

استفاده از فن فوتوگرامتری برد کوتاه در تهیه نقشه درصد تخته سنگ، قلوه سنگ و سنگریزه مطالعه موردی: دشت تهران-کرج

بهزاد رایگانی^{*1}

تاریخ دریافت: 1395/12/08

تاریخ پذیرش: 1396/03/02

چکیده

مقدار قطعات سنگی و سنگریزه‌ها به عنوان پوشش محافظ خاک در کنترل فرسایش بادی نقش بسیار قابل ملاحظه‌ای دارد از اینرو اطلاع از تغییرات این پارامتر در چشم‌انداز به تحلیل رویدادها در سیمای سرزمین کمک می‌نماید. فوتوگرامتری برد کوتاه به عنوان ابزار دقیق اندازه‌گیری براساس تحلیل عکس در سالیان اخیر به سرعت پیشرفت نموده و به طور گسترده استفاده از آن در برآوردهای محیطی رو به افزایش است. در این پژوهش سعی شده است به بخش‌های بنیادی علم فوتوگرامتری برد کوتاه ورود شود و توان آن در برآورد درصد قطعات سنگی و سنگریزه بستر سنجیده شود. بدین منظور یک پلات 1×1 متر مختص فوتوگرامتری برد کوتاه طراحی و ساخته شد و ابزارها و شیوه عکسبرداری مناسب این مطالعه مشخص گردید. به منظور تهیه نقشه درصد قطعات سنگی و سنگریزه به کمک داده سنجنده OLI یک طرح نمونه‌برداری بر روی دشت تهران-کرج پیاده سازی شد و عکسبرداری صورت پذیرفت. عکس‌ها به کمک نرم‌افزار تحلیل عکس PhotoScan پردازش و عکس عمودی شده پلات و مدل رقومی ارتفاعی زمین از هر پلات بدست آمد. نتایج نشان داد نرم افزار فوتوگرامتری برد کوتاه Photoscan به خوبی قادر است اعوجاج‌های موجود در عکسها را از بین ببرد. توجیه داخلی و خارجی عکس‌ها به خوبی توسط این نرم افزار صورت می‌پذیرد و مدل رقومی سطح با قدرت تفکیک مکانی بالا و عکس‌های عمودی-شده خروجی با کیفیت توسط این نرم افزار فراهم می‌گردد. عکس‌ها به دو روش 1- طبقه‌بندی به کمک مدل رقومی ارتفاعی یا مدل رقومی سطح زمین به روش درخت تصمیم‌سازی و 2- طبقه‌بندی شیء‌گرا به کمک تصویر عمودی شده و مدل رقومی ارتفاعی طبقه‌بندی شدند تا مقدار قطعات سنگی و سنگریزه در هر پلات مشخص شود. طبقه بندی به کمک درخت تصمیم‌سازی در نرم‌افزار ERDAS IMAGINE 2015 با استفاده از روش درونیایی چندجمله‌ای درجه اول و یا دوم به کمک مدل رقومی سطح زمین صورت پذیرفت. نتایج نشان داد این روش سرعت بالا و دقت متوسط دارد، ولی امکان خودکارسازی استخراج اطلاعات مربوط به قطعات سنگی و سنگریزه در این روش فراهم است. طبقه‌بندی شیء‌گرا در نرم‌افزار eCognition Developer 9 با استفاده از تصاویر عمودی‌شده و مدل رقومی سطح زمین انجام شد. نتایج نشان داد این روش دقت بالا و سرعت کمتر دارد و امکان خودکارسازی فرآیند استخراج اطلاعات مربوط به سنگ و سنگریزه وجود ندارد. در نهایت بر اساس روش ارزیابی صحت طبقه‌بندی و خروجی ماتریس خطا (شاخص کاپا و دقت کلی) در هر پلات مقدار قطعات سنگی و سنگریزه به روش مناسب‌تر بدست آمد و به عنوان متغیر وابسته در مدل‌سازی بکار رفت. به منظور تخمین درصد قطعات سنگی و سنگریزه ابتدا داده سنجنده OLI تصحیح هندسی و رادیومتری شد تا مقادیر بازتابندگی از آن استخراج شود و با اعمال شاخص‌های طیفی بازسازی گردید. خروجی این شاخص‌ها و بازتابندگی باندها وارد مدل‌سازی خودکار خطی شدند تا مقدار قطعات سنگی و سنگریزه تخمین زده شود. بر این اساس یک مدل خطی با ضریب تعیین بیش از 0/9 بدست آمد که توان فن فوتوگرامتری برد کوتاه را در استخراج درصد تخته‌سنگ، قلوه‌سنگ و سنگریزه به خوبی نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: آگانشین، پلات فوتوگرامتری، تحلیل درخت تصمیم‌سازی، طبقه‌بندی شیء‌گرا، فوتواسکن

مقدمه

سنگفرش بیابان شکل می‌گیرد (9). حتی در صورت عدم استفاده یا وجود ابزارهای کنترل فرسایش بادی به دلیل فرسایش ناپذیری، قطعات سنگی و سنگریزه‌ها می‌تواند نقش قابل ملاحظه‌ای در کنترل فرسایش بادی داشته‌باشند (3، 16 و 26). به همین دلیل آگاهی از درصد تحت پوشش قطعات سنگی و سنگریزه همواره یکی از دغدغه‌های پژوهشگران فرسایش بادی می‌باشد (3 و 29) همچنین میزان قطعات سنگی و سنگریزه با برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی

باد تنها می‌تواند ذرات ریز را جابجا نمایند و ذرات درشت‌تر مانند قطعات سنگی و سنگریزه بر جای خواهد ماند که در نتیجه آنها

1- استادیار دانشکده محیط زیست، سازمان حفاظت محیط زیست، کرج، ایران
* - نویسنده مسئول: (Email: behzad.rayegani@gmail.com
DOI: 10.22067/jsw.v31i3.62037

سنگی و سنگریزه در این ناحیه مطالعاتی پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

ناحیه مطالعاتی این پژوهش در حاشیه پلایای جنوب غربی استان البرز در دشت تهران-کرج انتخاب گردیده است. این ناحیه بین $36^{\circ} 04' 50''$ تا $50^{\circ} 14' 50''$ طول شرقی و $35^{\circ} 26'$ تا $51^{\circ} 24' 50''$ عرض شمالی قرار دارد (شکل 1).

