



انجمن مهندسان کشاورزی و منابع طبیعی ایران

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک

جلد بیست و هفتم، شماره ششم، ۱۳۹۹

۲۱۵-۲۲۸

<http://jwsc.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/jwsc.2021.18371.3396

مقاله کامل علمی - پژوهشی

بررسی وضعیت تنش آبی گیاهان شمال ایران تحت تأثیر اعمال قرنطینه در پاندمی ویروس کووید-۱۹

*فاطمه طبیب محمودی

استادیار گروه مهندسی نقشه‌برداری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۶/۲۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۹/۲۵

چکیده

سابقه و هدف: با توجه به این‌که بروز تنش آبی در گیاهان و محصولات کشاورزی تحت تأثیر وقوع خشک‌سالی، افزایش دمای جهانی، افزایش جمعیت و رشد جزایر گرمایی شهری است، عدم تردد و فعالیت جامعه بشری در طبیعت در اثر اعمال قرنطینه مرتبط با پاندمی ویروس کووید-۱۹ می‌تواند به‌عنوان عاملی برای کاهش تنش آبی گیاهان در نظر گرفته شود. از آنجایی‌که تنش آبی گیاهان و محصولات کشاورزی به‌طور معمول با پاسخ‌های فیزیولوژیک گیاه در اثر کمبود آب ناشی از کمبود رطوبت خاک یا تقاضای زیاد تبخیر در جو توصیف می‌شود، تحلیل و پردازش تصاویر سنجنش‌ازدور می‌تواند برای تشخیص تغییرات گیاهان مورد استفاده قرار گیرد. بنابراین استفاده از داده‌های سنجنش‌ازدور به‌عنوان یک ابزار سریع و اقتصادی در پایش تغییرات اقلیمی رخ داده در مدت پاندمی ویروس کووید-۱۹ مورد توجه قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها: به دنبال اعمال قرنطینه در ایران و در پی پاندمی ویروس کووید-۱۹، در این پژوهش وضعیت تنش آبی گیاهان در بهار سال ۱۳۹۹ نسبت به سه سال قبل از آن ارزیابی شده است. بدین منظور از باندهای طیفی مرئی، مادون‌قرمز نزدیک و مادون‌قرمز موج‌کوتاه تصاویر چندطیفی ماهواره سنتینل-۲ برداشت شده از منطقه‌ای در شرق استان مازندران و در سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۹ استفاده گردید. ابتدا، با ترکیب شاخص‌های اختلافات نرمال پوشش گیاهی در محدوده‌های مادون‌قرمز نزدیک و مادون‌قرمز موج‌کوتاه، نقشه پوشش گیاهی منطقه تولید شد. سپس، سه شاخص تنش آبی گیاهی NDWI، SRWI و SIWSI در مناطق گیاهی موجود در نقشه پوشش گیاهی محاسبه شده و درصد پیکسل‌های پوشش گیاهی که تحت تنش آبی هستند، براساس این شاخص‌ها و در هر یک از سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۹ تعیین گردید.

یافته‌ها: نتایج حاصل از پایش وضعیت تنش آبی گیاهان در منطقه مورد مطالعه در این پژوهش گویای این واقعیت است که علی‌رغم کاهش ۳۵ درصدی میزان بارندگی سالیانه در سال آبی ۹۹-۱۳۹۸ نسبت به مدت مشابه آن در سال

* مسئول مکاتبه: fmahmoudi@sru.ac.ir

آبی گذشته، درصد پیکسل‌های تحت تنش آبی براساس هریک از سه شاخص محاسبه شده در حدود ۲ درصد کاهش داشته است و به‌طورکلی مساحت منطقه تحت تنش آبی نسبت به مساحت کل نواحی پوشش گیاهی این منطقه نیز یک درصد کاهش را نشان می‌دهد.

نتیجه‌گیری: نتایج تحلیل نشان‌دهنده این واقعیت بود که از سال ۱۳۹۶ تا سال ۱۳۹۸ میزان بارندگی سالیانه یک عامل اثرگذار در افزایش یا کاهش درصد پیکسل‌های تحت تنش آبی به‌ویژه در شاخص محتوای آب برگ گیاه (NDWI) بوده است. نکته دارای اهمیت در تحلیل نتایج سال ۱۳۹۹ این است که علی‌رغم کاهش ۳۵- درصدی میزان بارندگی سالیانه، نتایج هر سه شاخص طیفی، کاهش تنش آبی را در منطقه نشان می‌دهند که می‌توان آن را به عنوان یکی از تأثیرات اعمال قرنطینه و محدودیت ورود وسایل نقلیه و مسافران به استان مازندران در نظر گرفت.

واژه‌های کلیدی: تصاویر ماهواره‌ای سنتینل-۲، تنش آبی گیاهان، شاخص طیفی، مادون‌قرمز موج‌کوتاه، ویروس کووید-۱۹

مقدمه

پاسخ‌های گیاهان به تنش آبی پرداخته‌اند. در این راستا، روش‌های استفاده از داده‌های سنجنش‌ازدور به‌منظور تشخیص تنش آبی، موردتوجه قرار گرفته است (۳). برای استفاده صحیح از داده‌های سنجنش‌ازدور در تشخیص تنش آبی، در ابتدا لازم است انواع پاسخ‌های گیاه به تنش آبی به‌درستی شناسایی شوند و تأثیر آن‌ها بر روی خصوصیات طیفی تصاویر سنجنش‌ازدور تشریح گردد.

کم‌آبی باعث ایجاد تغییرات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در گیاه می‌شود که در نتیجه آن فتوسنتز و رشد گیاه کاهش می‌یابد. اولین پاسخ گیاه به تنش آبی بسته شدن روزنه آن است تا بدین‌وسیله از هدررفت آب از طریق تعرق جلوگیری کند. در نتیجه بسته شدن روزنه، تبادل بخارآب بین گیاه و جو کاهش یافته و در نتیجه آن تأثیر خنک‌کنندگی تبخیر کم شده و باعث افزایش دمای سطح گیاه می‌گردد. روزنه گیاه تنفس گیاهی را نیز کنترل می‌کند که مانع از جذب و تثبیت دی‌اکسیدکربن می‌شود. در نتیجه بسته شدن روزنه گیاه، میزان فتوسنتز کاهش یافته و باعث کاهش تقسیم سلولی گیاه می‌شود و رشد برگ نیز کند می‌گردد. از

