

Investigating the Most Suitable Observation Points in Natural Resources Monitoring using Spatial Analysis

Mohsen Mostafa^{a*}, Shaban Shataee Jouibary^b

^a Assistant Professor, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sari, Iran

^b Professor, Department of Forestry, Faculty of Forest Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

Received: 8 April 2022

Revised: 7 May 2022

Accepted: 29 May 2022

Abstract

A basic critical phase in watershed monitoring is choosing the most suitable observation points which are followed by monitoring the natural resources with a wide range of view using visibility spatial analysis. Monitoring towers are crucial assets in detecting forest fires, in addition to other technological advancements. For this study 30 villages, located in Chehelchai watershed, were selected as the observation points along with 26 convenient and accessible perspective points as the observer points. For this purpose, visibility analysis lookout towers were determined using QGIS software and the percentages of visible and invisible areas were determined for the study area. Four scenarios were employed aimed at looking into the good visibility of the points for indirect watershed monitoring using Viewshed analysis in QGIS software; First scenario: Offset A = 1.6M, Radius 2 = 1200M; Second scenario: Offset A = 11.6M, Radius 2 = 1200M, Third scenario: Offset A = 1.6M, Radius 2 = 10000 and Fourth scenario: Offset A = 1.6M, Radius 2 = 10000M. The results showed that the Viewshed side program makes it possible to locate visible and invisible areas from the observer points according to different scenarios. Moreover, it was concluded that visibility analysis is a very useful and practical method for evaluating monitoring lookout towers and determining the potential location of the towers.

Keywords: Viewshed, Visible Area, Monitoring, Natural Resources

*. Corresponding author: Mohsen Mostafa E-mail: M.Mostafa@areeo.ac.ir Tel: + 989374059797

How to cite this Article: Mostafa, M., & Shataee Jouibary, Sh. (2023) Investigating of the most suitable observation points in natural resources monitoring using spatial analysis. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 12(1), 137-154.

DOI: 10.22067/GEOEH.2022.76598.1220



Journal of Geography and Environmental Hazards are fully compliant With open access mandates, by publishing its articles under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).





Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

Geography and Environmental Hazards

Volume 12, Issue 1 - Number 45, Spring 2023

<https://geoeh.um.ac.ir>

 <https://doi.org/10.22067/geoeh.2022.76598.1220> 

جغرافیا و مخاطرات محیطی، سال دوازدهم، شماره چهل و پنجم، بهار ۱۴۰۲، صص ۱۵۴-۱۳۷

مقاله پژوهشی

شناسایی مناسب‌ترین نقاط دیده‌بانی در پایش عرصه‌های منابع طبیعی با استفاده از تحلیل‌های مکانی

محسن مصطفی^۱ - استادیار بخش منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و

ترویج کشاورزی، ساری، ایران

شعبان شتایی جویباری - استاد گروه جنگلداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱/۱۹ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۲/۱۷ تاریخ تصویب: ۱۴۰۱/۳/۸

چکیده

شناسایی نقاط مناسب دیده‌بانی و پایش عرصه‌های منابع طبیعی برای تهدیداتی نظیر آتش‌سوزی با میدان دید وسیع یکی از مراحل اصلی پایش یک حوزه آبخیز با استفاده از تحلیل رؤیت‌پذیری سامانه‌های اطلاعات مکانی است. تعبیه برج‌های دیده‌بانی علاوه بر تشخیص تخریب‌های صورت گرفته دارای کاربردهای دیگری با توجه به توسعه تکنولوژی می‌باشند. در این تحقیق ۳۰ روستای قرار گرفته در حوزه آبخیز چهل‌چای همراه با ۲۶ نقطه با چشم‌انداز مناسب و قابل دسترس به‌عنوان نقاط مشاهده‌گر انتخاب شدند. بدین منظور، تجزیه و تحلیل رؤیت‌پذیری منطقه مورد مطالعه با استفاده از نرم‌افزار QGIS جهت تعیین درصد مناطق رؤیت‌پذیر انجام گرفت. رؤیت‌پذیری این نقاط در چهار سناریو (ارتفاع نقطه مشاهده‌گر برابر ۱/۶ متر و شعاع دید ۱۲۰۰ متر، ارتفاع نقطه مشاهده‌گر برابر ۱۱/۶ متر و شعاع دید ۱۲۰۰ متر، ارتفاع نقطه مشاهده‌گر برابر ۱/۶ متر و شعاع دید ۱۰۰۰۰ متر و ارتفاع نقطه مشاهده‌گر برابر ۱۱/۶ متر و شعاع دید ۱۰۰۰۰ متر) برای پایش غیرمستقیم حوزه آبخیز با استفاده از برنامه جانبی Viewshed در محیط نرم‌افزار QGIS مورد بررسی قرار گرفت. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که برنامه جانبی Viewshed مکان‌یابی مناطق قابل رؤیت و غیرقابل رؤیت را از نقاط مشاهده‌گر با توجه به سناریوهای مختلف

Email: M.Mostafa@areeo.ac.ir

۱ نویسنده مسئول: ۰۹۳۷۴۰۵۹۷۹۷

نحوه ارجاع به این مقاله:

مصطفی، محسن؛ شتایی، شعبان. ۱۴۰۲. شناسایی مناسب‌ترین نقاط دیده‌بانی در پایش عرصه‌های منابع طبیعی با استفاده از

تحلیل‌های مکانی. جغرافیا و مخاطرات محیطی. ۱۲(۱). صص ۱۳۷-۱۵۴

<https://doi.org/10.22067/geoeh.2022.76598.1220>

امکان‌پذیر می‌کند. به‌علاوه با ترکیب این نقاط با همدیگر می‌توان پوشش مناطق قابل دید برای پایش کل حوضه را افزایش داد. علاوه بر این، تجزیه و تحلیل رؤیت‌پذیری یک روش بسیار مفید و کاربردی برای ارزیابی برج‌های مراقبتی و تعیین موقعیت بالقوه این برج‌ها است. در نهایت، علاوه بر تعیین برج‌های دیدبانی، رویکردهای مبتنی بر GIS که شامل تجزیه و تحلیل رؤیت‌پذیری و فناوری‌های سنجش‌ازدور می‌شود، با هدف برنامه‌ریزی بهینه سیستم‌های نظارتی از نظر اقتصادی، فنی و کاربردی، پیشنهاد می‌شود. کلیدواژه‌ها: Viewshed، مناطق قابل رؤیت، پایش، عرصه‌های منابع طبیعی.

۱- مقدمه

مدیریت مناسب اراضی طبیعی جهت دستیابی به فواید بالقوه آن از جمله، خدمات اکوسیستمی، زیبایی‌شناسی، اقتصادی غیره امری ضروری است. پایش این اراضی جهت درک کامل کارشناسان و مدیران از شرایط موجود برای اجرای دقیق برنامه‌های حفاظت، احیا و توسعه مهم‌ترین ابزار مدیریتی است. پایش منظم و مداوم این عرصه‌ها به‌ویژه جنگل‌ها و مراتع جهت انجام پروژه‌های مدیریتی، عملیات بهره‌برداری، جلوگیری از قاچاق و دخل و تصرف، اطفای حریق و مشاهده هر نوع تغییرات انسانی و غیرانسانی در آن‌ها از مهم‌ترین و کاراترین روش‌های کنترل و حفاظت است (مصطفی و همکاران، ۱۳۹۹)؛ زیرا در طول زمان، الگوهای پوشش زمین و به تبع آن کاربری اراضی دچار تغییر و دگرگونی اساسی می‌شوند و عامل انسانی می‌تواند نقش مهم‌تری داشته باشد (رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۹۹). حوزه آبخیز یک سیستم تولیدی است که دارای ورودی‌های طبیعی و مصنوعی است، از طرف دیگر طبیعت پویای یک حوزه آبخیز تعادل حساس بین نیروهای مخرب‌کننده و سازنده است (بروکس^۱ و همکاران، ۲۰۱۳). یکی از راه‌های رسیدن به اهداف توسعه پایدار در حوزه‌های آبخیز پایش تمام مؤلفه‌های حوزه آبخیز با استفاده از روش‌های موجود است که یکی از آن‌ها بهره‌گیری از امکانات موجود در سامانه اطلاعات جغرافیایی (جی‌آی‌اس^۲) است. از جمله این ابزارها می‌توان به برنامه ویوشید^۳ اشاره نمود. در مباحث مربوط به پایش و نظارت از راه دور واژه نقاط رؤیت‌پذیر دارای کاربرد ویژه‌ای است، طوری که تحلیل رؤیت‌پذیری^۴ و نقاط رؤیت‌پذیر با همدیگر و به‌طور مترادف مورد استفاده قرار می‌گیرند. در همین راستا، واژه نقاط رؤیت‌پذیر که وسیله طراحان منظر به کار برده شد به محلی گفته می‌شود که از آنجا خطوط دید بدون مانع از نقطه مشاهده‌گر خارج می‌شوند. این واژه برای اولین بار در سال ۱۹۷۰ به‌وسیله اداره جنگلبانی ایالات متحده آمریکا مورد استفاده قرار گرفت (اروین و استینتز^۵، ۲۰۰۳).

