



سنجش از دور

GIS ایران

سنجش از دور و GIS ایران سال چهاردهم، شماره سوم، پاییز ۱۴۰۱
Iranian Remote Sensing & GIS Vol.14, No. 3, Autumn 2022

۳۱-۴۶

مقاله پژوهشی



تعیین مناسب‌ترین طیف الکترومغناطیس برای پیش‌بینی عناصر غذایی در برخی گونه‌های مرتعی، با استفاده از طیف‌سنجی

علیرضا محمودی^{۱*} و مرضیه مکرّم^۲

۱. استادیار بخش مهندسی طبیعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز

۲. دانشیار بخش جغرافیا، دانشکده اقتصاد، مدیریت و علوم اجتماعی، دانشگاه شیراز

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۱۰/۱۵

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۰۴/۰۵

چکیده

امروزه از علم سنجش از دور برای مطالعات گیاهی از جمله تعیین مواد مغذی، بیماری‌های گیاهی، کمبود آب یا مازاد آن، شناسایی علف‌های هرز استفاده می‌شود. گیاه، براساس ویژگی‌هایی که دارد، با برخورد امواج الکترومغناطیس به آن واکنش‌های متفاوتی در مقابل امواج (میزان جذب، انعکاس یا عبور) از خود نشان می‌دهد. از جمله اطلاعاتی که علم سنجش در این زمینه می‌تواند به دست آورد میزان مواد مغذی موجود در گیاه است. با تعیین میزان مواد مغذی موجود در گیاه، می‌توان از مقدار کود مورد نیاز گیاه آگاهی یافت و از سویی، این مواد مغذی، به‌ویژه گیاهان مرتعی را شناسایی کرد. هدف از این مطالعه تعیین مواد مغذی موجود در گیاهان مرتعی مریم‌نخودی دارابی، اسفند، پنج‌انگشت، اسفند رومی، گنار، شکر شفا با به‌کارگیری دانش سنجش از دور است. برای رسیدن به این هدف، با استفاده از طیف‌سنج در بازه طیفی ۰/۳ تا ۱/۱ میکرومتر، واکنش گیاه به امواج الکترومغناطیس مشخص شد. سپس با تعیین مواد غذایی موجود در این گیاهان، رابطه بین میزان انعکاس‌های امواج الکترومغناطیس با مقدار مواد مغذی در این گیاهان تعیین شد. نتایج نشان داد که در گیاه اسفند رومی باند ۱۰۲۶ نانومتر، در گیاه اسفند باند ۱۰۴۰ نانومتر، در گیاه گنار باند ۱۰۴۶ نانومتر، در گیاه مریم‌نخودی باند ۱۰۳۰، در گیاه پنج‌انگشت باند ۴۰۰ و ۱۰۳۸ و در شکر شفا باند ۱۰۳۸ مؤثرترین باندها در پیش‌بینی مقدار P مؤثرند. از دیگر سو، به‌منظور پیش‌بینی Zn در گیاه اسفند رومی باند ۱۰۲۶ نانومتر، در گیاه اسفند باند ۱۰۴۰، در گیاه گنار باند ۱۰۴۵، در گیاه مریم‌نخودی باند ۱۰۳۰، در گیاه پنج‌انگشت باند ۱۰۱۰ و در شکر شفا باند ۱۰۲۸ مؤثرترین باندها به‌شمار می‌روند. به‌منظور پیش‌بینی Cu با استفاده از مقادیر باندهای طیفی، مشخص می‌شود در گیاه اسفند رومی باند ۴۰۲ نانومتر، در گیاه اسفند باند ۴۱۰، در گیاه گنار باند ۱۰۴۶، در مریم‌نخودی باند ۱۰۳۰، در پنج‌انگشت و در شکر شفا باند ۱۰۳۸ مؤثرترین باندها محسوب می‌شوند.

کلیدواژه‌ها: گیاهان مرتعی، سنجش از دور، امواج الکترومغناطیس، روش رگرسیون خطی.

* نویسنده مکاتبه‌کننده: دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز، کدپستی: ۷۵۴۹۱۱۷۶۶۶، تلفن: ۰۷۱۳۶۱۳۹۹۲۵، ۰۹۱۷۸۹۵۷۳۸۹

۱- مقدمه

مراعات از مهم‌ترین سرمایه‌های هر کشور محسوب می‌شوند؛ بنابراین مطالعه و مدیریت آنها اهمیت بسیار دارد. ارزیابی و شناخت توان نهفته مراعات به‌منظور مدیریت و بهره‌برداری بهینه از آنها بسیار مهم است. مطالعات نشان می‌دهد، با توجه به اینکه مراعات در ارتفاعات واقع شده‌اند، دسترسی به آنها و مطالعه‌شان با مشکلات زیادی روبه‌روست (Daghestani, 2018)؛ از این رو استفاده از دانش‌های جدید مانند سنجش از دور، با هزینه‌های کمتری همراه است. با استفاده از این دانش، با بررسی انعکاس‌های گیاه از امواج الکترومغناطیس، می‌توان گیاهان را با هزینه‌هایی بسیار اندک بررسی کرد (Goldsmith, 1991). مطالعات نشان می‌دهد گیاهان گوناگون انعکاس‌های متفاوتی از امواج الکترومغناطیسی دارند (Eidvidge, 2007) که به کمک سنجش از دور، می‌توان از این تفاوت‌ها برای شناسایی و تفکیک گیاهان استفاده کرد.

سنجش از دور یکی از دانش‌هایی است که به‌تازگی در مطالعات گوناگون، از جمله کشاورزی، مورد استفاده قرار گرفته است. به کمک این دانش و بدون تماس فیزیکی با پدیده‌ها، می‌توان اطلاعات مفیدی درمورد آنها تهیه کرد. اساس سنجش از دور بر این استوار است که اشیا، در طول موج‌های متفاوت، مقدار متفاوتی از تابش را جذب، انتشار یا عبور می‌دهند. گیاهان گوناگون نیز، به نسبت‌های متفاوت، تابش دریافتی را منعکس می‌کنند که ویژگی طیفی گیاه تلقی می‌شود. لازمه شناخت و تفکیک جوامع گیاهی دانستن ویژگی طیفی آنها و آگاهی از اختلاف‌های گیاهان در برابر امواج الکترومغناطیس است.

تا کنون مطالعات گوناگونی در زمینه واکنش گیاهان به امواج الکترومغناطیس انجام شده است. میلتنون^۱ و همکاران (۱۹۹۰)، هورلر^۲ و همکاران (۱۹۸۳) توانستند ارتباط بین پوشش گیاهی آلوده به عناصر سنگین و امواج الکترومغناطیس ارتباط برقرار کنند؛ بنابراین در مطالعه گیاهان آلوده به فلزات سنگین، می‌توان از امواج

الکترومغناطیس بهره برد. مبارکی و عطائیان (۱۳۹۴) از داده‌های دورسنجی برای مدیریت تلفیقی آفات و بیماری‌ها در گیاهان استفاده کردند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که می‌توان از داده‌های ماهواره‌ای و دورسنجی در پیش‌آگاهی و مدیریت تلفیقی آفات و بیماری‌ها بهره برد.

