مروری بر فناوری‌های نوین در حفاظت از مناطق حفاظت شده (آبی و خشکی)

روشنا بهباش [۱]
رضا حکیمی مفرد [۲*]

۱. گروه محیط زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.
۲. کارشناس ارشد شیلات،گروه شیلات،واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

* نویسنده مسئول مکاتبات
rhakimimofrad@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۸/۱۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۱۸

این مقاله مروری است.

چکیده

انواع مناطق حفاظت‌شده، نقش مهمی در حفظ تنوع‌زیستی، خدمات اکوسیستمی و میراث طبیعی ایفا می‌کنند. با افزایش چالش‌های محیط‌زیستی مانند تغییرات اقلیمی، آتش‌سوزی‌ها و فعالیت‌های انسانی، نیاز به راهکارهای نوآورانه برای حفاظت از این مناطق بیش از پیش احساس می‌شود. این مقاله به بررسی تطبیقی فناوری‌های نوین مورد استفاده در حفاظت از این مناطق می‌پردازد. در این بررسی، فناوری‌های متنوعی از جمله سامانه‌های هوشمند پایش حریق، مدل‌های خدمات چندگانه اکوسیستم مانند (SWAT, InVEST, ARIES, VIC) و کاربرد پهپادها مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. نتایج نشان می‌دهد سامانه هوشمند پایش حریق در پارک ملی گلستان با استفاده از دوربین‌های حساس به گرما و دود، توانسته اطلاع‌رسانی آنلاین و لحظه‌ای در مورد حریق‌های احتمالی را میسر سازد. همچنین مدل‌های خدمات اکوسیستم با ارزیابی جامع خدمات محیط‌زیستی، به تصمیم‌گیری‌های مدیریتی بهتر کمک می‌کنند. پهپادها نیز با قابلیت پایش وسیع مناطق سخت‌گذر، جمع‌آوری داده‌های با کیفیت بالا و هزینه کمتر نسبت به روش‌های سنتی، ابزاری ارزشمند در حفاظت از اکوسیستم های ارزشمند، بویژه در مناطق سخت‌گذر، محسوب می‌شوند. این مقاله ضمن بررسی مزایا و محدودیت‌های هر فناوری، به چالش‌ها و فرصت‌های پیش رو نیز پرداخته و راهکارهایی برای استفاده مؤثرتر از این فناوری‌ها در مدیریت مناطق تحت حفاظت (که قابل تعمیم به مناطق آزاد نیز هست) ارایه می‌دهد.

واژگان کلیدی: مناطق حفاظت شده، فناوری‌های نوین، مدل‌سازی، اکوسیستم، پهپاد.

مقدمه

پارک‌های ملی به همراه دیگر انواع مناطق مورد حفاظت قرار گرفته، نقش بی‌بدیلی در حفظ تنوع‌زیستی، اکوسیستم‌ها و منابع طبیعی کشورها ایفا می‌کنند. این مناطق، مکان‌هایی هستند که به حفظ تنوع گیاهی و جانوری و میراث طبیعی کمک می‌کنند و علاوه بر ارزش‌های اکولوژیکی، از جنبه‌های فرهنگی، آموزشی، علمی، تفریحی و اقتصادی نیز دارای اهمیت هستند. برای سالیان متمادی، مناطق حفاظت‌شده به‌عنوان ابزار مهمی برای حفظ طبیعت مورد استفاده قرار گرفته‌اند و اخیراً، جنبه‌های اجتماعی نیز از طریق معرفی رویکرد خدمات اکوسیستم به مدیریت این مناطق افزوده شده است. استفاده از فناوری‌های جدید، همکاری افراد جامعه و مدیریت به‌روز، این امکان را می‌دهد تا گردشگری پایدار رشد کرده و اکوسیستم‌های حساس به‌خوبی نگهداری شوند. نظارت منظم و مدیریت مؤثر، کلید موفقیت در حفظ محیط‌زیست و توسعه پایدار هستند (Eagles *et al*., 2002, Watson *et al*., 2014). در دهه‌های اخیر، این مناطق ارزشمند با چالش‌های متعددی روبرو شده‌اند. تغییرات اقلیمی، توسعه شهری، فعالیت‌های صنعتی، گردشگری غیراصولی، شکار غیرمجاز، آتش‌سوزی‌های گسترده و بهره‌برداری بی‌رویه از منابع، ازجمله تهدیدهای جدی برای این مناطق محسوب می‌شوند. این چالش‌ها، نیاز به راهکارهای نوآورانه و کارآمد برای حفاظت بهتر از انواع مناطق حفاظت‌شده را برجسته ساخته است. پیشرفت‌های حوزه فناوری در سال‌های اخیر، فرصت‌های جدیدی را برای حفاظت از پارک‌های ملی فراهم کرده است. چارچوب خدمات اکوسیستم پتانسیل زیادی برای کمک به سیاست‌گذاران و متخصصان برای شناسایی، حفاظت و اولویت‌بندی مناطق جهت حفظ تنوع‌زیستی در مناظر تحت سیطره انسان دارد. علاقه

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-08]

به خدمات اکوسیستمی در میان طیف وسیعی از بخش‌ها، ازجمله سازمان‌های دولتی، سازمان‌های غیردولتی و جامعه تجاری به‌شدت افزایش یافته است و فناوری‌های نوین به کمک مدیران و متخصصان حفاظت از پارک‌های ملی آمده‌اند.

هدف از این مقاله، بررسی تطبیقی فناوری‌های نوین مورد استفاده در حفاظت از مناطق مورد حفاظت قرار گرفته است. در این راستا، سه دسته اصلی از فناوری‌ها مورد مطالعه قرار می‌گیرند: سامانه‌های هوشمند پایش حریق، مدل‌های خدمات چندگانه اکوسیستم و کاربرد پهپادها. این مقاله به دنبال پاسخ به سؤالات زیر است:

۱) کدام فناوری‌های نوین در حال حاضر برای حفاظت از مناطق حفاظت‌شده، مورداستفاده قرار می‌گیرند؟

۲) نقاط قوت و ضعف هر یک از این فناوری‌ها چیست؟

۳) چگونه می‌توان از این فناوری‌ها برای مدیریت پایدار منابع در این مناطق استفاده کرد؟

