Journal of Environmental Studies

Vol. 46, No. 4, Winter 2021

Journal Homepage: www.Jes.ut.ac.ir
Online ISSN 2345-6922 Print ISSN: 1025-8620

Using the Method of "Effective Mesh Size" for Qualitative Evaluation of Regional Protected Areas (Case study: Qazvin Province)

Asef Darvishi, Naghmeh Mobarghaee Dinan*, Maryam Yousefi, Shahindokht Barghjelveh

Department of Environmental Planning and Design, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

DOI: 10.22059/JES.2021.302112.1008010

Document Type
Research Paper

Received
November 11, 2020

Accepted
February 10, 2021

Abstract

The aim of the present research is to investigate the new Cross-Boundary Connectivity (CBC) methodology to measure the Effective Mesh Size (EMS) in order to reduce marginal effects, which has been evaluated in Qazvin province with emphasizing on protected areas. On the other hand, in order to make an optimal comparison, the results of the CBC map and the other methods were compared. The results showed Elah-Abad hunting prohibited region, with only 4% fragmentation has the smallest fragmentation among the protected areas in the Qazvin province. Alamut Protected Area with 22% of medium and high fragmentation, is in relatively good condition. Also, the Abgarm and Avaj hunting prohibited region has more than 50% of the units with high fragmentation which does not show a very favorable situation. The Tarom and Bashgol protected areas with only 8 and 4 percent of the desired units, are in the most unfavorable situation among the all protected areas of the province, respectively. The overall results of this study can be used for planning and protecting the biodiversity and identifying the new protected areas or also changing the protection levels, in addition it can be used for land use planning and regional planning at the uper province level.

Keywords: Effective Mesh Size (EMS), Landscape Ecology, Biodiversity, Protected area, Qazvin Province.

* Corresponding author Email: n_mobarghei@yahoo.com

Extended abstract

Introduction

Landscape fragmentation is one of the consequences of the increasing socio-economic pressures that many parts of the world are facing today. This situation is more likely to occur in areas where socio-economic development leads to increase communication networks. Qazvin province has become more sensitive due to its proximity to the city of Tehran and the role of the province as a socio-economic passage through the northwestern connection of the country to the center passes, as well as its role as a bio-corridor on a national scale. Also, the existence of 5 areas under the management of Department of Environment in Qazvin province has made Qazvin as interesting landscape for researchers. Various approaches and methods have been developed to quantify fragmentation in landscape ecology studies as Landscape division, splitting index, and effective mesh size. These methods are based on the ability of two randomly chosen animals, which placed in the different areas in the landscape, to find each other. in other word, the chance that two randomly chosen places in a landscape will be found in the same patch type. Effective Mesh Size (EMS) is one of the most widely used landscape metrics in the worldwide and was first developed by Geager (2000). The aim of the present research was to investigate the new Cross-Boundary Connectivity (CBC) methodology using GIS software to measure the Effective Mesh Size (EMS) that presented by Moser et al. (2007). this method eliminates marginal effects, which has been evaluated in Qazvin province with emphasizing on protected areas that is being implemented for the first time in Iran. On the other hand, in order to make an optimal comparison, the results of the CBC map and the traditional methods were compared. Also, we evaluated protected areas by overlaying them with the results of EMS. Finally, the typological analysis of the province has been performed. This measurement can give more accurate results than similar indices due to the elimination of the marginal effects in the calculation.

Material & Method

In this study, in order to calculate the Effective Mesh Size (EMS) index, Qazvin province was divided into 1354 study sample units. The size of each unit is 1100 hectares. In addition to the sample units, Implementing the EMS calculation model requires selecting the type of landscape elements that have been disconnected. To distinguish landscape elements, Land Use and Land Cover (LULC) map have been prepared. LULC types, which provide the resource for biodiversity needs, such as agriculture, rangelands, and etc., have been identified as potential habitats. LULC types, which have led to destruction of habitats or limit wildlife moves, have been identified as material and energy flow barriers. To apply the model, the Cross-Boundary Connections (CBC) method has been used, which presented in Moser et al. (2007), to consider the area of all patches located wholly or partially in the reporting unit (hexagon), as well as, the area of some patches spread beyond the reporting unit borders. The result of multiplying patches within the reporting unit and the total area of the same patches have been divided by reporting unit area to calculate EMS.

Finally, by overlaying the results of the EMS with the Qazvin protected areas, the qualitative status of the protected areas has been evaluated.

Results and Discussion

The size of habitat patches within the sample of study, as well as the size of the same patches, regardless of the boundary of the sample of study, are the two main indicators used to calculate the Effective Mesh Size (EMS) index. Therefore, size of the habitat patch inside the sample of study shows the amount of human impact and change in the landscape structure. The result shows that 26 sample areas are in the very high level and have suffered the most damage and structural change by humans. in other words, those areas that have been severely fragmented by communication network, urban and industrial development. 15 samples are in the high level and 99 samples have been changed on average (medium level). Low and very low levels have occurred in 179 and 620 units, respectively.

According to the results of the LULC map, 96% of the case study is covered by potential habitats, some of which are natural, such as forests, pastures, semi-deserts and riverbeds, and some man-made ones such as irrigated agriculture, dry farming and groves. The northern and the southern strip include most natural and the central plain includes most man-made habitats. The results of the EMS showed

that 310 and 425 samples are in the very low and low range of EMS respectively. The reason of these values is man-made barriers as communication networks that are mostly located in the center of Qazvin plain. Many studies including Zebardast et al. (2011), Girvetz et al. (2007) and Pătru-Stupariu et al. (2015), mentioned that communication networks have high effect in fragmentation and the most important reason for the low EMS. 352 samples have a moderate value, most of which have been covered by traditional agriculture and areas under average human influence. 153 and 115 samples have high and very high values of EMS respectively. These samples have been covered by continuous rangeland and semi-desert that are far from centralized human developments.

Meanwhile, Alllah-Abad hunting prohibited region, with only 4% fragmentation, has the smallest fragmentation among the protected areas in the Qazvin province. Alamoot Protected Area with 22% of medium and high fragmentation, is in relatively good condition. Also, the Abgarm and Avaj hunting prohibited region has more than 50% of the units with high fragmentation. The Tarom and Bashgol protected areas with 92% and 96% of the fragmented units respectively, are in poor condition. The last three zones are fragmented more than others. Thus, to compare the protected areas in Qazvin province, Allah-Abad hunting prohibited region has the most favorable and Bashgol protected area has the most unfavorable situation in terms of EMS index.

Conclusion

The results of this study showed Qazvin province's landscape has been fragmented in the center, where the communication network has developed. We highlighted the need to pay attention to ecological process and the matter and energy flows in the center of the study area. Protected areas should have a high EMS index due to their nature.

This study also considered the role of communication network on habitat fragmentation, which is emphasized the attention should be paid to the issue of habitat fragmentation before roads and railroads projects are implemented. Also, by ranking the protected areas based on the EMS index, it was founded that some protected areas are severely fragmented, and special attention needs to be paid to these areas in management programs.

The overall results of this study can be used for planning and protecting the biodiversity and identifying the new protected areas or also changing the protection levels, in addition, it can be used for land use planning and regional planning at the upper province level.

محیط‌شناسی، دورهٔ ۴۶، شمارهٔ ٤، زمستان ۱۳۹۹، صفحهٔ ۶۶۳- ۶۸۲

استفاده از روش "اندازه شبکه موثر" در ارزیابی کیفی مناطق حفاظتی تحت مدیریت (مورد مطالعه: استان قزوین)

آصف درویشی ، نغمه مبرقعی دینان*، مریم یوسفی، شهیندخت برق‌جلوه

گروه برنامه ریزی و طراحی محیط، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی،تهران، ایران

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۹/۸/۲۱ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۱۱/۲۲

چکیده

هدف از مطالعه حاضر بررسی روش‌شناسی پیوستگی فرامرزی (CBC) جهت اندازه‌گیری سنجه اندازه شبکه موثر (EMS) به منظور کاهش اثر حاشیه بوده است که در استان قزوین با تأکید بر مناطق حفاظت‌شده، مورد ارزیابی قرارگرفته است. از سوی دیگر به منظور مقایسه بهینه، نتایج حاصل از روش CBC و روش‌های قدیمی، با یکدیگر مقایسه شد. نتایج نشان داد منطقه شکارممنوع الهآباد با چهار درصد تکه‌تکه شدگی، کمترین تکه‌تکه شدگی را در بین مناطق استان به خود اختصاص می‌دهد. منطقه حفاظت‌شده الموت با ۲۲ درصد تکه‌تکه شدگی متوسط و زیاد، وضعیت نسبتاً مطلوبی دارد. منطقه شکارممنوع آبگرم و آوج بیش از ۵۰ درصد واحدها دارای تکه‌تکه شدگی زیاد بوده‌اند که وضعیت چندان مطلوبی را نشان نمی‌دهد. منطقه‌های حفاظت‌شده طارم و باشگل نیز به ترتیب با برخورداری از تنها هشت و چهار درصد واحد مطلوب، در نامطلوب‌ترین وضعیت در میان مناطق تحت مدیریت استان قرار دارند. نتایج کلی حاصل از این تحقیق می‌تواند علاوه بر برنامه‌ریزی برای حفاظت از تنوع زیستی و ارزیابی و شناسایی نواحی جدید و یا تغییر سطوح حفاظتی مناطق تحت مدیریت سازمان محیطزیست، در برنامه‌های کلان استان ازجمله آمایش سرزمین و نیز برنامه‌ریزی‌های منطقه‌ای کاربرد داشته باشد.