گیاهان گوناگون، با توجه به مواد تشکیل‌دهنده متفاوت، ساختار متفاوت، رنگ متفاوت، میزان کلروفیل‌سازی متفاوت و دیگر موارد، رفتارهای متفاوتی در مقابل امواج الکترومغناطیس نشان می‌دهند و به کمک این واکنش‌ها، می‌توان آنها را مطالعه و بررسی کرد (Kerle et al., 2004). این نوع مطالعه گیاهان نشان می‌دهد که در محدوده سبز، با توجه به میزان سبزیگی، میزان واکنش‌ها در گیاهان زیاد است که این سبب می‌شود، در این بازه طیفی، به رنگ سبز دیده شوند. در محدوده آبی و قرمز، گیاه این امواج را برای ساخت کلروفیل استفاده می‌کند و میزان انعکاس‌ها در این محدوده کاهش می‌یابد. مطالعات نشان می‌دهد که ویژگی‌های بیوفیزیکی گیاهان را می‌توان از طریق آنالیز طیفی، با به‌کارگیری شاخص‌های گیاهی، مشخص کرد. شاخص‌های گیاهی، با استفاده از نسبت‌های گوناگون طیفی، می‌توانند برخی ویژگی‌های گیاهان را تعیین کنند (Wójtowicz et al., 2016). اصلی‌ترین شاخص گیاهی مورد استفاده شاخص گیاهی تفاضلی نرمال‌شده (NDVI)^۳ است (Rouse et al., 1974). شاخص NDVI اغلب برای تعیین شرایط و مراحل رشد و زیست‌توده گیاهان کشت‌شده و پیش‌بینی محصول‌دهی آنها استفاده می‌شود (Wójtowicz et al., 2016). تا کنون مطالعات بسیاری برای تعیین بهترین شاخص‌ها در مطالعات پوشش گیاهی صورت گرفته است.

1. Milton
2. Horler
3. Normalized Difference Vegetation Index

نهایت، با استفاده از روش رگرسیون، همبستگی بین عناصر K، P، Ca، Na، Fe، Mn، Cu و Zn و انعکاس‌های طیفی گیاهان بررسی می‌شود. جزئیات مربوط به تهیه داده‌ها و روش مطالعه در ادامه آمده است.

۲-۱- جمع‌آوری و آماده‌سازی نمونه‌های گیاهی

گیاهان مرتعی استفاده‌شده در این آزمایش (بخش شاخساره) شامل مریم‌نخودی، اسفند، پنج‌انگشت، اسفند رومی، کُنار و شکر شفا، از مراتع استان فارس (شهرستان داراب) گردآوری شدند. نام علمی، محلی و نام خانواده این گیاهان در جدول ۱ آورده شده است. در ابتدا نمونه‌های گردآوری‌شده، به‌منظور برطرف کردن هرگونه آلودگی، با آب معمولی شسته و سپس به‌مدت ۴۸ ساعت در آون، در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد، نگهداری شدند تا خشک شوند. نمونه‌های آون-خشک با آسیاب پودر شدند و به‌منظور اندازه‌گیری غلظت عناصر کمیاب، به آزمایشگاه شیمی انتقال یافتند.

جدول ۱. نام علمی، نام فارسی و نام خانواده گیاهان مرتعی مورد استفاده این پژوهش

نام خانواده	نام فارسی	نام علمی
نعنائیان	مریم‌نخودی دارابی-کلپوره	<i>Teurium persicum</i>
زیگوفیلان	اسفند	<i>Peganum harmala</i>
وربناسه	پنج‌انگشت	<i>Vitex pesedo-negundo</i>
زیگوفیلان	اسفند رومی	<i>Fagonia bruguieri</i>
رامناسه	کُنار	<i>Ziziphus spina -christi</i>
نعنائیان	شکر شفا (گلدر)	<i>Otostegia persica</i>

ازجمله این مطالعات، استفاده از شاخص‌هایی مانند SAVI^۱ و VARI^۲ برای به‌حداقل‌رساندن تأثیر خاک و اتمسفر در مطالعات پوشش گیاهی است (Huete, 1998; Gitelson et al., 2002). وایلی^۳ و همکاران (۲۰۰۲)، در شمال آمریکا، همبستگی بین پارامترهای بیوفیزیکی گیاهان، بیومس و شاخص سطح برگ را با شاخص NDVI، با استفاده از داده‌های ماهواره لندست، بررسی کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که همبستگی بسیار خوبی (۶۵٪ تا ۸۵٪) بین امواج الکترومغناطیس و ویژگی‌های گیاهان وجود دارد. از دیگر مطالعاتی که در زمینه شاخص‌های پوشش گیاهی انجام شده است، می‌توان به مطالعات فنس هولت و سند هولت^۴ (۲۰۰۳)، هوبارد^۵ و همکاران (۲۰۲۱) و کاررنیو-کنده^۶ و همکاران (۲۰۲۱) اشاره کرد.

با توجه به اهمیت میزان مواد مغذی گیاهان که یکی از اجزای اصلی و ابتدایی در صنایع داروسازی‌اند، هدف این مطالعه تعیین این مواد مغذی در گیاهان مریم‌نخودی دارابی، اسفند، پنج‌انگشت، اسفند رومی، کُنار، و شکر شفا، با استفاده از امواج الکترومغناطیس است. همچنین این مطالعه قصد دارد مطالعات دورسنجی را جایگزین مطالعات آزمایشگاهی کند تا بتوان، بدون آنالیز گیاهان، مواد غذایی موجود در آنها را شناسایی کرد و درمورد کمبود این مواد، اقدامات لازم را انجام داد. به‌علاوه مشخص شود که هرگونه گیاه مرتعی دارای چه مواد غذایی‌ای است تا بتوان از آنها در صنایع گوناگون بهره برد. در این مطالعه، ارتباط بین مواد غذایی موجود در گیاهان مورد مطالعه، با امواج الکترومغناطیس در بازه طیفی ۰/۳ تا ۱/۱ میکرومتر، با استفاده از روش رگرسیون خطی بررسی می‌شود.

۲- مواد و روش کار

در این مطالعه، واکنش گیاهان مریم‌نخودی دارابی، اسفند، پنج‌انگشت، اسفند رومی، کُنار، شکر شفا به امواج الکترومغناطیس بررسی می‌شود. همچنین مقادیر عناصر این گیاهان در محیط آزمایشگاه تعیین و در

1. Soil-Adjusted Vegetation Index
2. Visible Atmospherically Resistant Index
3. Wylie
4. Fensholt & Sandholt
5. Hubbard
6. Carreño-Conde

۲-۲- استفاده از طیف‌سنج برای بررسی رفتار طیفی گیاهان مورد مطالعه

در مراحل متفاوت رویش، برگ گیاهان مریم‌نخودی دارابی، اسفند، پنچ‌انگشت، اسفند رومی، گنار و شکر شفا در مقابل فیبر نوری قرار گرفت و در وضعیت بازتابی و در ناحیه ۴۰۰ تا ۱۰۵۰ نانومتری (مرئی/فروسرخ نزدیک)، با استفاده از اسپکترومتر ساخت آلمان (مدل MICS-D10، Carl Zeiss Microscopy GmbH)، واکنش گیاه به امواج الکترومغناطیس بررسی شد. این طیف‌سنج کم‌هزینه، کم‌صدا و با کاربری آسان است؛ همچنین امکان اسکن در طول موج‌های مرئی (۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر) و فروسرخ نزدیک (طول موج بین ۷۰۰ تا ۱۰۵۰ نانومتر) را دارد و از آن‌جاکه واکنش گیاهان به تغییرات محیطی، بیشتر در محدوده فروسرخ و مرئی رخ می‌دهد، این ابزار برای بررسی مورد نظر مناسب است. در این مطالعه، از یک منبع نوری از نوع هالوژن- تنگستن، با پهنای باند وسیع و توان ۱۰۰ وات استفاده شد. به‌منظور ثبت طیف بازتابی از گیاه، هر نمونه به‌صورت افقی درون محفظه‌ای چوبی قرار گرفت. همچنین به‌منظور جلوگیری از ورود پرتوهای غیر از نور بازتابی به درون فیبر نوری، محفظه چوبی درون اتاقکی قرار داده شد. سپس با به‌کارگیری رابطه (۱)، طیف بازتابش نسبتی هر نمونه به‌دست آمد.

$$R_{relative} = \left(\frac{R_{sample} - R_{dark}}{R_{reference} - R_{dark}} \right) \times 100 \quad (1) \text{ رابطه}$$

در نهایت، این طیف به‌منزله طیف اصلی در پیش‌پردازش و تحلیل در نظر گرفته شد. موشکافی طیف‌های به‌دست‌آمده در نرم‌افزار SPSS انجام شد.

