برآورد فراوانی و تراکم گیاهی مراتع با استفاده از عکس‌های هوایی ارتفاع پایین

ملوک رویان[۱*]، عادل سپهری[۱] و عبدالرسول سلمان ماهینی[۲]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱/۲۶ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۶/۲)

چکیده

سنجش از دور و عکس‌های هوایی، ابزاری برای شناسایی، مطالعه و برآورد متغیرهای پوشش گیاهی مانند فراوانی و تراکم گونه‌های گیاهی در جنگل‌ها و مراتع هستند. تصاویر دورسنجی معمول در ارزیابی پارامترهای پوشش گیاهی، اطلاعات کلی ارائه می‌دهند و برای کسب اطلاعات جزئی‌تر درباره متغیرهای گیاهی، نیاز به تصاویر با مقیاس بزرگتر است. مطالعه حاضر به‌منظور اندازه‌گیری فراوانی و تراکم گیاهان در مراتع دشتی با استفاده از تصاویر تهیه شده از طریق بالون و تعیین مناسب‌ترین ارتفاع پرواز انجام شده است. فراوانی و تراکم گیاهی گونه غالب منطقه مورد مطالعه، گیاه بوته شور (*Halocnemum strobilaceum*)، در تصاویر برداشت شده در مقیاس‌های مختلف از ۱:۵۰ تا ۱:۱۰۰۰ تعیین شد و با فراوانی و تراکم به‌دست آمده از داده‌های زمینی در واحدهای نمونه‌برداری مقایسه گردید. نتایج نشان داد بین تراکم بوته‌های برآورد شده برروی زمین و تراکم بوته‌ها در تصاویر تا مقیاس ۱:۶۰۰ (ارتفاع پرواز ۷۵ متر) اختلاف معنی‌دار وجود ندارد ولی در مقیاس‌های کوچکتر، این اختلاف معنی‌دار می‌گردد. هم‌چنین، نتایج آنالیز واریانس متغیر فراوانی نشان داد بین درصد فراوانی بوته‌های برآورد شده در برداشت زمینی و درصد فراوانی برآورد شده بوته‌ها از تصاویر تا آخرین ارتفاع پرواز تهیه شده توسط بالون و سنجنده (ارتفاع ۱۳۰ متر) اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. بنابراین این دو ارتفاع به‌عنوان مبنا در برآورد تراکم و فراوانی گیاهان با استفاده از سامانه بالون و دوربین عکس‌برداری رقومی مورد استفاده، تعیین می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: مراتع بوته‌زار، بالون هلیومی، دورسنجی، متغیرهای گیاهی

۱. گروه مرتعداری، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۲. گروه محیط زیست، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: molook.royan@gmail.com

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1395.5.17.2.4]

[DOI: 10.18869/acadpub.ijae.5.17.1]

مقدمه

استفاده از تصاویر ماهواره‌ای برای ارزیابی و شناسایی جنگل‌ها و مراتع و هم‌چنین بررسی کمیت‌های گیاهی در مناطق غیرقابل دسترس، راه را برای مدیریت درست‌تر مراتع هموار کرده است. تعدادی از عوامل، استفاده از عکس‌های هوایی را محدود می‌کنند که یکی از آنها، هزینهٔ زیاد تهیه عکس‌های هوایی است. هم‌چنین، بعضی از تصاویر تهیه شده از یک منطقه خاص یا قدیمی هستند و یا در مقیاس‌های محلی مورد نیاز، قدرت تفکیک مکانی خوبی ندارند. هم‌چنین، نمی‌توان تغییرات موقتی مانند تغییرات فصلی گیاهان را با آنها ارزیابی نمود (۶).

عدم دسترسی آسان و هزینه بالای تهیه تصاویر با توان تفکیک مکانی بالا مانند تصاویر ماهواره‌های کوئیک ویو و کوئیک برد و نظیر اینها، امکان استفاده از اطلاعات تصاویر ماهواره‌ای برای اندازه‌گیری‌های جزئی را محدود می‌کند. در صورت استفاده از سیستم‌های ساده‌تر و کم هزینه‌تر با قابلیت تفکیک مکانی بالا می‌توان در زمان کوتاه، اطلاعات جزئی را به‌صورت صحیح فراهم آورد.

