پژوهش‌های محیط‌زیست، سال 4، شماره 8، پاییز و زمستان 1392، از صفحه 157 تا 168

تحلیل ساختاری داده‌های کمی با کاربرد ECHELON ANALYSIS (مطالعه موردی: اولویت‌بندی مناطق از نظر غنای پرندگان در استان گلستان)

عبدالرسول سلمان ماهینی[1]، حمیدرضا رضایی[2] ،آزاده مهری*[3]، وحید زمانی[4]

۱ دانشیار گروه محیط‌زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی گرگان

۲ استادیار گروه محیط‌زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی گرگان

۳ دانشجوی کارشناسی ارشد محیط‌زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی گرگان

٤ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد محیط‌زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی گرگان

(تاریخ دریافت: 1390/11/29؛ تاریخ تصویب: 1392/11/21)

چکیده

اغلب مطالعات صورت‌گرفته در زمینه پدیده‌های محیط‌زیستی، براساس جمع‌آوری داده‌های کمی مکانی و مدل‌سازی آن‌ها قرار دارد. نحوه تحلیل و نقشه‌سازی این متغیرهای کمی از اهمیت بالایی برخوردار است و نتایج حاصل از مدل‌های محیط‌زیستی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در نتیجه، نیاز به یک روش سیستماتیک برای تعیین ساختار مکانی داده‌های کمی و طبقه‌بندی آن‌ها وجود دارد. Echelon Analysis یک روش منظم و علمی را جهت طبقه‌بندی و تعیین ساختار مکانی داده‌های کمی ارایه می‌نماید. این روش داده‌های کمی را به‌عنوان متغیرهای توپوگرافی سطحی در نظر می‌گیرد و سپس این سطوح را به مؤلفه‌های ساختاری تقسیم‌بندی می‌کند. در Echelon Analysis، سلسله مراتب تغییرپذیری داده‌های کمی در سطح سیمای سرزمین اغلب به‌صورت یک ساختار درختی نشان داده می‌شود که تفسیر مناسبی از الگوهای اتصالات و ارتباط مکانی بخش‌های مختلف را ارایه می‌نماید. در پژوهش حاضر، این روش در اولویت‌بندی مناطق از لحاظ غنای پرندگان در استان گلستان مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد: طبقه‌بندی منطقه براساس تعداد گونه‌ها، جنس‌ها و خانواده‌های پرندگان تغییر قابل توجهی را در توزیع مناطق دارای اولویت بالای غنای پرندگان در سطح استان به‌وجود نمی‌آورد. علاوه بر این، اجرای روش در شبکه‌های سلولی با اندازه متفاوت نشان داد طبقه‌بندی داده‌ها در اندازه‌های کوچک‌تر الگوهای تغییرات مکانی را آشکار می‌کند که ضرورتاً در اندازه‌های بزرگ‌تر مورد انتظار نبوده است و به‌منظور تعیین موقعیت دقیق مناطق با غنای گونه‌ای بالا، اندازه سلول‌های کوچک‌تر مناسب‌تر و ضروری هستند. البته، میزان کوچک‌تر شدن اندازه نیز باید در حدی باشد که تغییرات پارامتر در آن اندازه معنی‌دار باشد. مقایسه نتایج با پراکنش مناطق تحت حفاظت سازمان محیط‌زیست نشان داد، مناطقی در سطح استان دارای اولویت بالا هستند که در هیچ یک از مناطق تحت مدیریت قرار نگرفته‌اند و می‌توانند مبنایی برای معرفی مناطق تحت حفاظت جدید ارایه نمایند.

کلید واژه‌ها: Echelon Analysis، کمی‌سازی داده‌های مکانی، مؤلفه‌های ساختاری، تحلیل توپوگرافی، تغییرات سطحی

* نویسنده مسوول Email: az.mehri@yahoo.com

سرآغاز

بیشتر تحقیقات صورت گرفته در زمینه پدیده‌های محیط‌زیستی، به‌صورت نمونه‌برداری در سطوح جغرافیایی و به همراه داده‌های مکانی هستند (Kurihara & Ishioka, 2008). داده‌های مکانی کمی ورودی‌های مهمی در مدل‌های محیط‌زیستی هستند که آینده استفاده از منابع و سیاست‌های موجود را تعیین می‌کنند. تولیدات نهایی این قبیل مدل‌ها، اغلب نقشه‌های شاخص‌های سطوح مختلف اثرات محیط‌زیستی هستند که به‌عنوان راهنمایی برای تخصیص منابع اقتصادی و صنعتی جهت بهبود این آثار مورد استفاده قرار می‌گیرند (Myers & Patil, 2002). نقش تحلیل‌های آماری در مدل‌سازی پدیده‌ها و تعیین ساختار داده‌ها براساس اطلاعات مکانی آن‌ها بسیار حایز اهمیت است (Kurihara & Ishioka, 2008). خطاهای کمی‌سازی داده‌های مکانی در خلال استفاده از مدل‌های محیط‌زیستی افزایش می‌یابند و در شاخص‌های آثار به‌دست آمده تأثیر می‌گذارند. بنابراین، نیاز به یک روش منظم برای تعیین ساختار مکانی در نقشه‌سازی متغیرهای کمی، هم در زمینه داده‌های ورودی به مدل‌ها و هم شاخص‌های آثار بالقوه به‌دست آمده از آن‌ها می‌باشد (Myers & Patil, 2002). با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، نتایج مدل‌ها به‌صورت نقشه‌های موضوعی ارایه می‌شوند که تفسیر اغلب آن‌ها بصری و با توجه به علایق شخصی است. امکانات کامپیوتری جدید برای تصویرسازی علمی، روش‌های تحلیل بصری را توسعه داده‌اند، اما کم‌تر موضوع تفسیر ذهنی را مورد توجه قرار داده‌اند (Myers et al., 1997). یک روش جدید در این زمینه، Echelon Analysis است. Echelon Analysis ابزاری جدید جهت تعیین علمی ساختار مکانی داده‌های کمی برای نقشه‌سازی مستقیم آن‌ها ارایه می‌نماید (Myers & Patil, 2002).

در بیشتر موارد، برای ثبت پدیده‌های محیط‌زیستی و عوارض سطح زمین در پایگاه داده، یک شبکه سلولی به همراه ثبت یک ارزش برای هر سلول شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرد. Echelon Analysis، ساختار داده‌ها را براساس ارزش سلول‌ها و روابط آن‌ها با سلول‌های همسایه مورد بررسی قرار می‌دهد. این روش ساختار توپولوژیکی نقشه‌های شاخص‌های محیط‌زیستی را در مفاهیم مکانی و به‌منظور اهداف مقایسه‌ای و تحلیل علمی سلسله مراتب پیچیده تغییرپذیری در سیمای‌سرزمین مورد بررسی قرار می‌دهد. به این منظور، شاخص محیط‌زیستی به‌عنوان یک متغیر سطحی در نظر گرفته می‌شود که یک توپوگرافی سطحی مجازی را نمایش می‌دهد. Echelon Analysis، این سطح را به‌صورت یک سلسله مراتب سازمانی به مؤلفه‌های ساختاری شامل قله‌ها[1]، پایه قله‌ها[2] و پایه پایه‌ها[3] تقسیم‌بندی می‌کند. ساختار سلسله مراتبی Echelonها اغلب به‌صورت درختی نشان داده می‌شود. ساختار درختی نمایشی از توپولوژی سطحی ارایه می‌نماید که ابزاری مفید برای توصیف الگوهای تمرکز و اتصالات برای تنوع‌زیستی، تغییر سیمای سرزمین، رشد شهری و غیره هستند (Patil et al., 2004).