۲-۳- تجزیه عنصری

۰/۵ گرم پودر از گیاهان مرتعی مورد مطالعه وزن شد. سپس این مقدار به‌مدت دو ساعت در کوره الکتریکی، در دمای پانصد درجه سانتی‌گراد، نگه داشته شد تا خاکستر شود. پس از آن، ۵ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۲ نرمال، روی حمام بخار، به خاکستر حاصل افزوده و به‌مدت ده دقیقه در این حالت حفظ شد. سپس خاکستر هضم‌شده با اسید، با استفاده از آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسید. غلظت عناصر کمیاب (آهن، منگنز، مس و روی) در عصاره حاصل با استفاده از دستگاه جذب اتمی (PG 990, UK) اندازه گرفته شد (Ding et al., 2016 با Diang et al., 2013) (جدول ۲). غلظت سدیم، پتاسیم و کلسیم با روش نشر شعله‌ای (Corning 510, UK)، با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر، اندازه‌گیری شد. غلظت فسفر نیز با روش اسکوریبک اسید- مولیبدات (روش زرد) و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر، در طول موج ۰۶۰ نانومتر، سنجیده شد (Lu, 1999) (جدول ۳).

جدول ۲. غلظت کل عناصر کمیاب اندازه‌گیری‌شده در گیاهان مرتعی مورد مطالعه (میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک)

نام علمی گیاهان	روی (Zn)	مس (Cu)	منگنز (Mn)	آهن (Fe)
<i>Teurium persicum</i>	۱۴/۹	۱۱/۸	۵۴/۲۵	۵۱۷/۴۵
<i>Peganum harmala</i>	۱۹/۳	۱۱/۴۵	۱۳۹/۲۵	۲۰۲/۱۵
<i>Vitex pesedo-negundo</i>	۲۹/۵	۱۲/۹	۴۲/۶	۲۵۲/۲۵
<i>Fagonia bruguieri</i>	۴/۵	۵/۵	۴۲/۴۵	۱۵۸/۴۵
<i>Ziziphus spina -christi</i>	۱۴/۷۵	۹/۸۵	۲۰۰/۷۵	۳۴۱/۰۵
<i>Otostegia persica</i>	۲۲/۵	۴/۹۵	۴۰/۷۵	۲۷۶/۹۵

تعیین مناسب‌ترین طیف الکترومغناطیس برای پیش‌بینی عناصر غذایی ...

جدول ۳. غلظت کل عناصر معدنی پرمصرف اندازه‌گیری شده در گیاهان مرتعی مورد مطالعه (میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک)

نام علمی گیاهان	کلسیم	سدیم	فسفر	پتاسیم
<i>Teurium persicum</i>	۳۳۷۵	۷۱۵	۱۸۱۷/۵	۶۹۵۰
<i>Peganum harmala</i>	۷۶۰۰	۶۴۰۰	۱۶۸۷/۵	۴۳۱۲۵
<i>Vitex pesedo-negundo</i>	۹۱۵	۳۶۵	۹۲۷/۵	۱۶۴۰۰
<i>Fagonia bruguieri</i>	۸۴۰۰	۹۸۵	۹۹۲/۵	۴۲۰۰
<i>Ziziphus spina -christi</i>	۱۹۲۵۰	۵۱۰	۲۶۶۰	۱۸۸۵
<i>Otostegia persica</i>	۳۲۵۰	۱۲۵۰	۹۶۰	۲۳۵۰۰

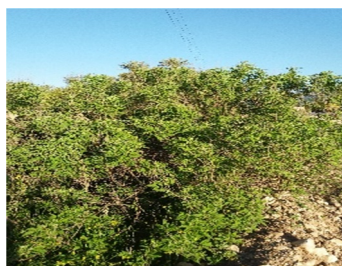
۳- نتایج و بحث

پنج‌انگشت و شکر شفا استفاده شد. نمونه‌ای از این گونه‌های مرتعی تهیه شده از شهرستان داراب در شکل ۱ نشان داده شده است.

در این مطالعه، به منظور تعیین واکنش گیاهان مرتعی در برابر امواج الکترومغناطیسی، از شش گونه مرتعی به نام‌های اسفند رومی، اسفند، گنار، مریم‌نخودی دارابی،



شکر شفا (گلدر)



پنج‌انگشت (بنگرو)



اسفند رومی



اسفند



مریم‌نخودی دارابی



گنار

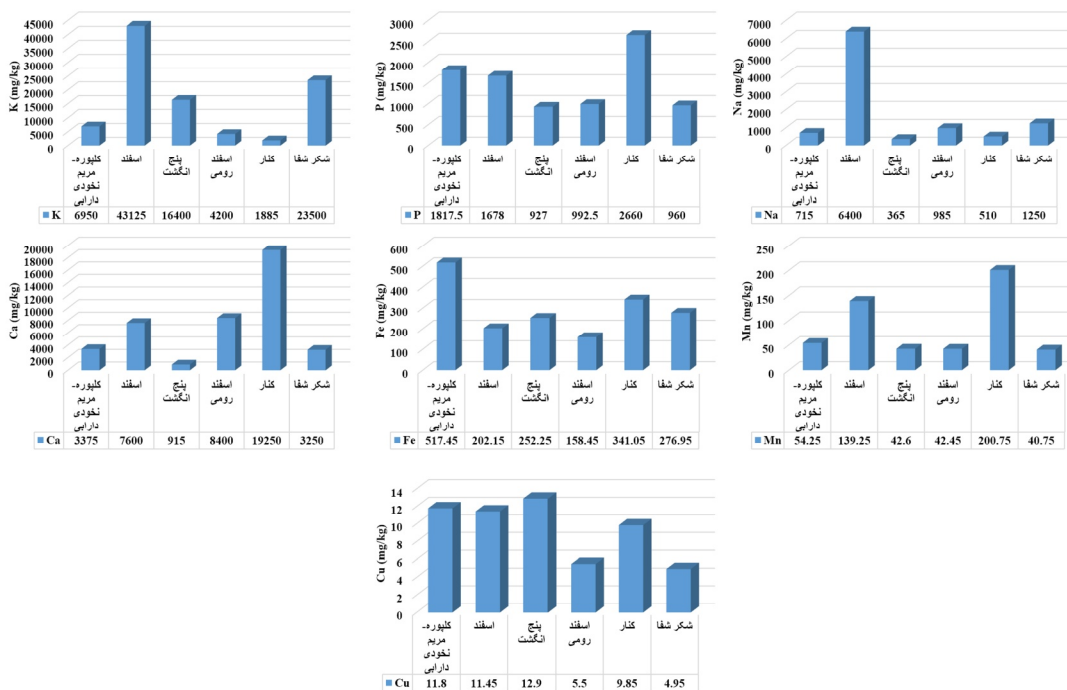
شکل ۱. تصویر گونه‌های مرتعی مورد مطالعه در این پژوهش

نزدیک)، با استفاده از اسپکترومتر ساخت آلمان (مدل Carl Zeiss Microscopy GmbH, MICS-D10)، واکنش گیاه به امواج الکترومغناطیس در آزمایشگاه بررسی شد. برای این منظور، چند برگ از هر گونه گیاهی در طبیعت از ساقه جدا شد، در پلاستیک قرار گرفت و در اولین فرصت، در آزمایشگاه طیفسنجی شد و واکنش گیاه در برابر بازه طیفی ۴۰۰ تا ۱۰۵۰ نانومتر مشخص شد. شایان ذکر است که برای هر گونه، دوازده تکرار انجام شد و میانگین واکنش‌های هریک از گونه‌ها در نظر گرفته شد. همان‌طور که در شکل ۳ نشان داده شده است، در بازه ۴۰۰ تا ۱۰۵۰ نانومتر، برگ‌های گیاه در معرض امواج الکترومغناطیس قرار گرفتند. مطالعات نشان می‌دهد که گیاهان دارای مواد غذایی متفاوت و واکنش متفاوتی به طیف الکترومغناطیس دارند و به کمک امواج الکترومغناطیس، می‌توان عناصر معدنی موجود در گیاه را شناسایی کرد (Eitel et al., 2006; Seelig et al., 2008).

