

تعیین ارتفاع بهینه برای دستیابی به درصد پوشش گیاهی با استفاده از کوادکوپتر (مطالعه موردی: منطقه رضوانشهر استان یزد)

مهدی حیدری^۱، مهدی تازه^۲، سعیده کلانتری^{۳*}

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۲۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۰۸

چکیده

یکی از ملزومات مطالعات اکوسیستم‌ها، تهیه نقشه پوشش گیاهی منطقه است. تهیه این نقشه، معمولاً مستلزم مطالعه میدانی است. از آنجاکه مطالعات میدانی با صرف هزینه و زمان زیادی همراه است، استفاده از دانش سنجنش از دور، یکی از راهکارهای مؤثر در این زمینه است. در این مطالعه، اقدام به بررسی قابلیت استفاده از عکس‌برداری توسط کوادکوپتر، برای تهیه نقشه درصد پوشش گیاهی منطقه شده است. در همین راستا، عکس‌برداری از پوشش گیاهی در ۹ ارتفاع مختلف از سطح زمین صورت گرفت. پرنده مورد استفاده این تحقیق، فانتوم ۴ مجهز به دوربین با کیفیت ۱۲ مگاپیکسل است. ارتفاع عکس‌برداری از ۲۰ متری از سطح زمین شروع شده و با توجه به قدرت پوشش پرنده، تا ۱۰۰ متری به فواصل هر ده متر صورت گرفته است. با افزایش ارتفاع عکس‌برداری، مساحت کل عکس‌برداری شده بیشتر شده ولی تفکیک جزئیات کمتر شده و در ارتفاعات پایین، مساحت کل نشان داده شده کمتر، اما قدرت تفکیک جزئیات بالاتر است. از آنجاکه با افزایش ارتفاع، دامنه دید و ابعاد پلات عکس‌برداری وسیع‌تر می‌شود، اقدام به مقایسه آن با مقادیر درصد پوشش گیاهی به دست آمده از تصاویر گوگل ارث گردید که دارای همبستگی ۹۹ درصد بود. همچنین ارتفاع بهینه عکس‌برداری برای استخراج درصد پوشش گیاهی تعیین شد. نتایج این تحقیق نشان داد ارتفاع بهینه برای عکس‌برداری جهت محاسبه درصد پوشش گیاهی با توجه به تیپ گیاهی موجود در منطقه که درختچه‌ای و به طور عمده تاغ است، ارتفاع ۹۰ متری است.

کلیدواژه‌ها: کوادکوپتر، عکس‌برداری، سطح تراز، پوشش گیاهی، ارتفاع عکس‌برداری.

۱. کارشناس ارشد مدیریت کنترل و بیابان، گروه طبیعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران

۲. دانشیار گروه طبیعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران

۳. استادیار گروه طبیعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران، نویسنده مسئول، skalantari@ardakan.ac.ir

* این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه اردکان است.

مقدمه

در سال‌های اخیر علم سنجش از دور، در مطالعات منابع طبیعی، به‌ویژه در ارزیابی و تهیه نقشه‌های پوشش گیاهی، گسترش روزافزونی داشته است. در حال حاضر ماهواره‌ها، پلت‌فرم‌های اولیه را براساس تصاویر سنجش از دور به کار می‌برند. به‌رحال این دسته سیستم‌های سنجش از دور، موانع و اشکالاتی نیز دارند؛ از جمله این اشکالات فضای کم، رزولوشن موقتی و از سویی شرایط آب‌وهوایی و افزایش قیمت باعث محدودیت در دسترسی می‌شود (کمالی و همکاران، ۲۰۲۳؛ زهتابیان و همکاران، ۲۰۱۷). و با توجه به اینکه ابزارهای سنجش از دور متعدد هستند، عکس‌برداری و مطالعه عکس‌های هوایی به‌عنوان یکی از این ابزارها، همواره مورد توجه بوده است. امروزه با استفاده از صنایع و تکنولوژی نوین و با توجه به روند رو به رشد توسعه علم صنایع هوایی و فضایی، با این فناوری می‌توان به‌راحتی پوشش گیاهی را مطالعه نمود (فتحی‌زاد و همکاران، ۲۰۱۷). عکس‌برداری با کوادکوپترها در مناطق صعب‌العبور می‌تواند مؤثر و مفید و دارای نوآوری باشد. تصاویر رقومی هوایی پهباد، دارای کاربردهای متنوعی در استخراج اطلاعات مکانی، تهیه و بازنگری نقشه‌هاست. همچنین توانایی تصاویر دارای قدرت تفکیک مکانی بالا که به‌صورت داده‌های رقومی و با استفاده از سکوه‌های هوایی و فضایی و با انواع قدرت تفکیک‌های زمانی، مکانی، طیفی و رادیومتری ارائه می‌گردد، می‌تواند این تصاویر را برای تهیه نقشه‌های توپوگرافی، تصویری و موضوعی در مقیاس‌های مختلف و بازنگری اطلاعات نقشه‌ای با به‌کارگیری نقاط کنترل زمینی (GCPs) مورد استفاده قرار دهد. همچنین با پوشش مناسب تصاویر در جهات مختلف و تهیه مدل رقومی ارتفاعی منطقه مورد نظر، این امکان وجود دارد که با استفاده از این تصاویر اطلاعات مورد نیاز را پس از تصحیح هندسی به‌روز درآورد و بنا به نیاز کاربر از آن استفاده نمود. امروزه راه‌های زیادی برای جمع‌آوری اطلاعات محیطی وجود دارد (لئی، ۲۰۱۸؛ بندی و همکاران، ۲۰۱۵). در بسیاری از موارد به‌دلیل گسترده بودن منطقه، عدم دسترسی، نبود جاده،

مطالعه مقایسه‌ای و بررسی‌های زمان‌دار (سالانه یا فصلی) استفاده و کاربرد عکس‌های دیجیتالی بسیار مفید و کاربردی می‌باشند (لی و همکاران، ۲۰۱۵؛ زارعی و همکاران، ۲۰۲۱). روبرت و همکاران (۲۰۱۲) در پژوهشی، کاربرد هلی‌کوپترهای بی‌سرنشین در مطالعات پوشش گیاهی را بررسی کردند و این وسیله را برای دستیابی به هدف مطالعه، بسیار کاربردی دانستند. طبق نظر آنیکا و همکاران (۲۰۱۴) ظرفیت کاربردی دوربین‌های دیجیتالی درجه‌بندی‌شده برای اطلاعات زمانی، برای فهم بهتر روابط بین شرایط محیطی، سلامتی گیاهان و محصولاتشان بسیار مهم است و کاربرد این فناوری را در حیطه گیاهان گسترش می‌دهد. طبق مطالعات هافیو و همکاران (۲۰۱۸) برای تهیه و بهبود سنجش از راه دور، سیستم UAV به‌طور مستقل گسترش یافته است. UAV سیستمی است که براساس حمل‌ونقل آسان با هلی‌کوپترهای کمتر از ۱۴ کیلوگرم شکل گرفته است. در این سیستم، تجهیزات با دوربین‌های مجهز و سیستم مستقل قادرند تصاویر چندطیفی را در هر زمان و هر مکانی تهیه کنند. لائرسیو لئونل و همکاران (۲۰۱۰) با استفاده از بالابر و دوربین دیجیتالی، برای پایش پوشش گیاهی مرتعی عکس‌هایی تهیه کردند. دوربین کانن (مدل شات قدرتمند آ۰۰۱) به‌کار برده شده برای عکس‌برداری دیجیتال در منطقه استفاده شده و عکس‌برداری از ارتفاع ۲۰۰ متری زمین شروع شده، عکس‌ها در روز آفتابی (بدون ابر) در ساعت ۱۰ تا ۱۲ قبل از ظهر گرفته شده است. این عکس‌ها توسط ۱۲ عکاس گیاهان زمین را پوشش داده است و توانسته اطلاعات دقیقی را از پوشش منطقه، در اختیار کاربر قرار دهد. درزمینه مدل‌سازی تصاویر سکوه‌های بدون سرنشین در داخل کشور، تحقیقات کمی صورت گرفته است، اما صمدزادگان و عبدی (۲۰۱۱) در تحقیقی، پروژه نوابری اتوماتیک سکوه‌های هوایی بر مبنای مفاهیم بنیادی کامپیوتر انجام داده‌اند که در سکوه‌های بدون سرنشین کاربرد دارد.