روش Echelon Analysis در پژوهش «بررسی ارتباط بین ساختار مکانی الگوهای توزیع پوشش گیاهی و تراکم جمعیت انسانی» در مناطق شهری توکیو به کار گرفته شد (Kurihara, et al., 1999). در پژوهشی دیگر تحت عنوان «تعیین پراکنش مناطق مهم زلزله‌خیز در کره جنوبی» از این روش برای بررسی الگوی توزیع فراوانی زلزله‌های رخ داده و شدت آن‌ها طی سی سال استفاده شده است (Han et al., 2008).

Echelon Analysis، همچنین در زمینه تعیین لکه‌های داغ[4] از نظر تنوع داده‌ها کاربرد دارد. یکی از مسایلی که در زمینه تحقیقات مربوط به تنوع‌زیستی و زیست‌شناسی حفاظت مورد توجه زیادی قرار گرفته است تعیین نقاط حساس از نظر غنای گونه‌ای است. این بررسی‌ها در گستره‌های مکانی وسیع نیازمند روشی علمی برای تعیین توزیع مکانی غنای گونه‌ها و همچنین مقایسه آن با توزیع مکانی سایر متغیرها و بررسی تغییرات صورت گرفته در الگوهای توزیع طی زمان است (Patil et al., 2004). در زمینه غنای گونه‌ای، Echelon در پروژه‌های پنسیلوانیا با نام BIOTOPA[5] مورد استفاده قرار گرفته است.

برای مثال، می‌توان به «تعیین توزیع گونه‌های پستانداران در پنسیلوانیا» (Joly & Myers, 1996) و «تعیین غنای گونه‌ای پرندگان زادآور در پنسیلوانیا» (Johnson et al., 1996) اشاره کرد. علاوه بر این، به‌منظور «بررسی توزیع مکانی غنای گونه‌های گیاهی در شهر رم» این روش استفاده شده است (Ricotta et al., 2001).

علاوه بر Echelon Analysis، برای تعیین مناطق حساس بر پایه داده‌های سلولی روش آماره پیمایش مکانی[6] به‌کار گرفته شده است. در این روش، یک پنجره مدور بر روی نقشه قرار

می‌گیرد و مرکز آن بر روی کل منطقه حرکت می‌کند. در هر موقعیت پنجره مجموعه متفاوتی از بخش‌های مجاور را در بر می‌گیرد. محاسبات آماری صورت گرفته برای هر پنجره می‌تواند توسط نرم‌افزار SaTScan انجام شود (Patil et al., 2004). در پژوهش حاضر، از روش Echelon Analysis برای اولویت‌بندی مناطق از لحاظ غنای پرندگان در استان گلستان استفاده شده است.

مواد و روش‌ها

Echelon Analysis

متغیرهای مکانی در Echelon Analysis، از نوع متغیرهای توپوگرافی هستند. نمونه‌ای از اطلاعات عوارض سطح زمین مدل‌های رقومی ارتفاعی هستند که به کمک GIS ساخته می‌شوند. این داده‌ها به‌صورت یک شبکه سلولی هستند که هر سلول دارای ارزش ارتفاعی در مرکز سلول است. Echelon Analysis، عوارض سطح زمین را به مؤلفه‌های ساختاری شامل قله‌ها، پایه قله‌ها، پایه پایه‌ها تقسیم‌بندی می‌کند.

تعیین مؤلفه‌ها براساس موقعیت یال‌ها صورت می‌گیرد. ابتدا قله‌ها به‌صورت طبقات کاهشی از بالاترین قله شماره‌گذاری می‌شوند. پایه قله‌ها نیز به‌صورت طبقات کاهشی از شماره بعد از آخرین قله شماره‌گذاری می‌شوند. شماره‌هایی که به این صورت تعیین می‌شوند نماینده شماره Echelon ها هستند (Myers & Patil, 2002).

نمونه‌ای از این طبقه‌بندی برای یک شبکه سلولی 6×6 در شکل (1) نشان داده شده است. بزرگ‌ترین ارزش در این شبکه 34 است و به‌عنوان اولین قله، شماره Echelon 1 به آن تعلق می‌گیرد. بزرگ‌ترین ارزش متصل به 34، 33 است و همچنین ارزش 33 بزرگ‌ترین ارزش در میان ارزش‌های متصل به 33 می‌باشد. در این حالت، ارزش 33 نیز به Echelon شماره 1 اختصاص داده می‌شود. بزرگ‌ترین ارزش متصل به 33 و 34، 17 است، اما ارزش 17 کوچکتر از ارزش 23 متصل به 17 می‌باشد و درنتیجه نمی‌تواند به‌عنوان Echelon شماره 1 در نظر گرفته‌شود. بنابراین، اولین قله یا اولین Echelon شامل سلول‌هایی با ارزش 33 و 34 است. پس از این مرحله، بزرگ‌ترین ارزش در شبکه به غیر از ارزش‌های متعلق به اولین Echelon، در نظر گرفته می‌شود و با تکرار مراحل بالا قله‌های بعدی شناسایی می‌شوند. پس از شناسایی تمام قله‌ها، تعیین پایه قله‌ها و پایه پایه‌ها به همین روش ادامه می‌یابد. سلول‌هایی که سلول‌های دو قله متفاوت را به هم متصل می‌کنند، و رابط بین آن‌ها هستند به‌عنوان پایه قله‌ها و سلول‌هایی که سلول‌های دو پایه متفاوت را به‌هم متصل می‌کنند به‌عنوان پایه پایه‌ها در نظر گرفته می‌شوند. ادامه تقسیم‌بندی‌ها به همین نحو ادامه می‌یابد تا زمانی‌که تمامی سطح شبکه طبقه‌بندی شود. به این صورت، تعیین Echelonها نه فقط براساس ارزش مطلق داده‌ها بلکه براساس پیچیدگی‌های ساختاری و تغییرات سطحی متغیر مکانی در واحد سطح است.

2	24	14	3	15	30
10	1	14	3	22	31
4	13	19	5	23	5
20	21	12	17	11	33
16	29	9	7	18	34
16	26	28	8	18	7

الف

2	24	14	15	3	30
10	1	14	22	3	31
4	13	19	23	5	5
20	21	12	11	17	33
16	29	9	18	7	34
16	26	28	18	8	7

ب

9	4	8	7	9	2
8	9	8	5	9	2
9	8	6	5	9	9
3	3	8	8	7	1
7	3	8	6	8	1
7	3	3	6	8	8

پ

شکل (1): نحوه تعیین مؤلفه‌های ساختاری در Echelon. الف) نشان دهنده شبکه سلولی و ارزش‌های هر سلول است. ب) موقعیت قله‌ها را با رنگ خاکستری درشبکه نشان می‌دهد و پ) شماره Echelon اختصاص داده شده به هر سلول را نشان می‌دهد. سلول‌ها با رنگ خاکستری، نشان‌دهنده موقعیت قله‌ها در شبکه هستند.