در ادامه، در محیط آزمایشگاه، برخی عناصر غذایی موجود در این گیاهان تهیه شد که مقادیر آنها در شکل ۲ نشان داده شده است. با توجه به شکل ۲، مشخص می‌شود که گیاه اسفند بیشتر از دیگر گونه‌های گیاهی، دارای K است (حدود ۴۵۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم)؛ در حالی که مقادیر P، Mn و Ca در گیاه مرتعی کُنار از بقیه گیاهان مورد مطالعه بیشتر است. اسفند دارای بیشترین مقدار سدیم است که جذب بالای این عنصر در گیاه اسفند را می‌رساند. گیاه مرتعی مریم‌نخودی مقدار بالایی آهن دارد و مقدار پنج‌انگشت از دیگر گیاهان مرتعی مورد مطالعه بیشتر است.

۳-۱- واکنش گیاهان مرتعی مورد مطالعه به امواج الکترومغناطیس

در مراحل متفاوت رویش، برگ گیاهان مریم‌نخودی دارابی، اسفند، پنج‌انگشت، اسفند رومی، کُنار و شکر شفا در برابر فیبر نوری قرار گرفت و در وضعیت بازتابی و در ناحیه ۴۰۰ تا ۱۰۵۰ نانومتری (مرئی/فروسرخ

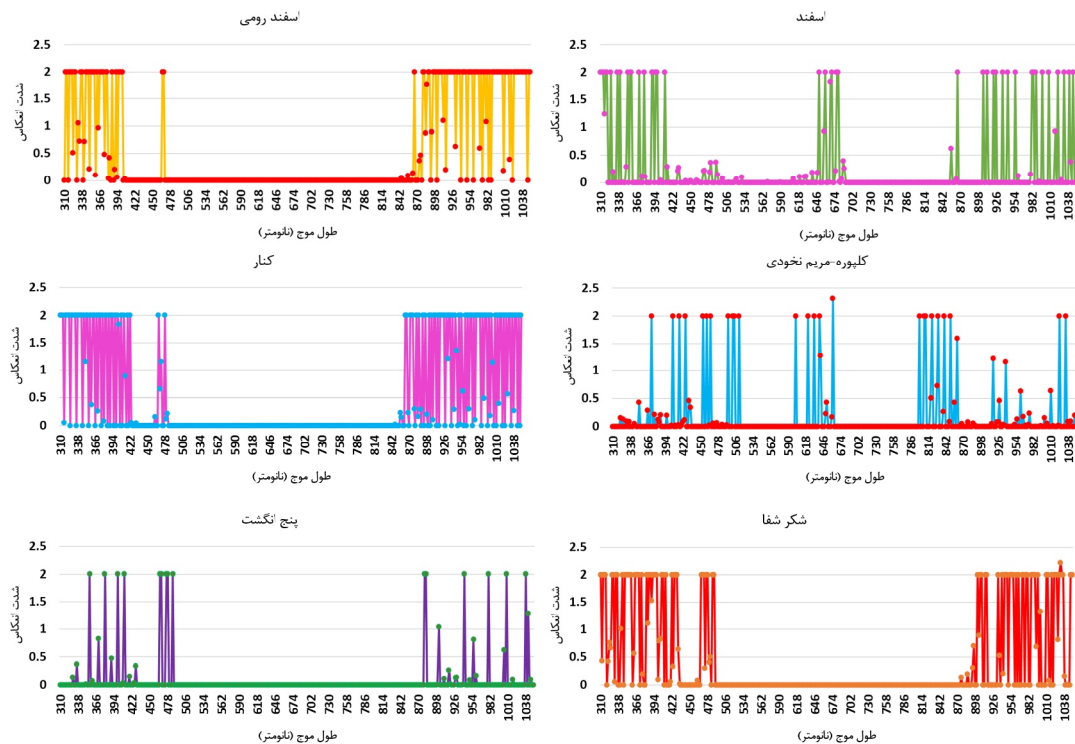


شکل ۲. مقدار هریک از عناصر غذایی مورد مطالعه در گیاهان مرتعی اسفند رومی، اسفند، کُنار، مریم‌نخودی، پنج‌انگشت و شکر شفا

۳-۲- ضریب همبستگی بین عناصر و امواج الکترومغناطیس

برای بررسی ارتباط بین واکنش گیاه به امواج الکترومغناطیس و تغییرات بیوشیمیایی (Ferwerda et al., 2005; Hansen & Schjoerring, 2003) و ویژگی‌های بیوفیزیکی (Cho et al., 2007; Næsset et al., 2005) در گیاه، می‌توان از روش رگرسیون چندمتغیره استفاده کرد. در این مطالعه، برای تعیین بهترین طول موج به‌منظور تشخیص مواد مغذی در گیاهان مرتعی اسفند رومی، اسفند، کنار، مریم‌نخودی، پنج‌انگشت و شکر شفا، به هریک از عناصر غذایی (Zn, P, Cu)، از روش رگرسیون استفاده شد تا ارتباط بین طول موج‌های گوناگون با مواد مغذی موجود در گیاه بررسی شود. بدین‌منظور از نرم‌افزار SPSS V22 استفاده شد و نتایج در جدول‌های ۴ تا ۹ آمده است. با توجه به جدول ۴، مشخص می‌شود مدل‌های تعیین‌شده برای پیش‌بینی Cu دارای دقت بالایی

با توجه به شکل ۳، واکنش‌ها در محدوده ۸۰۰ نانومتر به بالا افزایش می‌یابد که عملکرد خوب در گیاه (سالم‌بودن) را نشان می‌دهد. همچنین روند تغییرات انعکاس امواج در کنار، پنج‌انگشت، شکر شفا و اسفند رومی تقریباً یکسان است. به‌طور کلی در بخش کلروفیل‌سازی که گیاه برای تهیه کلروفیل، نیاز زیادی به امواج دارد، واکنش‌ها کاهش می‌یابد. طبق شکل ۳ مشخص می‌شود، در محدوده آبی متمایل به بنفش (۴۰۰-۵۰۰ نانومتر) و قرمز (۶۰۰-۷۰۰ نانومتر) که این نور شدیداً جذب کلروفیل می‌شود و در سبزینه‌سازی و تشکیل اندام‌های گیاه مؤثر است، تمامی گیاهان مرتعی مورد مطالعه کمترین واکنش را دارند و در محدوده ۶۰۰-۵۰۰ نانومتر (زرد متمایل به سبز)، سبزینه‌سازی و واکنش گیاهان اسفند و مریم‌نخودی بیشتر از دیگر گیاهان مورد مطالعه است. امواج واقع در محدوده بیشتر از ۸۵۰ نانومتر، هرچه انعکاس بیشتری داشته باشد، نشان‌دهنده سالم‌تربودن گیاه است و در همه گیاهان، این انعکاس‌ها به‌وضوح دیده می‌شود.



شکل ۳. واکنش گیاهان مرتعی اسفند رومی، اسفند، کنار، مریم‌نخودی، پنج‌انگشت و شکر شفا به امواج الکترومغناطیس

هستند ($R^2=0.908, R^2=0.925, R^2=1, R^2=0.964$)،
 ۱۰۳۸ مؤثرترین باندها به منظور پیش‌بینی مقدار Cu محسوب می‌شود.
 $Cu_{Fagonia\ bruguieri} = -821 + 3.214b_{402}$ رابطه (۲)
 $Cu_{Peganum\ harmala} = -2.847 + 7.141b_{410}$ رابطه (۳)
 $Cu_{Ziziphus\ spina\ -christi} = -2.482 + 6.321b_{1046}$ رابطه (۴)
 $Cu_{Teucrium\ persicum} = -10.655 + 11.002b_{1030}$ رابطه (۵)
 $Cu_{Vitex\ pesedo-negundo} = -2.204 + 8.141b_{1038}$ رابطه (۶)
 $Cu_{Ostostegia\ persica} = -9.215 + 7.876b_{1038}$ رابطه (۷)