در پژوهش حاضر، با عکس‌برداری از نقاط گوناگون و در ارتفاعات مختلف توسط کوادکوپتر و در نهایت، مقایسه با تصاویر هوایی، بررسی شد چه نوع عکس و از چه ارتفاعی بهترین اطلاعات را در مورد زمین مورد مطالعه و پوشش

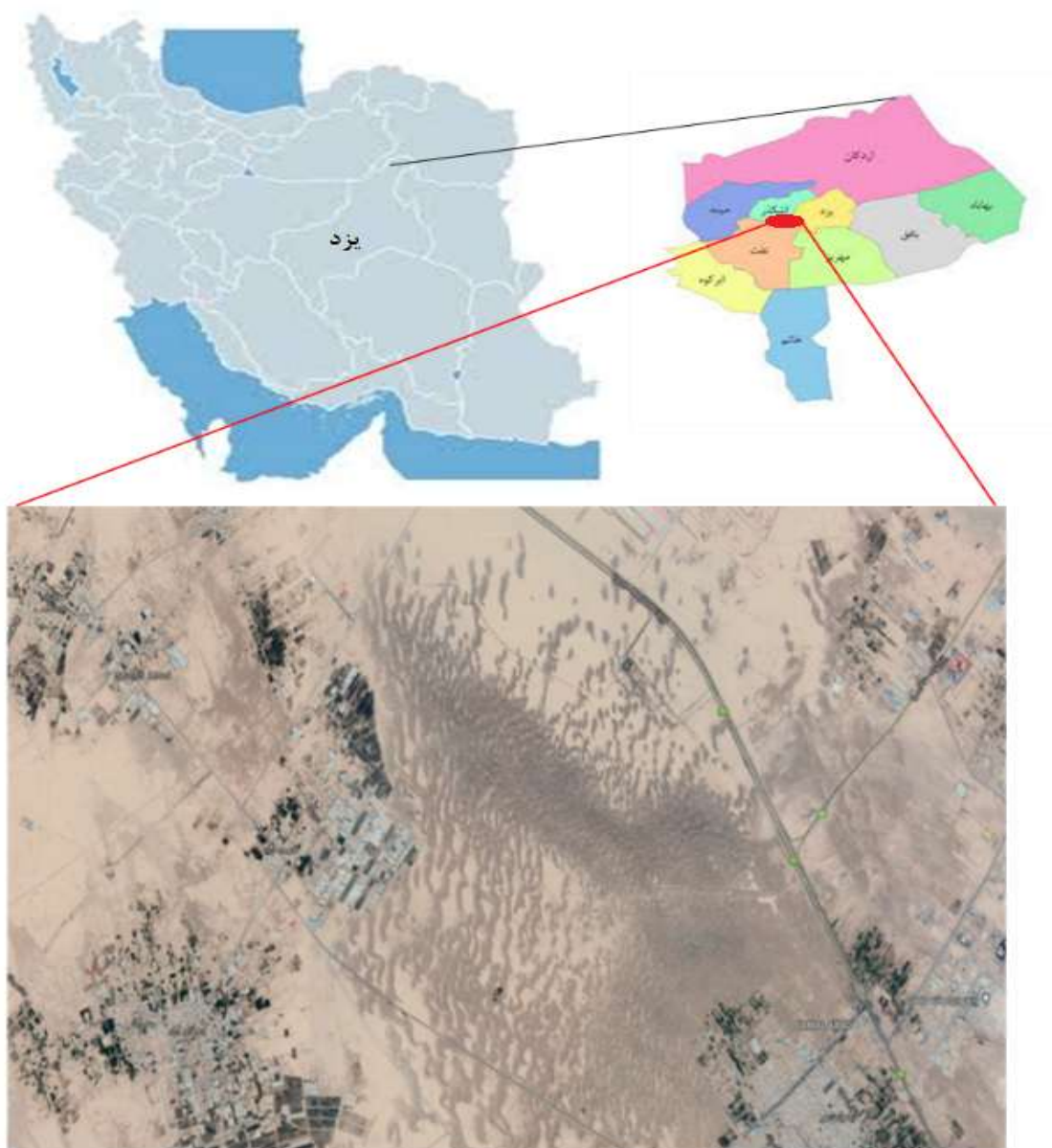
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه بین طول ۵۴/۱۶۱۵۹ درجه و عرض ۳۲/۰۴۵۶۰ درجه واقع شده و جزو مناطق بیابانی کشور است که متوسط بارندگی در آن، ۶۰/۸ میلیمتر بوده و در مسیر یزد-مبید قرار دارد. سریع‌ترین راه دسترسی به محل، جاده ترانزیت است (زهتابیان و همکاران، ۲۰۱۳). شکل (۱) موقعیت منطقه را در کشور نشان می‌دهد.

گیاهی در اختیار قرار می‌دهد.

- به‌طور کلی اهداف اصلی این پژوهش به شرح زیر بوده است:
- بررسی امکان استفاده از کوادکوپتر در تهیه نقشه درصد پوشش گیاهی منطقه؛
- بررسی ارتفاعات مختلف پرواز در عکس‌برداری از پوشش گیاهی و محاسبه درصد آن؛
- مقایسه مقادیر درصد پوشش گیاهی با کوادکوپتر و تصاویر گوگل ارث.



شکل (۱): موقعیت منطقه مورد مطالعه

Figure (1): Location of the study area

زاویه دید	۹۴ درجه
موتور	براش
نحوه کنترل	رادیوی کنترل یا تلفن همراه
فرکانس رادیوی کنترل	۲.۴ گیگاهرتز و ۵.۸ گیگاهرتز با چهار کانال
برد مسافتی FCC	۵ کیلومتر
برد مسافتی ارتفاع	۵۰۰ متر
کیفیت دوربین	UHD: 4096×2160 (4K) 24 / 25p 3840×2160 (4K) 24 / 25 / 30p 2704×1520 (2.7K) 24 / 25 / 30p FHD: 1920×1080 24 / 25 / 30 / 48 / 50 / 60 / 120p HD: 1280×720 24 / 25 / 30 / 48 / 50 / 60p
گیمبال	۳ محوره
ارسال تصویر	دارد - تا شعاع ۴ کیلومتر
IMU	دارد

روش مطالعه

ارتفاع، عکس برداری صورت گرفت. در شعاع یک کیلومتری از شاخص، عکس برداری در چهار جهت اصلی صورت گرفت، که شعاع یک کیلومتری کل منطقه مورد مطالعه را پوشش می دهد. عکس برداری در ارتفاعات متفاوت انجام شد، اما به دلیل محدودیت پروازی در منطقه، بیش از صد متر، امکان عکس برداری وجود نداشت. بنابراین از صد متر تا بیست متر، ده متر ده متر، ارتفاع را کم و عکس برداری صورت گرفت. ابتدا در یک نقطه مرکزی، با استفاده از شاخص بالا با ابعاد مشخص، در ارتفاع های مذکور عکس برداری صورت گرفت. از این تصاویر برای کالیبره کردن عکس های برداشت شده و مقادیر عددی درصد پوشش گیاهی محاسبه شده استفاده شد. شکل (۳) عکس برداری از یک نقطه را در دو ارتفاع ۲۰ و ۵۰ متری نشان می دهد. در مرکز این تصویر جعبه پرنده با ابعاد ۴۰ در ۶۰ سانتی متر، به عنوان یک شاخص، برای تبدیل مقادیر اندازه های روی تصویر به ابعاد واقعی بر روی زمین، نشان داده شده است.

از آنجاکه نمونه برداری زمینی از پوشش گیاهی، مستلزم صرف هزینه و زمان زیادی است، در این تحقیق اقدام به عکس برداری از پوشش گیاهی و انتقال داده ها به سیستم های کامپیوتری و تفسیر و رقوم سازی آن ها گردید. از طرفی در مطالعات زمینی، همواره مخاطرات و دشواری های فراوانی، برای دسترسی به نقاط نمونه برداری و برداشت زمینی وجود دارد، که چنین مشکلاتی هنگام عکس برداری با پرنده های هدایت پذیر برطرف می شود. بدین منظور ابتدا در پروژه حاضر، به دلیل عدم دسترسی به محل مورد نظر، عکس برداری با کوادکوپتر صورت گرفت، سپس نقطه ای را به عنوان مرکز انتخاب نموده و کوادکوپتر هدایت شد. این شاخص از ارتفاع ده متری تا ارتفاع صد متری تعیین شد و طبقه به طبقه عکس گرفته شد. به عبارتی پس از هدایت پرنده به هر نقطه و ثابت کردن موقعیت آن، اقدام به اوج گیری مرحله به مرحله گردید و در هر ۱۰ متر تغییر در



B



A

شکل (۳): عکس برداری از شاخص در ارتفاع: الف) ۲۰ متر؛ ب) ۵۰ متر

Figure (3): Photographing the index at a height of a) 20 meters b) 50 meters

بیاید. با ثابت بودن تعداد پیکسل کل عکس‌ها در تمامی ارتفاعات، هر ارتفاع ضرب در ابعاد پیکسل‌ها شد تا مساحت کل تحت پوشش، به متر مربع به دست آید. با در دست داشتن مساحت کل و مساحت تحت پوشش در ارتفاعات معین، درصد پوشش گیاهی به دست آمد. سپس با داشتن ابعاد تصاویر و مختصات نقاط در گوگل ارث، نقشه‌های هر چهار جهت و ۹ ارتفاع را استخراج نموده و مراحل کاری که بر روی عکس‌های کوادکوپتر انجام شد، یک بار دیگر بر روی عکس‌های به‌دست‌آمده از نقشه‌ها انجام گرفت تا درصد پوشش گیاهی نقشه‌ها نیز به دست آید. با داشتن این اطلاعات و مقایسه آن‌ها با یکدیگر می‌توان دریافت که اولاً در مراحل انجام کار خطا در ثبت اطلاعات صورت نگرفته باشد و ثانیاً کدام ارتفاع، بهترین درصد را می‌دهد تا با دقت بالا، سطح تحت پوشش بیشتری را بتوان مطالعه کرد.