1 Brooks et al

2 Geographic Information System (GIS)

3 Viewshed

4 Visibility

5 Ervin and Steinitz

در سال‌های اخیر از امکانات موجود در جی‌آی‌اس برای تحلیل‌های مبتنی بر ویژگی‌های بصری چشم‌اندازها در مطالعات مختلف استفاده شده است. زارعی و همکاران (۱۳۹۵)، بهینه‌سازی پوشش در شبکه‌های حسگر بی‌سیم، احمدی و همکاران (۱۳۹۷)، تحلیل رؤیت‌پذیری ساختمان‌های بلندمرتبه در سنندج، کریمی و وحیدنیا (۱۳۹۹)، مکان‌گزینی و بهینه‌سازی پوشش دوربین‌های مداربسته، فلاحتی و همکاران (۱۴۰۰)، ارزیابی زیستگاه کفتار راه در ارتفاعات شاهو، کرمانشاه، ژانگ^۱ و همکاران، (۲۰۱۵) بائو^۲ و همکاران (۲۰۲۰)، جهت تعیین نقاط مناسب دیده‌بانی آتش‌سوزی در چین، (ایو و کرما^۳) (۲۰۱۴)، در رؤیت‌پذیری مزارع، لی^۴ و همکاران (۲۰۱۹)، برای نصب ایستگاه‌های پایش جنگل در کره جنوبی، اسکارفو و همکاران (۲۰۱۳)، جهت ارزیابی بصری اثرات بهره‌برداری جنگل در ایتالیا، باریان^۵ و همکاران (۲۰۱۱)، به‌منظور تعیین محل‌های عکس‌برداری از طبیعت، باومن و رایوس^۶ (۲۰۲۱)، برای بررسی رؤیت‌پذیری مناطق اطراف معابد در تبت و سانچز فرناندز^۷ (۲۰۲۲)، جهت طراحی مسیر پرواز پهپادها برای پایش مناطق مساحت زیاد و ناهمگن در اسپانیا از قابلیت ویوشید استفاده نموده‌اند.

برنامه‌های تجزیه و تحلیل مکانی توسعه داده‌شده در جی‌آی‌اس دارای کاربردهای متنوع در علوم منابع طبیعی می‌باشند. بر همین اساس ابزارها و تکنیک‌های مختلفی از جمله برنامه جانبی ویوشید^۸ توسعه داده شده‌اند. این برنامه در محیط جی‌آی‌اس با استفاده از یکسری الگوریتم‌ها، داده‌های مکانی با فرمت رستر را تجزیه و تحلیل می‌کند، به طوری که اطلاعات مکانی در پیکسل‌ها کدگذاری شده و شبکه‌ای همانند نقشه رقومی ارتفاع (دم^۹) تشکیل می‌دهند (سوپرنانت^{۱۰}، ۲۰۱۴). با استفاده از تکنیک ویوشید^۳ مناطق قابل دید و غیرقابل دید از یک نقطه مشخص تشخیص داده می‌شوند (بایشاپ^{۱۱}، ۲۰۰۳). این برنامه اغلب برای تعیین مناطق با میدان دید مناسب با توجه به وضعیت چشم‌انداز آن به کار می‌رود و منجر به توسعه الگوریتم‌ها و روش‌های تجزیه تحلیل مختلف شده است (نوتسفورد^{۱۲}، ۲۰۱۵)

در مطالعات قبلی، تحقیقات بیشتر بر روی مکان‌یابی نقاط مشاهده‌گر و توانایی آن در پوشش مناطق به صورت موردی تمرکز شده است و از طرفی در محدوده یک حوضه آبخیز و پایش تمام مؤلفه‌های آن تحقیقی صورت نگرفته است. لازم به ذکر است در داخل کشور روی چگونگی استفاده از قابلیت ویوشید^۳ در پایش عرصه‌های منابع