میزان Cu به‌منزله متغیر مستقل (x) و میزان انعکاس‌های امواج الکترومغناطیس به‌منزله متغیر وابسته (y) شمرده می‌شود.
 طبق جدول ۵، مدل‌های پیش‌بینی درمورد گیاهان مرتعی اسفند رومی، اسفند، کُنار، مریم‌نخودی، پنج‌انگشت و شکر شفا به ترتیب در معادلات (۲) تا (۷)، برای پیش‌بینی Cu با استفاده از مقادیر باندهای طیفی مذکور، آمده است. با توجه به نتایج این جدول، مشخص می‌شود که در گیاه اسفند رومی باند ۴۰۲ نانومتر، گیاه اسفند باند ۴۱۰ نانومتر، گیاه کُنار باند ۱۰۴۶ نانومتر، گیاه مریم‌نخودی باند ۱۰۳۰، و گیاه

جدول ۴. خلاصه مدل پیش‌بینی Cu در گیاهان مرتعی مورد مطالعه

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
اسفند رومی	.982 ^a	.964	.959	.0875
		a. Predictors: (Constant), b402		
اسفند	1.000 ^a	1.000	1.000	.01145
		a. Predictors: (Constant), b410		
کُنار	.962 ^a	.925	.915	.25370
		a. Predictors: (Constant), b1046		
مریم‌نخودی	.953 ^a	.908	.895	.3623
		a. Predictors: (Constant), b1030		
پنج‌انگشت	.966 ^a	.933	.923	.3639
		a. Predictors: (Constant), b1038		
شکر شفا	.999 ^a	.997	.997	.0492
		a. Predictors: (Constant), b1038		

جدول ۵. وضعیت معنی‌داری ضریب پارامترهای مدل رگرسیونی Cu طبق روش همبستگی پیرسون، در گیاهان مرتعی مورد مطالعه

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
اسفند رومی	(Constant)	-.821	.461		-1.783	.118
	b402	3.214	.234	.982	13.748	.000
اسفند	(Constant)	-2.847	.045		-63.527	.000
	b410	7.141	.022	1.000	320.950	.000
کُنار	(Constant)	-2.482	1.336		-1.858	.106
	b1046	6.321	.678	.962	9.323	.000
مریم‌نخودی	(Constant)	-10.655	2.661		-4.004	.005
	b1030	11.002	1.324	.953	8.310	.000
پنج‌انگشت	(Constant)	-2.204	1.509		-1.461	.187
	b1038	8.141	.825	.966	9.867	.000
شکر شفا	(Constant)	-9.215	.286		-32.277	.000
	b1038	7.876	.158	.999	49.756	.000

a. Dependent Variable: Cu

$$P_{Fagonia\ bruguieri} = -256.250 + 637.500b_{1026}$$

رابطه (۸)

$$P_{Peganum\ harmala} = 995.994 + 356.647b_{1040}$$

رابطه (۹)

$$P_{Ziziphus\ spina\ -christi} = 1271.429 + 685.714b_{1046}$$

رابطه (۱۰)

$$P_{Tecurium\ persicum} = -2224.138 + 1982.387b_{1030}$$

رابطه (۱۱)

$$P_{Vitex\ pesedo-negundo} = -326.908 + 4481.833b_{400} - 4295.545b_{1038}$$

رابطه (۱۲)

$$P_{Otostegia\ persica} = -495.586 + 786.145b_{1038}$$

رابطه (۱۳)

با توجه به جدول ۸، مشخص می‌شود مدل‌های پیش‌بینی مقادیر Zn براساس طیف الکترومغناطیس دارای دقت بسیار است ($R^2=0.961$, $R^2=0.862$ ، $R^2=0.991$ ، $R^2=0.927$ ، $R^2=0.956$ ، $R^2=1$ به ترتیب برای اسفند رومی، اسفند، گنار، مریم‌نخودی، پنج‌انگشت، شکر شفا) و از این مدل‌ها می‌توان برای پیش‌بینی Zn استفاده کرد؛ مقادیر Zn به‌منزله متغیر مستقل (x) و مقادیر انعکاس‌های امواج الکترومغناطیس به‌منزله متغیر وابسته (y) محسوب می‌شود.

همچنین با توجه به نتایج جدول ۶، معلوم می‌شود مدل رگرسیونی برای پیش‌بینی مقدار P در گیاهان مورد مطالعه، دقت بسیاری دارد ($R^2=0.947$ ، $R^2=0.997$ ، $R^2=0.980$ ، $R^2=0.917$ ، $R^2=0.890$ به ترتیب برای اسفند رومی، اسفند، گنار، مریم‌نخودی، پنج‌انگشت، شکر شفا)؛ میزان R نزدیک به ۱ است که دقت بالای مدل را می‌رساند. شایان ذکر است که مقادیر P به‌منزله متغیر مستقل (x) و میزان انعکاس‌های امواج الکترومغناطیس به‌منزله متغیر وابسته (y) است.

طبق جدول ۷، مدل‌های پیش‌بینی در مورد گیاهان مرتعی اسفند رومی، اسفند، گنار، مریم‌نخودی، پنج‌انگشت و شکر شفا به ترتیب در معادلات (۸) تا (۱۳)، به‌منظور پیش‌بینی P با استفاده از مقادیر باندهای طیفی یادشده، آمده است. با توجه به نتایج جدول ۷، مشخص می‌شود در گیاه اسفند رومی باند ۱۰۲۶ نانومتر، در گیاه اسفند باند ۱۰۴۰ نانومتر، در گنار باند ۱۰۴۶ نانومتر، در مریم‌نخودی باند ۱۰۳۰، در پنج‌انگشت باند ۴۰۰ و ۱۰۳۸ و در شکر شفا باند ۱۰۳۸ مؤثرترین باندها برای پیش‌بینی مقدار P محسوب می‌شود.

جدول ۶. خلاصه مدل پیش‌بینی P در گیاهان مرتعی مورد مطالعه

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
اسفند رومی	.973 ^a	.947	.939	21.4330
a. Predictors: (Constant), b1026				
اسفند	.999 ^a	.997	.997	3.511
a. Predictors: (Constant), b1040				
گنار	.990 ^a	.980	.977	13.997
a. Predictors: (Constant), b1046				
مریم‌نخودی	.958 ^a	.917	.905	61.7382
a. Predictors: (Constant), b1030				
پنج‌انگشت	.996 ^a	.992	.989	47.8599
a. Predictors: (Constant), b1038, b400				
شکر شفا	.943 ^a	.890	.874	32.492
a. Predictors: (Constant), b1038				

علیرضا محمودی و مرضیه مکرم

جدول ۷. وضعیت معنی‌داری ضریب پارامترهای مدل رگرسیونی P در روش همبستگی پیرسون، در گیاهان مرتعی مورد مطالعه

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
اسفند رومی	(Constant)	-256.250	112.881		-2.270	.057
	b1026	637.500	57.282	.973	11.129	.000
اسفند	(Constant)	995.994	13.063		76.248	.000
	b1040	356.647	6.823	.999	52.268	.000
کنار	(Constant)	1271.429	73.718		17.247	.000
	b1046	685.714	37.409	.990	18.330	.000
مریم‌نخودی	(Constant)	-2224.138	453.497		-4.904	.002
	b1030	1982.387	225.650	.958	8.785	.000
پنج‌انگشت	(Constant)	-326.908	198.730		-1.645	.151
	b400	4481.833	169.210	1.841	26.487	.000
	b1038	-4295.545	201.011	-1.485	-21.370	.000
شکر شفا	(Constant)	-495.586	188.384		-2.631	.034
	b1038	786.145	104.446	.943	7.527	.000

a. Dependent Variable: P

جدول ۸. خلاصه مدل پیش‌بینی Zn در گیاهان مرتعی مورد مطالعه

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
اسفند رومی	.929 ^a	.862	.843	.2624
		a. Predictors: (Constant), b ₁₀₂₆		
اسفند	.980 ^a	.961	.955	.1857
		a. Predictors: (Constant), b ₁₀₄₀		
کنار	.996 ^a	.991	.990	.13122
		a. Predictors: (Constant), b ₁₀₄₆		
مریم‌نخودی	.978 ^a	.956	.949	.2960
		a. Predictors: (Constant), b ₁₀₃₀		
پنج‌انگشت	.963 ^a	.927	.917	.8846
		a. Predictors: (Constant), b ₁₀₃₈		
شکر شفا	1.000 ^a	1.000	1.000	.0105
		a. Predictors: (Constant), b ₁₀₃₈		