نتایج

در شکل (۴) عکس‌های گرفته‌شده در هر یک از نقاط نمونه‌برداری، در ارتفاع‌های مختلف، به‌همراه محدوده‌های رقوم‌ی شده پوشش گیاهی بر روی آن، نشان داده شده است و در عکس‌های گرفته‌شده توسط دوربین کوادکوپتر، به ترتیب جهت و ارتفاع نشان داده شده‌اند. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، با افزایش ارتفاع مساحت تحت پوشش بیشتری نشان داده می‌شوند، اما دقت تصاویر در شناسایی جزئیات عوارض، کمتر شده است. همان‌طور که قبلاً بیان شد، عکس‌های مورد نظر در چهار جهت جغرافیایی و در ارتفاعات متفاوت (۹ ارتفاع) با فواصل ده‌متری از یکدیگر گرفته شده است.

در گام بعد، پس از معرفی مشخصات پرواز، هواپیما از روی سکوی مربوطه پرواز داده شد. برای تهیه عکس‌های هوایی، در ارتفاعات ۲۰ تا ۱۰۰ متری از سطح زمین، ابتدا کیف دوربین با مساحت و ارتفاع، به‌عنوان شاخص داده شد و در ارتفاع ۲۰ متری و ۳۰ متری تا ارتفاع صد متر (ده متر، ده متر) از آن عکس‌برداری شد. این عکس‌ها به‌عنوان شاخص به دلیل داشتن محیط و مساحت مشخص به‌عنوان تراز در ارتفاع‌های مشخص به کار برده شد.

در چهار جهت اصلی و در ارتفاعات مشخص‌شده، عکس‌برداری شد. پس از عکس‌برداری از منطقه، عکس‌ها به لپ‌تاپ منتقل شد و آماده پردازش و استخراج اطلاعات گردید. با توجه به دوربین و لنز مورد استفاده، تعداد پیکسل عکس، مشخص و ثابت است. چون پیکسل هر عکس و همچنین ارتفاعات، نیز ثابت است، نیازی نیست در هر چهار جهت، تعداد پیکسل‌ها مشخص شود. در ارتفاعات مختلف، به بررسی درصد پوشش گیاهی و مطالعه سطح لکه‌های گیاهی در منطقه پرداخته شد. در هر ارتفاع، مساحت تحت پوشش متفاوت ولی تعداد پیکسل‌ها یکسان است. با استفاده از نرم‌افزار GIS محدوده پوشش گیاهی عکس‌ها را به‌صورت پلی‌لاین درآورده و پلی‌لاین‌ها به پلی‌گون تبدیل شد و نرم‌افزار، مساحت پلی‌گون‌های پوشش گیاهی را به‌صورت پیکسل نشان داد. مساحت شاخص در ارتفاعات متفاوت نیز محاسبه شد و در مرحله بعدی مساحت شاخص، در ارتفاعات عکس‌برداری‌شده، به‌صورت پیکسل به دست آمد. پس از آن مساحت شاخص (به متر) تقسیم بر تعداد پیکسل در هر ارتفاع شد تا ابعاد پیکسل‌ها در ارتفاع به دست بیاید. پس از به دست آمدن ابعاد پیکسل‌ها در هر ارتفاع، مساحت پلی‌گون‌های پوشش، ضرب در ابعاد پیکسل‌ها شد تا مساحت پوشش گیاهی در هر ارتفاع به دست