اعمال قرنطینه‌های مرتبط با پاندمی ویروس کووید-۱۹ در اوایل سال ۲۰۲۰ میلادی در سراسر جهان و پیامدهای ناشی از آن، این فرضیه را مطرح کرد که عدم حضور و فعالیت بشر در طبیعت حتی به مدت محدود، می‌تواند تأثیرات قابل‌توجهی بر فرایندهای طبیعی متأثر از رشد بی‌رویه جمعیت انسان‌ها و نیازهای آن‌ها داشته باشد. با توجه به این‌که بروز تنش آبی در گیاهان و محصولات کشاورزی تحت‌تأثیر وقوع خشک‌سالی، افزایش دمای جهانی، افزایش جمعیت و رشد جزایر گرمایی شهری است، عدم تردد و فعالیت جامعه بشری در طبیعت می‌تواند به‌عنوان عاملی برای کاهش تنش آبی گیاهان در نظر گرفته شود. بنابراین، استفاده از داده‌های سنجنش‌ازدور به‌عنوان یک ابزار سریع، اقتصادی و دارای تغییرات زمانی-مکانی در پایش تغییرات اقلیمی رخ داده در مدت‌زمان پاندمی ویروس کووید-۱۹ موردتوجه برخی پژوهشگران قرار گرفته است (۴، ۶ و ۷).

گرهاردز و همکاران (۲۰۱۹) به‌طور خلاصه به مروری بر اهمیت کاربردهای مرتبط با تنش آبی و

تنش آبی گیاه حساس هستند؛ زیرا محتوای آب و کلروفیل گیاه، نرخ فتوسنتز و ساختار تاج یا برگ گیاه تحت شرایط تنش آبی تغییر می‌کند؛ بنابراین، از این شاخص‌های طیفی گیاهی در محدوده VNIR/SWIR می‌توان برای تشخیص تنش آبی گیاه استفاده نمود.

هان و همکاران (۲۰۱۹) برای پیش محتوای آب محصول گندم زمستانی در یک منطقه مطالعاتی در کشور چین با هدف دستیابی به تخمین‌های دقیق و سریع از بازده محصول گندم در طول دوره رشد آن از داده‌های سنجش‌ازدور راداری سنتینل-۱ و تصاویر ماهواره‌ای چندطیفی سنتینل-۲ استفاده نمودند. علاوه بر شاخص‌های راداری مورد استفاده در این پژوهش، از سه شاخص طیفی گیاهی برای بازیابی محتوای آب محصول گندم و مدل‌سازی رگرسیون خطی چندگانه استفاده شد و این نتیجه به دست آمد که شاخص‌های طیفی مستخرج از تصویر چندطیفی سنتینل-۲ قابلیت تولید نتایج دقیق‌تری را نسبت به شاخص‌های راداری دارا هستند (۵).

ژانگ و ژو (۲۰۱۹) پاسخ‌های طیفی محتوای آب تاج، تعادل آب برگ و محتوای رطوبت سوخت زنده گیاه نسبت به شرایط مختلف تنش آبی را با استفاده از شاخص‌های طیفی پوشش گیاهی با یکدیگر مقایسه کردند. این پژوهش در یک مزرعه ذرت تابستانه در طول سه فصل رشد از سال ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۵ در شمال کشور چین انجام شد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که محتوای آب تاج گیاه به شرایط تنش آبی حساس است ولی تعادل آب برگ و محتوای رطوبت سوخت زنده کم‌تر به تغییرات شرایط آبی حساس هستند. در این پژوهش از تعداد ۱۰ شاخص طیفی گیاهی مستخرج از داده‌های ابرطیفی استفاده شد که در بین آن‌ها شاخص‌های مبتنی بر باندهای طیفی لبه قرمز^۵ بیش‌ترین حساسیت را در تشخیص تغییرات

سوی دیگر، کمبود آب پایدار در گیاه با از بین رفتن کلروفیل به فرایند فتوسنتز گیاه آسیب می‌زند و در نهایت تغییراتی در رنگ برگ ایجاد کرده و باعث پژمردگی گیاه می‌شود (۳ و ۸).

با توجه به تأثیر تنش آبی بر دمای سطح گیاه، شاخص‌های طیفی مبتنی بر حرارت در تشخیص پاسخ‌های گیاهی به تنش آبی دارای قابلیت زیادی هستند. با این حال، سنجنده‌های ماهواره‌ای دارای باند حرارتی به دلیل دارا بودن قدرت تفکیک‌های زمانی و مکانی متوسط یا کم در استفاده برای کاربردهای کشاورزی دقیق محدودیت دارند. برای حل محدودیت‌های داده‌های حرارتی سنجش‌ازدور ماهواره‌ای، در برخی پژوهش‌ها از تصاویر چندطیفی و حرارتی برداشت شده توسط دستگاه‌های هوابرد بدون سرنشین برای تولید شاخص‌های طیفی و حرارتی تنش آبی گیاهان استفاده شده است (۱، ۹ و ۱۰). با این حال، به دلیل عدم دسترسی آسان به تجهیزات هوابرد بدون سرنشین که دارای حسگرهای حرارتی و چندطیفی با قدرت تفکیک مکانی زیاد باشند، پژوهش‌های زیادی نیز به موازات بر روی تصاویر هوابرد یا ماهواره‌ای برداشت شده در محدوده‌های مرئی و مادون‌قرمز نزدیک (VNIR^۱) و مادون‌قرمز موج‌کوتاه (SWIR^۲) انجام شده است. سنجش‌ازدور VNIR/SWIR براساس امضاهای طیفی برگ‌ها، تاج و خاک زیر گیاه برداشت شده از سکوه‌های هوابرد و فضابرد مورد استفاده قرار می‌گیرد. شاخص‌های طیفی گیاهی مانند شاخص گیاهی اختلافات نرمال^۳ (NDVI)، شاخص‌های محتوای آب تاج گیاه^۴ (CWC) و شاخص‌های فعالیت فتوسنتزی که محتوای کلروفیل را مشخص می‌کنند، به وضعیت

- 1- Visible Near Infrared
- 2- Short Wave Infrared
- 3- Normalized Difference Vegetation Index
- 4- Canopy Water Content

5- Red Edge (RE)

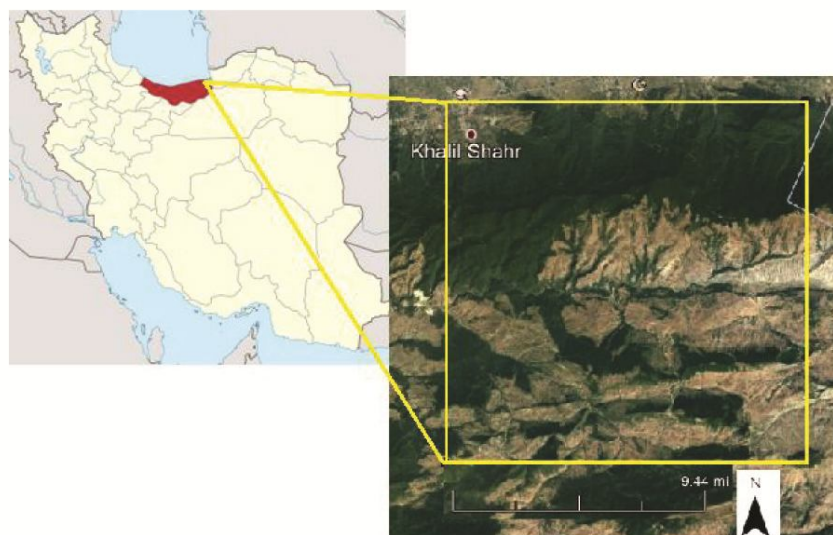
شاخص‌های طیفی محدوده VNIR/SWIR و نتایج حاصل از آن ارائه می‌گردد.