$$Zn_{Fagonia\ bruguieri} = -4 + 4.643b_{1026} \quad \text{رابطه (۱۴)}$$

$$Zn_{Peganum\ harmala} = 9.597 + 4.736b_{1040} \quad \text{رابطه (۱۵)}$$

$$Zn_{Ziziphus\ spina\ -christi} = -4.732 + 9.821b_{1045} \quad \text{رابطه (۱۶)}$$

$$Zn_{Teurium\ persicum} = -12.033 + 13.282b_{1030} \quad \text{رابطه (۱۷)}$$

$$Zn_{Vitex\ pesedo-negundo} = -5.745 + 18.971b_{1010} \quad \text{رابطه (۱۸)}$$

$$Zn_{Ostostegia\ persica} = -10.977 + 19.685b_{1028} \quad \text{رابطه (۱۹)}$$

طبق جدول ۹، مدل‌های پیش‌بینی در مورد گیاهان مرتعی اسفند رومی، اسفند، کنار، مریم‌نخودی، پنج‌انگشت و شکر شفا به ترتیب در معادلات (۱۴) تا (۱۹) به‌منظور پیش‌بینی Zn با استفاده از مقادیر باندهای طیفی مذکور، آمده است. با توجه به نتایج جدول ۹، مشخص می‌شود در گیاه اسفند رومی باند ۱۰۲۶ نانومتر، در اسفند باند ۱۰۴۰ نانومتر، در کنار باند ۱۰۴۵ نانومتر، در مریم‌نخودی باند ۱۰۳۰، در پنج‌انگشت باند ۱۰۱۰ و در شکر شفا باند ۱۰۲۸ مؤثرترین باندها برای پیش‌بینی مقدار Zn محسوب می‌شود.

جدول ۹. وضعیت معنی‌داری ضریب پارامترهای مدل رگرسیونی Zn در روش همبستگی پیرسون، در گیاهان مرتعی مورد مطالعه

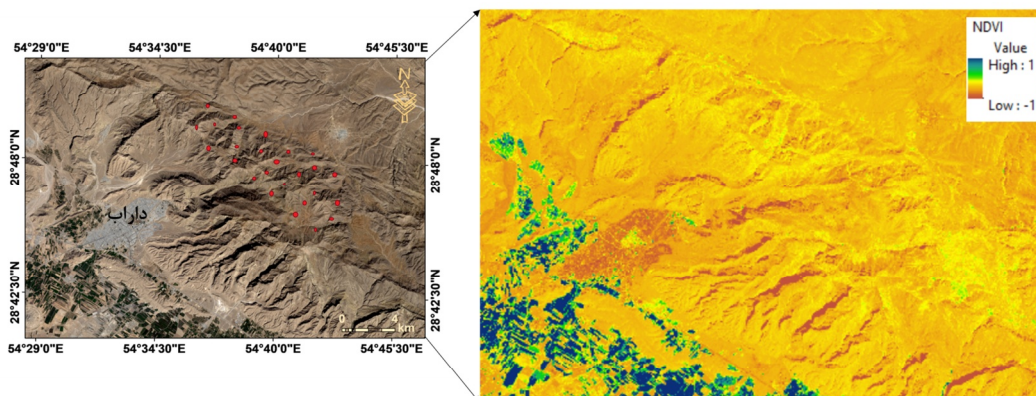
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
اسفند رومی	(Constant)	-4.000	1.312		-3.048	.019
	b1026	4.643	.701	.929	6.619	.000
اسفند	(Constant)	9.597	.727		13.202	.000
	b1040	4.736	.361	.980	13.120	.000
کنار	(Constant)	-4.732	.691		-6.847	.000
	b1046	9.821	.351	.996	28.005	.000
مریم نخودی	(Constant)	-12.033	2.174		-5.535	.001
	b1030	13.282	1.082	.978	12.278	.000
پنج انگشتی	(Constant)	-5.745	3.667		-1.567	.161
	b1010	18.971	2.005	.963	9.460	.000
شکر شفا	(Constant)	-10.977	.058		-190.478	.000
	b1020	19.685	.034	1.000	581.987	.000

a. Dependent Variable: Zn

گیاهان مرتعی واقع در ارتفاعات انبوه است، می‌توان وضعیت مراتع را به کمک تصاویر لندست، به خوبی بررسی کرد. منطقه مورد مطالعه در بخش‌های جنوبی استان فارس، با آب‌وهوای خشک، قرار دارد که دارای پوشش گیاهی مرتعی بسیار ضعیفی است و امکان مطالعه پوشش گیاهی مرتعی در این مناطق، به کمک تصاویر ماهواره‌ای، وجود ندارد.

طبق شکل ۴، از آن‌جا که قدرت تفکیک مکانی تصاویر لندست سی متر است، وضعیت انعکاس امواج را می‌توان به صورت کلی بررسی کرد، نه در مورد گونه‌های مرتعی منطقه مورد مطالعه؛ در چنین مواردی است که دقت بالای طیف‌سنج، در بررسی پوشش گیاهی مرتعی، به صورت انفرادی مشخص می‌شود.

در این مطالعه، از تصاویر لندست-۸ سنجنده ETM+ نیز، برای بررسی گیاهان مرتعی منطقه مورد مطالعه استفاده شد. به منظور بررسی پوشش گیاهی، شاخص NDVI به کار رفت. همان‌طور که در شکل ۴ نشان داده شده است، مناطق واقع در شمال تصویر که نمونه‌های پوشش گیاهی از آن‌جا تهیه شده دارای مقادیر نزدیک به صفر است. این نشان از فقدان پوشش گیاهی در منطقه دارد؛ در حالی که در مناطق واقع در جنوب منطقه مورد نظر، شامل اراضی کشاورزی، میزان NDVI نزدیک به ۱ است. با مقایسه بین پوشش گیاهی اراضی کشاورزی و زمین‌های مرتعی واقع در منطقه مورد مطالعه، نتیجه گرفته می‌شود که اراضی مرتعی، به علت تنک‌بودن در قیاس با اراضی کشاورزی، قابل تشخیص نیستند. شایان ذکر است، در مناطقی که



شکل ۴. میزان انعکاس امواج در طول موج‌های مرئی و فروسرخ، در منطقه مورد مطالعه

در این مطالعه، عناصر غذایی موجود در چند گیاه مرتعی و علاوه بر آن واکنش هریک از گیاهان به امواج الکترومغناطیس بررسی شد که از نوآوری‌های مهم این تحقیق محسوب می‌شود. براساس نتایج، مشخص می‌شود که کمک امواج الکترومغناطیس می‌تواند میزان مواد مغذی موجود در گیاه را بدون انجام دادن آزمایشی، پیش‌بینی کرد. گیاهان دارای مواد مغذی متفاوت واکنش‌های متفاوتی دارند که این اختلاف به شناسایی گیاهان متفاوت با یکدیگر می‌انجامد. یکی از روش‌های معمول به منظور محاسبه داده‌های ماهواره‌ای و ارتباط آن با عوارض گوناگون سطح زمین، از جمله پوشش گیاهی، استفاده از معادلات رگرسیون و تعیین میزان همبستگی مقادیر باندهای طیفی با مقادیر اندازه‌گیری شده عوارض در طبیعت یا در آزمایشگاه است. نتایج این تحقیق نشان داد بین انعکاس‌های امواج الکترومغناطیس و مواد غذایی در گیاهان مرتعی مورد مطالعه ارتباط معنی‌داری وجود دارد. همچنین گیاهان در طول موج‌های آبی و قرمز، که برای فتوسنتز مورد نیاز است، کمترین واکنش را دارند و این نکته بیانگر شادابی و سلامت گیاهان است. دقت مدل‌های پیش‌بینی شده در مورد مواد غذایی موجود در گیاه، با استفاده از روش رگرسیون، بالا بود؛ بنابراین با توجه به این پژوهش، به منظور تخمین مواد غذایی موجود در گیاه، می‌توان از مطالعات سنجش از دور به جای مطالعات آزمایشگاهی بهره برد.