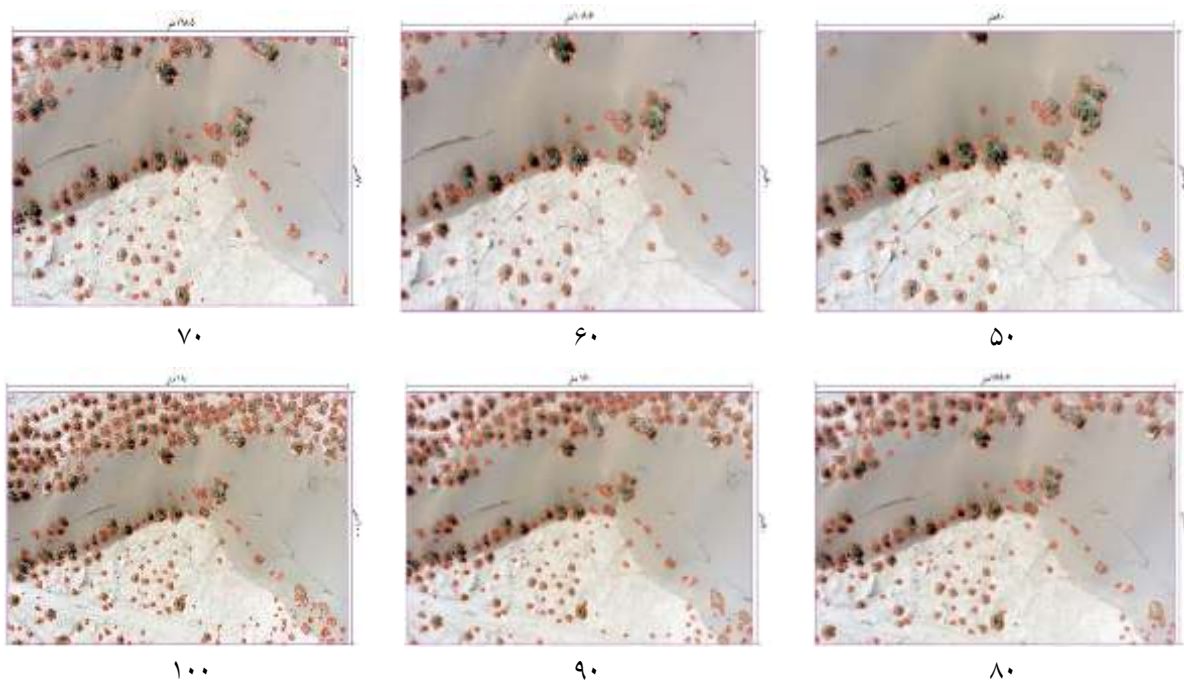
۴۰



۳۰

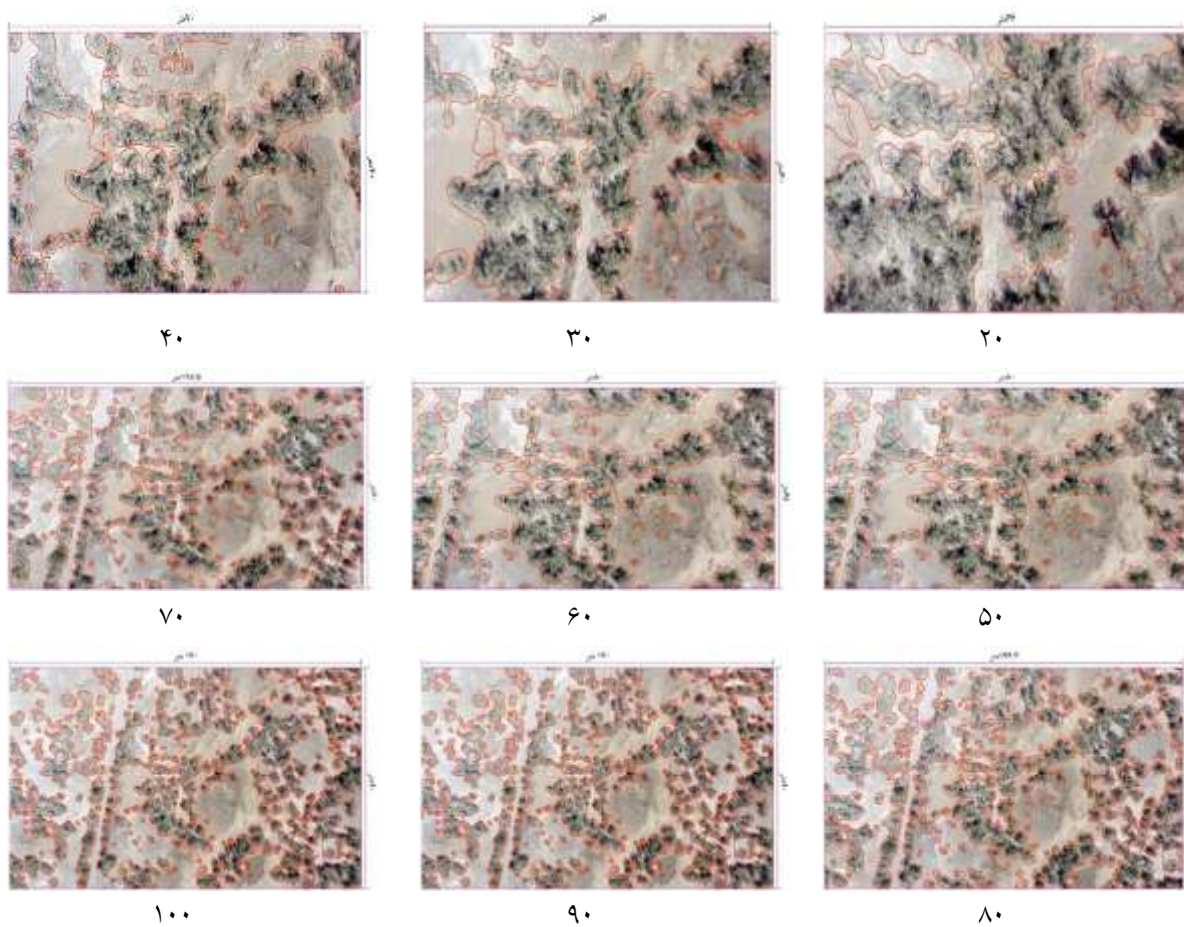


۲۰



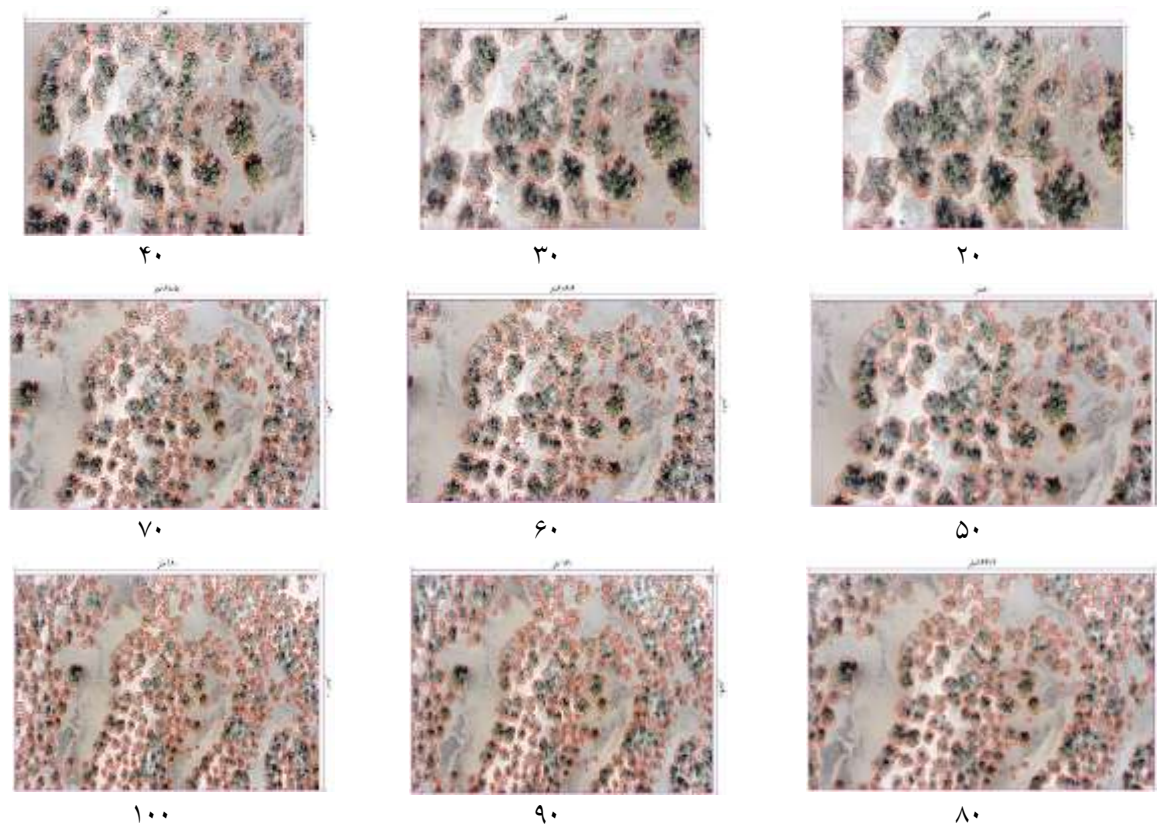
شکل (۴): عکس برداری از ارتفاع‌های مختلف در نقطه غربی به همراه رقومی‌سازی محیط‌های پوشش گیاهی

Figure (4): Photographs from different heights in the western point along with the digitization of vegetation environments



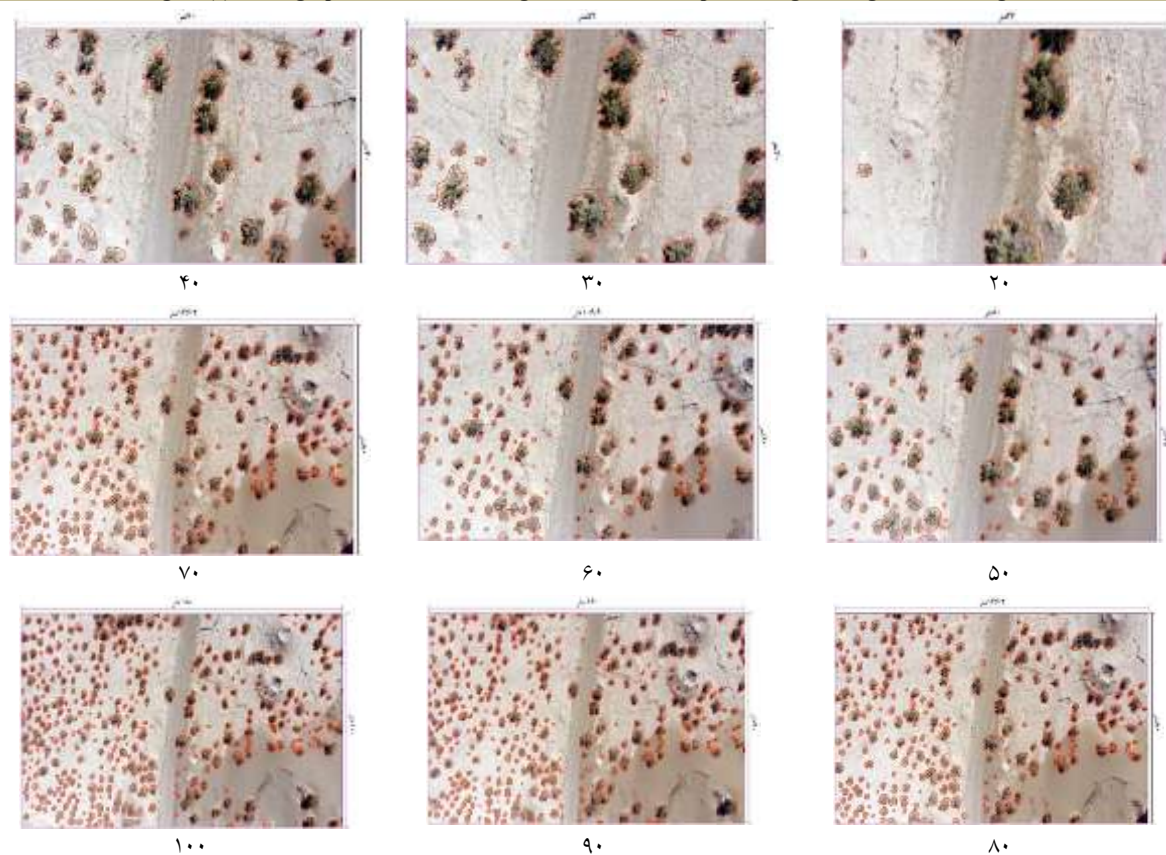
ادامه شکل (۴): عکس برداری از ارتفاع‌های مختلف در نقطه شرقی به همراه رقومی‌سازی محیط‌های پوشش گیاهی

Continuation of figure (4): Photographs from different heights in the eastern point along with digitization of vegetation environments



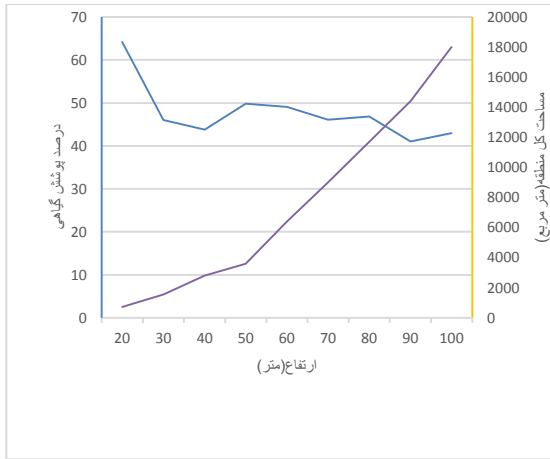
ادامه شکل (۴): عکس برداری از ارتفاع‌های مختلف در نقطه شمالی به همراه رقومی سازی محیط‌های پوشش گیاهی

Continuation of Figure (4): Photographs from different heights in the northern point along with digitization of vegetation environments

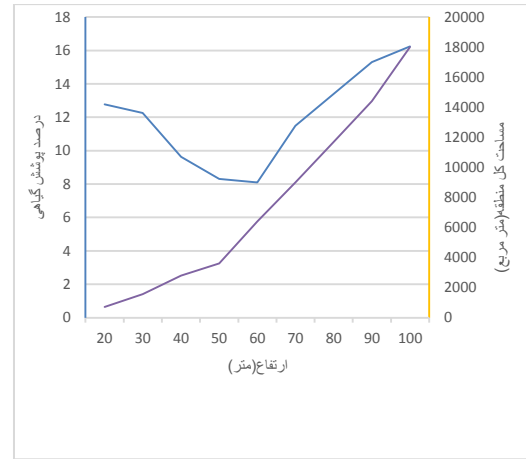


ادامه شکل (۴): عکس برداری از ارتفاع‌های مختلف در نقطه جنوبی به همراه رقومی سازی محیط‌های پوشش گیاهی