رمزی و ارواسمیت (۱۳) از بالون و دوربین دیجیتال کنترل از راه دور برای عکس‌برداری از پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه که دچار آتش‌سوزی شدید شده بود استفاده کردند. فراوانی و تراکم گیاهی با استفاده از عکس‌های هوایی بزرگ مقیاس و نمونه‌برداری زمینی توسط لی و ورک (۱۰) مورد آزمون قرار گرفت. نتایج آنها نشان داد که تعیین فراوانی و تراکم گیاهی در عکس‌های هوایی بزرگ مقیاس کاملاً امکان‌پذیر است. تراکم و توزیع ویژگی‌های پراکنش گونه بید با استفاده از عکس‌های تهیه شده توسط هواپیما در ارتفاع پایین در جنوب شرقی ایالت اورگون توسط پترسون و همکاران در سال ۲۰۰۵ انجام شد. نتایج آنها نشان داد که تعیین تراکم، ترکیب جامعه گیاهی، روابط بین گونه‌ها و رابطه جامعه گیاهی با ویژگی‌های محیطی با استفاده از عکس‌های هوایی با مقیاس۱:۲۴۰۰ قابل انجام است (۱۲). بویک و یوشی کاوا (۷) پوشش گیاهی واحدهای ژئومورفولوژیک مجاور یخچالی آلاسکا را با استفاده از کایت و بالون مطالعه کردند. ناپ و همکاران (۹) در جنوب غربی آریزونا، پوشش گیاهی درختان و کاکتوس‌ها را با استفاده از عکس‌های هوایی با مقیاس ۱:۱۲۰۰ برآورد کردند. آنها دریافتند بین پوشش گیاهی برآورد شده از عکس‌های هوایی بزرگ مقیاس و برداشت صحرایی، همبستگی بالایی وجود دارد. لوهایچی و همکاران در سال ۲۰۱۰ با استفاده از بالابر و دوربین دیجیتالی، عکس‌هایی از ارتفاع ۱ تا ۵ متری، جهت پایش پوشش گیاهی مرتعی تهیه کردند. آنها بیان کردند که این روش نمونه‌برداری می‌تواند به‌عنوان روشی سریع و ارزان‌تر جهت پایش و ارزیابی در مقیاس‌های محلی مورد استفاده قرار گیرد و باعث سرعت بخشیدن به جمع‌آوری، پردازش و ذخیره‌سازی شاخص‌های سلامت اکوسیستم مرتعی شود (۱۱). بوث و همکاران (۸) با استفاده از هواپیما از اراضی تحت چرای دام در مراتع وایومینگ آمریکا عکس‌های هوایی با مقیاس۱:۲۰۰ گرفتند. نتایج آنها نشان داد در این مقیاس، درصد تاج پوشش برآورد شده از عکس‌های هوایی و برآورد درصد تاج پوشش برروی زمین، تفاوتی وجود ندارد. آنها هم‌چنین بیان داشتند عکس‌های هوایی خیلی بزرگ مقیاس با هزینه کم، با قدرت تفکیک مکانی بالا (جزئیات زیاد) و دقت خوب قادر به برآورد پارامترهای پوشش مراتع می‌باشند. استرند و همکاران در سال ۲۰۰۶ در جنوب شرقی آیداهو با استفاده از عکس‌های هوایی چندزمانه به بررسی تغییرات تاج پوشش گیاهان در فاصله سال‌های ۱۹۳۹ تا ۱۹۹۸ پرداختند. نتایج آنها نشان‌دهنده قابلیت بالای عکس‌های هوایی در بررسی تغییرات بلندمدت تاج پوشش گیاهان است (۱۴). رویان و همکاران (۴) و سپهری و رویان (۵) با استفاده از بالون و تصاویر بزرگ مقیاس برداشت شده از ارتفاعات مختلف به بررسی درصد تاج پوشش بوته‌ای و مطالعه سطح لکه‌های گیاهی در منطقه اینچه‌برون پرداختند. نتایج مطالعهٔ آنها نشان داد بین درصد تاج پوشش برآورد شده برروی زمین و درصد تاج پوشش

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-16]
[DOR: 20.1001.1.24763128.1395.5.17.2.4]
[DOI: 10.18869/acadpub.ijae.5.17.1]

حاصل از تصاویر تا ارتفاع ۱۰۰ متری اختلاف معنی‌دار وجود ندارد و می‌توان برآورد نااریبی از درصد تاج پوشش بوته‌زارها با دقت و صحتی معادل برآورد زمینی اما در وسعت بیشتر و در زمان کمتر به‌دست آورد. هم‌چنین طبق تحقیقات آنها همبستگی قوی و معنی‌داری در تمام ارتفاعات مورد مطالعه (تا ۱۳۰ متر) در مورد سطح لکه‌های گیاهی وجود دارد. خوشبخت در سال ۱۳۹۰ با استفاده از عکس‌های هوایی ارتفاع پایین (۵ متری) به بررسی تأثیر فشار چرای دام بر الگوی پراکنش گیاهی، به مطالعه تفاوت‌های میان شاخص‌های الگوی پراکنش گیاهان در شرایط مختلف چرایی (قرق، چرای متوسط و چرای شدید) در مراتع اینچه‌برون، پرداخت. نتایج ایشان نشان داد تمامی شاخص‌های مورد بررسی، در محدودهٔ قرق با هر دو محدودهٔ چرای متوسط و چرای شدید دارای تفاوت معنی‌داری هستند؛ در صورتی‌که این تفاوت‌ها میان دو محدودهٔ چرای متوسط و چرای شدید معنی‌دار نیست. هم‌چنین با استفاده از عکس‌های هوایی ارتفاع پایین، توانست تأثیر چرای دام بر الگوی پراکنش گیاهان را در دو منطقه قرق و خارج از قرق نشان دهد. نتایج حاصله، نشان‌دهنده وجود ارتباط میان فشار چرای دام و تغییرات الگوی پراکنش لکه‌های گیاهی است (۱).