1 Zhang et al

2 Bao et al

3 Eve and Crema

4 Lee et al

5 Brabyn and Mark

6 Bowman and Ryavec

7 Sanchez-Fernandez et al

8 Viewshed

9 Digital Elevation Model (DEM)

10 Supernant

11 Bishop

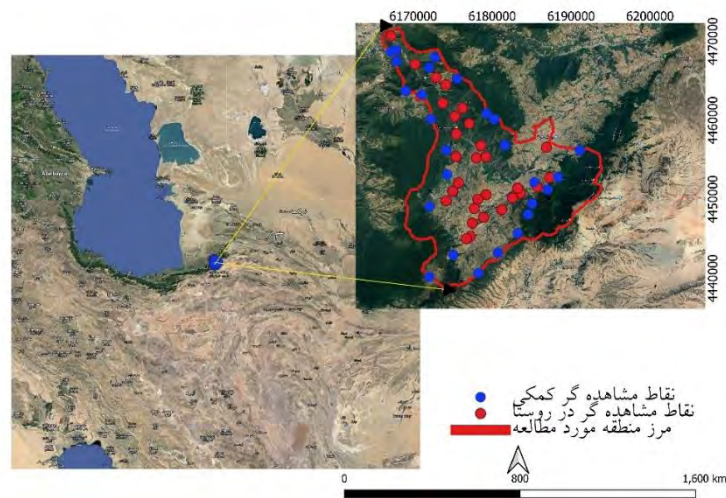
12 Nutsford et al

طبیعی و تحقیقی یافت نشد، جهت حفاظت از عرصه‌های جنگلی و مرتعی در مقیاس حوزه‌های آبخیز، در مقابل عوامل مخربی مانند آتش‌سوزی، تغییر کاربری اراضی، قاچاق چوب و مبارزه با آفات و بیماری‌ها پایش مداوم آن‌ها به صورت مستقیم و غیرمستقیم ضروری می‌باشد. یکی از روش‌های پایش غیرمستقیم تعیین محل‌های دیدبانی بوده، در حالی مکان‌یابی و تعیین مناطق رؤیت پذیر از این نقاط نیازمند بازدیدهای زمینی و استفاده از روش‌های علمی می‌باشد. با توجه به موارد مذکور پژوهش با استفاده از قابلیت برنامه جانبی ویشید^۳ در محیط جی‌آی‌اس به منظور بررسی وضعیت رؤیت‌پذیری روستاها و همچنین نقاط با چشم‌انداز مناسب و قابل دسترس به‌عنوان نقاط مشاهده‌گر جهت پایش عرصه‌های منابع طبیعی از حوادث و عوامل تخریب‌زا به خصوص آتش‌سوزی در حوضه آبخیز چهل‌چای استان گلستان بعنوان یک حوضه دارای مشکلات متعدد اقتصادی و اجتماعی و حوادث مختلف تخریب‌زا و دارای تغییرات کاربری شدید در سال‌های گذشته انجام شد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز چهل‌چای با وسعت ۲۵۶۸۰ هکتار در موقعیت جغرافیایی ۳۶°، ۵۷'، ۳۰" تا ۳۷°، ۱۵'، ۰۰" عرض شمالی و ۵۵°، ۲۲'، ۳۰" تا ۵۵°، ۳۷'، ۳۰" طول شرقی و بر مبنای سیستم مختصات سامانه مختصات جهانی مرکاتور (یوتی‌ام) در زون ۴۰ شمالی در استان گلستان، شهرستان مینودشت واقع شده است. حداقل ارتفاع از سطح دریا ۱۹۰ و حداکثر آن ۲۵۶۷ متر از سطح آب‌های آزاد می‌باشد. میانگین بارندگی سالیانه منطقه مورد مطالعه ۷۵۰ میلی‌متر می‌باشد. پوشش گیاهی غالب حوضه در بخش شمالی، جنگل و در بخش جنوب به پوشش مرتعی و خشک تغییر می‌یابد. اقتصاد عمومی مردم بر پایه زراعت و دامداری می‌باشد. کاربری‌های اصلی منطقه مورد مطالعه شامل اراضی جنگلی (۶۷٪)، کشاورزی (۲۸٪)، مراتع (۴/۰۹٪) و مسکونی (۰/۵۳٪) می‌باشد. حوزه آبخیز چهل‌چای دارای مشکلات زیادی از جمله تغییرات گسترده کاربری اراضی از جنگل به اراضی زراعی، آتش‌سوزی‌های فراوان و گسترده در اراضی جنگلی و مرتعی، حساس بودن بعضی از سازندهای زمین‌شناسی به فرسایش آبی، فشار چرای دام، رسوب‌دهی بالا و سیل‌خیز بودن، تخریب اکولوژیک اراضی طبیعی و مشکل اشتغال و درآمد می‌باشد. شکل ۱ نقشه منطقه مورد مطالعه و نقاط مشاهده‌گر را نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه و نقاط مشاهده‌گر

۲-۲- انتخاب محل نقاط مشاهده‌گر^۱

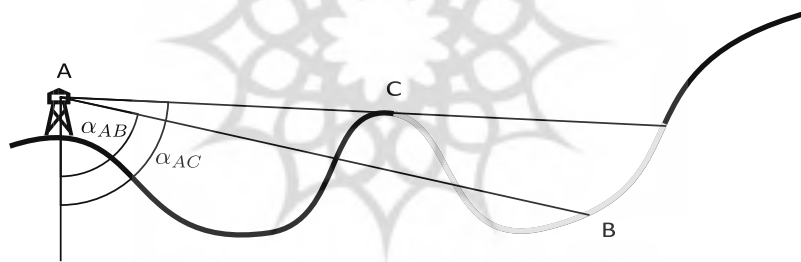
ارزیابی نقاط مناسب برای انتخاب محل‌ها دیدبانی بر اساس رؤیت‌پذیری آن اغلب از فردی به فرد دیگر متفاوت است (فرانچ پاردو^۲ و همکاران، ۲۰۱۷). به همین منظور محققان همواره به دنبال روش‌هایی بودند که بر اساس داده‌های کمی و الگوریتم‌های مناسب تحلیل‌های مکانی این نقاط را انتخاب نمایند و این مهم در محیط جی‌آی‌اس امکان‌پذیر شده است. نقطه مشاهده‌گر، نقطه‌ای است که محدوده‌ای قابل رؤیت یا یک خط ممتد وسیع را رؤیت می‌کند و یکی از مؤلفه‌های اصلی ارزیابی چشم‌انداز می‌باشد. این نقطه، به‌عنوان یک پارامتر کنترل‌کننده برای ارزیابی فاصله، اختلاف ارتفاع، زاویه عمودی بین نقطه مشاهده‌گر و نقطه هدف دید به کار می‌رود (کاسترو^۳ و همکاران، ۲۰۱۱). در این مطالعه به‌صورت پیش‌فرض، هر کدام از روستاهای موجود در منطقه به دلیل شرایط دیده‌بانی و به‌عنوان نقاط قابل دسترسی به‌عنوان مشاهده‌گر انتخاب شدند. همچنین در درون حوضه، با کمک و راهنمایی کارشناس منابع طبیعی، مردم محلی و بررسی میدانی، نقاطی به‌عنوان نقاط مشاهده‌گر کمکی پیش‌فرض مناسب انتخاب شدند. این نقاط دارای شرایطی بودند که هم به جاده دسترسی داشته باشند و از طرفی از لحاظ شیپ هم امکان نصب ایستگاه دیدبانی را داشته باشند. تعداد ۳۰ روستای قرار گرفته در منطقه مورد مطالعه و ۲۶ نقطه کمکی به‌عنوان نقاط اولیه مشاهده‌گر انتخاب شدند. موقعیت مکانی این نقاط روی شکل ۱ نشان داده شده است.

1 Viewpoint
2 Franch-Pardo et al
3 Castro et al

۲-۳- تعیین سناریوها برای تعیین مناطق قابل دید

اصل این الگوریتم بر اساس خطوط تابش نقطه‌ای است که باید میدان دید آن در یک زاویه ثابت بررسی شود. در امتداد هر خط زاویه عمودی تا نزدیک‌ترین پیکسل محاسبه می‌شود، اگر این زاویه حالت افزایشی داشته باشد پیکسل‌های هدف قابل‌رؤیت هستند و هر جا این زاویه حالت کاهش‌ی پیدا کرد، پیکسل موردنظر غیرقابل‌رؤیت است، این به این معنی است که پیکسل هدف توسط پیکسل دیگری که زاویه خطوط تابش بیشتری داشته و در جلوی آن قرار دارد، پوشش داده شده یا به عبارتی پنهان شده است. این روند غیرقابل‌رؤیت بودن پیکسل‌ها ادامه پیدا می‌کند تا به پیکسلی می‌رسد که زاویه خطوط تابش افزایش پیدا می‌کند و این پیکسل قابل‌رؤیت خواهد شد و این روند تا آخر ادامه پیدا می‌کند (بایوشاپ^۱، ۲۰۰۳).

درواقع ویوشید^۲ از ارتفاع هر پیکسل نقشه مدل رقومی ارتفاعی زمین برای تعیین رؤیت‌پذیری استفاده می‌کند. شکل ۲ چگونگی خط دید بین نقطه مشاهده‌گر و نقاط هدف را نشان می‌دهد. در این شکل نقطه B از نظر نقطه A (به‌عنوان مشاهده‌گر) غیرقابل‌رؤیت است، زیرا خط دید AB تانژانت شیب کمتری در زاویه α_{AB} از تانژانت شیب زاویه α_{AC} در خط دید AC دارد.



شکل ۲- شکل شماتیک خط دید نقطه مشاهده‌گر و نقاط هدف (فنگ^۳ و همکاران، ۲۰۱۵)

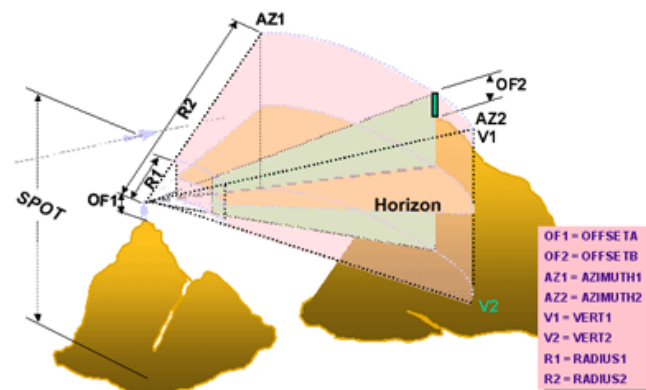
در این تحلیل، مؤلفه‌های تجزیه و تحلیل شامل موارد ذیل می‌شود: (OF1) فاصله عمودی که به ارتفاع نقطه مشاهده‌گر اضافه می‌شود، (OF2) فاصله عمودی به که ارتفاع بالای نقطه هدف (مشاهده شونده) اضافه می‌شود، (AZ1) آزیموت نقطه ابتدا، (AZ2) آزیموت نقطه انتها، (V1) زاویه ارتفاعی، (V2) زاویه فرورفتگی، (R1) فاصله بین نقشه مشاهده‌گر و اولین نقطه قابل‌رؤیت، (R2) فاصله بین نقشه مشاهده‌گر و آخرین نقطه قابل‌رؤیت (جدول ۱، شکل ۳)، (ویتکامپ^۴ و همکاران، ۲۰۱۱).