کلیدواژه

سنجه اندازه شبکه موثر، بوم‌شناسی سیمای‌سرزمین، تنوع زیستی، مناطق حفاظت‌شده، استان قزوین

سرآغاز

تکه‌تکه شدگی سیمای سرزمین یکی از پیامدهای افزایش فشارهای اقتصادی- اجتماعی است که امروزه بسیاری از مناطق جهان ازجمله مناطق حفاظت شده با آن روبرو هستند (Pătru-Stupariu et al., 2015; Yousefi et al., 2021). گسستگی سیمای سرزمین بیشتر در مناطقی اتفاق می‌افتد که توسعه اقتصادی- اجتماعی منجر به افزایش زیرساخت‌های ارتباطی می‌گردد (Girvetz et al., 2007). به‌عنوان‌مثال توسعه جاده‌های اصلی مانند آزادراه و بزرگراه و همچنین توسعه راه‌آهن، ازجمله زیرساخت‌هایی هستند که به‌شدت منجر به گسستگی سیمای‌سرزمین می‌گردند. این مسئله به‌شدت جمعیت‌های حیات‌وحش

* نویسنده مسئول: Email: n_mobarghei@yahoo.com

DOI: 10.22059/JES.2021.302112.1008010
DOR: 20.1001.1.10258620.1399.46.4.5.0

را در سراسر جهان تهدید می‌کند (Pătru-Stupariu et al., 2015). ازاین‌رو، بوم‌شناسان نسبت به احداث جاده از وسط مناطق حفاظت شده حساسیت زیادی دارند. با این حال، اثرات محیط‌زیستی توسعه کالبدی بر جوامع و اکوسیستم‌ها در مقیاس سیمای‌سرزمین، پیچیده و بالقوه غیرقابل‌پیش‌بینی است (درویشی و همکاران، ۱۳۹۴؛ جاپلقی و همکاران، ۱۳۹۶؛ حسینی وردئی و همکاران، ۱۳۹۱؛ Forman et al., 2003). به‌عنوان‌مثال می‌توان مرگ‌ومیر مستقیم حیات‌وحش (Proppe et al., 2017)، تغییرات رفتاری (Northrup et al., 2015) کاهش توانایی پراکندگی (Zhang et al., 2019) و ایجاد مانع در جهت جریان ژن (Marull et al., 2018b) را نام برد. اثرات این زیرساخت‌ها معمولاً در ارزیابی اثرات محیط‌زیستی (EIA)[1]، ارزیابی اثرات تجمعی در مقیاس سیمای‌سرزمین، ارزیابی راهبردی محیط‌زیست و آمایش سرزمین، به‌خوبی مورد مطالعه قرار نمی‌گیرند (Forman et al., 2003). بنابراین، انتظار می‌رود در آینده دانش محیط‌زیست برای حفاظت و برنامه‌ریزی جهت احیای تنوع زیستی، به موضوع پیوستگی و گسستگی سیمای‌سرزمین اهمیت ویژه قائل باشد (Girvetz et al., 2007; Schmiedel and Culmsee, 2016).

الگوی فضایی سیمای‌سرزمین به‌شدت در فرآیندهای بوم‌شناختی تأثیرگذار است (Zhang et al., 2019; Yousefi et al., 2020). این تأثیر در نواحی که ترکیبی از موانع و گذرگاه‌ها و به‌طورکلی سرزمین‌های پیچیده هستند شدیدتر است (Darvishi et al., 2020) و تبادل و جریان‌های ماده، انرژی و اطلاعات را تعیین و مدیریت می‌کند (Urban et al., 1987). تغییرات الگوی مکانی سیمای‌سرزمین باعث تغییر در فرآیندهای جریان ماده، انرژی و اطلاعات می‌گردد که نتیجه آن تغییر در ترکیب[2] و چیدمان[3] سیمای‌سرزمین است (Turner et al., 2001). بهینه‌سازی الگوی مکانی سیمای‌سرزمین در جهت کاهش اثرات تکه‌تکه شدگی و احیا و حفاظت پیوستگی سیمای‌سرزمین یکی از راه‌های موثر در جهت احیا و حفاظت از تنوع زیستی سرزمین به شمار می‌رود (Darvishi et al., 2020). ازاین‌رو تحقیقات مربوط به برقراری ارتباط بین الگوی مکانی سیمای‌سرزمین و تنوع زیستی بسیار حائز اهمیت است.

ارتباط و انزوا در سیمای‌سرزمین یک اصل بسیار مهم در نظریه فراجمعیت به شمار می‌رود، زیرا یک فراجمعیت در مقیاس فضایی سیمای‌سرزمین وجود دارد که در آن افراد می‌توانند در فصول مختلف بین لکه‌های زیستگاهی مختلف پراکنده شوند. ارتباط و انزوا از آنجایی مهم است که این پراکندگی به‌وفور صورت نمی‌پذیرد و فضای جغرافیایی در مقیاس سیمای‌سرزمین توسط لکه‌های گاها نامطلوب، پوشش داده شده است که نقش مانع در جریان ماده و انرژی جریان ژن را ایفا می‌کنند.

رویکردهای مختلفی برای تعیین کمیت تکه‌تکه شدگی در مطالعات بوم‌شناسی سیمای‌سرزمین و تجزیه‌وتحلیل مکانی پدید آمده است. این رویکردها بر اساس سنجه‌هایی از قبیل تعداد لکه[4]، تراکم لکه[5]، شکل لکه[6]، تراکم حاشیه[7]، انتشار[8]، و مجاورت[9] قابل سنجش هستند (درویشی و همکاران، ۱۳۹۲؛ خسروی و همکاران، ۱۳۹۶؛ حسینی وردئی و همکاران، ۱۳۹۱؛ Darvishi et al., 2015). علاوه بر سنجه‌های عنوان‌شده، سنجه‌های مربوط به مساحت لکه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشند (Pătru-Stupariu et al., 2015). برای مثال می‌توان به سنجه‌های تکه‌تکه شدگی و میانگین مساحت لکه که توسط Jeager (۲۰۰۰) معرفی شده‌اند و شامل سنجه تقسیم۱۰، سنجه شکافتگی۱۱ و اندازه شبکه موثر (EMS)۱۲ هستند، اشاره کرد. این سنجه‌ها بر مبنای توانایی دو فرد در پیدا کردن یکدیگر در پهنه سیمای‌سرزمین عمل می‌کنند.

سنجه‌های انتخاب شده برای ارزیابی تکه‌تکه شدگی و پیوستگی سیمای‌سرزمین باید دقیق و قابل‌فهم باشند. این سنجه‌ها درصورتی‌که به‌درستی محاسبه شوند می‌توانند استنتاج و اطلاعات دقیقی برای پژوهشگران، مدیران و تصمیم گیران ارائه دهند. سنجه‌های پیوستگی به‌طورمعمول میزان ارتباطات بین لکه‌های زیستگاهی را محاسبه می‌کنند،

درحالی‌که برای درک درست و بهتر آن باید علاوه بر ارتباطات بین‌لکه‌ای، تکه‌تکه شدگی درون‌لکه‌ای نیز محاسبه گردد. سنجه اندازه شبکه موثر به‌عنوان یکی از مؤثرترین سنجه‌ها در این امر معرفی شده است (Spanowicz and Jaeger, 2019). همچنین این ابزار می‌تواند در ارزیابی اثرات محیط‌زیستی و ارزیابی راهبردی محیط‌زیست کاربردهای فراوانی داشته باشد (Jaeger et al., 2008).

سنجه EMS یکی از پرکاربردترین سنجه‌های سیمای سرزمین است که در سراسر جهان مورد استفاده قرارگرفته است (Schmiedel and Culmsee, 2016). این سنجه عبارت است از احتمال متصل بودن دو نقطه تصادفی در سیمای‌سرزمین. به‌بیان‌دیگر، احتمال اینکه دو نقطه‌ای که به‌طور تصادفی انتخاب‌شده‌اند، با موانع انسانی ازجمله جاده و توسعه شهری، از هم جدا نباشند (Gao and Li, 2011; Jeager, 2000). این سنجه می‌تواند هم به‌عنوان سنجه‌ای برای تکه‌تکه شدگی سیمای‌سرزمین (Tian et al., 2011; Marull et al., 2018a) و هم به‌عنوان سنجه اثر مانع مطرح باشد (Ledda and De Montis, 2019).

در مطالعه Jeager (۲۰۰۰)، سنجه اندازه شبکه موثر به دلیل ویژگی‌های خاص ازجمله: حساسیت کم نسبت به لکه‌های بسیار کوچک، یکنواختی واکنش آن به مراحل مختلف تکه‌تکه شدگی، توانایی تشخیص الگوهای مکانی، قابلیت مقایسه مناطق مختلف با مساحت‌های مختلف، سادگی محاسبات ریاضی و غیره، به سنجه‌های دیگر ترجیح داده شده است. این سنجه می‌تواند بیانگر آشفتگی ایجادشده توسط انسان نیز باشد (Jeager, 2008)، که دلیل آن همبستگی توسعه کالبدی جاده‌ها و نواحی مسکونی با سایر بخش‌های توسعه‌ای است. Girvetz و همکاران (۲۰۰۷) در منطقه کالیفرنیا، سنجه اندازه شبکه موثر را در ۶ حوضه آبخیز اندازه‌گیری کرده‌اند. در این مطالعه چهار عامل تکه‌تکه شدگی سیمای‌سرزمین (بزرگراه، راه ثانویه، توسعه شهری و کشاورزی) در زیستگاه یک گونه گوزن[۱۳] و یک گونه شیرکوهی[۱۴] برای برنامه‌ریزی توسعه زیرساخت جاده‌ای با سنجه اندازه شبکه موثر، مورد استفاده قرارگرفته است. زبردست و همکاران (۱۳۹۰)، با استفاده از سنجه EMS، تغییرات ساختاری ناشی از جاده در پارک ملی گلستان در فاصله سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۸، را با در نظر گرفتن محدوده اثر جاده و تلفیق آن با نقشه پوشش سرزمین، محاسبه نموده‌اند که اثر شدید شبکه‌های ارتباطی در تکه‌تکه شدگی ساختار سیمای‌سرزمین را نشان داده است.

سنجه اندازه شبکه موثر علاوه بر مزایا، محدودیت‌هایی نیز دارد که مهم‌ترین آن، اثر حاشیه هنگام محاسبه آن است. Moser و همکاران (۲۰۰۷) روشی برای اندازه‌گیری سنجه اندازه شبکه موثر ارائه داده‌اند که مشکل اثر حاشیه در محاسبه سنجه را حل می‌کند. در این مطالعه با مقایسه نتایج سنجه در دو حالت اثر حاشیه (برش واحد نمونه) و روش جدید (پیوستگی فرامرزی) به این نتیجه رسیدند که روش پیوستگی فرامرزی، نتایج دقیق‌تری ارائه می‌کند. روش پیوستگی فرامرزی در این مطالعه به‌گونه‌ای است که لکه‌های زیستگاهی که مرز آن‌ها تا بیرون از واحد مورد مطالعه ادامه دارد نیز در محاسبه سنجه دخالت دارند و در نتیجه نهایی تکه‌تکه شدگی واحد مورد مطالعه، موثر هستند.

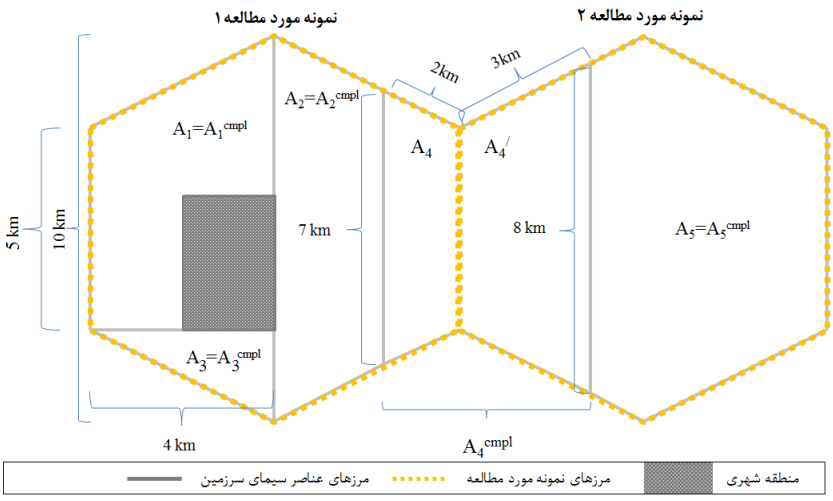
توسعه روزافزون استان قزوین به دلیل نزدیکی به شهر تهران و نقش استان به‌عنوان گذرگاه تنوع زیستی در مقیاس ملی، باعث حساسیت بیشتر سیمای‌سرزمین آن شده است. لذا توجه به تکه‌تکه شدگی سیمای‌سرزمین در استان قزوین به دلیل تنوع زیستگاهی و حفظ و احیای گذرگاه ماده، انرژی و اطلاعات، در جهت مدیریت مناطق حساس بوم‌شناختی استان، بسیار حائز اهمیت است.