۴) چه چالش‌ها و فرصت‌هایی در استفاده از این فناوری‌ها وجود دارد؟

پاسخ به این پرسش‌ها می‌تواند راهنمای مفیدی برای مدیران این مناطق، سیاست‌گذاران، پژوهشگران و سایر ذی‌نفعان در زمینه حفاظت از مناطق طبیعی باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش با رویکرد توصیفی-تحلیلی و در قالب یک مطالعه مروری انجام شده است. در مرحله اول، منابع مرتبط با موضوع فناوری‌های نوین در حفاظت از مناطق حفاظت‌شده (برای مثال پارک‌های ملی) شناسایی و جمع‌آوری شدند. این منابع شامل مقالات علمی، کتاب‌ها، گزارش‌های سازمانی، اسناد سیاستی، پایان‌نامه‌ها و منابع معتبر آنلاین بودند. جستجوی منابع با استفاده از کلیدواژه‌های مرتبط با موضوع پژوهش در پایگاه‌های داده علمی انجام شد. همچنین، اطلاعات مربوط به تجربیات عملی استفاده از فناوری‌های نوین در پارک‌های ملی ایران، به‌ویژه پارک ملی گلستان، از طریق بررسی گزارش‌های رسمی و اخبار منتشر شده توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست و وزارت ارتباطات و فناوری اطلاعات، جمع‌آوری شدند. پس از جمع‌آوری اطلاعات، داده‌ها در سه دسته اصلی طبقه‌بندی شدند: سامانه‌های هوشمند پایش حریق، مدل‌های خدمات چندگانه اکوسیستم و کاربرد پهپادها در حفاظت از مناطق. برای هر دسته، ویژگی‌ها، کاربردها، مزایا و محدودیت‌ها، استخراج و تحلیل شدند. همچنین، نمونه‌های موفق استفاده از این فناوری‌ها در پارک‌های ملی داخلی و خارجی مورد بررسی قرار گرفتند. برای تحلیل داده‌ها، از روش تحلیل محتوای کیفی استفاده شد. در این روش، متون مرتبط با هر فناوری کدگذاری و طبقه‌بندی شدند و سپس مفاهیم و موضوعات کلیدی استخراج شدند. برای اعتبارسنجی یافته‌ها، از روش مثلث‌سازی (استفاده از منابع متعدد برای تأیید یک یافته) استفاده شد. درنهایت، یک چارچوب تحلیلی برای مقایسه تطبیقی فناوری‌های مختلف تدوین شد. این چارچوب شامل معیارهایی است : ۱) کاربردهای اصلی هر فناوری، ۲) هزینه‌های اجرا و نگهداری، ۳) نیازهای فنی و زیرساختی، ۴) محدودیت‌ها و چالش‌ها، ۵) اثربخشی در حفاظت از مناطق، ۶) پتانسیل‌های آینده.

با استفاده از این چارچوب، فناوری‌های مختلف به‌صورت تطبیقی مورد مقایسه قرار گرفتند و نقاط قوت و ضعف هر یک شناسایی شدند.

نتایج

سامانه‌های هوشمند پایش

سامانه‌های هوشمند پایش با به‌کارگیری فناوری‌های پیشرفته مانند سنجش از دور، اینترنت اشیاء و الگوریتم‌های هوش مصنوعی، امکان جمع‌آوری و تحلیل لحظه‌ای داده‌های محیطی را فراهم می‌کنند. این سیستم‌ها با نظارت بر شاخص‌های محیط‌زیستی نظیر پوشش گیاهی، کیفیت هوا و آب، تغییرات رخ‌داده در اکوسیستم‌ها را شناسایی کرده و به مدیران پارک‌های ملی اطلاعات عملی و به‌روز جهت اتخاذ تصمیم‌های مدیریتی بهینه ارایه می‌دهند. بدین ترتیب، سامانه‌های هوشمند پایش نه تنها از بروز خسارت‌های محیط‌زیستی پیشگیری می‌کنند بلکه زمینه حمایت از تنوع‌زیستی و توسعه پایدار را نیز ایجاد می‌کنند (مرزبان و همکاران، ۱۴۰۳). برای مثال می‌توان از سامانه

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-08]

هوشـمند پایش حریق پارک ملی گلسـتان نام برد.از آنجایی که آتش‌سـوزی یکی از مهم‌ترین تهدیدهای پارک‌های ملی، به‌ویژه در مناطق جنگلی است، فناوری‌های نوین پایش حریق می‌توانند به تشخیص سریع آتش‌سوزی‌ها و درنتیجه، کاهش خسارت‌های ناشی از آن کمک کنند. در همکاری مشترک بین وزارت ارتباطات و فناوری اطلاعات و سازمان حفاظت محیط‌زیست، سامانه هوشمند پایش حریق در محدوده جنگلی پارک ملی گلستان نصب شده است. این سامانه شامل دوربین‌های حساس به گرما و دود است و با استفاده از پوشش شبکه مخابراتی، اطلاع‌رسانی آنلاین و لحظه‌ای در مورد حریق‌های احتمالی را انجام می‌دهد. حمید ظهرابی، معاون محیط طبیعی سازمان حفاظت محیط‌زیست، در این خصوص بیان کرده است که این سامانه در مسیر ۱۲ کیلومتری جاده پارک ملی گلستان در قسمت جنگلی این عرصه نصب شده است، چراکه بیشترین آتش‌سوزی‌ها در گلستان، به دلیل حضور مسافران و گردشگران از حاشیه جاده آغاز می‌شوند. این طرح با اعتبار بیش از ۴۰ میلیارد ریال و به‌صورت پایلوت در پارک ملی گلستان اجرا شده است. مسئولان امیدوارند در آینده نزدیک چنین طرحی در سایر نقاط حادثه‌خیز مناطق تحت مدیریت سازمان حفاظت محیط‌زیست نیز به اجرا درآید. ایده اصلی این طرح متعلق به وزارت ارتباطات بوده و بیانگر توجه این وزارتخانه به موضوع مسئولیت اجتماعی و حفظ محیط‌زیست است (سهرابی، ۱۳۹۷).

سامانه‌های هوشمند پایش حریق دارای مزایای متعددی هستند:

۱) تشخیص سریع و به‌موقع آتش‌سوزی: این سامانه‌ها قادرند به‌محض شروع آتش‌سوزی آن را تشخیص داده و هشدار دهند، درنتیجه زمان پاسخ به حریق کاهش می‌یابد.

۲) پایش مداوم و ۲۴ ساعته: برخلاف نیروی انسانی، این سامانه‌ها بدون خستگی و شبانه‌روزی عمل می‌کنند.

۳) پوشش گسترده مناطق: دوربین‌های نصب شده می‌توانند مساحت وسیعی را تحت پوشش قرار دهند.

۴) کاهش نیاز به نیروی انسانی: با استفاده از این فناوری، نیاز به گشت‌زنی‌های مداوم نیروهای انسانی کاهش می‌یابد.