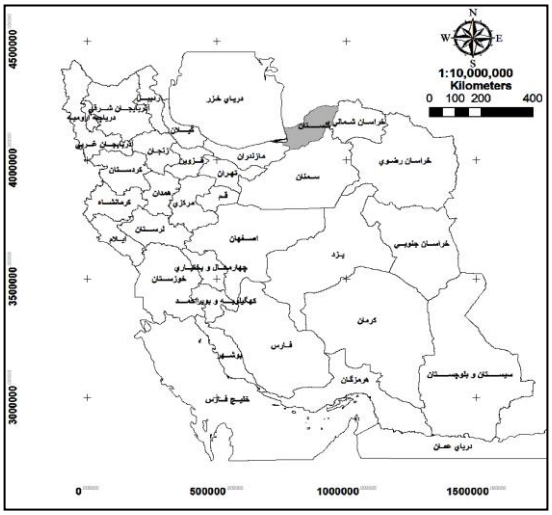
در مرحله بعد، Echelonهای تعیین شده در مرحله قبل، به‌صورت سلسله مراتبی به طبقاتی تقسیم‌بندی می‌شوند

(Myers & Patil, 2002). در این سیستم طبقه بندی قله‌ها به‌عنوان طبقه 1 و Echelonهایی که به‌عنوان ساختمان Echelonهای طبقه یک هستند، به‌عنوان طبقه 2 در نظر گرفته می‌شوند. به همین صورت، Echelonهایی که به‌عنوان ساختمان Echelonهای طبقه دو هستند، به‌عنوان طبقه 3 در نظر گرفته می‌شوند. در این روش، طبقه‌بندی سلول‌ها صرفاً براساس ارزش آن‌ها نیست، بلکه طبقات براساس موقعیت مکانی آن‌ها در ارتباط با سلول‌های همسایه تعیین می‌شوند. به‌عنوان مثال، سلولی با ارزش پایین به این دلیل که برای رابط بین طبقات بالاتر قرار دارد، می‌تواند به طبقه بالاتری تعلق بگیرد.

در مرحله آخر، ویژگی‌های Echelon ها به‌صورت یک جدول نشان داده می‌شود که دارای ده ستون به ازای هر Echelon است. برخی از ستون‌های این جدول که کاربرد بیش‌تری در تفسیر دادها دارند، عبارتند از: شماره Echelon، شماره طبقه، بیشترین ارزش داده مکانی در سلول‌های مربوط به Echelon، کمترین ارزش داده مکانی در سلول‌های مربوط به Echelon، و تعداد سلول‌های مربوط به Echelon می‌باشند.

منطقه مورد مطالعه

استان گلستان با وسعت 20328 کیلومتر مربع، 1/33 درصد از کل مساحت کشور را به خود اختصاص داده‌است. این استان بین ´24 °36 تا ´5 °38 عرض شمالی و ´51 °53 تا ´14 °56 طول شرقی و بین استان‌های مازندران، سمنان و خراسان شمالی قرار دارد (شکل 2) و از طرف شمال با جمهوری ترکمنستان 205 کیلومتر مرز مشترک دارد که 120 کیلومتر آن را مرز آبی رودخانه اترک تشکیل داده است. براساس تقسیمات کشوری سال 1385، این استان از 11 شهرستان، 21 بخش، 50 دهستان، 1075 روستا و 24 شهر تشکیل شده‌است. بیش از 35 درصد کل وسعت استان را مناطق خشک و نیمه‌خشک تشکیل می‌دهند که در بخش شمالی استان واقع شده‌اند و بیش‌ترین مراتع قشلاقی استان در این بخش قرار دارند. از نظر پوشش گیاهی بیش از 51 درصد سطح استان را مراتع، 18 درصد را جنگل و 31 درصد را مناطق مسکونی و اراضی کشاورزی تشکیل داده‌است. بیش از 3/02 درصد جنگل‌های ایران در استان گلستان قرار دارد (شعبانی و همکاران، 1389).

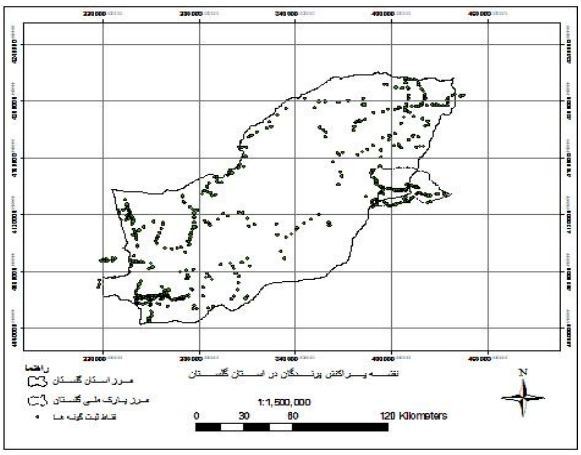


شکل (2): موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران

جمع‌آوری داده‌ها

به‌منظور اجرای طرح، در ابتدا سطح استان، براساس نقشه ارایه شده سازمان حفاظت محیط‌زیست و کارهای انجام شده قبلی که توسط پرنده‌شناسان از جمله آقای اسکات درک انجام شده است، به‌صورت شبکه سلول‌های مربع با ضلع 25 کیلومتری تقسیم‌بندی شد (اسکات و همکاران، 1354). براساس برنامه تنظیم شده از قبل هر یک از گروه‌های کارشناسی اقدام به پایش مناطق پیش‌بینی شده نمودند. شیوه پایش هر سلول براساس نوع منطقه متفاوت بود. در سلول‌هایی که در مناطق جنگلی قرار می‌گرفتند، از شیوه ترانسکت‌های نقطه‌ای استفاده شد. زیرا، در این مناطق تکیه اصلی در درجه اول بر صدای پرندگان و پس از آن مشاهدات است. در مناطق باز، از شیوه ترانسکت خطی استفاده شد. در هر کدام از شیوه‌های فوق براساس تنوع پوشش گیاهی و شکل سرزمین تعداد ایستگاه‌ها تغییر می‌نمود. همچنین در صورت مشاهده پرنده خاص در یک منطقه نقطه ایستگاهی جدیدی به مسیر ترانسکت اضافه گردید. سعی شده تا در اکوتون‌ها با دقت بیشتری پایش مناطق صورت گیرد. زیرا در این مناطق، گونه‌های موجود در هر دو اکوسیستم وجود داشتند. از آنجایی که در درجه اول شناسایی گونه و موقعیت مکانی آن از اهمیت بیشتری برخوردار بود تمام تلاش‌ها بر شناسایی حداکثری گونه‌ها بود، پس از آن به شواهد زیستگاهی و سایر فاکتورهای در نظر گرفته شده پرداخته شد. ثبت گونه‌های مشاهده شده توسط دستگاه موقعیت‌یاب جهانی[7] صورت گرفت. آماربرداری در سال 1389، در فصل بهار انجام شد. در این بررسی، تعداد

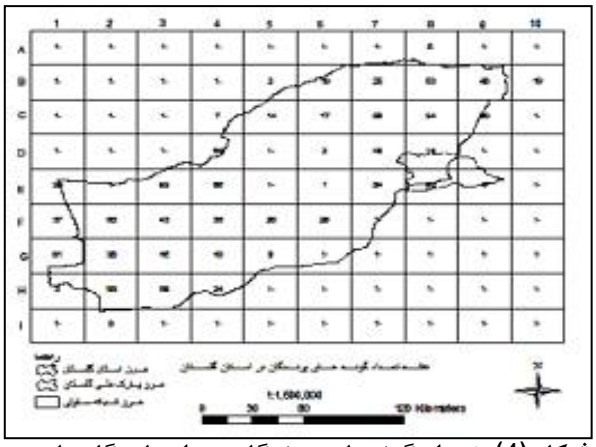
3532 پرنده ثبت شد که شامل 248 گونه، 131 جنس و 48 خانواده هستند. نقشه پراکنش نقطه‌ای پرندگان توسط نرم‌افزار ArcGIS تهیه شد. شکل(3) الگوی پراکنش نقاط حضور پرندگان را در سطح استان نشان می‌دهد.