این مطالعه باهدف ارزیابی تکه‌تکه شدگی سیمای‌سرزمین استان قزوین در محیط ArcGIS، و معرفی روش‌شناسی مربوط به محاسبه سنجه اندازه شبکه موثر که در مطالعه Moser و همکاران (۲۰۰۷) ارائه شده است، انجام شده که برای اولین بار در ایران اجرا می‌گردد. درنهایت با تحلیل

توپولوژیک، نواحی مختلف استان به لحاظ سنجه اندازه شبکه موثر، باهم مقایسه شده‌اند. نحوه محاسبه این سنجه به‌گونه‌ای است که علاوه بر پیوستگی درون لکه‌ای، پیوستگی بین‌لکه‌ای را نیز در محاسبات وارد می‌نماید و نتایج دقیق‌تری از میزان تکه‌تکه شدگی سیمای‌سرزمین ارائه می‌نماید.

روش شناسی

سنجه اندازه شبکه موثر بر اساس احتمال به هم رسیدن دو گونه که به‌طور تصادفی در یک سیمای‌سرزمین انتخاب شده‌اند، برآورد می‌گردد (Gao and Li, 2011). به‌عبارت دیگر، سنجه اندازه شبکه موثر، مساحتی از منطقه مورد مطالعه است که وقتی یک گونه اقدام به جابجایی می‌کند می‌تواند به آن دسترسی داشته باشد (Moser et al., 2007; Frank et al., 2012). در نتیجه هر چقدر موانع سیمای‌سرزمین بیشتر باشد، احتمال پیدا کردن دو گونه در دو نقطه تصادفی سیمای‌سرزمین کاهش می‌یابد و در نتیجه میزان سنجه اندازه شبکه موثر کاهش می‌یابد. در روش‌های قدیمی، مرز منطقه مورد مطالعه به‌عنوان موانع فیزیکی سیمای‌سرزمین عمل می‌کرد (Jaeger, 2000). در این مطالعه از روش پیوستگی فرامرزی (CBC)[۱۵] که توسط Moser و همکاران (۲۰۰۷) ارائه شده است استفاده شده که در آن مرز نمونه مورد مطالعه به‌عنوان مانع شناخته نشده و گسترش زیستگاه تا خارج از مرز محدوده نیز در محاسبات آن دخیل است. شکل ۱ شماتیکی از نحوه محاسبه سنجه در روش پیوستگی فرامرزی را نشان می‌دهد. در هر شش ضلعی که واحد نمونه مورد مطالعه است، تعدادی کاربری و پوشش اراضی وجود دارد که هرکدام درصدی از مساحت شش ضلعی را پوشش می‌دهند. در این مطالعه، نواحی که منابع مورد نیاز تنوع زیستی به‌خصوص حیات‌وحش را فراهم می‌کنند، به‌عنوان زیستگاه بالقوه و نواحی ساخته شده که موانعی در جهت جریان ماده و انرژی هستند و باعث نابودی تنوع زیستی به شکل‌های مختلف می‌گردند، به‌عنوان موانع جریان ماده و انرژی معرفی می‌شوند. در این مدل، گستردگی هر لکه از هر نوع کاربری ممکن است علاوه بر داخل شش ضلعی، در خارج از آن نیز وجود داشته باشد که در این مطالعه بر اساس شکل ۱، در محاسبه شاخص دخالت می‌کند. بر اساس این شکل ناحیه خاکستری که کاربری شهری است از مساحت A_1 حذف شده است و لکه زیستگاهی A_4 که در خارج از محدوده گسترش دارد و با علامت A_4' نشان داده شده، در محاسبه مساحت نهایی A_4 دخالت داده شده است. این گستردگی می‌تواند علاوه بر یک شش ضلعی، در شش‌ضلعی‌های دیگر نیز وجود داشته باشد که بر اساس آن، در محاسبه سنجه دخالت داده می‌شود.



شکل ۱. مثالی برای محاسبه سنجه اندازه شبکه موثر برای نمونه مورد مطالعه ۱

اندازه حواشی جهت برآورد راحت‌تر و درک بهتر محاسبات بر اساس اعداد صحیح در نظر گرفته شده است. نمونه مورد مطالعه ۱ دربرگیرنده عناصر سیمای‌سرزمین (کاربری و پوشش اراضی) که شامل زیستگاه‌های A_1، A_2، A_3، A_4، و منطقه شهری (ناحیه خاکستری) است. لکه‌های تمام عناصر، محدود به مرز نمونه مورد مطالعه ۱ است به‌جز A_4 که بخشی از آن درون نمونه مورد مطالعه ۲ قرار دارد (A_4'). مساحت زیستگاه‌ها در نمونه مورد مطالعه ۱ به‌صورت زیر محاسبه شده است:

A_1= (8*4)-((2*4)/2)-(2*4)=20km^2, A_1^{comp}= 20km^2,
A_2=((10+7)/2)*2.4=20.4km^2, A_2^{comp}= 20.4 km^2,
A_3=(4*2)/2=4 km^2, A_3^{comp}=4 km^2,
A_4=(((7+5)/2)*1.6)= 9.6 km^2,
A_4'=((8+5)/2)*2.4=15.6km^2, A_4^{comp}=9.6+15.6=25.2 km^2

میزان سنجه اندازه شبکه موثر برای نمونه مورد مطالعه ۱ برابر است با 17.90km^2 که در متن توضیح داده شده است

رابطه ۱ مربوط به محاسبه سنجه اندازه شبکه موثر است که توسط Moser و همکاران (۲۰۰۷) ارائه شده است. همان‌گونه که از رابطه مشخص است، مساحت هر لکه زیستگاهی (به‌عنوان‌مثال A_4) در درون هر شش ضلعی (واحد نمونه مطالعاتی) و مساحت همان لکه بدون در نظر گرفتن مرز واحد نمونه مطالعاتی ($\mathbf{A_4^{comp}}$)، محاسبه شده است و مجموع حاصل‌ضرب آن‌ها، تقسیم‌بر مساحت شش ضلعی شده است که نتیجه نهایی سنجه اندازه شبکه موثر را به دست می‌دهد.

رابطه (۱)

$$\mathrm{EMS} = A_{Total}^{Cmpl} + \sum_{i=1}^{n}\left(\frac{A_i}{A_{Total}}.\frac{A_i^{Cmpl}}{A_{Total}^{Cmpl}}\right)=\frac{1}{A_{Total}}\sum_{i=1}^{n}\left(A_i.A_i^{Cmpl}\right)$$

در این رابطه، n برابر است با تعداد لکه‌های زیستگاهی در هر نمونه مطالعاتی، A_i برابر است با اندازه لکه i ام در داخل محدوده مطالعاتی (i = 1, 2, 3, …, n)، A_i^{Cmpl} برابر است با اندازه کل لکه که A_i بخشی از آن است. به‌عبارت‌دیگر A_i^{Cmpl} برابر است با مجموع اندازه لکه در داخل نمونه مطالعاتی و بخشی از لکه که در خارج از نمونه مطالعاتی قرار دارد. به‌عنوان‌مثال در شکل ۲، A_4 و A_4' دو بخش از یک لکه هستند که بخشی در نمونه مطالعاتی ۱ و بخشی در نمونه مطالعاتی ۲ قرار دارند و A_4^{Cmpl} برابر است با مجموع دو بخش لکه. ATotal برابر است با مساحت کل نمونه مطالعاتی و A_{Total}^{Cmpl} برابر است با مساحت پوشش داده شده توسط کل لکه‌های موجود در نمونه مطالعاتی که بخشی از لکه‌ها در خارج از محدوده نیز قرار دارند.

بر اساس توضیحات داده شده در شکل ۱ و رابطه ۱، سنجه اندازه شبکه ارائه شده در شکل، به‌صورت زیر قابل‌محاسبه است:

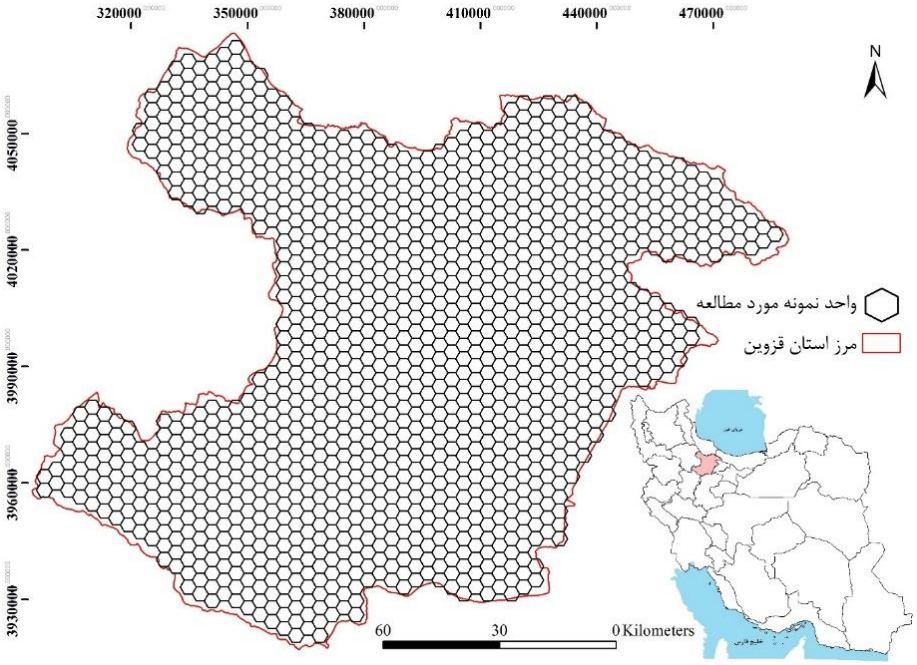
$$\mathrm{EMS} = \frac{1}{A_{Total}}\left(A_1.A_1^{Cmpl} + A_2.A_2^{Cmpl} + A_3.A_3^{Cmpl} + A_n.A_n^{Cmpl}\right) = \frac{1}{60\ km^2}\left(20*20\ km^4 + 20.4*20.4\ km^4 + 4*4\ km^4 + 9.6*25.2\ km^4\right) = \frac{1074.08\ km^4}{60\ km^2} = 17.90\ km^2$$