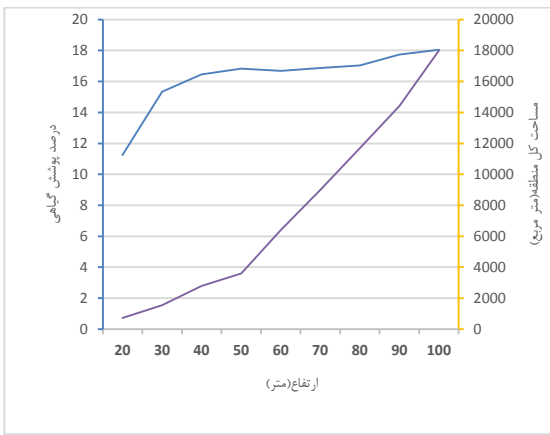
Continuation of Figure (4): Photographs from different heights in the southern point along with digitization of vegetation environments



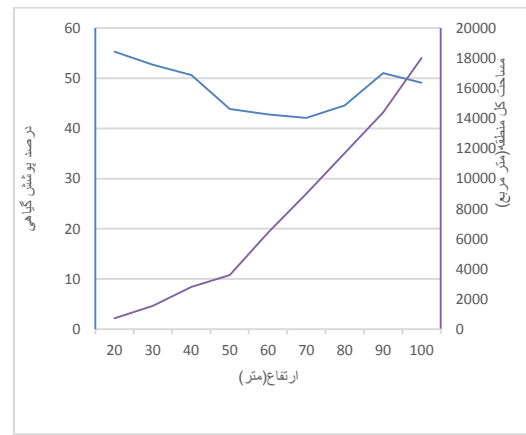
جهت شرقی



جهت غربی



جهت جنوبی



جهت شمالی

شکل (۵): تغییرات درصد پوشش گیاهی و مساحت کل منطقه با افزایش ارتفاع تصویربرداری

Figure (5): Changes i of vegetation percentage and The total area of the region with increasing the imaging height

جدول (۲) اطلاعات عکس‌ها را در چهار جهت مورد مطالعه نشان می‌دهد.

جدول (۲): داده‌های عکس‌ها در جهت‌های مختلف

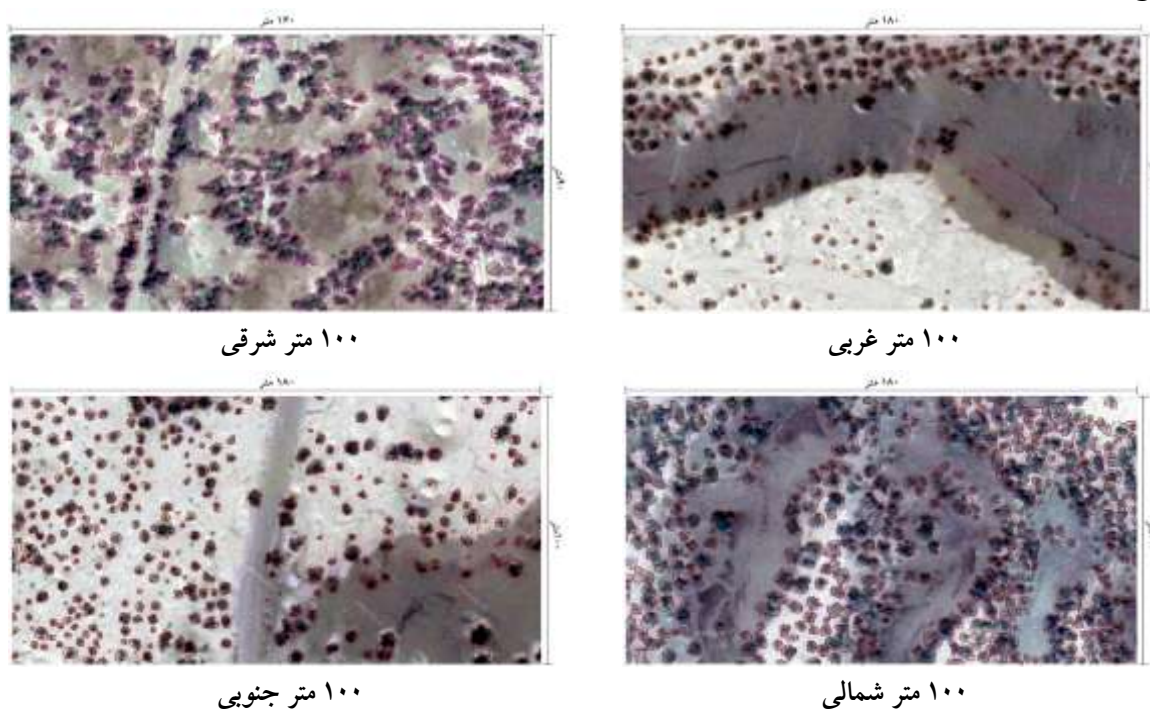
Table (2): data of photos in different directions

مساحت پوشش (پیکسل)				مساحت پوشش (متر مربع)				درصد پوشش گیاهی				ابعاد پیکسل‌ها (متر مربع)	مساحت کل عکس (متر مربع)	مساحت شاخص (پیکسل)	ارتفاع
جنوبی	شمالی	شرقی	غربی	جنوبی	شمالی	شرقی	غربی	جنوبی	شمالی	شرقی	غربی				
۱۰۱۱۵۱۶/۷۵	۴۹۷۳۰۶/۸۲	۵۷۷۹۵۷۲/۹۹	۱۱۵۰۱۸۸/۳۵	۸۰/۹۲	۳۹۸/۱۰	۴۶۲/۳۶	۹۲/۰۱	۱۱/۲۳	۵۵/۲۹	۴۲/۰۲	۱۲/۷۷	۰/۰۰۰۰۸	۷۲۰	۱۴۵۰	۲۰
۱۴۰۸۴۰۲/۷۲	۴۸۳۱۶۳۴/۸۰	۴۲۳۳۲۶۵/۸۴	۱۱۲۴۵۶۷/۰۹	۲۳۹/۴۲	۸۲۱/۳۷	۷۱۷/۹۵	۱۹۱/۱۷	۱۵/۳۴	۵۲/۶۵	۴۳/۸۲	۱۲/۲۵	۰/۰۰۰۱۷	۱۵۶۰	۶۷۰	۳۰
۱۴۸۶۶۳۳/۳۰	۴۵۷۵۵۹۸/۴۱	۳۹۵۸۳۹۷/۸۹	۸۶۹۱۶۹/۳۹	۴۶۰/۸۵	۱۴۱۸/۴۳	۱۲۲۷/۱۰	۲۶۹/۴۴	۱۶/۴۵	۵۰/۶۵	۴۹/۷۹	۹/۶۲	۰/۰۰۰۳۱	۲۸۰۰	۳۷۳	۴۰
۱۵۱۳۸۵۲/۷۱	۳۹۴۶۹۷۲/۴۳	۴۴۸۱۲۵۳/۴۲	۷۴۸۴۷۱/۵۲	۶۰۵/۵۴	۱۵۷۸/۷۸	۱۷۹۲/۵۰	۲۹۹/۳۸	۱۶/۸۲	۴۳/۸۵	۴۹/۱۰	۸/۳۱	۰/۰۰۰۰۴	۳۶۰۰	۲۹۰	۵۰
۱۵۰۳۵۰۸/۵۲	۳۸۵۸۶۳۳/۸۵	۴۴۲۴۲۲۵/۱۱	۷۳۰۱۰۳/۵۳	۱۰۶۷/۴۹	۲۷۳۹/۶۳	۳۱۴۲/۶۱	۵۱۸/۳۷	۱۶/۶۷	۴۲/۸۰	۴۶/۱۰	۸/۰۹	۰/۰۰۰۰۷۱	۶۴۰۰	۱۶۴	۶۰
۱۵۱۸۶۳۵/۳۸	۳۷۸۸۸۴۵/۶۲	۴۱۴۹۷۱۶/۵۴	۱۰۳۳۹۵۵/۸۹	۱۵۱۸/۶۳	۳۷۸۸/۸۴	۴۱۴۹/۷۱	۱۰۳۳/۹۵	۱۶/۸۷	۴۲/۰۹	۴۶/۸۶	۱۱/۴۸	۰/۰۰۰۰۱	۹۰۰۰	۱۱۶	۷۰
۱۵۳۳۷۱۸/۵۴	۴۰۱۴۲۲۰/۰۶	۴۲۱۷۴۷۳/۹۷	۱۲۰۶۲۴۶/۵۱	۱۹۹۳/۸۳	۵۲۱۸/۴۸	۵۴۸۲/۷۱	۱۵۶۸/۱۲	۱۷/۰۴	۴۴/۶۰	۴۱/۰۱	۱۳/۴۰	۰/۰۰۰۱۳	۱۱۷۰۰	۸۹	۸۰
۱۵۹۷۰۲۵/۱۵	۴۵۸۸۹۱۰/۵۹	۳۶۹۱۳۷۷/۳۰	۱۳۷۶۴۵۶/۵۹	۲۵۵۵/۲۴	۷۳۴۲/۲۵	۵۹۰۶/۲۰	۲۲۰۲/۳۳	۱۷/۷۴	۵۰/۹۸	۴۲/۹۷	۱۵/۲۹	۰/۰۰۰۱۶	۱۴۴۰۰	۷۲/۵	۹۰
۱۶۲۳۹۲۶/۵۱	۴۴۱۹۵۳۳/۹۷	۳۸۶۷۵۴۶/۷۰	۱۶۴۲۱۹۲/۳۱	۳۲۴۷/۸۵	۸۸۳۹/۱۰	۷۷۳۵/۰۹	۲۹۲۴/۳۸	۱۸/۰۴	۴۹/۱۰	۵۵/۲۹	۱۶/۲۴	۰/۰۰۰۰۲	۱۸۰۰۰	۵۸	۱۰۰

نمی‌کند. به عبارتی از ارتفاع ۹۰ متری به بالا تغییرات ارتفاع تأثیری در مقادیر درصد پوشش محاسبه‌شده نداشته و ارتفاع بهینه برای عکس‌برداری ۹۰ متر است. در مورد جهت جنوبی، از ارتفاع ۴۰ متری به بالا تغییرات پوشش گیاهی ثابت بوده و ارتفاع بهینه در این نقطه، ارتفاع ۴۰ متر است و با افزایش ارتفاع تغییری در درصد پوشش گیاهی محاسبه‌شده دیده نمی‌شود.