ابزارها

پلات مخصوص فوتوگرامتری برد کوتاه

در فرآیند عکاسی به دلیل ساختار اپتیکی موجود در دوربین عوارض با دور شدن از نقطه اصلی⁴ دچار اعوجاج می‌شوند. همچنین عکس فاقد اطلاعات مختصاتی است، بنابراین جهت تهیه نقشه از عکس نیاز است دوربین توجیه داخلی شود و هرم عکسبرداری تشکیل گردد (19، 20 و 21). بدین منظور بر روی عکس‌های هوایی علائمی به نام فیدوشال مارک قرار گرفته که جایگاه آنها بر روی فیلم نیز مشخص است. همچنین برای مختصات‌دار نمودن عکس از فرآیند توجیه خارجی به کمک نقاط کنترل زمینی استفاده می‌شود. بنابراین جهت تهیه نقشه از عکس‌های برد کوتاه، اولین گام طراحی قاب عکس‌برداری به گونه‌ای است که امکان توجیه داخلی و خارجی فراهم گردد. بدین منظور در این پژوهش پلاتی طراحی و ساخته شد که امکان تشکیل یک سطح تراز و تعریف مختصات نقاط در آن فراهم بود. این پلات در اندازه 1×1 متر طراحی شد و جهت تشکیل سطح تراز از چهار تراز استوانه‌ای در گوشه‌های آن استفاده شد. همچنین جهت تنظیم ارتفاع و تراز کردن پلات، پیچ‌هایی در زیر آن طراحی گردید. به منظور مختصات‌دهی محلی بر روی لبه بالایی پلات نشان‌های⁵ مخصوص فوتوگرامتری برد کوتاه در فواصل مشخص قرار گرفت (شکل 2).

پایه دوربین مخصوص فوتوگرامتری برد کوتاه (C-Stand)

در فوتوگرامتری برد کوتاه توصیه شده است جهت کاهش فضاهای بدون پوشش عکس⁶، عکس‌ها نزدیک به وضعیت عمود نسبت به سطح گرفته شوند (2، 22 و 23). بنابراین در این پژوهش از نوع خاصی پایه دوربین به نام C-Stand استفاده شد که اجازه گرفتن عکس به صورت تقریباً عمودی تا ارتفاع سه متر از سطح را می‌داد

خاک و مقدار پوشش گیاهی در ارتباط است (27)، بنابراین اطلاع از تغییرات این پارامتر در چشم‌انداز¹ می‌تواند به تحلیل آنچه در سیمای سرزمین مشاهده می‌شود، کمک نماید. به منظور تخمین میزان قطعات سنگی و سنگریزه معمولاً از روش‌های برآورد چشمی (27) یا مشابه با بسیاری از مطالعات خاکشناسی (31) از روش‌های مبتنی بر ترانسکت، پلات و یا روش وزنی استفاده می‌شود. در این موارد خطا بسته به تجربه و شیوه تنظیم نمونه‌برداری‌ها می‌تواند تغییر کند.

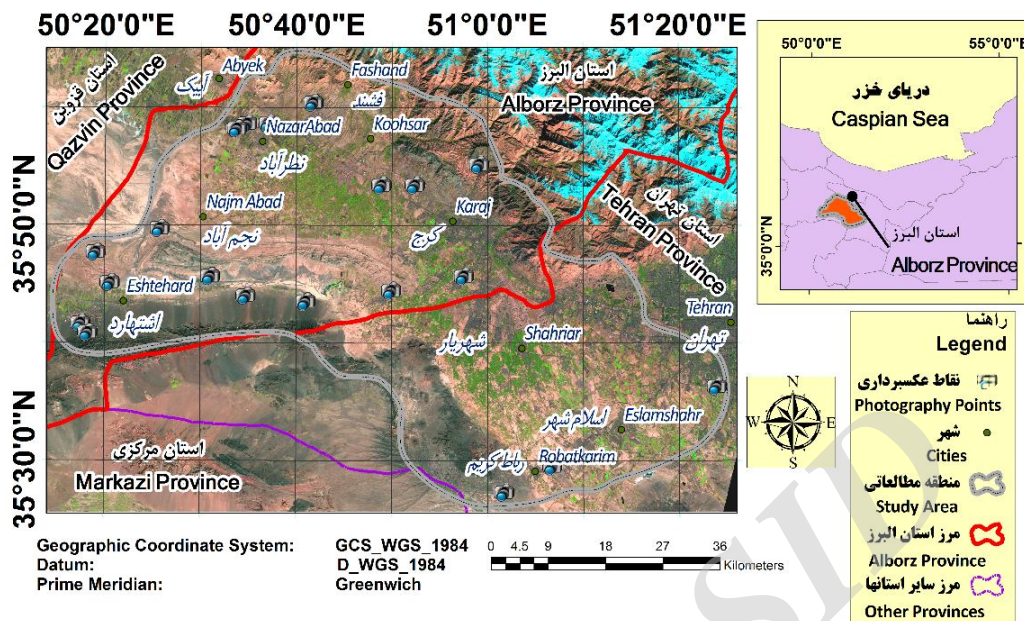
فوتوگرامتری بر روش‌های تفسیر و اندازه‌گیری عکس متمرکز است تا بر آن اساس، شکل و موقعیت یک یا چند عارضه را مشخص نماید (23). در صورتیکه فاصله شیء از دوربین کمتر از 300 متر باشد، به روش تفسیر یا اندازه‌گیری عکس، فوتوگرامتری برد کوتاه² گفته می‌شود (22 و 23). فوتوگرامتری برد کوتاه به دلیل در دسترس بودن تجهیزات (ابزارهایی مانند دوربین و سه‌پایه) در سالهای اخیر به سرعت در حال تبدیل شدن به یک ابزار تحلیل در علوم مختلف است، به گونه‌ای که به نظر می‌رسد فوتوگرامتری برد کوتاه در نقشه‌برداری، مدلسازی و اندازه‌گیری شکل‌ها و سطوح، پتانسیل نامحدودی داشته باشد (7). در حال حاضر در مطالعات عرصه‌های طبیعی، بیشترین کاربرد فوتوگرامتری برد کوتاه در تهیه مدل‌های رقومی سطح زمین است. در حال حاضر پیش‌پیش لیرزی سطح³ و فوتوگرامتری برد کوتاه تنها روش‌های تهیه مدل‌های رقومی ارتفاعی با قدرت تفکیک مکانی بالا می‌باشند (6).

