اولین همایش ملی
پارک‌های ملی و مناطق تحت حفاظت

مروری بر مدل‌های خدمات چندگانه اکوسیستم جهت مدیریت پایدار منابع در مناطق حفاظت شده

شریف جورابیان شوشتری*[1]، کامران الماسیه[2]

[1] استادیار، دکتری مهندسی منابع طبیعی-محیط زیست، گروه مهندسی طبیعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران.

[2] استادیار، دکتری مهندسی منابع طبیعی-محیط زیست، گروه مهندسی طبیعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران.

* نویسنده مسئول: Joorabian@asnrukh.ac.ir

خلاصه

برای سال‌های متمادی، مناطق حفاظت‌شده به عنوان ابزار مهمی برای حفظ طبیعت بوده‌اند. اخیراً، جنبه‌های اجتماعی نیز از طریق معرفی رویکرد خدمات اکوسیستم به مدیریت مناطق حفاظت شده معرفی شده است. چارچوب خدمات اکوسیستم پتانسیل زیادی برای کمک به سیاست گذاران و متخصصان برای شناسایی، حفاظت و اولویت بندی مناطق جهت حفاظت از تنوع زیستی در مناظر تحت سیطره انسان دارد. علاقه به خدمات اکوسیستمی در میان طیف وسیعی از بخش‌ها، از جمله سازمان‌های دولتی، سازمان‌های غیردولتی و جامعه تجاری به شدت افزایش یافته است. خدمات اکوسیستمی شامل آب شیرین (مانند کنترل سیل، تامین انرژی آبی و تامین آب) و همچنین ذخیره و ترسیب کربن، بیشترین توجه را در کاربردهای علمی و زمینی به خود جلب کرده است. این مطالعه به مروری بر مدل‌های خدمات چندگانه اکوسیستم نظیر VIC، ARIES، SWAT و InVEST می‌پردازد مدل InVEST مبتنی بر ابزارهایی است که داده‌های کاربری اراضی/پوشش سرزمین را با عرضه خدمات اکوسیستم مرتبط می‌سازد. ابزارهای هیدرولوژیکی سنتی جزئیات بیشتری را ارائه می‌دهند در حالی که ابزارهای خدمات اکوسیستمی برای افراد غیر متخصص بیشتر در دسترس هستند و می توانند تصویر کلی خوبی از این خدمات اکوسیستمی ارائه دهند.

واژگان کلیدی: مدل سازی، خدمات محیط زیستی، InVEST، SWAT

مقدمه

اکوسیستم‌ها و تنوع زیستی مرتبط با آن‌ها طیف گسترده‌ای از خدمات اکوسیستم سودمند برای بشر را ارئه می‌دهند. تنوع زیستی زیربنای ارائه مستمر خدمات اکوسیستم می‌باشد که جهت بقا و رفاه انسان، توسعه اقتصادی و رفاه اجتماعی ضروری است (Zarandian و همکاران، ۲۰۱۷). ارزیابی اکوسیستم هزاره (Millennium Ecosystem Assessment) خدمات اکوسیستم را به تأمینی (مانند تولید غذا)، تنظیمی (مانند ترسیب کربن)، فرهنگی (نظیر تفرج) که مستقیماً بر مردم تاثیر می گذارد و خدمات حمایتی (مانند

تأمین زیستگاه و تولید اولیه) که برای حفظ سایر خدمات حیاتی هستند طبقه بندی می‌کند (۱۰). علیرغم اهمیت آشکار آن‌ها برای کیفیت زندگی، خدمات اکوسیستم در بسیاری از اکوسیستم‌ها به دلیل تجاوز انسان در حال کاهش می‌باشد. در حالی که رشد جمعیت تقاضا برای خدمات اکوسیستم را افزایش داده، ظرفیت ارائه چنین خدماتی به دلیل تغییرات گسترده انسانی در اکوسیستم های طبیعی در دهه‌های اخیر در حال کاهش است.