1 Bishop

2 Viewshed

3 Feng et al

4 Weitkamp et al



شکل ۳- شکل شماتیک خط دید نقطه مشاهده‌گر و نقاط هدف

بر همین اساس چهار سناریو برای هر نقطه مشاهده‌گر با استفاده از برنامه تجزیه و تحلیل رؤیت‌پذیری^۱ در نرم‌افزار کیوجی‌آی اس ۳/۱۶ تعیین شد که مبنای تعیین سناریوها ارتفاع از سطح زمین و حداکثر فاصله‌ای که فرد در دو حالت استفاده از دوربین و بدون استفاده از دوربین می‌باشد.

سناریوی یک: حالتی که فرد در نقطه مشاهده‌گر روی زمین با چشم غیرمسلح باشد، ارتفاع ۱/۶ متر از سطح زمین (میانگین قد یک انسان) و فاصله دید ۱۲۰۰ متری تعیین شد؛ زیرا حداکثر فاصله‌ای که فرد می‌تواند بین عناصر منظره عمودی تمایز قائل شود حدود ۱۲۰۰ متر است، البته مقدار حداکثر خط دید در میدان دید مفید ممکن است بسته به حالت ادراک و ارتفاع از سطح زمین فرد در نقطه مشاهده‌گر و دیگر شرایط متفاوت است (ویتکامپ^۲ و همکاران، ۲۰۱۱).

سناریوی دو: در این حالت فاصله دید ۱۲۰۰ متری در نظر گرفته شد، اما یک دکل با ارتفاع ۱۰ متر پیش‌بینی گردید که با احتساب قد فرد در نقطه مشاهده‌گر ۱/۶ متر در نظر گرفته شد (بائو^۳ و همکاران، ۲۰۱۵).

سناریوی سه: حالتی که فرد در نقطه مشاهده‌گر روی زمین با بدون دوربین باشد ارتفاع ۱/۶ متر از سطح زمین و فاصله دید ۱۰۰۰۰ متری (حداکثر فاصله دید با استفاده از دوربین شکاری معمولی) تعیین شد، (ژانگ^۴ و همکاران، ۲۰۲۰).

1 Visibility analysis
2 QGIS3.16
3 Weitkamp et al
4 Bao et al
5 Zhang et al

سناریوی چهارم: در این حالت فاصله دید ۱۰۰۰۰ متری در نظر گرفته شد، اما یک دکل با ارتفاع ۱۰ متر پیش‌بینی گردید که با احتساب قد فرد در نقطه مشاهده گر ۱۱/۶ متر در نظر گرفته شد. جزئیات کامل هر کدام از سناریوها در جدول ۱ توضیح داده شده است.

جدول ۱- مشخصات هر کدام از سناریوهای انتخاب شده

مؤلفه	کلاس	شرح	سناریوی ۱	سناریوی ۲	سناریوی ۳	سناریوی ۴
			مقدار	مقدار	مقدار	مقدار
OF1	خط انحراف عمودی A	فاصله عمودی که به ارتفاع نقطه مشاهده گر اضافه می شود.	۱/۶ متر	۱۱/۶ متر	۱/۶ متر	۱۱/۶ متر
OF2	خط انحراف عمودی B	فاصله عمودی به که ارتفاع بالای نقطه مشاهده شونده اضافه می شود.	۰ متر	۰ متر	۰ متر	۰ متر
AZ1	آزیموت ۱	آزیموت نقطه ابتدا	۰	۰	۰	۰
AZ2	آزیموت ۲	آزیموت نقطه انتها	۳۶۰ درجه	۳۶۰ درجه	۳۶۰ درجه	۳۶۰ درجه
V1	زاویه عمودی ۱	زاویه ارتفاعی	+۹۰ درجه	+۹۰ درجه	+۹۰ درجه	+۹۰ درجه
V2	زاویه عمودی ۲	زاویه فرورفتگی	-۹۰ درجه	-۹۰ درجه	-۹۰ درجه	-۹۰ درجه
R1	شعاع ۱	فاصله بین نقطه مشاهده گر و اولین نقطه قابل رؤیت	۰ متر	۰ متر	۰ متر	۰ متر
R2	شعاع ۲	فاصله بین نقطه مشاهده گر و آخرین نقطه قابل رؤیت	۱۲۰۰ متر	۱۲۰۰ متر	۱۰۰۰۰ متر	۱۰۰۰۰ متر

۲-۴- تعیین مناطق قابل دید و غیر قابل دید برای نقاط مشاهده گر

برای هر سناریوی تعریف شده، مناطق قابل دید و غیر قابل دید برای هر یک از نقاط مشاهده گر (روستاها و نقاط کمکی) با استفاده از مدل رقومی ارتفاع^۱ با قدرت تفکیک مکانی ۱۰ متر با استفاده از برنامه Viewshed در نرم افزار کیوجی آس ۳۲/۱۶ به صورت جداگانه تعیین شد. سپس مساحت هر کدام از این مناطق بر روی کل منطقه محاسبه گردید، همچنین مناطق قابل دید و غیر قابل دید برای هر کدام از کاربری های جنگل، مرتع و سایر کاربری محاسبه گردید. در مرحله بعد کل نقاط مشاهده گر باهم تلفیق شدند و با استفاده از هر سناریو مناطق قابل دید و غیر قابل دید تعیین شدند و مانند حالت قبل مساحت این مناطق برای کل منطقه مورد مطالعه و هر کدام از کلاسه های کاربری اراضی محاسبه گردید. به این ترتیب، چهار آلترناتیو برای منطقه ارائه شد.