تا آنجا که بررسی منابع علمی مرتبط با علوم گیاهی نشان می‌دهند، تحقیقی در زمینه کاربرد تصاویر خیلی بزرگ مقیاس جهت مطالعه متغیرهای پوشش گیاهی مانند فراوانی و تراکم گیاهی مراتع در کشور انجام نشده است. این تحقیق با هدف تعیین فراوانی و تراکم گیاهی بوته‌ای منطقه اینچه‌برون با استفاده از تصاویر به‌دست آمده از دوربین رقومی مستقر برروی بالون در ارتفاعات متفاوت پرواز انجام گرفته است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

مطالعه حاضر در ایستگاه تحقیقاتی منطقه قرق اینچه‌برون در شهرستان آق‌قلا در استان گلستان انجام گرفته است (شکل ۱). مختصات نقطه‌ای این ایستگاه x=۲۷۶۷۴۲ طول شرقی و y=۴۱۲۳۷۲۵ عرض شمالی در مبنای UTM از شرق به جاده آق‌قلا (شهر مرزی اینچه‌برون و دریاچه آلاگل)، از غرب به مراتع هم‌جوار و از جنوب به جاده پاسگاه مرزی صوفی کم منتهی می‌شود. این مطالعه در قسمت شمالی قرق ایستگاه تحقیقاتی اینچه‌برون در ابعاد یک هکتار انجام شده است (۳). منطقه مطالعاتی، مسطح و با شیب کم (۱ تا ۲ درصد) و جهت آن، جنوب شرقی به شمال غربی است. هم‌چنین هنگام تصویربرداری، سرعت باد کمتر از ۴ متر بر ثانیه بود. تیپ گیاهی غالب منطقه (بیش از ۷۰ درصد) را گیاه بوته شور *Halocnemum Strobilaceum* تشکیل می‌دهد. این گیاه بوته‌ای، دارای برگ‌های تحلیل رفته و انشعابات متناوب و معمولاً در سال اول گوشتی می‌باشد. مدت زمان رویش این گونه از بهمن تا مهرماه است (۲).

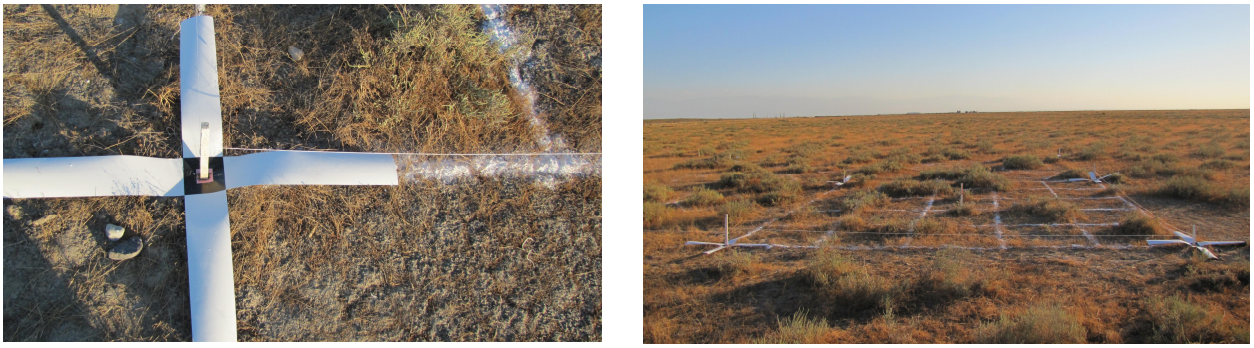
روش نمونه برداری

برای تهیه تصاویر هوایی در ارتفاعات ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ متری از سطح زمین و مقایسه اطلاعات کسب شده از طریق تصویر با اطلاعات زمینی، باید محل محدوده‌های نمونه‌برداری هم برروی زمین و هم برروی تصویر مشاهده گردند. بدین ترتیب امکان تعیین رابطهٔ بین کمیت مورد اندازه‌گیری برروی تصویر و برروی زمین امکان‌پذیر می‌گردد. بنابراین با استفاده از دوربین نقشه‌برداری (تئودولیت)، پنج محدوده به ابعاد ۲۵، ۱۰۰، ۶۲۵، ۲۵۰۰، ۱۰۰۰۰ مترمربعی در محدوده مورد مطالعه برروی زمین نقشه‌برداری و توسط میخ کوبی، نشانه‌گذاری شد. تعداد بوته در هر محدوده شمارش و تراکم بوته‌ها (تعداد بوته در واحد سطح) و فراوانی بوته‌ها (تعداد دفعات رویت شده) در داخل هر یک از محدوده‌ها برآورد گردید. شکل ۲ نمایی از یکی از محدوده‌ها و نشانه‌گذاری توسط میخ کوبی در منطقه را نشان می‌دهد. تصاویر مطالعه حاضر با توجه به رسیدن بوته هالکنموم به حداکثر رشد رویشی سال گذشته خود (تکمیل