۵) افزایش دقت تشخیص: سنسورهای حساس به گرما و دود می‌توانند آتش‌سوزی‌های کوچک را نیز تشخیص دهند.

۶) امکان اطلاع‌رسانی سریع: با استفاده از شبکه مخابراتی، هشدارها به سرعت به مراکز مدیریت بحران و آتش‌نشانی ارسال می‌شوند.

علیرغم مزایای فراوان، این سامانه‌ها با چالش‌هایی نیز مواجه هستند:

۱) هزینه بالای نصب و نگهداری: همان‌طور که در مورد پارک ملی گلستان ذکر شد، این طرح بااعتبار بیش از ۴۰ میلیارد ریال اجرا شده که رقم قابل‌توجهی است (با در نظر گرفتن اینکه این سامانه با قیمت دلار ۳۲۰۰ تومانی به مرحله اجرا درآمده است.).

۲) نیاز به زیرساخت ارتباطی مناسب: عملکرد این سامانه‌ها وابسته به پوشش شبکه مخابراتی است که در برخی مناطق دورافتاده ممکن است مناسب نباشد.

۳) تأثیرپذیری از شرایط آب و هوایی: مه غلیظ، بارش شدید و شرایط نامساعد جوی می‌تواند بر عملکرد دوربین‌ها تأثیر منفی بگذارد.

۴) نیاز به نیروی متخصص برای نگهداری: این سامانه‌ها نیازمند بازبینی و نگهداری مستمر توسط افراد متخصص هستند.

۵) محدودیت پوشش: نصب دوربین‌ها فقط در نقاط خاص امکان‌پذیر است و ممکن است همه مناطق را پوشش ندهد.

علاوه بر سامانه پایش حریق، به‌روزرسانی شبکه بی‌سیم پارک ملی گلستان به شبکه بی‌سیم دیجیتال با پوشش ۱۰۰ درصدی از دیگر طرح‌های در دست اقدام سازمان حفاظت محیط‌زیست در قدیمی‌ترین پارک ملی کشور است که در آینده نزدیک آغاز خواهد شد. این ارتقا می‌تواند ارتباطات را تسهیل کرده و زمان پاسخ در شرایط اضطراری را کاهش دهد (عباس‌آباد، ۱۴۰۴ و سازمان خبرگزاری جمهوری اسلامی ایران، ۱۴۰۴).

مدل‌های خدمات چندگانه اکوسیستم و مدل‌سازی اکوسیستم

مدل‌سازی اکوسیستم ازجمله فناوری‌هایی است که با استفاده از الگوریتم‌ها و نرم‌افزارهای تخصصی به شبیه‌سازی تعاملات بین اجزای زیستی و فاکتورهای محیطی می‌پردازد و مزایای متعددی دارد. به‌عنوان مثال، این فناوری امکان پیش‌بینی تغییرات محیطی را از طریق بررسی سناریوهای مختلف جهت واکنش اکوسیستم به تغییرات آب و هوایی و فشارهای انسانی فراهم کرده و همچنین با ارایه اطلاعات مستدل به بهبود استراتژی‌های مدیریتی و تدوین سیاست‌های اجرایی دقیق، جهت حفاظت از گونه‌های در معرض خطر کمک می‌کند. در

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-08]

کنار آن، تحلیل دقیق تعاملات اکوسیستم از طریق تولید نقشه‌ها و مدل‌های دینامیک امکان ترسیم روند تغییرات اکوسیستم را با دقت بالا فراهم می‌سازد. با این وجود، چالش‌هایی مانند نیاز به داده‌های ورودی دقیق، پیچیدگی در مدل‌سازی دستگاه‌های چندبعدی و هزینه‌های اجرایی بالا از معایب این فناوری به شمار می‌روند (تاری پناه و فقهی، ۱۳۹۹). مدل‌های خدمات چندگانه اکوسیستم، ابزارهایی هستند که به مدیران پارک‌های ملی کمک می‌کنند تا خدمات مختلف اکوسیستم را شناسایی، ارزیابی و مدیریت کنند. این مدل‌ها می‌توانند در مدیریت پایدار منابع و حفاظت از تنوع‌زیستی مؤثر باشند.

چند مدل اصلی در این زمینه عبارتند از:

مدل VIC (Variable Infiltration Capacity): این مدل برای شبیه‌سازی هیدرولوژیکی در مقیاس بزرگ استفاده می‌شود و می‌تواند جریان آب، تبخیر و تعرق و رطوبت خاک را در حوضه‌های آبریز شبیه‌سازی کند.

مدل ARIES (Artificial Intelligence for Ecosystem Services): این مدل از هوش مصنوعی برای ارزیابی و نقشه‌برداری خدمات اکوسیستم استفاده می‌کند و روابط پیچیده بین اکوسیستم‌ها و جوامع انسانی را نشان می‌دهد.

مدل SWAT (Soil and Water Assessment Tool): این مدل برای پیش‌بینی اثرات شیوه‌های مدیریتی زمین بر آب، رسوب و مواد شیمیایی کشاورزی در حوضه‌های آبریز پیچیده با خاک‌ها، کاربری اراضی و شرایط مدیریتی مختلف طراحی شده است.

مدل InVEST (Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs): این مدل مبتنی بر ابزارهایی است که داده‌های کاربری اراضی/پوشش سرزمین را با عرضه خدمات اکوسیستم مرتبط می‌سازد.

مدل InVEST به دلیل نیاز به داده‌های ورودی کمتر و کاربر پسندتر بودن نسبت به سایر مدل‌ها، مورد توجه خاصی قرار گرفته است. همچنین این مدل شامل ماژول‌های مختلفی است که هر یک جنبه خاصی از خدمات اکوسیستم را ارزیابی می‌کنند:

۱) ماژول تولید آب: این ماژول میزان آب تولیدی در یک حوضه آبریز را محاسبه می‌کند و می‌تواند در مدیریت منابع آب در پارک‌های ملی مفید باشد.

۲) ماژول نگهداشت رسوب: با استفاده از این ماژول می‌توان میزان فرسایش خاک و رسوب‌گذاری را تخمین زد و مناطق با خطر بالای فرسایش را شناسایی کرد.

۳) ماژول ذخیره و ترسیب کربن: این ماژول میزان کربن ذخیره شده در زیست‌توده و خاک را محاسبه می‌کند و می‌تواند در ارزیابی نقش پارک‌های ملی در کاهش تغییرات اقلیمی مفید باشد.

۴) ماژول کیفیت زیستگاه: این ماژول کیفیت زیستگاه‌ها را بر اساس تهدیدهای مختلف ارزیابی می‌کند و می‌تواند به شناسایی مناطق با ارزش بالا برای حفاظت از تنوع‌زیستی کمک کند.