مواد و روش بررسی

منطقه مورد مطالعه (استان قزوین)

استان قزوین یکی از ۳۱ استان کشور است که از سمت شمال با استان گیلان، از سمت شرق با استان البرز، از سمت جنوب با استان‌های مرکزی و همدان و از سمت غرب با استان زنجان هم‌مرز است (شکل ۲). سیمای‌سرزمین استان قزوین از تنوع بالایی برخوردار است، به‌طوری‌که استان در ناحیه شرقی دارای اراضی نیمه بیابانی و در دشت مرکزی شاهد اراضی کشاورزی فشرده و در شمال منطقه مراتع کم تراکم تا پرتراکم را شاهد هستیم. همچنین نوار جنوبی استان شامل مراتع کم تراکم و تپه‌ماهورها است که تنوع بالایی از زیستگاه‌های مختلف را در استان ایجاد کرده است. تنوع زیستگاهی استان باعث تنوع جانوری و گیاهی شده و تنوع زیستی بالایی را پشتیبانی می‌کند (گشتاسب و همکاران، ۱۳۹۱). تنوع بالای زیستگاهی، جانوری و گیاهی در استان باعث شده است ۵ ناحیه حفاظتی تعریف گردد که شامل سه منطقه حفاظت شده و دو منطقه شکارممنوع است. استان قزوین، زیستگاه گونه‌های باارزش بسیاری ازجمله خرس قهوه‌ای، پلنگ، قوچ و میش، کل و بز، آهو و بسیاری از گونه‌های دیگر پستاندار و همچنین پرندگان

زیادی ازجمله هوبره است. قزوین به دلیل قرار گرفتن در مسیر ارتباطی شرق به غرب کشور و جنوب به شمال در ناحیه شمال غربی کشور، نزدیکی به پایتخت، بسیار توسعه یافته است. از طرفی وجود تنوع زیستگاه‌های حیات‌وحش و خطر از دست رفتن زیستگاه در این استان اهمیت ویژه‌ای پیدا می‌کند.



شکل ۲. موقعیت مکانی منطقه مورد مطالعه و واحدهای نمونه مورد مطالعه استان قزوین (منبع: نگارندگان)

داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز

نقشه کاربری و پوشش اراضی مورد استفاده در این تحقیق توسط نگارندگان در تابستان سال ۱۳۹۶ تهیه شده است. نقشه راه‌ها به‌عنوان موانع انسان‌ساخت از اداره کل مسکن و شهرسازی استان قزوین در سال ۱۳۹۶ و اطلاعات مربوط به مناطق چهارگانه محیط‌زیست از اداره کل حفاظت محیط‌زیست استان در سال ۱۳۹۶ دریافت گردیده است.

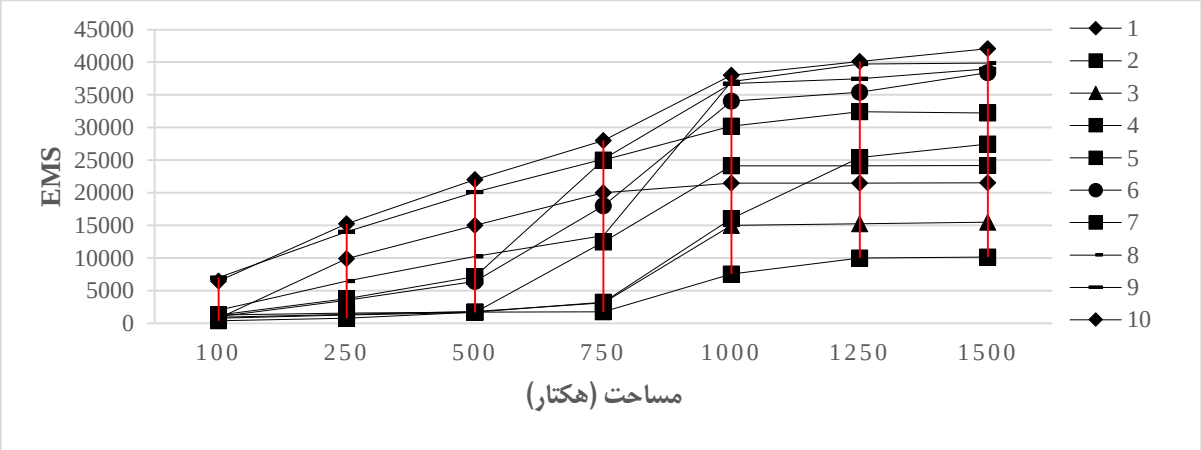
مقیاس مطالعه

در مطالعات بوم‌شناسی سیمای‌سرزمین، ضرورت دارد مرز فضایی سیستم سیمای‌سرزمین، منطبق بر فرآیندهای متقابل بوم‌شناختی- جامعه‌شناختی سیمای‌سرزمین باشد. اما بنا به داشتن اطلاعات استانی قزوین (سال ۱۳۹۶) در مطالعه حاضر، مرزبندی تقسیمات اداری کشور جهت استفاده به‌عنوان سطح مطالعاتی انتخاب‌شده است. البته مرز سیاسی در این مطالعه مشکلی ایجاد نمی‌نماید، زیرا تمام مناطق حفاظت‌شده، محدود به مرز استان هستند و در ارزیابی وضعیت آن‌ها مشکلی به وجود نخواهد آمد. مقیاس مطالعه بر اساس واحدهای مطالعاتی ۱۱۰۰ هکتاری است که مرزهای سیاسی درون سیستمی را حذف می‌نماید و یکپارچگی لازم در مطالعات بوم‌شناسی سیمای‌سرزمین در کل استان را حفظ می‌کند.

تعیین اندازه بهینه واحدهای نمونه مورد مطالعه

به منظور کمی‌سازی الگوی مکانی تکه‌تکه شدگی سیمای‌سرزمین در استان قزوین، کل استان به پهنه‌های کوچکی تقسیم شد که واحد نمونه مورد مطالعه را تشکیل می‌دهند. شکل این واحدها شش ضلعی (جهت کاهش اثرات حاشیه و جلوگیری از ایجاد لکه‌های ناکارآمد) انتخاب‌شده و اندازه هر واحد برابر با ۱۱۰۰ هکتار است.

تقسیم‌بندی سطح استان به بخش‌های کوچک جهت محاسبه اندازه شبکه موثر و محاسبه این شاخص در ۱۳۵۴ واحد مختلف یکی از برتری‌های این مطالعه به‌حساب می‌آید، زیرا محاسبه سنجه اندازه شبکه موثر بر اساس فرمول نویسی پیچیده صورت می‌گیرد و تاکنون در هیچ مطالعه‌ای از این روش محاسبه سنجه اندازه شبکه موثر در مقیاس مطالعه حاضر در هیچ مطالعه‌ای استفاده نشده است. جهت تعیین اندازه هر واحد نمونه، از ۱۰ نقطه تصادفی در سطح استان، پهنه‌هایی با مساحت‌های مختلف (۱۰۰، ۲۵۰، ۵۰۰، ۷۵۰، ۱۰۰۰، ۱۲۵۰ و ۱۵۰۰ هکتار) انتخاب و شاخص اندازه شبکه موثر در هر نقطه و در مساحت‌های مختلف اندازه‌گیری شد (شکل ۳). بدین ترتیب در مساحتی که اندازه شبکه موثر با افزایش مساحت واحد تغییر معنی‌داری نمی‌کند به‌عنوان مساحت بهینه انتخاب‌شده است (نصیری و همکاران، ۱۳۹۹).



شکل ۳. نمودار مقادیر سنجه EMS در نمونه‌های تصادفی انتخاب‌شده و در مساحت‌های مختلف

روش کار

تهیه نقشه کاربری و پوشش اراضی

با توجه به اینکه این مطالعه در مقیاس سیمای‌سرزمین باهدف کمی‌سازی تکه‌تکه شدگی زیستگاه با فرمول نویسی ریاضی در مقیاسی نسبتاً دقیق انجام گرفته است، لذا لازم است نقشه کاربری و پوشش اراضی دقیقی تهیه گردد (نصیری و درویش‌صفت، ۱۳۹۷). برای این منظور از روش تفسیر تلفیقی[۱۶] که شامل تفسیر بصری و تهیه کلید تفسیر (نقشه واقعیت زمینی) است، استفاده شده است (درویش‌صفت و همکاران، ۱۳۹۷ و ۱۳۹۲). در تفسیر بصری، بر اساس کلاسه‌های کاربری و پوشش اراضی مدنظر، بازدیدهای میدانی برای تهیه کلید تفسیر، انجام گرفت و سپس با استفاده از اطلاعات جانبی مانند تصاویر رنگی گوگل ارث و نقشه راه‌ها و با صرف زمان کافی، سعی شد تا دقیق‌ترین نقشه کاربری و پوشش اراضی تولید گردد. قابلیت این روش در تهیه نقشه کاربری و پوشش اراضی، در مطالعات مختلف ثابت شده است (وفایی و همکاران، ۱۳۹۲؛ درویش‌صفت و همکاران، ۱۳۹۷؛ نصیری و درویش‌صفت، ۱۳۹۷؛ Nasiri et al., 2019). در روش طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای برای تهیه نقشه کاربری و پوشش اراضی، باید بخشی از کلید تفسیر برای اعتبارسنجی نقشه تولید شده در نظر گرفته شود (نصیری و درویش‌صفت، ۱۳۹۷). در روش تفسیر تلفیقی نیازی به اعتبار سنجی نیست (درویش‌صفت و همکاران، ۱۳۹۲) و تمام عارضه‌ها با مشاهده و ثبت مختصات و استفاده از تصاویر دقیق گوگل ارث و کلیدهای تفسیر تهیه شده است که باعث دقت بالای نتیجه نهایی می‌گردد. این روش در نواحی با مساحت کم استفاده می‌شود و به دلیل گستردگی سطح استان قزوین، مطالعات در مقیاس دهستان صورت گرفت، به‌گونه‌ای که بررسی و تهیه کلید تفسیر و تفسیر

بصری برای هر دهستان به‌طور جداگانه انجام و سپس باهم تلفیق گشته است. جهت طبقه‌بندی مراتع استان در نقشه کاربری و پوشش اراضی، از شاخص پوشش گیاهی NDVI استفاده شده است.