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-16]
[DOR: 20.1001.1.24763128.1395.5.17.2.4]
[DOI: 10.18869/acadpub.ijae.5.17.1]



شکل ۱. نقشه موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در استان گلستان



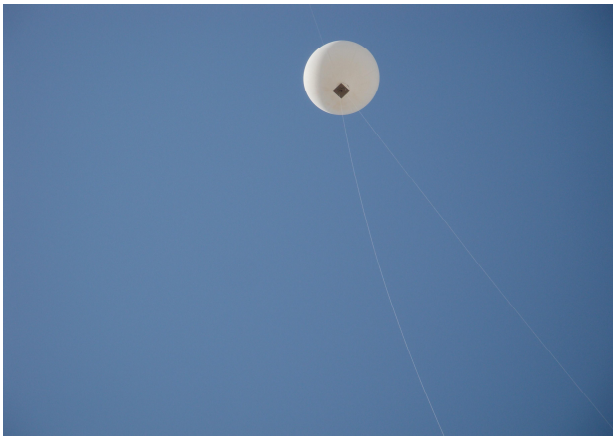
(ب) (الف)

شکل ۲. الف) نمایی از محدوده ۲۵ مترمربعی و ب) شاخص و میخ کوبی برای نشانه‌گذاری محدوده‌ها

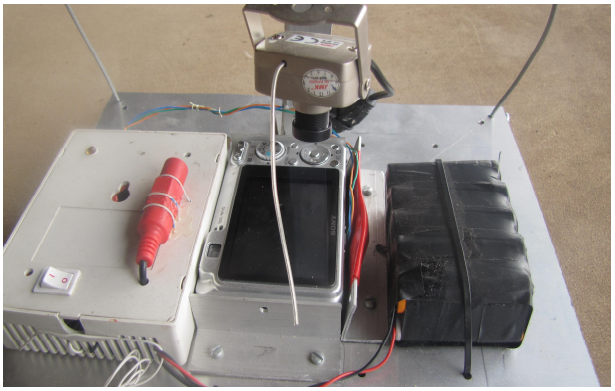
فنولوژی گونه) در مهرماه در ساعات بین ۱۰ صبح تا ۴ عصر، گرفته شد. به‌منظور تهیه عکس با کیفیت مناسب، استفاده از دوربین با قابلیت تفکیک بالا از ضروریات است. در این مطالعه از سکوی سنجنده که حامل دوربین رقومی مدل SONY DSC-W110، ۷/۲ مگاپیکسل، سیستم کنترل عکس‌برداری و انتقال اطلاعات شامل: دوربین فیلمبرداری، گیرنده ویدویی، کارت دریافت و ذخیره اطلاعات و یک دستگاه لپ‌تاپ، جعبه مدارها شامل: مدارهای گیرنده و فرستنده فرمان به سنجنده در امر روشن و خاموش کردن و عکس گرفتن دوربین عکسبرداری و تأمین انرژی سیستم‌ها استفاده شد (۳). برای انجام این مطالعه، بالونی از جنس لاتکس با گاز هلیوم تا قطر ۱۳۴ سانتی‌متر پر شد. سکوی سنجنده ساخته شده با وزن ۷۰۰ گرم به زیر بالون نصب و سپس بالون با هدایت نخ به هوا فرستاده شد و از محدوده‌های نقشه‌برداری شده در مقیاس‌های ۱:۵۰ تا ۱:۱۰۰۰ تصویربرداری گردید. به منظور پایداری عرشه، سیستم تصویربرداری به‌گونه‌ای طراحی گردید که علی‌رغم موقعیت هندسی بالون، همواره به حالت قائم باقی بماند. شکل ۳ بالون و سنجنده و یکی از تصویرهای تهیه شده توسط آن را نشان می‌دهد.

تصاویر رقومی با فرمت jpg وارد نرم افزار GIS شدند. تصحیح هندسی تصاویر با توجه به مختصات کنترل زمینی به تعداد ۹ نقطه با استفاده از معادله تبدیل خطی و روش نزدیکترین همسایه با مجذور میانگین مربع خطای (RMSE) کمتر از ۰/۳۷ مترمربع انجام شد. تعداد بوته‌های مشاهده

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-16]
[DOR: 20.1001.1.24763128.1395.5.17.2.4]
[DOI: 10.18869/acadpub.ijae.5.17.1]



(الف)



(ب)



(ج)

شکل ۳. الف) بالون حین پرواز، ب) سکوی سنجنده و ج) تصویر گرفته شده در مقیاس ۱:۲۰۰

شده در هر تصویر رقومی، شمارش شد و تراکم در واحد سطح (هکتار) و فراوانی برای هر یک از محدوده‌های مطالعاتی تعیین گردید. فراوانی و تراکم گیاهی محاسبه شده از تصویر با فراوانی و تراکم گیاهی متناظر خود در پیمایش زمینی با استفاده از آزمون تجزیه واریانس، مقایسه شد.