در این پژوهش منطقه‌ای در استان مازندران از توابع شهرستان گلوگاه و جنگل‌های بخش بانه‌سر مورد مطالعه قرار گرفته است. مختصات جغرافیایی این منطقه از طول جغرافیایی $53^{\circ} 37' 05''$ تا $53^{\circ} 52' 41''$ شرقی و از عرض جغرافیایی $36^{\circ} 30' 08''$ تا $36^{\circ} 42' 11''$ شمالی گسترده شده است (شکل ۱). این منطقه در دامنه رشته‌کوه البرز واقع شده و دارای پوشش گیاهی انبوه و جنگلی است که هر ساله در طول فصل بهار و به‌ویژه تعطیلات نوروز مقصد گردشگری مسافران زیادی از اقصا نقاط کشور می‌باشد. با این حال، در بهار سال ۱۳۹۹ با توجه به محدودیت‌های اعمال شده در ورود مسافران به استان مازندران، این منطقه نیز با تراکم جمعیتی کم‌تری روبه‌رو بوده است.

آبی داشتند (۸). سری زمانی داده‌های چندطیفی ماهواره لندست نیز در پژوهشی برای تشخیص تنش آبی محصول گندم براساس استفاده از شاخص‌های گیاهی، شاخص‌های تنش آبی گیاه و شاخص خیسی سطح زمین^۱ (LSWI) در کشور هند به‌کار رفته است (۲).

مواد و روش‌ها

در پژوهش حاضر از داده‌های ماهواره‌ای چندطیفی سنتینل-۲ برای تولید شاخص‌های طیفی تنش آبی و شاخص‌های طیفی گیاهی به‌منظور ارزیابی تأثیرات اعمال قرنطینه ناشی از پاندمی کووید-۱۹ بر روی تنش آبی گیاهان در بخش‌هایی از شمال کشور ایران استفاده شده است. در ادامه مطالب این پژوهش، ابتدا منطقه مطالعاتی و خصوصیات داده‌های چندطیفی ماهواره‌ای سنتینل-۲ تشریح شده و سپس، روش پیشنهادی در ارزیابی تنش آبی گیاهان مبتنی بر



شکل ۱- نقشه موقعیت محدوده مطالعاتی تحقیق.

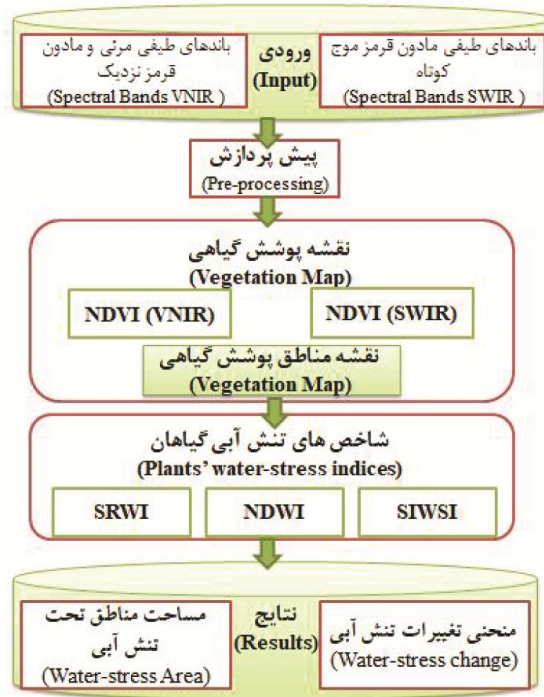
Figure 1. Location of the study area in this research.

1- Land Surface Wetness Index

سازمان جغرافیایی آمریکا^۱ به طور رایگان در دسترس عموم پژوهشگران قرار دارد و دارای ۱۳ باند طیفی در محدوده مرئی، مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز موج کوتاه می باشد. مشخصات باندهای این تصاویر به همراه قدرت تفکیک‌های مکانی هر باند آن در جدول ۱ آورده شده است.

در این پژوهش به منظور تشخیص و مقایسه وضعیت تنش آبی گیاهان بعد از اعمال قرنطینه کووید-۱۹ از باندهای طیفی VNIR/SWIR تصویر چندطیفی ماهواره‌ای سنتینل-۲ استفاده شد. ساختار مراحل اجرایی روش پیشنهادی پایش تنش آبی در این پژوهش، در شکل ۲ نشان داده شده است.

در این مطالعه از چهار مجموعه تصویر چندطیفی ماهواره‌ای سنتینل-۲ برداشت شده از منطقه مطالعاتی در سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۹ استفاده شده است. از آنجایی که هدف از این پژوهش پایش تغییرات صورت گرفته در تنش آبی گیاهان منطقه تحت تأثیر اعمال قرنطینه در پاندمی ویروس کووید-۱۹ بوده است، تمامی تصاویر ماهواره‌ای حدوداً در سومین ماه از بهار اخذ شده‌اند تا تأثیرات اعمال قرنطینه در فروردین و اردیبهشت سال ۱۳۹۹ بررسی شده و با زمان مشابه در سه سال قبل از آن مقایسه گردد. تصاویر ماهواره‌ای چندطیفی سنتینل-۲ که توسط سازمان فضایی اروپا جمع‌آوری می‌شود، در سایت



شکل ۲- ساختار روش پیشنهادی پایش تنش آبی گیاهان.

Figure 2. The proposed plant's water-stress monitoring scheme.

1- United States Geological Survey (USGS)

بدین منظور، به‌عنوان یک مرحله پیش‌پردازشی قبل از اعمال شاخص‌های طیفی گیاهی و تنش آبی و پس از انجام تصحیحات اتمسفری در ماژول FLAASH از نرم‌افزار انوی ۵/۳، با استفاده از الگوریتم ادغام در سطح پیکسل گرام اشمیت، قدرت تفکیک مکانی پیکسل‌های باندهای طیفی SWIR به ۱۰ متر افزایش پیدا می‌کند. در ادامه، توضیحات هر یک از مراحل تولید نقشه پوشش گیاهی و شاخص‌های تنش آبی ارائه می‌گردد.