1 Digital Elevation Model (DEM)

2 QGIS3.16

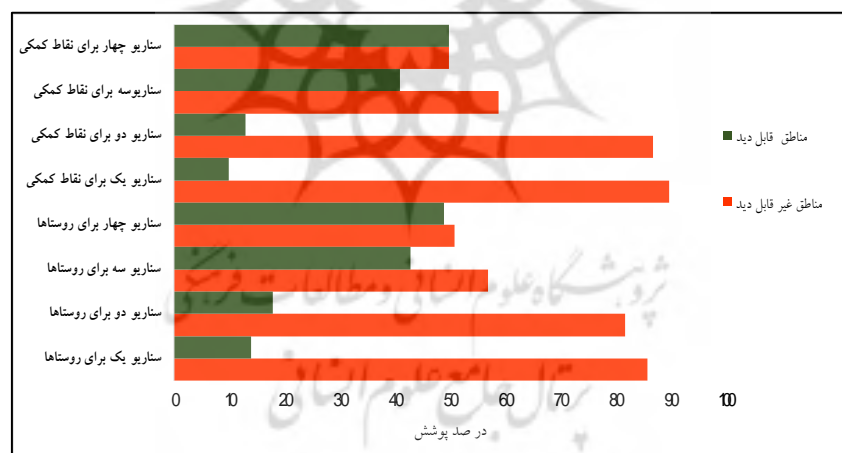
۳- نتایج و بحث

۳-۱- وضعیت مشاهده‌پذیری نقاط روستایی

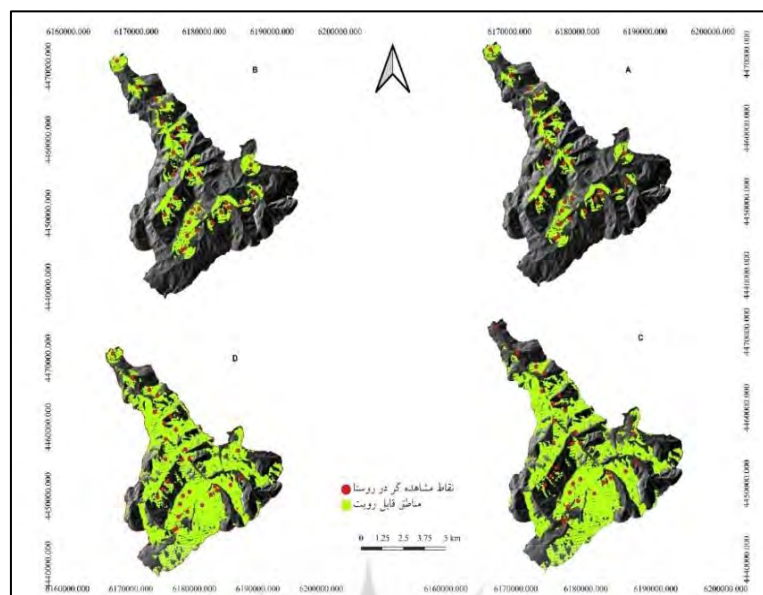
در سناریو یک در مناطق دیده‌بانی روستایی فقط ۱۴ درصد از منطقه قابل رؤیت می‌باشد، درحالی‌که در سناریوی دو با افزایش ارتفاع نقطه مشاهده‌گر ۴ درصد به منطقه قابل رؤیت افزوده می‌شود و این مقدار به ۱۸ درصد می‌رسد. در سناریوی سه با افزایش شعاع دید ۴۳ درصد از منطقه در روستاها قابل رؤیت می‌باشند. در سناریوی چهار با افزایش ارتفاع نقطه مشاهده‌گر حدود ۵۰ درصد منطقه قابل دید می‌باشد (جدول ۲، شکل ۴ و ۵).

جدول ۲- مساحت مناطق قابل رؤیت در نقاط مشاهده‌گر در روستاها و کمکی (هکتار)

سناریو چهار	سناریو سه	سناریو دو	سناریو یک	مناطق غیرقابل دید	نقاط مشاهده‌گر
۱۳۲۰۶۷۲۲	۱۴۶۰۷/۰۴	۲۱۰۸۹/۱۲	۲۲۱۰۶/۶۱	مناطق قابل دید	روستاها
۱۲۴۷۳/۷۸	۱۱۰۷۲/۹۶	۴۵۹۰/۸۸	۳۵۷۳/۳۹	مناطق قابل دید	نقاط مشاهده‌گر
۱۲۷۴۶۱	۱۵۲۱۹/۸۸	۲۲۲۸۵/۹۳	۲۳۱۶۲/۲۵	مناطق غیرقابل دید	کمکی
۱۲۹۳۳/۹	۱۰۴۶۰/۱۲	۳۳۹۴/۰۷	۲۵۱۷۵/۷	مناطق قابل دید	



شکل ۴- درصد پوشش مناطق قابل رؤیت و غیرقابل رؤیت برای نقاط مشاهده‌گر روستایی و کمکی

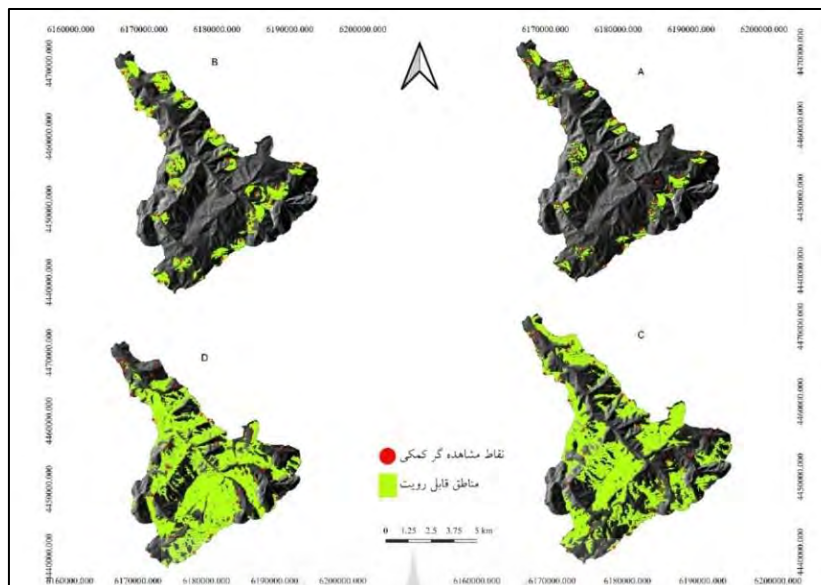


شکل ۵- نقشه مناطق قابل رویت در نقاط مشاهده گر روستاها، (A) مناطق قابلیت رویت در سناریو یک، (B) مناطق قابلیت رویت در سناریو دو، (C) مناطق قابلیت رویت در سناریو سه، (D) مناطق قابلیت رویت در سناریو چهار.

۳-۲- وضعیت مشاهده پذیری نقاط کمکی در کل منطقه مورد مطالعه

بر روی نقاط کمکی در سناریوی یک، حدود ۲۵۱۷۵.۷ هکتار از کل منطقه قابل رویت می باشد، این مقدار برای سناریوی دو ۳۳۹۴.۰۷ هکتار می باشد که ۱۳ درصد منطقه را در بر می گیرد. در سناریوی سه ۴۱ درصد از منطقه مورد مطالعه قابل رویت است، با افزایش ارتفاع نقطه مشاهده گر این مقدار افزایش یافته است و به عدد ۱۲۹۳۳.۹ هکتار می رسد و ۴۳ درصد از منطقه را پوشش می دهد (جدول ۲، شکل ۶).

پروژه گاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۶- نقشه مناطق قابل رؤیت در نقاط مشاهده گر کمکی نقشه مناطق قابل رؤیت در نقاط مشاهده گر روستاها، (A) مناطق قابلیت رؤیت در سناریو یک، (B) مناطق قابلیت رؤیت در سناریو دو، (C) مناطق قابلیت رؤیت در سناریو سه، (D) مناطق قابلیت رؤیت در سناریو چهار

۳-۳- وضعیت مشاهده‌پذیری نقاط روستایی و کمکی تلفیق‌شده در کل منطقه مورد مطالعه

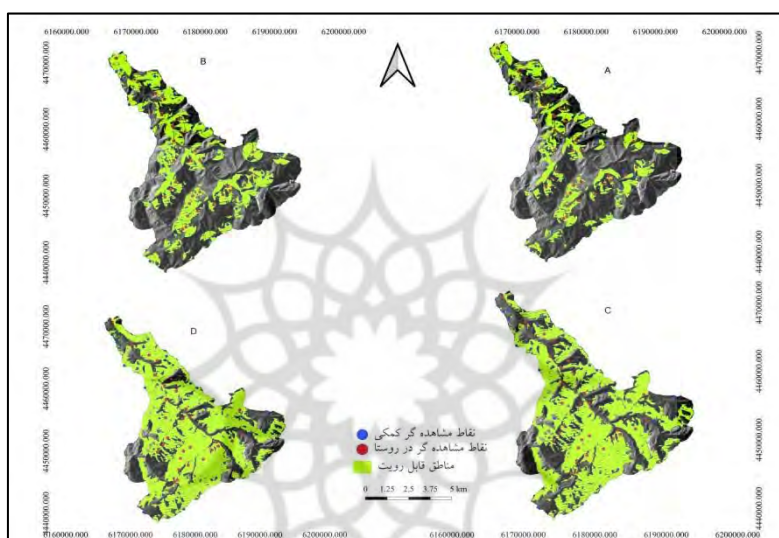
با تلفیق نقاط روستایی و کمکی در سناریوی یک ۵۹۷۶۶۴ هکتار از منطقه مورد مطالعه قابل دید می‌باشد که معادل ۲۳ درصد از کل منطقه مورد مطالعه است. در سناریوی دو ۳۰ درصد منطقه قابل دید می‌باشد که معادل ۷۷۳۹۰۹ هکتار از کل عرصه مورد مطالعه است. در سناریوی سه با افزایش شعاع دید نقطه مشاهده گر ۵۳ درصد از منطقه مورد مطالعه قابل دید می‌باشد، در حالی در سناریوی چهار با افزایش ارتفاع نقطه مشاهده گر ۱۵۶۸۷۰۷۹ هکتار از منطقه مورد مطالعه قابل رؤیت می‌باشد که این مقدار معادل ۶۱ درصد منطقه مورد مطالعه است (جدول ۳، شکل ۷ و ۸).

