

## مقایسه دو شاخص NDVI و SAVI در سه جامعه گیاهی مختلف با شدت نمونه برداری متفاوت (مطالعه موردی: مراتع اطراف تالاب چغاخور چهارمحال و بختیاری)

جمال ایمانی<sup>۱\*</sup>، عطاالله ابراهیمی<sup>۲</sup>، بهرام قلی نژاد<sup>۳</sup> و پژمان طهماسبی<sup>۲</sup>

\* نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری علوم مرتع، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، ایران

پست الکترونیک: imany22@gmail.com

۲- دانشیار، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، ایران

۳- استادیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

تاریخ دریافت: ۹۵/۳/۱۷ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۱/۲۵

### چکیده

شناخت و ارزیابی اکوسیستم مرتعی اولین گام در مدیریت این منابع به شمار می آید. بدون آگاهی از وضعیت و شرایط مرتع نمی توان هیچگونه برنامه مدیریتی برای آن تدوین کرد. بدین منظور سه سایت با گیاهان غالب متفاوت برای نمونه گیری از پوشش و تولید انتخاب شد. در داخل هر سایت، ۳۰ واحد نمونه برداری ۹۰۰ مترمربعی در امتداد ۳ ترانسکت تعیین شده و قطعات نمونه در این واحدها مستقر گردید. شاخص های NDVI و SAVI پس از اصلاحات و پردازش از تصاویر لندست ۸ استخراج گردید و میزان همبستگی آنها با درصد پوشش و تولید هر سایت بدست آمد. نتایج مبنی بر معنی دار بودن همبستگی شاخص ها با درصد پوشش و تولید با کاربرد تعداد و ابعاد مناسب قطعه نمونه در هر سه سایت بود. در هر سایت، شاخص NDVI با فرم رویشی که غالب است بیشترین همبستگی را دارد، در حالیکه شاخص SAVI اثر خاک زمینه را کاهش داده و بازتاب گیاهان با درصد پوشش کمتر را بیشتر نشان می دهد. دلیل چنین حالتی به فرمول SAVI مربوط است و طبق فرمول این شاخص، پوشش کمتر ضریب بالاتری نسبت به پوشش زیاد می گیرد و مشاهده می گردد که این شاخص توانسته اثر خاک زمینه را کاهش دهد. پهن برگان علفی به دلیل ساختار گیاه و پربرگ بودن و به طبع آن بازتاب بیشتر، دارای بیشترین همبستگی با شاخص NDVI بودند.

واژه های کلیدی: سد چغاخور، شاخص NDVI و SAVI، درصد پوشش، تولید.

### مقدمه

به شمار می آید. از این رو شناخت روش های سریع و دقیق با کمترین هزینه برای آنالیز و ارزیابی مراتع حائز اهمیت می باشد. این نکته ای است که تقریباً تمامی متخصصان مرتبط با علوم مرتع بر آن تأکید دارند. Cottam Curtis و همکاران (۱۹۵۳) زمان لازم به نمونه کافی را مهمترین فاکتور در امر ارزیابی معرفی کرده اند.

شناخت و ارزیابی اکوسیستم مرتعی اولین گام در مدیریت این منابع به شمار می آید. شناخت منابع مذکور در مرحله پایه، خود مبتنی بر پیمایش ها و اندازه گیری های زمینی است. اما گستردگی این منابع به ویژه اراضی مرتعی عامل محدود کننده ای در اندازه گیری مستقیم و صحرایی

می باشد، زیرا این روابط تحت تأثیر عواملی مانند زاویه تابش خورشید، جذب اتمسفری، بازتاب پدیده‌های سایه و مراحل رشد گیاهی قرار گرفته و تغییرپذیر می باشد. با توجه به اکوسیستم پیچیده، مناطق خشک و نیمه خشک و ناهمگنی موجود در عرصه مراتع مانند تنوع پوشش گیاهی، توپوگرافی، تغییرات مکانی زیاد در مقیاسی کوچک تر از قدرت تفکیک مکانی داده‌های ماهواره‌ای (Duncan *et al.*, 1993)، پایین بودن میزان پوشش و تولید و از همه مهمتر ترکیب عواملی مانند سنگ و سنگریزه، خاک، لاشبرگ و ... در بازتاب طیفی ثبت شده توسط سنجنده‌های ماهواره‌ای، حصول نتایج متفاوت دور از انتظار نمی باشد (Moleele *et al.*, 2001). همان طور که گفته شد، نبود امکانات و سرمایه کافی اجازه بررسی کل سطح مراتع را به صورت برداشت زمینی نمی دهد. همچنین استفاده از داده‌های ماهواره‌ای، نیازمند نمونه برداری زمینی می باشد. نمونه برداری زمینی با چه مقیاس و روشی انجام شود که بیشترین همبستگی را با داده‌های ماهواره‌ای داشته باشد نیز از مسائل و چالش‌های پیش روی کارشناسان و ارزیابان عرصه‌های مرتعی می باشد. زیرا بدون نمونه زمینی نمی توان تنها با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای میزان فاکتورهای مرتعی از قبیل درصد پوشش و تولید گیاهان را بدست آورد. بنابراین در این تحقیق ضمن مقایسه میزان همبستگی درصد تاج پوشش و تولید با دو شاخص گیاهی NDVI و SAVI، دو روش مختلف نمونه برداری با اندازه متفاوت قطعه نمونه مورد بررسی قرار گرفته است و این فرضیه که آیا شدت نمونه برداری زمینی چطور می تواند در نتایج نهایی ارزیابی و برآورد درصد پوشش و تولید گیاهان مرتعی با داده‌های ماهواره‌ای تأثیر داشته باشد پاسخ داده شده است. همچنین به دلیل انجام تحقیق در سه تیپ گیاهی با گیاهان غالب و درصد پوشش متفاوت، سعی شده که تأثیر نوع گیاهان، درصد آنها و درصد پوشش خاک نیز بر دو شاخص مذکور مورد بررسی قرار گیرد.

Pickup (۱۹۸۹) و Moleele و همکاران (۱۹۹۷) بیان کردند که کاربرد روش‌های معمول و متداول برای برآورد تاج پوشش گیاهی و فراوانی در مراتع مناطق خشک و نیمه خشک مستلزم صرف وقت و هزینه فراوان است. روش‌های معمول و متداول برای بررسی پوشش گیاهی نیازمند اخذ نمونه فراوان از جامعه است. با این حال، نتایج حاصل محدود به نقاط نمونه برداری است که معمولاً به نادرستی، درون یابی یا برون یابی شده اند تا به تمام عرصه مورد تحقیق تعمیم داده شوند (et al., 2001). با توجه به موارد فوق، در آنالیز و ارزیابی مراتع، نیاز به اطلاعات جامع و جدید برای مدیریت و برنامه ریزی هستیم. طبیعی است برای این مهم هزینه و نیروی انسانی بسیار زیادی لازم است که یکی از راه‌های رسیدن به این اهداف استفاده از اطلاعات ماهواره‌ای است. داده‌های ماهواره‌ای به دلیل داشتن مزایایی از جمله پوشش وسیع و تکراری، صرفه جویی در وقت، کاهش هزینه و به روز بودن اطلاعات، کاربردهای زیادی را در بررسی‌های کمی و کیفی پوشش گیاهی دارد (Pickup & Chewing, 1993).

داده‌های ماهواره‌ای بخشی از طیف الکترومغناطیسی بازتابیده شده از پدیده‌های زمینی می باشد که توسط سنجنده‌های فضایی ثبت می گردد، به هر حال برای استفاده از این داده‌ها در شناخت منابع باید ابتدا تأثیر عواملی مانند توپوگرافی، بازتاب خاک، اثرات اتمسفری و ... تا حد امکان کاهش یافته یا حذف گردد. سپس با استفاده از روش‌های مختلف به ارتباط بین این داده‌ها و پدیده‌های زمینی پی برد. این ارتباط می تواند بین یکی از مشخصه‌های گیاهی مانند تاج پوشش گیاهی از یکسو و باندهای منفرد طیفی یا نسبت‌های آنها که اصطلاحاً شاخص‌های گیاهی نامیده می شوند از سوی دیگر برقرار گردد.

Anderson و همکاران (۱۹۹۳) بیان کردند که شاخص‌های گیاهی نسبت به پوشش گیاهی واکنش‌های متفاوتی را نشان می دهند که بیان کمی این روابط مشکل

## مواد و روش

### موقعیت منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در ۴۰ کیلومتری جنوب غربی شهرکرد نزدیک به دریاچه سد چغاخور در استان چهارمحال و بختیاری قرار دارد. از نظر تقسیمات اقلیمی در محدوده ایران تورانی و نیمه استپی است. این منطقه در عرض جغرافیایی ۳۱°۹۴'۹۴ تا ۳۲°۰۰'۹۸ شمالی و طول جغرافیایی ۵۰°۸۵'۵۰ تا ۵۰°۸۷'۲۰ شرقی قرار گرفته است. متوسط بارندگی سالانه حدود ۴۵۰ میلی متر گزارش شده است. به طور کلی، وضعیت مراتع به دلیل وابستگی زیاد دام به آن در شرایط فقیری می باشد و گونه های خاردار غالب شده اند.