محاسبه شاخص اندازه شبکه موثر (EMS)

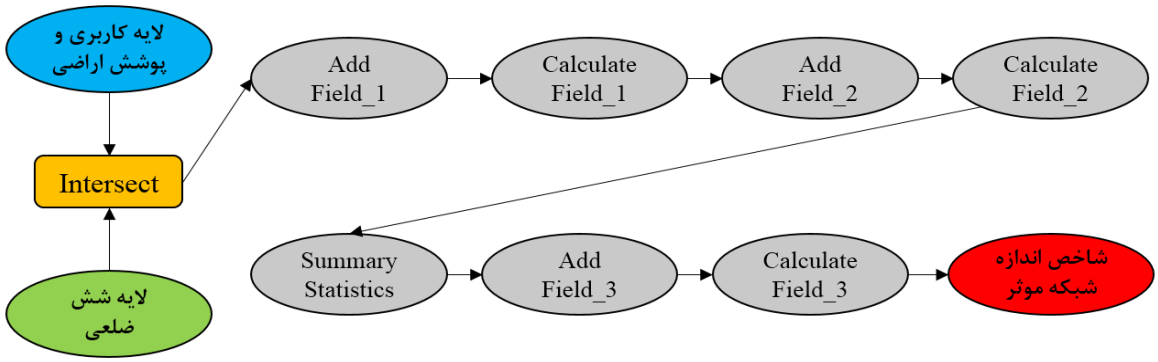
اجرای مدل محاسبه سنجه اندازه شبکه موثر، نیازمند انتخاب نوع عناصر سیمای‌سرزمین است که دچار انقطاع و گسست شده‌اند (Moser et al., 2007). در این مطالعه، از نقشه کاربری و پوشش اراضی جهت شناسایی زیستگاه‌های بالقوه و موانع طبیعی و انسانی استفاده شده است. نواحی که منابع مورد نیاز تنوع زیستی را فراهم می‌کنند، به‌عنوان لکه‌های زیستگاهی، که شامل جنگل، مراتع، اراضی نیمه بیابانی و کشاورزی هستند و نواحی ساخته شده توسط انسان و طبیعی که باعث نابودی تنوع زیستی و یا در برابر جریان ماده و انرژی مقاومت می‌کنند، به‌عنوان موانع و عوامل تکه‌تکه کننده سیمای‌سرزمین معرفی می‌گردند (جدول ۱).

جدول ۱. زیستگاه‌ها و موانع موجود در استان قزوین

نوع لکه	کاربری و پوشش اراضی	توضیحات
زیستگاه بالقوه	جنگل	نواحی با پوشش درختی بیش از ۵۰ درصد
	مراتع درجه ۱	نواحی با پوشش مرتعی بیش از ۵۰ درصد
	مراتع درجه ۲	نواحی با پوشش مرتعی بیش از ۳۰ درصد و کمتر از ۵۰ درصد
	مراتع درجه ۳	نواحی با پوشش مرتعی بیش از ۱۰ درصد و کمتر از ۳۰ درصد
	اراضی نیمه بیابانی	نواحی با پوشش کمتر از ۱۰ درصد پوشش گیاهی
	باغات	زمین‌های کشاورزی با کاربری باغی
	کشت آبی	زمین‌های کشاورزی دارای قابلیت آبیاری
	کشت دیم	زمین کشاورزی فاقد توان آبیاری
	بستر رودخانه	بستر رودخانه‌های فصلی که کاربری خاصی ندارند.
موانع طبیعی و انسان‌ساخت	سطوح آبی	دریاچه سدها و آبگیرها و همچنین سطوح رودخانه‌های دائمی
	راه اصلی	شبکه جاده‌ای شامل آزادراه، بزرگراه، جاده‌های آسفالته اصلی
	شبکه ریلی	راه‌آهن
	راه فرعی	شبکه جاده آسفالته فرعی و خاکی
	نواحی صنعتی و مسکونی	شهرک‌های صنعتی، شهرها، صنایع پراکنده و روستاها

در روش پیوستگی فرامرزی، هر لکه زیستگاهی از هر نوع کاربری ممکن است علاوه بر داخل شش ضلعی، در خارج از آن نیز گسترده شده باشد که لازم است در محاسبات دخالت داده شود تا اثر حاشیه از بیم برود. جهت محاسبه سنجه اندازه شبکه موثر، اولین مرحله آماده‌سازی نقشه کاربری و پوشش اراضی (LULC) جهت ورود به مدل است. برای این منظور، ابتدا با دستور ادغام[۱۷] اقدام به یکپارچه کردن لکه‌های یکسان و در کنار هم در لایه کاربری و پوشش اراضی شده است و سپس جهت جلوگیری از ایجاد لکه‌های چندبخشی[۱۸]، با دستور تفکیک عارضه‌های چندبخشی[۱۹] در محیط نرم‌افزار ArcGIS تمام لکه‌ها به‌طور جداگانه و مستقل درآمده است. در مرحله بعد، تمام لکه‌های غیرزیستگاهی و یا عوامل تکه‌تکه کننده زیستگاه از لایه کاربری و پوشش اراضی حذف گشته و سپس مساحت لکه‌ها در جدول توصیفی لایه محاسبه شده است (A_i^{Cmpl}). این مساحت به بیان ساده‌تر، جهت ایجاد لایه شش ضلعی[۲۰] در محیط GIS از لایه مرز استان قزوین استفاده شده و تمام شش‌ضلعی‌هایی که بیش از ۹۵ درصد همپوشانی با سطح استان داشته‌اند در این مطالعه به‌عنوان واحدهای مطالعاتی برگزیده‌شده‌اند. بعد از آماده‌سازی دو

لایه مذکور، مراحل شکل ۴ در محیط GIS با استفاده از مدل‌ساز[۲۱]، مدل شده و برای تمام شش‌ضلعی‌ها، شاخص اندازه شبکه موثر محاسبه گشته است.



شکل ۴. مراحل محاسبه شاخص اندازه شبکه موثر در محیط ArcGIS با دستور مدل‌ساز

ابتدا مساحت هر لکه زیستگاهی جهت آماده‌سازی لایه کاربری و پوشش اراضی محاسبه شده است و سپس به‌عنوان اولین مرحله اجرای مدل و با دستور تقاطع[۲۲]، لایه کاربری و پوشش اراضی توسط مرز شش‌ضلعی‌ها برش داده شده است. با اضافه کردن ستون جدید (Add Field_1) در لایه ایجاد شده و با دستور محاسبه ستون (Calculate Field_1)، مساحت جدید لکه‌های برش داده شده نیز محاسبه شده است (A_i). سپس با اضافه کردن ستون جدید (Add Field_2) در جدول توصیفی لایه، اقدام به محاسبه حاصل‌ضرب مساحت واقعی (A_i^{Cmpl}) و مساحت لکه‌های برش داده (A_i) شده گردیده است (Calculate Field_2). بعد از محاسبه حاصل‌ضرب مساحت‌ها ($A_i . A_i^{Cmpl}$) در رابطه ۱)، با استفاده از دستور خلاصه آماری[۲۳] مجموع حاصل‌ضرب‌های هر یک از شش‌ضلعی‌ها محاسبه شده است و درنهایت با ایجاد یک ستون جدید (Add Field_3) و تقسیم این عدد در مساحت هر شش ضلعی (Calculate Field_3)، نتیجه نهایی شاخص اندازه موثر برای هر یک شش ضلعی محاسبه شد.

نتایج و بحث

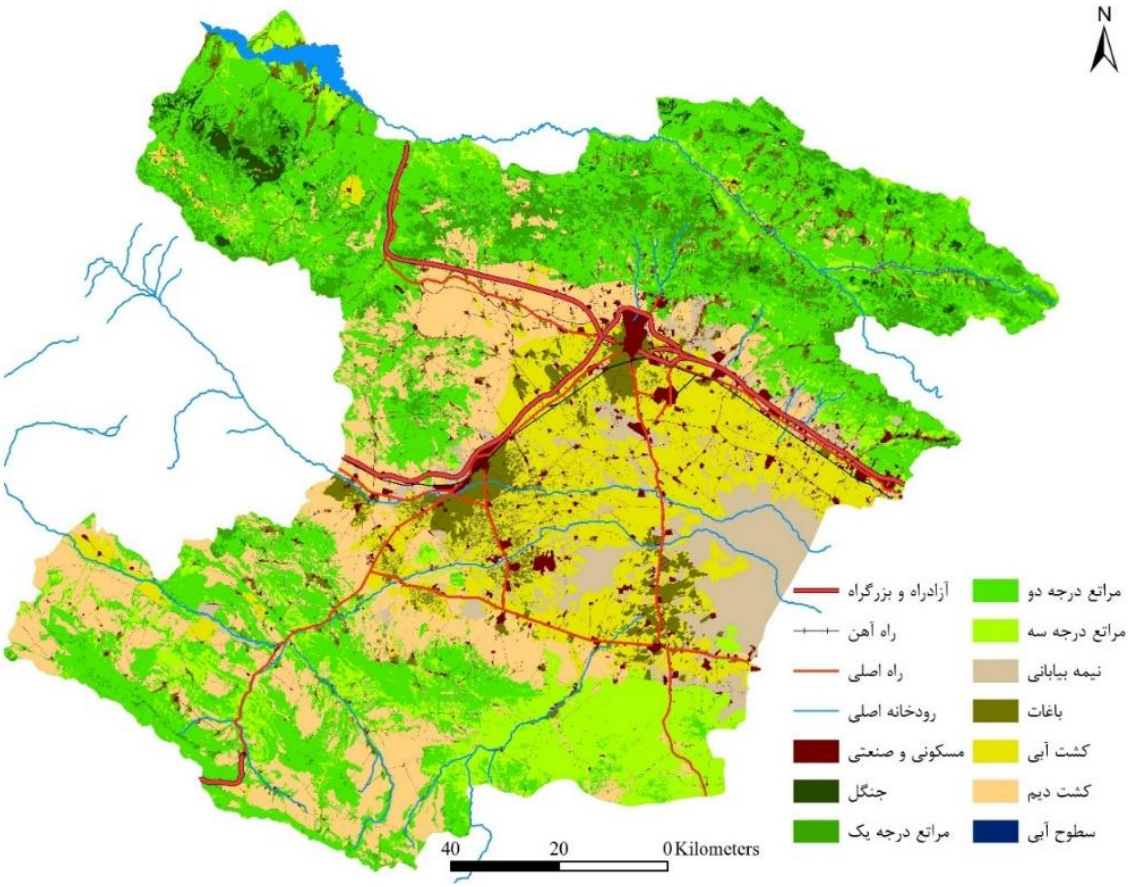
کاربری و پوشش اراضی

بر اساس نقشه نمایش داده شده در شکل ۵، نوار مرکزی استان قزوین بیشتر کشاورزی و باغات صنعتی و در شرق نوار مرکزی، شاهد اراضی نیمه بیابانی هستیم. جنگل‌های استان فقط در نوار شمالی و تنها ۰/۸ درصد مساحت استان را تشکیل می‌دهند و بیشترین مساحت استان توسط مراتع درجه دو (۳۲/۵٪) پوشش داده شده است. جنگل، مراتع، کشاورزی، باغات، اراضی نیمه بیابانی و بستر رودخانه‌های استان که بیشتر فصلی هستند به‌عنوان زیستگاه‌های بالقوه در این مطالعه در نظر گرفته شده است که درمجموع ۹۶ درصد از استان را پوشش داده‌اند. هرچند کشاورزی و باغات به‌عنوان زیستگاه‌های بالقوه در نظر گرفته شده است ولی اثر تکه‌تکه شدگی آن‌ها در این مطالعه لحاظ گشته است.