مدل‌های خدمات چندگانه اکوسیستم و مدل‌سازی اکوسیستم هر دو ابزاری برای تحلیل وضعیت و عملکرد اکوسیستم‌ها هستند، اما تفاوت‌های اساسی در اهداف و زاویه دید آن‌ها وجود دارد. مدل‌های خدمات چندگانه اکوسیستم عمدتاً بر شناسایی، ارزیابی و ارزش‌گذاری خدمات متنوعی که اکوسیستم‌ها به بشر ارایه می‌دهند تمرکز دارند. این خدمات شامل مواردی مانند تأمین آب و غذا، کنترل فرسایش، ترسیب کربن و همچنین ارزش‌های فرهنگی و تفریحی می‌شود.

هدف اصلی این مدل‌ها، تبدیل داده‌های علمی به اطلاعات کاربردی جهت پشتیبانی از تصمیم‌گیری‌های مدیریتی و سیاست‌گذاری بر مبنای مزایای اقتصادی، اجتماعی و محیطی است. در مقابل، مدل‌سازی اکوسیستم به‌طور گسترده‌تری به بررسی فرآیندها، تعاملات و دینامیک اجزای زیستی و غیر زیستی محیط، مانند روابط بین گونه‌ها، چرخه‌های غذایی و واکنش اکوسیستم به تغییرات محیطی می‌پردازد. این رویکرد تلاش می‌کند تا الگوها و فرآیندهای داخلی اکوسیستم را شبیه‌سازی کرده و پیش‌بینی‌هایی درباره عملکرد آن ارایه دهد. بنابراین، در حالی‌که مدل‌های خدمات چندگانه اکوسیستم بر جنبه‌های بهره‌برداری و ارزش‌گذاری خدمات جهت بهبود رفاه انسانی تمرکز دارند، مدل‌سازی اکوسیستم بیشتر به درک و تحلیل عملکرد کلی اکوسیستم و تعاملات طبیعی پرداخته و کاربرد آن در مدیریت منابع طبیعی و برنامه‌ریزی‌های محیط‌زیستی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-08]

استفاده از مدل‌های خدمات اکوسیستم در مدیریت مناطق حفاظت‌شده مزایای فراوانی دارد که موجب بهبود نظارت بر منابع طبیعی و ارتقای عملکرد مدیریتی می‌شود. این مدل‌ها امکان ارزیابی جامع خدمات اکوسیستم ازجمله تأمین آب، کنترل فرسایش، ترسیب کربن و حفظ تنوع‌زیستی را فراهم می‌آورند و با ارایه داده‌های کمی و نقشه‌های مکانی، زمینه‌ای برای تصمیم‌گیری‌های مبتنی بر شواهد ایجاد می‌کنند. همچنین، شناسایی مناطق دارای ارزش بالا جهت حفاظت و اولویت‌بندی دقیق آن‌ها از دیگر دستاوردهای این رویکرد است. به‌علاوه، ارزیابی سناریوهای مختلف مدیریتی از طریق شبیه‌سازی اثرات تغییرات محیطی، انتخاب بهترین گزینه‌ها را تسهیل می‌کند. افزون بر این، تبدیل مفاهیم پیچیده اکولوژیکی به اطلاعات قابل‌فهم برای سیاست‌گذاران، پلی بین علم و سیاست ایجاد کرده و هماهنگی بین گروه‌های تخصصی و مدیران پارک‌های ملی را ارتقا می‌دهد. با وجود مزایای فوق‌العاده، استفاده از مدل‌های خدمات اکوسیستم با چالش‌های قابل توجهی مواجه است. یکی از مهم‌ترین مشکلات، نیاز به داده‌های باکیفیت و به‌روز است که عملکرد مدل‌ها را به‌شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد. در برخی موارد، عدم دسترسی به اطلاعات جامع باعث کاهش دقت نتایج می‌شود. همچنین، پیچیدگی برخی مدل‌ها و نیاز به تخصص‌های فنی و دانش پیشرفته، بهره‌برداری از آن‌ها را برای کاربران غیرمتخصص دشوار می‌سازد. عدم قطعیت در نتایج حاصل از مدل‌سازی و محدودیت در مقیاس‌پذیری، مشکلات دیگری هستند که در تفسیر داده‌ها و اتخاذ تصمیم‌های مدیریتی باید مدنظر قرار گیرند. علاوه بر این، ناسازگاری مدل‌ها با شرایط متغیر جغرافیایی و اقلیمی، به همراه نیاز به بومی‌سازی و کالیبراسیون دقیق، فرآیندی زمان‌بر و پرهزینه به‌حساب می‌آید (حسینی و همکاران، ۱۳۹۶ و جورابیان و الماسیه، ۱۴۰۲).

استفاده از پهپادها در حفاظت از مناطق حفاظت‌شده

کمبود منابع انسانی و لجستیکی مانع فعالیت‌های نظارتی مناطق حفاظت‌شده طبیعی می‌شود. استفاده از پهپادها (هواپیماهای بدون سرنشین) به عنوان ابزار نظارتی می‌تواند مکمل کار محیط‌بانان در وظایف گشت زنی، به‌ویژه در مناطق دورافتاده یا سخت‌گذر باشد (lopez Oritz *et al*. 2020). این وسایل در سال‌های اخیر به ابزار مهمی در فعالیت‌های پژوهشی و حفاظت از پارک‌های ملی و دیگر مناطق مورد حفاظت قرار گرفته، تبدیل شده‌اند.

پهپادها به تنهایی و یا در ترکیب با سایر روش‌های گرداوری داده‌های میدانی، می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند، بویژه زمانی که مطالعه‌ها زمان‌بر، پرهزینه، نیازمند نیروی انسانی زیاد، مناطق مورد مطالعه وسیع یا با دسترسی سخت و خطرناک، یا گونه مورد مطالعه بسیار حساس و محتاط است یا در دوره زمانی حساسی قرار دارد (زمان تولیدمثل). برای مثال در مطالعه‌ای، برای بررسی زیستگاه‌های خرد (microhabitat) و مدل‌سازی آشیان بوم‌شناختی (Ecological Niche) پرندگان یک منطقه، از ترکیب داده‌های به‌دست‌آمده از پهپادها مربوط به ساختار پوشش گیاهی و مکان‌های آوازخوانی پرندگان، استفاده شد (Wilson *et al*., 2021). در مطالعه دیگری (Brooke *et al*., 2015)، جهت مقایسه کارایی دو سامانه پهپادی مختلف، حدود ۳۰ ساعت فیلم از یک منطقه حفاظت‌شده دریایی در هاوایی تهیه و اطلاعات ارزشمندی از پستانداران، پرندگان و لاک‌پشت‌های دریایی، زیستگاه‌های ساحلی و آلودگی‌های محیط دریا، جمع‌آوری و مشخص شد که لازم است اپراتور زهپاد و پژوهشگر در یک سایت کنار هم باشند و عوامل اقلیمی بر کیفیت عکس و فیلم موثر است. فناوری استفاده از پهپاد، می‌تواند برای هدف‌های مختلفی ازجمله پایش حیات‌وحش، تشخیص آتش‌سوزی، نظارت بر فعالیت‌های غیرقانونی و تهیه نقشه‌های دقیق مورد استفاده قرار گیرد. در ادامه کاربردها، مزایا و معایب سامانه‌های پهپادی مورد اشاره قرار گرفته است (شرکت دریا پیما اوژن، ۱۴۰۲، توکلی، ۱۳۹۷، پرنده های هدایت‌پذیر از دور، ۱۴۰۴، حاجی رحیمی، ۱۴۰۴).

