲۰۱۳ در مودیس و GLASS پرداختند. نتایج نشان داد که بازیابی‌ها در هر دو مورد نسبت به شاخص‌های توپوگرافی حساس هستند. اختلاف نمایه‌ی گستره‌ی برگ در این دو مورد برای ۶۴/۷۰ درصد از پیکسل‌های بازیابی شده در جنوب غرب چین ۰/۵+ - می‌باشد. نمایه‌ی گستره‌ی برگ برای این منطقه، بیشتر شامل چمن و محصولات زراعی است و جنگل‌های پهن‌برگ را کمتر شامل می‌شود. لوکاپاسولی و همکاران (Luca Pasolli et al., 2007)، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مودیس به بازیابی الگوریتم نمایه‌ی گستره‌ی برگ در مراتع کوه‌های آلپ پرداختند. ایشان داده‌های سال‌های ۲۰۰۷-۲۰۰۵ را با دو

⁶ Enhanced STARFM

⁷ Spatial and Temporal Adaptive Reflectance Fusion Model

تفکیک ۱۰۰۰ و ۲۵۰ متر مورد بررسی قرار دادند. داده‌های نمایه‌ی گستره‌ی برگ برای هر دو نوع تفکیک مکانی با استفاده از سری زمانی اعتبارسنجی شدند. نتایج ایشان قابلیت الگوریتم پیشنهادی را برای به دست آوردن نمایه‌ی گستره‌ی برگ با RMSE کلی ۱/۶۸ مترمربع بر مترمربع در محیط‌های باز و کوهستانی نشان داد.

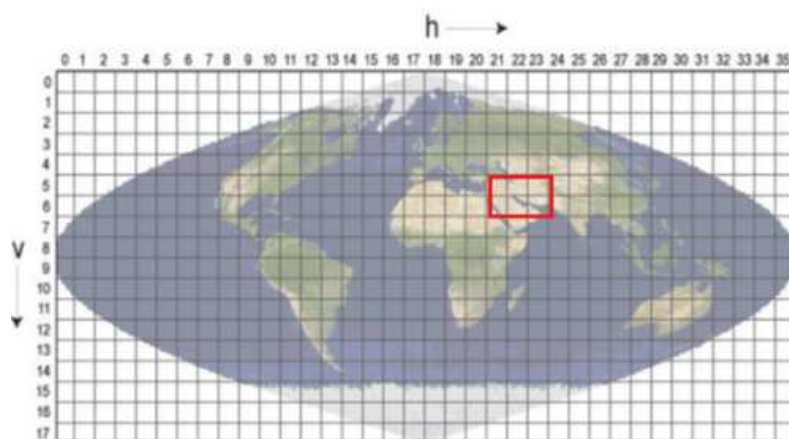
هدف اصلی از این مطالعه پایش تغییرات مکانی - زمانی (فصلی) پوشش گیاهی در ایران طی بازه‌ی زمانی ۱۳۸۱-۱۳۹۵ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مودیس ترا و مودیس آکوا است^۸.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

در پژوهش حاضر، از داده‌های دورسنجی مودیس ترا و مودیس آکوا استفاده شده است. تفکیک مکانی این داده‌ها یک کیلومتر و تفکیک زمانی آن ۸ روزه است. بنابراین برای مناطقی که پوشش گیاهی چندان گسترده‌ای هم نداشته باشند، بررسی امکان‌پذیر است. نمایه‌ی گستره‌ی برگ در سنجنده‌ی مودیس از سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۵ از تارنمای [ftp://ladsweb.nascom.nasa.gov](http://ladsweb.nascom.nasa.gov) قابل دریافت می‌باشند. نمایه‌ی LAI/FPAR با استفاده از سیستم شبکه‌بندی سینوسی تولید شده است. در شبکه‌بندی سینوسی، ایران روی شش تصویر مودیس قرار می‌گیرد و با موزاییک کردن این تصاویر و کاشی‌ها در کنار یکدیگر، پوشش کل ایران به دست آمده می‌آید. از نظر زمانی، داده‌ها از تاریخ ۱۳۸۱/۴/۱۳ تا ۱۳۹۵/۱۰/۱۱ به عبارتی برای ۵۲۹۵ روز از تارنمای ذکر شده قابل دریافت هستند. البته باید توجه داشت که داده‌ها هشت‌روزه هستند و در هر هشت روز نیز ۶ کاشی موجود است. تعداد کاشی‌های مورد استفاده در پژوهش حاضر به صورت جدول یک می‌باشد. در شکل ۱، h نماد کاشی‌های افقی و v نماد کاشی‌های عمودی است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، کاشی‌های H21v05, h21v06, h22v05, h22v06, h23v05, h23v06 متعلق به ایران و با فرمت HDF-EOS و ۱۰×۱۰ درجه‌ی قوسی (استوایی) هستند (MCST, 2006) (شکل ۱، جدول ۱).

^۸ - سنجنده‌ی مودیس، دارای توان تفکیک طیفی بالایی است. این بدان مفهوم است که همان محدوده‌ی طیفی که در سنجنده‌ی AVHRR به ۵ باند تقسیم شده است در سنجنده‌ی مادیس به ۳۶ باند تقسیم شده است. در نهایت این امر باعث می‌شود سنجش پوشش گیاهی با دقت بیشتری انجام شود.



شکل ۱- شبکه‌بندی سینوسی سنجنده‌ی مودیس

جدول ۱- تفکیک کاشی‌های مورداستفاده در سال‌های موردبررسی

سال‌ها	تعداد کاشی‌های موجود در هر سال
۱۳۸۱	۱۳۸ کاشی
۱۳۸۲-۱۳۹۴	در هر سال ۲۷۶ کاشی، به عبارتی از سال ۱۳۸۲- ۱۳۹۴، جمعاً ۳۵۸۸ کاشی موجود است
۱۳۹۵	۲۷۰ کاشی
جمع کل کاشی‌ها در بازه‌ی ۱۳۸۱-۱۳۹۵	۳۹۹۶

در این پژوهش، از روش‌های تحلیلی- آماری جهت واکاوی نمایه‌ی گستره‌ی برگ در تصاویر مادیس با استفاده از نرم‌افزارهای متلب^۹ و گوگل‌ارث^{۱۰} با رویکرد کاربردی بهره گرفته شده است. مراحل اجرایی پژوهش حاضر به شرح زیر می‌باشد.