سه سایت با پوشش گیاهی غالب متفاوت در این منطقه مورد بررسی قرار گرفت که مشخصات پوشش گیاهی این سه سایت به این صورت است:

سایت یک دارای شیب غربی است. پوشش گیاهی غالب این سایت پهن برگان می باشد ولی به دلیل همجواری با روستا، چرا شدید بوده و بیشتر گیاهان این سایت گیاهان نامرغوب و خاردار می باشد. گیاهان همراه این سایت که دارای درصد ترکیب بسیار کمی می باشند و تأثیر چندان مهمی ندارند این گونه ها هستند:

*Centurea virgata*, *Noaea macronata*,  
*Acantholimon sp*, *Hordeum bulbosum*,  
*Centaurea persica*, *Astragalus aucheri*.

سایت ۲ دارای شیب شمالی غربی است. پوشش گیاهی غالب این سایت بوته ای ها می باشد و دارای تنوع گیاهی بسیار کمی است. گیاهان همراه عبارتند از:

*Scariolla orientalis*, *Cardaria draba*, *Poa bulbosa*, *Centaurea behen*, *Hordeum violaceum*.

سایت ۳ دارای شیب شمالی است. پوشش گیاهی غالب این سایت گندمیان می باشد. چرا در این سایت نسبتا سبک بوده و پوشش گیاهی این سایت بهتر است. گیاهان همراه این سایت عبارتند از:

*Falcaria vulgaris*, *Eryngium pyramidale*,  
*Gundelia Tournefortii*, *Melilitus officinalis*,  
*Lolium prene*, *Poa bulbosa*, *Tragopogon sp*,  
*Phlomis olivieri*, *Achillea millefolium*, *Thymus vulgaris*, *Asteragalus spp*, *Scariolla orientalis*,  
*Centaurea persica*, *Euphorbia macroclada*,  
*Centaurea virgata*, *Cynedon dactylon*

### جمع آوری داده های زمینی

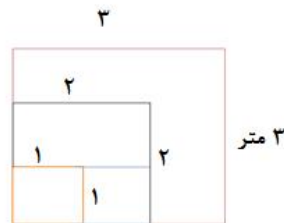
الف) استقرار شبکه نمونه برداری و انتخاب قطعه نمونه ها در طول ترانسکت: در هر منطقه محدوده ای برای نمونه برداری مشخص شد، سپس داخل این محدوده و در جهت افقی (شیب نسبتا ثابت)، ۳۰ قطعه نمونه به ابعاد ۳۰×۳۰ متر (برای دربرگرفتن حداقل یک پیکسل ۳۰×۳۰ متر در سنجد لندست) در امتداد سه ترانسکت ۹۰۰ متری با فاصله افقی ۶۰ متر از هم و ارتفاع متفاوت (در امتداد هر ترانسکت ۱۰ قطعه نمونه) انتخاب گردید (به این صورت که نقطه اول به صورت تصادفی و بقیه نقاط با فاصله یکسان (سیستماتیک). در هر واحد نمونه برداری، دو روش مختلف نمونه برداری با ابعاد قطعه نمونه ۱×۱، ۲×۱، ۲×۲، ۳×۳ متر و به روش قطعه نمونه های تودرتو انجام شد (شکل ۱). تعداد ۳ و ۶ قطعه نمونه تودرتو از هر یک از ابعاد به ترتیب در روش اول و دوم نمونه برداری در قطعه نمونه ۹۰۰ مترمربعی (۳۰×۳۰ متر) مستقر شد. به منظور جلوگیری از ایجاد خطای هندسی، محدوده های ۹۰۰ مترمربعی دارای فاصله ۶۰ متر از همدیگر بودند (شکل ۲ و ۳).

ب) اندازه گیری و ثبت تاج پوشش گونه های گیاهی: در داخل هر قطعه نمونه درصد پوشش گونه ها در سه گروه بوته ای ها، گندمیان و فوربها تخمین زده شد.

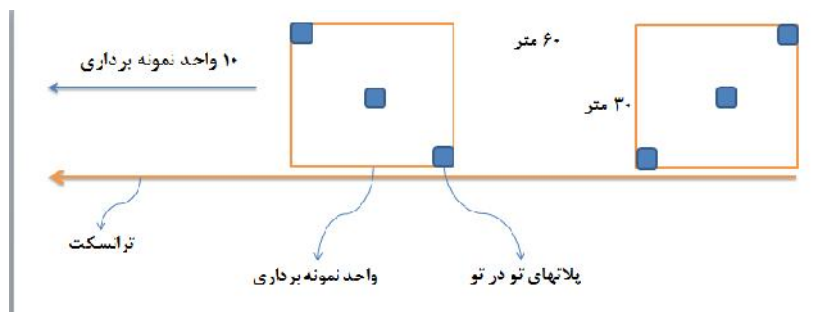
ج) اندازه گیری و ثبت تولید گیاهی: از آنجا که قطع و توزین تولید گونه ها در تمامی قطعه نمونه ها مستلزم صرف وقت و هزینه زیاد می باشد، برای اندازه گیری تولید از روش قطع و توزین توأم با نمونه گیری مضاعف استفاده گردید. بدین ترتیب که تاج پوشش گونه های

بین تاج پوشش گیاهی و تولید قطعه نمونه‌های قطع و توزین شده، تولید گونه‌های گیاهی در تمام قطعه نمونه‌ها برآورد گردید.

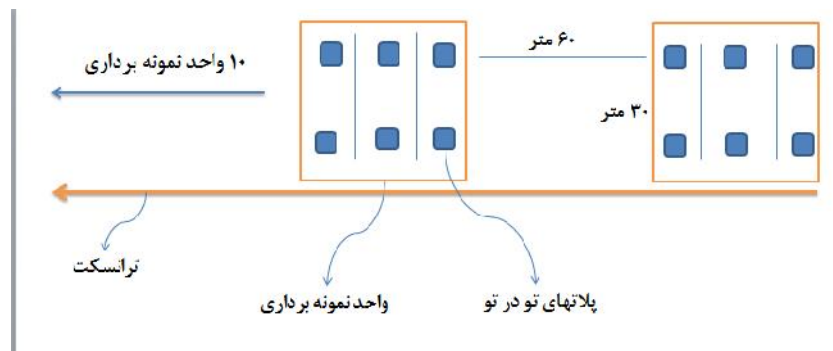
گیاهی در تمامی قطعه نمونه‌ها اندازه‌گیری شده ولی تولید گونه‌های گیاهی در ۲۵ درصد از قطعه نمونه‌ها قطع و توزین شد، سپس با استفاده از رابطه رگرسیونی



شکل ۱- نحوه استفاده از قطعه نمونه‌های تودرتو برای برآورد مقادیر پوشش گیاهی و تولید در عرصه



شکل ۲- نحوه آرایش قطعه نمونه‌های تودرتو داخل واحدهای نمونه‌برداری در روش نمونه‌برداری با ۳ قطعه نمونه



شکل ۳- نحوه آرایش قطعه نمونه‌های تودرتو داخل واحدهای نمونه‌برداری در روش نمونه‌برداری با ۶ قطعه نمونه

میانگین درصد تاج پوشش گونه‌های گیاهی تعیین گردید.

پردازش داده‌های زمینی

- پردازش داده‌های مربوط به تولید گیاهی

- پردازش داده‌های مربوط به پوشش گیاهی

در این تحقیق اندازه‌گیری تولید از طریق اطلاعات پوشش گیاهی در قالب روش نمونه‌گیری مضاعف انجام گردید. از آنجا که داده‌های مربوط به تولید در ۲۵ درصد از

اطلاعات مربوط به پوشش به هریک از فرم‌های رویشی (گندمیان، فورب‌ها و بوت‌های‌ها) مربوط به هر یک از ترانسکت‌ها با انجام یک سلسله محاسبات تلخیص شده و

پیکسل‌ها مخلوطی از پوشش سبز و خاک زمینه می‌باشد که در منطقه مورد مطالعه اهمیت ویژه‌ای دارد. شاخص‌های گیاهی طرح‌های تغییر یافته ریاضی برای برآورد توزیع طیفی پوشش گیاهی برای مشاهدات چند طیفی است. در بیشتر این شاخص‌ها از ترکیب، باندهای قرمز و مادون قرمز نزدیک استفاده می‌شود.

شاخص‌های مورد استفاده

- شاخص گیاهی تفاوت نرمال شده NDVI

این شاخص توسط Rouse و همکاران (۱۹۷۴) معرفی شد که پوشش گیاهی سبز را از خاک زمینه جدا می‌کند.

$$NDVI = \frac{IRS3 - IRS2}{IRS3 + IRS2}$$

- شاخص پوشش گیاهی تعدیل شده بر حسب خاک SAVI:

این شاخص توسط Huete (۱۹۸۴) با هدف حداقل کردن اثرات خاک زمینه در انعکاسات پوشش گیاهی پیشنهاد شد، این شاخص از طریق زیر محاسبه می‌شود:

$$SAVI = \frac{IRS3 - IRS2}{IRS3 + IRS2 + L} (1 + L)$$

L: فاکتور تعدیل کننده اثر خاک است. مقدار آن برای پوشش تنک برابر ۱ و برای پوشش متوسط برابر ۰.۵ و اما برای پوشش انبوه یا صفر و یا ۰.۲۵. در نظر گرفته نمونه‌های. هدف از ایجاد این شاخص، حذف اثر تیرگی خاک می‌باشد.