از جمله کاربردهای اصلی پهپادها در انواع مناطق حفاظت‌شده:

۱) پایش و نظارت بر گونه‌ها و جمعیت‌ها: زهپادها می‌توانند تصاویر و ویدیوهایی با کیفیت بالا از مناطقی که دسترسی به آن دشوار است، ثبت کنند. این امر به پژوهشگران این امکان را می‌دهد که جمعیت گونه‌های مختلف را بدون نیاز به حضور فیزیکی در محل شمارش کنند. به‌عنوان مثال، در مطالعه‌ای در آفریقا از پهپادها برای نظارت بر جمعیت فیل‌ها و سایر حیوانات بزرگ در پارک‌های ملی استفاده شد (Anderson *et al*., 2013). همچنین برای مطالعه رفتار مهاجرتی پرندگان [و دیگر حیوانات نیز] کاربرد دارند. پهپادها می‌توانند

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-08]

رفتارهای مهاجرتی پرندگان و مسیرهای عبور آنها را در طول فصل‌های مختلف سال بدون این‌که مزاحمت یا خطری برای آنها ایجاد شود، رصد کنند (Crawford *et al*., 2018).

۲) شناسایی تهدیدهای طبیعی: پهپادها می‌توانند برای نظارت بر تهدیدهای طبیعی مانند آتش‌سوزی‌ها، سیلاب‌ها، یا طوفان‌ها نیز مفید باشند. به‌ویژه در مناطقی که دسترسی به آنها سخت است، پهپادها می‌توانند داده‌های مهمی را در مورد وضعیت بحران‌ها و اثرهای آن‌ها بر حیات‌وحش جمع‌آوری کنند (Yuan *et al*., 2015). پهپادها مجهز به دوربین‌های حرارتی می‌توانند آتش‌سوزی‌ها را از فاصله دور تشخیص دهند و اطلاعات دقیقی از وسعت و جهت گسترش آتش ارایه دهند.

۳) مقابله با تهدیدهای انسانی: یکی از کاربردهای مهم پهپادها، رصد تهدیدهای انسانی مانند شکار غیرقانونی، جنگل‌زدایی و [تخریب پوشش گیاهی] و آلودگی در مناطق حفاظت‌شده است. پهپادها می‌توانند به راحتی تصاویری از فعالیت‌های غیرقانونی به دست آورده و به مقامات مربوطه گزارش دهند (Crane *et al*., 2015).

۴) تهیه نقشه و مدل‌های سه‌بعدی: پهپادها می‌توانند تصاویر هوایی با وضوح بالا تهیه کنند که برای تهیه نقشه‌های دقیق از پوشش گیاهی، توپوگرافی و سایر ویژگی‌های فیزیکی مناطق حفاظت‌شده مفید هستند.

۵) شناسایی و پایش تغییرات زیستگاه و اکوسیستم: پهپادها می‌توانند برای ثبت تصاویر از زیستگاه‌های حساس و شناسایی تغییرات در آنها به کار روند. برای مثال، در بررسی زیستگاه‌های دریایی، پهپادها برای شناسایی و پایش مرجان‌ها، پرندگان دریایی و تغییرات ناشی از آلودگی و تغییرات اقلیمی استفاده می‌شوند (Linchant, 2015). با پرواز منظم پهپادها بر فراز یک منطقه، می‌توان تغییرات در پوشش گیاهی، الگوهای فرسایش و سایر ویژگی‌های اکوسیستم را در طول زمان پایش کرد.

۶) عملیات نجات و امداد: در موارد اضطراری مانند گم شدن گردشگران یا وقوع حوادث طبیعی، پهپادها می‌توانند به‌سرعت منطقه وسیعی را جستجو کنند.

۷) آموزش و آگاهی‌رسانی: تصاویر و ویدئوهای تهیه‌شده توسط پهپادها می‌توانند برای آموزش عمومی و ایجاد آگاهی درباره اهمیت حفاظت از پارک‌های ملی و دیگر مناطق باارزش طبیعی، استفاده شوند.

۸) احیا زیستگاه: کاشت بذر و در صورت نیاز آبیاری به‌منظور احیا زیستگاه‌های تخریب‌شده در مناطق سخت‌گذر یا نیازمند نیروی انسانی زیاد از جمله کاربردهای این وسایل است (پرنده‌های هدایت‌پذیر از دور، ۱۴۰۴).

پهپادها به‌عنوان یکی از فناوری‌های پیشرفته در حوزه پایش محیط‌زیست، مزایای متعددی ارائه می‌دهند که موجب بهبود کارایی و کاهش هزینه‌های نظارتی می‌شود. به‌طور مثال، این سیستم‌ها قادرند در مدت زمان کوتاهی مناطق وسیعی را پایش کنند. پهپادها در مقایسه با روش‌های سنتی مانند گشت‌زنی زمینی یا استفاده از هلیکوپتر سودمندی قابل‌توجهی در کاهش هزینه‌ها دارند، چراکه [همه انواع آن] نیاز به لجستیک و امکانات پشتیبانی گسترده ندارند (De la Llata Quiroga, 2023). قابل‌ذکر است که با توجه به نوع و اندازه زهپاد امکانات لجستیک مورد نیاز ممکن است کم یا زیاد باشد ولی به‌طور مشخص در مقایسه با هلیکوپتر بسیار کمتر است. علاوه بر این، پهپادها امکان دسترسی به مناطق سخت‌گذر و خطرناکی را فراهم می‌آورند که حضور انسان در آنجا ممکن است خطرناک یا دشوار باشد. از دیگر برتری‌های این فناوری، جمع‌آوری داده‌های با کیفیت بالا از طریق دوربین‌ها و حسگرهای پیشرفته است که باعث ارایه اطلاعات دقیق‌تر و جامع‌تر از وضعیت محیطی می‌شود. همچنین، به دلیل عدم نیاز به حضور مستقیم انسان در مناطق حساس، پهپادها مزاحمت کمتری برای حیات وحش ایجاد می‌کنند. این ویژگی در مواقعی که حفظ تعادل اکوسیستم از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، بسیار ارزشمند است. قابلیت استفاده در شرایط مختلف آب و هوایی، ازجمله انجام عملیات در شب با کمک دوربین‌های حرارتی، از دیگر مزایای این فناوری به‌حساب می‌آید. درنهایت، امکان ثبت تصاویر شده (دارای موقعیت مکانی) از دیگر قابلیت‌هایی است که اطلاعات دقیق جغرافیایی را به مدیران و تصمیم‌گیرندگان ارایه می‌دهد و نقش مهمی در برنامه‌ریزی‌های حفاظتی ایفا می‌کند (De la Llata Quiroga, 2023).