⁹ Matrix Laboratory(MATLAB)

¹⁰ Google Earth



شکل ۲- نمودار مراحل اجرایی پژوهش

نتایج و بحث

بررسی میانگین فصلی، یکی از روش‌های واکاوی گستره‌ی برگ می‌باشد. از این رو، در این پژوهش سعی شده است تا میانگین فصلی نمایه‌ی گستره‌ی برگ در ایران مورد بررسی قرار گیرد. برای این منظور، تصاویر ۱۵ ساله‌ی مربوط به نمایه‌ی گستره‌ی برگ از سنجنده‌ی مودیس استخراج شد. سپس با کمک نرم‌افزارهای متلب و گوگل‌ارث به واکاوی این نمایه در ایران طی دوره‌های آماری ۱۳۸۱-۱۳۹۵ به صورت فصلی پرداخته شد. پس از واکاوی داده‌ها در محیط نرم‌افزار متلب، امکان تهیه‌ی نقشه برای هر یک از فصل‌ها فراهم گردید. با توجه به آماره‌های به دست آمده، کمینه و بیشینه‌ی پوشش گیاهی در تمام فصل‌ها صفر تا ۶/۲ است. به همین دلیل راهنمای نقشه‌ها از صفر تا ۶/۵ قرار داده شد. یاخته‌هایی که کد صفر دارند، دارای گستره‌ی برگ ضعیف هستند و با افزایش کدها تا کد ۶/۵ گستره‌ی برگ نیز به تدریج شدت بیشتری می‌یابد. به عبارت دیگر کد ۶/۵ نشان می‌دهد که در محدوده‌ی مورد نظر در هر مترمربع از زمین، نمایه‌ی گستره‌ی برگ نیز یک مترمربع می‌باشد. به منظور بررسی بیشتر، راهنمای نقشه‌ها از نظر شدت پوشش گیاهی به ۵ گروه تقسیم شدند. از میان گروه‌های به دست آمده یاخته‌های بالاتر از ۳ که نشان‌دهنده‌ی وضعیت بهتر و تراکم بیشتر گستره‌ی برگ هستند، مورد بررسی قرار گرفتند. در این پژوهش، تاریخ شروع و در واقع بارگذاری داده‌ها در تارنمای مودیس از ۱۳۸۱/۰۴/۱۳ مقارن با ۲۰۰۲/۰۷/۰۶ می‌باشد. توجه به این نکته ضروری است که سال ۱۳۸۱ در فصل بهار که میزان گستره‌ی برگ بالاست، با نبود داده‌ها مواجه شد. از آنجاکه داده‌های سال ۱۳۹۵ تا تاریخ ۱۳۹۵/۱۰/۰۶

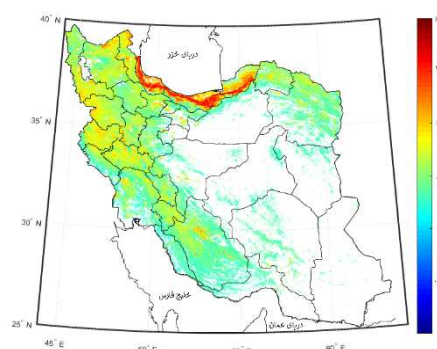
مقارن با ۲۰۱۶/۱۲/۲۶ در سایت مودیس بارگذاری شده‌اند، لذا واکاوی‌ها نیز تا این تاریخ صورت گرفته است. در واقع دوماه و نیم پایانی سال ۱۳۹۵ فاقد داده‌های گستره‌ی برگ بودند.

وضعیت گستره‌ی برگ در فصل بهار

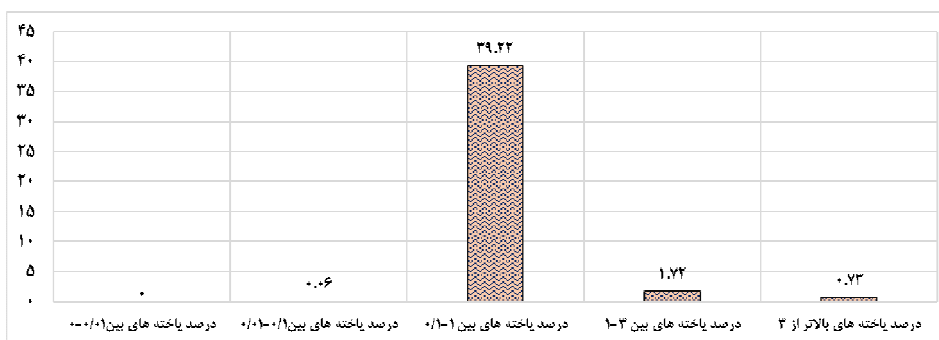
میانگین درصد پوشیده از گستره‌ی برگ در ایران در فصل بهار، ۰/۴۷ می‌باشد که نسبت به بقیه‌ی فصل‌ها درصد بیشتری از وسعت ایران را در برگرفته است (شکل ۱۶). در این فصل، یاخته‌های طبقه‌ی سوم نسبت به بقیه‌ی طبقات درصد بیشتری از ایران را به خود اختصاص داده است و یاخته‌های طبقه‌ی پنجم که بالاتر از ۳ هستند نیز در مقایسه با دیگر فصل‌ها با ۰/۷۳ درصد پس از فصل تابستان قرار دارند (شکل ۳). باغات چای و جنگل‌های دشت مغان، جنگل‌های ارسباران در محدوده‌ی مردانقم در شمال استان آذربایجان شرقی تا کلیبر، سرتاسر ناحیه‌ی جنوبی خزر با انواع پوشش گیاهی، مزارع و کشتزارهای چای، برنج، جو، گندم، باغات مرکبات، آلبالو، کیوی و جنگل‌های هیرکانی از آستارا تا شرقی‌ترین قسمت استان گلستان و در غرب ایران نیز نيزارهای منطقه‌ی حفاظت‌شده‌ی باکلان و چک در استان خوزستان دارای نمایه‌ی بالاتر از ۳ هستند (شکل ۴).