شکل (3): الگوی پراکنش نقاط حضور پرندگان در سطح استان گلستان

تحلیل ساختار مکانی داده‌ها براساس Echelon

به‌منظور اجرای Echelon Analysis، نیاز است که منطقه مورد نظر به‌صورت یک شبکه سلولی تقسیم‌بندی شود و سپس ارزش‌ها در هر سلول محاسبه شوند. در این پژوهش، محدوده استان گلستان به یک شبکه سلولی شامل 10 ستون و 9 ردیف تقسیم‌بندی شد. هر یک از سلول‌ها مساحتی برابر 625 کیلومتر مربع دارد. براساس تعداد گونه‌های پرندگان به هر یک از سلول‌ها ارزشی اختصاص داده شد. این شبکه سلولی به همراه تعداد گونه‌ها در هر سلول در شکل (4) نشان داده شده است.



شکل (4): تعداد گونه‌های پرندگان در استان گلستان در شبکه سلولی 25×25 کیلومتر

از تعداد 90 سلول،50 سلول خارج از محدوده مورد مطالعه قرار دارند. علاوه بر این، برخی مناطق که به دلیل عدم شرایط مناسب نمونه‌برداری نشدند، به‌عنوان خارج از محدوده در نظر گرفته شدند. به سلول‌های خارج از منطقه، ارزش 1- تعلق گرفت. پس از آماده کردن لایه‌های ذکرشده در محیط ArcGIS، جداول توصیفی لایه‌ها به محیط Excel وارد شدند و به فرمت متنی مناسب و قابل اجرا در نرم‌افزار Echelon Analysis، تبدیل شدند.

یافته‌ها

Echelon Analysis، سلول‌ها را براساس سلسله مراتب تغییرپذیری مکانی داده‌ها به Echelonها تقسیم‌بندی می‌کند. پس از اجرای این روش سلول‌ها براساس تعداد گونه‌ها به 9 Echelon تقسیم‌بندی شدند. Echelonهای شماره یک نشان‌دهنده سلول‌ها با بیش‌ترین اولویت گونه‌ها است و با افزایش شماره Echelonها اولویت کاهش می‌یابد. علاوه بر این، براساس روابط مکانی و ارزش‌های سلول‌ها، Echelonها به 3 طبقه تقسیم‌بندی شد. شماره طبقات پایین‌تر نشان‌دهنده اولویت بالاتر هستند.

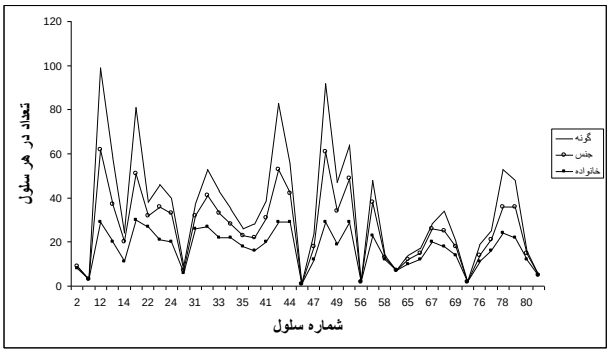
براساس نتایج به‌دست آمده نقشه اولویت‌بندی منطقه از نظر تعداد گونه‌های پرندگان در محیط ArcGIS تولید شد. این اولویت‌بندی در شکل (5) نشان داده شده است. در این نقشه، طبقه 1 نشان‌دهنده مناطق مهم از لحاظ حضور گونه‌های پرنده است. اعداد داخل هر سلول، نشان‌دهنده شماره Echelonها هستند. ویژگی‌های Echelonها شامل بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد گونه پرندگان در هر طبقه و تعداد سلول‌هایی که به هر طبقه تعلق دارد، در جدول (1) نشان داده‌شده است.

علاوه بر تعداد گونه‌ها، نقشه اولویت‌بندی منطقه براساس تعداد خانواده‌ها و جنس‌های پرندگان در هر سلول تهیه شد. مراحل تهیه این نقشه‌ها همانند نقشه اولویت‌بندی براساس گونه‌ها است. شکل‌های (6 و 7)، نشان‌دهنده نقشه‌های اولویت‌بندی منطقه از لحاظ تعداد جنس و خانواده پرندگان است. همان‌گونه که مشخص است، تغییر مهمی در نتایج حاصل نشد و مناطق مهم از لحاظ تعداد گونه‌ها، جنس‌ها و تعداد خانواده‌های پرندگان در سطح استان مشابه هستند. دلیل این نتایج می‌تواند توزیع یکنواخت گونه‌ها بین جنس‌ها و جنس‌ها بین خانواده‌ها و یا

توزیع مشابه گونه‌ها، جنس‌ها و خانواده‌ها در سلول‌ها باشد. نتایج اجرای آزمون کلموگروف- اسمیرنوف در نرم‌افزار SPSS با سطح معنی‌داری برابر صفر (sig=0) نشان داد: توزیع گونه‌ها بین جنس‌ها و جنس‌ها بین خانواده‌ها یکنواخت نمی‌باشد. برای بررسی توزیع گونه‌ها، جنس‌ها و خانواده‌ها در سلول‌ها از آزمون کروسکال والیس در نرم‌افزار SPSS استفاده شد. نتایج با سطح معنی‌داری برابر 0/470 (sig=0.470) نشان داد فراوانی گونه‌ها، جنس‌ها و خانواده‌ها در سلول‌ها دارای توزیع مشابهی است. این نتایج توسط نمودار (1) نیز تأیید می‌شود. همان‌گونه که مشخص است، نمودار توزیع تعداد گونه‌ها، جنس‌ها و خانواده‌ها در هر سلول دارای روند مشابهی است.