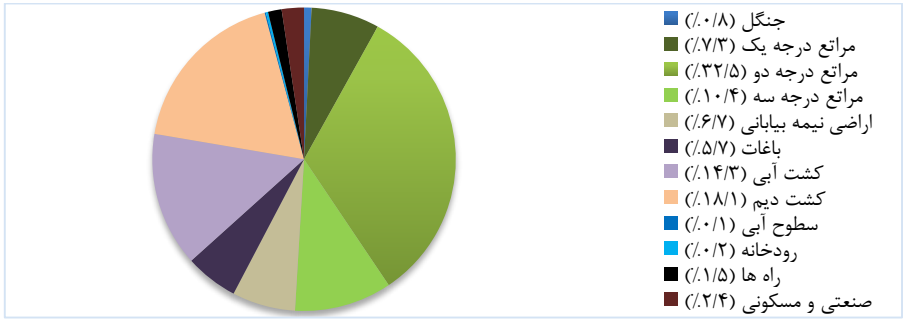
شکل ۶ طرح شماتیک توزیع درصد کاربری‌ها و پوشش اراضی استان را نشان می‌دهد. همان‌گونه که از شکل مشخص است، پوشش‌های طبیعی مانند مراتع درجه‌یک، دو و سه، بیشترین درصد در استان را دارا هستند و از عوامل انسانی می‌توان به کشاورزی آبی و دیم اشاره کرد که در کنار اثر مثبت در تأمین زیستگاه، از عوامل اصلی تکه‌تکه شدگی در سیمای استان قزوین به شمار می‌روند.

تکه‌تکه شدگی سیمای‌سرزمین

بر اساس فرمول محاسبه سنجه اندازه شبکه موثر، یکی از مهم‌ترین موارد، اندازه لکه کاربری و پوشش اراضی (لکه زیستگاهی) در داخل واحد نمونه مورد مطالعه است که در این مطالعه، مساحت هر یک لکه زیستگاهی در درون اشکال هندسی شش ضلعی مدنظر است. هر شش ضلعی



شکل ۵. نقشه توزیع فضایی زیستگاه‌های بالقوه و عوامل تکه‌تکه کننده سیمای‌سرزمین استان قزوین

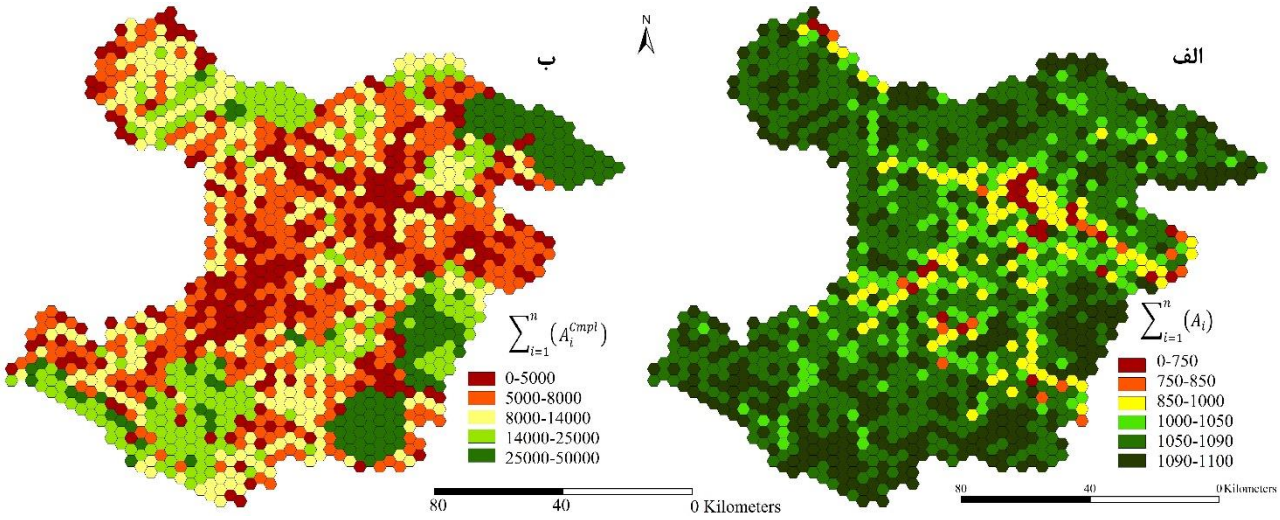


شکل ۶. درصد کاربری‌ها و پوشش اراضی استان قزوین

شامل تعداد مختلفی از لکه‌های زیستگاهی است که نیاز است مساحت هرکدام به‌طور جداگانه محاسبه گردد. در این بخش، در کنار محاسبه مساحت هر لکه، مساحت مجموع لکه‌های زیستگاهی در داخل هر شش ضلعی نیز محاسبه و در شکل ۷ (الف) به‌طور فضایی نمایش داده شده است (جهت برآورد میزان دخالت فیزیکی انسان در هر واحد مطالعاتی). این نقشه اطلاعات بسیار مفیدی از نقش عوامل غیر زیستگاهی مانند جاده، شهر، راه‌آهن و صنایع به دست می‌دهد. بازه عددی ارزش هر شش ضلعی بین صفر تا ۱۱۰۰ هکتار است که هرچقدر اندازه سنجه بزرگ‌تر باشد و به ۱۱۰۰ هکتار نزدیک گردد، نشان‌دهنده پیوستگی زیستگاه‌ها در آن واحد است، به عبارتی لکه‌های غیرزیستگاهی در آن‌ها کمتر است. ۲۶ واحد مطالعاتی که بین بازه صفر الی ۷۵۰ قرار دارند بیشترین تخریب و تغییر ساختاری را توسط انسان داشته‌اند و به عبارتی نواحی هستند که به‌شدت براثر توسعه کالبدی شهری و صنعتی،

تکه‌تکه شده‌اند. ۱۵ واحد تخریب و تغییر کالبدی زیاد (بازه ۷۵۰–۸۵۰) و ۹۹ واحد به‌طور متوسط تغییریافته‌اند (بازه ۸۵۰–۱۰۰۰). تغییر کم و خیلی کم به ترتیب در ۱۷۹ و ۶۲۰ واحد اتفاق افتاده (به ترتیب در بازه ۱۰۰۰–۱۰۵۰ و ۱۰۵۰–۱۰۹۰) و واحدهای بین ۱۰۹۰ الی ۱۱۰۰ تقریباً بدون تغییر ساختاری هستند.

برخلاف شکل ۷ (الف) که مرز محدوده به‌عنوان عامل محدودکننده در اندازه زیستگاه عمل می‌نماید، اطلاعات شکل ۷ (ب) بدون در نظر گرفتن محدودیت حاشیه، اطلاعات زیستگاهی را در روش پیوستگی فرامرزی نمایش می‌دهد. ارزش هر شش ضلعی، حداکثر توان جابجایی یک گونه را نشان می‌دهد و در برخی از شش‌ضلعی‌ها تا ۵۰ هزار هکتار توان جابجایی دارند. این نقشه اطلاعات بسیار مفیدی از پیوستگی زیستگاهی در منطقه مورد مطالعه ارائه می‌کند. اگر این نقشه با نقشه ۷ (الف) مقایسه گردد، می‌توان نتیجه گرفت که چقدر اثر حاشیه در برآورد سنجه می‌تواند موثر باشد. با حذف اثر حاشیه در برآورد سنجه‌های سیمای‌سرزمین، می‌توان بازه بیشتری از تغییرات را مشاهده کرد که در برآورد سنجه و آزادی عمل مدل بسیار مهم است.

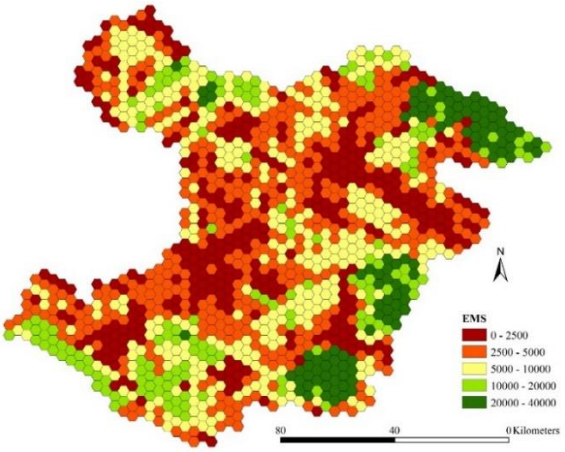


شکل ۷. مجموع مساحت زیستگاه‌های بالقوه حیات‌وحش با اعمال اثر حاشیه (الف) و حذف اثر حاشیه (ب)

نتیجه نهایی شاخص اندازه شبکه موثر در شکل ۸ نشان داده شده است. در روش محدودیت حاشیه‌ای، توان جابه‌جایی گونه موردنظر تنها درون شش ضلعی قابل محاسبه است ولی در روش پیوستگی فرامرزی، همان‌گونه که در شکل ۸ مشخص است، موجودات زنده می‌توانند حداکثر تا ۴۰ هزار هکتار جابجایی بدون مشکل داشته باشد. ۳۱۰ واحد نمونه مطالعاتی در محدوده خیلی کم و ۴۲۵ واحد در محدوده کم از نظر سنجه اندازه شبکه موثر قرار دارند که بیشتر این واحدها در محدوده توسعه یافته و صنعتی استان، به‌خصوص توسعه شبکه ارتباطی قرار دارند (شکل ۹). بسیاری از مطالعات، ازجمله زبردست و همکاران (۱۳۹۰)، Girvetz و همکاران (۲۰۰۷) و Pătru-Stupariu و همکاران (۲۰۱۵)، نقش شبکه ارتباطی در تکه‌تکه شدگی سیمای سرزمین را بسیار زیاد ارزیابی کرده‌اند و بر لزوم توجه به تکه‌تکه شدگی زیستگاه‌ها قبل از اجرای پروژه‌های جاده‌ای و ریلی تأکید شده است.

در استان قزوین ۳۵۲ واحد مطالعاتی دارای ارزش متوسط بر اساس سنجه اندازه شبکه موثر شناسایی شده است که بیشتر این واحدها توسط کشاورزی آبی سنتی و نواحی تحت نفوذ متوسط انسانی بوده است. EMS در ۱۵۳

واحد زیاد و ۱۱۵ واحد خیلی زیاد محاسبه شده است که دارای پوشش مرتعی پیوسته و به دور از توسعه انسانی متمرکز و اراضی نیمه بیابانی شرق دشت قزوین هستند که کمتر توسط صنایع، توسعه شهری و شبکه راه‌ها دچار انقطاع شده‌اند.