شکل ۴- میانگین فصلی طبقه‌نمایه‌ی گستره‌ی برگ در فصل بهار در بازه‌ی زمانی ۱۳۸۱-۱۳۹۵



شکل ۳- میانگین فصلی نمایه‌ی گستره‌ی برگ در فصل بهار در بازه‌ی زمانی ۱۳۸۱-۱۳۹۵



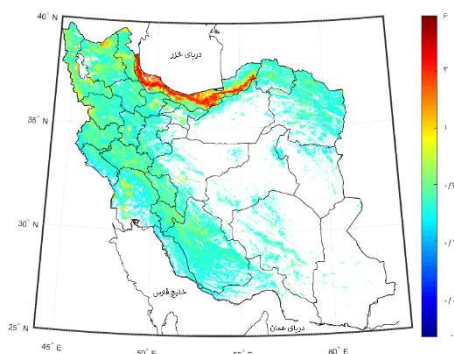
شکل ۵- درصد طبقات مختلف یاخته های گستره ی برگ در فصل بهار

وضعیت گستره ی برگ در فصل تابستان

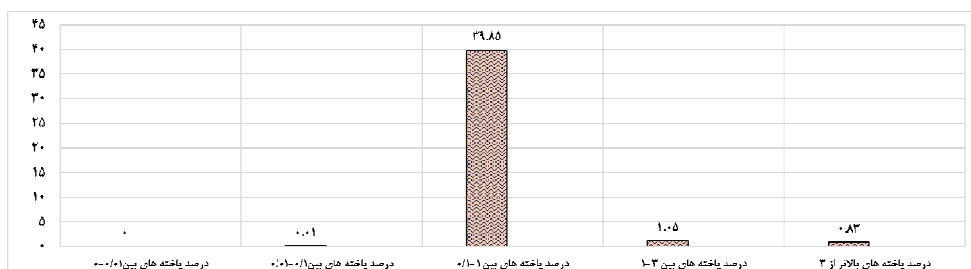
فصل تابستان با ۰/۳۶ میانگین نمایه ی گستره ی برگ پس از فصل بهار قرار دارد. طبقه ی سوم در این فصل نسبت به فصل بهار افزایش ناچیزی را نشان می دهد (شکل ۱۶). تعداد یاخته های بالاتر از ۳ در این فصل نسبت به فصل بهار افزایش یافته و از ۱۳۸۰۱ یاخته به ۱۵۶۶۲ یاخته رسیده است ولی همچنان در ظاهر، تصاویر، همان یاخته های فصل بهار را نشان می دهند. تصاویر و نقشه های (شکل ۶) حاکی از این است که این افزایش در کرانه های خزر می باشد. یاخته های بالاتر از ۳ در کرانه های خزر در فصل تابستان همانند فصل بهار می باشد، با این تفاوت که فاصله ی یاخته ها در فصل تابستان نزدیک تر از فصل بهار می باشد و درواقع تراکم آن ها بیشتر شده است. جنگل های ارسباران در حوالی خریل، جنگل های ارسباران مردانقم در شمال آذربایجان شرقی، کشتزارهای گندم در پارس آباد مغان نمایه ی بالاتر از ۳ را دارا هستند. باغات چای و جنگل های دشت مغان، جنگل های ارسباران در محدوده ی مردانقم در شمال استان آذربایجان شرقی تا کلیبر، سرتاسر ناحیه ی جنوبی خزر با انواع پوشش گیاهی، مزارع و کشتزارهای چای، برنج، جو، گندم، باغات و جنگل های هیرکانی از آستارا تا منتهی الیه استان گلستان و در غرب ایران نیز باغات و نيزارهای شرق تالاب هورالعظیم در منطقه ی حفاظت شده ی باکلان و چک نمایه ی بالاتر از ۳ را نشان می دهند (شکل ۷).



شکل ۷- میانگین فصلی طبقه‌نمایه گستره برگ در فصل تابستان در بازه‌ی زمانی ۱۳۸۱-۱۳۹۵



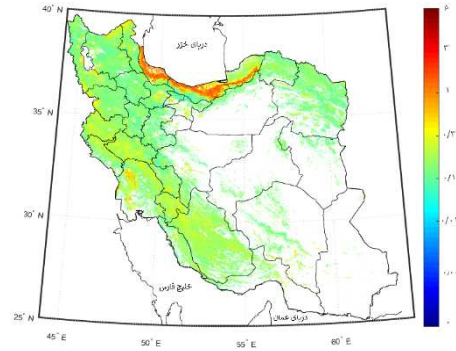
شکل ۶- میانگین فصلی نمایه‌ی گستره‌ی برگ در فصل تابستان در بازه‌ی زمانی ۱۳۸۱-۱۳۹۵