جدول (1): ویژگی‌های Echelonها و طبقات تعیین شده در اولویت‌بندی پراکنش گونه‌های پرندگان در شبکه سلولی 25×25 کیلومتر (منبع: نگارندگان)

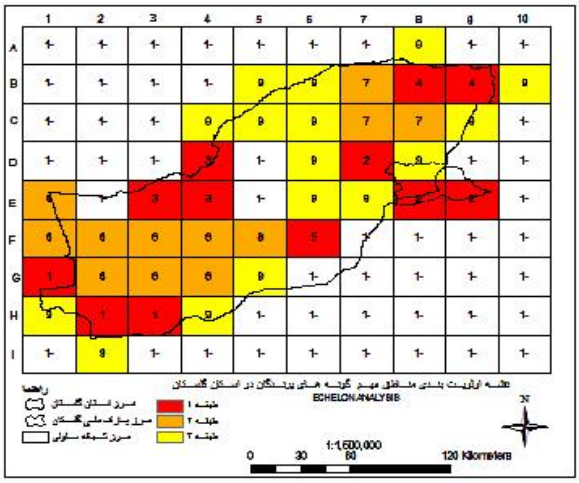
شماره Echelon	شماره طبقه	بیشترین تعداد گونه‌های پرندگان	کمترین تعداد گونه‌های پرندگان	تعداد سلول‌ها
1	1	99	58	3
2	1	92	47	3
3	1	83	55	3
4	1	53	48	2
5	1	28	28	1
6	2	53	35	8
7	2	34	25	3
8	2	26	26	1
9	3	24	1	16



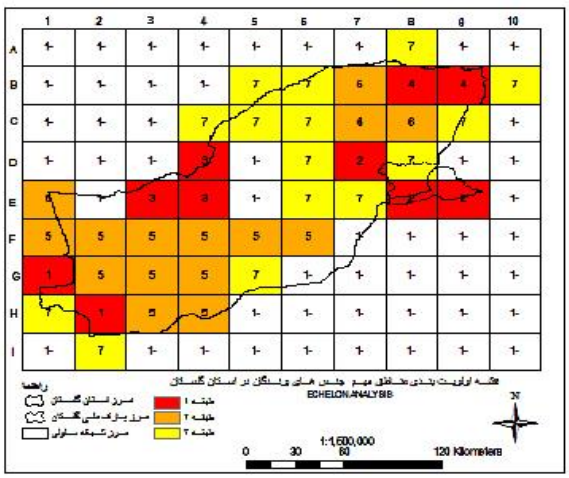
نمودار (1): توزیع تعداد گونه‌ها، جنس‌ها و خانواده‌های پرندگان در شبکه سلولی 25×25 کیلومتر

مساله دیگری که در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفت، تأثیر مساحت و تعداد سلول‌های شبکه بر اولویت‌بندی منطقه است. برای بررسی این موضوع، تمامی مراحل با یک شبکه سلولی جدید با سلول‌های بیش‌تر دوباره اجرا شدند. در این شبکه سلولی جدید، هر سلول به چهار سلول تقسیم شد.

شبکه جدید دارای 20 ستون و 18 ردیف است. اندازه هرسلول شبکه 12/5×12/5 کیلومتر است. براساس تعداد گونه‌های پرندگان به هر یک از سلول‌ها ارزشی اختصاص داده شد. این شبکه سلولی به همراه تعداد گونه‌ها در هر سلول در شکل (8) نشان داده‌شده است. از تعداد 360 سلول، 261 سلول خارج از محدوده مورد مطالعه قرار دارند.

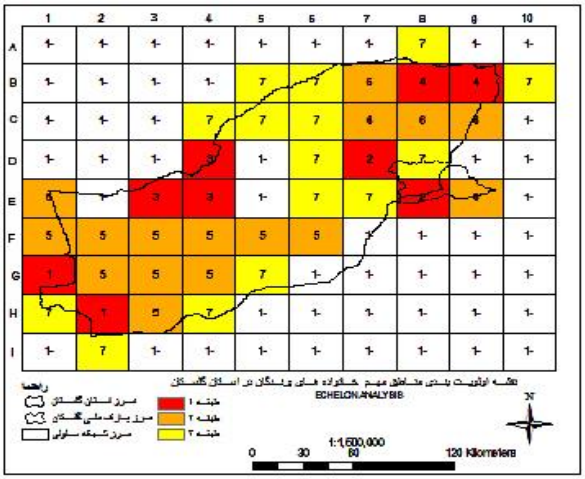


شکل (5): اولویت‌بندی منطقه از نظر تعداد گونه‌های پرندگان به روش Echelon Analysis در شبکه سلولی 25×25 کیلومتر

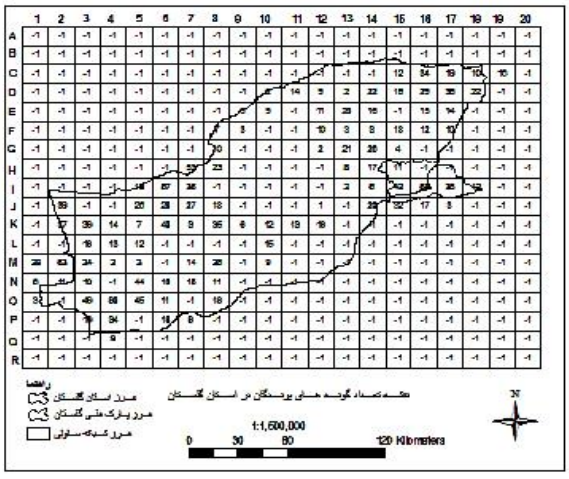


شکل (6): اولویت‌بندی منطقه از نظر تعداد جنس‌های پرندگان به روش Echelon Analysis در شبکه سلولی 25×25 کیلومتر

با توجه به این که برداشت داده‌ها براساس ثبت موقعیت مکانی مشاهده پرنده و براساس شمارش در شبکه سلولی بزرگ‌تر بوده‌است، تعدادی از سلول‌ها در شبکه کوچک‌تر بدون داده هستند که این مطلب دلیلی بر عدم وجود پرنده در آن‌ها نیست. به همین دلیل، این سلول‌ها به‌عنوان خارج از محدوده مطالعه در نظر گرفته شدند و به آن‌ها ارزش 1- تعلق گرفت. در نتیجه اجرای Echelon برای شبکه جدید، سلول‌ها براساس تعداد گونه‌ها به Echelon 27 و 3 طبقه تقسیم‌بندی‌شدند. نقشه



شکل (7): اولویت‌بندی منطقه از نظر تعداد خانواده‌های پرندگان به روشEchelon Analysis در شبکه سلولی 25×25 کیلومتر



شکل (8): تعداد گونه‌های پرندگان در استان گلستان در شبکه سلولی 12/5×12/5 کیلومتر

اولویت‌بندی منطقه براساس تعداد گونه‌های پرندگان در شکل (9) نشان داده شده است. جدول (2) ویژگی‌های Echelonها شامل بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد گونه پرندگان در هر طبقه و تعداد سلول‌هایی که به هر طبقه تعلق دارد را نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهند، براساس شبکه سلول‌های کوچک‌تر، هر سلول بزرگ‌تر با اولویت بالای خود می‌تواند شامل چند طبقه با اولویت متفاوت باشد. علاوه بر این، برخی سلول‌هایی که در

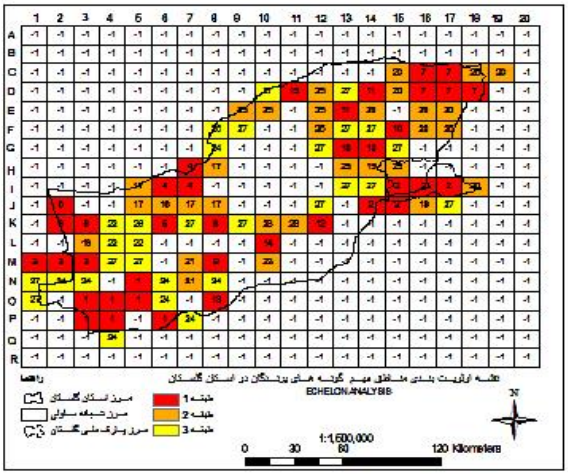
جدول (2): ویژگی‌های Echelonها و طبقات تعیین شده در اولویت‌بندی پراکنش گونه‌های پرندگان در شبکه سلولی 12/5×12/5 کیلومتر (منبع: نگارندگان)