بررسی روابط آماری بین مشخصه‌های کمی گیاهی (پوشش و تولید) و داده‌های ماهواره‌ای

ابتدا ارزش‌های طیفی هریک از باندهای اصلی و باندهای مصنوعی (شاخص‌های گیاهی) در محل قطعات نمونه استخراج و نمونه‌ها و ارزش‌های طیفی استخراج شده به همراه داده‌های زمینی مربوط به پوشش و تولید گیاهی به نرم‌افزار SPSS منتقل گردیده و رابطه بین مشخصه‌های گیاهی اندازه‌گیری شده در قطعه نمونه‌ها و ارزش‌دهی طیفی متناظر (شاخص‌ها) به روش رگرسیون مورد بررسی قرار گرفت.

## نتایج

قطعه نمونه‌ها اندازه‌گیری شد، با محاسبه رابطه بین درصد پوشش گیاهی و تولید در این قطعه نمونه‌ها، تولید گیاهی مربوط به قطعه نمونه‌هایی که در آنها فقط درصد تاج پوشش اندازه‌گیری شده بود، محاسبه گردید.

پردازش داده‌های ماهواره‌ای

- بررسی کیفیت و تصحیح هندسی داده‌ها

داده‌های حاصل از سنجنده‌های ماهواره‌ای که به زمین مخابره می‌شوند به‌عنوان داده‌های خام معروفند و معمولاً دارای ناهنجاری‌های هندسی و رادیومتری می‌باشند که لازم است قبل از استفاده در تجزیه و تحلیل‌ها مورد تصحیح قرار گیرند. به دلیل استفاده از تصویر لندست ۸، تصحیح هندسی لازم نشد. در این تحقیق تصویر سنجنده TM لندست ۸ منطبق با زمان نمونه‌برداری (خرداد ۹۳) استفاده شد.

- نسبت‌گیری طیفی

نتیجه اعمال نسبت‌گیری طیفی ایجاد شاخص‌هایی می‌باشد که استفاده از شاخص‌ها در تجزیه و تحلیل‌ها باعث افزایش امکان تفکیک پدیده‌ها (مانند پوشش گیاهی) و حذف اثرات توپوگرافی، اتمسفری شده و معمولاً شاخص‌های گیاهی اثرات بازتابی پوشش گیاهی را تقویت کرده و به موازات آن اثرات خاک زمینه، زاویه تابش خورشید، توپوگرافی و اثرات اتمسفری را تا حد امکان کاهش می‌دهند. تحقیقات مختلف نشان می‌دهند که مقادیر شاخص گیاهی حاصل از باندهای طیفی، با مشخصه‌های گیاهی مانند درصد تاج پوشش گیاهی و بیومس ارتباط معنی‌داری را نشان داده‌اند (Arzani et al., 2008; Behahani et al., 2010; Pairanj et al., 2011; Hosseini et al., 2007; Sepehri et al., 2002). محققان شاخص‌های مختلفی را برای حذف و یا کاهش اثرات بازتاب خاک زمینه ابداع کرده‌اند که به گروه شاخص‌های فاصله-پایه معروفند. هدف اصلی این شاخص‌ها حذف اثر بازتاب خاک در مواردی است که پوشش گیاهی تنک بوده و

جدول ۱- نتایج حاصل از آنالیز همبستگی درصد تاج پوشش و تولید فرم‌های مختلف رویشی با شاخص‌های گیاهی در سایت ۱ با تعداد ۳ قطعه نمونه در هر واحد نمونه برداری ۳۰ در ۳۰ متر

معنی داری (درصد)	NDVI		معنی داری (درصد)	SAVI		سطح قطعه نمونه	متغیر وابسته	فرم رویشی
	ضریب تعیین	ضریب همبستگی		ضریب تعیین	ضریب همبستگی			
-	۰/۰۱۶	۰/۱۶	-	۰/۰۱۶	۰/۱۳	۱×۱		
-	۰/۰۱۶	۰/۱۶	-	۰/۰۳۲	۰/۱۸	۱×۲	درصد تاج	
۱۰	۰/۰۷۲	۰/۲۷	۵	۰/۱۳	۰/۳۷	۲×۲	پوشش	
۵	۰/۰۱۴	۰/۳۸	۵	۰/۱۶	۰/۴۰	۳×۳		گراس
-	۰/۰۱	۰/۱۰	-	۰/۰۱	۰/۱۰	۱×۱		
-	۰/۰۱۲	۰/۱۱	-	۰/۰۱۶	۰/۱۳	۱×۲	تولید	
-	۰/۰۵۷	۰/۲۴	۱۰	۰/۰۹	۰/۳۲	۲×۲		
۱۰	۰/۱۱	۰/۳۴	۵	۰/۰۱۴	۰/۳۸	۳×۳		
-	۰/۰۲۲	۰/۲	-	۰/۰۲۲	۰/۱۵	۱×۱		
۵	۰/۱۴	۰/۳۸	۱۰	۰/۰۹	۰/۳۱	۱×۲	درصد تاج	
۱	۰/۲۷	۰/۵۲	۵	۰/۱۷	۰/۴۲	۲×۲	پوشش	
۱	۰/۲۷	۰/۵۲	۱	۰/۲	۰/۴۵	۳×۳		پهن‌برگان
-	۰/۰۱۲	۰/۱۱	-	۰/۰۱۲	۰/۱۱	۱×۱		
۱۰	۰/۰۹۶	۰/۳۱	۱۰	۰/۰۷۲	۰/۲۷	۱×۲	تولید	
۱	۰/۲۱	۰/۴۶	۵	۰/۱۴	۰/۳۸	۲×۲		
۱	۰/۲۳	۰/۴۸	۵	۰/۱۳	۰/۳۷	۳×۳		
-	۰/۰۱۹	۰/۱۴	-	۰/۰۲۵	۰/۱۶	۱×۱		
-	۰/۰۲۵	۰/۱۶	۱۰	۰/۰۷۲	۰/۲۷	۱×۲	درصد تاج	
۱۰	۰/۰۶۷	۰/۲۶	۱۰	۰/۱	۰/۳۳	۲×۲	پوشش	
۱۰	۰/۰۸۴	۰/۲۹	۱۰	۰/۱۱	۰/۳۴	۳×۳		بوته‌ای
-	۰/۰۱	۰/۱۰	-	۰/۰۱۲	۰/۱۱	۱×۱		
-	۰/۰۱	۰/۱۰	۱۰	۰/۰۶۲	۰/۲۵	۱×۲	تولید	
-	۰/۰۴۴	۰/۲۱	۱۰	۰/۰۸۴	۰/۲۹	۲×۲		
-	۰/۰۵۲	۰/۲۳	۱۰	۰/۰۹	۰/۳۰	۳×۳		

معنی داری (درصد)	NDVI		معنی داری (درصد)	SAVI		سطح قطعه نمونه	متغیر وابسته	فرم رویشی
	ضریب تعیین	ضریب همبستگی		ضریب تعیین	ضریب همبستگی			
-	۰/۰۱۶	۰/۱۳	-	۰/۰۲۲	۰/۱۵	۱×۱		
-	۰/۰۴	۰/۲۰	۱۰	۰/۰۶۲	۰/۲۵	۱×۲	درصد تاج	یکساله
۱۰	۰/۰۸۴	۰/۲۹	۱۰	۰/۱	۰/۳۳	۲×۲	پوشش	
۵	۰/۰۱۴	۰/۳۸	۵	۰/۱۵	۰/۳۹	۳×۳		
-	۰/۰۱	۰/۱۰	-	۰/۰۱	۰/۱۰	۱×۱		
-	۰/۰۱۹	۰/۱۴	-	۰/۰۳۲	۰/۱۸	۱×۲		
-	۰/۰۵۲	۰/۲۳	۱۰	۰/۰۷۸	۰/۲۸	۲×۲	تولید	
۱۰	۰/۱	۰/۳۲	۱۰	۰/۰۹	۰/۳۲	۳×۳		
-	۰/۰۱۶	۰/۱۳	-	۰/۰۱۹	۰/۱۴	۱×۱		
-	۰/۰۴۸	۰/۲۲	۱۰	۰/۰۶۲	۰/۲۵	۱×۲	درصد تاج	
۱۰	۰/۱	۰/۳۳	۵	۰/۱۲	۰/۳۶	۲×۲	پوشش	
۵	۰/۱۲	۰/۳۵	۵	۰/۱۴	۰/۳۸	۳×۳		کل
-	۰/۰۱	۰/۱۰	-	۰/۰۱	۰/۱۰	۱×۱		
-	۰/۰۲۸	۰/۱۷	-	۰/۰۴۸	۰/۲۲	۱×۲	تولید	
۱۰	۰/۰۷۸	۰/۲۸	۱۰	۰/۱	۰/۳۲	۲×۲		
۱۰	۰/۰۹۶	۰/۳۱	۱۰	۰/۱	۰/۳۳	۳×۳		

جدول ۲- نتایج حاصل از آنالیز همبستگی درصد تاج پوشش و تولید فرم‌های مختلف رویشی با شاخص‌های گیاهی در سایت ۱ با تعداد ۶ قطعه نمونه در هر واحد نمونه برداری ۳۰ در ۳۰ متر

