مقاله پژوهشی

نشریه علمی تحقیقات مرتع و بیابان ایران | شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ijrdr.2021.125012
جلد ۲۸ شماره ۳، صفحه ۴۷۱-۴۵۰، (۱۴۰۰) | شناسه دیجیتال (DOR): 20.1001.1.17350875.1400.28.3.7.5

کاربرد اطلاعات سنجش از دور برای برآورد تولید و درصد پوشش گیاهان (منطقه مورد مطالعه: مراتع اطراف تالاب چغاخور در استان چهارمحال و بختیاری)

جمال ایمانی[1*]، عطاالله ابراهیمی[2]، بهرام قلی‌نژاد[3] و پژمان طهماسبی[2]

۱*- نویسنده مسئول، دکترای علوم مرتع دانشگاه شهرکرد، کارشناس اداره منابع طبیعی استان کردستان، پست الکترونیک: Imany22@gmail.com
۲- دانشیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، ایران
۳- استادیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۳/۱۴ تاریخ پذیرش:۱۳۹۹/۰۳/۱۲

چکیده

این تحقیق به‌منظور بررسی تفاوت چند شاخص سنجش از دوری، چهار اندازه مختلف پلات و دو روش نمونه‌برداری متفاوت برای برآورد درصد پوشش و تولید گیاهان در سه جامعه گیاهی در سال ۱۳۹۲ انجام شد. نمونه‌برداری زمینی در سه جامعه با پوشش گیاهی غالب متفاوت به دو شکل شش و سه پلاتی انجام شد. چهار ابعاد مختلف پلات به صورت تودرتو برای برآورد تولید و درصد پوشش استفاده شد. نمونه‌برداری‌ها در هر جامعه در داخل ۳۰ پیکسل در امتداد سه ترانسکت با ارتفاع متفاوت انجام گردید (روش نمونه‌برداری و آزمایش آنها براساس نظر محقق انجام شد). تراکم گیاهان غالب با شمارش پایه‌ها در هر پلات، درصد پوشش گیاهان به‌صورت تخمین و تولید نیز در قالب نمونه‌گیری مضاعف در رابطه با درصد پوشش اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد با افزایش سطح پلات، میزان همبستگی شاخص‌های گیاهی تصویر لندست و معنی‌داری آنها در رابطه با تولید و درصد پوشش گیاهان افزایش خواهد یافت. اما این افزایش در جامعه ۲ در بیشتر شاخص‌ها با گیاهان غالب بوته‌ای چشمگیرتر است. به‌طوری‌که در این جامعه بیشتر شاخص‌های مورد بررسی در پلات ۳*۳ دارای همبستگی و مدل قابل اعتباری هستند و در سه اندازه پلات ۱*۱، ۲*۱ و ۲*۲، مدل‌های حاصل دارای اعتبار کافی نبوده و دارای RMSE بالایی می‌باشند. در جامعه یک با گیاهان غالب پهن‌برگ، تنها مدل حاصل در پلات ۱*۱ و در جامعه دو با گیاهان غالب بوته‌ای مدل حاصل در پلات‌های ۱*۱ و ۲*۱ از نظر آماری قابل اعتبار نیستند، هرچند گاهی دارای همبستگی معنی‌داری می‌باشند. نتایج حاصل از دو الگوی مختلف در دو جامعه ۱ و ۳ از نظر آماری متفاوت بود و در جامعه ۲ اختلاف معنی‌داری بین آنها وجود نداشت. با توجه به نتایج بررسی شاخص‌ها از نظر همبستگی و اعتبار مدل حاصل از آنها می‌توان دو شاخص NDVI و CTVI را در جامعه ۱، شاخص‌های NDVI و TSAVI1 را در جامعه ۲ و NDVI، NRVI و TSAVI1 را در جامعه ۳ برای برآورد تولید و درصد پوشش گیاهان با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای توصیه کرد.

واژه‌های کلیدی: لندست ۸، تفکیک طیفی و زمینی، شاخص‌های گیاهی سنجش از دوری، ضریب همبستگی و مدل رگرسیونی.

مقدمه

شناخت و ارزیابی اکوسیستم مرتعی به‌عنوان اولین گام در مدیریت این منابع به‌شمار می‌آید. شناخت منابع مذکور در مرحله پایه، خود مبتنی بر پیمایش‌ها و اندازه‌گیری‌های زمینی است. اما گستردگی این منابع به‌ویژه اراضی مرتعی عامل محدودکننده‌ای در اندازه‌گیری مستقیم و صحرایی محسوب می‌شود. ازاین‌رو شناخت روش‌های سریع و دقیق با کمترین هزینه برای آنالیز و ارزیابی مراتع حائز اهمیت می‌باشد. این نکته‌ای است که تقریباً تمامی دانشمندان مرتبط با علوم اندازه‌گیری پوشش بر آن تأکید دارند. Curtis (۱۹۵۰)، زمان لازم برای نمونه کافی را مهمترین فاکتور در امر ارزیابی معرفی کرده‌اند. دو فاکتور مهم در مدیریت مراتع درصد پوشش و تولید گیاهان است که در تعیین وضعیت مرتع و ظرفیت چرا اهمیت زیادی دارند. درصد پوشش، تصویر عمودی گیاه بر روی خاک است و تولید نیز به‌عنوان رشد سال جاری گیاهان تعریف می‌شود. برای برآورد درصد پوشش و تولید روش‌های نمونه‌برداری مختلفی ارائه شده است که با توجه به هدف از کار و وضعیت منطقه مورد مطالعه، روش یا روش‌های مناسب انتخاب می‌شود. علاوه بر این وقتی که با سنجش از دور تولید ارزیابی می‌شود کارشناس باید از ترکیب گیاهی و کلاس خوشخوراکی گونه نیز اطلاع یابد تا بتواند سهم هر یک را در مرتع مشخص کند.Pickup (۱۹۸۹)، Moleele و Arnberg (۱۹۹۸) 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، بااین‌حال نتایج به‌دست آمده محدود به نقاط نمونه‌برداری است که معمولاً به نادرستی، درون‌یابی یا برون‌یابی شده‌اند تا به تمام عرصه مورد تحقیق تعمیم داده شوند (Moleele *et al.*, 2001). با توجه به موارد ذکرشده، در آنالیز و ارزیابی مراتع، نیاز به اطلاعات جامع و جدید برای مدیریت و برنامه‌ریزی برای ظرفیت چرا، وضعیت مرتع و گرایش آن 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 ازجمله پوشش وسیع و تکراری، صرفه‌جویی در وقت، کاهش هزینه و به‌روز بودن اطلاعات، کاربردهای زیادی را در بررسی‌های کمی و کیفی پوشش گیاهی دارند (Pickup *et al.*, 1993). داده‌های ماهواره‌ای بخشی از طیف الکترومغناطیسی بازتابیده شده از پدیده‌های زمینی می‌باشد که توسط سنجنده‌های فضایی ثبت می‌گردد، به‌هرحال برای استفاده از این داده‌ها در شناخت منابع باید ابتدا تأثیر عواملی مانند توپوگرافی، بازتاب خاک، اثرهای 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 می‌تواند بین یکی از مشخصه‌های گیاهی مانند تاج پوشش گیاهی از یکسو و باندهای منفرد طیفی یا نسبت‌های آنها – که اصطلاحاً شاخص‌های گیاهی نامیده می‌شوند از سوی دیگر برقرار شود. Anderson و Hanson (۱۹۹۳)، بیان کرد که شاخص‌های گیاهی نسبت به پوشش گیاهی واکنش‌های متفاوتی را نشان می‌دهند که بیان کمی این روابط مشکل می‌باشد، زیرا این روابط تحت تأثیر عواملی مانند زاویه تابش خورشید، جذب اتمسفری، بازتاب پدیده‌های سایه و مراحل رشد گیاهی قرار گرفته و تغییرپذیر می‌باشند. شاخص مناسب شاخصی است که بتواند در جوامع گیاهی مختلف با فرم‌های رویشی متفاوت، نتایج قابل قبولی داشته باشد و کمتر تحت تأثیر روش و شدت نمونه‌برداری قرار بگیرد. بر این اساس نتایج تحقیقات محققان تاکنون در سه گروه قابل ذکر است. گروه اول Waller و همکاران (۱۹۸۱)، Anderson و Hanson (۱۹۹۳) و Moleele و همکاران (۲۰۰۱) ارتباط روشن و مشخصی را بین مشخصه‌های گیاهی و باندهای طیفی یا شاخص‌های گیاهی نیافته و یا این ارتباط را ضعیف گزارش کرده‌اند. گروه دوم Hardisky و همکاران (۱۹۸۴)، Tucker و Ripple (۱۹۸۵) و Arzani (۱۹۹۸) ارتباط معنی‌داری را بین باندهای طیفی یا شاخص‌های گیاهی و مشخصه‌های گیاهی گزارش کرده

اند. گروه سوم مانند Jasinsky و Eagleson (۱۹۸۹) و Qi و همکاران (۱۹۹۴) معتقدند که ارتباط یادشده بستگی به شرایط محیطی داشته و ممکن است این ارتباط در برخی از نقاط معنی‌دار و در نقاط مجاور به علت تأثیر عواملی مانند ناهمگن بودن پوشش گیاهی، پایین بودن درصد تاج پوشش گیاهی و بیوماس و ترکیب گیاهی، اثرهای خاک و ... این ارتباط ضعیف یا بی‌معنی باشد. با توجه به اکوسیستم پیچیده مناطق خشک و نیمه‌خشک و ناهمگنی موجود در عرصه مراتع مانند تنوع پوشش گیاهی، توپوگرافی، تغییرات مکانی زیاد در مقیاسی کوچکتر از قدرت تفکیک مکانی داده‌های ماهواره‌ای (Duncan *et al.*, 1993)، پایین بودن میزان پوشش و تولید و مهمتر از همه ترکیب عواملی مانند سنگ و سنگریزه، خاک، لاشبرگ و ... در بازتاب طیفی ثبت شده توسط سنجنده‌های ماهواره‌ای، حصول نتایج متفاوت دور از انتظار نمی‌باشد (Moleele *et al.*, 2001). رادیومتر زمینی در این رابطه می‌تواند کمک شایانی بکند. بنابراین تحقیقات بیشتری نیاز است تا براساس نتایج حاصل، اختلاف‌نظرهای موجود تبیین شده و یا افزایش دانش و آگاهی در این زمینه، امکان بکارگیری داده‌های رقومی ماهواره‌ای در برآورد مشخصه‌های کمی گیاهی به نحو مطلوب‌تری فراهم گردد. با توجه به موقعیت‌های نسبی بدست‌آمده توسط محققان مختلف در زمینه بکارگیری سنجش از دور برای شناسایی و ارزیابی پوشش گیاهی مراتع و ضرورت کاربرد روش‌های جدید در آنالیز و ارزیابی مراتع، انگیزه انجام چنین تحقیقی در شرایط نیمه‌خشک ایران با هدف تعیین مدل مناسب و مقایسه کارایی چند شاخص سنجش از دوری حاصل از ماهواره لندست ۸ با نمونه‌برداری مختلف زمینی فراهم شد.

مواد و روش

موقعیت منطقه مورد مطالعه

جامعه مورد مطالعه در ۴۰ کیلومتری جنوب‌غربی شهرکرد نزدیک به دریاچه سد چغاخور در استان چهارمحال و بختیاری قرار دارد. از نظر تقسیمات اقلیمی در محدوده ایران تورانی و نیمه‌استپی است. این جامعه در عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۹۴ دقیقه تا ۳۲ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۸۵ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۸۷ دقیقه شرقی قرار گرفته است. متوسط بارندگی سالانه حدود ۴۵۰ میلی‌متر گزارش شده است. به‌طورکلی وضعیت مراتع به دلیل وابستگی زیاد به آن در شرایط فقیری است و گونه‌های خاردار غالب شده‌اند.