با توجه به پتانسیل گسترده فن فوتوگرامتری برد کوتاه در پژوهش‌های محیطی هنوز استفاده از آن در مطالعات کمی منابع طبیعی در ایران و جهان بسیار محدود و ناچیز است. از این رو در تحقیق حاضر سعی شده است با ورود به جزئیات این فن، توان آن در یک مطالعه جزء مهم منابع طبیعی بررسی و شیوه استفاده از آن در مطالعات مشابه استانداردسازی شود. دشت تهران-کرج به دلیل وجود دو کلانشهر در آن و نزدیکی به پلایای جنوب غربی استان البرز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. وجود بافت سبک خاک، اقلیم خشک و نیمه خشک، کاهش مداوم تراز آب زیرزمینی، پوشش گیاهی تنک و جریان بادی متلاطم این ناحیه را به شدت در معرض فرسایش شدید بادی و ایجاد طوفان‌های ماسه و گرد-غبار قرار داده است (28). درصد قطعات سنگی و سنگریزه یکی از پارامترهای تاثیرگذار در میزان فرسایش بادی و جلوگیری از هدر رفت خاک است (3). بنابراین آگاهی از تغییرات این پارامتر در یک ناحیه می‌تواند استعداد زمین در بادفرسایی را نشان دهد. بنابراین در این پژوهش به ارزیابی توانایی فن فوتوگرامتری برد کوتاه در تهیه نقشه درصد تخته‌سنگ، قله-

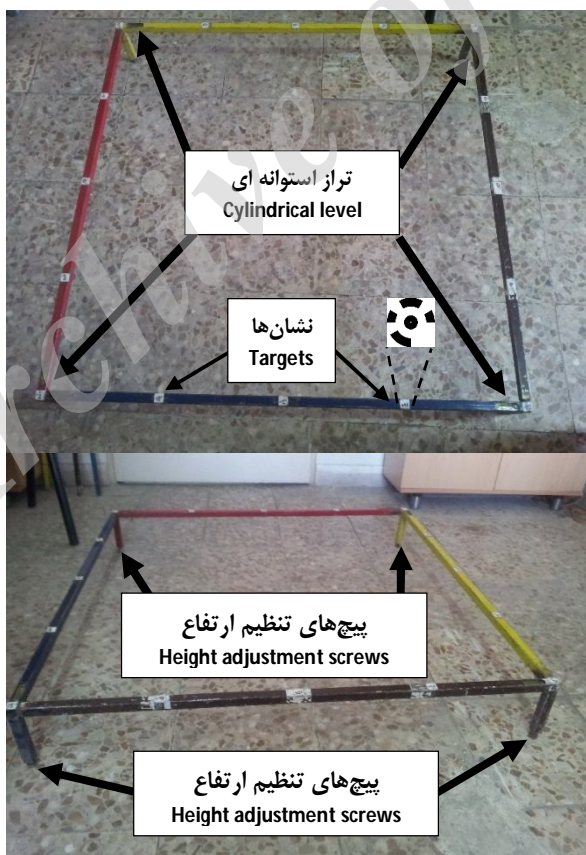
4- Principal Point
5- Targets
6 Gaps

1- Landscape
2- Close-Range Photogrammetry
3- Terrestrial Laser Scanning (TLS)

(شکل 3).



شکل 1- موقعیت منطقه مورد مطالعه و نقاط عکسبرداری
 Figure 1- Study area and Photography Locations



شکل 2- پلات مخصوص فوتوگرامتری برد کوتاه به همراه بخشهای مختلف آن
 Figure 2- Special quadrat for close-range photogrammetry and its detail

شده است.

داده ها

در صورتی که دخالت‌های انسان در عرصه طبیعی وجود نداشته باشد مقدار قطعات سنگی و سنگریزه در طول سال ثابت است، بنابراین داده‌ی ماهواره‌ای جهت تهیه نقشه این پارامتر بهتر است مربوط به زمانی باشد که اثر پارامترهای متغیر مانند پوشش گیاهی در داده، کمینه است. به همین دلیل داده لندست 8 مربوط به تاریخ 22 آبان 1393 برای نمونه‌برداری تهیه و مورد استفاده قرار گرفت (شکل 1). داده دیگر مورد استفاده در این پژوهش عکس‌های رقومی دوربین Nikon D5300 است که دقیقاً به همین دلیل در فصل غیر رشد گیاهی و در فصل پاییز همان سال برداشت شده است.

روش تحقیق

فرآیند کلی روش کار این پژوهش در شکل (4) نشان داده شده است. در ادامه به تشریح جزئیات این نمودار پرداخته خواهد شد.

عکسبرداری

به منظور عکسبرداری از بیشتر تغییرات قطعات سنگی و سنگریزه در ناحیه مطالعاتی، ابتدا داده سنجنده OLI به صورت نظارت نشده طبقه بندی شد و عرصه‌های انسان‌ساخت، زمین‌های کشاورزی، باغ-ها، پیکره‌های آبی و زمین‌های بدون پوشش از آنها جدا شد. در فاز بعدی زمین‌های باقیمانده نیز طبقه‌بندی شدند و نمونه‌برداری تصادفی بر روی آنها پیاده شد. عکسبرداری در ساعت‌هایی انجام شد که تابش نزدیک به قائم بود تا سایه مزاحمت کمتری در پردازش‌ها ایجاد نماید. لازم به ذکر است جهت مدلسازی بهتر از هر نقطه بر اساس جایگاه خورشید در آسمان 6 تا 9 عکس گرفته شده است. هر سه عکس از یک طرف ضلع پلات با همپوشانی بیش از 60 درصد تهیه گردیده است (شکل 5).

پردازش عکسها و استخراج مدل سه بعدی، عکس عمودی

شده و مدل رقومی سطح زمین

پس از عکسبرداری از هر نقطه نمونه‌برداری، عکس‌ها در نرم افزار PhotoScan پردازش شد و دو خروجی از آنها بدست آمد: 1- عکس عمودی شده؛ 2- مدل رقومی سطح زمین. این دو خروجی در مراحل بعدی مورد استفاده قرار گرفتند.



شکل 3- تصاویر پایه دوربین C-Stand و شیوه عکسبرداری
Figure 3- Camera stand and photography process

دوربین

به توجه به نیاز عکسبرداری از ارتفاع بالای سطح زمین، دوربین Nikon D5300 (18 mm) برای این پژوهش تهیه شد (با فاصله کانونی 18 میلی‌متری) که قابلیت اتصال Wi-Fi دارد و قدرت تفکیک مکانی بیش از 24 مگاپیکسل است. از اتصال Wi-Fi و اپلیکشن مخصوص دوربین در گوشی‌های هوشمند با سیستم عامل اندروید جهت گرفتن عکسها از ارتفاع استفاده شد.