نتایج

خلاصه نتایج حاصل از آزمون تجزیه واریانس و حدود اعتماد هر یک از ارتفاعات در متغیر تراکم گیاهی در جدول ۱ آورده شده است.

همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، مقدار F محاسباتی (۲/۴۴) برای تراکم برآورد شده در مقیاس ۱:۶۰۰ از عدد فیشر (F) جدول (۴/۱۱) در سطح خطای ۰/۰۵ کوچکتر است. از اینرو، بین تراکم برآورد شده در این مقیاس و تراکم برآورد شده برروی زمین در هکتار اختلاف معنی‌دار وجود ندارد. این نتیجه‌گیری می‌تواند با ارزیابی مقدار سطح خطای معنی‌داری (P) به‌دست آید. مشاهده می‌شود که کلیه مقادیر P برای مقیاس‌های بزرگتر از ۱:۶۰۰ از مقدار سطح خطای معنی‌داری ۰/۰۵ بزرگترند. به‌عبارت دیگر، تفاوت معنی‌دار آماری بین برآورد زمینی تراکم با آنچه از روی عکس برآورد شده، وجود ندارد. برای مقیاس‌های کوچکتر از ۱:۶۰۰، مقادیر P از سطح خطای استاندارد ۰/۰۵کوچکتر است.

برای بررسی تفاوت تصاویر در برآورد تراکم، آزمون تجزیه واریانس انجام شد. نتایج جدول تجزیه واریانس در جداول ۲ و ۳ آورده شده است.

درصد فراوانی در هر یک از محدوده‌ها با اعلام حضور یا عدم حضور بوته *Halocnemum strobilaceum* در هر یک از پلات‌ها در هر محدوده برروی زمین تعیین شد. مقادیر فراوانی بوته فوق در روی هر عکس در هر محدوده برآورد شد. سپس مقادیر فراوانی برروی عکس با متناظر زمینی خود از طریق آزمون تجزیه واریانس مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج این آزمون در جدول ۴ آورده شده است. نمودار تغییرات سطح خطای معنی‌داری در برآورد درصد فراوانی با افزایش ارتفاع در شکل ۴ نشان داده شده است.

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-16]
[DOR: 20.1001.1.24763128.1395.5.17.2.4]
[DOI: 10.18869/acadpub.ijae.5.17.1]

جدول ۱. خلاصه نتایج جدول تجزیه واریانس تراکم برآورد شده در هر مقیاس و تراکم برآورد شده برروی زمین در هکتار

ارتفاع پرواز (متر)	مقیاس عکس	میانگین تراکم در هکتار زمین	میانگین تراکم در هکتار تصویر	F جدول	F محاسباتی	سطح خطای معنی‌داری (P)
۵	۱:۵۰	۹۲۰۰	۹۲۰۰	۵/۳۲	۰	۱ ns
۱۰	۱:۱۰۰	۹۶۶۶	۹۳۳۳	۴/۹۶	۰/۰۴	۰/۸۴ ns
۱۵	۱:۱۲۰	۹۵۰۰	۹۵۰۰	۴/۶۰	۰/۱۴	۰/۷۲ ns
۲۰	۱:۱۵۰	۹۶۰۰	۹۰۰۰	۴/۴۱	۰/۱۴	۰/۷۱ ns
۲۵	۱:۲۰۰	۹۳۳۳	۹۶۶۶	۴/۳۰	۰/۲۶	۰/۶۲ ns
۵۰	۱:۴۰۰	۱۱۰۰۰	۸۸۳۳	۴/۳۰	۲/۸۷	۰/۱ ns
۷۵	۱:۶۰۰	۹۸۹۴	۸۴۲۱	۴/۱۱	۲/۴۴	۰/۱۳ ns
۱۰۰	۱:۸۰۰	۱۱۱۳۰	۸۴۳۴	۴/۰۶	۵/۹۹	۰/۰۲*
۱۱۵	۱:۹۰۰	۱۱۱۳۰	۸۲۶۰	۴/۰۶	۷/۴۳	۰/۰۱**
۱۳۰	۱:۱۰۰۰	۱۱۰۴۷	۸۶۶۶	۴/۰۸	۴/۲۵	۰/۰۵*

ns: در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار نیست، *: معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد و **: معنی‌داری در سطح ۹۹ درصد است.