معنی داری (درصد)	NDVI		معنی داری (درصد)	SAVI		سطح قطعه نمونه	متغیر وابسته	فرم رویشی
	ضریب تعیین	ضریب همبستگی		ضریب تعیین	ضریب همبستگی			
-	۰/۰۳۶	۰/۱۹	-	۰/۰۳۶	۰/۲۲	۱×۱		
۱۰	۰/۰۶۷	۰/۲۵	۵	۰/۰۱۳	۰/۳۷	۱×۲	درصد تاج	گراس
۵	۰/۰۱۴	۰/۳۸	۵	۰/۱۶	۰/۴۱	۲×۲	پوشش	
۵	۰/۱۵	۰/۳۹	۵	۰/۱۶	۰/۴۱	۳×۳		
-	۰/۰۲۲	۰/۱۵	-	۰/۰۲۲	۰/۱۵	۱×۱		
-	۰/۰۴۴	۰/۲۱	۱۰	۰/۱۱	۰/۳۳	۱×۲	تولید	
۱۰	۰/۱	۰/۳۳	۵	۰/۱۴	۰/۳۸	۲×۲		

NDVI			SAVI			سطح قطعه نمونه	متغیر وابسته	فرم رویشی
معنی داری (درصد)	ضریب تعیین	ضریب همبستگی	معنی داری (درصد)	ضریب تعیین	ضریب همبستگی			
۱۰	۰/۱	۰/۳۳	۵	۰/۱۴	۰/۳۸	۳×۳		
۱	۰/۱۹	۰/۴۴	۵	۰/۱۲	۰/۳۶	۱×۱		
۱	۰/۲۶	۰/۵۱	۵	۰/۱۶	۰/۴۰	۱×۲	درصد تاج	
۱	۰/۲۶	۰/۵۱	۱	۰/۲۱	۰/۴۶	۲×۲	پوشش	
۱	۰/۲۸	۰/۵۳	۱	۰/۲۱	۰/۴۶	۳×۳		بهن
۵	۰/۱۳	۰/۳۷	۱۰	۰/۰۸۴	۰/۲۹	۱×۱		برگان
۵	۰/۱۹	۰/۴۴	۵	۰/۱۲	۰/۳۵	۱×۲		
۱	۰/۲	۰/۴۵	۵	۰/۱۶	۰/۴۱	۲×۲	تولید	
۱	۰/۲۱	۰/۴۶	۵	۰/۱۶	۰/۴۰	۳×۳		
-	۰/۰۲۵	۰/۱۶	-	۰/۰۲۵	۰/۱۶	۱×۱		
۱۰	۰/۰۶۲	۰/۲۵	۱۰	۰/۰۶۷	۰/۲۶	۱×۲	درصد تاج	
۱۰	۰/۰۹۶	۰/۳۱	۱۰	۰/۱	۰/۳۲	۲×۲	پوشش	
۱۰	۰/۰۹۶	۰/۳۱	۱۰	۰/۱	۰/۳۳	۳×۳		
-	۰/۰۱۲	۰/۱۱	-	۰/۰۱۴	۰/۱۲	۱×۱		بوته‌ای
-	۰/۰۳۶	۰/۱۹	-	۰/۰۳۶	۰/۱۹	۱×۲		
۱۰	۰/۰۶۷	۰/۲۶	۱۰	۰/۰۹	۰/۳۰	۲×۲	تولید	
۱۰	۰/۰۶۲	۰/۲۵	۱۰	۰/۰۸۴	۰/۲۹	۳×۳		
۱۰	۰/۱	۰/۳۳	۱۰	۰/۰۹	۰/۳۱	۱×۱		
۵	۰/۱۲	۰/۳۵	۵	۰/۱۲	۰/۳۵	۱×۲	درصد تاج	
۵	۰/۱۲	۰/۳۵	۵	۰/۱۷	۰/۴۲	۲×۲	پوشش	
۵	۰/۱۳	۰/۳۷	۵	۰/۱۶	۰/۴۱	۳×۳		
۱۰	۰/۰۹	۰/۳۰	۱۰	۰/۰۷۸	۰/۲۸	۱×۱		یکساله
۱۰	۰/۱	۰/۳۲	۱۰	۰/۱	۰/۳۲	۱×۲		
۱۰	۰/۱	۰/۳۱	۱۰	۰/۰۹	۰/۳۱	۲×۲	تولید	
۱۰	۰/۱۲	۰/۳۵	۵	۰/۱۳	۰/۳۹	۳×۳		
۱۰	۰/۰۹	۰/۳۰	۱۰	۰/۰۹	۰/۳۰	۱×۱		
۱۰	۰/۱	۰/۳۳	۵	۰/۱۲	۰/۳۶	۱×۲	درصد تاج	
۵	۰/۱۳	۰/۳۷	۵	۰/۱۶	۰/۴۰	۲×۲	پوشش	
۵	۰/۱۳	۰/۳۷	۵	۰/۱۵	۰/۳۹	۳×۳		
-	۰/۰۵۷	۰/۲۴	۱۰	۰/۰۶۲	۰/۲۵	۱×۱		کل
۱۰	۰/۰۷۸	۰/۲۸	۱۰	۰/۰۹	۰/۳۱	۱×۲		
۱۰	۰/۱۱	۰/۳۴	۵	۰/۰۱۲	۰/۳۵	۲×۲	تولید	
۱۰	۰/۱	۰/۳۳	۵	۰/۰۱۲	۰/۳۵	۳×۳		



جدول ۳- نتایج حاصل از آنالیز همبستگی درصد تاج پوشش و تولید فرم‌های مختلف رویشی با شاخص‌های گیاهی در سایت ۲ با تعداد ۳ قطعه نمونه در هر واحد نمونه برداری ۳۰ در ۳۰ متر

معنی داری (درصد)	NDVI		معنی داری (درصد)	SAVI		سطح قطعه نمونه	متغیر وابسته	فرم رویشی
	ضریب تعیین	ضریب همبستگی		ضریب تعیین	ضریب همبستگی			
-	۰/۰۱۴	۰/۱۴	-	۰/۰۱۹	۰/۱۰	۱×۱		
-	۰/۰۳۶	۰/۱۹	-	۰/۰۴	۰/۲۴	۱×۲	درصد تاج	
۱۰	۰/۰۶۲	۰/۲۵	۱۰	۰/۰۷۸	۰/۲۹	۲×۲	پوشش	
۱۰	۰/۰۷۸	۰/۲۸	۱۰	۰/۱۱	۰/۳۴	۳×۳		گراس
-	۰/۰۱۲	۰/۱۱	-	۰/۰۱۲	۰/۱۱	۱×۱		
-	۰/۰۱۹	۰/۱۴	-	۰/۰۲۵	۰/۱۶	۱×۲	تولید	
-	۰/۰۵۷	۰/۲۴	۱۰	۰/۰۶۲	۰/۲۵	۲×۲		
۱۰	۰/۰۶۷	۰/۲۶	۱۰	۰/۰۹	۰/۳۱	۳×۳		
-	۰/۰۱۶	۰/۱۳	-	۰/۰۱۶	۰/۱۳	۱×۱		
-	۰/۰۲۲	۰/۱۵	-	۰/۰۲۸	۰/۱۷	۱×۲	درصد تاج	
-	۰/۰۵۲	۰/۲۳	-	۰/۰۵۷	۰/۲۴	۲×۲	پوشش	
۱۰	۰/۰۶۷	۰/۲۶	۱۰	۰/۰۷۸	۰/۲۸	۳×۳		پهن برگان
-	۰/۰۱	۰/۱۰	-	۰/۰۱	۰/۱۰	۱×۱		
-	۰/۰۱۲	۰/۱۱	-	۰/۰۱۴	۰/۱۲	۱×۲	تولید	
-	۰/۰۳۶	۰/۱۹	-	۰/۰۴	۰/۲۰	۲×۲		
-	۰/۰۳۶	۰/۱۹	۱۰	۰/۰۶۷	۰/۲۶	۳×۳		
-	۰/۰۲۵	۰/۱۶	-	۰/۰۱۶	۰/۱۳	۱×۱		
۱۰	۰/۰۶۷	۰/۲۶	۱۰	۰/۰۶۷	۰/۲۶	۱×۲	درصد تاج	
۵	۰/۱۶	۰/۴۱	۵	۰/۱۳	۰/۳۷	۲×۲	پوشش	
۵	۰/۱۸	۰/۴۳	۵	۰/۱۶	۰/۴۰	۳×۳		بوته‌ای
-	۰/۰۲۲	۰/۱۵	-	۰/۰۱	۰/۱۰	۱×۱		
۱۰	۰/۰۶۷	۰/۲۶	-	۰/۰۴۴	۰/۲۱	۱×۲	تولید	
۵	۰/۱۶	۰/۴۰	۵	۰/۱	۰/۳۳	۲×۲		
۵	۰/۱۶	۰/۴۱	۱۰	۰/۱۲	۰/۳۵	۳×۳		