شماره Echelon	شماره طبقه	بیشترین تعداد گونه‌های پرندگان	کمترین تعداد گونه‌های پرندگان	تعداد سلول‌ها
1	1	80	18	7
2	1	68	20	5
3	1	63	28	3
4	1	57	36	3
5	1	40	40	1
6	1	39	37	3
7	1	36	19	5
8	1	35	35	1
9	1	26	26	1
10	1	26	18	3
11	1	22	20	2
12	1	18	18	1
13	1	18	18	1
14	1	15	15	1
15	1	14	14	1
16	2	28	28	1
17	2	27	18	5
18	2	18	18	1
19	2	17	17	2
20	2	16	12	8
21	2	15	14	2
22	3	14	12	3
23	2	13	9	3
24	3	11	8	8
25	2	11	8	9
26	3	7	7	2
27	3	6	1	17

اندازه بزرگ‌تر با اولویت پایین قرار داشتند، در شبکه سلولی کوچک‌تر به طبقه یک با اولویت بالا اختصاص داده شدند. برای

مثال، سلول D11 در شبکه سلولی کوچک‌تر طبقه اول و دارای اولویت بالاست، در حالی‌که در شبکه سلولی بزرگ‌تر این منطقه در طبقه 3 و با اولویت پایین قرار گرفته است.

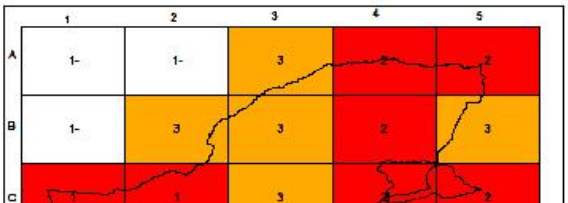
برای بررسی بیش‌تر تأثیر اندازه سلول بر روی نتایج، روش در شبکه‌های سلولی کوچک‌تر و همچنین یک شبکه بزرگ‌تر اجرا شد. برای شبگه بزرگ‌تر سطح منطقه به 5 ستون و 5 ردیف تقسیم شد. هر سلول دارای اندازه 50×45 کیلومتر است. منطقه از نظر تعداد گونه‌های پرندگان در هر سلول، همانند روش قبل، اولویت‌بندی شد. نقشه اولویت‌بندی در شکل (10) نشان داده‌شده است.



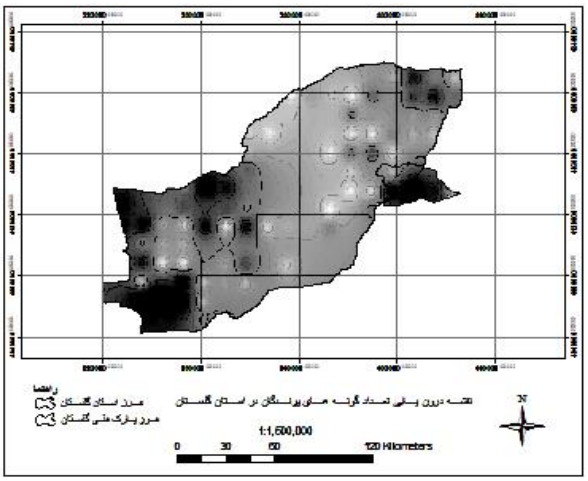
شکل (9): اولویت‌بندی منطقه از نظر تعداد گونه‌های پرندگان به روشEchelon Analysis در شبکه سلولی 12/5×12/5 کیلومتر

اولویت‌بندی در شبکه‌های کوچک‌تر با سلول‌های 5×5 کیلومتر و 1×1 کیلومتر نیز انجام شد. با توجه به این که ثبت داده‌های حضور پرنده در شبکه‌های بزرگ‌تر صورت گرفته است، تعداد زیادی از سلول‌های این شبکه‌ها بدون داده باقی خواهند ماند. برای حل این مساله، ابتدا یک درون‌یابی از نقاط حضور گونه‌ها انجام شد. برای درون‌یابی، از روش فاصله وزنی معکوس[8] استفاده شد. نقشه درون‌یابی تعداد گونه‌های پرندگان در شکل (11) نشان داده شده است. سپس، میانگین نقشه درون‌یابی شده در سلول‌های هر یک از شبکه‌ها محاسبه شد. منطقه از نظر میانگین درون‌یابی اولویت‌بندی شد.

نقشه اولویت‌بندی منطقه در شبکه‌های 5×5 کیلومتر و 1×1



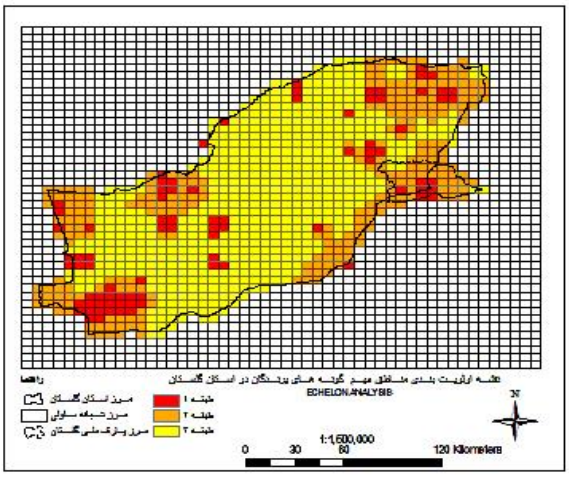
شکل (10): اولویت‌بندی منطقه از نظر تعداد گونه‌های پرندگان به روشEchelon Analysis در شبکه سلولی 50×45 کیلومتر



شکل (11): درون‌یابی تعداد گونه‌های پرندگان در سطح استان گلستان

کیلومتر به ترتیب در شکل‌های (12 و 13)، نشان داده شده است.

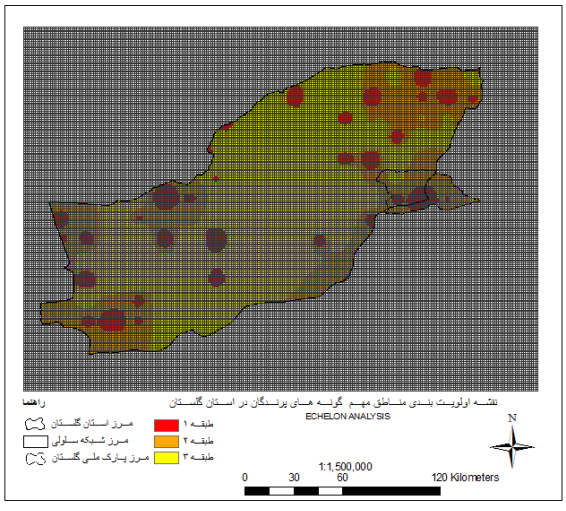
نتایج نشان می‌دهند، با تغییر اندازه سلول‌ها مناطق دارای اولویت پرندگان در سطح استان تغییرات کمی را نشان می‌دهد. برای بررسی دقیق‌تر این موضوع، از آنالیز واریانس یک طرفه در نرم‌افزار SPSS استفاده شد. برای این کار، ابتدا یک نمونه 30 نقطه‌ای به طور تصادفی از سطح منطقه انتخاب و ارزش هر نقطه در نقشه اولویت‌بندی هریک از مقیاس‌ها محاسبه شد. اجرای آنالیز واریانس یک طرفه با سطح معنی‌داری برابر صفر (sig=0.000) نشان داد نتایج اولویت‌بندی در مقیاس‌های



شکل (12): اولویت‌بندی منطقه از نظر تعداد گونه‌های پرندگان به روش Echelon Analysis در شبکه سلولی 5×5 کیلومتر

متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار هستند. برای بررسی این اختلاف از آزمون توکی استفاده شد.