جدول ۲. میانگین و انحراف از معیار تراکم محاسبه شده در هکتار در مقیاس‌های مختلف

H	مقیاس تصویر	تعداد پلات	$\bar{D}$	s
۵	۱:۵۰	۲۵	۹۲۰۰	۳۰۳۳
۱۰	۱:۱۰۰	۲۵	۹۲۰۰	۳۰۳۳
۱۵	۱:۱۲۰	۴۰	۹۰۰۰	۲۳۹۰
۲۰	۱:۱۵۰	۴۰	۹۰۰۰	۲۳۹۰
۲۵	۱:۲۰۰	۶۰	۸۶۶۶	۲۹۹۴
۵۰	۱:۴۰۰	۴۵	۸۴۴۴	۲۴۰۳
۷۵	۱:۶۰۰	۸۵	۸۵۸۸	۲۶۲۳
۱۰۰	۱:۸۰۰	۱۰۵	۸۵۷۱	۲۴۶۱
۱۱۵	۱:۹۰۰	۱۱۵	۸۲۶۰	۲۰۲۷
۱۳۰	۱:۱۰۰۰	۱۰۵	۸۶۶۶	۲۱۲۹

H: ارتفاع پرواز (متر)، $\bar{D}$: میانگین تراکم (تعداد بوته در هکتار)، s: انحراف معیار

جدول ۳. خلاصه نتایج جدول تجزیه واریانس تراکم برآورد شده در همه مقیاس‌ها با هم در هکتار

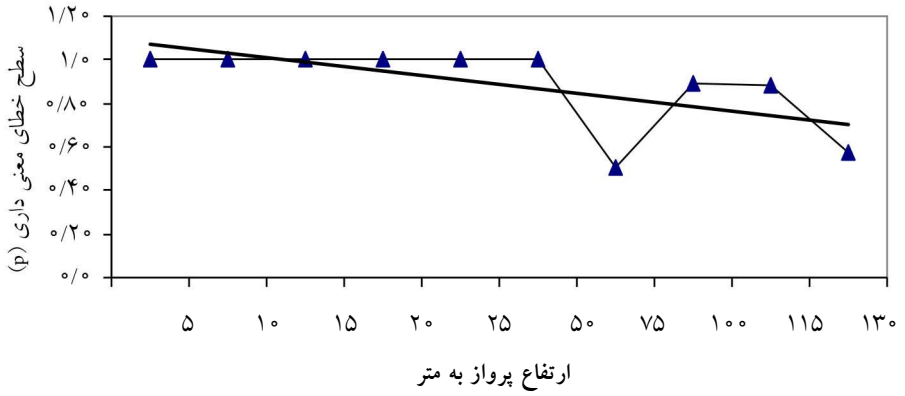
منابع تغییر	درجه آزادی	F محاسباتی	عدد فیشر (F)	سطح خطای معنی‌داری (P)
ارتفاعات	۹	۰/۱۷	۱/۹۶	۱
خطا	۱۱۹	-	-	-
جمع	۱۲۸	-	-	-

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-16]
[DOR: 20.1001.1.24763128.1395.5.17.2.4]
[DOI: 10.18869/acadpub.ijae.5.17.1]

جدول ۴. خلاصه نتایج جدول تجزیه واریانس در برآورد درصد فراوانی در هر مقیاس و درصد فراوانی برآورد شده برروی زمین

ارتفاع پرواز (متر)	مقیاس عکس	مساحت عکس (مترمربع)	درصد فراوانی		انحراف از معیار		F محاسباتی	F فیشر	سطح خطای معنی داری (p)
			زمین	عکس	زمین	عکس			
۵	۱:۵۰	۵۸	۸۰	۸۰	۲۰	۲۰	۰	۵/۳۲	۱ ns
۱۰	۱:۱۰۰	۲۳۶	۷۷	۷۷	۱۸	۱۸	۰	۴/۹۶	۱ ns
۱۵	۱:۱۲۰	۲۹۰	۶۰	۶۰	۲۰	۲۰	۰	۴/۶	۱ ns
۲۰	۱:۱۵۰	۵۲۸	۷۶	۷۶	۲۴	۲۴	۰	۴/۴۱	۱ ns
۲۵	۱:۲۰۰	۹۷۶	۷۳	۷۳	۲۰	۲۰	۰	۴/۳	۱ ns
۵۰	۱:۴۰۰	۳۲۹۶	۷۶	۷۶	۳۱	۳۱	۰	۴/۴۱	۱ ns
۷۵	۱:۶۰۰	۸۰۰۱	۷۴	۷۸	۲۰	۲۱	۰/۴۵	۴/۱۱	۰/۵۱ ns
۱۰۰	۱:۸۰۰	۱۵۵۱۲	۷۶	۷۵	۲۰	۲۱	۰/۰۲	۴/۰۶	۰/۸۹ ns
۱۱۵	۱:۹۰۰	۱۹۱۹۳	۷۶	۷۷	۲۰	۱۷	۰/۰۲	۴/۰۶	۰/۸۹ ns
۱۳۰	۱:۱۰۰۰	۲۳۷۶۴	۷۵	۷۹	۲۰	۲۱	۰/۳۳	۴/۰۸	۰/۵۷ ns

ns: در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار نیست.



شکل ۴. نمودار تغییرات سطح خطای معنی‌داری در برآورد فراوانی با افزایش ارتفاع

بحث و نتیجه‌گیری

از نتایج آزمون انجام شده برمی‌آید بین برآورد تراکم برروی زمـین و برآورد تراکم در تصاویر مربوط به مقیاس‌های متفاوت تا مقیاس ۱:۶۰۰ (ارتفاع ۷۵ متری) اختلاف معنی‌دار وجـود نـدارد. بـا ایـن حال، از ارتفاع پرواز ۷۵ متر به بالا، اختلاف معنی‌دار می‌گردد.