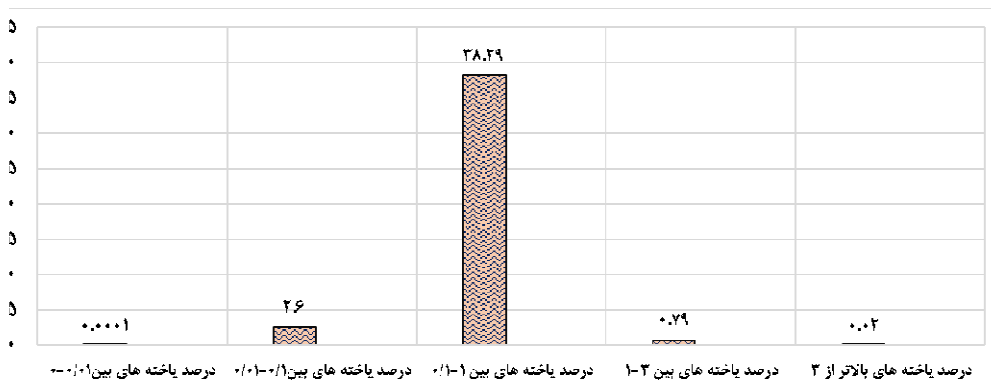
شکل ۸- درصد طبقات مختلف یاخته‌های گستره‌ی برگ در فصل تابستان

وضعیت گستره‌ی برگ در فصل پاییز

میانگین گستره‌ی برگ در ایران در فصل پاییز ۰/۲۰ می‌باشد که نسبت به فصل قبل به شدت کاهش یافته است (شکل ۱۶). در این فصل، یاخته‌های طبقه‌ی اول و دوم نسبت به دوره‌ی گرم سال افزایش و بقیه‌ی طبقات کاهش داشته است (شکل ۹). همان‌طور که در شکل ۱۰ دیده می‌شود در این فصل، تعداد یاخته‌های بالاتر از ۳ نسبت به فصل تابستان کاهش یافته و به ۰/۰۲ درصد رسیده است. سرتاسر ناحیه‌ی جنوبی خزر با انواع پوشش گیاهی، مزارع و کشتزارهای چای، برنج، جو، گندم، باغات و جنگل‌های هیرکانی از آستارا تا منتهی‌الیه استان گلستان و در غرب ایران نیز باغات و نیزارهای شرق تالاب هورالعظیم در منطقه‌ی حفاظت‌شده‌ی باکلان و چک نمایه‌ی بالاتر از ۳ را نشان می‌دهند.



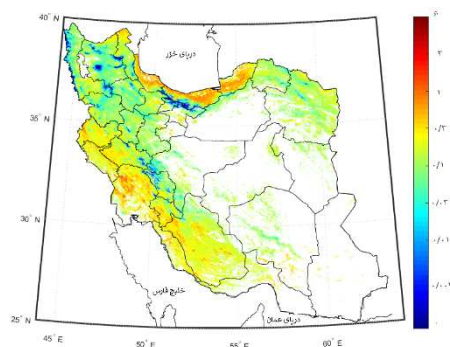
شکل ۹- میانگین فصلی نمایه‌ی گستره‌ی برگ در فصل پاییز در بازه‌ی زمانی ۱۳۸۱-۱۳۹۵
 شکل ۱۰- میانگین فصلی طبقه ۵ نمایه گستره برگ در فصل پاییز در بازه‌ی زمانی ۱۳۸۱-۱۳۹۵



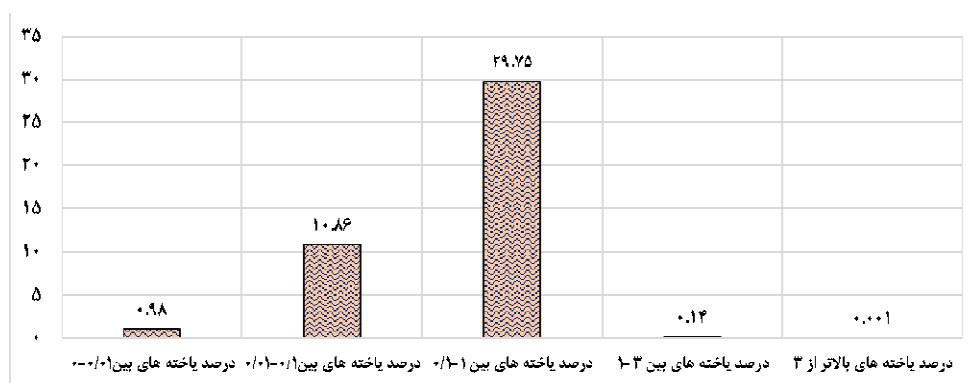
شکل ۱۱- درصد طبقات مختلف یاخته‌های گستره‌ی برگ در فصل پاییز

وضعیت گستره‌ی برگ در فصل زمستان

در فصل زمستان، میانگین نمایه‌ی گستره‌ی برگ در ایران ۰/۱۷ می‌باشد که نسبت به فصل پاییز کاهش داشته است (شکل ۱۶). در این فصل یاخته‌های طبقات ۱ و ۲ نسبت به فصل قبل افزایش و درصد بقیه‌ی طبقات کاهش یافته است. درصد یاخته‌های بالاتر از ۳ در فصل زمستان ۰/۰۰۱ درصد است که درصد بسیار پایینی است (شکل ۱۴). جنگل‌های هیرکانی و باغات لاهیجان، لنگرود، املش و کشتزارهای حدفاصل سیاهگل چال و تنکابن، کشتزارهای قائم‌شهر در کرانه‌های خزر و همچنین کشتزارهای ماهور در استان خوزستان نمایه‌ی بالاتر از ۳ را نشان می‌دهند (شکل ۱۳).