مفهوم خدمات اکوسیستم توجه زیاد جامعه دانشگاه، محققان و سیاستگذاران را جهت اطلاع رسانی و حمایت تصمیم سازی روی حفاظت تنوع زیستی و برنامه‌ریزی مکانی خشکی به خود جلب کرده است. ارزش های مرتبط با خدمات اکوسیستم ناشی از تعامل هر روزه مردم با محیط زیست اطزافشان می باشد. در طول قرن بیستم مناطق حفاظت شده به بخشی ضروری از استراتژی های حفاظتی برای به حداقل رساندن تاثیر انسان بر تنوع زیستی تبدیل شده اند (۷). مناطق حفاظت شده یکی از مهمترین ابزارها در علم و مدیریت حفاظت هستند. آنها از دیرباز برای حفظ گونه ها، تنوع زیستگاهی و همچنین حفاظت از مناظر خاص یا مناطق مقدس مهم تلقی می شدند. راهبردهای حفاظتی به طور سنتی بر این عقیده بوده اند که تنوع زیستی باید حفاظت شود زیرا گونه ها هم ارزش عملکردی و هم ارزش ذاتی دارند. اخیراً، تحولی به سمت در نظر گرفتن خدمات اکوسیستم و رفاه انسان در طراحی و مدیریت مناطق حفاظت شده صورت گرفته است. متداول ترین تعریف مناطق حفاظت شده تعریفی است که توسط کنوانسیون تنوع زیستی ارائه شده: "یک منطقه تعریف شده جغرافیایی که جهت دستیابی به اهداف حفاظتی خاص طراحی یا تنظیم و یا مدیریت می شود". به این ترتیب در سال ۲۰۱۷، مناطق حفاظت شده در مجموع حدود ۱۵٪ از سطح زمین و حدود ۷ ٪ محیط‌های دریایی را پوشش دادند (۸).

مناطق حفاظت شده همچنین برای حفاظت موثر از سطح رو به کاهش جنگل‌ها و تنوع زیستی در سراسر جهان نقش اساسی دارند. افزایش تقاضای جهانی برای کالاهای کشاورزی و جنگلی، تضادها و جبراین بین حفاظت و تولید و بویژه در کشورهای گرمسیری ایجاد می کند. تلاش‌ها برای کنارگذاشتن زمین های جدید جهت حفاظت از تنوع زیستی در این منطقه به دلیل افزایش تقاضا برای چوب، غذا و سایر محصولات به خطر افتاده است (۱۱).

مواد و روش‌ها

این مقاله براساس، مطالعات کتابخانه‌ای شامل مطالعه و بررسی کتاب‌ها، مجلات، مقالات و وب سایت‌های اینترنتی معتبر انجام شده است.

نتایج و بحث

بخش قابل توجهی از جمعیت جهان به خدمات اکوسیستم ارائه شده توسط مناطق کوهستانی مناطق حفاظت شده از جمله آب شیرین، مواد خام، تنظیم اقلیم و تفرج وابسته هستند. علاوه بر مردمی که در مناطق کوهستانی زندگی می کنند، جمعیت مناطق پست

مجاور نیز از این خدمات اکوسیستم بهره می برند، به عنوان مثال آب شیرین از کوه‌ها به مناطق پایین دست منتقل می‌شود و یا مردم برای فعالیت های تفریحی از مناطق کوهستانی دیدن می‌کنند (۱۳). با توجه به اهمیت ویژه نقشه های خدمات اکوسیستم در تصمیم گیری، تحقیقاتی که نقشه توزیع مکانی آن ها را نشان داده اند افزایش یافته و رویکردهای مختلفی برای نقشه سازی خدمات اکوسیستم توسعه یافته که می توان به InVEST، ARIES، BeST، TESSA، WHBET، EcoMetrix و SWAT اشاره نمود (۳). بسیاری از خدمات بوم‌سازگان به‌ویژه خدمات مرتبط با آب مانند آبدهی که نقش اساسی را در کشاورزی، صنعت و کیفیت زندگی انسان ایفا می‌کند برای بقای انسان حیاتی هستند (۹). دو دسته متفاوت از ابزارهای مدلسازی خدمات هیدرولوژیک اکوسیستم شامل نرم‌افزارهای سنتی هیدرولوژیک و نرم‌افزارهای ویژه خدمات اکوسیستم وجود دارند. SWAT (Soil and Water Assessment Tool) و VIC (Variable Infiltration Capacity) نمونه ای از ابزارهای سنتی با تاکید بر فرایندهای سازنده خدمات اکوسیستم هستند. در حالی که مدل InVEST (Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoff) و ARIES (ARtificial Intelligence for Ecosystem Services) نرم افزارهای تخصصی خدمات اکوسیستم با تاکید بر تجسم مکانی این خدمات در سطح سیمای سرزمین می باشند (۲، ٦).

SWAT مدلی نیمه توزیعی، در مقیاس حوزه و پیوسته–زمانی می باشد که توسط وزارت کشاورزی امریکا توسعه یافت (۱۲). این مدل به سامانه ArcGIS متصل و قادر به آنالیز داده‌های زیاد و با مقیاس‌های جغرافیایی متفاوت می باشد. اجزای اصلی مدل شامل هیدرولوژی، هواشناسی، رسوب، دمای خاک، رشد محصول، مواد مغذی، آفت کش‌ها و مدیریت کشاورزی است (٤).