نتایج نشان داد، نتایج حاصل از اولویت‌بندی در شبکه 50×50 کیلومتر با تمام مقیاس‌های دیگر متفاوت است. نتایج اولویت‌بندی در شبکه‌های 12/5×12/5، 5×5 و 1×1 کیلومتر اختلاف معنی‌داری ندارند. همچنین، نتایج حاصل از اولویت‌بندی در شبکه‌های 12/5×12/5 و 25×25 کیلومتر اختلاف معنی داری ندارند.



شکل (13): اولویت‌بندی منطقه از نظر تعداد گونه‌های پرندگان به روش Echelon Analysis در شبکه سلولی 1×1 کیلومتر

بحث و نتیجه‌گیری

تحلیل داده‌های مکانی و نقشه‌سازی آن‌ها نیازمند روشی منظم جهت تعیین ساختار مکانی داده‌ها و تغییرپذیری آن‌ها در سطح سیمای سرزمین است. روش‌های آماری مختلف و روش‌های مبنی بر سیستم اطلاعات جغرافیایی در این زمینه توسعه پیدا کرده‌اند.

Echelon Analysis روشی منظم و علمی را جهت تعیین ساختار مکانی داده‌های کمی و نقشه‌سازی آن‌ها ارایه می‌نماید. این روش، جهت اولویت‌بندی سطح سرزمین از لحاظ معیارهای مختلف مورد استفاده قرار گرفته است. در این پژوهش، روش Echelon Analysis جهت اولویت‌بندی استان گلستان از نظر مناطق مهم پرندگان استفاده شد.

نتایج نشان داد: طبقه‌بندی منطقه براساس تعداد و تنوع گونه‌ها، جنس‌ها و خانواده‌های پرندگان تغییر قابل توجهی را در توزیع مناطق دارای اولویت بالای غنای پرندگان در سطح استان به وجود نمی‌آورد. در هر سه نقشه، مناطق مجاور تالاب‌های گمیشان، آلاگل، آلماگل، آجی‌گل و پارک ملی گلستان دارای اولویت بالای حضور پرندگان هستند.

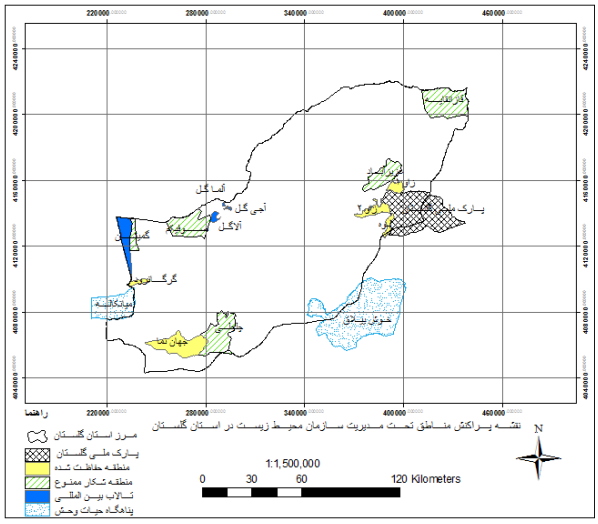
نتایج اجرای روش در دو شبکه سلولی با اندازه متفاوت نشان‌دهنده تأثیر اندازه سلول‌ها بر نحوه توزیع مناطق دارای اولویت است. بررسی این روش در «تعیین غنای گونه‌ای پرندگان زادآور در پنسیلوانیا» نتایج مشابهی را به‌دست آورده است (Johnson et al. 1996). براساس نتایج، طبقه‌بندی داده‌ها در اندازه‌های کوچک‌تر الگوهای تغییرات مکانی را آشکار می‌کند که ضرورتاً در اندازه‌های بزرگ‌تر مورد انتظار نبوده است. بنابراین، اگرچه بررسی‌ها در اندازه سلول بزرگ‌تر روشی را برای اولویت‌بندی منطقه ارایه می‌کند، ولی به‌منظور تعیین موقعیت دقیق مناطق با غنای گونه‌ای بالا در منطقه، اندازه سلول‌های کوچک‌تر مناسب‌تر و ضروری هستند.

همان‌گونه که در شکل (10) نشان داده شده‌است، در اندازه بزرگ‌تر، بسیاری از اطلاعات از بین می‌روند و اولویت‌بندی مناسبی را ارایه نمی‌کند. میزان کوچک‌تر شدن اندازه نیز باید در حدی باشد که تغییرات پارامتر در آن اندازه معنی‌دار باشد. همان‌طور که در شکل (12 و 13) نشان داده شده‌است، تغییر اندازه سلول‌ها از 5×5 کیلومتر به 1×1 کیلومتر تغییری را در اولویت‌بندی منطقه به‌وجود نمی‌آورد. بنابراین، اندازه سلول‌های

شبکه باید در ارتباط با توزیع متغیر مورد مطالعه در سطح باشد. به‌طور معمول، هر چه تغییرات در سطح سرزمین بیش‌تر باشد، مطالعه در سلول‌های کوچک‌تر تغییرات را بهتر نشان می‌دهد.

نتایج حاصل از اولویت‌بندی منطقه در این پژوهش می‌تواند به‌عنوان یکی از معیارهای مهم در انتخاب مناطق جدید برای اهداف حفاظتی در کنار سایر معیارها به کار گرفته شود. با وجود این که پرندگان بخش مهمی از تنوع‌زیستی هر اکوسیستم را تشکیل می‌دهند، ولی امروزه تعداد آن‌ها رو به کاهش است و برخی از آن‌ها در حال انقراض هستند. مناطق دارای اولویت بالا از لحاظ غنای پرندگان می‌تواند مبنایی برای انتخاب مناطق حفاظت‌شده باشند. مقایسه نتایج با مناطق تحت حفاظت موجود خلاءهای حفاظتی موجود را شناسایی می‌کند.

در این پژوهش نقشه‌های اولویت‌بندی تهیه شده با نقشه پراکنش مناطق تحت مدیریت سازمان حفاظت محیط زیست مورد مقایسه قرار گرفت. بخشی از مناطق استان گلستان به‌عنوان منطقه حفاظت‌شده، پارک ملی، پناه‌گاه حیات‌وحش، تالاب بین‌المللی و منطقه شکار ممنوع تحت مدیریت قرار دارد. نقشه پراکنش این مناطق در شکل (14) ارایه شده است. مقایسه این نقشه با مناطق دارای اولویت بالای غنای پرندگان الگوی توزیع تقریباً مشابهی را نشان می‌دهد.