شکل (۶) تصویر گوگل ارث چهار جهت مورد مطالعه را در ارتفاع ۱۰۰ متر نشان می‌دهد.

جدول (۲) و نمودارهای شکل‌های (۵) نشان می‌دهد در جهت غربی، ارتفاع ۹۰ متر به بالا، تغییرات درصد پوشش گیاهی، شیب کمتری داشته و به عبارتی در این جهت، ارتفاع ۹۰ متری به بالا، مناسب‌ترین ارتفاع جهت تعیین درصد پوشش گیاهی منطقه است. در این نقطه، مساحت عرصه تحت پوشش توسط دوربین پرنده، ۱۴۴۰۰ مترمربع یعنی زمینی با ابعاد ۱۶۰ در ۹۰ متر است؛ اما در جهت شرقی و شمالی از ارتفاع ۹۰ متر به بالا، خط تغییرات درصد پوشش گیاهی با ارتفاع تقریباً مستقیم بوده و به عبارتی با افزایش ارتفاع، درصد پوشش گیاهی اندازه‌گیری‌شده تغییری

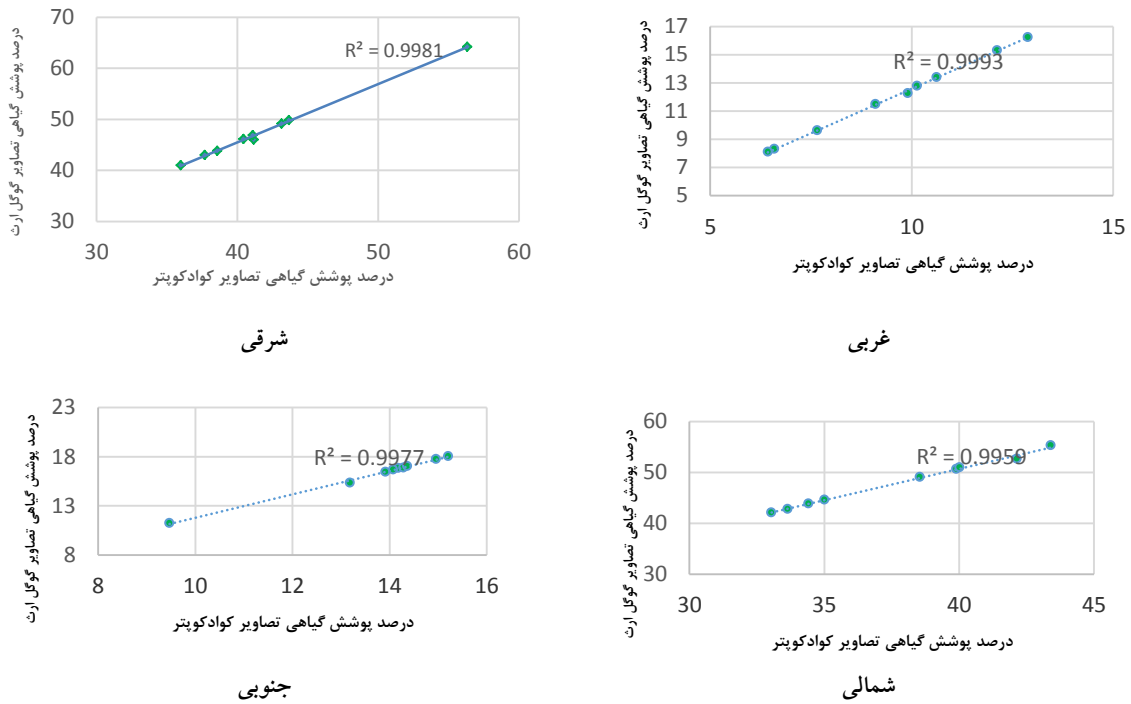


شکل (۶): تصویر گوگل ارث در ارتفاع ۱۰۰ متر در جهات مختلف به‌همراه رقوم‌سازی محیط‌های پوشش گیاهی

Figure (6): Google Earth image at a height of 100 meters in different directions along with digitization of vegetation environments

بوده (۹۹٪) که نشان می‌دهد مقادیر درصد پوشش گیاهی در ارتفاعات مختلف با کوادکوپتر و تصاویر گوگل ارث بسیار به هم نزدیک‌اند. در جهت شمالی نیز همبستگی داده‌ها بسیار بالا بوده است (۹۹٪). در جهت جنوبی نیز اولین سطح پروازی ارتفاع ۲۰ متری است. به دلیل سطح کم در عکس و یکنواخت نبودن تراکم به دلیل توزیع نامنظم پوشش گیاهی، درصد پوشش بسیار کمتر از سایر ارتفاعات پروازی شده و به همین دلیل قابل اتکا نیست. در کل، در سایر نقاط، همبستگی داده‌ها بسیار بالا بوده است (۹۹٪).

با توجه به شکل (۷)، در جهت غربی، همبستگی داده‌ها بسیار بالا بوده (۹۹٪) که نشان می‌دهد مقادیر درصد پوشش گیاهی در ارتفاعات مختلف با کوادکوپتر و تصاویر گوگل ارث بسیار به هم نزدیک‌اند. در جهت شرقی اولین سطح پروازی ارتفاع ۲۰ متری است. احتمالاً این نقطه به دلیل تراکم پوشش و یا اندازه بزرگ‌تر درختچه‌ها و سطح کم نمایش داده‌شده در تصویر، باعث تفاوت درصد زیاد پوشش گیاهی این نقطه نسبت به سایرین شده است و به دلیل تفاوت زیاد، قابل اتکا نیست، اما در سایر نقاط همبستگی داده‌ها بسیار بالا



شکل (۷): نسبت درصد پوشش گیاهی تصاویر کوادکوپتر و درصد پوشش گیاهی تصاویر گوگل ارث به همراه ضریب تعیین در جهات مختلف
 Figure (7): The percentage of vegetation cover in quadcopter images and the percentage of vegetation cover in Google Earth images along with the coefficient of determination in different directions

طبق جدول (۳)، می توان داده های حاصل از کوادکوپتر و مورد درصد پوشش گیاهی، تفاوتی کمتر از سه درصد را در گوگل ارث را در جهات مختلف مقایسه کرد؛ به طوری که در جهت غربی و جنوبی نشان می دهد.