نرم افزارها

جهت توجیه داخلی و خارجی دوربین و ایجاد مدل سه بعدی زمین، مدل رقومی سطح زمین¹ و تهیه عکس‌های عمودی شده² از نرم افزار فوتوگرامتری برد کوتاه Photoscan نسخه 1,1,6 استفاده شده است (2). به منظور درونیابی مدل رقومی سطح زمین، تهیه و اجرای مدل درخت‌تصمیم‌سازی³ از نرم افزار ERDAS IMAGINE 2015 و به منظور طبقه‌بندی شیء‌گرا⁴ از نرم افزار eCognition Developer 9 استفاده شده است. هر سه نرم افزار از بهترین‌های هر موضوع مورد اشاره می‌باشند (1، 17 و 18). بدین ترتیب تا حد امکان از ورود خطاهای سیستماتیک به تحلیل‌ها جلوگیری شده است. جهت مدلسازی رگرسیون نیز از IBM SPSS Statistics 22 بهره گرفته

1- Digital Terrain Model (DTM)

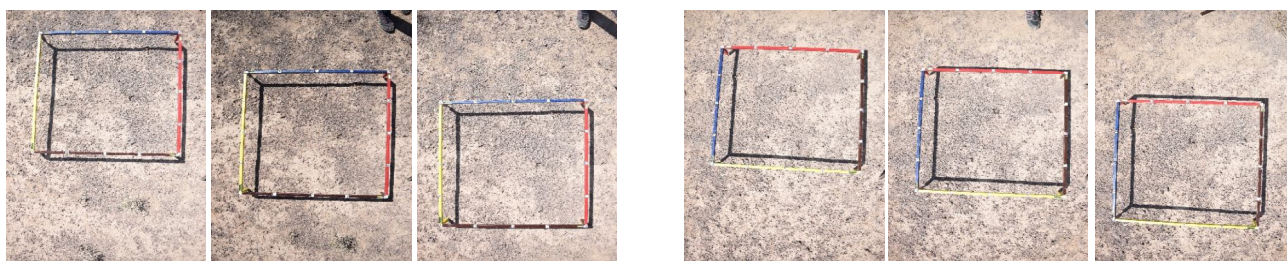
2- OrthoPhoto

3- Decision Tree

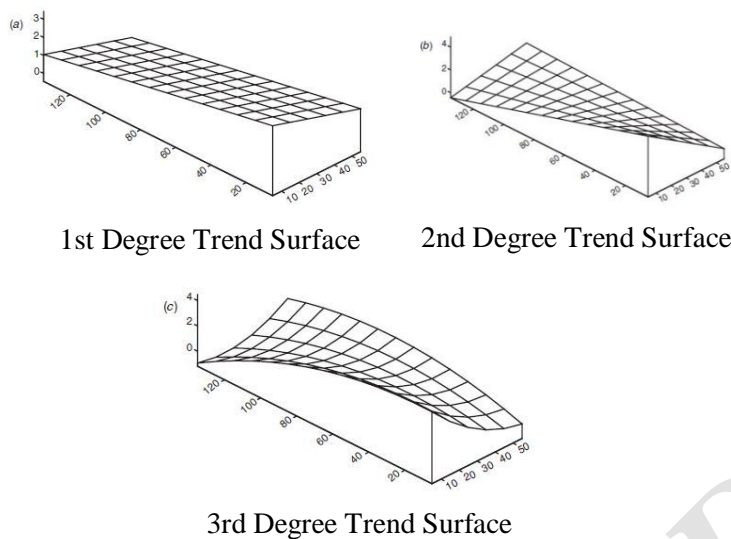
4- Object-Based Classification



شکل 4-فرآیند کلی روش تحقیق
Figure 4- Overview of methodology



شکل 5-مثالی از شیوه عکسبرداری
Figure 5- An example of photography method



شکل 6- روش درونیابی غیردقیق چندجمله‌ای با درجات مختلف (14)
 Figure 6- Inexact polynomial interpolation with different degree (14)

طبقه‌بندی بر اساس پیکسل، قابلیت تهیه نقشه دقیق پوشش‌های زمین را ندارد، بنابراین معمولاً زمین به شیء‌ها یا المانهایی³ تفکیک می‌شود و سپس طبقه‌بندی صورت می‌پذیرد (18).

جدول 1- شاخص‌های طیفی مورد استفاده
 Table 1- Applied Spectral Indices

شاخص طیفی (Spectral Indices)	معادله (Equation)
Ndvi	$OLI5 - OLI4 / OLI5 + OLI4$
Clay mineral	$OLI6 / OLI7$
Ferrous minerals	$OLI6 / OLI5$
Infrared index	$OLI5 - OLI6 / OLI5 + OLI6$
Iron oxide	$OLI4 / OLI2$

بنابراین در روش دوم از فن طبقه‌بندی شیء‌گرا به کمک دو خروجی تحلیل فوتوگرامتری یعنی داده عمودی شده و مدل رقومی سطح زمین همزمان استفاده شده است. این روش در نرم افزار 9 eCognition Developer انجام شد. بدین منظور پس از تفکیک سطح به شیء‌ها، برای هر طبقه (شامل خاک و انواع سنگریزه‌ها) نمونه‌هایی⁴ انتخاب شد و بر اساس خروجی تابع بهینه‌سازی فضای عارضه‌ها⁵ بهترین پارامترهای جداکننده عوارض انتخاب و در تابع

استخراج درصد قطعات سنگی و سنگریزه در هر پلات

دو روش برای استخراج درصد قطعات سنگی و سنگریزه از عکس‌های پردازش شده بکار رفت. در روش اول سطح زمین به صورت کلی بوسیله مدل رقومی سطح زمین و روش درونیابی روند¹ شبیه‌سازی شد (12). در این روش درونیابی فرض بر آن است که روند تغییرات ارتفاعی سطح از یک الگوی چندجمله‌ای با درجات مختلف تبعیت می‌کند (شکل 6)، بنابراین یک سطح میانه برای کل زمین ترسیم می‌شود. به دلیل عدم عبور سطح مذکور از روی کل نقاط (درونیابی غیر دقیق²) (8 و 12)، امکان علامت زدن بیرون‌زدگی‌هایی مانند سنگریزه از سطح اصلی وجود دارد. بنابراین در روش اول میزان قطعات سنگی و سنگریزه، تنها به کمک مدل رقومی سطح زمین و اعمال یک مدل چندجمله‌ای درونیابی بر روی آن و در نهایت بررسی تغییرات این سطح نسبت به سطح اصلی زمین بدست آمد. لازم به ذکر است به دلیل شبیه‌سازی کل نقاط در روش روند، از یک آستانه عددی برای نمایش سنگریزه استفاده شده است. در واقع در هنگام بررسی دو تصویر یک آستانه برای اختلاف واقعی نشان دهنده سنگریزه در نظر گرفته شده است تا از انتخاب سطح واقعی زمین در فرآیند تهیه نقشه جلوگیری شود. این روش در نرم افزار ERDAS IMAGINE اجرا گردید.

در مواردی که قدرت تفکیک مکانی بسیار بالاست، تغییرات جزئی نیز در تصویر قابل مشاهده است، در این موارد روش سنتی

3- Segmentation
 4- Samples
 5- Feature Space Optimization

1- Trend (Polynomial interpolation)
 2- Inexact Interpolation

(شکل 8).