همان‌طور که در جدول ۱ مشخص است، باندهای طیفی مرئی و مادون‌قرمز نزدیک تصویر سنتینل-۲ دارای قدرت تفکیک مکانی ۱۰ متر هستند، ولی باندهای طیفی مادون‌قرمز موج‌کوتاه این سنجنده دارای قدرت تفکیک مکانی ۲۰ متر می‌باشند. بنابراین، به‌منظور استفاده از قابلیت‌های تصویر سنتینل-۲ در محدوده‌های مرئی، مادون‌قرمز نزدیک و مادون‌قرمز موج‌کوتاه ابتدا لازم است قدرت تفکیک‌های مکانی تمامی این باندهای طیفی همسان‌سازی شوند.

جدول ۱- مشخصات باندهای طیفی تصویر ماهواره‌ای سنتینل-۲.

Table 1. Characteristics of the Sentinel-2 satellite image's spectral band.

قدرت تفکیک مکانی (متر) Spatial resolution (m)	پهنای باند (نانومتر) Bandwidth (nm)	طول موج مرکزی (نانومتر) Central wavelength (nm)	باندهای طیفی Spectral bands
60	21	442.2	باند 1- آئروسول ساحلی Band1-Coastal Aerosol
10	66	492.1	باند 2- آبی Band2-Blue
10	36	559	باند 3- سبز Band3-Green
10	31	664.9	باند 4- قرمز Band4-Red
20	16	703.8	باند 5- لبه قرمز پوشش گیاهی Band5-Vegetation Red Edge
20	15	739.1	باند 6- لبه قرمز پوشش گیاهی Band6- Vegetation Red Edge
20	20	779.7	باند 7- لبه قرمز پوشش گیاهی Band7- Vegetation Red Edge
10	106	832.9	باند 8- مادون قرمز نزدیک Band8-Near Infrared
20	22	864	باند 8a - مادون قرمز نزدیک نازک Band8a-Narrow Near Infrared
60	21	943.2	باند 9- بخار آب Band9-Water Vapor
60	30	1376.9	باند 10- مادون قرمز موج کوتاه (ابر) Band10-SWIR (Cirrus)
20	94	1610.4	باند 11- مادون قرمز موج کوتاه Band11-SWIR
20	185	2185.7	باند 12- مادون قرمز موج کوتاه Band12-SWIR

گیاهی است که مبتنی بر ترکیب باند مادون قرمز موج کوتاه و باند مادون قرمز نازک که همان باند ۸a در تصویر سنتینل-۲ است، تولید می شود. از همپوشانی نتایج حاصل از این دو شاخص طیفی، به عنوان نواحی پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه در این پژوهش استفاده شده است.

شاخص های طیفی تنش آبی مبتنی بر باندهای مرئی، مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز موج کوتاه همگی به وضعیت آبی گیاه حساس هستند. در این پژوهش نیز پس از تولید نقشه نواحی پوشش گیاهی در منطقه مطالعاتی، دو شاخص تنش آبی SRWI^۱ و NDWI^۲ مبتنی بر باندهای طیفی مادون قرمز نزدیک، سبز و قرمز از محدوده طیف VNIR تصویر سنتینل-۲ تولید شدند. شاخص طیفی SRWI تنش آبی گیاه تحت تأثیر کاهش محتوای رطوبتی کلروفیل را نشان می دهد و شاخص طیفی NDWI وضعیت تنش آبی گیاه در پاسخ به کاهش محتوای آب برگ گیاه را نشان می دهد. به علاوه، به منظور بررسی قابلیت باندهای طیفی مادون قرمز موج کوتاه تصویر سنتینل-۲، شاخص طیفی تنش آبی مادون قرمز موج کوتاه SIWSI^۳ نیز بر اساس ترکیب باند طیفی مادون قرمز نازک (۸a) و باندهای مادون قرمز موج کوتاه این سنجنده تولید شد. جدول ۲ روابط ریاضی و توضیحات این شاخص ها را نشان می دهد.

شاخص های طیفی پوشش گیاهی مبتنی بر باندهای طیفی مادون قرمز نزدیک از توانایی قابل توجهی برای تشخیص انواع گیاهان و تولید نقشه های پوشش گیاهی برخوردارند. پژوهشگران بر اساس قابلیت های طیفی تصاویر سنجنش از دور خود، از ترکیب باند قرمز مرئی و مادون قرمز نزدیک یا باند مادون قرمز موج کوتاه و مادون قرمز نزدیک برای تولید شاخص اختلافات نرمال گیاهی بهره برده اند (۱ و ۵). با توجه به این که در این پژوهش از باندهای طیفی مرئی، مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز موج کوتاه تصاویر سنتینل-۲ استفاده شده است، به منظور تولید نقشه پوشش گیاهی منطقه از ترکیب شاخص های اختلافات نرمال پوشش گیاهی مبتنی بر باندهای مرئی و مادون قرمز موج کوتاه مطابق رابطه های ۱ و ۲ استفاده می شود.

$$NDVI_{VNIR} = \frac{NIR - Red}{NIR + Red} \quad (1)$$

$$NDVI_{SWIR} = \frac{NarrowNIR - SWIR}{NarrowNIR + SWIR} \quad (2)$$

در رابطه ۱، NDVI_{VNIR} شاخص اختلافات نرمال پوشش گیاهی است که بر اساس ترکیب باند قرمز مرئی و باند مادون قرمز نزدیک که همان باند ۸ طیفی در تصویر سنتینل-۲ است، محاسبه می شود. در رابطه ۲، NDVI_{SWIR} شاخص اختلافات نرمال پوشش

جدول ۲- روابط ریاضی شاخص های تنش آبی مورد استفاده.

Table 2. Mathematical basis of the utilized water-stress indices.