جدول (۳): داده تصاویر گوگل ارث و کوادکوپتر در جهات مختلف

Table (3): data of Google Earth and quadcopter images in different directions

مساحت پوشش گیاهی				درصد پوشش گیاهی				نوع	ارتفاع	مساحت کل عکس (متر مربع)
جنوبی	شمالی	شرقی	غربی	جنوبی	شمالی	شرقی	غربی			
۱۰۱۱۵۱۶/۷۵	۴۹۷۶۳۰۶/۸۲	۵۷۷۹۵۷۲/۹۹	۱۱۵۰۱۸۸/۳۵	۱۱/۲۳	۵۵/۲۹	۴۲/۰۲	۱۲/۸۷	عکس	۷۲۰	۲۰
۱۴۰۸۴۰۲/۸۲	۴۸۳۱۶۳۴/۸۰	۴۲۲۳۳۶۵/۸۴	۱۱۲۴۵۶۷/۰۹	۱۵/۳۴	۵۲/۶۵	۴۳/۸۲	۱۲/۲۵	عکس	۱۵۶۰	۳۰
۱۴۸۶۶۳۳/۳۰	۴۵۷۵۵۹۸/۴۱	۳۹۵۸۳۹۷/۸۹	۸۶۹۱۶۹/۳۹	۱۶/۴۵	۵۰/۶۵	۴۹/۷۹	۹/۶۲	عکس	۲۸۰۰	۴۰
۱۵۱۳۸۵۲/۸۱	۳۹۴۶۹۷۲/۴۳	۴۴۸۱۲۵۳/۴۲	۷۴۸۴۷۱/۵۲	۱۶/۸۲	۴۳/۸۵	۴۹/۱۰	۸/۳۱	عکس	۳۶۰۰	۵۰
۱۵۰۳۵۰۸/۵۲	۳۸۵۸۶۴۳/۸۵	۴۴۴۶۲۲۵/۱۱	۷۳۰۱۰۳/۵۳	۱۶/۶۷	۴۲/۸۰	۴۶/۱۰	۸/۰۹	عکس	۶۴۰۰	۶۰
۱۵۱۸۶۳۵/۳۸	۳۷۸۸۴۵/۶۲	۴۱۴۹۷۱۶/۵۴	۱۰۳۳۹۵۵/۸۹	۱۶/۸۷	۴۲/۰۹	۴۶/۸۶	۱۱/۴۸	عکس	۹۰۰۰	۷۰
۱۵۳۳۷۱۸/۵۴	۴۰۱۴۲۲۲/۰۶	۴۲۱۷۴۷۳/۹۷	۱۲۰۶۲۴۶/۵۱	۱۷/۰۴	۴۴/۶۰	۴۱/۰۱	۱۳/۴۰	عکس	۱۱۷۰۰	۸۰
۱۵۹۷۰۲۵/۱۵	۴۵۸۸۹۱۰/۵۹	۳۶۹۱۳۷۷/۳۰	۱۳۷۶۴۵۶/۵۹	۱۷/۷۴	۵۰/۹۸	۴۲/۹۷	۱۵/۲۹	عکس	۱۴۴۰۰	۹۰
۱۶۲۳۹۲۶/۵۱	۴۴۱۹۵۵۳/۹۷	۳۸۶۷۵۴۶/۷۰	۱۴۶۲۱۹۲/۳۱	۱۸/۰۴	۴۹/۱۰	۵۵/۲۹	۱۶/۲۴	عکس	۱۸۰۰۰	۱۰۰
۸۵۳۰۱۲/۰۷	۳۹۰۶۴۰۰/۸۵	۵۰۶۹۸۴۱/۴۲	۹۱۱۹۸۴/۳۴	۹/۷	۴۳/۴۰	۵۶/۳۳	۱۰/۱۳	نقشه	۷۲۰	۲۰
۱۱۸۷۷۰۶/۰۱	۳۷۹۲۸۳۳/۳۱	۳۷۰۴۶۴۸/۷۹	۸۹۱۶۶۹/۲۴	۱۳/۱۹	۴۲/۱۴	۴۱/۱۶	۹/۹	نقشه	۱۵۶۰	۳۰
۱۲۵۳۶۷۷/۸۶	۳۵۹۱۸۴۴/۷۵	۳۴۷۲۳۰۶/۶۲	۶۸۹۱۶۴/۴۰	۱۳/۹۲	۳۹/۹۰	۳۸/۵۸	۷/۶۵	نقشه	۲۸۰۰	۴۰
۱۲۷۶۶۳۱/۹۹	۳۰۹۸۷۳۳/۳۵	۳۹۳۰۹۵۵/۵۰	۵۹۳۴۶۳/۰۶	۱۴/۱۸	۳۴/۴۲	۴۳/۶۷	۶/۵۹	نقشه	۳۶۰۰	۵۰
۱۲۶۷۹۰۸/۸۳	۳۰۲۹۰۳۵/۲۱	۳۸۸۲۶۸۴/۶۶	۵۷۸۸۹۹/۰۸	۱۴/۰۸	۳۳/۶۵	۴۳/۱۴	۶/۴۳	نقشه	۶۴۰۰	۶۰
۱۲۸۰۶۶۶۵/۲۱	۲۹۷۴۲۴۳/۸۱	۳۶۴۰۱۳۱/۳۴	۸۱۹۸۲۳/۶۲	۱۴/۲۹	۳۳/۰۴	۴۰/۴۴	۹/۱۰	نقشه	۹۰۰۰	۷۰
۱۲۹۳۳۸۴/۸۴	۳۱۵۱۱۶۴/۳۱	۳۶۹۹۵۶۸/۱۶	۹۵۶۴۳۲/۸۵	۱۴/۳۷	۳۵/۰۱	۴۱/۱۰	۱۰/۶۲	نقشه	۱۱۷۰۰	۸۰
۱۳۴۶۷۷۱/۳۰	۳۶۰۲۲۹۴/۸۱	۳۲۳۸۱۹۲/۵۹	۱۰۹۱۳۹۲/۴	۱۴/۹۶	۴۰/۰۲	۳۵/۹۷	۱۲/۱۲	نقشه	۱۴۴۰۰	۹۰
۱۳۶۶۷۱/۲۹	۳۴۶۹۲۸۸/۸۰	۳۳۹۲۶۱۱/۹۶	۱۱۵۹۲۷۴/۵۳	۱۵/۲۱	۳۸/۵۴	۳۷/۶۹	۱۲/۸۸	نقشه	۱۸۰۰۰	۱۰۰

بحث و نتیجه گیری

داشته و مقادیر پوشش گیاهی استخراج شده در آن، دارای همبستگی بالایی با درصد پوشش گیاهی منطقه داشته است. از آنجاکه پوشش گیاهی عمده منطقه تاغ بوده که از نوع درختچه‌ای است، با توجه به ابعاد بزرگ درختچه‌ها، در تصاویر گوگل ارث به خوبی دیده می‌شوند. چنین نتیجه‌ای را در سایر تیپ‌های پوشش گیاهی، به خصوص در فرم‌های رویشی بوته‌ای و علفی، نمی‌توان انتظار داشت. همچنین تصاویر گوگل ارث به روز نبوده و چنانچه در مطالعه‌ای عملیاتی میدانی مد نظر باشد و بروز بودن داده‌ها جهت پایش مورد توجه باشد، می‌توان از عکس برداری با کوادکوپتر جهت داده‌برداری استفاده کرد. البته این امر نیازمند انجام مطالعات بیشتر در این زمینه در سایر مناطق با تنوعی بیشتر از پوشش گیاهی است.

به طور کلی می‌توان چنین بیان کرد که ارتفاع بهینه در عکس برداری برای تعیین درصد پوشش گیاهی به پارامترهای مختلفی بستگی دارد که یکی از مهم‌ترین آن‌ها ویژگی‌های پوشش گیاهی منطقه است. تیپ گیاهی و فرم رویشی گیاهان موجود در منطقه و همچنین وضعیت درصد پوشش گیاهی و تراکم گیاهان موجود در منطقه از جمله این ویژگی‌هاست. بدین ترتیب می‌توان انتظار داشت که در مناطقی که غالب گیاهان آن از نوع درختچه‌ای بوده و تراکم کمی دارند، نتایج با مناطقی که پوشش علفی و بوته‌ای با تراکم بالا دارند متفاوت خواهد بود. همین موضوع در انتخاب نوع دوربین‌های عکس‌برداری نیز حائز اهمیت است. ویژگی‌های فنی دوربین عکس‌برداری به‌ویژه رزولوشن آن نقش مهمی در تشخیص جزئیات پوشش گیاهی خواهد داشت. بدین ترتیب پیشنهاد می‌گردد چنین مطالعاتی در تیپ‌های مختلف پوشش گیاهی با انواع فرم‌های رویشی و میزان تراکم و درصدهای مختلف مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته و نتایج آن پس از تحلیل و واسنجی، به‌عنوان الگو برای سایر مناطق مورد استفاده قرار گیرد.

از آنجاکه در مطالعه اکوسیستم‌ها، پوشش گیاهی نقش مهمی را ایفا می‌کند و یکی از روش‌های این‌گونه مطالعات، بررسی‌های از راه دور و مشاهده عکس از جمله عکس‌های دیجیتال است. همچنین تجزیه و تحلیل عکس‌های دیجیتال بسیار راحت‌تر و از وضوح بیشتری نیز برخوردارند. از آنجاکه با افزایش ارتفاع، عکس‌ها سطح پوشش بیشتری را در بر می‌گیرند، ولی در نقطه مقابل در ارتفاعات پایین، مساحت‌های کمتری در عکس مشاهده و مطالعه شد، در عین حال وضوح بیشتری وجود داشت. این نتایج با مطالعات فرنسوس و همکاران (۲۰۱۶) و آدینک و همکاران (۲۰۱۸) مطابقت داشت. همچنین تأثیر ارتفاع در نشان دادن درصد پوشش گیاهی، بدین صورت بود که با توجه به تحلیل نمودارها، مناسب‌ترین ارتفاع عکس‌برداری، ارتفاع ۱۰۰ متر است که با مطالعات امانوئل و همکاران (۲۰۱۶) و دنگو و همکاران (۲۰۱۸) مطابقت داشت. شایان ذکر است در این دو پژوهش، دوربین‌های مختلف برای دستیابی به درصد پوشش گیاهی به مقایسه گذاشته شد و یک مورد از سنجنده‌های مورد استفاده، مشابه سنجنده تحقق حاضر بوده است که از لحاظ ارتفاع بهینه با این پژوهش مطابقت داشت. همچنین از نتایج چنین حاصل شد که هرچه دامنه تغییرات درصد پوشش گیاهی در ارتفاعات متفاوت یکنواخت‌تر باشد، نشان‌دهنده تراکم یکنواخت است و هرچه تراکم غیریکنواخت باشد، درصد پوشش گیاهی با تغییر ارتفاع به صورت غیرطبیعی نشان داده می‌شود که با پژوهش بریگنولی و همکاران (۲۰۱۷) مطابقت داشت. بهترین ارتفاع برای مطالعه پوشش گیاهی با توجه به گیاهان موجود (گیاهان درختچه‌ای) در منطقه، ارتفاع ۹۰ متری بود. با توجه به نتایج پژوهش حاضر، در ارتفاع ۲۰ متری به دلیل کوچک بودن ابعادی که عکس پوشش می‌دهد، درصد خطا بسیار زیاد است و اصلاً قابل اتکا نیست.