طبقه‌بندی و تهیه لایه سنگریزه

در روش اول با توجه به موجود بودن مدل رقومی سطح زمین و روش آسان درونیایی چندجمله‌ای، مقدار قطعات سنگی و سنگریزه با تعیین یک آستانه برای تفاوت ارتفاعی دو سطح بدست آمد (شکل 9). در این روش، دقت مناسب نشان داد و سرعت تحلیل بالا بود، ولی در مواردی که سنگریزه‌ها اختلاف ناچیز ارتفاعی با خاک بستر داشتند، دقت کاهش می‌یافت.

در روش دوم با تلفیق عکس عمودی شده و مدل رقومی سطح زمین، فرآیند بخش‌بندی با تنظیم پارامترهای مقیاس، شکل و فشردگی در نرم‌افزار eCognition و با دادن وزن بیشتر به مدل رقومی سطح زمین به دقت انجام شد تا بخش‌بندی‌ها متناسب با شکل سنگریزه‌ها شود (شکل 10 بخش ب). در فاز بعدی بر اساس روش طبقه‌بندی نزدیکترین همسایه و خروجی تابع بهینه‌سازی فضای عارضه‌ها، عملیات طبقه‌بندی صورت پذیرفت تا لایه سنگریزه از تصویر اصلی استخراج شود (شکل 10). این روش بر خلاف روش اول زمان زیادی بر اساس سعی و خطا نیاز دارد ولی مقدار زمان قطعاً از طمان لازم جهت رقومی‌سازی دستی سنگریزه‌ها در تصویر بسیار کمتر است، اما دقت روش بسیار بهتر از روش اول می‌باشد. بر اساس تحلیل‌های ارزیابی صحت (10، 25 و 30) با صد نقطه در هر نمونه پلات، کاپا در روش اول کمتر از 0/7 و در روش دوم بیش از 0/8 بدست آمد. در روش دوم امکان افزایش دقت در یک فرآیند سعی و خطا وجود دارد، ولی در روش اول دقت وابسته به نوع و چیدمان بستر و سنگریزه آن است.

مدلسازی و تهیه نقشه لایه سنگریزه

مقادیر درصد قطعات سنگی و سنگریزه و بازتابندگی خروجی باندها از ماژول ATCOR3 به همراه شاخصهای طیفی در نرم‌افزار IBM SPSS Statistics 22 به روش مدلسازی خودکار خطی بر اساس ضریب تعیین تعدیل یافته به صورت مدل رگرسیونی تحلیل شد. جدول (2) خلاصه مدل رگرسیون چندگانه به همراه متغیرهای وابسته و مستقل را نشان می‌دهد. مطابق با این جدول ضریب همبستگی بیشتر از 0/95 و ضریب تعیین تعدیل شده بیش از 0/84 بدست آمده است که حکایت از دقت روش مورد استفاده دارد.

شکل (11) نقشه نهایی درصد قطعات سنگی و سنگریزه در محدوده منطقه مطالعاتی را نشان می‌دهد. همانگونه که در شکل مشخص است و در مقایسه خروجی با شکل (1) مشخص می‌شود، بیشترین مقدار سنگریزه مربوط به مناطق کوهستانی شمال منطقه می‌شود که مقدار این پارامتر به بیشینه خود می‌رسد. در تمام مناطق نمونه‌برداری و موقعیت‌های محلی نزدیک به آنها مقدار قطعات سنگی

طبقه‌بندی نزدیکترین همسایه¹ بکار گرفته شد. لازم به ذکر است به منظور جداسازی درست سنگریزه‌ها وزن لایه مدل رقومی سطح زمین بیشتر در نظر گرفته شده است.

در نهایت بر اساس روش ارزیابی صحت طبقه‌بندی و خروجی ماتریس خطا (شاخص کاپا و دقت کلی) مناسب‌ترین روش جداسازی درصد سنگ و سنگریزه در مورد هر پلات نمونه‌برداری در نظر گرفته شد (10، 25 و 30).

مدلسازی درصد قطعات سنگی و سنگریزه و تهیه نقشه تغییرات آن در ناحیه مطالعاتی

به منظور مدلسازی و تهیه نقشه درصد قطعات سنگی و سنگریزه، در گام اول داده سنجنده OLI پیش‌پردازش شد و تصحیح هندسی بر اساس نقاط کنترل زمینی و تصحیح اتمسفری بر اساس مدول ATCOR در نرم‌افزار ERDAS IMAGINE صورت پذیرفت. به منظور حذف اثر عوارض زمین در بازتابش از تصحیح توپوگرافی (18) در مدول ATCOR3 استفاده شد. در گام بعدی با اعمال شاخص‌های طیفی (جدول 1) مرتبط با خاک و پوشش گیاهی (4، 5، 13، 15 و 29) داده تصحیح شده، بارزسازی شد (18) و به همراه اطلاعات درصد سنگریزه در نرم‌افزار IBM SPSS Statistics 22 به کمک روش مدلسازی خودکار خطی² که بر اساس ضریب تعیین تعدیل یافته بهینه‌سازی شده بود، تبدیل به مدل خطی گردید. در نهایت این مدل بر روی داده‌ها پیاده‌سازی شد تا نقشه نهایی قطعات سنگی و سنگریزه بدست آید.

نتایج

فوتوگرامتری برد کوتاه

در فرآیند عکسبرداری قائم و نزدیک به عمود، اعوجاج عکسها، اندازه‌گیری‌ها در سطح پلات را با خطا مواجه می‌سازد. میزان این خطا در بخشهای مختلف پلات بسته به فاصله از نقطه اصلی عکس متغیر است. همچنین در صورت مرتفع بودن عوارض، نوعی جابجایی عمودی مقیاس³ در عکسها دیده می‌شود که در اثر آن نوک عارضه بر پایه آن منطبق نخواهد بود (18). در فرآیند پردازش عکسها در نرم‌افزار PhotoScan این اعوجاجها مطابق شکل (7) کاملاً برطرف گردید و تصاویر عمودی بین شده خروجی با کیفیت بدست آمد.