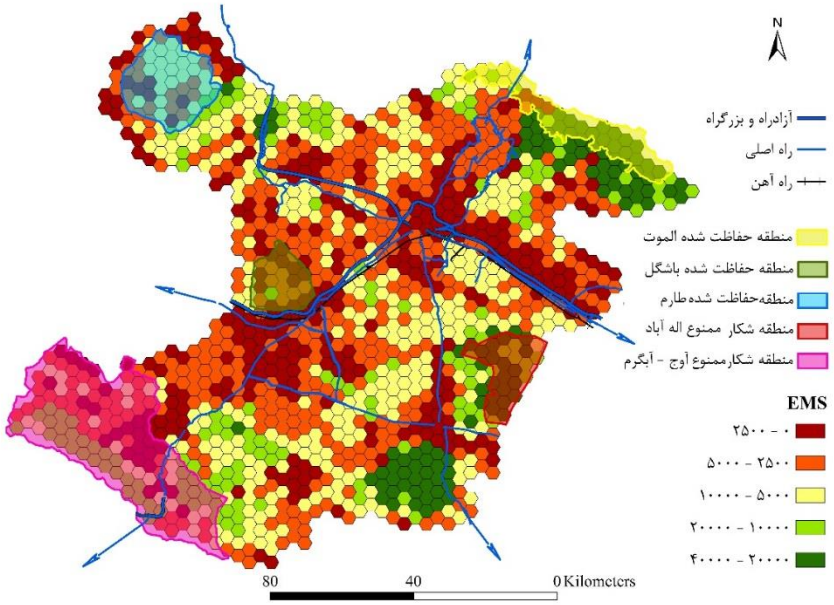
شکل ۸.توزیع فضایی سنجه اندازه شبکه موثر (EMS) در استان قزوین

بیشتر واحدهای مطالعاتی منطقه حفاظت‌شده باشگل که یکی از نواحی مهم تحت مدیریت سازمان حفاظت محیط‌زیست در استان قزوین است دارای ارزش کم و خیلی کم برای سنجه اندازه شبکه موثر است که نشان‌دهنده انقطاع در این منطقه است. با افزایش تنوع ساختار فضایی سیمای‌سرزمین، سنجه اندازه شبکه موثر کاهش می‌یابد و حضور انسان به‌عنوان تغییردهنده سیمای‌سرزمین در این امر دخیل است. همان‌گونه که در مطالعه Otero و همکاران (۲۰۱۵) اشاره شده است، با ترک سیمای‌سرزمین توسط مردم محلی و از بین رفتن کشاورزی و توسعه انسانی، سنجه EMS افزایش و سنجه تنوع شانون کاهش یافته است. همچنین انقطاع در این منطقه می‌تواند نشان‌دهنده تهدید برای گونه‌های بومی باشد. طبق مطالعه Schmiedel و Culmsee (۲۰۱۶) که ارتباط سنجه اندازه شبکه موثر با غنای گونه‌های گیاهی را بررسی کرده، با افزایش تکه‌تکه شدگی، غنای گونه‌های غیر بومی و تهدید نشده افزایش می‌یابد ولی گونه‌های تهدید شده و بومی نمی‌توانند با تغییرات ایجاد شده سازگار گردند. لذا حفظ پیوستگی و ترمیم تکه‌تکه شدگی سیمای‌سرزمین در برنامه‌های حفاظتی تنوع زیستی حائز اهمیت است (Li and Wu, 2004; Spanowicz and Jaeger, 2019).

شکل ۹ موقعیت مناطق چهارگانه محیط‌زیست استان قزوین در پهنه فضایی تکه‌تکه شدگی هر واحد نمونه مطالعاتی را نشان می‌دهد. براین‌اساس ، منطقه شکارممنوع اله‌آباد حدوداً ۲۵ واحد مطالعاتی را در برمی‌گیرد که تنها یکی از واحدها، تکه‌تکه شدگی متوسط دارند و بقیه واحدها، کم و خیلی کم دچار انقطاع شده‌اند. این نتایج، با توجه به نیمه بیابانی بودن این ناحیه و عدم توسعه کالبدی، کاملاً منطقی به نظر می‌رسد. منطقه حفاظت‌شده الموت با حدود ۳۵ واحد مطالعاتی، دارای ۲۷ واحد با تکه‌تکه شدگی کم و خیلی کم و تنها ۴ واحد با تکه‌تکه شدگی متوسط و ۴ واحد با تکه‌تکه شدگی زیاد و خیلی زیاد است. این منطقه بعد از منطقه اله‌آباد وضعیت مطلوب‌تری جهت حفاظت دارد. بزرگ‌ترین منطقه تحت مدیریت، یعنی منطقه شکارممنوع آبگرم و آوج، با پوشش حدودی ۱۳۰ واحدی، دارای ۳۷ واحد مطلوب، ۲۳ واحد با تکه‌تکه شدگی متوسط و ۷۰ واحد با تکه‌تکه شدگی زیاد و خیلی زیاد است که نیاز به توجه در جهت احیای پیوستگی دارد. منطقه حفاظت‌شده طارم با دارا بودن ۵۰ واحد مطالعاتی، وضعیت مطلوبی از نظر سنجه اندازه شبکه موثر ندارد. این منطقه تنها چهار واحد مطلوب داراست و ۲۵ واحد دچار تکه‌تکه شدگی متوسط شده است و ۲۱ واحد وضعیت بدی از نظر پیوستگی دارند. منطقه حفاظت‌شده باشگل که زیستگاه آهو، قوچ و میش و بسیاری از پستانداران مهم است، در وضعیت نسبتاً بدی قرار دارد. این منطقه تنها یک واحد مطلوب داراست و بقیه واحدهای مطالعاتی در بازه زیاد و خیلی زیاد از نظر تکه‌تکه شدگی قرار دارند.

نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر به بررسی روش‌شناسی سنجه سیمای‌سرزمین



شکل ۹. روی‌هم گذاری سنجه اندازه شبکه موثر با زیرساخت‌های ارتباطی اصلی و مناطق چهارگانه محیط‌زیست استان قزوین

EMS و ارزیابی تکه‌تکه شدگی سیمای‌سرزمین در استان قزوین پرداخته است. این سنجه محدودیت روش‌های قدیمی محاسبه که تحت تأثیر اثر حاشیه بوده است را از طریق توانمندی نرم‌افزاری ArcGIS کاهش داده و نتیجه ارزیابی را تدقیق نموده است. مقایسه نتایج نقشه‌های نواحی زیستگاهی با محدودیت مرز واحد نمونه مطالعاتی و نقشه مورد استفاده در روش پیوستگی فرامرزی نشان داد که چگونه اثر حاشیه در برآورد سنجه می‌تواند موثر باشد.

همچنین نتایج این مطالعه روشن نمود که با افزایش تنوع در ساختار فضایی سیمای‌سرزمین، سنجه اندازه شبکه موثر کاهش می‌یابد که بر حضور انسان به‌عنوان تغییردهنده سیمای‌سرزمین تأکید می‌کند. در این مطالعه، نواحی نیمه بیابانی و مراتع به دلیل دخالت کمتر انسان دارای ارزش زیاد از نظر سنجه اندازه شبکه موثر هستند، ولی کشاورزی سنتی به دلیل حضور انسان در عرصه و تغییر ساختار سیمای‌سرزمین به‌طور سنتی و باوجود کاهش اندازه شبکه موثر، می‌تواند در بهبود شرایط بوم‌شناختی سیمای‌سرزمین موثر باشد، که به دلیل افزایش تنوع زیستگاهی است و می‌تواند اثر مثبتی در حفظ تنوع زیستی در مقیاس سیمای‌سرزمین داشته باشد. این نتیجه‌گیری با فرضیه ایجاد اختلال متوسط[۲۴] همخوانی دارد. اما حضور انسان صنعتی و استفاده از ابزارهای نوین کشاورزی و توسعه که باعث کاهش تنوع ساختار سیمای‌سرزمین می‌گردد، می‌تواند باعث اختلالات خارج از توان سرزمین شود که باعث نابودی تنوع زیستی در یک سرزمین می‌گردد.

این مطالعه نیز نقش شبکه ارتباطی استان قزوین در تکه‌تکه شدگی زیستگاه را مهم ارزیابی نمود و تأکید می‌کند، توجه ویژه به موضوع تکه‌تکه شدگی زیستگاه‌ها قبل از اجرای پروژه‌های جاده‌ای و ریلی گردد. همچنین با رتبه‌بندی مناطق حفاظت‌شده بر اساس شاخص EMS مشخص شد، برخی نواحی حفاظتی و شکارممنوع به‌شدت دچار انقطاع شده‌اند که نیاز هست توجه ویژه در برنامه‌های مدیریتی به این نواحی گردد.

نتایج این مطالعه که تکه‌تکه شدگی سیمای‌سرزمین و پیوستگی آن را به‌خوبی نشان داده است، می‌تواند در مدیریت تنوع زیستی و وارد کردن سنجه‌های مربوط به ارزیابی زیستگاه حیات‌وحش در برنامه‌ریزی منطقه‌ای و استانی و حتی کشوری موثر واقع گردد. تصمیم گیران و برنامه‌ریزان در برنامه‌ریزی واحدهایی که به‌شدت تکه‌تکه شده‌اند، باید احتیاط لازم را داشته باشند. همچنین نتایج این

تحقیق می‌تواند در ارزیابی نواحی تحت مدیریت و ارتقاء آن‌ها از یک سطح به سطح دیگر و همچنین برای ایجاد مناطق تحت مدیریت جدید مورد استفاده قرار گیرد. لذا پیشنهاد می‌گردد مطالعات آتی در این حوزه، بر مدل‌سازی تکه‌تکه شدگی زیستگاه‌ها جهت ارزیابی اثرات توسعه بر محیط‌زیست تمرکز نمایند.

یادداشت‌ها

1- Environmental Impact Assessment
2- Composition
3- Configuration
4- Number of Patches
5- Patch Density
6- Patch Shape
7- Edge Density
8- Contagion
9- Proximity
10- Division Index
11- Splitting Index
12- Effective Mesh Size
13- *Odocoileus Hemionus*
14- *Puma Concolor*
15- Cross-Boundary Connections
16- On Screen Digitizing
17- Dissolve
18- Multipart
19- Explode Multipart Feature
20- Hexagon
21- Model Builder
22- Intersect
23- Summary Statistics
24- Intermediate Disturbance Hypothesis

فهرست منابع

جاپلقی، م؛ غلامعلی‌فرد، م؛ شایسته، ک، (۱۳۹۶). پایش و تحلیل الگوی سیمای‌سرزمین استان لرستان و فرآیند تغییر آن در محیط GIS، *محیط‌زیست طبیعی، مجله منابع طبیعی ایران*، ۷۰(۱)، صص ۳۵-۱۵.

حسینی وردئی، و؛ سلمان ماهینی، ع؛ منوری، س. م؛ خیرخواه زرکش، م، م، (۱۳۹۱). کاربرد سنجه های سیمای سرزمین در ارزیابی اثرات تجمعی شبکه جاده‌ای بر پوشش درختی، *محیط‌زیست طبیعی، مجله منابع طبیعی ایران*، ۶۵(۲)، ۱۳۹-۱۵۲.