استفاده از گوگل ارث در این تحقیق بیشتر جنبه مقایسه‌ای

منابع

1. Addink, H., Middelkoo, p., Wimala, v. I., 2018. Monitoring height and greenness of nonwoody floodplain vegetation with UAV time series ISPRS, Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 5(1), 112-123.
2. Anika, R., Petach, F., Michael, T., Donald, M., Albrecht, G., Andrew, D., Richardson, K., 2014. Monitoring vegetation phenology using an infrared-enabled security
3. camera, Columbia university visual media center,

- 7(6),178-194.
4. Bendig, J., Kang, Y., Helge, A., Andreas, B., Simon, B., 2015. Combining UAV-based plant height from crop surface models, visible, and near infrared vegetation indices for biomass monitoring in barle,8(9), 79-87.
 5. Brignoli, I. William, K. A., Benjamin, D. P., 2017. Assessing the accuracy of vegetative roughness estimates using unmanned aerial vehicles [UAVs]. Department of Civil and Environmental Engineering, University of Waterloo, Waterloo, Ontario, Canada, 73-83.
 6. Denga, L. b., Zhihui, M., Xiaojuan, Lia., Zhuowei, B., FuzhouDuana, B., Yanan Y., 2018. UAV-based multispectral remote sensing for precision agriculture: A comparison between different cameras, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 12(8),124-136,
 7. Emmanuel, D.R., Aswanth, S., Manikumar, J., 2016. Design and Implementation Quadcopter Drone with KK 2.1.5 Flight Controller, Under the Guidance of (GurpreetSingh Saini – Assistant Professor) School of Electronics and Communication Engineering.
 8. Fathizad, H., Tazeh, M., Kalantari, S., Shojaei, S., 2017. The investigation of spatiotemporal variations of land surface temperature based on land use changes using NDVI in southwest of Iran. Journal of African Earth Sciences, 134,249-256.
 9. Francesco, Ch., Leonardo, D., Donatella, G., Daniele, B., 2016. Estimation of canopy attributes in beech forests using true color digital images from a small fixed-wing UAV. 60-68.
 10. Hafianea, A., Bourges, C.R., 2018. Deep leaning approach with colorimetric spaces and vegetation indices for vine diseases detection in UAV images. journal homepage: www.elsevier.com/locate/compag. 237-243.
 11. Kamali, P., Tazeh, M., Kalantari, S., Fehresti, M., & Jabali, A., 1401. Investigating the relationship between dust index and some climatic variables, vegetation index and land types (case study: Yazd-Ardakan Plain), *Desert Management*, 10(4), 93-108.
 12. Laercio Leonel, L., Macedo de Mello, B., 2010. The use of Digital Photographs Quantify vegetation ground cover in degraded areas Marinete Martins Azevedo, Engenharia Ambiental, marinetemartins.
 13. Lei, B., Zhihui, M., Xiaojuan, L., Zhuowei, H., Fuzhou D., Yanan, Y., 2018. UAV-based multispectral remote sensing for precision agriculture: A comparison between different cameras a College of Resource Environment and Tourism, Capital Normal University, Beijing 100048, China,124-136.
 14. Li, J.L., YongmeiCao, M., Bing, X., 2015.Space-Time Characteristics of Vegetation Cover and Distribution: Case of the Henan Province in China.
 15. Robert, P. B., Maxine, D., Stephen, B., Jerry, L., Harbour Randy D. L., 2012. Using Unmanned Helicopters to Assess Vegetation Cover in Sagebrush Steppe Ecosystems. University of Idaho, Moscow, ID 83844, USA. 362–370.
 16. Samadzadegan, F., Abdi, Q., 2011. Automatic navigation of flying platforms based on a vision-based navigation aid system. Space Science and Technology, 5(1), 1-15.
 17. Zarei, M., Tazeh, M., moosavi, V. Kalantari, S., 2021. Investigating the Capability of Thermal-Moisture Indices Extracted from MODIS Data in Classification and Trend in Wetlands. J Indian Soc Remote Sens 49, 2583–2596.
 18. Zehtabian, GH., Azarnivand, H., Ahmadi, H. Kalantari, S., 2013. Presentation of Suitable Model to Estimate Vegetation Fraction Using Satellite Images in Arid Region (Case Study: Sadough-Yazd, Iran), Journal of Rangeland Science, 3 (2): 108-117.
 19. Zehtabian, GR., Ahmadi, H., Samani Nazari, A.A., Ehsani, A.H., Tazeh, M., 2017. Determining the most important geomorphometric parameters in classification of desert plans using artificial networks and sensitivity analysis. Range and Watershed Management, 70(1), 197-206. (in Persian)

Identifying the Optimal Height to be Used for Calculating Vegetation Percentage Using A Quadcopter: A Case Study of Rezvanshahr Region, Yazd Province, Iran

Mahdi Heidari¹, Mahdi Tazeh², Saeideh Kalantari^{3*}

Received: 29/05/2023

Accepted: 13/06/2023

Introduction

Remote sensing science has been increasingly used throughout recent years in natural resources studies, especially for assessing and preparing vegetation maps. Moreover, aerial photography is widely used as a remote

1. MSc of Desert management and control, Department of Nature Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Ardakan University, Iran

2. Associate Professor, Department of Nature Engineering, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran

3. Assistant Professor, Department of Nature Engineering, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran. (Corresponding author: skalantari@ardakan.ac.ir)

DOI: 10.22052/deej.2023.253017.1014

sensing tool, especially the ones taken by quadcopters in inaccessible areas, which could be effective, useful, and innovative. On the other hand, digital observation of the earth is an observed data-based approach in which photos are used to study natural resources. In many cases, using photos in time-specific and comparative studies is highly effective, taking into account the largeness of the area, inaccessibility, and lack of roads. Therefore, this study used a quadcopter to take photos from various points at different altitudes and compared them with aerial images to determine which type of photo from which height provides the best information concerning the investigated land and vegetation. Therefore, the purpose of this study is to investigate the possibility of using a quadcopter in preparing a vegetation percentage map.

Materials and Methods

Considering the costly and time-consuming nature of ground sampling of vegetation, this study used vegetation photography, digitizing and analyzing the collected photos after transferring them into computer systems. To this end, first, the intended photography centers were selected in the study area at different altitudes, from 10 meters high to 100 meters. Then, a quadcopter was sent to the area, taking photos from each selected center.

In this regard, in a single center selected as the indicator within a kilometer radius of the study area, the required images were taken at each altitude class from four main directions, moving from the 100-meter height class to the ten-meter height one. The images were used to calibrate the collected photos and the numerical values of the calculated vegetation percentage. Then, the intended maps were extracted based on image dimensions and the coordinates of the selected points in Google Earth. Finally, the phases passed for the photos taken by the quadcopter were repeated for photos obtained from the maps so that vegetation percentage could be calculated based on the prepared maps.

Results

The analysis of the study's results suggested that the variations of vegetation percentage occurred at a slower pace in the western direction at 90 meters height and above, indicating that the height is the best altitude for determining the region's vegetation percentage. However, a direct relationship was found between elevation and the changes in vegetation percentage in the eastern and northern directions at 90 meters height and above, with the vegetation percentage remaining unchanged with an increase in elevation. In other words, from 90 meters height beyond, the elevation exerts no influence on the calculated vegetation percentage, making it optimal for photography.

As for the southern direction, the vegetation variations remain unchanged from 40 meters height beyond, with the increase in elevation not affecting the calculated vegetation percentage. On the other hand, an extremely high correlation (99%) was found between the data collected in the western direction, indicating a very close relationship between the vegetation percentage values collected from different altitudes by the quadcopter and Google Earth.

In the eastern direction, the first flight level lies at 20 meters high. Probably, due to the low density of the vegetation, the larger size of the shrubs, and the small surface shown in the images, the vegetation percentage is considerably different from other points, thus making it unreliable.

Discussion and Conclusion

This study found that the images cover a greater surface of the intended area with an increase in elevation. However, as the pixels become larger in such as process, fewer details are available. Therefore, the scope of the studies becomes limited, and the possibility of error increases. On the other hand, fewer areas were observed, and studies in those photos were taken from low altitudes, whose resolution was higher, though.

The study also found that the more uniform range of variations in the vegetation percentage at different elevations indicates a uniform density, and the more non-uniform density leads to abnormal changes in vegetation percentage as the elevation varies.

According to the study's results, the best elevation for investigating vegetation in terms of the existing plants in the area was 90 meters in height. Moreover, the error percentage was revealed to be too high at 20 meters elevation due to the small dimensions covered by the images, thus making the altitude unreliable for any such study.

Generally, it can be concluded that the useful elevation for photography depends on the type of vegetation under study and that the optimal height should be determined based on the type of vegetation and its minimum dimensions. Moreover, taking into account the vegetation percentage and the quality of the images taken by quadcopter and Google Earth, it could be argued that the photos taken by the quadcopter enjoy more accuracy, providing higher coverage percentage and more precision in recording greater details.

Keywords: Quadcopter, Photography, Level Surface, Vegetation, Height of Photography.