همچنین نرم‌افزار مورد استفاده در شبیه‌سازی مدل سه بعدی سطح و تولید مدل رقومی سطح زمین نیز کاملاً موفق نشان داد

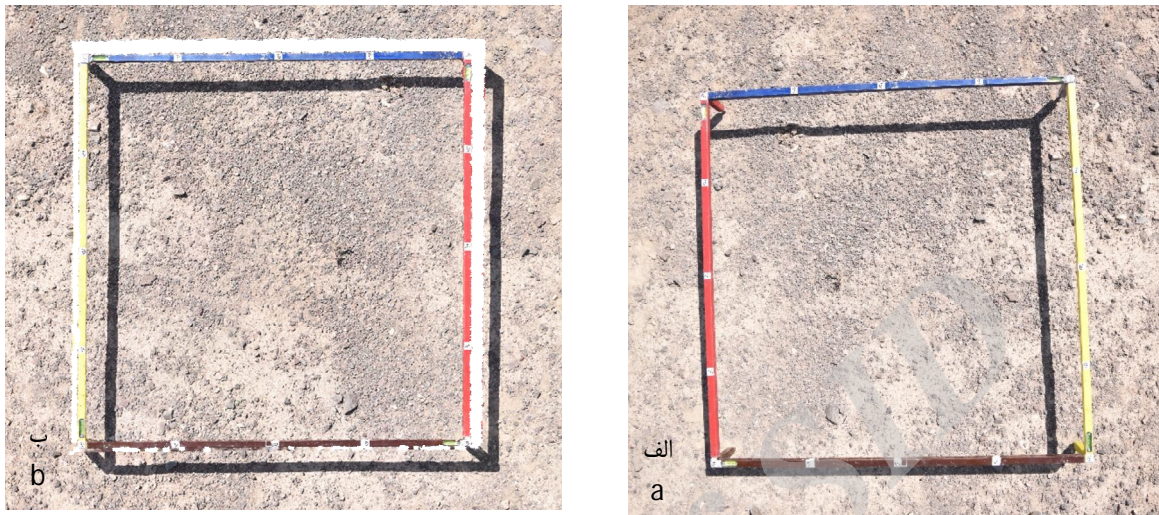
1- Nearest Neighbor

2- Automatic Linear Modeling

3- one-dimensional relief displacement

انتخاب نمونه تعلیمی مدل توان پیش‌بینی درست را نداشته است و ضرورت دارد در این قبیل مطالعات، این مناطق بر اساس یک طرح طبقه‌بندی یا اعمال یک شاخص پوشش گیاهی و بکارگیری آستانه از ناحیه مطالعاتی حذف شوند.

و سنگریزه بسیار نزدیک به مقدار واقعی پیش‌بینی شده است که بر اساس داده‌های جدول (2) انتظار آن وجود داشت. تنها ضعف مدل مربوط به مناطق بایر، کشت آیش، منطقه دارای ماسه و بدون پوشش گیاهی و بدون سنگریزه است که در این مناطق به دلیل عدم



شکل 7- مقایسه تصویر اولیه دارای جابجایی عمودی (شکل الف، عدم قرارگیری راس بر پایه پلات) و تصویر عمودی شده (ب)
Figure 7- Comparison between the (a) first image with dissertation and (b) Ortho photo



شکل 8- مدل سه بعدی سطح زمین حاصل تحلیل فوتوگرامتری در نرم افزار PhotoScan
Figure 8- Three-dimensional terrain model by photogrammetric analysis in PhotoScan



شکل 9- مراحل تعیین سنگریزه به روش درونیابی چندجمله‌ای
Figure 9- Gravel determining process by polynomial interpolation method

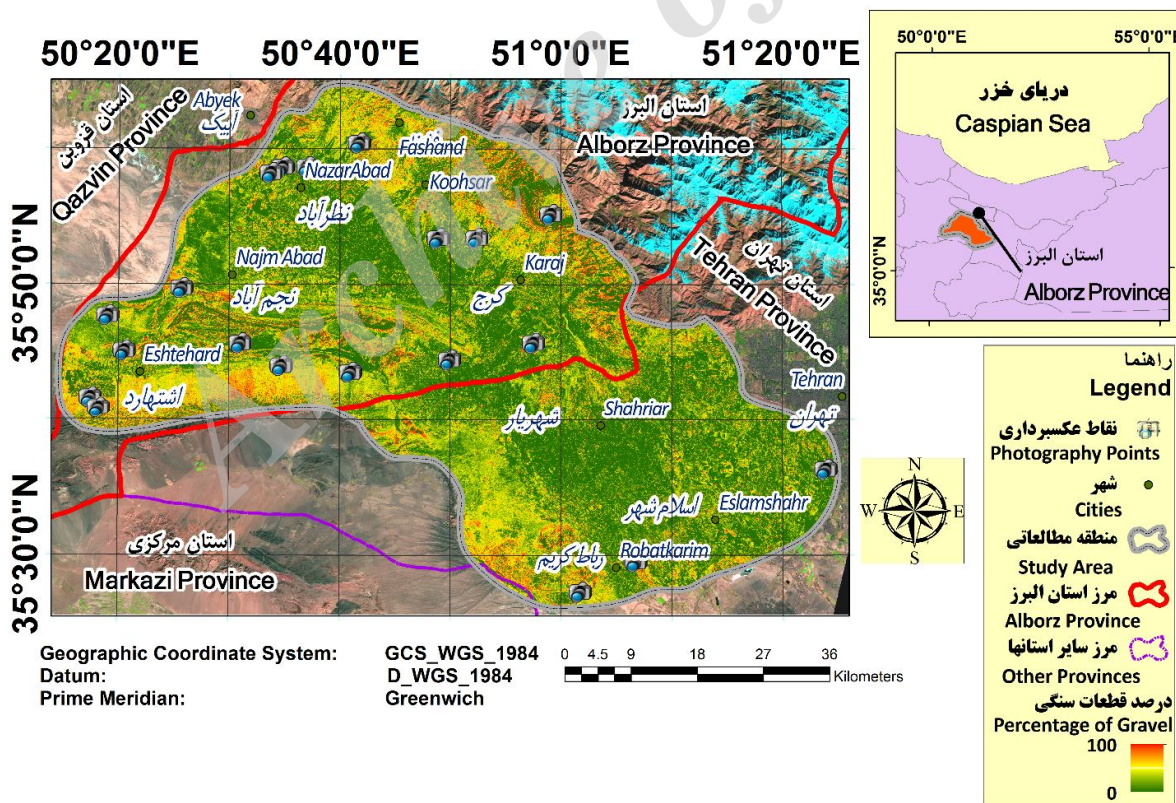


شکل 10- مراحل طبقه‌بندی شیء‌گرا در نرم افزار eCognition (تصویر ب بخش‌بندی و تصویر ج طبقه‌بندی نهایی)
 Figure 10- Object based classification process in eCognition software, (a) orthogonal image, (b) segmentation, and (c) Final classification

جدول 2- خلاصه مدل رگرسیون چندگانه تخمین‌زننده درصد قطعات سنگی و سنگریزه

Table 2- Summary of predictive multiple regression of gravel, cobbles and boulders