جدول ۳- مساحت مناطق قابل رؤیت در نقاط مشاهده گر در روستاها و کمکی (هکتار)

سناریو چهار	سناریو سه	سناریو دو	سناریو یک	نقاط مشاهده گر روستایی و کمکی تلفیقی	
۹۹۹۲/۲۱	۱۲۱۹۱/۶۶	۱۷۹۴۰/۰۱	۱۹۷۰۳/۳۶	مناطق غیر قابل دید	
۱۵۶۸۷/۷۹	۱۳۴۸۷/۳۴	۷۷۳۹/۰۹	۵۹۷۶/۶۴	مناطق قابل دید	



شکل ۷- درصد پوشش مناطق قابل رؤیت و غیرقابل رؤیت برای نقاط مشاهده گر تلفیقی (روستاها و نقاط کمکی)



شکل ۸- نقشه مناطق قابل رؤیت برای نقاط مشاهده گر تلفیقی (روستاها و نقاط کمکی)، (A) مناطق قابلیت رؤیت در سناریو یک، (B) مناطق قابلیت رؤیت در سناریو دو، (C) مناطق قابلیت رؤیت در سناریو سه، (D) مناطق قابلیت رؤیت در سناریو چهار

۳-۴- وضعیت مشاهده پذیری کاربری های اراضی با نقاط دیده بانی روستایی

با نقاط دیده بانی روستایی در سناریوی یک، حدود ۷.۲۵ درصد از کاربری جنگل قابل مشاهده می باشد، در حالی که ۶۰.۲۵ درصد این کاربری غیرقابل مشاهده می باشد، در سناریوی دو درصد پوشش مناطق قابل رؤیت در اراضی جنگلی افزایش یافته و به ۹.۳۷ درصد می رسد، به طور هم زمان نیز درصد پوشش مناطق قابل رؤیت در کاربری مرتع به ۰.۱۹ رسیده است. در سناریوی سه با افزایش شعاع دید نقاط مشاهده گر درصد پوشش مناطق قابل رؤیت در کاربری جنگل افزایش چشم گیری نسبت به سناریوی دوم داشت و به عدد ۲۶.۷۴ درصد رسید، لازم به ذکر است این روند در کاربری مرتع نیز وجود داشت و به مقدار ۲.۱۰ درصد افزایش یافت. در سناریوی چهارم

هم‌زمان با افزایش ارتفاع نقطه مشاهده‌گر روند صعودی افزایش مناطق قابل‌رؤیت در کاربری‌های جنگل و مرتع نیز مشاهده شد و مقادیر آن ۳۰.۰۲ و ۱۶.۳۷ درصد به ترتیب برای کاربری‌های جنگل و مرتع می‌باشد. لازم به ذکر است در سناریوهای استفاده‌شده برای نقاط مشاهده‌گر در روستاها درصد مناطق قابل‌رؤیت از سناریوی یک به‌سوی سناریوی چهار در کلاسه سایر کاربری اراضی روند صعودی داشت (جدول ۴).

جدول ۴- درصد مناطق قابل‌رؤیت در نقاط مشاهده‌گر در روستاها بر روی نقشه کاربری اراضی

سناریو چهار	سناریو سه	سناریو دو	سناریو یک	نوع کاربری	
۳۷/۰۵	۴۰/۹۷	۵۸/۳۴	۶۰/۲۵	جنگل	مناطق غیرقابل دید
۱/۹	۱/۹۹	۳/۹	۳/۹۴	مرتع	
۱۲/۴۷	۱۳/۹۲	۱۹/۸۸	۲۱/۹۰	سایر اراضی	
۳۰/۰۲	۲۶/۷۴	۹/۳۷	۷/۲۵	جنگل	مناطق قابل دید
۲/۱۹	۲/۱	۰/۱۹	۰/۱۵	مرتع	
۱۶/۳۷	۱۴/۲۹	۸/۳۳	۶/۵۱	سایر اراضی	

۳-۵- وضعیت مشاهده‌پذیری نقاط کمکی بر روی نقشه کاربری اراضی

در سناریوی یک در نقاط کمکی ۵۵.۷۵ درصد از مناطق جنگلی غیرقابل‌رؤیت می‌باشد، با افزایش ارتفاع نقاط مشاهده‌گر در سناریوی دو درصد پوشش نواحی غیرقابل‌رؤیت کاهش یافت و مقدار آن به ۵۳.۴۶ درصد رسید. در سناریوی سه و چهار درصد پوشش مناطق غیرقابل دید در کاربری جنگل به ترتیب با مقادیر ۴۲.۳۸ و ۳۵.۹۴ درصد روند نزولی داشت. در کاربری مرتع از سناریوی یک به طرف سناریوی چهار درصد مناطق قابل‌رؤیت روند به ترتیب با مقادیر ۰.۶۸، ۱.۰۷، ۱.۴۸ و ۱.۹۸ درصد روند صعودی مشاهده گردید. جدول ۵ جزئیات مشاهده‌پذیری منطقه مورد مطالعه را با استفاده از نقاط کمکی به‌عنوان نقطه مشاهده‌گر نشان می‌دهد.

جدول ۵- درصد مناطق قابل‌رؤیت در نقاط مشاهده‌گر کمکی بر روی نقشه کاربری اراضی

سناریو چهار	سناریو سه	سناریو دو	سناریو یک	نوع کاربری	
۳۵/۹۴	۴۲/۳۸	۵۳/۴۶	۵۵/۷۵	جنگل	مناطق غیرقابل دید
۲/۱۱	۲/۶۱	۴/۰۹	۷/۳	مرتع	
۱۱/۵۸	۱۴/۲۷	۲۹/۲۳	۳۷/۱۴	سایر اراضی	
۳۰/۷۳	۲۴/۲۹	۸/۹۶	۶/۷۹	جنگل	مناطق قابل دید
۱/۹۸	۱/۴۸	۱/۰۷	۰/۶۸	مرتع	
۱۷/۶۶	۱۴/۹۶	۳/۱۸	۲/۳۳	سایر اراضی	

۳-۶- وضعیت مشاهده‌پذیری نقاط روستای و کمکی بر روی نقشه کاربری اراضی

با ادغام نقاط روستایی و کمکی به‌عنوان نقاط مشاهده‌گر درصد پوشش مناطق قابل دید در مقایسه با هر کدام از نقاط مشاهده‌گر به‌صورت جداگانه روند افزایشی داشته است به‌طوری‌که درصد پوشش مناطق قابل‌رؤیت در کاربری جنگل از سناریوی یک به طرف سناریوی چهار با مقادیر ۱۳.۹۱، ۱۷.۳۷، ۳۲.۰۲ و ۳۷.۷۳ درصد روند صعودی داشته است. در کاربری مرتع و سایر کاربری اراضی نیز روند صعودی درصد پوشش مناطق قابل‌رؤیت از سناریوی یک به طرف سناریوی چهار مشاهده گردید، جزئیات آن در جدول ۶ نشان داده شده است.

جدول ۶- درصد وضعیت مناطق قابل‌رؤیت در نقاط مشاهده‌گر روستاها و نقاط کمکی بر روی نقشه کاربری اراضی

نوع کاربری	سناریو یک	سناریو دو	سناریو سه	سناریو چهار
مناطق غیرقابل دید	جنگل	۵۲/۷۸	۴۹/۳	۲۸/۹۵
	مرتع	۳/۲۶	۲/۸۳	۱/۸
	سایر اراضی	۲۰/۶۹	۱۷/۷۳	۱۰/۸۸
مناطق قابل دید	جنگل	۱۳/۹۱	۱۷/۳۷	۳۷/۷۳
	مرتع	۰/۸۳	۱/۲۶	۲/۲۹
	سایر اراضی	۸/۵۴	۱۱/۵۱	۱۸/۳۶

در این تحقیق برای بررسی رؤیت‌پذیری حوضه آبخیز چهل‌چای با استفاده از برنامه‌های GIS و یوشید^۱ در محیط کیوجی‌آی‌اس^۲ از استفاده شد. ابتدا به‌صورت پیش‌فرض هر کدام از روستاهای منطقه به‌عنوان نقاط قابل‌دسترس به‌عنوان مشاهده‌گر و کمکی که هم به جاده دسترسی داشته باشند و از طرفی و از لحاظ شیب هم امکان نصب ایستگاه دیدبانی را داشته باشند به‌عنوان مشاهده‌گر انتخاب شدند و بر اساس چهار سناریوهای تعیین‌شده میزان رؤیت‌پذیری هر کدام از آنها با استفاده از یوشید^۲ مورد بررسی قرار گرفت.