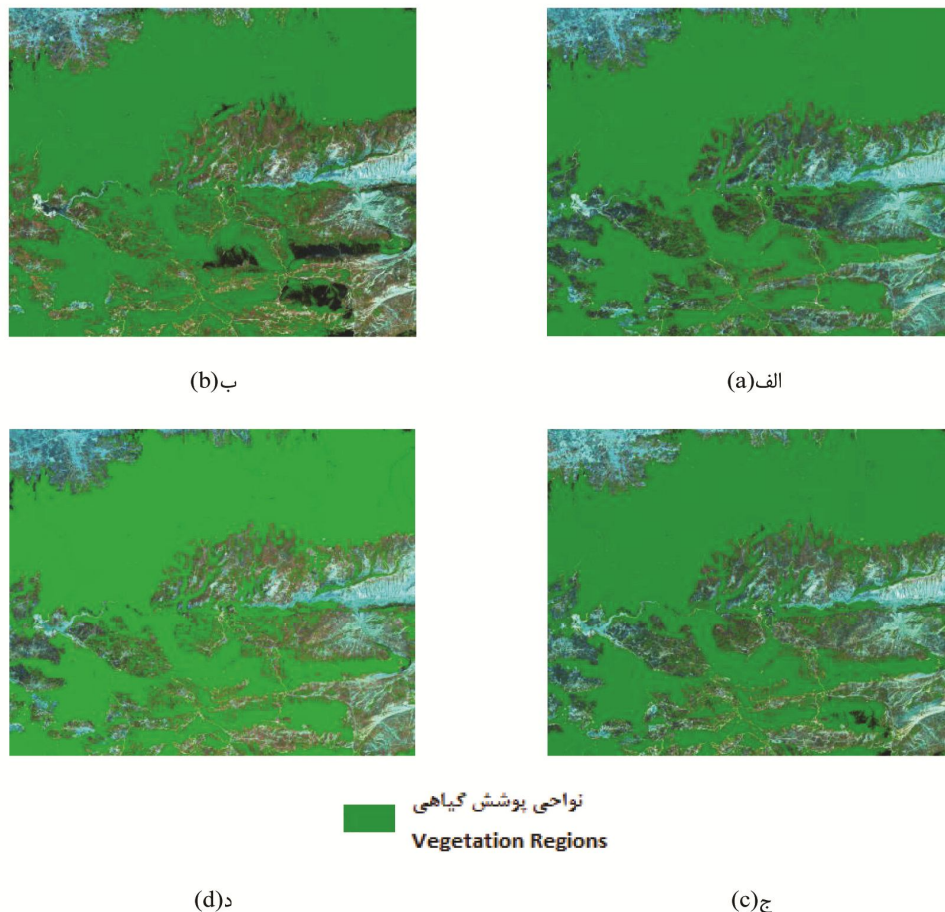
توضیحات Explanation	فرمول ریاضی Math Formula	نام شاخص Index Name
شاخص طیفی تنش آبی ناشی از کاهش محتوای کلروفیل گیاه (۱ و ۲) Decrease the plant chlorophyll content	$SRWI = \frac{NIR}{Red}$	SRWI
شاخص طیفی تنش آبی ناشی از کاهش محتوای آب برگ گیاه (۱) Decrease the leaf water content	$NDWI = \frac{Green - NIR}{Green + NIR}$	NDWI
شاخص طیفی تنش آبی گیاه مبتنی بر مادون قرمز موج کوتاه (۲) Spectral index Based on SWIR	$SIWSI = \frac{NarrowNIR - SWIR(b11)}{NarrowNIR + SWIR(b12)}$	SIWSI

- 1- Simple Ratio Water Index
- 2- Normalized Difference water Index
- 3- Short Wave Infrared Water Stress Index

بحث و نتایج

در این بخش از پژوهش حاضر، به ارائه نتایج پیاده‌سازی روش پیشنهادی پایش تغییرات تنش آبی بر روی داده‌های ماهواره‌ای سنتینل-۲ برداشت‌شده از منطقه مطالعاتی در استان مازندران پرداخته شده و تغییرات در وضعیت تنش آبی گیاهان این منطقه تفسیر و تحلیل خواهد شد. از آنجایی که برای تولید نقشه پوشش گیاهی منطقه در این پژوهش لازم است نتایج اعمال شاخص‌های اختلافات نرمال گیاهی در محدوده VNIR و SWIR با یکدیگر ترکیب شوند و به دلیل نیاز به همسان‌سازی قدرت تفکیک‌های مکانی این باندها، در اولین مرحله و به‌عنوان پیش‌پردازش،

قدرت تفکیک مکانی باندهای مادون‌قرمز نزدیک نازک (۸a) و مادون‌قرمز موج‌کوتاه (باندهای ۱۱ و ۱۲) از تصویر سنتینل-۲ از ۲۰ متر به ۱۰ متر بهبود پیدا کرد. در این مرحله، از الگوریتم گرام اشمیت در نرم‌افزار انوی ۵/۳ به‌منظور انجام ادغام در سطح پیکسل و تولید تصویر پنشارپ استفاده شده است. در شکل ۳ نقشه پوشش گیاهی تولیدشده براساس ترکیب شاخص‌های گیاهی $NDVI_{VNIR}$ و $NDVI_{SWIR}$ به تفکیک سال‌های برداشت از ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۹ نشان داده شده است.



شکل ۳- نقشه پوشش گیاهی تولید شده بر اساس داده سنتینل-۲ در الف) سال ۱۳۹۶، ب) سال ۱۳۹۷، ج) سال ۱۳۹۸، د) سال ۱۳۹۹.

Figure 3. Vegetation map based on Sentinel-2 on a) 2017, b) 2018, c) 2019, d) 2020.

نسبت تعداد آن‌ها به تعداد کل پیکسل‌های گیاهی منطقه، درصد پیکسل‌های تحت تنش آبی به ازای هر شاخص طیفی و در سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۹ تعیین گردید. جدول ۳ مقادیر آماری درصد پیکسل‌های تحت تنش آبی را در هر سال و به تفکیک شاخص‌های تنش آبی محاسبه شده نشان می‌دهد.

پس از تولید نقشه پوشش گیاهی در منطقه مطالعاتی، شاخص‌های تنش آبی SRWI، NDWI و SIWSI بر روی نواحی گیاهی تشخیص داده شده در نقشه پوشش گیاهی هر سال اعمال گردید. پیکسل‌های پوشش گیاهی که دارای مقادیر کم‌تر از میانگین در شاخص‌های طیفی فوق‌الذکر هستند، به‌عنوان پیکسل‌های تحت تنش آبی انتخاب شدند و براساس