NDVI			SAVI			سطح قطعه نمونه	متغیر وابسته	فرم رویشی
معنی داری (درصد)	ضریب تعیین	ضریب همبستگی	معنی داری (درصد)	ضریب تعیین	ضریب همبستگی			
-	۰/۰۰۸	۰/۰۹	-	۰/۰۱۲	۰/۱۱	۱×۱		
-	۰/۰۱	۰/۱۰	-	۰/۰۱۹	۰/۱۴	۱×۲	درصد تاج	
-	۰/۰۱۴	۰/۱۲	-	۰/۰۴۴	۰/۲۱	۲×۲	پوشش	
-	۰/۰۱۴	۰/۱۲	۱۰	۰/۰۶۲	۰/۲۵	۳×۳		یکساله
-	۰/۰۰۴	۰/۰۷	-	۰/۰۰۶	۰/۰۸	۱×۱		
-	۰/۰۱	۰/۱۰	-	۰/۰۱۲	۰/۱۱	۱×۲		
-	۰/۰۱	۰/۱۰	-	۰/۰۳۶	۰/۱۹	۲×۲	تولید	
-	۰/۰۱	۰/۱۰	-	۰/۰۵۲	۰/۲۳	۳×۳		
-	۰/۰۱۴	۰/۱۲	-	۰/۰۲۵	۰/۱۶	۱×۱		
-	۰/۰۵۲	۰/۲۳	-	۰/۰۵۲	۰/۲۳	۱×۲	درصد تاج	
۱۰	۰/۰۹	۰/۳۰	-	۰/۱	۰/۳۳	۲×۲	پوشش	
۱۰	۰/۰۹۶	۰/۳۱	۵	۰/۱۲	۰/۳۵	۳×۳		کل
-	۰/۰۱	۰/۱۰	-	۰/۰۱۴	۰/۱۲	۱×۱		
-	۰/۰۲۵	۰/۱۶	-	۰/۰۳۲	۰/۱۸	۱×۲		
-	۰/۰۵۷	۰/۲۴	۱۰	۰/۰۸۴	۰/۲۹	۲×۲	تولید	
۱۰	۰/۰۶۷	۰/۲۶	۱۰	۰/۰۹۶	۰/۳۱	۳×۳		

جدول ۴- نتایج حاصل از آنالیز همبستگی درصد تاج پوشش و تولید فرم‌های مختلف رویشی با شاخص‌های گیاهی در سایت ۲ با تعداد ۶ قطعه نمونه در هر واحد نمونه برداری ۳۰ در ۳۰ متر

NDVI			SAVI			سطح قطعه نمونه	متغیر وابسته	فرم رویشی
معنی داری (درصد)	ضریب تعیین	ضریب همبستگی	معنی داری (درصد)	ضریب تعیین	ضریب همبستگی			
۱۰	۰/۰۹	۰/۳۰	۱۰	۰/۰۹	۰/۳۰	۱×۱		
۱۰	۰/۰۹۶	۰/۳۱	۱۰	۰/۱	۰/۳۳	۱×۲	درصد تاج	
۱۰	۰/۰۹۶	۰/۳۱	۵	۰/۱۲	۰/۳۵	۲×۲	پوشش	
۱۰	۰/۰۹	۰/۳۰	۵	۰/۱۲	۰/۳۵	۳×۳		گراس
۱۰	۰/۰۷۲	۰/۲۷	۱۰	۰/۰۸۴	۰/۲۹	۱×۱		
۱۰	۰/۰۷۸	۰/۲۸	۱۰	۰/۰۷۸	۰/۲۸	۱×۲	تولید	
۱۰	۰/۰۸۴	۰/۲۹	۱۰	۰/۱	۰/۳۲	۲×۲		

NDVI			SAVI			سطح قطعه نمونه	متغیر وابسته	فرم رویشی
معنی داری (درصد)	ضریب تعیین	ضریب همبستگی	معنی داری (درصد)	ضریب تعیین	ضریب همبستگی			
۱۰	۰/۰۸۴	۰/۲۹	۱۰	۰/۰۹	۰/۳۱	۳×۳		
-	۰/۰۲۷	۰/۱۷	-	۰/۰۲۸	۰/۱۷	۱×۱		
-	۰/۰۴۸	۰/۲۲	-	۰/۰۵۷	۰/۲۴	۱×۲	درصد تاج	
۱۰	۰/۰۷۸	۰/۲۸	۱۰	۰/۰۸۴	۰/۲۹	۲×۲	پوشش	
۱۰	۰/۰۷۸	۰/۲۸	۱۰	۰/۰۹	۰/۳۱	۳×۳		بهن
-	۰/۰۱۶	۰/۱۳	-	۰/۰۱۴	۰/۱۲	۱×۱		برگان
-	۰/۰۲۸	۰/۱۷	-	۰/۰۴	۰/۲۰	۱×۲		
-	۰/۰۵۲	۰/۲۳	-	۰/۰۵۷	۰/۲۴	۲×۲	تولید	
-	۰/۰۵۷	۰/۲۴	۱۰	۰/۰۶۲	۰/۲۵	۳×۳		
۱۰	۰/۰۸۴	۰/۲۹	۱۰	۰/۰۷۸	۰/۲۸	۱×۱		
۵	۰/۱۲	۰/۳۶	۱۰	۰/۱	۰/۳۲	۱×۲	درصد تاج	
۵	۰/۱۸	۰/۴۳	۵	۰/۱۴	۰/۳۸	۲×۲	پوشش	
۵	۰/۱۸	۰/۴۳	۵	۰/۱۶	۰/۴۰	۳×۳		بوته‌ای
-	۰/۰۲۲	۰/۱۵	۱۰	۰/۰۶۲	۰/۲۵	۱×۱		
۵	۰/۱۲	۰/۳۵	۱۰	۰/۰۷۸	۰/۲۸	۱×۲		
۵	۰/۱۶	۰/۴۱	۵	۰/۱۳	۰/۳۶	۲×۲	تولید	
۵	۰/۱۶	۰/۴۱	۵	۰/۱۳	۰/۳۶	۳×۳		
-	۰/۰۱۹	۰/۱۴	-	۰/۰۲۲	۰/۱۵	۱×۱		
-	۰/۰۱۹	۰/۱۴	-	۰/۰۴۸	۰/۲۲	۱×۲	درصد تاج	
-	۰/۰۲۲	۰/۱۵	۱۰	۰/۰۸۴	۰/۲۹	۲×۲	پوشش	
-	۰/۰۱۹	۰/۱۴	۱۰	۰/۰۷۲	۰/۲۷	۳×۳		یکساله
-	۰/۰۱۴	۰/۱۲	-	۰/۰۱۴	۰/۱۲	۱×۱		
-	۰/۰۱۴	۰/۱۲	-	۰/۰۳۲	۰/۱۸	۱×۲		
-	۰/۰۱۴	۰/۱۲	۱۰	۰/۰۵۷	۰/۲۴	۲×۲	تولید	
-	۰/۰۱۲	۰/۱۱	۱۰	۰/۰۶۲	۰/۲۵	۳×۳		
-	۰/۰۲۲	۰/۱۵	-	۰/۰۲۵	۰/۱۶	۱×۱		
۱۰	۰/۰۷۲	۰/۲۷	۱۰	۰/۰۷۲	۰/۲۷	۱×۲	درصد تاج	
۱۰	۰/۱	۰/۳۲	۵	۰/۱۳	۰/۳۷	۲×۲	پوشش	
۱۰	۰/۱	۰/۳۲	۵	۰/۱۳	۰/۳۷	۳×۳		
-	۰/۰۱۶	۰/۱۳	-	۰/۰۱۴	۰/۱۲	۱×۱		کل
-	۰/۰۵۷	۰/۲۴	۱۰	۰/۰۶۲	۰/۲۵	۱×۲		
۱۰	۰/۰۷۲	۰/۲۷	۱۰	۰/۱۱	۰/۳۴	۲×۲	تولید	
۱۰	۰/۰۷۸	۰/۲۸	۱۰	۰/۱	۰/۳۳	۳×۳		

جدول ۵- نتایج حاصل از آنالیز همبستگی درصد تاج پوشش و تولید فرم‌های مختلف رویشی با شاخص‌های گیاهی در سایت ۳ با تعداد ۳ قطعه نمونه در هر واحد نمونه برداری ۳۰ در ۳۰ متر

معنی داری (درصد)	NDVI		معنی داری (درصد)	SAVI		سطح قطعه نمونه	متغیر وابسته	فرم رویشی
	ضریب تعیین	ضریب همبستگی		ضریب تعیین	ضریب همبستگی			
-	۰/۰۱۶	۰/۱۳	-	۰/۰۱۶	۰/۱۳	۱×۱		
۱۰	۰/۰۶۲	۰/۲۵	-	۰/۰۵۲	۰/۲۳	۱×۲	درصد تاج	
۵	۰/۱۶	۰/۴۰	۵	۰/۱۵	۰/۳۹	۲×۲	پوشش	
۵	۰/۱۷	۰/۴۲	۵	۰/۱۵	۰/۳۹	۳×۳		گراس
-	۰/۰۱۲	۰/۱۱	-	۰/۰۱	۰/۱۰	۱×۱		
-	۰/۰۴۴	۰/۲۱	-	۰/۰۳۶	۰/۱۹	۱×۲	تولید	
۵	۰/۱۲	۰/۳۶	۵	۰/۱۳	۰/۳۶	۲×۲		
۵	۰/۱۲	۰/۳۶	۱۰	۰/۱۱	۰/۳۴	۳×۳		
-	۰/۰۱۶	۰/۱۳	-	۰/۰۱۶	۰/۱۳	۱×۱		
-	۰/۰۳۶	۰/۱۹	۱۰	۰/۰۸۴	۰/۲۹	۱×۲	درصد تاج	
۱۰	۰/۰۸۴	۰/۲۹	۵	۰/۱۴	۰/۳۸	۲×۲	پوشش	
۵	۰/۱۴	۰/۳۸	۵	۰/۱۶	۰/۴۱	۳×۳		بهن
-	۰/۰۱۲	۰/۱۱	-	۰/۰۱	۰/۱۰	۱×۱		برگان
-	۰/۰۲۲	۰/۱۵	-	۰/۰۲۲	۰/۱۵	۱×۲	تولید	
-	۰/۰۵۷	۰/۲۴	۱۰	۰/۱	۰/۳۳	۲×۲		
۱۰	۰/۰۹	۰/۳۱	۵	۰/۱۴	۰/۳۸	۳×۳		
-	۰/۰۱۹	۰/۱۴	-	۰/۰۲۲	۰/۱۵	۱×۱		
۱۰	۰/۰۶۷	۰/۲۶	۱۰	۰/۰۷۸	۰/۲۸	۱×۲	درصد تاج	
۱۰	۰/۱	۰/۳۳	۵	۰/۱۴	۰/۳۶	۲×۲	پوشش	
۵	۰/۱۲	۰/۳۵	۵	۰/۱۴	۰/۳۶	۳×۳		بوت‌های
-	۰/۰۱۲	۰/۱۱	-	۰/۰۱۲	۰/۱۲	۱×۱		
-	۰/۰۴۸	۰/۲۲	-	۰/۰۵۷	۰/۲۴	۱×۲	تولید	
۱۰	۰/۰۹	۰/۳۰	۱۰	۰/۰۹	۰/۳۱	۲×۲		
۱۰	۰/۱	۰/۳۳	۵	۰/۱۲	۰/۳۵	۳×۳		
-	۰/۰۱۶	۰/۱۳	-	۰/۰۲۲	۰/۱۵	۱×۱		
-	۰/۰۴۸	۰/۲۲	-	۰/۰۴۸	۰/۲۲	۱×۲	درصد تاج	
۱۰	۰/۰۹	۰/۳۱	۱۰	۰/۱	۰/۳۳	۲×۲	پوشش	یکساله
۱۰	۰/۰۹	۰/۳۱	۵	۰/۱۲	۰/۳۵	۳×۳		
-	۰/۰۱	۰/۱۰	-	۰/۰۱۴	۰/۱۲	۱×۱		
-	۰/۰۳۲	۰/۱۸	-	۰/۰۳۲	۰/۱۸	۱×۲	تولید	