میانگین و انحراف معیار تراکم برآورد شـده در تصـاویر بـا مقیاس‌های متفاوت با یکدیگر مقایسه گردیدند. نتایج حاصل در جدول ۲ آورده شده اسـت. دامنـه تغییـرات تـراکم از کمتـرین ارتفاع (۹۲۰۰ بوته در هکتار) تا بیشترین ارتفاع (۸۶۶۶ بوته در هکتار)، کمتر از ۵ درصد کل تعداد بوته‌ها اسـت و ایـن مقـدار

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-16]
[DOR: 20.1001.1.24763128.1395.5.17.2.4]
[DOI: 10.18869/acadpub.ijae.5.17.1]

همواره کمتر از مقدار قابل قبول در نمونه‌برداری زمینی است. با افزایش ارتفاع اگرچه میزان تخمین تراکم با صحت کمتری کاهش پیدا می‌کند اما هم‌چنان در محدوده قابل قبول تراکم قرار دارد. از اینرو تراکم تخمین زده شده از طریق عکس با مقدار تراکم تخمین زده شده با استفاده از نمونه برداری زمینی اختلاف معنی‌دار ندارد.

نتایج تجزیه واریانس تراکم مربوط به تصاویر در مقیاس‌های مختلف در جدول ۳ آورده شده است. در این جدول، F محاسباتی (۰/۱۷) از عدد فیشر (۱/۹۶) کوچکتر است بنابراین تراکم محاسبه شده در تمام تصاویر با هم اختلاف معنی‌دار ندارند.

نتایج به‌دست آمده بیانگر آن است که با کاهش قابلیت تفکیک مکانی پدیده‌ها در نتیجه افزایش ارتفاع پرواز، میزان خطا در برآورد تراکم افزایش می‌یابد. با افزایش ارتفاع (کوچک شدن مقیاس)، به‌دلیل اینکه واحدهای مورد مطالعه (بوته) با تعداد کمتری پیکسل نمایش داده می‌شود، در نتیجه تأثیر خطای ناشی از پیکسل های مجاور بر انعکاس پیکسل‌های دربرگیرنده بوته‌ها افزایش یافته و باعث افزایش خطای تشخیص بوته می‌گردد. از اینرو، هر چه ارتفاع افزایش پیدا می‌کند تشخیص پدیده‌ها مشکل‌تر می‌شود. این امر تابعی از توان تفکیک مکانی دوربین به‌کار گرفته شده است. بنابراین، هر چه توان تفکیک دوربین بیشتر باشد، اثر میکس پیکسل‌ها کاهش می‌یابد.

ضمناً با توجه به اینکه هرچه ارتفاع پرواز بیشتر می‌شود تصویربرداری از ارتفاع بالاتری انجام می‌گیرد سطح تصویربرداری شده افزایش یافته و در نتیجه سرعت تخمین پارامتر مورد نظر (تراکم در این مطالعه) افزایش یافته و هزینه مطالعه کاهش می‌یابد.

جدول ۴ نتایج آزمون تجزیه واریانس درصد فراوانی را نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد اختلاف معنی‌دار (در سطح خطای معنی‌داری ۵ درصد) بین درصد فراوانی برآورد شده برروی عکس و درصد فراوانی برآورد شده برروی زمین در ارتفاعات مختلف پرواز وجود ندارد. بنابراین، از تصاویر با ارتفاعات بالاتر به‌دلیل میدان دید بیشتر و پوشش سطح بیشتر می‌توان برای تعیین فراوانی گیاهان استفاده نمود.

به‌نظر می‌رسد به‌دلیل افزایش آشفتگی هوا (در نتیجه وزش باد) و ناپایداری عرشه، سنجنده‌های مستقر در ارتفاع بالای ۲۰۰ متر از سطح زمین، کاربرد پهپادهای بدون نیروی محرکه به ارتفاع پایین‌تر از ۲۰۰ متر محدود گردد. مطالعات رویان (۳) نشان داد که سنجش از دور مربوط به مطالعات پوشش گیاهی مراتع می‌تواند با استفاده از دورسنجی بردکوتاه (پهپادها، بالون، کایت و ...) در ارتفاع حدود ۷۵ متر انجام پذیرد. با توجه به توسعه کاربرد پهپادهای تحقیقاتی و کاربرد آنها در مطالعات علوم زمین، این تحقیقات می‌تواند کاربرد زیادی داشته باشد.

با توجه به نتایج این تحقیق، می‌توان اظهار داشت که ارتفاعات پایین تر از ۷۵ متر می‌توانند برای تخمین دقیق تراکم گیاهی مورد استفاده قرار گیرند. با توجه به افزایش میدان دید برای عکس‌برداری در ارتفاعات بالاتر (مقیاس کوچکتر) و عدم تفاوت معنی‌داری تراکم برآورد شده تا محدوده ارتفاعی ۷۵ متر و عدم تفاوت معنی‌دار فراوانی برآورد شده تا محدوده ارتفاعی ۱۳۰ متر، این دو ارتفاع به‌عنوان مبنا در برآورد تراکم و فراوانی گیاهان از روی عکس توصیه می‌شود.