مدل VIC به عنوان یک مدل هیدرولوژیکی در مقیاس کلان در نظر گرفته می شود که تعادل آب و تعادل انرژی را به صورت رستری در مقیاس زمانی ساعتی تا روزانه برآورد می کند. از آن برای پیشرفت های هیدرولوژیکی مختلف در مقیاس های زمانی–مکانی مختلف استفاده می شود (١٤). داده‌های ورودی مورد نیاز شامل ارتفاع، پوشش اراضی، ویژگی‌های خاک و اطلاعات هواشناسی است. ویژگی‌های متمایز مدل VIC عبارتند از: تنوع زیرشبکه در طبقات پوشش گیاهی سطح زمین، تنوع زیرشبکه در ظرفیت ذخیره رطوبت خاک؛ زهکشی از ناحیه رطوبت پایین خاک (جریان پایه) به عنوان یک رکود غیر خطی؛ و گنجاندن توپوگرافی که امکان بارش کوه نگاری و نرخ افت دما را فراهم می کند که منجر به تخمین واقعی تر هیدرولوژی در مناطق کوهستانی می شود (٥).

ARIES یک ابزار مبتنی بر وب است که به کاربران اجازه می دهد تا هم‌کنشی بین خدمات اکوسیستم را کنند و ذینفعان پنهانی را که ممکن است از خدمات در حوزه مورد علاقه بهره مند شوند شناسایی کنند. کاربر تا حد امکان داده های محلی را وارد می‌کند و این ابزار از شبکه‌های بیزی احتمالی برای کشف روابط ناشناخته بین داده‌های ورودی و مقادیر خدمات اکوسیستم استفاده می کند. این برخلاف سایر ابزارهایی است که ارائه شد که صرفاً بر روابط بیوفیزیکی پذیرفته شده برای مدل سازی فرآیندهای فیزیکی در حوضه متکی است. ابزار ARIES روابط احتمالی را بر اساس داده‌های ذخیره شده از سایر سایت‌های مشابه در سراسر جهان پیش‌فرض

می‌کند، اما در مواردی که داده‌های محلی کافی در دسترس است، می‌تواند از روابط بیوفیزیکی استفاده کند. محرک هوش مصنوعی نیز برای بهبود روابط عملکردی جهت کاهش سطح عدم قطعیت کار می کند (۱۵).

مدل InVEST خدمات هیدرولوژیک تولید آب، بار رسوب، نگهداشت خاک، کنترل سیلاب و نگهداشت مواد مغذی را برآورد می کند. بسته نرم افزاری Water Yield مدل به داده‌های بارندگی سالانه، میانگین سالانه تبخیر تعرق مرجع، عمق لایه محدودکننده ریشه، محتوای آب دردسترس گیاه، کاربری اراضی، جدول بیوفیزیکال و فاکتور فصلی (Z) جهت تخمین میزان آب تولید شده در مقیاس زمانی سالانه و در سطح پیکسل، زیرحوضه و حوضه نیاز دارد. خروجی این مدل میزان تبخیر تعرق واقعی و بالقوه، و حجم آب تولید شده در هر پیکسل و زیرحوضه و حوضه می باشد (۱).

نتیجه‌گیری

هر کدام از مدل‌ها مزایا و معایبی دارند. در بسیاری از موارد، بیش از یک مدل برای کاربرد مناسب است. مدل‌های InVEST قطعی هستند و مبتنی بر ساده‌سازی روابط هیدرولوژیکی می باشند که به‌طور گسترده پذیرفته‌شده هستند. آنها مزیت وضوح، با کد نسبتاً ساده را دارند که کاربران می‌توانند در صورت نیاز آن را درک و تنظیم کنند. اگرچه ARIES نیز منبع باز است، اما از مدل‌های احتمالی مبتنی بر شبکه‌های بیزی مکانی استفاده می‌کند که در آن کاربران روابط بین متغیرها را تعیین می‌کنند. در جایی که کاربران به روابط از پیش تعیین‌شده و داده‌های موجود تکیه می‌کنند، عملکرد مدل ARIES می‌تواند مبهم به نظر برسد. کد مدل سازی آن بسیار پیچیده تر از InVEST است و نیاز به تخصص یا صرف زمان بیشتری برای تنظیم دارد. مدل ARIES فرصتی برای اصلاح معادلات بیوفیزیکی تعیین شده برای هر مکان خاص ارائه می دهد. به عنوان مثال، معادله USLE بر اساس آزمایش‌ها در منطقه‌ای با ویژگی‌های سرزمین خاص ایجاد و ممکن است در برخی مکان‌ها به اندازه سایر مناطق نتایج دقیقی ارائه ندهد. InVEST به کاربران این امکان را می دهد که بین دو نسخه از این معادله، نسخه اصلی و نسخه دوم برای مکان های با شیب تندتر، یکی را انتخاب کنند. برای مناطقی که یکی از دو معادله USLE تقریب خوبی است یا توسط ذینفعان به خوبی پذیرفته شده است، InVEST ممکن است مدل مناسبی برای استفاده باشد. در مقابل، ARIES اجازه می دهد تا معادله USLE را با استفاده از کد هوش مصنوعی یکپارچه، بر اساس شرایط محلی و با در نظر گرفتن طیف کامل عوامل موثر تغییر دهید.