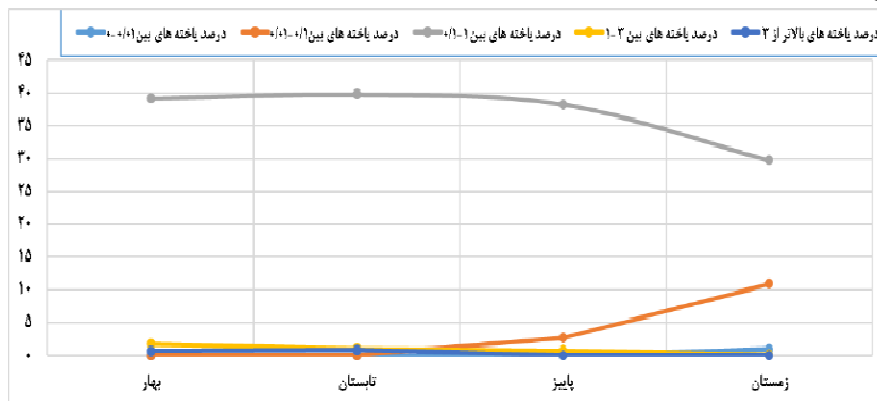
شکل ۱۲- میانگین فصلی نمایه‌ی گستره‌ی برگ در فصل زمستان در بازه‌ی زمانی ۱۳۸۱-۱۳۹۵
 شکل ۱۳- میانگین فصلی طبقه‌نمایه‌ی گستره برگ- در فصل زمستان در بازه‌ی زمانی ۱۳۸۱-۱۳۹۵



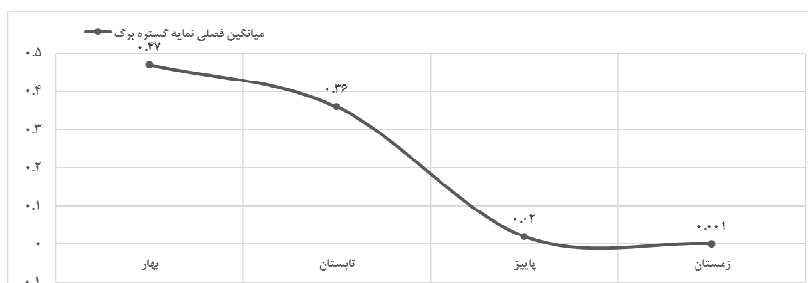
شکل ۱۴- درصد طبقات مختلف یاخته‌های گستره‌ی برگ در فصل زمستان

در کل، با توجه به تصاویر در فصل‌های بهار و تابستان، اصولاً قلمرو خزری شامل کرانه‌ها و پس‌کرانه‌های جنوبی این دریا، قلمرو آذری در شمال غرب کشور مشتمل بر آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی، زنجان، اردبیل و همچنین جنوب غرب کشور دارای پوشش گیاهی مناسبی هستند که منطبق بر بخش‌های پربارش و نیمه‌پربارش ایران هستند. در این رابطه، تأثیر توده‌ی بزرگ آبی همچون خزر بر رطوبت جو و رویداد بارش در این قلمروها، نشان‌دهنده‌ی اهمیت این پهنه‌ی آبی بر بارش و به تبع آن پوشش گیاهی این مناطق می‌باشد. همچنین، در تصاویر آشکار است که بیشتر از نیمی از مساحت کشور دچار فقر پوشش گیاهی است. میانگین گستره‌ی برگ در ایران به ترتیب در فصل بهار، تابستان، زمستان و پاییز با ۰/۴۷، ۰/۳۶، ۰/۲۰ و ۰/۱۷ درصد می‌باشد (شکل ۱۶). درصد یاخته‌های گستره‌ی برگ در طبقه‌ی ۱ (۰/۰۱-۰)، در فصل زمستان با ۰/۹۸ درصد بالاترین درصد و فصل بهار و تابستان

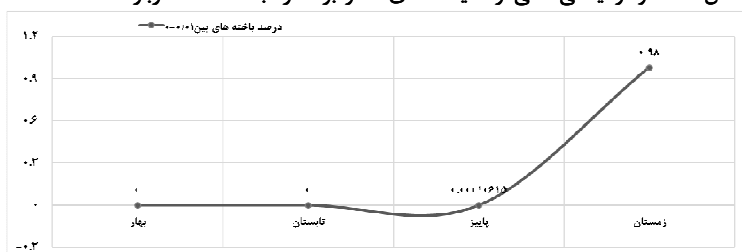
با صفر درصد پایین‌ترین میزان را داراست (شکل ۱۷). درصد یاخته‌های گستره‌ی برگ در طبقه‌ی ۲ (۰/۱ - ۰/۰۱) در فصل زمستان با ۱۰/۸۴ و در فصل تابستان با اختلاف زیاد دارای ۰/۰۱ درصد می‌باشد که به ترتیب بالاترین و پایین‌ترین میزان درصد یاخته‌ها را در این طبقه داشته‌اند؛ اما در مجموع این طبقه نسبت به طبقه ۱ درصد بالاتری را شامل شده است (شکل ۱۸). درصد یاخته‌های گستره برگ در طبقه‌ی ۳ (۰/۱ - ۱) دارای روند کاهشی است. این طبقه در فصل تابستان با ۳۹/۸۵ و در فصل زمستان با اختلاف زیاد دارای ۲۹/۷۵ درصد می‌باشد که برعکس طبقه‌ی قبل به ترتیب بالاترین و پایین‌ترین میزان درصد یاخته‌ها را داشته‌اند (شکل ۱۹). در طبقه‌ی ۴، (۱ - ۳) نیز درصد بالاترین و پایین‌ترین یاخته‌های گستره برگ در فصل بهار و زمستان با ۱/۷۲ و ۰/۱۴ درصد می‌باشد (شکل ۲۰). گستره برگ در طبقه ۳ نشان می‌دهد که فصل بهار با ۰/۷۳ درصد و تابستان با ۰/۸۳ درصد دارای گستره برگ بالایی هستند و پاییز و زمستان نیز به ترتیب ۰/۰۲ و ۰/۰۰۱ را نشان می‌دهند (شکل ۲۱). همان‌طور که در تصاویر نیز آشکار است طبقات یک و دو دارای روند افزایشی بوده و بقیه طبقات روند کاهشی ملایمی دارند.