استفاده از پهپادها با تعدادی محدودیت و چالش همراه است که بر کارایی و بهره‌برداری از آنها تأثیرگذار است. در بسیاری از کشورها، بهره‌گیری از پهپاد مستلزم دریافت مجوزهای خاصی است و قوانین مربوط به ارتفاع پرواز، زمان پرواز و مناطق مجاز برای پرواز

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-08]

محدودیت‌هایی را اعمال می‌کنند. علاوه بر این، عمر باتری پهپادهای تجاری (غیرنظامی) محدودیت‌هایی در زمان و برد پرواز ایجاد می‌کند که می‌تواند عملکرد این فناوری را تضعیف کند. شرایط نامساعد آب و هوایی مانند باد شدید، باران و سایر عوامل جوی نیز ممکن است پرواز پهپاد را دشوار یا حتی غیرممکن سازند. همچنین، عملیات، تعمیر و نگهداری پهپادها نیازمند مهارت‌های ویژه است که در برخی مناطق ممکن است در دسترس نباشد. اگرچه پهپادها نسبت به حضور انسان مزاحمت کمتری برای حیات‌وحش ایجاد می‌کنند، ولی صدای آن‌ها همچنان می‌تواند برای برخی گونه‌های حساس حیات‌وحش مشکل‌ساز باشد. علاوه بر این، در شرایط خاص مانند مناطقی با پوشش جنگلی متراکم یا دره‌های عمیق، ممکن است برخی زهپادها با محدودیت‌های فنی در دریافت سیگنال‌های GPS یا برقراری ارتباط با کنترل‌کننده مواجه شوند (De la Llata Quiroga, 2023). هر یک از فناوری‌های مورد بررسی، با توجه به ویژگی‌ها و محدودیت‌های خود، برای کاربردهای خاصی مناسب هستند. درجدول ۱، مقایسه تطبیقی این فناوری‌ها آماده است.

جدول (۱) مقایسه تطبیقی فناوری‌ها

معیار	پهپادها	مدل‌های اکوسیستمی	سامانه‌های هوشمند
کاربردهای اصلی	ابزاری چندمنظوره بوده که در پایش حیات‌وحش، تشخیص آتش‌سوزی، مبارزه با شکار غیرمجاز، تهیه نقشه و اجرای عملیات امداد و نجات کاربرد دارد.	به ارزیابی و مدیریت خدمات اکوسیستم، برنامه‌ریزی بلندمدت و تصمیم‌گیری مبتنی بر شواهد اختصاص دارد.	این فناوری برای تشخیص سریع و هشدار به‌موقع آتش‌سوزی طراحی شده و بیشترین کاربرد را در مناطقی با خطر بالای آتش‌سوزی دارد.
هزینه‌ها	هزینه اولیه پهپادها کمتر است اما باید هزینه‌های نگهداری، تعمیر و جایگزینی قطعات نیز در نظر گرفته شوند.	هزینه‌های اصلی شامل جمع‌آوری داده‌ها، آموزش کارکنان و تهیه نرم‌افزارهای مورد نیاز می‌باشد.	نصب و راه‌اندازی سامانه‌های هوشمند پایش حریق هزینه بالایی دارد؛ به‌عنوان‌مثال، سامانه نصب شده در پارک ملی گلستان با اعتباری بیش از ۴۰ میلیارد ریال اجرا شده است.
نیازهای فنی و زیرساختی	بهره‌برداری از پهپادها نیازمند هدایت‌کننده آموزش‌دیده، تجهیزات شارژ و نگهداری مناسب و فضای کافی برای پرواز است. بویژه در مناطقی با پوشش گیاهی متراکم درختی که قدرت مانور پهپاد کاهش می‌یابد.	استفاده از این مدل‌ها مستلزم دانش و تخصص کافی، داشتن رایانه‌های قدرتمند و دسترسی به داده‌های با کیفیت است.	این سامانه‌ها به زیرساخت ارتباطی قوی، منبع تغذیه پایدار و نیروی متخصص برای نگهداری نیاز دارند.
اثربخشی در حفاظت	زهپادها در پایش سریع مناطق وسیع، تشخیص فعالیت‌های غیرقانونی و جمع‌آوری دقیق داده‌ها اثربخشی بالایی دارند.	این مدل‌ها در برنامه‌ریزی بلندمدت و مدیریت پایدار منابع طبیعی مؤثرند. هرچند اثرات آن‌ها معمولاً به‌صورت غیرمستقیم و در بلندمدت نمایان می‌شود	این سامانه‌ها در تشخیص سریع آتش‌سوزی و کاهش خسارت‌های ناشی از آن بسیار مؤثر هستند.