معنی داری (درصد)	NDVI		معنی داری (درصد)	SAVI		سطح قطعه نمونه	متغیر وابسته	فرم رویشی
	ضریب تعیین	ضریب همبستگی		ضریب تعیین	ضریب همبستگی			
۱۰	۰/۰۶۷	۰/۲۶	۱۰	۰/۰۹	۰/۳۰	۲×۲		
۵	۰/۱۳	۰/۳۷	۱۰	۰/۱	۰/۳۳	۳×۳		
-	۰/۰۱۶	۰/۱۳	-	۰/۰۱۶	۰/۱۳	۱×۱		
۱۰	۰/۰۸۴	۰/۲۹	۱۰	۰/۱	۰/۳۳	۱×۲	درصد تاج	
۵	۰/۱۳	۰/۳۷	۵	۰/۱۶	۰/۴۰	۲×۲	پوشش	
۵	۰/۱۴	۰/۳۸	۵	۰/۱۶	۰/۴۰	۳×۳		
-	۰/۰۱۲	۰/۱۱	-	۰/۰۱۲	۰/۱۱	۱×۱		کل
۱۰	۰/۰۶۲	۰/۲۵	۱۰	۰/۰۸۴	۰/۲۹	۱×۲	تولید	
۵	۰/۱۲	۰/۳۶	۵	۰/۱۳	۰/۳۶	۲×۲		
۵	۰/۱۲	۰/۳۵	۱۰	۰/۱۲	۰/۳۴	۳×۳		

جدول ۶- نتایج حاصل از آنالیز همبستگی درصد تاج پوشش و تولید فرم‌های مختلف رویشی با شاخص‌های گیاهی در سایت ۳ با تعداد ۶ قطعه نمونه در هر واحد نمونه برداری ۳۰ در ۳۰ متر

معنی داری (درصد)	NDVI		معنی داری (درصد)	SAVI		سطح قطعه نمونه	متغیر وابسته	فرم رویشی
	ضریب تعیین	ضریب همبستگی		ضریب تعیین	ضریب همبستگی			
۱۰	۰/۱	۰/۳۳	۱۰	۰/۰۹	۰/۳۱	۱×۱		
۵	۰/۱۶	۰/۴۱	۵	۰/۱۶	۰/۴۱	۱×۲	درصد تاج	
۵	۰/۲۳	۰/۴۸	۵	۰/۱۸	۰/۴۳	۲×۲	پوشش	
۵	۰/۲۳	۰/۴۸	۵	۰/۱۷	۰/۴۲	۳×۳		گراس
۱۰	۰/۰۶۲	۰/۲۵	۱۰	۰/۰۶۷	۰/۲۶	۱×۱		
۵	۰/۱۲	۰/۳۶	۵	۰/۱۳	۰/۳۷	۱×۲	تولید	
۵	۰/۱۷	۰/۴۲	۵	۰/۱۴	۰/۳۸	۲×۲		
۵	۰/۱۷	۰/۴۲	۵	۰/۱۴	۰/۳۸	۳×۳		
۱۰	۰/۰۶۲	۰/۲۵	۱۰	۰/۰۶۲	۰/۲۵	۱×۱		
۱۰	۰/۱	۰/۳۲	۱۰	۰/۱۱	۰/۳۴	۱×۲	درصد تاج	
۵	۰/۱۴	۰/۳۸	۵	۰/۱۵	۰/۳۹	۲×۲	پوشش	
۵	۰/۱۵	۰/۳۹	۵	۰/۱۶	۰/۴۱	۳×۳		پهن
-	۰/۰۴	۰/۲۰	-	۰/۰۴۴	۰/۲۱	۱×۱		برگان
۱۰	۰/۰۶۷	۰/۲۶	۱۰	۰/۰۹	۰/۳۱	۱×۲	تولید	
۱۰	۰/۰۹	۰/۳۱	۵	۰/۱۴	۰/۳۸	۲×۲		
۱۰	۰/۱	۰/۳۳	۵	۰/۱۳	۰/۳۷	۳×۳		

NDVI			SAVI			سطح قطعه نمونه	متغیر وابسته	فرم رویشی
معنی داری (درصد)	ضریب تعیین	ضریب همبستگی	معنی داری (درصد)	ضریب تعیین	ضریب همبستگی			
-	۰/۰۵۲	۰/۲۳	-	۰/۰۵۷	۰/۲۶	۱×۱		
۱۰	۰/۰۷۸	۰/۲۸	۱۰	۰/۰۹	۰/۳۰	۱×۲	درصد تاج	
۵	۰/۱۳	۰/۳۷	۵	۰/۱۳	۰/۳۷	۲×۲	پوشش	
۵	۰/۱۳	۰/۳۷	۵	۰/۱۵	۰/۳۹	۳×۳		
-	۰/۰۴	۰/۲۰	-	۰/۰۵۲	۰/۲۲	۱×۱		بوته‌ای
۱۰	۰/۰۶۲	۰/۲۵	۱۰	۰/۰۶۲	۰/۲۵	۱×۲	تولید	
۱۰	۰/۱۱	۰/۳۴	۱۰	۰/۱	۰/۳۲	۲×۲		
۱۰	۰/۱	۰/۳۳	۵	۰/۱۲	۰/۳۵	۳×۳		
۱۰	۰/۰۹	۰/۳۱	۱۰	۰/۱	۰/۳۳	۱×۱		
۱۰	۰/۰۹	۰/۳۲	۵	۰/۱۲	۰/۳۵	۱×۲	درصد تاج	
۱۰	۰/۰۹	۰/۳۱	۵	۰/۱۴	۰/۳۸	۲×۲	پوشش	
۱۰	۰/۰۹	۰/۳۲	۵	۰/۱۳	۰/۳۷	۳×۳		
۱۰	۰/۰۷۸	۰/۲۸	۱۰	۰/۰۹	۰/۳۰	۱×۱		یکساله
۱۰	۰/۰۸۴	۰/۲۹	۱۰	۰/۱	۰/۳۳	۱×۲	تولید	
۱۰	۰/۰۹	۰/۳۰	۱۰	۰/۱	۰/۳۲	۲×۲		
۱۰	۰/۰۸۴	۰/۲۹	۱۰	۰/۱	۰/۳۳	۳×۳		
۵	۰/۱۲	۰/۳۵	۱۰	۰/۱	۰/۳۳	۱×۱		
۵	۰/۱۵	۰/۳۹	۵	۰/۱۲	۰/۳۵	۱×۲	درصد تاج	
۱	۰/۲	۰/۴۵	۵	۰/۱۵	۰/۳۹	۲×۲	پوشش	
۱	۰/۲۱	۰/۴۶	۵	۰/۱۶	۰/۴۱	۳×۳		
۱۰	۰/۰۹	۰/۳۱	۱۰	۰/۰۸۴	۰/۲۹	۱×۱		کل
۱۰	۰/۱۱	۰/۳۴	۱۰	۰/۰۹	۰/۳۱	۱×۲	تولید	
۵	۰/۱۵	۰/۳۹	۵	۰/۱۴	۰/۳۸	۲×۲		
۵	۰/۱۶	۰/۴۱	۵	۰/۱۴	۰/۳۸	۳×۳		

## منطقه ۱

نتایج بررسی همبستگی دو شاخص NDVI و SAVI با درصد تاج پوشش و تولید با چهار اندازه قطعه نمونه در جدولهای ۱ و ۲ نگاشته شده است. میزان همبستگی هر دو شاخص با افزایش سطح قطعه نمونه، افزایش پیدا می‌کند. همچنین همبستگی تولید نسبت به درصد پوشش کمتر است. به عنوان مثال در جدول ۱ برای گیاهان گراس همبستگی