منابع

1. Ansari, A., & Golabi, M. H. (2019). “Using Ecosystem Service Modeler (ESM) for Ecological Quality, rarity and Risk Assessment of the wild goat habitat, in the Haftad-Gholleh protected area”. International Soil and Water Conservation Research, 7(4): 346-353.
2. Asadolahi, Z., & Keshtkar, M. (2019). “Comparative study of ecosystem hydrological services modeling tools”. Journal of Water and Sustainable Development, 6(2): 47-54.

3. Asadolahi, Z., Keshtkar, M., & Badehian, Z. (2020). "Application of satellite images and object-oriented processing in land use/land cover map extraction to model ecosystem services (case study: Lorestan Province)". Environmental Sciences, 18(3): 49-72.
4. Faramarzi, M., Abbaspour, K. C., Ashraf Vaghefi, S., Farzaneh, M. R., Zehnder, A., Srinivasan, R., & Yang, H. (2013). "Modeling impacts of climate change on freshwater availability in Africa". Journal of Hydrology, 480: 85–101.
5. Gao, H., Tang, Q., Shi, X., Zhu, C., Bohn, T., Su, F., Pan, M., Sheffield, J., Lettenmaier, D. & Wood, E., (2010). "Water budget record from Variable Infiltration Capacity (VIC) model". 120-173.
6. Hamel, P., Chaplin-Kramer, R., Sim, S., & Mueller, C. (2015). "A new approach to modeling the sediment retention service (InVEST 3.0): Case study of the Cape Fear catchment, North Carolina, USA". Science of the Total Environment, 524-525: 166-177.
7. He, S., Gallagher, L., Su, Y., Wang, L., & Cheng, H. (2018). "Identification and assessment of ecosystem services for protected area planning: A case in rural communities of Wuyishan national park pilot". Ecosystem Services, 31: 169-180.
8. Hummel, C., Poursanidis, D., Orenstein, D., Elliott, M., Adamescu, M. C., Cazacu, C., ... & Hummel, H. (2019). "Protected Area management: Fusion and confusion with the ecosystem services approach". Science of the Total Environment, 651: 2432-2443.
9. Lian, X. H., Qi, Y., Wang, H. W., Zhang, J. L., & Yang, R. (2019). "Assessing changes of water yield in Qinghai Lake Watershed of China". Water, 12(1): 11.
10. MEA, (2005). Ecosystems and Human Well-Being. Island Press, Washington, DC.
11. Mukul, S. A., Sohel, M. S. I., Herbohn, J., Inostroza, L., & König, H. (2017). "Integrating ecosystem services supply potential from future land-use scenarios in protected area management: A Bangladesh case study". Ecosystem services, 26: 355-364.
12. Neitsch, S. L., Arnold, J., Kiniry, J. R., & Srinivasan, R. (2002). Soil and water assessment tool user's manual version 2000, GSWRL Rep. 2–6.
13. Schirpke, U., Wang, G., & Padoa-Schioppa, E. (2021). "Mountain landscapes: Protected areas, ecosystem services, and future challenges". Ecosystem Services, 49: 101302.
14. Srivastava, A., Kumari, N., & Maza, M. (2020). "Hydrological response to agricultural land use heterogeneity using variable infiltration capacity model". Water Resources Management, 34(12): 3779-3794.
15. Vigerstol, K. L., & Aukema, J. E. (2011). "A comparison of tools for modeling freshwater ecosystem services". Journal of environmental management, 92(10): 2403-2409.
16. Zarandian, A., Baral, H., Stork, N. E., Ling, M. A., Yavari, A. R., Jafari, H. R., & Amirnejad, H. (2017). "Modeling of ecosystem services informs spatial planning in lands adjacent to the Sarvelat and Javaherdasht protected area in northern Iran". Land Use Policy, 61: 487-500.