سناریوی یک به‌عنوان ممکن‌ترین سناریو در این تحقیق محسوب می‌شود؛ زیرا در این سناریو هیچ‌گونه نصب دکل و برنامه‌یاب و ذهابی برای دسترسی به نقطه مشاهده‌گر نیاز نیست؛ اما در این سناریو با توجه به شعاع دید ۱۲۰۰ متری و قرارگیری فرد مشاهده‌گر در سطح زمین حدود ۸۶ درصد از منطقه مورد مطالعه در روستاها به‌عنوان نقطه مشاهده‌گر غیرقابل‌رؤیت می‌باشد، این مقدار در نقاط کمکی ۹۰ درصد به دست آمد، اما تلفیق نقاط کمکی و روستایی این مقدار را به ۷۷ درصد رساند. تنها تفاوت سناریوی دو با سناریوی یک ارتفاع نقطه مشاهده‌گر می‌باشد زیرا در این سناریو تعبیه دکل ۱۰ متری پیش‌بینی شده است که پوشش منطقه قابل‌رؤیت را در نقاط مشاهده‌گر

1 Viewshed

2 QGIS

روستایی از ۱۴ درصد به ۱۸ درصد رسانده است، درحالی‌که این مقدار در نقاط کمکی ۱۳ درصد می‌باشد. تلفیق نقاط کمکی و روستایی مقدار پوشش مناطق قابل رؤیت را در این سناریو به ۳۰ درصد ارتقا داده است. در سناریوی سه شعاع دید نقطه مشاهده‌گر با چشم مسلح پیش‌بینی شد که در نتیجه ۴۳ درصد از منطقه مورد مطالعه در نقاط مشاهده‌گر روستایی قابل رؤیت می‌باشد، اما این مقدار در نقاط کمکی ۴۱ درصد می‌باشد. با تلفیق نقاط کمکی و روستایی این مقدار به ۵۳ درصد افزایش یافت. پیش‌بینی نصب دکل‌های دیدبانی ۱۰ متری، شعاع دید ۱۰۰۰۰ متری درصد مشاهده‌پذیری در نقاط مشاهده‌گر در روستا، نقاط کمکی و تلفیق این نقاط به ترتیب به ۴۹، ۵۰ و ۶۱ درصد رساند. میزان رؤیت‌پذیری در هر نقطه تحت تأثیر توپوگرافی محل، وضعیت پوشش گیاهی، ارتفاع درختان و سازه‌های ساخته‌شده می‌باشد، به‌صورت تئوری می‌توان در مدل‌های جی‌آی‌اس^۱ همه موارد مذکور را به کار برد، اما در عمل به دلیل محدودیت‌های موجود امکان‌پذیریست (باریان و مارک^۲، ۲۰۱۱). در این تحقیق زاویه عمودی دید بین ۹۰+ تا ۹۰- در نظر گرفته شد و این می‌تواند در میدان دید تأثیرگذار باشد؛ بنابراین تغییر هر کدام از پیش‌فرض‌ها می‌تواند نتایج تحقیق را تغییر دهد.

در سناریوی یک در روستاها ۷.۲۵ درصد از کاربری جنگل قابل مشاهده می‌باشد، درحالی‌که ۶۰.۲۵ درصد این کاربری غیرقابل مشاهده می‌باشد، این مقدار در نقاط کمکی ۶.۷۹ درصد می‌باشد، تلفیق نقاط مشاهده‌گر در روستاها و نقاط کمکی رؤیت‌پذیری مناطق جنگلی در منطقه مورد مطالعه را به ۱۳.۹۱ درصد رساند. این مقدار نیز در اراضی مرتعی برای نقاط روستایی، کمکی و تلفیقی به ترتیب ۰.۱۵، ۰.۶۸ و ۰.۸۳ درصد حاصل شد. با افزایش ارتفاع نقطه مشاهده‌گر در سناریوی دو ۹.۳۷ درصد کاربری جنگل در نقاط مشاهده‌گر روستاها قابل رؤیت می‌باشد. این مقدار در نقاط کمکی و تلفیقی به ترتیب ۸.۹۶ و ۱۷.۳۷ درصد می‌باشد. در سناریوی سه افزایش شعاع دید نقطه مشاهده‌گر باعث افزایش چشمگیر رؤیت‌پذیری در مناطق جنگلی شد به‌صورتی در نقاط روستایی، کمکی و تلفیق به ترتیب ۲۶.۷۴، ۲۴.۲۹ و ۳۲.۰۲ درصد جنگل‌های موجود در منطقه مورد مطالعه قابل رؤیت می‌باشد. روند رؤیت‌پذیری مراتع نیز شبیه کاربری جنگل می‌باشد.

در سناریوی چهار حد نهایت شعاع دید و ارتفاع نقطه مشاهده‌گر در نظر گرفته شد. در این سناریو در نقاط روستایی مشاهده‌گر ۳۷.۰۵ درصد از منطقه جنگلی قابل رؤیت می‌باشد، درحالی‌که این مقدار در نقاط کمکی ۳۵.۹۴ درصد می‌باشد و با تلفیق این نقاط مقدار رؤیت‌پذیری در این کاربری به ۳۷.۷۳ درصد رسید. درصد مشاهده‌پذیری در کاربری مرتع برای نقاط مشاهده‌گر روستایی، کمکی و تلفیقی به ترتیب ۲.۱۹، ۱.۹۸ و ۲.۲۹ درصد است. کاربری جنگل بیش‌تر منطقه مورد مطالعه را در بر گرفته است. در بعضی از نقاط مانند نقاط حساس به آتش‌سوزی یا مناطقی

1 GIS

2 Brabyn and Mark, 2011

که دارای جاذبه گردشگری در جنگل ممکن است اقدامات ویژه موردنیاز باشد و نظارت مداوم موردنیاز باشد (بائو^۱ و همکاران، ۲۰۱۵). استفاده از هر کدام از سناریوها با توجه به امکانات موجود امکان پذیر است، اما سناریوی چهارم و تلفیق نقاط روستایی و کمکی حداکثر پوشش را در منطقه ایجاد می نماید و این مستلزم پذیرفتن نصب دکل ها، استفاده از دوربین ها و انواع حس گرها برای پایش جنگل ها و سایر کاربری های دیگر در منطقه می باشد. لایه رستری مورد استفاده در این تحقیق جهت بررسی وضعیت رؤیت پذیری نقشه رقومی ارتفاع^۲ می باشد، این مدل شامل ارتفاع در ناحیه بخصوص و در یک شبکه منظم بر روی سطح برهنه زمین می باشد. هر چه این شبکه دارای سلول های کوچکتری باشد، نقشه رقومی ارتفاع ایجاد شده جزئیات بیشتری از پستی و بلندی های سطح زمین را مشخص می کند، منابع متعددی برای تهیه نقشه رقومی ارتفاع مانند نقشه های توپوگرافی و تصاویر ماهواره ای وجود دارد. امکان بهتر است به جای نقشه رقومی ارتفاع از نقشه رقومی سطح^۳ استفاده شود، این مدل در واقع معرف بازتاب سطحی درختان، ساختمان ها و دیگر عوارض بالای سطح و خود سطح زمین می باشد و تهیه این نقشه مستلزم صرف هزینه و زمان می باشد، اما استفاده از آن می تواند نتایج دقیق تری نشان می دهد. به علاوه استفاده داده های لیدار نیز می تواند نتایج با دقت بهتری را ارائه بدهد، بنابراین پیشنهاد می شود در تحقیقاتی آتی در صورت امکان از این لایه ها استفاده شود.