سه تیپ گیاهی در این جامعه مورد بررسی قرار گرفت که مشخصات پوشش گیاهی این سه جامعه به‌شرح زیر است.

۱- جامعه یک: این جامعه دارای شیب غربی است. پوشش گیاهی غالب این جامعه فورب‌ها می‌باشد (*Phlomis, Couisinia, Gundellia*) ولی به دلیل همجواری با روستا، چرا شدید بوده و بیشتر گیاهان این جامعه نامرغوب و خاردار می‌باشد. گیاهان همراه این جامعه که دارای درصد ترکیب بسیار کمی هستند به‌شرح زیر می‌باشند.

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

۲- جامعه دو: این جامعه دارای شیب شمالی‌غربی است. پوشش گیاهی غالب این جامعه بوته‌ای‌ها می‌باشد (*Dafnea, Astragalus*) و دارای تنوع گیاهی بسیار کمی است. گیاهان همراه عبارتند از:

Scariolla orintalis, Cardaria draba, Poa bulbosa, Centaurea behen, Hordeum violaceum.

۳- جامعه سه: این جامعه دارای شیب شمالی است. پوشش گیاهی غالب این جامعه گندمیان می‌باشد (*Agropyron, Mellica, Festuca*). چرا در این جامعه نسبتاً سبک بوده و پوشش گیاهی این جامعه از لحاظ تنوع در وضعیت بهتری قرار دارد. گیاهان همراه این جامعه عبارتند از:

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

۲- جمع‌آوری داده‌های زمینی

الف) استقرار شبکه نمونه‌برداری و انتخاب پلات‌ها در طول ترانسکت: ابتدا سه جامعه مطالعاتی که دارای پوشش غالب گیاهی متفاوت بودند انتخاب شد. سپس در هر جامعه محدوده‌ای که بتواند معرف کل جامعه گیاهی باشد برای نمونه‌برداری مشخص گردید. آنگاه داخل این محدوده و در جهت افقی (شیب نسبتاً ثابت)، ۳۰ واحد نمونه‌برداری به ابعاد ۳۰×۳۰ متر (برای دربرگرفتن حداقل یک پیکسل ۳۰×۳۰ متر در سنجده لندست) در امتداد سه ترانسکت ۹۰۰ متری با فاصله افقی ۶۰ متر از هم و ارتفاع متفاوت انتخاب (به این صورت که نقطه اول به صورت تصادفی و بقیه نقاط با فاصله یکسان (سیستماتیک)) شد. در هر واحد نمونه‌برداری، دو روش مختلف نمونه‌برداری با ابعاد پلات ۱×۱، ۲×۱، ۲×۲ و ۳×۳ متر به‌روش پلات‌های تودرتو انجام می‌شود. تعداد ۳ و ۶ پلات تودرتو از هر یک از ابعاد به‌ترتیب در روش اول و دوم نمونه‌برداری در داخل محدوده‌های ۹۰۰ مترمربعی (۳۰×۳۰ متر) مستقر شد. به منظور جلوگیری از ایجاد خطای هندسی، محدوده‌های ۹۰۰ مترمربعی دارای فاصله ۶۰ متر از همدیگر بودند.

ب) اندازه‌گیری و ثبت تاج پوشش گونه‌های گیاهی: در داخل هر پلات درصد پوشش گونه‌ها تخمین زده شد (Arzani, 1998).

ج) اندازه‌گیری و ثبت تولید گیاهی: از آنجا که قطع و توزین تولید گونه‌ها در تمامی پلات‌ها مستلزم صرف وقت و هزینه زیاد می‌باشد، برای اندازه‌گیری تولید از روش قطع و توزین توأم با نمونه‌گیری مضاعف استفاده گردید (Arzani, 1998). بدین‌ترتیب که تاج پوشش گونه‌های گیاهی در تمامی پلات‌ها اندازه‌گیری شده ولی تولید گونه‌های گیاهی در روش ۱، در دو پلات از شش پلات و در روش ۲، در یک پلات از سه پلات قطع و بعد توزین شد (Arzani, 1998). سپس با استفاده از رابطه رگرسیونی بین تاج پوشش گیاهی و تولید پلات‌های قطع و توزین شده، تولید گونه‌های گیاهی در تمام پلات‌ها برآورد گردید. نوع و شدت نمونه برداری بر اساس نظر محقق انتخاب شد.

۳- پردازش داده‌های زمینی

الف) پردازش داده‌های مربوط به پوشش گیاهی

اطلاعات مربوط به پوشش به هر یک از فرم‌های رویشی (گندمیان، فورب‌ها و بوته‌ای‌ها) با انجام یک سلسله محاسبات تلخیص گردید و میانگین درصد تاج پوشش و تولید کل گونه‌های گیاهی در هر پلات تعیین شد.

ب) پردازش داده‌های مربوط به تولید گیاهی

در این تحقیق اندازه‌گیری تولید از طریق اطلاعات پوشش گیاهی در قالب روش نمونه‌گیری مضاعف انجام شد. از آنجا که داده‌های مربوط به تولید در ۳۳ درصد از پلات‌ها اندازه‌گیری شد، با محاسبه رابطه یا معادله بین درصد پوشش گیاهی و تولید در این پلات‌ها، تولید گیاهی مربوط به پلات‌هایی که در آنها فقط درصد تاج پوشش اندازه‌گیری شد محاسبه گردید. در این تحقیق درصد تاج پوشش و تولید کل در محاسبات استفاده شد.

۴- پردازش داده‌های ماهواره‌ای

در این تحقیق تصویر لندست ۸ با اندازه پیکسل ۳۰ در ۳۰ مربوط به زمان نمونه‌برداری در خرداد و تیر ۱۳۹۲ مورد استفاده قرار گرفت.

الف) بررسی کیفیت و تصحیح هندسی داده‌ها

- روش‌های تصحیح هندسی: ۱. Image to Image ۲. Image to Map

که در این تحقیق از روش اول برای انجام تصحیحات هندسی استفاده شد. به این صورت که از یک تصویر ژئو

رفرنس شده که قبلا تهیه شده بود به‌عنوان مرجع استفاده شد. ابتدا RGB دو تا تصویر ساخته شد، بعد ۱۵ نقطه به عنوان نقاط کنترل در دو تصویر (مبنا و تصویر مورد نظر یا Base و Warp) انتخاب گردید. میزان شاخص RMSE، ۰/۹۵ بود.

– تصحیح خطاهای اتمسفریک: زمانی که مقایسات مکانی یا زمانی انجام می‌شود حتما تصحیح اتمسفری لازم است.

روش‌های تصحیح اتمسفری: ۱. روش‌های کلی ۲. روش‌های جزء به جزء. هر یک از این روش‌ها خود به چند دسته تقسیم می‌شوند. در این تحقیق از روش Dark subtract که یک روش جزء به جزء است در نرم‌افزار ENVI استفاده شد. به این صورت که عمل Subtraction بر اساس Band Minimum انجام شد.

ب) نسبت‌گیری طیفی

شاخص‌های گیاهی حاصل تلفیق چند باند هستند. در این تحقیق شاخص‌های مختلفی ازجمله NDVI، CTVI، NRVI و TSAVI1 مورد بررسی قرار گرفتند.

۱- شاخص گیاهی تفاوت نرمال شده NDVI: این شاخص توسط Rouse, *et al* و همکاران(۱۹۷۴) معرفی شد که پوشش گیاهی سبز را از خاک زمینه جدا می‌کند.

$$NDVI=(IRS3-IRS2)/(IRS3+IRS2)$$

۲- شاخص گیاهی نرمال شده NRVI: این شاخص توسط Barret و Guyot (۱۹۹۱) برای تصحیح نتایج RVI پیشنهاد شد.

$$NRVI=(RVI-1)/(RVI+1)$$

۳- شاخص اصلاح شده گیاهی (Corrected Transformed Vegetation Index) CTVI:

فرمول آن به‌شرح زیر است.

$$(NDVI+0.5)/ABS(NDVI+0.5)\times\sqrt{ABS(NDVI+0.5)}$$

۴- شاخص پوشش گیاهی تبدیل شده تعدیل شده با خاک TSAVI: این شاخص توسط Barret و همکاران (۱۹۸۹) ارائه شده است. آنان استدلال کردند که مفهوم SAVI در صورتی درست است که ضرایب خط خاک a=۱ و b=۰ باشد. آنان SAVI تبدیل شده را با در نظر گرفتن مفهوم PVI ارائه کردند.

$$TSAVI1=a\ (IRS3-a.\ IRS2-b)/(IRS2+aIRS3-ab)$$

TSAVI1 به‌طور ویژه برای جامعه گیاهی نیمه‌خشک طراحی شده است و در جامعه گیاهی با پوشش گیاهی متراکم خوب جواب نمی‌دهد.

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

ابتدا شاخص‌های گیاهی در محل قطعات نمونه استخراج شد و بعد ارزش‌های طیفی استخراج شده به همراه داده‌های زمینی مربوط به پوشش و تولید گیاهی به نرم‌افزار SPSS منتقل گردید و رابطه بین مشخصه‌های گیاهی اندازه‌گیری شده در پلات‌ها و ارزش‌های طیفی متناظر آنها در باندهای اصلی و مصنوعی به روش رگرسیون مورد بررسی قرار گرفت و پس از آنالیز داده‌ها، مدل‌های مناسب در هر یک از روش‌های نمونه‌برداری مختلف و داده‌های ماهواره LANDSAT 8 انتخاب شد (Arzani *et al*., 2011).

۵- آزمایش و اعتبارسنجی مدل‌های رگرسیونی برای انتخاب مدل مناسب و شاخص مناسب

به‌منظور آزمایش و اعتبارسنجی مدل‌های رگرسیونی بدست آمده، ۶۵ درصد از داده‌ها برای ساخت مدل و ۳۵ درصد باقیمانده داده‌ها برای آزمایش مدل استفاده شد. بدین صورت که در مدل بدست آمده اعداد شاخص مورد نظر جایگذاری شده و معنی‌داری اختلاف اعداد متناظر بدست آمده همراه اعداد فاکتورهای گیاهی تخمین زده شده زمینی با آزمون t استیودنت بررسی شد. اگر بین دو گروه اختلاف معنی‌داری وجود داشت به معنای مناسب نبودن مدل مورد نظر است و بعکس. همچنین شاخص RMSE برای هر مدل محاسبه گردید و از این طریق نیز مدل‌های مختلف مقایسه شدند.

۶- بررسی الگوی پراکنش گونه‌های غالب

برای آگاهی از نوع پراکنش گونه‌های غالب هر جامعه از روش‌های آماری در نرم‌افزار Ecological Methodology استفاده شد. به‌طوری‌که اگر داده‌های تراکم گونه‌ها دارای توزیع دوجمله‌ای منفی باشد، الگوی پراکنش کپه‌ای، اگر دارای توزیع دوجمله‌ای مثبت باشد، الگوی پراکنش یکنواخت و اگر دارای توزیع پواسون باشد، الگوی پراکنش تصادفی است. در این تحقیق تراکم گونه‌های غالب با توجه به نتایج حاصل از همبستگی درصد تاج پوشش با شاخص NDVI در نظر گرفته شد. به‌طوری‌که در جامعه یک تراکم حاصل از پلات ۱ در ۲، در جامعه دو تراکم حاصل از پلات ۳ در ۳ و در جامعه سه تراکم حاصل از پلات ۲ در ۲ به‌عنوان تراکم معیار برای محاسبه الگوی پراکنش آنها در نظر گرفته شد. به طورکلی الگوهای پراکنش در تفسیر نتایج مورد استفاده قرار گرفت.