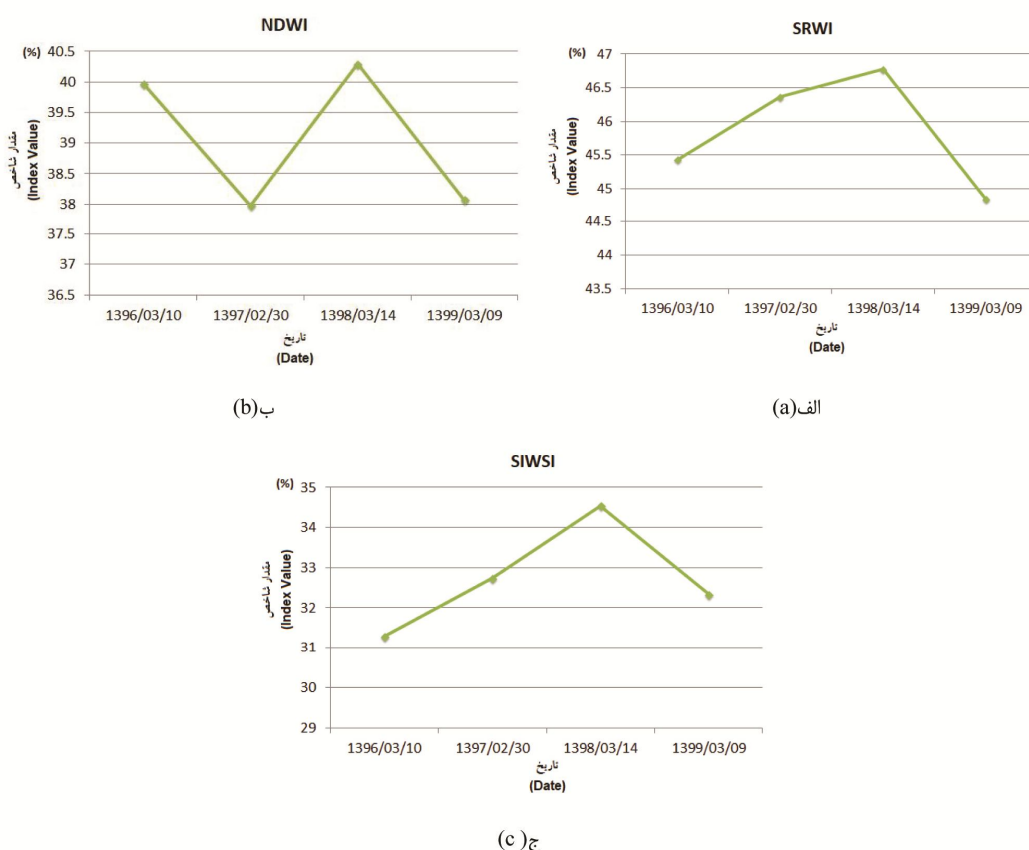
جدول ۳- تحلیل آماری پیکسل‌های تحت تنش آبی مبتنی به تفکیک شاخص‌های طیفی و سال برداشت داده.

Table 3. Statistical analysis of water-stress pixels based on spectral indices and acquisition year.

سال ۱۳۹۹ 2020		سال ۱۳۹۸ 2019		سال ۱۳۹۷ 2018		سال ۱۳۹۶ 2017		شاخص طیفی Spectral Index
درصد تنش آبی (%) Water-stress (%)	میانگین Mean	درصد تنش آبی (%) Water-stress (%)	میانگین Mean	درصد تنش آبی (%) Water-stress (%)	میانگین Mean	درصد تنش آبی (%) Water-stress (%)	میانگین Mean	
44.85	6.25	46.78	6.58	46.36	6.58	45.42	6.33	SRWI
38.11	0.57	40.29	0.57	37.97	0.58	39.97	0.57	NDWI
32.34	0.36	34.54	0.31	32.74	0.34	31.29	0.31	SIWSI

تحت تنش آبی در این منطقه با شیب قابل‌توجهی روبه افزایش بوده و در بازه زمانی مشابه در سال ۱۳۹۹ و پس از اعمال قرنطینه، این دو نمودار هر دو روند نزولی پیدا کرده‌اند. این وضعیت برای شاخص طیفی NDWI نیز تا حدودی برقرار است به‌جز در سال ۱۳۹۷ که تحت‌تأثیر میزان بارش سالیانه، درصد پیکسل‌های تحت تنش کمی کاهش داشته است.

شکل ۴ وضعیت تغییرات درصد پیکسل‌های تحت تنش آبی گیاهان منطقه را درگذر زمان از سال ۱۳۹۶ تا سال ۱۳۹۹ به تفکیک هر شاخص به‌صورت نمودار نشان داده است. نمودارهای تنش آبی مربوط به شاخص طیفی SRWI در محدوده مرئی و مادون‌قرمز نزدیک و شاخص طیفی مادون‌قرمز موج‌کوتاه SIWSI گویای این واقعیت است که طی سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۸ درصد پیکسل‌های گیاهی

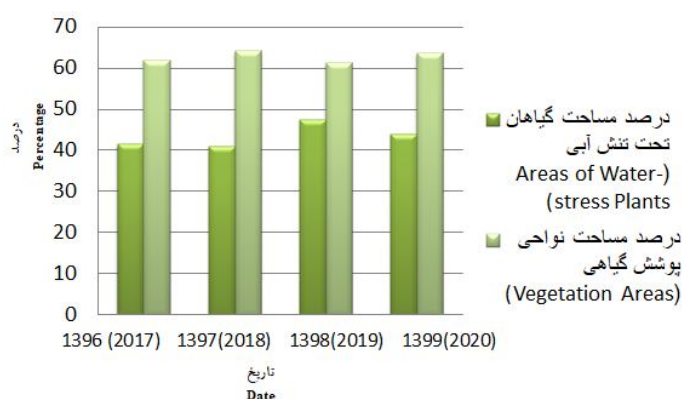


شکل ۴- نمودار درصد تغییرات وضعیت تنش آبی گیاهان بین سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۹ براساس الف) شاخص SRWI ب) شاخص NDWI ج) شاخص SIWSI.

Figure 4. Plants' water-stress status monitoring between 2017 to 2020 based on a) SRWI, b) NDWI, c) SIWSI.

مشخص است، مساحت پوشش گیاهی این منطقه از سال ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۸ بین ۶۱ تا ۶۴ درصد متغیر است و درصد مساحت گیاهان تحت تنش آبی نیز از حدود ۴۱٪ در سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ به حدود ۴۷٪ در سال ۱۳۹۸ افزایش یافته است. با این حال، مساحت گیاهان تحت تنش در سال ۱۳۹۹ نسبت به سال قبل از آن بیش از سه درصد کاهش را نشان می‌دهد.

شکل ۵ نیز درصد مساحت گیاهان تحت تنش آبی نسبت به مساحت کل نواحی پوشش گیاهی منطقه را براساس برآیند سه شاخص طیفی تنش آبی SRWI، NDWI و SIWSI در هر یک از سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۹ با یکدیگر مقایسه کرده است. به علاوه، در این شکل درصد مساحت نواحی پوشش گیاهی منطقه نسبت به کل پیکسل‌های منطقه نیز در هر سال نمایش داده شده است. همان‌طور که در شکل ۵



شکل ۵- مقایسه درصد مساحت نواحی پوشش گیاهی و گیاهان تحت تنش آبی در هر سال.