نوع مدل (Model)	ضریب همبستگی (R)	ضریب تعیین (R Square)	ضریب تعیین تعدیل شده (Adjusted R Square)	خطای استاندارد تخمینها (Std. Error of the Estimate)	متغیرهای مستقل (Predictors)	متغیر وابسته (Dependent Variable)
رگرسیون خطی (Linear Regression)	0.951	0.904	0.848	12.275	عدد ثابت، بازتابندگی باند 2، شاخص اکسید آهن، شاخص زیر قرمز، بازتابندگی باند 7، 1، 3 (Reflectance of Band 1,2,3 and 7, Infrared Index, Iron Oxide Index, Constant)	درصد تخته سنگ، قلوه سنگ و سنگریزه (Gravel, cobbles and boulders)



شکل 11- نقشه نهایی درصد قطعات سنگی و سنگریزه
 Figure 11- Final gravel, cobbles and boulders percentage map

بحث و نتیجه‌گیری

بسیار بالا و دقیقی نشان داد، به گونه‌ای که این برآوردهای دقیق به مدلسازی مطلوب‌تر منجر گردید که کمتر در مطالعات مشابه دیده شده است (11 و 29). در بررسی‌های اولیه مدلسازی این پژوهش مشاهده گردید تصحیح رادیومتری بدون در نظر گرفتن عوارض سطحی یا استفاده از ماژول ATCOR2 بجای ATCOR3 می‌تواند خروجی مناطق دارای پستی و بلندی شدید را قویاً تحت تاثیر قرار دهد. بنابراین در این مطالعات ضرورت دارد اول حتماً تصحیح عوارض سطح زمین یا تصحیح توپوگرافیک (18 و 24) صورت پذیرد و دوم بر اساس شرایط منطقه داده ماهواره‌ای سفارش داده شود که در آن زاویه ارتفاعی خورشید خیلی مایل نباشد. برای مثال زمان مطلوب می‌تواند اواخر تابستان باشد که پوشش گیاهی در حداقل عملکرد خود قرار دارد ولی زاویه ارتفاعی خورشید نزدیکتر به قائم است. اما از محدودیت‌های این قبیل پژوهش، نوع سامانه رایانه‌ای پردازنده عکس‌ها می‌باشد. به دلیل نیاز به پردازش میلیاردها نقطه در هر پروژه، سامانه رایانه‌ای مطلوب پردازش با جزئیات بالا، هزینه زیادی دارد و با رایانه‌های معمول این امکان مستلزم صرف زمان بسیار بیشتری است.

سپاسگزاری

بدین وسیله از اداره کل حفاظت محیط زیست استان البرز که منابع مالی این پروژه را تامین نمودند، تشکر و قدرانی می‌گردد.

هدف اصلی این مقاله بررسی توانایی فن فوتوگرامتری برد کوتاه در تخمین میزان پوشش قطعات سنگی و سنگریزه در یک چشم‌انداز و ارزیابی میزان اثربخشی آن در چنین اندازه‌گیری‌هایی می‌باشد. بر این اساس در این مقاله سعی شد شیوه استفاده مناسب از این ابزار استاندارد گردد. پلات مخصوص طراحی شده در این پژوهش، شیوه عکسبرداری و تحلیل‌ها به خوبی نیازهای این پژوهش را تامین نمودند. با این وجود توصیه می‌شود در مطالعات مشابه تا حد امکان قدرت تفکیک دوربین بیشتر باشد تا امکان پایش بهتر سنگریزه‌های با قطر کمتر فراهم شود. تفاوت عمده این تحقیق با تحقیقات مشابه اندازه‌گیری یا تخمین قطعات سنگی و سنگریزه (11 و 29)، ورود بعد سوم مکانی در تحلیل بستر است، به گونه‌ای که با تکمیل این پژوهش امکان تخمین حجم بیرون‌زدگی سنگی از بستر و تحلیل چیدمان سنگ‌ها و ارزیابی اثرگذاری آن در مولفه‌های مختلف محیط همانند حساسیت به فرسایش بادی وجود دارد. به دلیل مکانمند بودن سنگ‌ریزه‌های سه بعدی تخمین زده شده در این روش، امکان بررسی سنجه‌های سیمای سرزمین و رابطه‌یابی متقابل آنها با حساسیت چشم‌انداز میسر است. بنابراین این بررسی می‌تواند یک مسیر پژوهشی-کاربردی جدید در این قبیل مطالعات بگشاید که از دستاوردهای مهم و اصلی آن بشمار می‌رود. نتایج مدلسازی این پژوهش نیز نشان می‌دهد تخمین‌های نهایی بسیار به واقعیت نزدیک است و در کل در این پژوهش فوتوگرامتری برد کوتاه توان تحلیلی

منابع

1. Achard F., and Hansen M.C. 2016. Global Forest Monitoring from Earth Observation. CRC Press.
2. Uthor, Agisoft PhotoScan User Manual: Professional Edition. Version; 2014.
3. Ahmadi H., 2008. Applied geomorphology: Desert-Wind Erosion. University of Tehran, Tehran.
4. Barati S., Rayegani B., Saati M., Sharifi A., and Nasri M. 2011. Comparison the accuracies of different spectral indices for estimation of vegetation cover fraction in sparse vegetated areas. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, 14: 49-56.
5. Ben-Dor E. 2002. Quantitative remote sensing of soil properties. Advances in Agronomy, 75: 173-243.
6. Bertin S., and Friedrich H., 2016. Field application of close-range digital photogrammetry (CRDP) for grain-scale fluvial morphology studies. Earth Surface Processes and Landforms, 41: 1358-1369.
7. Brinker R.C., and Minnick R. 1995. The surveying handbook. 2nd ed. Chapman & Hall, New York.
8. Burrough P.A., McDonnell R.A., McDonnell R., and Lloyd C.D. 2015. Principles of geographical information systems. Oxford University Press.
9. Christiansen E.H., and Hamblin W.K. 2015. Dynamic Earth : an introduction to physical geology. Jones & Bartlett Learning, Burlington, MA.
10. Congalton R.G., and Green K. 2008. Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices. CRC press.
11. Crouvi O., Ben-Dor E., Beyth M., Avigad D., and Amit R. 2006. Quantitative mapping of arid alluvial fan surfaces using field spectrometer and hyperspectral remote sensing. Remote Sensing of Environment, 104: 103-117.
12. DeMers M.N. 2008. Fundamentals of geographic information systems. John Wiley & Sons.