نتایج

نتایج تحلیل رگرسیون فاکتورهای گیاهی و شاخص‌های مختلف:

نتایج تحلیل رگرسیون شاخص‌های گیاهی حاصل از تصویر لندست ۸ و آزمایش مدل حاصل از آنها در سه جامعه مطالعاتی در جدول‌های ۱ تا ۳ نشان داده شده است.

جدول ۱- نتایج تحلیل رگرسیون شاخص‌های گیاهی حاصل از تصویر لندست ۸ در جامعه ۱

شاخص گیاهی	اندازه پلات	روش نمونه-برداری	ضریب همبستگی	خطای استاندارد	Sig	مدل رگرسیونی (پوشش =Y، شاخص =X)	نتایج آزمایش مدل رگرسیونی			
							پوشش برداشت‌شده	پوشش حاصل از مدل	RMSE	Sig
NDVI	۱×۱	۱	۰/۴۹	۵/۷۹	**	y = ۴۶۱/۵۸x - ۳۶/۱۱۲	۳۹/۰۹	۴۴/۷۸	۵/۱	*
		۲	/۴۸	۵/۷۶	**	y = ۴۴۷/۲۸x - ۳۸/۳۷۸	۳۸/۵۶	۴۵/۳۸	۶/۲۲	**
	۱×۲	۱	/۶۳	۴/۹۰	**	y = ۵۵۱/۹۹x - ۴۴/۹۲۶	۴۷/۷۲	۴۸/۲	۰/۶۲	–
		۲	/۶	۴/۵۹	**	y = ۴۸۴/۵۴x - ۳۷/۰۷۵	۴۴/۷۳	۴۵/۸۱	۱/۱۳	–
	۲×۲	۱	۰/۶۴	۴/۳۱	**	y = ۵۰۷/۷۵x - ۳۷/۶۲۱	۴۵/۱۹	۴۷/۶۴	۱/۴۵	–
		۲	/۶۲	۴/۳۲	**	y = ۴۷۵/۵x - ۳۳/۷۸۳	۴۷/۹۵	۴۷/۲۱	۰/۸۸	–
	۳×۳	۱	/۶۴	۴/۶۸	**	y = ۵۵۴/۵x - ۴۲/۲۰۵	۴۸/۸۹	۴۹/۳۹	۰/۶۴	–
		۲	/۶۱	۴/۷۰	**	y = ۵۰۹/۶x - ۳۶/۰۶۵	۴۹/۰۷	۴۹/۷۴	۰/۷۷	–
CTVI	۱×۱	۱	۰/۴۹	۵/۷۹	**	y = ۷۳۵/۶۶x - ۵۶۰/۰۱	۳۹/۰۹	۴۴/۷۸	۵/۶۷	*
		۲	/۴۸	۵/۷۶	**	y = ۷۱۳/۱۹x - ۵۴۶/۳	۳۸/۵۶	۴۷/۱۴	۸/۵۶	**
	۱×۲	۱	/۶۳	۴/۹۰	**	y = ۸۷۹/۶۹x - ۶۷۱/۳۹	۴۷/۷۲	۴۸/۶۰	۰/۹۱	–
		۲	/۶۰	۴/۵۸	**	y = ۷۷۲/۸۱x - ۵۸۷/۴۸	۴۴/۷۳	۴۵/۹۷	۱/۲۸	–
	۲×۲	۱	۰/۶۴	۴/۳۱	**	y = ۸۰۹/۲۲x - ۶۱۳/۹۱	۴۵/۱۹	۴۶/۸۵	۱/۶۸	–
		۲	/۶۲	۴/۳۲	**	y = ۷۵۸/۴۴x - ۵۷۳/۹۶	۴۷/۹۵	۴۶/۶۷	۱/۳۷	–
	۳×۳	۱	/۶۵	۴/۶۸	**	y = ۸۸۴/۰۸x - ۶۷۱/۸۳	۴۸/۸۹	۴۹/۱۵	۰/۴۸	–
		۲	/۶۱	۴/۷۰	**	y = ۸۱۲/۵۴x - ۶۱۴/۷۵	۴۹/۰۷	۴۹/۳۹	۰/۵۱	–
NRVI	۱×۱	۱	۰/۴۹	۵/۷۹	**	y = -۴۶۱/۵۸x - ۳۶/۱۱۲	۳۹/۰۹	۴۶/۲۳	۷/۱۲	**
		۲	/۴۸	۵/۷۶	**	y = -۴۴۷/۲۸x - ۳۸/۳۷۸	۳۸/۵۶	۴۸/۳۴	۹/۷۵	**
	۱×۲	۱	/۶۳	۴/۹۰	**	y = -۵۵۱/۹۹x - ۴۴/۹۲۶	۴۷/۷۲	۴۹/۲۳	۱/۵۴	–
		۲	/۶۰	۴/۵۹	**	y = -۴۸۴/۵۴x - ۳۷/۰۷۵	۴۴/۷۳	۴۶/۱۴	۱/۴۴	–
	۲×۲	۱	۰/۶۴	۴/۳۱	**	y = -۵۰۷/۷۵x - ۳۷/۶۲۱	۴۵/۱۹	۴۶/۰۶	۰/۹۴	–
		۲	/۶۲	۴/۳۲	**	y = -۴۷۵/۵x - ۳۳/۷۸۳	۴۷/۹۵	۴۹/۱۲	۱/۳۹	–
	۳×۳	۱	/۶۴	۴/۶۸	**	y = -۵۵۴/۵x - ۴۲/۲۰۵	۴۸/۸۹	۴۹/۶۵	۰/۸۴	–
		۲	/۶۱	۴/۷	**	y = -۵۰۹/۵۹x - ۳۶/۰۶۵	۴۹/۰۷	۵۱/۰۹	۲/۰۳	–
TSAVI1	۱×۱	۱	۰/۰۱	۶/۶۸	–	y = -۸/۹۰۰۴x + ۲۹/۸۱۹	۳۹/۰۹	۶۶/۲۵	۲۷/۱۲	**
		۲	/۰۲	۶/۶۰	–	y = ۲۱/۹۶۳x + ۹/۴۴۹	۳۸/۵۶	۶۵/۶۶	۲۷/۰۵	**

شاخص گیاهی	اندازه پلات	روش نمونه-برداری	ضریب همبستگی	خطای استاندارد	Sig	مدل رگرسیونی (پوشش =Y، شاخص =X)	نتایج آزمایش مدل رگرسیونی: پوشش برداشت‌شده	پوشش حاصل از مدل	RMSE	Sig
	۱×۲	۱	./۱۸	۶/۲۱	*	y = -۱۱۰/۵۷x + ۸۶/۲۸۵	۴۷/۷۲	۶۴/۷۴	۱۶/۹۸	**
		۲	./۰۵	۵/۷۷	–	y = -۳/۲۶۶۸x + ۲۸/۹۵۱	۴۴/۷۳	۶۶/۶۳	۲۱/۸۶	**
	۲×۲	۱	۰/۱۸	۵/۵۵	*	y = -۱۰۳/۰۱x + ۸۳/۷۵۳	۴۵/۱۹	۶۴/۴۴	۱۹/۲۱	**
		۲	۰/۱۸	۵/۴۳	*	y = -۹۷/۲۷x + ۸۰/۳۰۳	۴۷/۹۵	۶۵/۸۱	۱۷/۸۲	**
	۳×۳	۱	./۰۹	۶/۱۳	–	y = -۵۸/۴۶۸x + ۶۲/۰۳۴	۴۸/۸۹	۶۵/۳۷	۱۶/۴۴	**
		۲	۰/۱۹	۵/۸۶	*	y = -۱۱۱/۲۴x + ۸۹/۸۶۶	۴۹/۰۷	۶۲/۲۱	۱۳/۱	**

نتایج تحلیل رگرسیون شاخص‌های گیاهی حاصل از تصویر لندست ۸ با تولید- جامعه ۱

شاخص گیاهی	اندازه پلات	روش نمونه-برداری	ضریب همبستگی	خطای استاندارد	Sig	مدل رگرسیونی (تولید =Y، شاخص =X)	نتایج آزمایش مدل رگرسیونی: تولید برداشت-شده	تولید حاصل از مدل	RMSE	Sig
NDVI	۱×۱	۱	۰/۴۶	۹/۸۳	*	y = ۷۰۸/۱۵x - ۶۰/۳۹۴	۲۷۰/۶	۳۳۵/۵	۷۸/۸۵	**
		۲	./۳۲	۱۰/۲۵	*	y = ۴۹۱/۷۹x - ۳۲/۵۱	۲۸۰	۳۴۸/۳۶	۷۹/۳۳	**
	۱×۲	۱	./۵۹	۷/۲۰	**	y = ۷۳۶/۷۱x - ۶۸/۱۵۲	۲۶۰/۱	۲۸۵	۴۶/۷۴	–
		۲	./۵۲	۸/۱۱	**	y = ۶۸۷/۶۸x - ۵۰/۲۷۷	۲۷۰	۳۳۵/۲۴	۷۶/۴۲	*
	۲×۲	۱	۰/۶۱	۶/۰۴	**	y = ۶۵۵/۹۲x - ۵۰/۵۶۲	۳۰۰/۳	۳۱۸/۶	۴۳/۲۹	–
		۲	./۵۵	۶/۴۹	**	y = ۵۹۵/۵۷x - ۴۱/۳۱۹	۳۰۰/۹	۳۴۲/۳۲	۵۷/۸۶	–
	۳×۳	۱	./۶۴	۶/۵۶	**	y = ۷۶۸x - ۶۳/۶۳۹	۳۰۰/۱	۳۱۲/۲۶	۴۱/۰۶	–
		۲	./۶۰	۶/۷۵	**	y = ۷۱۸/۹۸x - ۵۵/۰۶۵	۳۰۵/۱۱	۳۲۴/۴	۴۳/۷۳	–
CTVI	۱×۱	۱	۰/۴۶	۹/۸۲	*	y = ۱۱۲۸/۵x - ۸۶۴/۰۶	۲۷۰/۶	۳۲۷/۳	۶۹/۶۷	**
		۲	./۳۲	۱۰/۲۵	*	y = ۷۸۴/۲۵x - ۵۹۱/۰۵	۲۸۰	۳۶۲	۹۱/۴۵	**
	۱×۲	۱	./۵۹	۷/۲۰	**	y = ۱۱۷۴x - ۹۰۴/۱۸	۲۶۰/۱	۲۷۸	۴۳/۲۹	–
		۲	./۵۲	۸/۱۱	**	y = ۱۰۹۶/۸x - ۸۳۱/۴۳	۲۷۰	۳۴۰/۱۸	۹۲/۸۰	*
	۲×۲	۱	۰/۶۱	۶/۰۳	**	y = ۱۰۴۵/۲x - ۷۹۴/۹	۳۰۰/۳	۳۲۲/۸	۴۵/۱۶	–