خسروی، ر؛ همامی، م. ر؛ ملکیان، م، (۱۳۹۶). ارزیابی پیوستگی سیمای‌سرزمین و کریدورهای مهاجرتی آهوی گواتردار در مناطق مرکزی ایران، *بوم‌شناسی کاربردی*، ۶(۴)، ۴۹-۶۴.

درویش‌صفت، ع. ا؛ باقری، م؛ قربانی، م؛ امیری، ق، ز، (۱۳۹۷). مدل‌سازی آشفتگی مکانی جنگل با استفاده از سنجه‌های سیمای‌سرزمین در منطقه حفاظت‌شده سرولات، *مجله منابع طبیعی ایران، جنگل و فرآورده‌های چوب*، ۷۱(۱)، ۲۳-۳۳.

درویش‌صفت، ع. ا؛ پیرباوقار، م؛ رجب‌پور، م، (۱۳۹۲). *سنجش از دور برای مدیران GIS*، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.

درویشی، آ؛ فاخران، س؛ سفیانیان، ع. ر؛ قربانی، م، (۱۳۹۲). کمی‌سازی تغییرات الگوی مکانی سیمای‌سرزمین در زیستگاه سیاه خروس قفقازی (tetrao mlokosiewiczi) در ذخیرگاه زیستکره ارسباران، *اکولوژی کاربردی*، ۲(۵)، ۳۷-۲۷.

درویشی، آ؛ فاخران، س؛ سفیانیان، ع. ر؛ قربانی، م، (۱۳۹۴). بارزسازی تغییرات و پویایی کاربری ها و پوشش اراضی در ذخیره گاه زیست کره ارسباران (۱۳۶۶ ـ ۱۳۹۰)، *محیط‌زیست طبیعی (منابع طبیعی ایران)*، ۶۸(۴)، ۵۵۹-۵۷۲.

زبردست، ل؛ یاوری، ا.ح؛ صالحی، ا؛ مخدوم، م، (۱۳۹۰). استفاده از متریک اندازه مؤثر شبکه در تحلیل از هم گسیختگی پوشش‌های جنگلی محدودهٔ اثر جاده در پارک ملی گلستان، *محیط شناسی*، ۳۷(۵۸)، ۱۵-۲۰.

گشتاسب، ح؛ شمس اسفندآباد، ب؛ عطایی، ف؛ مظفری، ع، (۱۳۹۱). مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه گراز (*Sus scrofa*) در منطقه الموت شرقی استان قزوین، *محیط‌زیست طبیعی، مجله منابع طبیعی ایران*، ۶۵(۲) ۲۴۷-۲۵۸.

نصیری، و؛ درویش‌صفت، ع، ا، (۱۳۹۷). تحلیل کاربری و پوشش زمین‌ها با استفاده از سنجه‌های بوم شناسی منظر (بررسی موردی: منطقه ارسباران). *علوم محیطی*، ۱۶(۳)، ۱۰۱-۱۱۸.

نصیری، و؛ قربانی، م؛ درویش‌صفت، ع، ا، (۱۳۹۹). ارائه روشی برای کمی سازی تغییرات آشفتگی مکانی بر پایه سنجههای سیمای‌سرزمین (مطالعه موردی: منطقه حفاظت‌شده ارسباران در دوره زمانی ۱۳۶۹-۱۳۹۳)، *محیط‌زیست طبیعی (منابع طبیعی ایران)*، ۷۳(۲) ۴۰۹-۳۹۷.

وفایی، س؛ درویش‌صفت، ع، ا؛ پیرباوقار، م، (۱۳۹۲). پایش و پیش‌بینی روند تغییرات مکانی کاربری اراضی با استفاده از مدل LCM (مطالعه موردی: منطقه مریوان). *مجله جنگل ایران*، ۵(۳)، ۳۳۶-۳۲۲.

Darvishi, A., Fakheran, S., & Soffianian, A. (2015). Monitoring landscape changes in Caucasian black grouse (*Tetrao mlokosiewiczi*) habitat in Iran during the last two decades. *Environmental monitoring and assessment, 187(7)*, 443. https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-015-4659-3.

Darvishi, A., Yousefi, M., & Marull, J. (2020). Modelling landscape ecological assessments of land use and cover change scenarios. Application to the Bojnourd Metropolitan Area (NE Iran). *Land Use Policy, 99*, 105098. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.105098.

Forman, R.T., Sperling, D., Bissonette, J.A., Clevenger, A.P., Cutshall, C.D., Dale, V.H., Fahrig, L., France, R.L., Heanue, K., Goldman, C.R., & Jones, J. (2003). Road ecology: science and solutions. Island press, Washington DC.

Frank, S., Fürst, C., Koschke, L., & Makeschin, F. (2012). A contribution towards a transfer of the ecosystem service concept to landscape planning using landscape metrics. *Ecological Indicators*, 21, 30-38. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.04.027.

Gao, J., & Li, S. (2011). Detecting spatially non-stationary and scale-dependent relationships between urban landscape fragmentation and related factors using Geographically Weighted Regression. *Applied Geography*, 31(1), 292-302. https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2010.06.003.

Girvetz, E. H., Thorne, J. H., Berry, A. M., & Jaeger, J. A. (2007). Integrating habitat fragmentation analysis into transportation planning using the effective mesh size landscape metric. https://escholarship.org /uc/item/6cj9g88f.

Jaeger, J. A. (2000). Landscape division, splitting index, and effective mesh size: new measures of landscape fragmentation. *Landscape ecology*, 15(2), 115-130. https://link.springer.com/article/ 10.1023/ A: 1008129329289.

Jaeger, J. A., Bertiller, R., Schwick, C., Müller, K., Steinmeier, C., Ewald, K. C., & Ghazoul, J. (2008). Implementing landscape fragmentation as an indicator in the Swiss Monitoring System of Sustainable Development (MONET). *Journal of environmental management*, 88(4), 737-751. https://doi.org/ 10.1016/ j.jenvman.2007.03.043.

Ledda, A., & De Montis, A. (2019). Infrastructural landscape fragmentation versus occlusion: A sensitivity analysis. *Land Use Policy*, 83, 523-531. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.02.035.

Li, H., & Wu, J. (2004). Use and misuse of landscape indices. *Landscape ecology*, 19(4), 389-399. https://link. springer.com/article/10.1023/B:LAND.0000030441.15628.d6.

Marull, J., Cunfer, G., Sylvester, K., & Tello, E. (2018a). A landscape ecology assessment of land-use change on the Great Plains-Denver (CO, USA) metropolitan edge. *Regional environmental change*, 18(6), 1765-1782. https://link.springer.com/article/10.1007/s10113-018-1284-z.

Marull, J., Delgadillo, O., Cattaneo, C., La Rota, M. J., & Krausmann, F. (2018b). Socioecological transition in the Cauca river valley, Colombia (1943–2010): towards an energy–landscape integrated analysis. *Regional environmental change*, 18(4), 1073-1087. https://link.springer.com/article/ 10.1007/ s10113-017-1128-2.

Moser, B., Jaeger, J. A., Tappeiner, U., Tasser, E., & Eiselt, B. (2007). Modification of the effective mesh size for measuring landscape fragmentation to solve the boundary problem. *Landscape ecology*, 22(3), 447-459. https://link.springer.com/article/10.1007/s10980-006-9023-0.

Nasiri, V., Darvishsefat, A. A., Rafiee, R., Shirvany, A., & Hemat, M. A. (2019). Land use change modeling through an integrated multi-layer perceptron neural network and Markov chain analysis (case study: Arasbaran region, Iran). *Journal of Forestry Research*, 30(3), 943-957. https://link. springer.com/ article/ 10.1007/s11676-018-0659-9.

Northrup, J. M., Anderson Jr, C. R., & Wittemyer, G. (2015). Quantifying spatial habitat loss from hydrocarbon development through assessing habitat selection patterns of mule deer. *Global Change Biology*, 21(11), 3961-3970. https://doi.org/10.1111/gcb.13037.

Otero, I., Marull, J., Tello, E., Diana, G. L., Pons, M., Coll, F., & Boada, M. (2015). Land abandonment, landscape, and biodiversity: questioning the restorative character of the forest transition in the Mediterranean. *Ecology and Society*, 20(2), 7. http://dx.doi. org/10.5751/ES-07378-200207.

Pătru-Stupariu, I., Stupariu, M. S., Tudor, C. A., Grădinaru, S. R., Gavrilidis, A., Kienast, F., & Hersperger, A. M. (2015). Landscape fragmentation in Romania's Southern Carpathians: Testing a European assessment with local data. *Landscape and Urban Planning*, 143, 1-8. https://doi.org/10.1016/ j.landurbplan. 2015.06.002.

Proppe, D. S., McMillan, N., Congdon, J. V., & Sturdy, C. B. (2017). Mitigating road impacts on animals through learning principles. *Animal cognition*, 20(1), 19-31. https://link.springer.com/article/ 10.1007/ s10071-016-0989-y.

Schmiedel, I., & Culmsee, H. (2016). The influence of landscape fragmentation, expressed by the 'Effective Mesh Size Index', on regional patterns of vascular plant species richness in Lower Saxony, Germany. *Landscape and Urban Planning*, 153, 209-220. https://doi.org/10.1016/ j.landurbplan. 2016.01.012.

Spanowicz, A. G., & Jaeger, J. A. (2019). Measuring landscape connectivity: On the importance of within-patch connectivity. *Landscape Ecology*, 34(10), 2261-2278. https://link.springer.com/article/10.1007/s10980-019-00881-0.

Tian, Y., Jim, C. Y., Tao, Y., & Shi, T. (2011). Landscape ecological assessment of green space fragmentation in Hong Kong. *Urban Forestry & Urban Greening*, 10(2), 79-86. https://doi.org/10.1016/ j.ufug. 2010. 11.002.

Turner, M. G., Gardner, R. H., O'neill, R. V., & O'Neill, R. V. (2001). *Landscape ecology in theory and practice*, 401, New York, Springer. https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-1-4939-2794-4.

Urban, D. L., O'Neill, R. V., & Shugart Jr, H. H. (1987). A hierarchical perspective can help scientists understand spatial patterns. *BioScience*, 37(2), 119-127.

Yousefi, M., Darvishi, A., Padró, R., Barghjelveh, S., Dinan, N. M., & Marull, J. (2020). An energy-landscape integrated analysis to evaluate agroecological scarcity. *Science of The Total Environment*, 139998. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139998.

Yousefi, M., Darvishi, A., Tello, E., Barghjelveh, S., Dinan, N. M., & Marull, J. (2021). Comparison of two biophysical indicators under different landscape complexity, *Ecological Indicators*, 124, 107439. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107439.

Zhang, L., Lu, W., Hou, G., Gao, H., Liu, H., & Zheng, Y. (2019). Coupled analysis on land use, landscape pattern and nonpoint source pollution loads in Shitoukoumen Reservoir watershed, China. *Sustainable Cities and Society*, 51, 101788. https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101788.