۴- جمع بندی

این تحقیق نشان داد که برنامه ویوشید^۴ می تواند میزان رؤیت پذیری هر نقطه را با توجه به پیش فرض های در نظر گرفته شده نشان دهد. در این تحقیق همچنین چگونگی استفاده از سناریوهای مختلف در هر نقطه نشان داده شد. در حالی هدف اصلی این تحقیق بررسی میزان رؤیت پذیری هر نقطه با استفاده از نقشه های پیش فرض مشاهده گر بود و مکان یابی این نقاط و همچنین بحث هزینه ها به دلیل محدود بدون داده ها مورد استفاده قرار نگرفت، از طرف نکته کلیدی این تحقیق میزان پوشش در هر نقاط قابل دسترس به عنوان مشاهده گر بود.

1 Bao et al

2 Digital elevation model (DEM)

3 Digital Surface model (DSM)

4 Viewshed

کتابنامه

- احمدی، محمد آزاد؛ کریمی‌مشاور، مهرداد؛ ۱۳۹۷. تحلیل رؤیت‌پذیری ساختمان‌های بلندمرتبه در منظر شهری با استفاده از GIS. فصلنامه علمی-پژوهشی مطالعات شهری. شماره ۲۶، ۱-۱۲.
- <https://doi.org/10.34785/J011.2018.029>
- زارعی، رضا؛ آل‌شبیخ، علی‌اصغر؛ صادقی‌نیارکی، ابوالقاسم؛ ۱۳۹۵. بهینه‌سازی پوشش در شبکه‌های حسگر بی‌سیم. مجله علمی-پژوهشی رایانش نرم و فن آوری اطلاعات. جلد ۵، شماره ۴، ۳۴-۴۴.
- https://jscit.nit.ac.ir/article_51685.html
- کریمی، جعفر؛ وحیدنیا، محمدحسن؛ ۱۳۹۹. مکان‌گزینی و بهینه‌سازی پوشش دوربین‌های مداربسته به‌منظور حمایت از مونیترینگ بهتر با استفاده از الگوریتم S-ROPE و بصری‌سازی سه‌بعدی. علوم و تکنولوژی محیط زیست. دوره ۲۲، شماره ۸، ۸۹-۱۰۰.
- <https://cbsearch.site/search?q=10.22034%2FJEST.2019.37346.4361&ac=7175382905>
- فلاحی، محمدحسین؛ فلاحی، سامان، فلاحی؛ کرمی، پیمان؛ ۱۴۰۰. ارزیابی زیستگاه کفتار راه راه (Hyaena hyaena) با استفاده از روش تجمیع در دامنه کوه شاهو استان کرمانشاه. فصلنامه علمی محیط زیست. سال ۱۳، شماره ۱، ۱-۱۱.
- <https://cbsearch.site/search?q=10.22034%2FAEJ.2021.131945&ac=7175382905>
- مصطفی، محسن؛ اسپهبدی، کامبیز؛ حاتمی، نیشتمان؛ ۱۳۹۹. بررسی سیاست‌های مدیریتی اجرا و عدم اجرای طرح جنگل‌داری بابل‌رود. نشریه علمی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران. جلد ۲۸، شماره ۲، ۱۸۰-۱۹۱.
- <https://cbsearch.site/search?q=10.22092%2FIJFPR.2020.121963&ac=7175382905>
- رضایی مقدم، محمدحسین؛ مختاری، داود؛ سمندر، نسرین؛ ۱۳۹۹. استخراج و ارزیابی تغییرات کاربری اراضی با بهکارگیری الگوریتم SVM با کرنل چندجمله‌ای و روش حداکثر احتمال در محدوده حوزه‌آبریز اوجان چای بستان‌آباد. جغرافیا و مخاطرات محیطی. شماره ۳۶، ۲۵-۴۴.
- <https://cbsearch.site/search?q=10.22067%2FGEOEH.2021.67231.0&ac=7175382905>
- Bao, S, Xiao, N, Lai, Z, Zhang, H, Kim, C., 2015. Optimizing watchtower locations for forest fire monitoring using location models. *Fire Safety Journal*, 71:100-109.
<https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2014.11.016>
- Bishop, I, D., 2003. Assessment of visual qualities, impacts, and behaviors, in the landscape, by using measures of visibility. *Environment and Planning B Planning Design*, 30: 677-688.
<https://doi.org/10.1068/b12956>
- Bowman, R, N, Ryavec, K, E., 2021. Viewsheds of cubic mountaintop tombs in Upper Tibet (Zhang Zhung). *Journal of Archaeological Science*, 37:1-9.
<https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2021.102998>
- Brabyn, L, Mark, D, M., 2011. Using viewsheds, GIS, and a landscape classification to tag landscape photographs. *Applied Geography*, 31: 1115-1122.
<https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2011.03.003>
- Brooks, K, N, Follitt, F, P, Magner, J, A., 2013. *Hydrology and the Management of Watersheds*, Fourth Edition, Wiley-Blackwell. 522p.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781118459751>.

- Castro, M, Iglesias, L, Sánchez, J,A, Ambrosio, L., 2011. Sight distance analysis of highways using GIS tools. *Transp. Res. Part C Emerg. Technol*, 19: 997–1005. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2011.05.012>.
- Ervin, S, Steinitz, C., 2003. Landscape visibility computation: necessary, but not sufficient. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 30: 757-766. <https://doi.org/10.1068/b2968>
- Eve, S , Crema, E.R., 2014. A house with a view? Multi-model inference, visibility fields, and point process analysis of a Bronze Age settlement on Leskernick Hil (Cornwall, UK). *Journal of Archaeological Science*, 43: 267-277. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2013.12.019>.
- Feng, W, Gang, W, Deji, P, Yuan, L, Liuzhong, Y, Hongbo, W., 2015. A parallel algorithm for viewshed analysis in three-dimensional Digital Earth. *Computers & Geosciences*, 75: 57-65. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2014.10.012>.
- Franch-Pardo, I, Napoletano, B, Bocco, G, Barrasa, S., 2017. The role of geographical landscape studies for sustainable territorial planning. *Sustainability*. 9, 2123. <https://doi.org/10.3390/su9112123>.
- Lee, K.Y, Seo, J, Kim, K-N, Lee, Y, Kweon, H, Kim, J., 2019. Application of Viewshed and Spatial Aesthetic Analyses to Forest Practices for Mountain Scenery Improvement in the Republic of Korea. *Sustainability*, 11:1-16. <https://doi.org/10.3390/su11092687>.
- Nutsford, D, Reitsma, F, Pearson, A, L, Kingham, S., 2015. Personalizing the viewshed—Visibility analysis from the human perspective. *Applied Geography*, 62: 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2015.04.004>.
- Sanchez-Fernandez, A, J., 2022. VPP: Visibility-Based Path Planning Heuristic for Monitoring Large Regions of Complex Terrain Using a UAV Onboard Camera. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 15: 944-955. <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2021.3134948>.
- Scarfo, F, Mercurio, R, Peso, D., 2013. Assessing visual impacts of forest operations on a landscape in the Serre Regional Park of southern Italy. *Landscape and Ecological Engineering*, 9:1-10. <http://dx.doi.org/10.1007/s11355-011-0168-x>.
- Supernant, K. 2014. Indivisibility and Inadvisability of rock feature sites: a method for testing viewshed within and outside the socio-spatial system of the Lower Fraser River Canyon, British Columbia. *Journal of Archaeological Science*, 50: 497-511. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jas.2014.08.008>.
- Weitkamp, G, Bregt, A, Lammeren, R.V., 2011. Measuring Visible Space to Assess Landscape Openness. *Landscape Research*, 36(2):127-150. <https://doi.org/10.1080/01426397.2010.549219>.
- Zhang, F, Zhao, P, Xu, Sh, Wua, Y, Yang, X, Zhang, Y., 2020. Integrating multiple factors to optimize watchtower deployment for wildfire detection. *Science of the Total Environment*, 737: 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139561>