شاخص گیاهی	اندازه پلات	روش نمونه-برداری	ضریب همبستگی	خطای استاندارد	Sig	مدل رگرسیونی (پوشش =Y، شاخص =X)	نتایج آزمایش مدل رگرسیونی			
							پوشش برداشت‌شده	پوشش حاصل از مدل	RMSE	Sig
NRVI	۳×۳	۲	./۵۵	۶/۴۹	**	y = ۹۴۹/۸۷x - ۷۱۷/۸۲	۳۰۰/۹	۳۳۷/۲	۵۴/۲۷	–
		۱	./۶۴	۵/۵۶	**	y = ۱۲۲۴/۵x - ۹۳۵/۷۱	۳۰۰/۱	۳۱۶/۳۳	۴۲/۴۶	–
		۲	./۶۱	۶/۷۴	**	y = ۱۱۴۶/۸x - ۸۷۱/۸	۳۰۵/۱۱	۳۲۹/۳۵	۴۶/۲	–
	۱×۱	۱	۰/۴۶	۹/۸۳	**	y = -۷۰۸/۱۵x - ۶۰/۳۹۴	۲۷۰/۶	۲۹۲/۴۲	۴۵/۷۴	–
		۲	./۳۲	۱۰/۲۵	*	y = -۴۹۱/۷۹x - ۳۲/۵۱	۲۸۰	۳۳۳/۶	۶۶/۳۹	**
	۱×۲	۱	./۵۹	۷/۲۰	**	y = -۷۳۶/۷۱x - ۶۸/۱۵۲	۲۶۰/۱	۲۸۴	۴۶/۲	–
		۲	./۵۲	۸/۱۱	**	y = -۶۸۷/۶۸x - ۵۰/۲۷۷	۲۷۰	۳۰۷/۸	۵۴/۲۷	–
	۲×۲	۱	۰/۶۱	۶/۰۴	**	y = -۶۵۵/۹۲x - ۵۰/۵۶۲	۳۰۰/۳	۳۱۴/۱۳	۴۱/۷۲	–
		۲	./۵۵	۶/۴۹	**	y = -۵۹۵/۵۷x - ۴۱/۳۱۸	۳۰۰/۹	۳۳۴/۴۱	۵۲/۲۳	–
	۳×۳	۱	./۶۴	۶/۵۶	**	y = -۷۶۸x - ۶۳/۶۳۹	۳۰۰/۱	۳۲۶	۴۷/۳	–
		۲	./۶۰	۶/۷۵	**	y = -۷۱۸/۹۸x - ۵۵/۰۶۵	۳۰۵/۱۱	۳۳۱/۱۱	۴۶/۲۲	–
TSAVI1	۱×۱	۱	۰/۰۱	۱۱/۰۷	–	y = ۱۵/۷۵۶x + ۲۵/۳۴۴	۲۷۰/۶	۳۴۴	۸۴/۲۹	**
		۲	./۰۰	۱۰/۸۴	–	y = -۱۳/۷۰۱x + ۴۰/۰۵۱	۲۸۰	۳۴۱/۷	۷۳/۰۱	**
	۱×۲	۱	./۱۵	۸/۸۵	–	y = -۱۳۰/۷۲x + ۹۸/۱۳۵	۲۶۰/۱	۳۳۸/۶۶	۸۷/۸۵	**
		۲	./۰۰	۹/۵۱	–	y = ۵/۵۲۰۷x + ۳۸/۱۰۷	۲۷۰	۳۳۵	۷۶/۴۲	**
	۲×۲	۱	۰/۱۷	۷/۵۶	–	y = -۱۲۵/۱۳x + ۱۰۲/۰۷	۳۰۰/۳	۳۶۳/۰۶	۷۴/۷۱	**
		۲	./۱۵	۷/۶۹	–	y = -۱۱۵/۹۸x + ۹۸/۵۱۱	۳۰۰/۹	۳۵۵	۶۸/۰۲	**
	۳×۳	۱	./۰۸	۸/۵۶	–	y = -۷۳/۱۱۶x + ۷۶/۶۱۵	۳۰۰/۱	۳۵۸/۱۹	۷۰/۵	**
		۲	./۱۰	۸/۴۶	–	y = -۸۶/۱۹۱x + ۸۵/۵۳۳	۳۰۵/۱۱	۳۶۰	۶۸/۲۰	**

جدول ۲- نتایج تحلیل رگرسیون شاخص‌های گیاهی حاصل از تصویر لندست ۸ در جامعه ۲

شاخص گیاهی	اندازه پلات	روش نمونه-برداری	ضریب همبستگی	خطای استاندارد	Sig	مدل رگرسیونی (پوشش =Y، شاخص =X)	نتایج آزمایش مدل رگرسیونی			
							پوشش برداشت‌شده	پوشش حاصل از مدل	RMSE	Sig
NDVI	۱×۱	۱	۰/۲۸	۵/۹۸	–	y = ۱۴۳/۹۱x + ۴/۲۷۶۴	۴۸/۵۷	۶۷/۱۵	۱۸/۴۹	**
		۲	/۲۴	۶/۲۸	–	y = ۱۳۲/۲۲x + ۵/۰۹۷	۴۷/۴۱	۶۷/۲۲	۱۹/۷۷	**
	۱×۲	۱	/۳۸	۵/۷۵	*	y = ۱۹۸/۲۶x - ۱/۶۴۶۹	۵۳	۶۶/۸۹	۱۳/۸۵	**
		۲	/۳۵	۵/۹۰	*	y = ۱۸۳/۹۶x - ۰/۹۵۸	۵۱	۶۸/۷۷	۱۵/۷۳	**
	۲×۲	۱	۰/۵۵	۵/۵۶	**	y = ۳۰۷/۰۹x - ۱۸/۳۷۵	۵۲/۹۷	۵۵/۰۱	۲	–
		۲	/۴۸	۵/۸۸	**	y = ۲۶۴/۲۱x - ۱۲/۶۹۵	۵۳/۴۹	۵۷/۳۶	۳/۸۵	–
	۳×۳	۱	/۶۰	۵/۳	**	y = ۳۳۰/۹۷x - ۱۸/۶۷۷	۵۸/۸۶	۶۰/۵۵	۱/۶۹	–
		۲	/۵۷	۵/۲۲	**	y = ۲۹۸/۰۸x - ۱۴/۱۳۶	۵۸/۱۸	۶۲/۲۳	۴/۰۲	–
CTVI	۱×۱	۱	۰/۲۸	۵/۹۸	–	y = ۲۳۷/۹۸x - ۱۶۶/۰۶	۴۸/۵۷	۶۷/۲۵	۱۸/۶۴	**
		۲	/۲۴	۶/۲۷	–	y = ۲۱۸/۸۳x - ۱۵۱/۵۵	۴۷/۴۱	۶۸/۱۶	۱۹/۸	**
	۱×۲	۱	/۳۶	۵/۹۳	*	y = ۳۱۳x - ۲۲۳/۷۶	۵۳	۶۷/۵۳	۱۴/۲۱	**
		۲	/۳۵	۵/۸۹	*	y = ۳۰۴/۲۴x - ۲۱۸/۷۲	۵۱	۶۶/۴۴	۱۵/۴	**
	۲×۲	۱	۰/۲۴	۵/۴۸	–	y = ۸۰۹/۲۲x - ۶۱۳/۹۱	۵۲/۹۷	۶۴/۱۲	۱۱/۱۱	*
		۲	/۴۸	۵/۸۸	**	y = ۴۳۷/۰۴x - ۳۲۵/۵۲	۵۳/۴۹	۶۵/۹۵	۱۰/۵۹	*
	۳×۳	۱	/۲۹	۵/۸۸	–	y = ۸۸۴/۰۸x - ۶۷۱/۸۳	۵۸/۸۶	۶۲/۲۷	۳/۳۹	**

شاخص گیاهی	اندازه پلات	روش نمونه-برداری	ضریب همبستگی	خطای استاندارد	Sig	مدل رگرسیونی (پوشش =Y، شاخص =X)	نتایج آزمایش مدل رگرسیونی			
							پوشش برداشت‌شده	پوشش حاصل از مدل	RMSE	Sig
NRVI		۲	/۵۷	۵/۲۲	**	y = ۴۹۳/۰۱x - ۳۶۷/۰۲	۵۸/۱۸	۶۲/۹۸	۴/۷۷	–
	۱×۱	۱	۰/۲۸	۵/۹۸	–	y = -۱۴۳/۹۱x + ۴/۲۷۶۳	۴۸/۵۷	۶۵/۱۵	۱۶/۵۴	**
		۲	/۲۴	۶/۲۸	–	y = -۱۳۲/۲۲x + ۵/۰۹۷	۴۷/۴۱	۶۶/۲۲	۱۸/۷۷	**
	۱×۲	۱	/۳۶	۵/۹۳	*	y = -۱۸۹/۲۴x + ۰/۲۸۰۷	۵۳	۶۶/۸۹	۱۳/۸۵	**
		۲	/۳۵	۵/۹۰	*	y = -۱۸۳/۹۷x - ۰/۹۵۸	۵۱	۶۸/۷۷	۱۷/۷۳	**
	۲×۲	۱	۰/۵۵	۵/۵	**	y = -۳۰۳/۵۷x - ۱۷/۲۸۵	۵۲/۹۷	۵۶/۰۱	۳/۰۲	–
		۲	/۴۸	۵/۸۸	**	y = -۲۶۴/۲۱x - ۱۲/۶۹۵	۵۳/۴۹	۵۹/۳۶	۵/۸۴	–
	۳×۳	۱	/۶	۵/۳	**	y = -۳۳۰/۹۷x - ۱۸/۶۷۷	۵۸/۸۶	۶۰/۵۵	۱/۶۹	–
		۲	۰/۴۸	۵/۹۸	**	y = -۲۹۸/۰۸x - ۱۴/۱۳۶	۵۸/۱۸	۶۳/۲۳	۵/۰۲	*
TSAVI1	۱×۱	۱	۰/۳۷	۵/۷۷	*	y = ۱۶۰/۱۸x - ۶۰/۹۸۶	۴۸/۵۷	۵۷/۲	۸/۶۶	**
		۲	/۳۷	۶/۰۱	*	y = ۱۶۵/۸۹x - ۶۵/۵۷۱	۴۷/۴۱	۵۶/۸۷	۸/۳۴	**
	۱×۲	۱	/۴۴	۵/۷۱	*	y = ۱۹۱/۷۳x - ۷۴/۷۳۳	۵۳	۵۷/۳۴	۴/۳۱	*
		۲	/۴۲	۵/۷۱	*	y = ۱۸۳/۱۵x - ۷۲/۰۳۴	۵۱	۵۹/۰۷	۸/۰۴	**
	۲×۲	۱	۰/۵۵	۵/۵۰	**	y = ۲۵۳/۲۶x - ۱۰۶/۵۷	۵۲/۹۷	۵۵/۰۵	۳/۰۳	–

شاخص گیاهی	اندازه پلات	روش نمونه-برداری	ضریب همبستگی	خطای استاندارد	Sig	مدل رگرسیونی (پوشش =Y، شاخص =X)	نتایج آزمایش مدل رگرسیونی			
							پوشش برداشت‌شده	پوشش حاصل از مدل	RMSE	Sig
		۲	۰/۴۹	۵/۸۲	**	y = ۲۲۷/۵۲x - ۹۴/۴۶۷	۵۳/۴۹	۵۷/۴۵	۴/۴۲	*
	۳×۳	۱	/۶۰	۵/۲۸	**	y = ۲۷۷/۳۴x - ۱۱۶/۷۲	۵۸/۸۶	۵۹/۵۶	۱/۵۷	–
		۲	۰/۵۸	۵/۱۷	**	y = ۲۵۳/۲۱x - ۱۰۴/۴	۵۸/۱۸	۶۰/۷۱	۲/۲۲	–