Figure 5. Comparing the percentages of vegetation cover and plants' water-stress in each year.

آمار بارندگی‌های حوضه آبریز اصلی درجه دو قره‌سو و گرگان نیز در جدول ۴ نشان داده شده است. همان‌طور که در این جدول مشخص است، میزان بارندگی‌های سال آبی منتهی به خرداد ۱۳۹۹ نسبت به سال قبل از آن حدود ۳۵٪ کاهش داشته و این امر می‌توانست به افزایش مساحت نواحی پوشش گیاهی تحت تنش آبی در منطقه منجر گردد. با این حال، می‌توان اعمال قرنطینه ناشی از پاندمی ویروس کووید-۱۹ و محدود شدن سفرها، تردد و فعالیت‌های بشری را از جمله دلایل جلوگیری از این امر عنوان نمود.

مقایسه نتایج با آمار بارش سالیانه نشان داده است که طبق گزارش بارندگی سالیانه که هر ساله توسط وزارت نیرو، شرکت مدیریت منابع آب، دفتر مطالعات پایه منابع آب اعلام می‌شود، منطقه مورد مطالعه در این پژوهش جزو حوضه آبریز اصلی درجه یک دریای خزر و حوضه اصلی درجه دو قره‌سو و گرگان قرار دارد. براساس آمار اعلام شده، از اول مهرماه سال ۱۳۹۸ تا ۳۰ خرداد سال ۱۳۹۹ میزان کل بارندگی در حوضه آبریز اصلی درجه یک دریای خزر ۴۲۹/۳ میلی‌متر گزارش شده که این میزان بارندگی نسبت به سال آبی قبل از آن حدود ۱۶٪ کاهش داشته است.

جدول ۴- آمار بارندگی سالیانه در حوضه اصلی درجه دو قره‌سو و گرگان.

Table 4. Annual rainfall statistics in the main basin of the second degree Gharehsoo & Gorgan.

سال آبی Rainy year			شاخص‌های بارندگی Rainy Indices
1398-99	1397-98	1396-97	
2019-20	2018-19	2017-18	
424.1	654.4	385.1	بارش تجمعی از اول مهر تا 30 خرداد (میلی‌متر) Cumulative rainfall from Sep to June (mm)
-35	+70	+30	درصد اختلاف با سال آبی گذشته (%) Difference percentage with previous year (mm)

1- http://wrs.wrm.ir/m3/gozaresh_print.asp

نتیجه‌گیری کلی

یک محدوده زمانی یکسان (خردادماه) از منطقه مطالعاتی اخذ شد و پس از تولید نقشه پوشش گیاهی مبتنی بر شاخص‌های اختلاف نرمال گیاهی، وضعیت تنش آبی گیاهان منطقه رصد گردید.

برای تحلیل نتایج حاصل از شاخص‌های طیفی تنش آبی از مقایسه درصد پیکسل‌های تحت تنش آبی مبتنی بر هر یک از شاخص‌های طیفی و هم‌چنین در نظر گرفتن میزان بارندگی سالیانه در هر یک از سال‌های آبی از ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۹ استفاده گردید. نتایج تحلیل نشان‌دهنده این واقعیت بود که از سال ۱۳۹۶ تا سال ۱۳۹۸ میزان بارندگی سالیانه یک عامل اثرگذار در افزایش یا کاهش درصد پیکسل‌های تحت تنش آبی به‌ویژه در شاخص محتوای آب برگ گیاه (NDWI) بوده است. به‌طوری‌که در سال ۱۳۹۷ به‌دلیل رشد ۷۰٪ درصدی بارندگی نسبت به سال آبی قبل از آن، میزان تنش آبی مبتنی بر شاخص NDWI اندکی کاهش داشته است. با این حال، تنش ناشی از سایر پاسخ‌های گیاه به کم‌آبی از جمله کاهش محتوای کلروفیل به قوت خود باقی است. نکته حائز اهمیت در تحلیل نتایج سال ۱۳۹۹ این است که علی‌رغم کاهش ۳۵٪ درصدی میزان بارندگی سالیانه، نتایج هر سه شاخص طیفی کاهش تنش آبی را در منطقه نشان می‌دهند و درصد مساحت گیاهان تحت تنش آبی نسبت به کل نواحی پوشش گیاهی منطقه بیش از ۳٪ کاهش داشته است. اعمال قرنطینه و محدودیت ورود مسافران به استان مازندران را می‌توان به عنوان یک از دلایل حصول نتایج این پژوهش در نظر گرفت. با این حال، برای تحکیم و تأیید نتایج لازم است در پژوهش‌های آتی داده‌های حرارتی برداشت‌شده از منطقه و سایر عوامل تأثیرگذار بر تنش آبی گیاهان نیز در نظر گرفته شوند.

این پژوهش با هدف پایش وضعیت تنش آبی گیاهان پس از اعمال قرنطینه در پی پاندمی ویروس کووید-۱۹ در بهار سال ۱۳۹۹ در منطقه‌ای از شرق استان مازندران از توابع شهرستان گلوگاه و جنگل‌های بخش بانه‌سر انجام شد. همان‌طور که در بخش مقدمه این مقاله اشاره گردید، شاخص‌های طیفی مستخرج از تصاویر سنجنش‌ازدور می‌توانند برای تشخیص وضعیت تنش آبی گیاهان مورد استفاده قرار گیرند. برخی از پژوهشگران براساس دسترسی خود به داده‌های سنجنش‌ازدور حرارتی، از شاخص‌های طیفی حرارتی برای تشخیص و پایش تنش آبی استفاده نمودند (۱، ۹ و ۱۰). با این حال، تسهیل دسترسی به تصاویر سنجنش‌ازدور چندطیفی فاقد باند حرارتی مانند تصاویر ماهواره‌ای سنتینل-۲ باعث شده که در پژوهش‌های زیادی از شاخص‌های طیفی پوشش گیاهی جهت تشخیص وضعیت تنش آبی گیاهان استفاده گردد (۵ و ۸).