ترکیب فناوری‌ها

ترکیب مدل‌سازی اکوسیستم با داده‌های حاصل از پهپادها و یکپارچه‌سازی آنها با سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) و اینترنت اشیاء (IoT)، زمینه‌ای فوق‌العاده برای ارتقاء کیفیت نظارت و مدیریتی فراهم می‌کند. به‌عنوان مثال: سامانه هوشمند پایش حریق می‌تواند آتش‌سوزی را تشخیص دهد، پهپاد می‌تواند برای ارزیابی سریع وضعیت به محل اعزام شود و مدل‌های خدمات اکوسیستم می‌توانند برای ارزیابی اثرات بلندمدت آتش‌سوزی و برنامه‌ریزی احیای منطقه استفاده شوند. داده‌های جمع‌آوری شده توسط پهپادها می‌توانند به‌عنوان ورودی برای مدل‌های خدمات اکوسیستم استفاده شوند و به بهبود دقت این مدل‌ها کمک کنند. سامانه‌های هوشمند پایش حریق می‌توانند با سیستم‌های هشدار خودکار به پهپادها متصل شوند تا در صورت تشخیص آتش‌سوزی، پهپاد به‌صورت خودکار به محل اعزام شود. باوجوداین پتانسیل، چالش‌های فنی در هماهنگی و یکپارچه‌سازی سیستم‌های مختلف، نیاز به زیرساخت‌های پیشرفته و همکاری مؤثر بین کارشناسان فنی و مدیران انواع مناطق حفاظت شده ازجمله مسائلی است که باید به آنها پرداخته شود.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-08]

مطالعات موردی و تجارب عملی

پارک ملی گلستان به‌عنوان قدیمی‌ترین پارک ملی ایران، پیشگام استفاده از فناوری‌های نوین در حفاظت از مناطق طبیعی است. سامانه هوشمند پایش حریق نصب شده در این پارک، نمونه موفقی از کاربرد فناوری در حفاظت از پارک‌های ملی است. این سامانه در مسیر ۱۲ کیلومتری جاده پارک ملی گلستان در قسمت جنگلی نصب شده است و با استفاده از دوربین‌های حساس به گرما و دود، اطلاع‌رسانی آنلاین و لحظه‌ای در مورد حریق‌های احتمالی را انجام می‌دهد. علاوه بر این، به‌روزرسانی شبکه بی‌سیم پارک ملی گلستان به شبکه بی‌سیم دیجیتال با پوشش ۱۰۰ درصدی از دیگر اقدامات فناورانه در این پارک است. در سطح جهانی نیز تجارب موفقی در استفاده از فناوری‌های نوین برای حفاظت از پارک‌های ملی وجود دارد. به عنوان نمونه، در پارک ملی کروگر آفریقای جنوبی، پهپادهایی مجهز به دوربین‌های حرارتی برای تشخیص افراد مشکوک در شب به کار گرفته می‌شوند تا شکار غیرمجاز کرگدن را مهار کنند. همچنین در پارک ملی یلواستون آمریکا، شبکه‌ای از حسگرها جهت پایش فعالیت‌های آتشفشانی، چشمه‌های آب گرم و جمعیت حیات‌وحش نصب شده است. علاوه بر این، در پارک ملی گاراهونی کنیا، پهپادها در شمارش جمعیت فیل‌ها و پایش فعالیت‌های غیرقانونی مورد استفاده قرار می‌گیرند. این تجارب نشان می‌دهند که فناوری‌های نوین می‌توانند به‌طور مؤثری در حفاظت از انواع مناطق مورد حفاظت قرار گرفته و مدیریت پایدار منابع طبیعی به کار گرفته شوند (شریفی و همکاران، ۱۳۸۶).

بحث و نتیجه‌گیری

با افزایش چالش‌های محیط‌زیستی در دهه‌های اخیر و مواجهه با تهدیدهایی نظیر تغییرات اقلیمی، آلودگی هوا و تخریب زیستگاه‌های طبیعی، استفاده از فناوری‌های نوین در حفاظت از پارک‌های ملی اهمیت ویژه‌ای یافته است، زیرا این فناوری‌ها توان بالقوه تبدیل داده‌های خام به اطلاعات کاربردی جهت نظارت بر اکوسیستم‌ها و اتخاذ تصمیم‌های مدیریتی مؤثر را دارا هستند.

در این راستا، این مقاله به بررسی تطبیقی سه دسته اصلی فناوری‌ها، یعنی سامانه‌های هوشمند پایش حریق، مدل‌های خدمات چندگانه اکوسیستم و سامانه‌های پهپادی می‌پردازد. سامانه‌های هوشمند پایش حریق با بهره‌گیری از دوربین‌های حساس به گرما و دود، امکان تشخیص سریع آتش‌سوزی و ارسال هشدار به‌موقع را فراهم می‌کنند که باعث کاهش خسارت‌های ناشی از آتش‌سوزی‌های گسترده می‌شود. از سوی دیگر، مدل‌های خدمات چندگانه اکوسیستم با ارزیابی جامع خدمات متعدد اکوسیستم‌ها شامل تأمین آب، کنترل فرسایش، ترسیب کربن، حفظ تنوع‌زیستی و ارایه تجربه‌های فرهنگی، به بهبود مدیریت منابع طبیعی و تدوین سیاست‌های مبتنی بر شواهد کمک می‌کنند. علاوه بر این، پهپادها با توانایی پایش مناطق سخت‌گذر و جمع‌آوری داده‌های دقیق از طریق تصویربرداری هوایی، ابزاری ارزشمند در ارایه اطلاعات جهت حفاظت از پارک‌های ملی محسوب می‌شوند. هر یک از این فناوری‌ها مزایا و معایب خاص خود را دارند و انتخاب مناسب آن‌ها بسته به شرایط محلی، اهداف حفاظتی و منابع در اختیار متفاوت است. از این رو، تلفیق این فناوری‌ها در بسیاری موارد می‌تواند نتیجه مطلوبی در ارتقای نظارت و مدیریت مناطق طبیعی به همراه داشته باشد. نمونه پارک ملی گلستان که در قالب همکاری مشترک میان وزارت ارتباطات و فناوری اطلاعات و سازمان حفاظت محیط زیست اجرا شده است، الگویی عملی از کاربرد مؤثر فناوری‌های نوین در حفاظت از منابع طبیعی به شمار می‌آید.

منابع

پرنده‌های هدایت‌پذیر از دور. ۱۴۰۴. استفاده از پهپادها در بخش کشاورزی و منابع طبیعی.

https://www.pahpad.com/fa/filepool/6/

تاری پناه، م. و فقهی، ج. ۱۳۹۹. مدل‌سازی ارزیابی توان اکولوژیکی پارک‌های ملی (مطالعه موردی پارک ملی بمو). اولین کنفرانس بین‌المللی و دومین کنفرانس ملی فناوری‌ها و کاربردهای نوین ژئوماتیک.تبریز.

https://civilica.com/doc/1249691

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-08]

توکلی، ح.۱۳۹۷. پهپادها و حفاظت از محیطزیست و منابع طبیعی. کنفرانس ملی فن آوری‌ها و کاربردهای نوین ژئوماتیک. تبریز.
https://civilica.com/doc/818768

جورابیان شوشتری، ش و الماسیه، ک. ۱۴۰۲. مروری بر مدل‌های خدمات چندگانه اکوسیستم جهت مدیریت پایدار منابع در مناطق حفاظت‌شده پارک‌های ملی و سایر مناطق تحت حفاظت. اولین همایش ملی پارک‌های ملی و سایر مناطق تحت حفاظت.