شکل (14): مناطق تحت مدیریت سازمان محیط‌زیست در استان گلستان

اولین Echelonها با بالاترین اولویت در سلول‌های G1، H2 و H3 و در محدوده منطقه حفاظت‌شده جهان‌نما و تالاب بین‌المللی و پناهگاه حیات‌وحش میانکاله قرار دارد. سلول‌های E8، E9 و D7 با Echelonهای شماره 2 و بالاترین اولویت در محدوده پارک ملی گلستان و مناطق حفاظت‌شده زاو، عزیزآباد و لوه قرار دارند. سلول‌های E3، E4، D4 در محدوده تالاب‌های آلاگل، آجی‌گل، آلماگل و صوفیکم و سلول‌های B8 و B9 در محدوده منطقه شکار ممنوع قازانقایه همچنین دارای Echelonهای 3 و4 و دارای اولویت بالا از نظر تعداد گونه‌های پرنده هستند. با توجه به نقشه اولویت‌بندی در اندازه سلول کوچک‌تر بخش‌هایی از منطقه در محدوده تالاب گمیشان دارای اولویت بالای غنای گونه‌ای است. همچنین در این نقشه سلول‌هایی نیز در سطح استان دارای اولویت بالا شناسایی شدند که در هیچ یک از مناطق تحت مدیریت قرار نگرفته‌اند. این نتایج نشان می‌دهد، برخی از مناطق مثل مناطق شکار ممنوع قازانقایه، صوفیکم و گمیشان شایسته عناوین حفاظتی بالاتری هستند. با توجه به این ارزیابی‌ها می‌توان برخی از مناطق جدید را به‌عنوان مناطق چهارگانه تحت حفاظت پیشنهاد کرد.

داده‌های جمع‌آوری‌شده تنها نتیجه فصل جوجه‌آوری پرندگان است و این مساله در نتایج به‌دست آمده تأثیر دارد. با تکمیل داده‌های جمع‌آوری شده در زمان‌های مختلف و همچنین پوشش کامل منطقه می‌توان نتایج بهتری را از مناطق دارای غنای بالاتر ارایه نمود. مساله دیگر تأثیر تحرک و جابه‌جایی پرندگان بر داده‌های کمی حضور آن‌هاست. در این پژوهش اندازه 25 × 25 کیلومتر سلول‌ها تا حد زیادی تحرک و جابه‌جایی پرندگان را در بر می‌گیرد. مساله دیگری که در پژوهش‌های آینده می‌تواند مورد توجه قرار گیرد بررسی ویژگی‌های زیستگاهی گونه‌ها به همراه داده‌های حضور آن‌ها است. در این پژوهش، به‌دلیل تعداد زیاد گونه‌ها، بررسی ویژگی‌های زیستگاهی تمام گونه‌ها انجام نشده است. می‌توان با در نظر گرفتن تعداد چند گونه به بررسی ویژگی‌های زیستگاه در کنار داده‌های حضور آن‌ها پرداخت و نتایج اولویت‌بندی را در مقیاس‌های مختلف بررسی نمود.

این نتایج می‌تواند به‌عنوان الگویی برای برنامه توسعه در آینده نیز مدنظر قرار گیرد تا کمترین تعارض را با محدوده‌های دارای غنای بالا داشته باشد. این کار تصمیم‌گیری کارشناسان محیط‌زیست را در خصوص توسعه آینده سرزمین براساس توسعه پایدار مبتنی بر تنوع‌زیستی را ساده‌تر می‌نماید.

Echelon Analysis، بیشتر در محدوده‌های وسیع و با شبکه‌های سلولی بزرگ به کار گرفته شده‌است. مطالعات صورت گرفته و نتایج حاصل در این پژوهش نشان می‌دهند: کارآیی این

روش می‌تواند از لحاظ اولویت‌بندی منطقه از نظر پارامترهای مختلف و در مقیاس‌های متفاوت مورد بررسی قرار گیرد. علاوه براین، کاربرد این روش به همراه سایر روش‌های آماری مثل SaTScan و تحلیل نتایج به‌دست آمده می‌تواند راه‌کارهای مناسبی را جهت نقشه‌سازی دقیق‌تر داده‌های مکانی و بررسی تغییرپذیری آن‌ها در سطح سیمای سرزمین ارایه نماید.

یادداشت‌ها

1. Peaks
2. Foundations of peaks
3. Foundations of Foundations
4. Hotspot
5. BIOtic Topologies of PA
6. Spatial Scan Statistics
7. GPS- Global Positioning System
8. IDW: Inverse Distance Weighted

تشکر و قدردانی

از گروه محققان صحرایی و سازمان محیطزیست به خاطر انجام کار صحرایی و جمع‌آوری داده‌های پرندگان تشکر و قدردانی می‌شود.

فهرست منابع

شعبانی، خ.؛ شاهکویی، ا. و چورلی، م. 1389. جغرافیای استان گلستان. شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران.

اسکات، د. آ.؛ مروج همدانی، ح. و ادهمی میرحسینی، ع. 1354. پرندگان ایران. انتشارت سازمان حفاظت محیطزیست.

Han, S.; Ishioka, F. & Kurihara, K. 2008. Detection of Hotspot for Korea Earthquake Data using Echelon Analysis and Seismic Wave Energy, Journal of the Faculty of Environmental Science and Technology. Okayama University, 13(1): pp.51-56.

Johnson, G. D.; Myers, W. L.; Patil, G. P. & Walrath, D. 1996. Multiscale analysis of the spatial distribution of breeding bird species richness using the Echelon approach. Center for statistical ecology and environmental statistics. Pennsylvania state university. 20 pp. Available at: http://sites.stat.psu.edu/~gpp/technical_reports.htm

Joly, K. & Myers, W. 1996 .Broad Scale Patterns of Mammalian Species Distributions in Pennsylvania Based on Uncertain Information. Available at:

http://www.orser.psu.edu/projects/Mamlrang.htm.

Kurihara, K. & IshioKa, F. 2008 .Statistical Approach for Environmental Problems based on Spatial structure. Department of mathematics, Hokkaido university.10pp. Available at:

http://eprints.lib.hokudai.ac.jp/dspace/handle/2115/34730?mode=simple

Kurihara, K.; Myers, W. L. & Patil, G. P. 1999. Relationship of population and land cover patterns based on remote sensing data using Echelon analysis. Center for statistical ecology and environmental statistics. Pennsylvania state university. 16 pp. Available at: http://sites.stat.psu.edu/~gpp/technical_reports.htm

Myers, W. L.; Patil, G. P. & Joly, K. 1997. Echelon approach to areas of concern in synoptic regional monitoring. Environmental and Ecological Statistics, 4(2): 131-152.

Myers, W .L. & Patil, G. P. 2002. Echelon analysis, Encyclopedia of Environmetrics,Volme 2, pp. 583-586.

Patil, G. P.; Bishop, J. A.; Myers, W. L.; Taillie, C.; Varney, R. & Wardrop, D. 2004. Detection and delineation of critical areas using Echelons and spatial scan statistics with synoptic cellular data. Environmental and Ecological Statistics 11(2): PP. 139- 164.

Ricotta, C.; Grapow, L. C.; Avena, G. & Blasi, C. 2001. Topological analysis of the spatial distribution of plant species richness the city of Rome with the Echelon approach. Landscape and Urban Planning, 57(2): PP. 69- 76.