شیوع ویروس کووید-۱۹ در اوایل سال ۲۰۲۰ میلادی در کشور چین و سپس ایجاد پاندمی در سرتاسر جهان، قرنطینه‌ها و محدودیت‌های تردد و فعالیت بشر را در بسیاری از کشورهای جهان از جمله کشور ایران در پی داشت. در پی اعمال قرنطینه، پاسخ‌هایی در طبیعت مشاهده شد که برخی پژوهشگران را به تحقیق در زمینه اثرات اعمال محدودیت فعالیت‌های بشری بر روی چرخه‌های طبیعی از جمله وضعیت گیاهان، جزایر گرمایی و اقلیم واداشت (۴، ۶ و ۷). در این پژوهش نیز از باندهای طیفی در محدوده مرئی، مادون‌قرمز نزدیک و مادون‌قرمز موج‌کوتاه تصویر ماهواره‌ای سنتینل-۲ برای تشخیص و پایش وضعیت تنش آبی گیاهان پس از اعمال قرنطینه کووید-۱۹ در بهار سال ۱۳۹۹ استفاده شد. بدین منظور، تصاویر سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۹ در

توسط سنجنده سنتینل-۲ که به طور رایگان در دسترس عموم هستند، استفاده شد. به علاوه، اطلاعات مربوط به بارش‌های سالیانه از سایت وزارت نیرو، شرکت مدیریت منابع آب، دفتر مطالعات پایه منابع آب استخراج گردید.

تعارض منافع

در این مقاله تعارض منافی وجود ندارد و این مسأله مورد تأیید همه نویسندگان است.

تقدیر و تشکر

در این بخش از حمایت‌های بی‌دریغ اعضای گروه نقشه‌برداری دانشکده مهندسی عمران دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی تقدیر و تشکر می‌گردد.

داده‌ها و اطلاعات

به منظور بررسی اثرات اعمال قرنطینه در پی پاندمی ویروس کووید-۱۹ در ایران و جهان، این پژوهش در قالب یک طرح تحقیقاتی شخصی انجام شد. در این راستا، از داده‌های ماهواره‌ای برداشت شده

منابع

1. Ballester, C., Brinkhoff, J., Quayle, W.C., and Hornbuckle, J. 2019. Monitoring the Effects of Water Stress in Cotton Using the Green Red Vegetation Index and Red Edge Ratio, *Rem. Sens. J.* 11: 7. 873: 1-21.
2. Dangwal, N., Patel, N.R., Kumari, M., and Saha, S.K. 2015. Monitoring of water stress in wheat using multispectral indices derived from Landsat-TM, *Geocarto International*, 31: 6. 682-693.
3. Gerhards, M., Schlerf, M., Mallick, K., and Udelhoven, T. 2019. Challenges and Future Perspectives of Multi-/Hyperspectral Thermal Infrared Remote Sensing for Crop Water-Stress Detection: A Review, *Rem. Sens. J.* 11: 10. 1240: 1-24.
4. Hadibasyir, H.Z., Samsu Rijal, S., and Sari, D.R. 2020. Comparison of Land Surface Temperature During and Before the Emergence of Covid-19 using Modis Imagery in Wuhan City China. *Forum Geografi*, 34: 1. 1-15.
5. Han, D., Liu, Sh., Du, Y., Xie, X., Fan, L., Lei, L., Li, Z., Yang, H., and Yang, G. 2019. Crop water content of winter wheat revealed with Sentinel-1 and Sentinel-2 imagery, *Sensors*, 19: 18. 1-16.
6. Leone, A., Balena, P., and Pelorosso, R. 2020. Take advantage of the black swan to improve the urban environment. *Journal of Land use, Mobility and Environment, TeMA Special Issue | Covid-19 vs City-20*: 247-259.
7. Mukherjee, S., and Debnath, A. 2020. Correlation between Land Surface Temperature and Urban Heat Island with COVID-19 in New Delhi, India. Preprint from Research Square, 1-11, doi: org/10.21203/rs.3.rs-30416/v1.
8. Zhang, F., and Zhou, G. 2019. Estimation of vegetation water content using hyperspectral vegetation indices: a comparison of crop water indicators in response to water stress treatments for summer maize, *BMC Ecology Journal*, 19: 1. 1-12.
9. Zhang, L., Zhang, H., Niu, Y., and Han, W. 2019. Mapping maize water stress based on UAV multispectral remote sensing, *Rem. Sens. J.* 11: 6. 1-24.
10. Zhao, T., Stark, B., Chen, Y.Q., Ray, A., and Doll, D. 2016. More reliable crop water stress quantification using small unmanned aerial systems (sUAS), *IFAC-PapersOnLine*. 49: 16. 409-414.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 27(6), 2021
<http://jwsc.gau.ac.ir>
DOI: 10.22069/jwsc.2021.18371.3396

Research Full Paper

Investigation of water stress status of plants in north of Iran under the influence of quarantine application in Covid-19 virus pandemic

***F. Tabib Mahmoudi**

Assistant Prof., Dept. of Geomatics, Faculty of Civil Engineering, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran

Received: 09.15.2020; Accepted: 12.15.2020

Abstract

Background and Objectives: As the occurrence of water stress in plants and agricultural crops is affected by the drought, global warming, population growth and the urban heat islands, the lack of traffic and human activities in natural environment during the Covid-19 virus pandemic can be considered as a factor reducing plants water stress. As water stress is typically described by physiological plant responses to water deficiency due to the lack of soil moisture or high demand for evaporation in the atmosphere, the use of remote sensing data as a rapid and economical tool in monitoring climate change during Covid-19 virus pandemic has been considered.

Materials and Methods: In this study, the effects of applying the limitations according to the Covid-19 virus is investigated on the plants water stress status in the spring of 2020 compared to three years ago. For this purpose, visible, near-infrared and short wavelength infrared spectral bands of Sentinel-2 multispectral satellite images taken from a region in the east of Mazandaran province and were used in the 2017 to 2020 time interval. At first, by combining the normalized difference vegetation indices in near-infrared and short-wavelength infrared ranges, a vegetation map of the study area was produced. Then, three water stress indices of SRWI, NDWI and SIWSI in the vegetation map were calculated and the percentage of vegetation pixels that are under water stress was estimated in the 2017 to 2020 time interval.

Results: The obtained results of monitoring the plants water stress status in the study area in this research indicate the fact that despite a 35% decrease in annual rainfall in the rainy year of 2019-2020 compared to the same period in the last rainy year, the percentage of pixels under water stress has decreased by about 2%. In general, the area under water stress shows a decrease of one percent compared to the total vegetation area.

Conclusion: The results of the analysis showed that from 2017 to 2019, the annual rainfall was an effective factor in increasing or decreasing the percentage of pixels under water stress, especially in the plant leaf water content index (NDWI). An important point in analyzing the results of 2020 is that despite a -35% reduction in annual rainfall, the results of all three spectral indicators show a decrease in water stress in the region, which is one of the main effects of limitations and restricting the entry of vehicles and passengers to Mazandaran province.

Keywords: Covid-19, Plant water stress, Sentinel-2 satellite images, Shortwave infrared, Spectral indices

* Corresponding Author; Email: fmahmoudi@sru.ac.ir