حاجی رحیمی, م. ۱۴۰۴. پهپاد برای حفاظت از منابع طبیعی خراسان رضوی.
.https://farhikhtegandaily.com/page/34196

حسینی, س. , امیرنژاد, ح. و اولادی, ج. ۱۳۹۶. ارزش‌گذاری خدمات و کارکردهای اکوسیستم جنگلی پارک ملی کیاسر. مجله اقتصاد کشاورزی، دوره ۱۱، شماره۱. ۲۳۹-۲۱۱.
doi: 10.22034/iaes.2017.22637

.سازمان خبرگزاری جمهوری اسلامی ایران (ایرنا). ۱۴۰۴. ضرورت استفاده از فناوری نوین برای حفاظت پارک ملی گلستان.
https://www.irna.ir/news/84129971

شرکت دریا پیما، اوژن. ۱۴۰۲. نقش پهپادها در محیطزیست و حفاظت از طبیعت.
https://dpotech.org/fa/general/the-role-of-drones-in-the-environment

شریفی، م.، مخدوم فرخنده، م.، زاهدی امیری، ق.، و سبحانی، ه. ۱۳۸۵. ایجاد مدل طیف قابلیت اکولوژیکی بهره‌وری انسان از پارک‌ها و مناطق حفاظت شده. محیط‌شناسی، ۳۲(۳۹)، ۱۰۱-۱۱۸.

ظهرابی، ح.۱۳۹۷. فناوری‌های نوین به کمک پایش حریق پارک ملی گلستان می‌آیند.
website: https://www.mizanonline.ir/00218a خبرگزاری میزان Retrieved April 4, 2025, from

عباس نژاد , حسن. ۱۴۰۴ . استفاده از موتورهای برف رو برای پایش و حفاظت از پارک ملی لار در فصل سرما. خبرگزاری میزان.
https://www.mizanonline.ir/00KEnd

مرزبان پناه ماکلوانی، ن. و کریمی، س. .۱۴۰۳. تحلیل راهبردهای نوین برنامه‌ریزی محیط زیست در مد یریت و حفاظت از تنوع زیستی مناطق حفاظت شده: مطالعه موردی پارک ملی گلستان، یازدهمین همایش ملی مطالعات و تحقیقات نوین درحوزه زیست شناسی و علوم طبیعی ایران. تهران.

Anderson, K., and Gaston, K. J. 2013. The use of unmanned aerial vehicles in wildlife research. Journal of Wildlife Management, 77(6), 1350-1356.

Brooke, S., Graham, D. Jacobs, T., Littnan, Ch., Manuel, M. and O'Conner, R. 2015. Testing marine conservation applications of unmanned aerial systems (UAS) in a remote marine protected area. Journal of Unmanned Vehicle Systems Volume 3, Number 4..https://doi.org/10.1139/juvs-2015-0011

Crane, A., Moheb, Z., Groenendijk, A., and Janz, A. 2015. Monitoring wildlife and poaching using unmanned aerial vehicles. Journal of Environmental Management, 163, 149–157.
https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.08.031

Crawford, J. A., Maerz, J. C., and Nibbelink, N. P. 2018. Drone-based monitoring of avian migration: A new tool for bird migration research. Biological Conservation, 218, 49–56.
https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.11.035

De la Llata Quiroga, E. 2023. The use of unmanned aerial vehicles for wildlife research. BIOCYT Biología Ciencia Y Tecnología, 16, 1170–1187. https://doi.org/10.22201/fesi.20072082e.2023.16.86358

Eagles, P. F. J., McCool, S. F., and Haynes, C. D. 2002. Sustainable tourism in protected areas: Guidelines for planning and management. IUCN. Retrieved from
https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/PAG-008.pdf

Linchant, J. 2015. Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) in Environmental Monitoring: A Review of Applications. Science of the Total Environment, 547, 118-125.

lopez Oritz, M.J., Mencia, E., Jara-Céspedes, A.J., Manabe, A. and Fleitas, F. 2020. Unmanned aerial vehicle (UAV) a tool for conservation of natural protected areas of Paraguay. Rev. ciente. UCSA vol.7 no.3. https://doi.org/10.18004/ucsa/2409-8752/2020.007.03.014

Watson, J. E. M., Dudley, N., Segan, D. B., & Hockings, M. 2014. The performance and potential of protected areas. Nature, 515(7525), 67–73. https://doi.org/10.1038/nature13947

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-08]

Wilson, S. J., Hedley R. W., Mustafizur Rahman, M. and Bayne, E. M.2021. Use of an unmanned aerial vehicle and sound localization to determine bird microhabitat. HomeJournal of Unmanned Vehicle SystemsVolume 9, Number 1. https://doi.org/10.1139/juvs-2020-0021

Yuan, C., Zhang, Y., and Liu, Z. 2015. A survey on technologies for automatic forest fire monitoring, detection, and fighting using unmanned aerial vehicles and remote sensing techniques. Canadian Journal of Forest Research, 45(7), 783–792.

A Comparative Study of Modern Technologies in Protected Areas Conservation: From Ecosystem Modeling to the Use of Drones

Roshana Behbash[1]
Reza Hakimi Mofrad[2*]

1. Department of Environment, Ahv.C., Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.
2. Department of Fisheries, Ahv.C., Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.

[*]**Corresponding author:**
rhakimimofrad@gmail.com

Received date: **November/02/2025**
Accepted date: **January/08/2026**

Abstract

National Parks and Other Types of Protected Areas play an irreplaceable role in preserving biodiversity, ecosystem services, and natural heritage. With increasing environmental challenges such as climate change, wildfires, and human activities, the need for innovative strategies to conserve these areas is more pressing than ever. This paper presents a comparative analysis of emerging technologies used in national park conservation. A range of technologies are examined, including intelligent wildfire monitoring systems, multifunctional ecosystem service models (e.g., SWAT, InVEST, ARIES, VIC), and drone applications. Findings indicate that the smart wildfire monitoring system in Golestan National Park, which employs heat- and smoke-sensitive cameras, has enabled real-time and online alerts for potential fires. Additionally, ecosystem service models provide comprehensive evaluations of environmental services, thereby supporting more informed managerial decisions. Drones, with their ability to monitor inaccessible areas, collect high-quality data, and reduce operational costs compared to traditional methods, are also recognized as valuable tools in Protected Areas conservation. This study not only reviews the advantages and limitations of each technology but also addresses the challenges and opportunities ahead, offering practical recommendations for the more effective integration of these technologies in the sustainable management of Protected Areas.

Keywords: Protected Areas, Emerging Technologies, Ecosystem, Modeling, Drones.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-08]