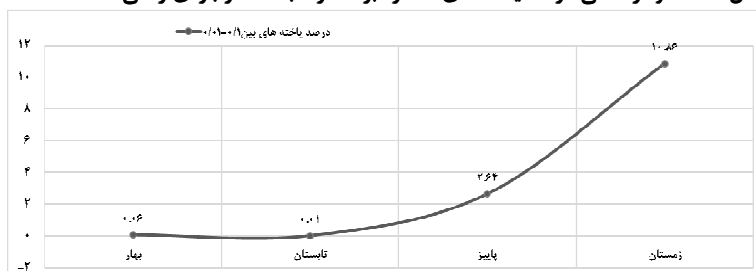
شکل ۱۵- نمودار فصلی درصد یاخته‌های گستره برگ در طبقات مختلف در بازه ۱۳۸۱-۱۳۹۵



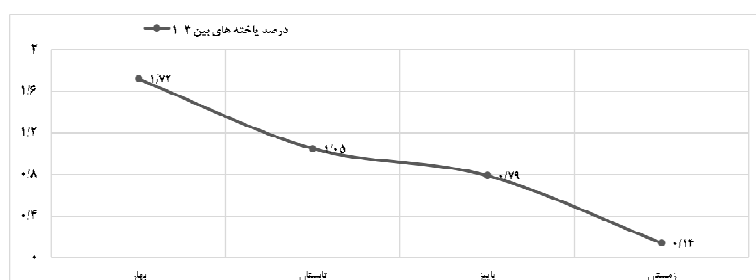
شکل ۱۶- نمودار میانگین فصلی درصد یاخته‌های گستره برگ در طبقات مختلف در بازه ۱۳۸۱-۱۳۹۵



شکل ۱۷- نمودار فصلی درصد یاخته‌های گستره برگ در طبقه ۱ در بازه زمانی ۱۳۸۱-۱۳۹۵



شکل ۱۸- نمودار فصلی درصد یاخته‌های گستره برگ در طبقه ۲ در بازه زمانی ۱۳۸۱-۱۳۹۵



شکل ۱۹- نمودار فصلی درصد یاخته‌های گستره برگ در طبقه ۳ در بازه زمانی ۱۳۸۱-۱۳۹۵



شکل ۲۰- نمودار درصد یاخته های گستره برگ در طبقه ۴ در بازه زمانی ۱۳۸۱-۱۳۹۵



شکل ۲۱- نمودار فصلی درصد یاخته های گستره برگ در طبقه ۵ در بازه زمانی ۱۳۸۱-۱۳۹۵

در مرحله ی بعد، امکان طبقه بندی هر یک از فصل ها فراهم گردید. در این رابطه، دارنمایی^{۱۱} تهیه شد که وضعیت فصل های مختلف سال را از نظر نمایه ی گستره ی برگ نشان می دهد. در پژوهش حاضر، دوره ی آماری داده های گستره ی برگ به مدت ۱۵ سال از تاریخ ۱۳۸۱/۰۴/۱۵ تا ۱۳۹۵/۱۰/۱۱ می باشد. به منظور تهیه ی دارنما، پس از دانلود داده ها پایگاه داده ها در نرم افزار متلب به صورت آرایه ی 8640000×12 با آرایش $12P$ تشکیل شد. در پایگاه داده ها هر 4 فصل به عنوان سطر و 8640000 داده ی گستره ی برگ به عنوان ستون در نظر گرفته شد. اولین شرط برای تهیه ی دارنما، محاسبه ی درجه ی همانندی است که غالباً در مطالعات اقلیمی و همچنین در پژوهش حاضر، برای محاسبه ی درجه ی ناهمانندی (همانندی) از فاصله ی اقلیدسی استفاده می شود (جدول ۲). فرض کنید X_r بردار مشاهدات بر روی r و X_s بردار مشاهدات بر روی s باشد در این صورت فواصل یادشده در بالا

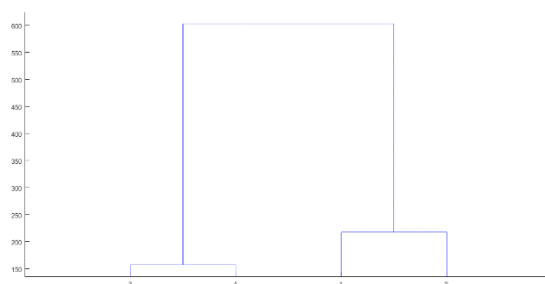
^{۱۱} - Dendrogram نمودار شاخه درختی

^{۱۲} - آرایش P ، آرایه ای از پایگاه داده ها است که در آن سطرها (m)، زمان و ستون ها (n)، داده های گستره ی برگ هستند.

به صورت $d_{rs}^2 = (X_r - X_s)(X_r - X_s)'$ محاسبه می‌شوند (مسعودیان، ۱۳۸۶). در گام بعدی، پیکسل‌های خارج از محدوده‌ی ایران و همچنین سطرهایی که دارای نبود آماری^{۱۳} بودند از آرایه حذف شدند و به این ترتیب آرایه‌ی نهایی به صورت یک آرایه‌ی ۱۲×۱۸۸۴۰۷۷ به دست آمد. این آرایه مبنای فواصل اقلیدسی قرار گرفت. پس از اندازه‌گیری درجه‌ی همانندی باید شیوه‌ای برای ادغام زمان‌هایی که بالاترین همانندی را نشان داده‌اند بکار برد. در پژوهش حاضر از میان روش‌های مختلف ادغام همچون پیوند تکی، پیوند کامل، پیوند متوسط، پیوند وزنی، پیوند مرکزی و پیوند میانه، از روش ادغام وارد استفاده شده است. زیرا در این روش میزان پراش درون‌گروهی به کمترین حد و همگنی گروه‌های حاصله به بیشترین حد می‌رسد (مسعودیان، ۱۳۹۱). در روش وارد گروه‌های r و s در صورتی ادغام می‌شوند که افزایش پراش ناشی از ادغام آن‌ها نسبت به ادغام هریک از آن‌ها با دیگر گروه‌ها کمینه باشد یعنی:

$$d(r, s) = \frac{n_r n_s d_{rs}^2}{(n_r + n_s)} \quad \text{رابطه ۱}$$

در اینجا d_{rs}^2 فاصله‌ی بین گروه r و گروه s است و n تعداد مشاهدات است. در مرحله‌ی بعد، بر روی آرایه‌ی داده‌ها یک تحلیل خوشه‌ای پایگانی (سلسله‌ای) به روش ادغام وارد صورت گرفت. برای محدوده‌ی مورد مطالعه که شامل ایران می‌باشد دارنمای کلی مشخص گردید (شکل ۲۲). بدین صورت که کل داده‌ها یعنی ۱۸۸۴۰۷۷ پیکسل با توجه به درجه‌ی همانندی (فاصله اقلیدسی) موجود در ابتدا به دو گروه بزرگ تقسیم شدند و سپس این مراحل تا پایین‌ترین سطح ادامه یافت تا اینکه همه داده‌ها در ۴ گروه جای گرفتند.



شکل ۲۲- دارنمای فصلی نمایه‌ی گسترده‌ی برگ در ایران

همان‌طور که در شکل بالا مشاهده می‌شود، محور افقی نمایانگر فصل‌ها و محور عمودی، نشان‌دهنده‌ی فاصله‌ی اقلیدسی است. در این نمودار، فصل‌های سال در دو گروه بزرگ قرار می‌گیرند که خود حاکی از یک دوره‌ی گرم (بهار و تابستان با پوشش گیاهی قوی) و یک دوره‌ی سرد (پاییز و زمستان با پوشش گیاهی ضعیف) می‌باشد. هر یک از این دو گروه بزرگ نیز خود به دو زیرگروه تقسیم می‌شوند که شامل دو دوره‌ی سرد و گرم می‌باشد. در واقع، بهار و تابستان در دوره‌ی گرم سال و پاییز و زمستان در دوره‌ی سرد سال قرار گرفتند. در مجموع، هر چهار فصل سال با توجه به میزان تشابه خود با فصل‌های دیگر، گروه‌بندی شدند. این تقسیم‌بندی تا آنجا ادامه پیدا کرد که هر یک از ۴ فصل سال در یک گروه جداگانه قرار گرفتند و در انتها ۴ خوشه‌ی جداگانه به وجود آمد.

میانگین گستره‌ی برگ در ایران به ترتیب در فصل بهار، تابستان، زمستان و پاییز ۳۶/۴۷، ۲۰/۰، ۰/۰ و ۰/۱۷ درصد می‌باشد. میانگین گستره‌ی برگ با ۰/۱۷ - درصد در هر سال و ضریب تعیین ۰/۸ درصد دارای روند کاهشی می‌باشد. فصل بهار و تابستان با ۳۶/۴۷، ۰/۰ درصد بالاترین میانگین نمایه‌ی گستره‌ی برگ را دارند و به همین دلیل این دو فصل با یکدیگر در گروه یک قرار گرفته‌اند و فصل پاییز و زمستان با ۰/۲۰ و ۰/۱۷ درصد پایین‌ترین میزان این نمایه را دارا هستند و در گروه دو قرار گرفته‌اند.

نتیجه‌گیری

هدف از این مطالعه، پایش پوشش گیاهی و یا به عبارتی بررسی گستره‌ی برگ می‌باشد. برای این منظور از داده‌های سنجنده‌ی مودیس ترا و مودیس آکوا برای بازه‌ی زمانی ۱۳۸۱-۱۳۹۵ بهره گرفته‌شده است. یافته‌های این پژوهش نشان داد که ایران به دلیل وسعت زیاد، دارای تنوع پوشش گیاهی از بسیار تنک تا انبوه می‌باشد. در ایران، پوشش گیاهی بسیار تنک در مناطق شرقی، مرکزی و جنوب‌شرقی کشور و پوشش گیاهی انبوه و بسیار انبوه در سراسر نیمه‌ی غربی، شمالی و جنوب‌غرب ایران به دلیل وجود بادهای غربی و چرخندها دیده می‌شود. بادهای غربی در مناطق اخیر دو عامل اصلی برای رشد و نمو گیاهان یعنی دما و بارش مناسب را ایجاد می‌کنند. مسلماً وجود موانعی همچون رشته‌کوه‌های البرز و زاگرس مانع رسیدن بادهای نیمه‌ی شرقی و جنوب شرقی شده و در نتیجه این مناطق شاهد فقر پوشش گیاهی هستند. در مجموع، همان‌طور که در تصاویر نیز مشخص شده است، گستره‌ی برگ و در واقع پوشش گیاهی ایران ناچیز است و تنها در کرانه‌های خزر و جنوب‌غرب ایران پوشش گیاهی متراکم دیده می‌شود. در سراسر گستره‌ی ایران در بیشتر موارد، گستره‌ی برگ بالاتر از ۳، به استثنا جنگل‌های هیرکانی و ارسباران شامل کشتزارها می‌شود. داده‌های نمایه گستره‌ی برگ به

روش تحلیل خوشه‌ای بر پایه‌ی محاسبه‌ی فواصل اقلیدسی و روش ادغام وارد برای مدت ۱۵ سال نیز بررسی شدند. این بررسی نشان داد که ۴ فصل سال در دو گروه اصلی جای می‌گیرند و در واقع به دو دوره‌ی گرم با پوشش گیاهی قوی و دوره‌ی سرد با پوشش گیاهی ضعیف تقسیم می‌شوند. در این گروه‌بندی، بهار و تابستان در دوره‌ی گرم سال و پاییز و زمستان در دوره‌ی سرد سال قرار گرفتند.