13. Dogan H.M. 2009. Mineral composite assessment of Kelkit River Basin in Turkey by means of remote sensing. *Journal of Earth System Science*, 118: 701-710.
14. Fortin M.J., and Dale M.R.T. 2005. *Spatial Analysis: A Guide for Ecologists*. Cambridge University Press.
15. Frazier B., and Cheng Y. 1989. Remote sensing of soils in the eastern Palouse region with Landsat Thematic Mapper. *Remote Sensing of Environment*, 28: 317-325.
16. Goudie A., 2013. *Arid and semi-arid geomorphology*. Cambridge University Press, Cambridge.
17. Ioannides M., Fink E., Moropoulou A., Hagedorn-Saupe M., Fresa A., Liestøl G., et al. 2016. Digital Heritage. Progress in Cultural Heritage: Documentation, Preservation, and Protection: 6th International Conference, EuroMed 2016, Nicosia, Cyprus, October 31 – November 5, 2016, Proceedings. Springer International Publishing.
18. Jensen J.R. *Introductory digital image processing 3rd edition*. Upper saddle river: Prentice hall 2005.
19. Kasser M., and Egels Y. 2002. *Digital photogrammetry*. Taylor & Francis, London ; New York.
20. Linder W. 2003. *Digital photogrammetry : theory and applications*. Springer, Berlin ; New York.
21. Linder W. 2009. *Digital photogrammetry : a practical course*. 3rd ed. Springer, Berlin ; London.
22. Luhmann T., Robson S., Kyle S., and Boehm J. 2014. *Close-range photogrammetry and 3D imaging*. Walter de Gruyter.
23. Luhmann T., Robson S., Kyle S., and Harley I. 2011. *Close Range Photogrammetry: Principles, techniques and applications*. Whittles Publishing, Dunbeath, Caithness KW6 6EG, Scotland, UK.
24. Mather P.M., and Koch M., 2011. *Computer processing of remotely-sensed images : an introduction*. 4th ed. Wiley-Blackwell, Chichester, West Sussex, UK ; Hoboken, NJ.
25. Navulur K., 2006. *Multispectral image analysis using the object-oriented paradigm*. CRC press.
26. Newman J.P., 2014. *Container nursery production and business management manual*. First edition. ed. University of California Division of Agriculture and Natural Resources, Oakland, California.
27. Qin Y., Yi S., Chen J., Ren S., and Ding Y. 2015. Effects of gravel on soil and vegetation properties of alpine grassland on the Qinghai-Tibetan plateau. *Ecological Engineering*, 74: 351-355.
28. Rayegani B. Identification of main dust sources in Alborz Province and checking their trends in the past 15 years Department of Environment: College of Environment, 2016 Summer 2016. Report No.
29. Rayegani B., Barati S., Sohrabi T.A., and Sonboli B. 2016. Remotely sensed data capacities to assess soil degradation. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*.
30. Wang G., and Weng Q. 2013. *Remote sensing of natural resources*. CRC Press.
31. Woodruff L.G., Cannon W.F., Eberl D.D., Smith D.B., Kilburn J.E., Horton J.D., et al. 2009. Continental-scale patterns in soil geochemistry and mineralogy: Results from two transects across the United States and Canada. *Applied Geochemistry*, 24: 1369-1381.

Gravel, cobbles and boulders Percentage mapping using Close-Range Photogrammetry (Case Study: The Tehran-Karaj Plain)

Behzad Rayegani^{1*}

Received: 26-02-2017

Accepted: 23-05-2017

Introduction: Gravel, cobbles and boulders as erodible parameters play significant role to control wind erosion. Therefore, our understandings of gravel, cobbles and boulders percentage variations help to analyze events in the landscape. Close-range photogrammetry as an accurate measurement tool based on photos analysis has been extraordinary improved in recent years and its usage is rapidly growing in environmental analyses. It seems that close range photogrammetry in mapping and measuring the shapes and surfaces have a great potential. Currently close range photogrammetry is mostly used for preparation of Digital Elevation Model (DEM) and Digital Terrain Model (DTM). Now, high resolution DEMs only can be created using 3D Laser Scanner and close range photogrammetry. Despite having a considerable potential, close range photogrammetry has been rarely used in quantitative natural resource studies. In the current assessment, we examined the ability of close range photogrammetry for a quantitative parameter (i.e. percentage of gravel, cobbles and boulder).

Materials and Methods: In this study, we tried to use the close range photogrammetry and assess its performance to estimate the percentage of gravel, cobbles and boulders. For this purpose, a specific quadrat was designed for close range photogrammetry and the required photography tools and techniques were determined. In order to prepare the mapping of gravel, cobbles and boulders percentage, a sampling plan using OLI data was designed for the plain of Tehran-Karaj and photography was performed accordingly. Photos were processed using the PhotoScan software and Orthophotos and Digital Terrain Models were then created. The photos were classified by two methods: 1- Decision Tree Analysis using Digital Terrain Models that it was done using the ERDAS IMAGINE 2015 software; 2- Object-based Classification using Orthophotos and Digital Terrain Models that the eCognition Developer 9 software was used. Gravel, cobbles and boulders percentage of each quadrat was estimated based on more accurate method and used as the dependent variable for modeling process. To model gravel, cobbles and boulders percentage, OLI data was firstly preprocessed to extract reflectance of the bands and then spectral indices were used. Geometric correction and radiometric correction using ATCOR3 were carried out in preprocessing phase and spectral indices of soil characterize were used to enhance the image. Finally, the reflectance of the bands and the spectral indices were used to create a multiple regression model using IBM SPSS Statistics 22 software.

Results and Discussion: The results showed that the Close Range Photogrammetry software (PhotoScan) is able to fix the distortion in photos well. One-dimensional relief displacement error was removed by PhotoScan. Interior and exterior orientation was done very well using the software and measurements which were calibrated by it. High quality Ortho-Photos and high resolution Digital Terrain Models were created using PhotoScan.

Classification by Decision Tree Analysis using Digital Terrain Models was done by the ERDAS IMAGINE 2015 software. First-order and Second-order polynomial interpolation was applied to Digital Terrain Models and the uniform surfaces were created. Two surfaces (original one created by PhotoScan and Interpolated Surface) were then compared and the gravel, cobbles and boulders parts were separated using some thresholds. The results indicated that this method can create the gravel, cobbles and boulders map rapidly but the accuracy is moderate.

Comparing with Decision Tree Analysis, Object-based Classification by the eCognition Developer 9 software which uses Orthophotos and Digital Terrain Models was more accurate. However, the latter was time-consuming as it is needed to be done manually in many different steps and there were many options to be created for final layer.

Automatic linear modeling in IBM SPSS Statistics 22 software was used to create multiple regression model and Iron Oxide and Inferred indices and reflectance of the bands 1, 2, 3 and 7 of OLI Sensor were selected by the software. The coefficient of determination of the model was more than 0.9 showing the good potential of the

1-Assistant Professor of College of Environment, Department of Environment, Karaj, Iran

(* -Corresponding Author Email: behzad.rayegani@gmail.com)

close-range photogrammetry. This model was used to create maps of percentage and the final map was in full compliance with the field observations.

Conclusions: Our results showed that the Close Range Photogrammetry has a vast potential and it can be an important tool in the environmental studies in the future.

Keywords: eCognition, Specific Quadrat for Photogrammetry, Decision Tree Analysis, Object-based Classification, PhotoScan

Archive of SID