نتایج تحلیل رگرسیون شاخص‌های گیاهی حاصل از تصویر لندست ۸ با تولید- جامعه ۲

شاخص گیاهی	اندازه پلات	روش نمونه-برداری	ضریب همبستگی	خطای استاندارد	Sig	مدل رگرسیونی (تولید =Y، شاخص =X)	نتایج آزمایش مدل رگرسیونی			
							تولید برداشت‌شده	تولید حاصل از مدل	RMSE	Sig
NDVI	۱×۱	۱	۰/۲۵	۷/۸۹	–	y = ۱۶۹/۷۷x + ۲۵/۶۳	۵۳۰/۹	۶۰۵/۰۴	۸۵/۱۷	**
		۲	/۲۴	۸/۱۴	–	y = ۱۶۷/۲۳x + ۲۶/۰۲۷	۵۴۰/۳	۶۱۳/۴۱	۸۳/۴	**
	۱×۲	۱	/۳۴	۹/۰۴	–	y = ۲۷۱/۵۸x + ۱۲/۰۱۶	۶۰۰	۶۸۵/۲۴	۹۴/۱۷	**
		۲	/۳۱	۷/۹۲	–	y = ۲۱۸/۷۷x + ۲۱/۰۷۱	۵۹۰	۶۹۴/۳۵	/۷۴ ۱۱۱	**
	۲×۲	۱	۰/۴۷	۷/۹۳	**	y = ۳۴۹/۴۹x + ۲/۰۳۹۱	۶۳۰/۱	۶۹۰/۳۱	۷۲/۱۷	*
		۲	/۴۵	۷/۷۸	*	y = ۳۲۵/۶۸x + ۵/۳۲۵۹	۶۱۰	۶۷۲/۳۶	۷۳/۸۶	**
	۳×۳	۱	/۵۶	۷/۰۸	**	y = ۴۰۰/۱۴x - ۰/۲۵۴۶	۶۸۰/۱	۷۰۵	۴۶/۷۴	–
		۲	/۴۸	۷/۴۲	**	y = ۳۳۸/۲۱x + ۸/۷۳۴۵	۶۸۰	۷۳۶/۳۳	۶۸/۸۴	*
CTVI	۱×۱	۱	۰/۲۵	۷/۸۹	–	y = ۲۸۰/۷۲x - ۱۷۵/۲۹	۵۳۰/۹	۵۹۰/۰۴	۷۲/۱۷	**
		۲	/۲۴	۸/۱۴	–	y = ۲۷۶/۸۲x - ۱۷۲/۱۳	۵۴۰/۳	۶۰۰/۴۱	۷۲/۱۷	**

شاخص گیاهی	اندازه پلات	روش نمونه-برداری	ضریب همبستگی	خطای استاندارد	Sig	مدل رگرسیونی (پوشش =Y، شاخص =X)	پوشش برداشت‌شده	پوشش حاصل از مدل	RMSE	Sig
							نتایج آزمایش مدل رگرسیونی			
NRVI	۱×۲	۱	/۳۴	۹/۰۴	*	y = ۴۴۸/۲x - ۳۰۸/۶۸	۶۰۰	۶۸۰/۲۴	۸۹/۶۵	**
		۲	/۳۱	۷/۹۲	*	y = ۳۶۱/۸۲x - ۲۳۷/۹	۵۹۰	۶۹۰/۳۵	۱۰۸	**
	۲×۲	۱	۰/۴۷	۷/۹۳	**	y = ۵۷۷/۰۹x - ۴۱۰/۹۲	۶۳۰/۱	۶۹۰/۳۱	۷۴/۱۵	**
		۲	/۴۵	۷/۷۸	*	y = ۵۳۸/۸۳x - ۳۸۰/۳۷	۶۱۰	۶۷۰/۲۰	۷۲/۱۷	*
	۳×۳	۱	/۵۶	۷/۰۸	**	y = ۶۶۱/۳۵x - ۴۷۳/۵۷	۶۸۰/۱	۷۱۰/۱۳	۴۹/۶۷	–
		۲	/۴۸	۷/۴۱	**	y = ۵۶۰/۲۸x - ۳۹۲/۳۹	۶۸۰	۷۲۹/۴	۶۳/۲	*
	۱×۱	۱	۰/۲۵	۷/۸۹	–	y = -۱۶۹/۷۷x + ۲۵/۶۳	۵۳۰/۹	۶۴۳/۱۷	/۲۱ ۱۲۰	**
		۲	/۲۴	۸/۱۴	–	y = -۱۶۷/۲۳x + ۲۶/۰۲۷	۵۴۰/۳	۶۱۸/۱۲	۸۷/۸۵	**
	۱×۲	۱	/۳۴	۹/۰۴	*	y = -۲۷۱/۵۸x + ۱۲/۰۱۶	۶۰۰	۶۹۲/۰۴	۴۳/۲۹	**
		۲	/۳۱	۷/۹۲	*	y = -۲۱۸/۷۷x + ۲۱/۰۷۱	۵۹۰	۶۹۴/۵	/۷۴ ۱۱۱	**
	۲×۲	۱	۰/۴۷	۷/۹۳	**	y = -۳۴۹/۴۹x + ۲/۰۳۹۱	۶۳۰/۱	۶۶۹/۶۶	۵۵/۶۸	*
		۲	/۴۵	۷/۷۸	*	y = -۳۲۵/۶۸x + ۵/۳۲۵۹	۶۱۰	۶۸۸/۳۳	۸۷/۸۵	*
	۳×۳	۱	/۵۶	۷/۰۸	**	y = -۴۰۰/۱۴x - ۰/۲۵۴۶	۶۸۰/۱	۷۰۲/۵۲	۴۵/۱۶	–
		۲	/۴۸	۷/۴۲	**	y = -۳۳۸/۲۱x + ۸/۷۳۴۵	۶۸۰	۷۲۳/۱۱	۵۸/۶	–
TSAVI1	۱×۱	۱	۰/۳۵	۷/۶۳	*	y = ۱۹۶/۲۱x - ۵۵/۵۰۵	۵۳۰/۹	۵۸۹/۱۲	۷۰/۵	**

شاخص گیاهی	اندازه پلات	روش نمونه-برداری	ضریب همبستگی	خطای استاندارد	Sig	مدل رگرسیونی (پوشش =Y، شاخص =X)	نتایج آزمایش مدل رگرسیونی			
							پوشش برداشت‌شده	پوشش حاصل از مدل	RMSE	Sig
		۲	/۳۶	۷/۸۱	❊	y = ۲۱۰/۷x - ۶۳/۸۵۸	۵۴۰/۳	۵۹۱/۷۴	۶۴/۷۸	❊
	۱×۲	۱	/۳۷	۸/۹	❊	y = ۲۴۹/۵۴x - ۸۰/۹۹۲	۶۰۰	۶۵۷/۷۲	۵۹/۸	❊
		۲	/۴	۷/۶۴	❊	y = ۲۳۰/۴۷x - ۷۰/۶۹۳	۵۹۰	۶۳۰/۹۹	۵۷/۸۶	❊
	۲×۲	۱	۰/۵۱	۷/۷۳	❊❊	y = ۳۱۵/۳۸x - ۱۱۴/۳۷	۶۳۰/۱	۶۵۴/۹۳	۴۷/۳	–
		۲	/۴۷	۷/۷۱	❊❊	y = ۲۸۰/۸۸x - ۹۵/۷۱	۶۱۰	۶۶۷/۶	۶۸/۸۴	❊
	۳×۳	۱	/۵۴	۷/۲۱	❊❊	y = ۳۲۰/۰۳x - ۱۱۰/۰۶	۶۸۰/۱	۷۰۱/۲۹	۴۴/۱۹	–
		۲	/۵	۷/۳۲	❊❊	y = ۲۹۳/۱۲x - ۹۷/۰۰۶	۶۸۰	۷۰۴/۱۱	۴۶/۲	–

جدول ۳- نتایج تحلیل رگرسیون شاخص‌های گیاهی حاصل از تصویر لندست ۸ در جامعه ۳

شاخص گیاهی	اندازه پلات	روش نمونه-برداری	ضریب همبستگی	خطای استاندارد	Sig	مدل رگرسیونی (درصد پوشش =Y، شاخص =X)	نتایج آزمایش مدل رگرسیونی			
							پوشش برداشت‌شده	پوشش حاصل از مدل	RMSE	Sig
NDVI	۱×۱	۱	۰/۴۶	۵/۵۵	❊❊	y = ۱۸۷/۹۵x - ۵/۸۹۶۳	۵۵/۶۸	۶۷/۴۱	۱۲/۳۷	❊
		۲	/۴۲	۵/۶۱	❊	y = ۱۷۰/۷۴x - ۴/۸۹۱	۵۳/۳۲	۶۸/۴۷	۱۵/۴۳	❊
	۱×۲	۱	/۴۹	۵/۴۳	❊❊	y = ۲۰۲/۴۲x - ۶/۳۵۷۸	۵۷/۸۲	۶۹/۳۶	۱۲/۳۲	❊
		۲	/۴۸	۵/۴۷	❊❊	y = ۱۹۷/۳x - ۷/۴۲۰۳	۵۵/۴۴	۶۸/۱۷	۱۳/۱۳	❊
	۲×۲	۱	۰/۶۰	۵/۰۹	❊❊	y = ۲۴۹/۷۸x - ۱۰/۵۱۸	۶۰/۸۶	۶۳/۶۳	۳/۶۱	–
		۲	/۶۲	۵/۰۰	❊❊	y = ۲۵۶/۵x - ۱۴/۶۰۶	۵۸/۴۸	۶۲/۱۶	۴/۱۳	–
	۳×۳	۱	/۶۱	۵/۲۵	❊❊	y = ۲۶۳/۷۷x - ۱۰/۹۰۹	۶۲/۶۱	۶۶/۲۴	۳/۶۱	–
		۲	/۶۱	۵/۲۴	❊❊	y = ۲۶۴/۸x - ۱۳/۵۴	۵۹/۲۳	۶۳/۲۵	۴/۴۱	–
CTVI	۱×۱	۱	۰/۴۶	۵/۵۶	❊	y = ۳۰۵/۰۷x - ۲۲۳/۶۴	۵۵/۶۸	۶۵/۴۱	۱۰/۳۷	❊
		۲	/۴۲	۵/۶۲	❊	y = ۲۷۶/۹۸x - ۲۰۲/۵۷	۵۳/۳۲	۶۹/۴۷	۱۶/۴۳	❊