منابع

- بادیه‌نشین، ع.، نوری، ح.، وظیفه‌دوست، م. ۱۳۹۳. واسنجی معادلات برآورد نمایه‌ی گستره‌ی برگ محصولات ذرت و چغندر قند با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای سنجنده مودیس (شبکه آبیاری قزوین)، مجله تحقیقات آب‌و‌خاک ایران، ۲: ۱۶۵-۱۵۵.
- ثنایی‌نژاد، ح.، شاه‌طهماسبی، ار.، صدرآبادی حقیقی. ر.، کلارستانی، ک. ۱۳۸۷. مطالعه تغییرات طیف بازتابی مزارع گندم در مشهد با استفاده از تصاویر MODIS، نشریه علوم آب‌و‌خاک، ۱۹: ۱۱-۱۲.
- رحمانی، ن.، کاکایی، ش.، میریعقوب‌زاده، م. ۱۳۹۰. ارزیابی شاخص‌های پوشش گیاهی مورد استفاده در سنجش از دور (مطالعه‌ی موردی؛ حوضه هریسک)، همایش ژئوماتیک.
- سپهری، ع.، متقی، م. ر. ۱۳۸۱. کاربرد شاخص‌های گیاهی سنجنده TM در برآورد درصد پوشش گیاهی مراتع حفاظت‌شده جهان نما-گرگان، مجله منابع طبیعی ایران، ۵۵: ۲۷۱-۲۵۹.
- صبحی، ر.، سلطانی، س. ۱۳۸۷. تحلیل روند پارامترهای اقلیمی در ایستگاه‌های سینوپتیک سواحل دریای خزر، اولین کنفرانس بین‌المللی تغییرات زیست‌محیطی منطقه خزر، دانشگاه مازندران، بابلسر.
- عباس‌زاده‌تهرانی، ن.، صابری، ن. ۲۰۱۳. ارزیابی الگوی تغییرات فصلی پوشش اراضی با تحلیل داده‌های سنجش از دوری، سومین کنفرانس بین‌المللی برنامه‌ریزی و مدیریت محیط‌زیست، تهران.
- عدل، ح. ر. ۱۳۸۶. برآورد بیوماس برگ و نمایه‌ی گستره‌ی برگ دو گونه‌ی عمده در جنگل‌های یاسوج، مجله تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۵: ۴۲۶-۴۱۷.
- علوی پناه، ک. ۱۳۸۲. کاربرد سنجش از دور در علوم زمین (علوم خاک)، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۹۶ صفحه.
- علوی پناه، ک.، رفیعی‌امام، ع.، حسینی، ز.، جعفر بیگلو، م. ۱۳۸۵. بررسی تغییرپذیری طیفی پدیده‌های مختلف پوشش گیاهی و آب با استفاده از سنجش از دور، مجله پژوهش‌های جغرافیایی، ۵۸: ۹۷-۸۱.
- فرج‌زاده، م. ۱۳۸۴. خشک‌سالی، از مفهوم تا راهکار، انتشارات سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، ۱۲۰ صفحه.

- فناپی، ر.، عطایی، ه. ۱۳۹۱. بررسی تأثیرگذاری عناصر اقلیمی بر میزان تولید و عملکرد محصولات کشاورزی شهرستان اصفهان، اولین همایش ملی تغییر اقلیم و امنیت غذایی، اصفهان.
- مسعودیان، س.ا. ۱۳۹۱. شناسایی گونه‌های هوای اصفهان، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۳: ۸۶-۶۵.
- Afas, N., Pellis, A., Niinemets, U. 2005. Growth and Production of a Short Rotation Coppice Culture of Poplar II: Clonal and Year-to-Year Differences in Leaf and Petiole Characteristic and Stand Leaf Area Index, *Journal of Biomass and Bioenergy*, 28(6): 536- 547.
- Arias, D. 2007. Calibration of LAI-2000 to Estimate Leaf Area Index and Assessment of its Relationship with Stand Productivity in Six Native and Introduced Tree Species in Costa Rica, *Forest Ecology and Management*, 247(1-3): 185-193.
- Gurgel, H.C., Ferreira, N.J. 2003. Annual and Interannual Variability of NDVI in Brazil and its Connections with Climate. *International Journal of Remote Sensing*, 24(18): 3595–3609.
- Hosseini, S. Z., Kappas, M., Propastin, P. 2011. Estimating relationship between vegetation dynamic and precipitation in central iran. *International SWAT conference, Spain, 15-17 July:6p.*
- Huaan, J., Ainong, L., Jinhua, B., Xi, N., Wei, Z., Zhengjian, Gaofei. Z., 2017. Intercomparison and validation of MODIS and GLASS leaf area index (LAI) products over mountain areas: A case study in southwestern China, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoformation*, 55(1):52–67.
- LeiJi, A ., Peters, J. 2003. Assessing vegetation response to drought in the northern Great Plains using vegetation and drought indices, *Remote Sensing of Environment*,87(1) 85-98.
- MCST: MODIS Characterization Support Team. 2006. MODIS Level 1B Product User's Guide. NASA/Goddard Space Flight Center Greenbelt, MD 20771, 62 p.
- Persend t., Care F., 2009. Drought risk analysis using remote sensing and GIS in the Oshikoto region, Namibia, research space, University of KwaZulu-Natal. 210p.
- Piao, SH., Fang, G., Zhou, L, Guo, O., Henderson, M., Ji, W., Li, Y., Tao, SH. 2003. Inter annual variations of monthly and seasonal normalized difference vegetation index (NDVI) in China from 1982 to 1999, *journal of geophysical research*.108(14)1-13.
- Taifeng Dong, T., Liu, J., Qian, B., Zhao, T., Jing, Q., Geng, X., Wang, J., Huffman, T., Shang, J. 2016. Estimating winter wheat biomass by assimilating leaf area index derived from fusion of Landsat-8 and MODIS data, *International*

فخری سادات فاطمی نیا و همکاران

Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 49(1): 63-74.
<https://modis.gfc.nasa.gov>.