درصد پوشش با SAVI به ترتیب ۰/۱۳، ۰/۱۸، ۰/۳۷ و ۰/۴ است، در حالیکه ضریب همبستگی تولید به ترتیب ۰/۱، ۰/۱۳، ۰/۳۲ و ۰/۳۸ است. نتیجه دیگری که می‌توان برداشت کرد اینکه همبستگی در شدت نمونه برداری ۶ قطعه نمونه بالاتر از ۳ قطعه نمونه است. در این سایت ترتیب بالا بودن همبستگی فرم‌های رویشی بصورت فورب‌ها، گراس‌ها، یکساله‌ها و گیاهان بوته‌ایست. در قطعه نمونه‌های ۱ و ۲

کاربرد ۶ قطعه نمونه در هر واحد نمونه برداری نتایج کمی با نتایج سه قطعه نمونه فرق دارد. به طوری که با افزایش تعداد کوادرات داخل واحدهای نمونه برداری، به دلیل افزایش نسبت سطح نمونه برداری به سطح کل، همبستگی درصد تاج پوشش با هر دو شاخص بیشتر شده است. اگر به جدول ۲ دقت شود مشاهده می‌گردد که باز هم ضریب همبستگی پهن‌برگان نسبت به سایر فرم‌های رویشی نسبتاً بالاتر است. دلیل آن را می‌توان اینگونه بیان کرد که در این سایت به علت بیشتر بودن درصد پوشش و تولید پهن‌برگان و به طبع پوشش دادن بیشتر سطح خاک توسط این گیاهان، میزان بازتاب حاصل از آنها نیز بیشتر بوده و توانسته‌اند درصد همبستگی بیشتری را به خود اختصاص دهند. همچنین میزان همبستگی پهن‌برگان با شاخص NDVI بیشتر از SAVI می‌باشد، این در حالی است که همبستگی سایر فرم‌های رویشی با شاخص SAVI بیشتر از NDVI است. دلیل چنین حالتی به فرمول SAVI مربوط است و طبق فرمول این شاخص که در بخش مواد و روش آورده شده است، پوشش کمتر ضریب بالاتری نسبت به پوشش زیاد می‌گیرد و مشاهده می‌گردد که این شاخص توانسته اثر خاک زمینه را کاهش دهد.

نتایج بررسی سایت دو با گونه غالب بوته‌ای‌ها در جدول‌های ۳ و ۴ آورده شده است. در کل این سایت دارای گونه‌های بوته‌ای زیاد و سایر گیاهان درصد بسیار کمی در ترکیب گیاهی دارند و سطح بیشتر خاک را گونه دافنه و گون‌ها پوشانده‌اند که بوته‌های بزرگی را با پراکنش نسبتاً منظم تشکیل داده است. اگر به جدول ۳ و ۴ توجه شود شاخص SAVI به‌جز در بوته‌ای‌ها همبستگی بالاتری نسبت به NDVI با درصد پوشش و تولید دارد. در حالیکه همبستگی بوته‌ای‌ها با شاخص NDVI بیشتر است و دلیل آن شاید بیشتر بودن درصد پوشش گونه‌های بوته‌ای و در نتیجه اختصاص دادن میزان بیشتری از بازتاب به خود است. در منطقه دو هرچند در پناه بوته‌ای‌ها گیاهان یکساله زیادند ولی به دلیل اینکه درصد پوشش را از بالا نگاه می‌کنیم در نتیجه گیاهان یکساله جزو درصد پوشش به حساب نمی‌آیند، چون زیر گیاهان بوته‌ای

مترمربعی در شدت ۳ قطعه نمونه، میزان همبستگی معنی‌دار نشده است ولی در شدت نمونه برداری ۶ پلاتی همبستگی فقط در قطعه نمونه ۱ مترمربعی معنی‌دار نشده است. میزان گیاهان پهن‌برگ در این سایت غالب هستند و همبستگی شاخص SAVI با این گیاهان نسبت به NDVI کمتر است ولی در بقیه فرم‌های رویشی بعکس است.

## منطقه ۲

در منطقه ۲ با غالبیت بوته‌ای‌ها نیز با افزایش سطح قطعه نمونه همبستگی افزایش پیدا می‌کند (جدول‌های ۳ و ۴) و میزان همبستگی گیاهان بوته‌ای با شاخص NDVI بیشتر از SAVI و در سایر فرم‌های رویشی بعکس است. در این سایت نیز همبستگی تولید با شاخص‌ها کمتر از درصد پوشش می‌باشد. همچنین میزان همبستگی در شدت ۶ قطعه نمونه بیشتر از ۳ قطعه نمونه است.

## منطقه ۳

در سایت ۳ گیاهان گراس غالب هستند و وضعیت همبستگی فاکتورهای گیاهی (تولید و درصد پوشش) با شاخص‌های سنجش از دوری تا حدی متفاوت است (جدول‌های ۵ و ۶). همبستگی شاخص NDVI با گراس‌ها نسبت به SAVI بیشتر است ولی در سایر فرم‌های رویشی شاخص SAVI دارای همبستگی بالاتری است. ترتیب بالا رفتن همبستگی در قطعه نمونه‌ها مانند سایت ۱ و ۲ است.

## بحث

نتایج حاصل از بررسی همبستگی درصد پوشش و میزان تولید سایت ۱ با پوشش غالب پهن‌برگان در جدول‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است. با توجه به جدول یک که نتایج استفاده از سه قطعه نمونه است، مشاهده می‌گردد که میزان همبستگی پهن‌برگان به‌جز در قطعه نمونه‌های ۱ مترمربعی با هر دو شاخص معنی‌دار می‌باشد. در حالیکه همبستگی گراس‌ها، بوته‌ای‌ها و گیاهان یکساله زیاد قابل توجه نبوده مگر آنکه در قطعه نمونه‌های ۹ مترمربعی (۳ در ۳) در

گیاهان است و اثر خاک بر آن بسیار بیشتر است، در حالی که SAVI اثر خاک را حذف کرده و همبستگی تولید و پوشش را بالاتر نشان می‌دهد و اثر خاک را خنثی می‌کند.

در کل ضریب همبستگی درصد پوشش بیشتر از تولید است که با نتایج Arzani (۲۰۰۸) مطابقت دارد. زیرا درصد پوشش نماینده کل بازتاب است (Arzani, 2008).

نتیجه دیگری که می‌توان از جدول‌های ۱ تا ۶ برداشت کرد این است که در کاربرد هر دو تعداد قطعه نمونه (۳ و ۶)، با افزایش سطح آنها میزان همبستگی و معنی‌داری نیز افزایش می‌یابد. اما این افزایش تا چه حدی باشد که بتواند اهداف انجام پژوهش را تأمین کند بستگی به امکانات در دسترس، میزان دقت مورد نیاز و طاقت نمونه‌بردار دارد. اگر به جدول‌های مربوطه دقت شود مشاهده می‌گردد که نتایج قطعه نمونه ۴ مترمربعی با ۹ مترمربعی به‌ویژه با تعداد ۶ زیاد با هم تفاوتی ندارد و این بدان معنی است که می‌توان به جای قطعه نمونه ۹ مترمربعی که هم جابجا کردن و هم تخمین درصد پوشش در آن مشکل است از قطعه نمونه ۴ مترمربعی استفاده کرد. ولی نباید اندازه و نوع پراکنش گونه‌های گیاهی مورد ارزیابی در عرصه را فراموش کرد. زیرا اگر گونه‌های مورد مطالعه زیاد بزرگ و یا دارای پراکنش نامنظم باشند نیاز به استفاده از قطعه نمونه بزرگ هم می‌شود. در سایت یک پهن‌برگان غالبند ولی گراس بوته‌ای و یکساله هم وجود دارد که دارای اندازه‌های متفاوتی هستند. همچنین در یک فرم رویشی نیز ممکن است گیاهان دارای اندازه‌های مختلفی باشند. بنابراین اگر امکانات اجازه داد بهتر است از قطعه نمونه اندازه‌های متفاوتی استفاده شود و گرنه از قطعه نمونه به اندازه‌ای استفاده گردد که بتواند نماینده خوبی از کل ابعاد باشد. همچنین استفاده از تعداد بیشتر قطعه نمونه و ابعاد کوچکتر نسبت به تعداد کمتر و ابعاد بزرگتر ترجیح داده می‌شود (Arzani, 2008).

در سایت ۳ به دلیل اینکه گراس‌ها بیشتر بصورت کپه‌ای هستند، افزایش تعداد قطعه نمونه به ۶ تأثیر چشم‌گیرتری بر ضریب همبستگی گذاشته است. در دو سایت دیگر به دلیل پراکنش منظم‌تر گیاهان غالب، افزایش تعداد قطعه نمونه تأثیر چندانی نگذاشته است. تاج پوشش و تولید کل در هر

قرار گرفته‌اند. اگر در نظر بگیریم در نتایج پوشش کل باعث خطای نمونه‌های بازتاب پوشش گیاهی می‌باشد، در این سایت مربوط به بوته‌ای‌هاست چون گیاهان بوته‌ای این سایت دارای تراکم قابل توجهی‌اند.