شاخص گیاهی	اندازه پلات	روش نمونه-برداری	ضریب همبستگی	خطای استاندارد	Sig	مدل رگرسیونی (درصد پوشش =Y، شاخص =X)	نتایج آزمایش مدل رگرسیونی			
							پوشش برداشت‌شده	پوشش حاصل از مدل	RMSE	Sig
NRVI	۱×۲	۱	./۴۹	۵/۴۴	**	y = ۳۲۸/۷x - ۲۴۰/۹۹	۵۷/۸۲	۶۸/۳۶	۱۱/۳۳	*
		۲	./۴۸	۵/۴۸	**	y = ۳۲۰/۲۷x - ۲۳۶/۰۲	۵۵/۴۴	۶۶/۱۷	۱۱/۱۳	*
	۲×۲	۱	۰/۶۰	۵/۱۰	**	y = ۴۰۶/۴۵x - ۳۰۰/۷۳	۶۰/۸۶	۶۴/۶۳	۴/۶	–
		۲	./۶۱	۵/۰۱	**	y = ۴۱۷/۵۲x - ۳۱۲/۷۴	۵۸/۴۸	۶۲/۱۶	۴/۱۳	–
	۳×۳	۱	./۶۱	۵/۲۶	**	y = ۴۲۹/۲۴x - ۳۱۷/۴	۶۲/۶۱	۶۴/۲۴	۲/۲۳	–
		۲	./۶۱	۵/۲۵	**	y = ۴۳۰/۹۳x - ۳۲۱/۲۳	۵۹/۲۳	۶۳/۲۵	۴/۲۲	–
NRVI	۱×۱	۱	۰/۴۶	۵/۵۵	**	y = -۱۸۷/۹۵x - ۵/۸۹۶۳	۵۵/۶۸	۶۷/۷۴	۱۲/۷	*
		۲	./۴۲	۵/۶۱	*	y = -۱۷۰/۷۴x - ۴/۸۹۱	۵۳/۳۲	۶۷/۳۵	۱۳/۹۹	*
	۱×۲	۱	./۴۹	۵/۴۳	**	y = -۲۰۲/۴۲x - ۶/۳۵۷۸	۵۷/۸۲	۶۱/۰۴	۴/۰۲	–
		۲	./۴۸	۵/۴۷	**	y = -۱۹۷/۳x - ۷/۴۲۰۳	۵۵/۴۴	۶۲/۵۵	۷/۵۲	*
	۲×۲	۱	۰/۶۰	۵/۰۹	**	y = -۲۴۹/۷۸x - ۱۰/۵۱۸	۶۰/۸۶	۶۴/۸۳	۴/۸	–
		۲	./۶۲	۵/۰۰	**	y = -۲۵۶/۵x - ۱۴/۶۰۶	۵۸/۴۸	۶۱/۴۷	۳/۴۵	–
	۳×۳	۱	./۶۱	۵/۲۵	**	y = -۲۶۳/۷۷x - ۱۰/۹۰۹	۶۲/۶۱	۶۴/۸۵	۲/۸۳	–
		۲	۰/۶۱	۵/۲۴	**	y = -۲۶۴/۸x - ۱۳/۵۴	۵۹/۲۳	۶۲/۲۳	۳/۲۱	–
TSAVI1	۱×۱	۱	۰/۴۷	۵/۵۱	*	y = ۱۸۰/۴۶x - ۷۴/۷۲	۵۵/۶۸	۶۱/۱۵	۶/۰۵	*
		۲	./۴۴	۵/۵۵	*	y = ۱۶۷/۱۲x - ۶۹/۱۸۴	۵۳/۳۲	۶۲/۸۳	۹/۷۳	*
	۱×۲	۱	./۵۰	۵/۴۲	**	y = ۱۹۰/۷۱x - ۷۸/۴۵	۵۷/۸۲	۶۰/۲۳	۳/۱۴	–
		۲	./۴۹	۵/۴۵	**	y = ۱۸۶/۹۴x - ۷۸/۲۷۸	۵۵/۴۴	۷۱/۳۱	۱۶/۲۱	*
	۲×۲	۱	۰/۵۹	۵/۱۳	**	y = ۲۳۰/۸۴x - ۹۶/۹۸۲	۶۰/۸۶	۶۳/۳۳	۳/۲۴	–
		۲	۰/۶۱	۵/۰۵	**	y = ۲۳۶/۱۵x - ۱۰۲/۹	۵۸/۴۸	۶۴/۶۶	۶/۵۶	–
	۳×۳	۱	./۵۶	۵/۴۸	**	y = ۲۲۶/۹۱x - ۹۲/۸۴۱	۶۲/۶۱	۶۵/۰۳	۲/۹۵	–
		۲	۰/۵۶	۵/۴۷	**	y = ۲۲۸/۵۴x - ۹۶/۲۰۶	۵۹/۲۳	۶۲/۵۴	۳/۴۵	–

نتایج تحلیل رگرسیون شاخص‌های گیاهی حاصل از تصویر لندست ۸ با تولید- جامعه ۳

شاخص گیاهی	اندازه پلات	روش نمونه-برداری	ضریب همبستگی	خطای استاندارد	Sig	مدل رگرسیونی (تولید =Y، شاخص =X)	نتایج آزمایش مدل رگرسیونی: تولید برداشت-شده	تولید حاصل از مدل	RMSE	Sig
NDVI	۱×۱	۱	۰/۴۴	۷/۳۲	*	y = ۲۳۸/۳x - ۴/۵۴۲۲	۴۴۰	۴۸۱	۵۶/۴	*
		۲	/۴۰	۸/۰۱	*	y = ۲۲۸/۶۲x - ۳/۷۱۰۳	۴۴۵	۴۷۶	۵۰/۲۹	*
	۱×۲	۱	/۵۰	۷/۸۷	**	y = ۳۰۰/۴۸x - ۱۳/۵۲۹	۴۵۹	۴۷۱	۴۱/۰۶	–
		۲	/۴۶	۷/۷۶	**	y = ۲۶۵/۶۶x - ۹/۷۲۲۷	۴۴۸	۴۷۷	۴۹/۰۶	*
	۲×۲	۱	۰/۵۸	۷/۴۲	**	y = ۳۴۲x - ۱۴/۸۵۹	۴۸۰	۴۹۰	۴۰/۴۸	–
		۲	/۵۷	۷/۲۰	**	y = ۳۲۹/۳۳x - ۱۵/۸۳۳	۴۷۰	۴۸۵	۴۲/۰۸	–
	۳×۳	۱	/۵۸	۷/۳۱	**	y = ۳۴۴/۴x - ۱۲/۱۲۸	۴۷۵	۴۸۷	۴۱/۰۶	–
		۲	/۵۹	۷/۳۱	**	y = ۳۴۵/۴۲x - ۱۵/۸۹۹	۴۷۲	۴۸۹	۴۲/۸۷	–
CTVI	۱×۱	۱	۰/۴۴	۷/۳۳	*	y = ۳۸۶/۶x - ۲۸۰/۴۶	۴۴۰	۴۷۳	۵۰/۹۳	*
		۲	/۴۰	۸/۰۱	*	y = ۳۷۲/۵۷x - ۲۶۹/۷۹	۴۴۵	۴۸۴	۵۵/۶۸	*
	۱×۲	۱	/۵۰	۷/۸۸	**	y = ۴۸۹/۳۷x - ۳۶۲/۹۹	۴۵۹	۴۷۱	۴۱/۰۶	–
		۲	/۴۶	۷/۷۷	**	y = ۴۳۱/۱۷x - ۳۱۷/۴۷	۴۴۸	۴۶۹	۴۴/۶۷	*
	۲×۲	۱	۰/۵۷	۷/۴۳	**	y = ۵۵۶/۳۵x - ۴۱۲/۰۹	۴۸۰	۴۹۳	۴۱/۳۸	–
		۲	/۵۷	۷/۲۱	**	y = ۵۳۶/۱۱x - ۳۹۸/۶۵	۴۷۰	۴۸۵	۴۱/۳۸	–
	۳×۳	۱	/۵۸	۷/۳۳	**	y = ۵۶۰/۲۳x - ۴۱۲/۱۲	۴۷۵	۴۸۹	۴۱/۷۲	–
		۲	/۵۸	۷/۳۲	**	y = ۵۶۱/۷۵x - ۴۱۶/۹۶	۴۷۰	۴۸۶	۴۲/۴۶	–
NRVI	۱×۱	۱	۰/۴۴	۷/۳۲	*	y = -۲۳۸/۳x - ۴/۵۴۲۲	۴۴۰	۴۸۵	۶۰/۱۱	*
		۲	/۴۰	۸/۰۱	*	y = -۲۲۸/۶۲x - ۳/۷۱۰۳	۴۴۵	۴۷۲	۴۲/۸۷	*
	۱×۲	۱	/۵۰	۷/۸۷	**	y = -۳۰۰/۴۸x - ۱۳/۵۲۹	۴۵۹	۴۶۸	۴۰/۲۳	–
		۲	/۴۶	۷/۷۶	**	y = -۲۶۵/۶۷x - ۹/۷۲۲۷	۴۴۸	۴۶۹	۴۴/۶۷	*
	۲×۲	۱	۰/۵۸	۷/۴۲	**	y = -۳۴۲/۰۱x - ۱۴/۸۵۹	۴۸۰	۴۹۳	۴۱/۰۶	–
		۲	/۵۷	۷/۲۰	**	y = -۳۲۹/۳۳x - ۱۵/۸۳۳	۴۷۰	۴۸۱	۴۰/۷۶	–
	۳×۳	۱	/۵۸	۷/۳۱	**	y = -۳۴۴/۴x - ۱۲/۱۲۸	۴۷۵	۴۸۹	۴۱/۷۲	–
		۲	/۵۹	۷/۳۱	**	y = -۳۴۵/۴۲x - ۱۵/۸۹۹	۴۷۲	۴۸۷	۴۲/۰۸	–
TSAVI1	۱×۱	۱	۰/۴۳	۷/۳۷	*	y = ۲۱۶/۹۷x - ۸۵/۲۲۱	۴۴۰	۴۹۶	۶۸/۸۴	*
		۲	/۴۵	۷/۷۹	*	y = ۲۴۱/۲x - ۹۹/۴۸۳	۴۴۵	۴۸۵	۵۶/۴	*
	۱×۲	۱	/۴۶	۸/۰۹	**	y = ۲۵۷/۶۹x - ۱۰۶/۴۲	۴۵۹	۴۹۵	۵۳/۵۸	*

نتایج تحلیل رگرسیون شاخص‌های گیاهی حاصل از تصویر لندست ۸ با تولید- جامعه ۳

شاخص گیاهی	اندازه پلات	روش نمونه-برداری	ضریب همبستگی	خطای استاندارد	Sig	مدل رگرسیونی (تولید =Y، شاخص =X)	نتایج آزمایش مدل رگرسیونی: تولید برداشت-شده	تولید حاصل از مدل	RMSE	Sig
		۲	/۴۷	۷/۷۳	**	y = ۲۵۱/۴۸x - ۱۰۵	۴۴۸	۴۸۲	۵۲/۲۳	*
	۲×۲	۱	۰/۵۶	۷/۵۲	**	y = ۳۱۱/۰۱x - ۱۳۰/۴۴	۴۸۰	۴۹۰	۴۰/۴۸	–
		۲	/۵۶	۷/۲۸	**	y = ۳۰۰/۷۵x - ۱۲۷/۸۳	۴۷۰	۴۸۶	۴۲/۴۶	–
	۳×۳	۱	/۵۵	۷/۵۴	**	y = ۳۰۱/۸۶x - ۱۲۲/۲۱	۴۷۵	۴۸۲	۳۹/۸	–
		۲	/۵۳	۷/۶۶	**	y = ۲۹۱/۷۳x - ۱۲۰/۱۸	۴۷۲	۴۸۰	۴۰	–

جدول ۴- الگوی پراکنش گونه‌های غالب سه جامعه با استفاده از آزمون‌های آماری

جامعه	گونه گیاهی	توزیع: دوجمله‌ای منفی X2	df	sign	دوجمله‌ای مثبت X2	df	sign	پواسون X2	df	sign	الگوی پراکنش
۱	*Cousinia bakhtiarica*	۱۳/۸۸	۲۹	/۲۱	۱۳/۳۷	۲۹	/۷	۵۶/۴۴	۲۹	/۰۰	تصادفی
	Gundellia turnefortii	۱۰/۷۱	۲۹	/۳۳	۱۶/۵۴	۲۹	/۲۷	۵۳/۷۱	۲۹	/۰۰	تصادفی
	Scariolla orientalis	۱۵/۱۴	۲۹	/۲۸	۲۸/۶۵	۲۹	/۱	۲۶/۰۳	۲۹	/۰۶	تصادفی - یکنواخت
۲	*Dafnea macronata*	۸/۹۲	۲۹	/۸۳	۵۳/۰۲	۲۹	/۰۰	۲۱/۷۳	۲۹	/۵۷	یکنواخت کامل
	Astragalus adscendence	۱۶	۲۹	/۶۵	۴۱	۲۹	/۰۳	۲۵/۱۳	۲۹	/۴۸	یکنواخت
۳	*Festuca ovina*	۵۴/۱۲	۲۹	/۰۰	۱۵/۱۸	۲۹	/۳۲	۱۱/۱۵	۲۹	/۱۲	کپه‌ای شدید
	Agropyron trichophorum	۲۸/۴۱	۲۹	/۳۶	۴۳	۲۹	/۰۵	۱۷	۲۹	/۶	یکنواخت
	Mellica persica	۴۹/۸۱	۲۹	/۰۴	۱۲/۱۷	۲۹	/۱	۱۰/۸۹	۲۹	/۱۳	کپه‌ای
	Stipa hohenackeriana	۴۴/۷۱	۲۹	/۰۸	۲۲/۹۸	۲۹	/۵۶	۱۳	۲۹	/۱	کپه‌ای ضعیف

نتایج حاصل از بررسی الگوی پراکنش

نتایج تعیین نوع پراکنش گیاهان غالب سه جامعه مطالعاتی با آزمون‌های آماری در جدول ۴ نگاشته شده است.