اونیل^۱ (۱۹۹۶) به این نتیجه رسید که گیاهان گوناگون، با توجه به ویژگی‌های متفاوتشان، همبستگی‌های متفاوتی را با هریک از شاخص‌های گیاهی نشان می‌دهند و میزان این همبستگی، در اواخر فصل رشد، کاهش می‌یابد. کالرا^۲ و همکاران (۲۰۰۱)، با بررسی رابطه تاج‌پوشش و شاخص‌های پوشش گیاهی، نشان دادند که بین ویژگی‌های پوشش گیاهی و داده‌های زمینی و ماهواره‌ای، ارتباط پرننگی وجود دارد.

1. O'Neill
2. Calera

مطالعات نشان می‌دهد که استفاده از فناوری سنجش از دور در مطالعات سنجش از دور اغلب موجب کاهش هزینه و افزایش دقت و سرعت می‌شود و روزبه‌روز بر اهمیت این فناوری، در زمینه توسعه پایدار، افزوده می‌شود (Balogun et al., 2020; Yavari & Qaderi, 2020)؛ بنابراین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، می‌توان وضعیت پوشش گیاهی را در مراتع، اراضی کشاورزی و یا باغات بررسی کرد. با توجه به اینکه اندازه پیکسل، در اغلب تصاویر ماهواره‌ای مانند سنجنده TM و ETM ماهواره لندست حدود سی کیلومتر است، دسترسی به اطلاعات از طریق آنها دقیق‌تر از تصاویر دارای دقت کمتر است. مطالعات نشان می‌دهد که با استفاده از طیف‌سنج، می‌توان اطلاعات دقیق‌تری در مورد گیاهان به دست آورد؛ مانند میزان عناصر موجود در گیاه، وضعیت کلروفیل‌سازی در آن، و آلودگی (Gholizadeh & Kopačková, 2019)؛ در صورتی که به کمک تصاویر ماهواره‌ای، می‌توان به‌طور میانگین و در حالت کلی، وضعیت بوته‌های مرتعی را در مراتع تعیین کرد. بنابراین در این مطالعه، با به‌کارگیری طیف‌سنج مدل Carl Zeiss Microscopy, MICS-D10 GmbH، میزان انعکاس‌های امواج الکترومغناطیس در برگ‌های برخی گونه‌های مرتعی به‌طور دقیق تعیین شد که از نوآوری‌های این تحقیق محسوب می‌شود.

۴- نتیجه‌گیری

بیشتر مطالعات انجام‌شده درباره گیاهان مرتعی در مورد کمیت این گیاهان بوده و کمتر به اهمیت کیفی و میزان مواد غذایی موجود در آنها توجه شده است (Tavakli et al., 2014; Arzani et al., 2004). مطالعات نشان می‌دهد که گیاهان حاوی مواد غذایی متفاوت واکنش متفاوتی به طیف الکترومغناطیس دارند و به کمک امواج الکترومغناطیس، می‌توان عناصر معدنی موجود در آنها را شناسایی کرد (Eitel et al., 2006; Seelig et al., 2008). با توجه به اهمیت این موضوع،

- Applied to Monitor Crops Dynamics Using Vegetation Indices (Ndvi)**, Applied Sciences, 11(4), PP. 1859300-307.
- Cho, M.A., Skidmore, A., Corsi, F., Wieren, S.E.V. & Sobhan, I., 2007, **Estimation of Green Grass/Herb Biomass from Airborne Hyperspectral Imagery Using Spectral Indices and Partial Least Squares Regression**, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 9, PP. 414-424.
- Cohen, W.B., Maiersperger, T.K., Gower, S.T. & Turner, D.P., 2003, **An Improved Strategy for Regression of Biophysical Variables and Landsat ETM+ Data**, Remote Sensing of Environment, 84, PP. 561-571.
- Daghestani, M., 2018, **Application of Remote Sensing in Forest Management**, First Regional Geomatic Conference, Islamshahr.
- Ding, Z., Hu, X., Wan, Y., Wang, S. & Gao, B., 2016, **Removal of Lead, Copper, Cadmium, Zinc, and Nickel from Aqueous Solutions by Alkali-Modified Biochar: Batch and Column Tests**, Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 33, PP. 239-245.
- Eidwidge, C.D., 2007, **Visible and Near Infrared Reflectance Characteristics of Dry Plant Materials**, International Journal of Remote Sensing, 11(10), PP. 1775-1795.
- Eitel, J.U.H., Gessler, P.E., Smith, A.M.S. & Robberecht, R., 2006, **Suitability of Existing and Novel Spectral Indices to Remotely Detect Water Stress in *Populus spp.***, Forest Ecology and Management, 229, PP. 170-182.
- Fensholt, R. & Sandholt, I., 2003, **Derivation of a Shortwave Infrared Water Stress Index from MODIS Near-and Shortwave Infrared Data in a Semiarid Environment**, Remote Sensing of Environment, 87(1), PP. 111-121.
- کوتن^۱ و همکاران (۲۰۰۳)، با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای سنجنده لندست، روابط شاخص سطح برگ و شاخص‌های گیاهی محاسبه‌شده را بررسی کردند. نتایج این بررسی حاکی از همبستگی بالا بین امواج الکترومغناطیس و شاخص سطح برگ بوده است. در مطالعه‌ای که با هدف ارزیابی مقدار کادمیوم و سرب در خاک و گیاه کشت‌شده در شهر کادونا، در نیجریه انجام شد، مشخص شد غلظت کادمیوم و سرب در نمونه‌های گیاهی بیشتر از استانداردهای WHO/FAO^۳ بوده است (Jimoh & Mohammed, 2012). نتایج مطالعه‌ای، در زمینه بررسی مقدار فلزات سنگین سبزیجات آبیاری‌شده با مخلوط فاضلاب و لجن که در زیمبابوه انجام شد، نشان داد که سبزیجات آزمایش‌شده در این مطالعه به‌شدت به چهار عنصر کادمیوم، مس، سرب و روی آلوده‌اند (Muchuweti et al., 2006). با توجه به نتایج، مشخص می‌شود استفاده از امواج الکترومغناطیس در شناسایی میزان مواد مغذی موجود در گیاهان مرتعی کارآیی دارد.
- ۵- منابع**
- Arzani, H., Kabuli, S.H., Nikkhal, A. & Jalili, A., 2004, **Introduction of the Most Important Indicators for Determining the Nutritional Value of Pasture Plants**, Journal of Natural Resources of Iran, 57(4), PP. 777-791.
- Balogun, A.L., Yekeen, S.T., Pradhan, B. & Althuwaynee, O.F., 2020, **Spatio-Temporal Analysis of Oil Spill Impact and Recovery Pattern of Coastal Vegetation and Wetland Using Multispectral Satellite Landsat 8-OLI Imagery and Machine Learning Models**, Remote Sensing, 12(7), P. 1225.
- Calera, A., Martínez, C. & Melia, J., 2001, **A Procedure for Obtaining Green Plant Cover: Relation to NDVI in a Case Study for Barley**, International Journal of Remote Sensing, 22(17), PP. 3357-3362.
- Carreño-Conde, F., Sipols, AE., deBlas, CS. & Mostaza-Colado, D.A., 2021, **Forecast Model**