تقدیر و تشکر

تشکر ویژه نویسندگان به‌خاطر همکاری صمیمانه مرکز تحقیقات منابع طبیعی استان گلستان که با مساعدت این مرکز، امکان انجام این تحقیق در ایستگاه تحقیقاتی اینچه برون میسر گردید، است. از جناب آقای دکتر سید علی حسینی (در بخش میدانی این تحقیق)، آقای مهندس میثم رجبیان (در بخش فنی سنجنده) و آقای مهندس سیامک مکاری (در بخش فنی بالون) که در انجام تحقیق حاضر، همکاری داشته‌اند، تشکر و تقدیر می‌گردد.

لازم به ذکر است که این تحقیق با استفاده از اعتبار پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شده است.

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-16]
[DOR: 20.1001.1.24763128.1395.5.17.2.4]
[DOI: 10.18869/acadpub.ijae.5.17.1]

منابع مورد استفاده

۱. خوشبخت، م. ۱۳۹۰، بررسی اثر فشار چرای دام بر الگوی پراکنش پوشـش گیـاهی بـا اسـتفاده از عکـس‌هـای هـوایی بردکوتـاه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

۲. رضاشاطری، م. ۱۳۸۸، بررسی رابطه میکروتوپوگرافی با توزیع لکه‌های گیاهی در مراتع شوره‌زار اینچه برون. پایان‌نامه کارشناسـی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

۳. رویان، م. ۱۳۸۹، برآورد درصد تاج پوشش گیاهان مرتعی از طریق عکس‌های رقومی هـوایی بردکوتـاه در مقیـاس‌هـای مختلـف. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

۴. رویان، م.، ع. سپهری، و ع. سلمان ماهینی. ۱۳۹۱، تأثیر تغییر ارتفاع پرواز و قدرت تفکیک مکانی عکـس‌هـای هـوایی در بـرآورد درصد تاج‌پوشش مراتع بوته‌زار. *نشریه مرتع و آبخیزداری (مجله منابع طبیعی ایران)* ۶۵(۳): ۳۵۹-۳۵۱.

۵. سپهری، ع. و م. رویان، ۱۳۹۱، قابلیت تصاویر دورسنجی بردکوتاه مستقر بر بالون هلیومی، در برآورد سطح لکه‌های گیاهی. *نشریه سنجش از دور و GIS ایران* ۴(۳): ۱۰۶-۹۹.

6. Baker, A. K. M., R. W. Fitzpatrick and S. R. Koehne. 2004. High resolution low altitude aerial photography for recording temporal changes in dynamic surficial environments: Regolith. PP. 21-25. *In*: Roach, I. C. (Eds.), Bentley, Australia: Landscape Environments and Mineral Exploration Australia, CRC LEME.
7. Boike, J. and K. Yoshikawa. 2003. Mapping of periglacial geomorphology using Kite/balloon aerial photography. *Permafrost and Periglacial Processes* 14(1): 81-85.
8. Booth, D. T., D. Glenn, B. Keating, S. E. Cox, J. Nance and J. P. Barriere. 2004. Monitoring Rangelands with Very Large Scale Areal Imagery. Proceedings of American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, January 2, 2004.
9. Knapp, P. A., P. L. Warren and C. F. Hutchinson. 1990. The use of large-scale aerial photography to inventory and monitor arid rangeland vegetation. *Journal of Environmental Management* 31(1): 29-38.
10. Lee, F. W. and E. A. Work. 1992. Applications of large-scale aerial photography for rangeland monitoring. *Geocarto International* 7(1): 11-18.
11. Louhichi, M., M. D. Johndon, A. L. Woerz, A. W. Jasra and D. E. Johnson. 2010. Digital charting technique for monitoring rangeland vegetation cover at local scale. Image processing for monitoring vegetation dynamics. *International Journal of Agriculture & Biology* 12: 406-410.
12. Petersen, S. L., T. K. Stringham and A. S. Laliberte. 2005. Classification of willow species using large-scale aerial photography. *Rangeland Ecology & Management* 58(6): 582-587.
13. Ramsey, M. S. and J. R. Arrowsmith. 2001. New images of fire scars may help to mitigate future natural hazards. *EOS. Transactions American Geophysical Union* 82(36): 393-398.
14. Strand, E. K., A. M. S. Smith, S. C. Bunting, L. A. Vierling, D. B. Hann and P. E. Gessler. 2006. Wavelet estimation of plant spatial patterns in multi-temporal aerial photography. *International Journal of Remote Sensing* 27(10): 2049-2054.

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-16]
[DOR: 20.1001.1.24763128.1395.5.17.2.4]
[DOI: 10.18869/acadpub.ijae.5.17.1]