بحث

نتایج حاصل از تحلیل آماری تعیین الگوی پراکنش گیاهان:

نتایج حاصل از بررسی آماری نوع پراکنش گیاهان غالب سه جامعه مورد مطالعه در جدول ۴ مشاهده می‌شود. تعیین الگوی پراکنش گیاهان غالب با استفاده از آزمون‌های آماری پواسون، دوجمله‌ای منفی و مثبت انجام شد. نتایج درج شده در جدول ۲ نشان می‌دهد که گیاهان غالب جامعه ۱ بیشتر الگوی پراکنش یکنواختی را دارند. در حالی که گیاهان غالب جامعه ۲ نیز که بوته‌ای‌اند دارای الگوی پراکنش یکنواخت و گیاهان غالب جامعه ۳ دارای الگوی پراکنش کپه‌ای بودند. در کل هرچه الگوی پراکنش گیاهان از سمت یکنواخت به کپه‌ای گرایش پیدا کند تعداد نمونه

بیشتری لازم است که شدت نمونه‌برداری بتواند گویای کل واحد نمونه‌برداری و یا تیپ گیاهی باشد. ازاین‌رو به احتمال زیاد برای رسیدن به اهداف مورد نظر در برآورد فاکتورهای گیاهی ازجمله درصد تاج پوشش و تولید، در جامعه ۳ تعداد نمونه بیشتری در واحد نمونه‌برداری یکسان نسبت به دو جامعه دیگر لازم است، همچنین تعداد نمونه مورد نیاز جامعه ۲ بیشتر از جامعه یک خواهد بود که نتایج این تحقیق مؤید این امر است که با نتایج Zare Chahouki (۲۰۱۳) مطابقت دارد.

نتایج حاصل از تحلیل رگرسیون شاخص‌های گیاهی حاصل از تصویر لندست ۸ با درصد تاج پوشش و تولید

الف) جامعه ۱: نتایج حاصل از تحلیل رگرسیون ۴ شاخص گیاهی حاصل از تصویر لندست ۸ در رابطه با درصد تاج پوشش و تولید گیاهان جامعه یک در جدول ۱ نگاشته شده است. همانطور که مشاهده می‌شود نتایج حاصل با دو الگوی نمونه‌برداری (شش و سه پلاتی در واحد نمونه-برداری ۳۰×۳۰) و چهار اندازه پلات نشان داده شده است. همبستگی شاخص NDVI، CTVI و NRVI در کل پلات‌ها و الگوهای نمونه‌برداری در سطح ۱ درصد معنی‌دار شده است که با نتایج Arzani (۱۹۹۸)، Amiri (۲۰۱۰)، Hadian و همکاران (۲۰۱۱) و Thorp و همکاران (۲۰۱۳) مطابقت دارد. یعنی این شاخص‌ها در جامعه یک با گونه‌های غالب پهن‌برگ دارای واکنش یکسانی هستند. گاهی ضریب همبستگی غیر معنی‌دار نیز در جدول مذکور دیده می‌شود. مثلا شاخص TSAVI1 در بیشتر پلات‌ها ضریب همبستگی معنی‌دار نشده است. بدین‌ترتیب می‌توان گفت که روابط این دو شاخص با درصد پوشش گیاهان این جامعه که بیشتر پهن‌برگ هستند معنی‌دار نشده است. میزان همبستگی هر یک از اندازه پلات‌ها و الگوهای نمونه‌برداری با هم متفاوت و به‌طبع میزان خطای استاندارد نیز متفاوت است. در کل پلات‌ها میزان ضریب همبستگی الگوی دو (سه پلاتی) کمتر از الگوی یک (شش پلاتی) است. البته استثناهایی هم وجود دارد، مثلا شاخص TSAVI1 در پلات ۳×۳. در کل شاخص‌ها با افزایش سطح پلات میزان همبستگی بین شاخص‌ها و درصد پوشش بیشتر شده است. اما از یک سطح معینی این افزایش چشم‌گیر نیست. در بیشتر شاخص-ها از پلات ۲×۱ به بعد در این جامعه میزان ضریب تعیین به مقدار قابل توجهی زیاد نمی‌شود که با نتایج Houseini و همکاران (۲۰۰۷) همخوانی دارد.

در جدول ۱ همانطور که دیده می‌شود نتایج همبستگی شاخص‌ها با تولید گیاهان در داخل پلات‌ها نشان داده شده است. البته معنی‌داری و ضرایب همبستگی تولید در رابطه با شاخص‌ها دارای تفاوت‌هایی نسبت به درصد پوشش است. اگر دقت شود مشاهده می‌گردد که در کل معنی‌داری ضریب همبستگی و روابط آنها نسبت به درصد پوشش کمتر است، زیرا روابط و ضرایب تعیین با معنی‌داری در سطح ۵ درصد و غیر معنی‌دار بیشتری دارد.

ب) جامعه ۲: نتایج حاصل از تحلیل رگرسیون شاخص-های گیاهی با تولید و درصد تاج پوشش گیاهان جامعه دو در جدول ۲ مشاهده می‌شود. میزان همبستگی، ضریب تعیین و مدل رگرسیونی بین درصد تاج پوشش و تولید گیاهان حاصل از پلات‌های مختلف استفاده شده با شاخص‌های گیاهی حاصل از تصویر لندست ۸ در جدول مذکور آورده شده است. اگر به جدول ۲ دقت شود مشاهده می‌گردد که معنی‌داری روابط و ضریب تعیین نسبت به جدول ۱–۵ (جامعه ۱) کمتر بوده و در بیشتر مواقع غیرمعنی‌دار است. ولی با افزایش سطح پلات میزان همبستگی و معنی‌داری آن افزایش می‌یابد. همچنین در بیشتر پلات‌ها ضریب همبستگی الگوی ۱ نمونه‌برداری (شش پلاتی) بیشتر از ضریب همبستگی الگوی ۲ (سه پلاتی) است. اما موارد استثنایی هم وجود دارد، مثلاً شاخص CTVI در پلات‌های ۳×۳. نکته دیگری که در جدول ۲ نسبت به جدول ۱ باید به آن توجه نمود این است که روابط بین فاکتورهای زمینی با شاخص‌ها در بیشتر پلات‌های ۱×۱ و ۲×۱ غیرمعنی‌دار و یا در سطح پایینی معنی‌دار شده است. در حالی که در پلات‌های ۳×۳ و ۲×۲ به‌ویژه پلات ۳×۳ معنی‌داری روابط و همبستگی آنها بالاتر است. به‌عبارت دیگر، بالاترین ضریب همبستگی بین درصد پوشش و شاخص‌های گیاهی در داخل پلات‌های

۳×۳ مشاهده شد.

نتایج حاصل از بررسی روابط رگرسیونی تولید گیاهان جامعه ۲ نیز در جدول ۲ نشان داده شده است. با دقت در جدول مذکور می‌توان فهمید که ضرایب همبستگی و تعیین هم ردیف خود نسبت به درصد پوشش کمتر است و معنی-داری آنها نیز کاهش می‌یابد. اما افزایش معنی‌داری با افزایش سطح پلات در تولید نیز مشاهده می‌شود و تولید داخل پلات ۳×۳ دارای بیشترین همبستگی و معنی‌داری با شاخص‌های گیاهی سنجش از دوری است.

جامعه ۳: نتایج تحلیل رگرسیون فاکتورهای اندازه‌گیری شده زمینی (درصد تاج پوشش و تولید گیاهان) در رابطه با ۴ شاخص مختلف حاصل از تصویر لندست ۸ در عرصه سه در جدول ۳ آورده شده است. با توجه به این جدول، در بیشتر شاخص‌ها همبستگی فاکتورهای مورد نظر حاصل از الگوی ۲ کمتر از الگوی یک است. موارد NRVI و TSAVI1 در پلات ۲×۳ استثنا هستند. همچنین با افزایش سطح پلات، میزان همبستگی نیز افزایش پیدا می‌کند ولی این افزایش در بیشتر شاخص‌ها از پلات ۲×۲ به پلات ۳×۳ قابل توجه نیست و به‌عبارت دیگر می‌توان گفت که در این جامعه با غالب بودن گراس‌ها، پلات ۳×۳ نتایجی مشابه پلات ۲×۲ داشته است. در این جامعه نیز همبستگی روابط تولید با شاخص‌ها نیز از همان روال جوامع قبلی تبعیت می-کند، بدین صورت که میزان همبستگی تا حدودی نسبت به درصد پوشش کمتر است.

در کل معنی‌داری همبستگی‌ها در جامعه ۳ بیشتر از جامعه ۲ و کمتر از جامعه ۱ می‌باشد و این همبستگی بین گیاهان مختلف با شاخص‌های گیاهی وجود دارد. شاخص-های NDVI، CTVI و NRVI در هر سه جامعه دارای معنی‌داری قابل توجهی‌اند. شاخص TSAVI1 در جامعه یک معنی‌دار نشده است که با نتایج Kusuma و همکاران (۲۰۱۵) مطابقت دارد.

۳. نتایج آزمایش و اعتبارسنجی مدل‌های رگرسیونی شاخص‌های گیاهی با درصد تاج پوشش و تولید

جامعه ۱: نتایج آزمایش و اعتبارسنجی مدل‌های مختلف رگرسیونی شاخص‌های گیاهی حاصل از تصویر لندست ۸ با درصد پوشش و تولید گیاهان در جدول ۱ آمده است. آزمایش مدل‌ها با آزمون t جفتی بین دو گروه درصد پوشش برداشت شده زمینی و درصد پوشش حاصل از مدل و شاخص RMSE انجام شد. شاخص‌های NDVI، NRVI و CTVI از لحاظ اعتبار در کل پلات‌ها و دو الگو شرایط مشابهی دارند. در این شاخص‌ها، مدل‌های حاصل در پلات ۱×۱ (در دو الگو شش پلاتی و سه پلاتی) با وجود اینکه از نظر میزان همبستگی معنی‌دار شده‌اند ولی از نظر اعتبار در حد قابل قبولی نیستند. چون که بین دو گروه (پوشش برداشت شده و پوشش حاصل از مدل) اختلاف آماری وجود دارد و شاخص RMSE نیز در حد بالاتری است. در بقیه اندازه پلات‌ها (۲×۱، ۲×۲ و ۳×۳) مدل‌های حاصل هم از نظر میزان همبستگی و هم از نظر نتیجه آزمایش آنها (آزمون t و شاخص RMSE) مناسب است. مدل حاصل از شاخص TSAVI1 در این جامعه با پوشش غالب پهن‌برگان در بیشتر پلات‌ها و دو الگوی نمونه‌برداری از اعتبار کافی برخوردار نیست. نتایج اعتبارسنجی مدل‌های تولید گیاهان جامعه یک با شاخص‌ها در قسمت پایین جدول ۱–۵ ارائه شده است. همانطور که مشاهده می‌گردد نتایج مشابه درصد پوشش است، با این تفاوت که درصد همبستگی تا حدودی کمتر است. در کل با توجه به نتایج در جوامع گیاهی مشابه، استفاده از پلات ۱×۱ با الگوهای نمونه‌برداری استفاده شده به هیچ عنوان توصیه نمی‌شود و اگر به جدول ۱ دقت شود نتایج حاصل از پلات ۲×۱ مشابه نتایج پلات‌های ۲×۲ و ۳×۳ است. بنابراین می‌توان در شرایط مشابهی از نظر نوع گیاهان و پراکنش آنها و در سال‌های مشابه از تعداد شش پلات ۲×۱ در واحد نمونه‌برداری ۳۰×۳۰ استفاده کرد.