در سایت سه نیز که نتایج آن در جدول‌های ۵ و ۶ آمده است شاخص NDVI با گیاهان غالب یعنی گندمیان همبستگی بیشتری نشان می‌دهد. با توجه به نتایج جدول‌های ۵ و ۶ مشاهده می‌گردد که ضریب همبستگی بوته‌ای‌ها با هر دو شاخص زیاد تفاوتی نشان نمی‌دهد. شاید به دلیل زیاد بودن درصد بوته‌ای‌ها بعد از گراس‌ها در این سایت است. چون در این سایت وضعیت مرتع بهتر می‌باشد و بیشتر سطح خاک را گیاهان پوشانده‌اند، در حالی که درصد بوته‌ای‌ها نیز قابل توجه است.

شاخص NDVI با پهن‌برگان همبستگی بیشتری دارد. چون دارای برگ بیشتر و پهن‌تر و طریقه قرارگیری برگ آنها باعث بازتاب بیشتر از سطح برگ شده و همبستگی بیشتر است. ولی برگ گراس‌ها طوری قرار می‌گیرد که این بازتاب را ندارد و بوته‌ای‌ها نیز دارای برگ‌های مثل پهن‌برگان نیستند. در سایت ۳ که درصد پوشش کل زیاد است بیشترین بازتاب را از گیاهان داریم و این شاخص نتیجه بهتری دارد به‌ویژه با پهن‌برگان. در سایت یک پوشش کمتر است ولی پهن‌برگان بیشترین‌اند و همبستگی آنها هم با این شاخص بیشتر از سایت‌های دیگر است و دیگر گیاهان همبستگی کمتری را نسبت به سایت‌های دیگر دارند.

در سایت ۱ با وجود اینکه درصد پوشش کل گیاهان کم است و درصد خاک قابل ملاحظه می‌باشد ولی به دلیل حضور غالب پهن‌برگان میزان NDVI بالا می‌باشد و همبستگی بالاست.

پوشش و تولید کل تحت تأثیر تمام فرم‌های رویشی‌اند، در هر سایتی که بیشترین درصد پوشش و تولید را داشته باشد بیشترین همبستگی را خواهد داشت. مثلاً در سایت ۳ به دلیل بالا بودن میزان پوشش کل میزان همبستگی پوشش و تولید کل نیز بیشتر از سایر سایت‌ها می‌باشد. شاخص SAVI مثل NDVI نیست، NDVI تحت تأثیر سبزی‌نگی



- 3:132-145.
- Duncan, J., Stow, D., Franklin, J. and Hope, A., 1993. Assessing the relationship between spectral vegetation indices and shrub cover in the Jornada Basin, New Mexico. *International Journal of Remote Sensing*, 14: 3395- 3416.
  - Farzadmehr, G., Arzani, H., Darvishsefat, A. A. and Jafari, M., 2004. An Investigation of the Capability of Data of Landsat-7 Satellite in Estimating Vegetation Cover and Production (Case study: Semi-arid Region Hana- Semirom). *Iranian Journal of Natural Resource*, 57(2): 339-351.
  - Houseini, Z., Khajedin, J., Azarnivan, H., Farahpour, M. and Khalilpourm, E., 2007. Estimation plant cover and preparation plan of plants by using of ETM+ image. *Rangeland Journal*, 1: 79-90.
  - Huete, A. R., Post, D. F. and Jackson, R. D., 1984. Soil spectral effects and 4-space vegetation discrimination. *Journal of Remote sensing of Environment*, 15:155-165.
  - Moleele, N. M. and Arnberg, W., 1997. Color infRared aerial PhotogRaphy vs panchromatic PhotogRaphy in monitoring browse availability to cattle. In *Proceedings of the Botswana Institution of Engineers*.
  - Moleele, N., Ring rose, S., Arenberg, W., Lunden, B. and Vanderpost, C., 2001. Assessment of egetation Indexes useful for browse production in semi-arid rangelands, *Journal of International Remote Sensing*, 22(5): 41-756.
  - Pairanj, J., Ebrahimi, A., Ranjbar, A. and Hassanzadeh, M., 2011. Definition of available production by using of RS and GIS, *Rangeland and Desert Journal*, 18: (4): 593-607.
  - Pickup, G., Chewings, V. and Nelson, D. J., 1993. Estimating changes in vegetation cover over time in ardi rangelands using Landst MSS data, *Journal of Remote sensing Environment*, 43: 243-263.
  - Pickup, G., 1989. New land degradation survey techniques for arid Australia: problems and prospects. *Aust, Rang*, 11: 74-82. DOI: 10.1071/RJ9890074.
  - Rouse, J. W., Haas, J. A., Schell, D. W. and Harlan, J. C., 1974. Monitoring the vernal advancement and retrogradation (greenware effect) of natural vegetation. Greenbelt, MD, USA, NASA/GSFCT, Type 3, Final Report.
  - Seperhi, A., 2003. Using Vegetation indices for estimate rangeland vegetation cover in Jahan nama refuge, Iran. *Journal of Natural Resources*, 55(2): 20-31.
- سایت تابع گیاهان غالب همان سایت است. در بوته‌های قطعه نمونه از ۱ در ۲ به ۲ در ۲ تغییر یافت که به دلیل بزرگ‌تر بودن بسیار تاثیرگذار می‌باشد. استفاده از قطعه نمونه ۳ در ۳ گاهی باعث خستگی و اشتباه و در نهایت کاهش همبستگی شده است. قطعه نمونه ۳ در ۳ در تعداد ۶ تفاوتی با ۲ در ۲ ندارد و توصیه نمونه‌های در کاربرد ۶ قطعه نمونه در بوته‌های بین ابعاد مختلف تفاوت اساسی وجود دارد ولی در سایر گیاهان تفاوت زیادی بین ابعاد مختلف نیست. در استفاده از تعداد قطعه نمونه کم (۳ قطعه نمونه)، افزایش ابعاد تأثیر بیشتری دارد، چون مساحت سطح نمونه‌گیری بیشتر شده و نتایج بهتر خواهد شد ولی در تعداد زیاد (۶ قطعه نمونه) چون از ۶ قطعه نمونه استفاده نمونه‌های حتی با ابعاد کم (۱ در ۱) باز سطح نمونه‌گیری به سطح واحد نمونه‌برداری بیشتر بوده، در نتیجه با افزایش سطح قطعه نمونه به ۱ در ۲ و یا بیشتر تأثیر چشمگیری ندارد.
- در سایت ۱ و ۲ با گونه‌های مذکور در قسمت مواد و روش، استفاده از ۶ قطعه نمونه ۴ مترمربعی (۲ در ۲) در هر واحد نمونه‌برداری ۹۰۰ مترمربعی (۳۰ در ۳۰) مناسب است. در مناطقی با شرایط سایت ۲ با گونه‌های مذکور، به دلیل غالب بودن بوته‌های بزرگ و درصد بسیار کم سایر گیاهان استفاده از قطعه نمونه ۹ مترمربعی با تعداد ۶ پیشنهاد می‌گردد.
- ### منابع مورد استفاده
- Anderson, G. L., Hanson, J. D. and Hass, R. H., 1993. Evaluation of landsat thematic mapper derived vegetation indices for estimating above- ground biomass on semiarid rangelands. *Journal of Remote Sensing of Environment*, 45: 165-175.
  - Arzani, H., Kaboli, H., Mirdavoudi, H. R., Farahpour, M. and Azimi, M., 2008. Assessment TM and ETM+ for estamting plant cover. *Iranian Journal of Range and Desert*, 15(3):320-347.
  - Behbehani, N., Falah Shams, S. R., Farzadmehr, J., Arfanifard, S. Y. and Ramazani Gesk, M., 2010. Using plant indices ASTER-L1B to estimating tree cover in arid rangelands. *Rangeland Journal*, 1: 93-103.
  - Cottam, G., Curtis, J. T. and Hale, B. W., 1953. Same samplig characteristics of papulation of randomly dispersed individuals. *Journal of Ecology*,

## **Comparison of NDVI and SAVI in three plant communities with different sampling intensity (Case Study: Choghakhour Lake Rangelands in Charmahal & Bakhtiri)**

**J. Imani<sup>1\*</sup>, A. Ebrahimi<sup>2</sup>, B. Gholinejad<sup>3</sup> and P. Tahmasebi<sup>2</sup>**

1\*-Corresponding author, Ph.D. Student of Rangeland Science, Department of Natural Resources and Geology, Shahrekord University, Iran, Email: Imany22@gmail.com

2-Associate Professor, Department of Natural Resources and Geology, University of Shahrekord, Iran

3-Assistant Professor, Faculty of Natural Resources, Kurdistan University, Sanandaj, Iran

Received:6/6/2016

Accepted:2/13/2017

### **Abstract**

Identifying and evaluating rangeland ecosystems is the first step in managing these resources. Without knowledge of rangeland condition, no management plan can be developed for it. For this purpose, three sites with different dominant species were selected for sampling. In each site, 30 sampling units of 900 m<sup>2</sup> were determined along three transects and sampling quadrates were established in these units. After correction and processing, the NDVI and SAVI indices were extracted from Landsat 8 images, and their correlation with vegetation cover percentage and production was calculated. The results showed that the correlation of indices with the vegetation cover percentage and production was significant in each of the three sites. In each site, the NDVI had the most correlation with dominant vegetation form, while SAVI reduced the effect of soil and was more related with low vegetation cover species. This is related to the SAVI equation and this index could reduce the effect of soil. The broadleaf species had the highest correlation with the NDVI index due to the plant structure and more reflection.

**Keywords:** Choghakhour Dam, NDVI and SAVI indices, cover percentage, production.