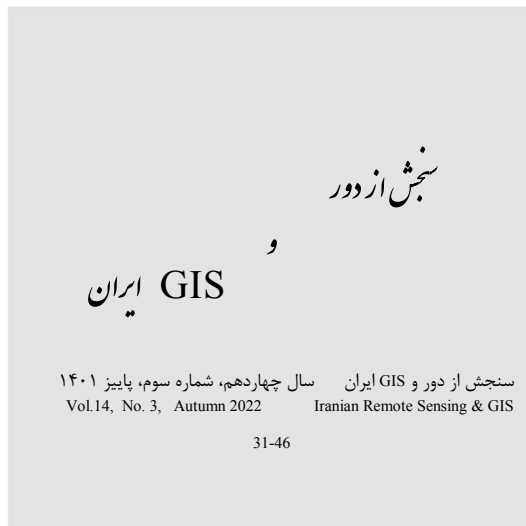
1. Cohen

2. Food and Agriculture Organization

3. World Health Organization

- Ferwerda, J.G., Skidmore, A.K. & Mutanga, O., 2005, **Nitrogen Detection with Hyperspectral Normalized Ratio Indices across Multiple Plant Species**, International Journal of Remote Sensing, 26, PP. 4083-4095.
- Gholizadeh, A. & Kopačková, V., 2019, **Detecting Vegetation Stress as a Soil Contamination Proxy: A Review of Optical Proximal and Remote Sensing Techniques**, International Journal of Environmental Science and Technology, 16(5), PP. 2511-2524.
- Gitelson, A.A., Kaufman, Y.J., Stark, R. & Rundquist, D., 2002, **Novel Algorithms for Remote Estimation of Vegetation Fraction**, Remote Sensing of Environment, 80(1), PP. 76-87.
- Goldsmith, F.B., 1991, **Monitoring for Conservation and Ecology**, Chapman & Hall, 275P.
- Hansen, P.M. & Schjoerring, J.K., 2003, **Reflectance Measurement of Canopy Biomass and Nitrogen Status in Wheat Crops Using Normalized Difference Vegetation Indices and Partial Least Squares Regression**, Remote Sensing Environ, 86, PP. 542-553.
- Horler, D.N.H., Dockray, M. & Barber, J., 1983, **The Red Edge of Plant Leaf Reflectance**, International Journal of Remote Sensing, 4, PP. 273-288.
- Hubbard, S.S., Schmutz, M., Balde, A., Falco, N., Peruzzo, L., Dafflon, B., Léger, E. & Wu, Y., 2021, **Estimation of Soil Classes and their Relationship to Grapevine Vigor in a Bordeaux Vineyard: Advancing the Practical Joint Use of Electromagnetic Induction (EMI) and NDVI Datasets for Precision Viticulture**, Precision Agriculture, PP. 1-24.
- Huete, A.R., 1988, **A Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI)**, Remote Sensing of Environment, 25(3), PP. 295-309.
- Jimoh, W.L.O. & Mohammed, M.I., 2012, **Assessment of Cadmium and Lead in Soil and Tomatoes Grown in Irrigated Farmland of the Kaduna Metropolis Nigeria**, Research Journal of Environmental and Earth Sciences, 4(1), PP. 55-59.
- Kerle, N., Janssen, L.L. & Huurneman, G.C., 2004, **Principles of Remote Sensing**, ITC, Educational Textbook Series, 2, P. 250.
- Lu, R.K., 1999, **Analytical Methods for Soil Agrochemistry**, Chinese Agricultural Science and Technology Publishing, House, Beijing.
- Milton, N.M., Ager, C.M., Eiswerth, B.A. & Power, M.S., 1990, **Arsenic- and Selenium-Induced Changes in Spectral Reflectance and Morphology of Soybean Plants**, Remote Sensing of Environment, 30, PP. 263-269.
- Muchuweti, M., Birkett, J.W., Chinyanga, E., Zvauya, R., Scrimshaw, M.D. & Lester, J.N., 2006, **Heavy Metal Content of Vegetables Irrigated with Mixtures of Wastewater and Sewage Sludge in Zimbabwe: Implications for Human Health, Agriculture, Ecosystems and Environment**, 112, PP. 41-48.
- Mobarki, Hoda & Ataian, taktom., 2015, **The use of remote sensing data in advance knowledge of the integrated management of pests and diseases**, The first research congress on the application of modern sciences in geographical studies of Iran, <https://civilica.com/doc/451450>.
- Næsset, E., Bollandsås, O.M. & Gobakken, T., 2005, **Comparing Regression Methods in Estimation of Biophysical Properties of Forest Stands from Two Different Inventories Using Laser Scanner Data**, Remote Sens. Environ, 94, PP. 541-553.
- O'Neill, P.E., Chauhan, N.S. & Jackson, T.J., 1996, **Use of Active and Passive Microwave Remote Sensing for Soil Moisture Estimation through Corn**, International Journal of Remote Sensing, 17(10), PP. 1851-1865.
- Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A. & Deering, D.W., 1974, **Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS**, NASA Special Publication, 351(1974), P. 309.
- Seelig, H.D., Hoehn, A., Stodieck, L.S., Klaus, D.M., Adams Iii, W.W. & Emery, W.J., 2008, **Relations of Remote Sensing Leaf**

- Water Indices to Leaf Water Thickness in Cowpea, Bean, and Sugarbeet Plants**, Remote Sensing of Environment, 112, PP. 445-455.
- Tavakli, M., Safaian, N. & Shukri, M., 2014, **Investigating the Importance and Role of Classification of Plants in the Assessment of Pasture Capacity**, the third national conference on pasture and pasture management of Iran, Karaj.
- Wójtowicz, M., Wójtowicz, A. & Piekarczyk, J., 2016, **Application of Remote Sensing Methods in Agriculture**, Communications in Biometry and Crop Science, 11, PP. 31-50.
- Wylie, B.K., Meyer, D.J., Tieszen, L.L. & Mannel, S., 2002, **Satellite Mapping of Surface Biophysical Parameters at the Biome Scale over the North American Grasslands: A Case Study**, Remote Sensing of Environment, 79(2-3), PP. 266-278.
- Yavari, S.M. & Qaderi, F., 2020, **Determination of Thermal Pollution of Water Resources Caused by Neka Power Plant through Processing Satellite Imagery**, Environment, Development and Sustainability, 22(3), PP. 1953-1975.



Determining the Most Appropriate Electromagnetic Spectrum for Predicting Nutrients in a Number of Rangeland Species Using Remote Sensing

Mahmoodi A.R.^{1*} and Mokarram M.²

1- Assistant Prof., Dep. of Nature Engineering, Collage of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University

2- Associate Prof., Dep. of Geography, Faculty of Economics, Management and Social Sciences, Shiraz University

Abstract

Today, remote sensing is used for plant studies, such as determining nutrient levels, plant diseases, water deficiency or excess, weed identification, and so on. As electromagnetic waves strike the plants, they react in different ways (absorption, reflection or passage) based on the characteristics of the plants. The quantity of nutrients in a plant can be determined through measurement science in plant studies. Since the amount of nutrients in the plant can be determined, it is possible to know how much fertilizer the plant needs. On the other hand, identified the nutrients in the plant, especially rangeland plants. A spectrometer was used to measure the plant's response to electromagnetic waves in the range of 0.3 to 1.1 m. Following that, the relationship between the amount of electromagnetic waves and the amount of nutrients in these plants was determined. The results showed that in *Fagonia bruguieri* b1026 nm, in *Peganum harmala* b1040 nm, in *Ziziphus spina-christi* b1046 nm, in *Tecurium persicum* band 1030 nm, in *Vitex pesedo-negundo* b400 and b1038 and in *Otostegia persica* band They are effective in predicting the value of P. For the prediction of Zn in *F. bruguieri* b1026 nm band, in *P.harmala* b1040 nm band, in *Z. spina-christi* ba1045 nm band, in *T. persicum* pea b1030 nm band, in *V. pesedo-negundo* plant b1010 nm and in *O. persica* band They are the most effective bands. To predict Cu, it is determined using spectral band values that in *F.bruguieri* band is b402 nm, in *P. harmala* band is b410 nm, in *Z. spina-christi* band is b1046 nm, in *T. persicum* band is b1030 nm, in *V.pesedo* and *O. persica* b1038 are the most effective bands.

Keywords: Rangeland plants, Remote sensing, Electromagnetic waves, Linear regression method.

* Correspondence Address: Shiraz University, Collage of Agriculture and Natural Resources of Darab, Department of Nature Engineering, Postal Code: 7549117666. Tel: 07136139925, 09178957389
Email: mahmoodi_150@yahoo.com