جامعه ۲: نتایج آزمایش مدل‌های جامعه دو در جدول ۲ نگاشته شده است. وضع اعتبار مدل‌ها در شاخص‌ها و پلات‌های مختلف با جامعه یک تا حدودی فرق دارد. در بیشتر شاخص‌ها، فقط مدل‌های بدست آمده در پلات ۳×۳ دارای اعتبار کافی می‌باشند، هرچند که همبستگی مدل‌ها در برخی اندازه پلات‌های دیگر معنی‌دار شده است. بنابراین

می‌توان گفت که دیگر اندازه پلات‌ها در این جامعه با گیاهان غالب بوته‌ای و بزرگ با پراکنش یکنواخت مناسب نبوده‌اند. شاخص‌های NDVI، NRVI و TSAVI1 از نظر معنی‌داری مدل‌ها مشابهند. اما مدل حاصل از شاخص CTVI در کل پلات‌ها از اعتبار کافی برخوردار نیست. در نتیجه این شاخص‌ها نتوانسته‌اند در این جامعه مناسب باشند. در مدل‌های حاصل از رابطه تولید گیاهان با شاخص‌ها، همانند جامعه یک نتایج شبیه به درصد پوشش است، منتهی باید در انتخاب شاخص دقت بیشتری کرد، به دلیل اینکه اندازه‌گیری تولید گیاهان دقت بیشتری لازم دارد و در بیشتر مواقع در کل پلات‌ها قطع و توزین انجام نمی‌شود و تولید برآوردی از درصد پوشش است و ممکن است تعداد نمونه‌ها کافی نبوده و یا اینکه حاصل از تخمین کارشناس اندازه‌گیر باشد. در نتیجه میزان همبستگی شاخص‌ها و به‌طبع آن اعتبار مدل‌های حاصل پایین‌تر از پوشش می‌باشد، زیرا در جامعه دو مدل‌های حاصل از درصد پوشش در پلات‌های ۲×۲ و ۳×۳ در هر دو الگو از نظر اعتبار مناسبند، در حالی که برای تولید فقط در پلات ۳×۳ در الگوی یک (شش پلاتی) مدل مناسبی بدست آمده است. همچنین می‌توان مشاهده کرد که شاخص RMSE در مدل‌هایی که با آزمون t اعتبار ندارند به میزان قابل توجهی بالاست و بدین معناست که چنین مدل‌هایی دارای اعتبار کافی نیستند.

جامعه ۳: نتایج آزمایش مدل‌های حاصل از رابطه درصد پوشش و تولید گیاهان جامعه سه در جدول ۳ مشاهده می‌گردد. در این جامعه گراس‌ها با الگوی پراکنش کپه‌ای بیشترین درصد ترکیب را تشکیل می‌دهند. همانطور که دیده می‌شود در بیشتر شاخص‌ها نتایج آزمایش مدل در پلات‌های ۲×۲ و ۳×۳ مشابه و اعتبار آن بیشتر از پلات‌های ۱×۱ و ۲×۱ است. به‌عبارت دیگر در بیشتر شاخص‌های سنجش از دوری، مدل‌های حاصل در پلات‌های ۲×۲ و ۳×۳ از نظر اعتبار در حد قابل قبولی می‌باشد و متفاوت از دو اندازه پلات دیگر (۱×۱ و ۲×۱) است. مدل‌های حاصل از شاخص‌های NDVI و CTVI مشابه‌اند و در همه آنها در پلات‌های ۱×۱ و ۲×۱ مدل‌ها از نظر اعتبار قابل قبول نمی‌باشند. دو شاخص NRVI و TSAVI1 در این جامعه دارای بالاترین همبستگی و اعتبار و کمترین مقدار RMSE می‌باشند. به‌طورکلی با توجه به نتایج بررسی همبستگی و آزمایش اعتبارسنجی مدل‌های مختلف در هر جامعه، می‌توان گفت که با افزایش سطح پلات به‌طبع نسبت سطح نمونه‌برداری بیشتر شده و نتایج قابل قبول‌تری حاصل می‌شود. ولی نباید میزان هزینه و زمان در دسترس را فراموش کرد. بنابراین در جامعه ۱ با گیاهان غالب پهن‌برگ و الگوی پراکنش تصادفی تعداد شش پلات ۲×۱ در واحد نمونه‌برداری ۳۰ در ۳۰ متری پیشنهاد می‌شود. همچنین اگر زمان کافی برای انتخاب مدل مناسب در دسترس نباشد، دو شاخص NDVI و CTVI که از شاخص‌های شناخته شده هستند می‌توان برای برآورد درصد پوشش و تولید در شرایط مشابه پیشنهاد کرد. در جامعه ۲ با گیاهان غالب بوته‌ای، بزرگ (دافنه و گون گزی) و الگوی پراکنش یکنواخت، هیچ یک از اندازه پلات‌ها نتوانسته‌اند نتایج قابل اعتمادی مشابه پلات ۳×۳ حاصل کنند، بنابراین در شرایط مشابه این جامعه استفاده از تعداد سه پلات ۳×۳ در واحد نمونه‌بردای ۹۰۰ مترمربعی توصیه می‌شود. همچنین در شرایط این جامعه می‌توان از شاخص‌های NDVI و TSAVI1 برای برآورد درصد پوشش و تولید استفاده کرد. در جامعه ۳ نیز با توجه به نتایج این تحقیق می‌توان بیان کرد در پلات‌های ۱×۱ و ۲×۱ مدل مناسبی برای درصد پوشش و تولید گیاهان حاصل نشده است. ولی پلات ۲×۲ توانسته نتایجی مشابه به پلات ۳×۳ داشته باشد. بنابراین شش پلات ۲×۲ در واحد نمونه‌برداری ۳۰ در ۳۰ برای نمونه‌برداری زمینی در این جامعه با گیاهان غالب گراس با الگوی پراکنش کپه‌ای پیشنهاد می‌شود. همچنین دو شاخص NRVI و TSAVI1 نیز توصیه می‌گردد.

منابع مورد استفاده

– Arzani, H., 1998. Using digital Landsat TM image data for estimate production and vegetation cover. Iranian Journal of Natural Resources, 50(1): 11-21.

– Arzani, H., Dehdari, S. And King, G., 2011. Estimates

of rangeland production estimation through vegetation measurement, Rangeland and Desert Research, 18(1): 1-16.
– Amiri, F., 2010. Using remote sensing data for vegetation cover assessment in Semi-Arid Rangelands of center province of Iran. World Applied Sciences Journal, 11 (12): 1537-1546.
– Anderson, G. L. and Hanson, J. D., 1993. Evaluating hand-help radiometer derived vegetation indices for estimating above ground biomass on semiaid rangelands. Remote Sensing of Environment journal, 45: 165- 175.
– Curtis, J.T. and McIntoch, R.P., 1950., The interrelation of certain analytic and synthetic phytosociologica. Journal of Ecology, 41: 434-445.
– 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.
– 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.
– Hadian, F., Jafari, R., Bashiri, H. and Soltani, S., 2011. Assessment of plant indices to researching rangeland communities. Rangeland journal, 4: 420-429.
– Hardisky, M. A., Daiber, F. C., Roman, C. T. and Klemas, V., 1984. Remote sensing of biomass and annual net aerial primary productivity of a salt mash. Remote Sensing of Environment journal, 16: 91-106.
– Jasinsky, M. F. and Eagleson, P. S., 1989. The structure of red-infrared scattergrams of semi vegetated landscapes. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 37: 46- 56.
– Kusuma P., Hively, W.D. and McCarty, W., 2015. Evaluating the relationship between biomass, percent groundcoverand remote sensing indices across six winter cover crop field's inMaryland, United States. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 39: 88- 102.
– Moleele, N. M. and Arnberg, W., 1998., 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 ranglands.Journal of International Remote Sensing, 22(5): 41-756.
– Pickup, G., 1989. New land degradation survey techniques for arid Australia: problems and prospects. Australia Rangland. Journal, 11: 74-82. DOI: 10. 1071.RJ9890074.
– Pickup, G., Chewings, V. H. 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.
– Qi, J., Chehbouni, A., Huete, A. R., Kerr, Y. H. and Sorooshian, S., 1994. A modified soil adjusted vegetation index. Remote Sensing of Environment journal, 48: 119- 126.
– Rouse, J.W., Has, R.H., Shell, D., Deering, W. and Harlan, J.C., 1974. Monitoring the vernal advancement of retrogradation of natural vegetation. Final Report, Type III, NASA/GSFC, Greenbelt, MD, 371pp.
– Thorp, K. R., French, A. N. and Rango, A., 2013. Effects of image spatial and spectral characteristics on mapping semiarid rangelands vegetation using multiple end member spectral mixture analysis (MESMA). Remote Sensing of Environment journal, 132: 120- 130.
– Tucker, C. J. and Ripple, H., 1985. Sattelite remote rensing of total herbaceus biomass production in the senegalese sahel. Journal of Remote Sensing of Environment, 17: 233- 249.
– Waller, S.S., Brown, M. A. and Lewis, Y. K., 1981. Factors involved in estimating green biomass by canopy spectral reflectance measurments. Journal of Range management, 34: 105- 108.
– Zare Chahouki, M., Happy, F., and Yousefi, M. And Shafizadeh, M., 2013. Determining the appropriate number, level and shape of the plot for sampling of vegetation in the middle Taleghan rangelands. Journal of Watershed Management Research, 26(99): 134-139.

Application of remote sensing information to estimate production and plant cover percentage (Study area: Rangelands around Choghakhor Wetland in Chaharmahal and Bakhtiari Province)

J. Imani[1]*, A. Ebrahimi[2], B. Gholinejad[3] and P. Tahmsebi[2]

1*-Corresponding author, Ph.D. Candidate of Rangeland Science, Shahrekord University- Expert, Department of Kurdistan Natural Resources, Iran, Email: Imany22@gmail.com
2- Associate Professor, Associate Professor, Faculty of Natural Resource and Earth Sciences, Shahrekord University, Iran
3-Assisstant Professor, Department of Range and Watershed Management, Kurdistan University, Iran

Received:06/03/2020 Accepted: 01/01/2021

Abstract

The present study was conducted to investigate the differences between several remote sensing indices, four different plot sizes, and two different sampling methods to estimate the percentage of plant cover and production in three plant communities in 2013. Ground sampling was performed in three communities with dominant vegetation in two forms of six and three quadrats. Four different dimensions of the quadrats were used nested to estimate production and coverage percentage. Sampling was performed in each community within 30 pixels along three transects with different heights. Dominant plant density was measured by counting the bases per plot, plant cover percentage as an estimate, and production in the form of double sampling about cover percentage. The results showed that with increasing plot area, the degree of correlation of plant indexes of Landsat image and their significance about production and percentage of plant cover increased. But this increase in community 2 is more dramatic in most respects with predominantly shrubs. As in this community, most of the studied indicators in 3 × 3 plot have a correlation and a reliable model, and in the three sizes of 1×1, 2×1, and 2×2 plots, the resulting models are not valid enough and have high RMSE. In community one with dominant broadleaf plants, only the model obtained in 1×1 plot, and community two with dominant plants, the model, obtained in 1×1 and 1×2 plots, are not statistically valid, although sometimes they have a significant correlation. The results of the two different models are statistically different in communities 1 and 3, and there was no significant difference between them in community 2. According to the results of the study of indicators in terms of correlation and model validity, the two indicators NDVI and CTVI can be used in community 1, NDVI and TSAVI1 in community 2, and NDVI, NRVI, and TSAVI1 in community 3 recommended for estimating production and percentage of plant cover using satellite images.

Keywords: Landsat 8, spectral and terrestrial segregation, plant characteristics of remote sensing, correlation coefficient, regression model.