



اهمیت درختان زیستگاهی در بوم‌سازگان‌های جنگلی در مناطق خشک و نیمه‌خشک

محسن جوانمیری پور^{۱*}، مهدی پورهایشی^۲

^{۱*} - استادیار پژوهش، بخش تحقیقات و آموزش جنگل و مرتع، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات و آموزش

ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران، رایانامه: mjavanmiri@ut.ac.ir | کد ارکید: 0000-0002-5825-9344

^۲ - استاد پژوهش، بخش تحقیقات جنگل، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۳/۰۴

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۲/۳۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۱/۳۱

چکیده

درختان زیستگاهی به‌عنوان عناصر اصلی بوم‌سازگان‌های جنگلی زاگرس، نقشی اساسی در حفظ تنوع زیستی، چرخه مواد غذایی، تنظیم اقلیم محلی، ذخیره کربن و حفاظت از ذخایر ژنتیکی ایفا می‌کنند. این درختان که غالباً بیش از ۱۵۰ سال عمر دارند و تنها ۳ تا ۵ درصد از تراکم جنگل را تشکیل می‌دهند، زیستگاه هزاران گونه جانوری و گیاهی هستند و می‌توانند تا ۶۰ درصد تنوع زیستی جنگل را حفظ کنند. ویژگی‌های ساختاری منحصربه‌فرد همچون حفره‌های طبیعی، پوست کنده شده، شاخه‌های شکسته و تاج پوشش پیچیده، شرایط زیستی مناسبی برای گونه‌های وابسته ایجاد می‌نماید. ارزش بوم‌شناختی و اقتصادی این درختان بسیار فراتر از ارزش چوب آنها است. همچنین، خدماتی چون کنترل طبیعی آفات، گرده‌افشانی و تنظیم دما و رطوبت محیط را فراهم می‌کنند. با این حال، تهدیدات ناشی از قطع بی‌رویه، مدیریت نادرست و تغییرات اقلیمی بقای آنها را با خطر مواجه ساخته است. از منظر ترویجی، حفاظت مؤثر از این درختان نیازمند رویکردی مشارکتی و آگاهی‌بخش است. در این رویکرد، دو راهبرد کلیدی شامل توانمندسازی جوامع محلی از طریق تشکیل گروه‌های پایش مشارکتی و آموزش همگانی با محوریت ارزش‌های غیرچوبی این درختان، با بهره‌گیری از رسانه‌های محلی و کارگاه‌های عملی، به‌طور هم‌زمان دنبال می‌شود. همچنین، تقویت قوانین و بهره‌گیری از فناوری‌های نوین، مانند GIS و پهپاد، می‌تواند حفاظت از درختان زیستگاهی را از یک ضرورت بوم‌شناختی فراتر برده و آن را به سرمایه‌گذاری اقتصادی و اخلاقی برای پایداری جنگل‌ها و رفاه نسل‌های آینده تبدیل کند.

واژه‌های کلیدی: تغییرات اقلیمی، تنوع زیستی، خدمات بوم‌سازگان، ذخایر ژنتیکی، مدیریت پایدار.

بیان مسئله

وقتی به جنگل‌های زاگرس نگاه می‌کنید، در نگاه نخست، درختان سالم و راست‌تنه بیش از سایر درختان توجه را به خود جلب می‌کنند. با این حال، درختان زیستگاهی با ویژگی‌هایی مانند تنه‌های ترک‌خورده، شاخه‌های شکسته و حفره‌های طبیعی، از ارزش بوم‌شناختی بالایی برخوردارند. این درختان، که به‌عنوان درختان زیستگاهی شناخته می‌شوند، نقش مهمی در حفظ تنوع زیستی، تأمین زیستگاه برای بسیاری از گونه‌های گیاهی و جانوری و پایداری بوم‌سازگان‌های جنگلی ایفا می‌کنند. بر اساس

گزارش سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (FAO)، جنگل‌های جهان هر سال نزدیک به ۶/۲ میلیارد تن دی‌اکسیدکربن جذب می‌کنند؛ یعنی حدود یک‌سوم آلودگی ناشی از سوخت‌های فسیلی. جنگل‌های بالغ نقش کلیدی در چرخه طبیعی آب دارند (Lindenmayer et al., 2017). برای نمونه، یک درخت بلوط تنومند در زاگرس می‌تواند در یک روز گرم تابستان بیش از ۳۷۰ لیتر آب را از اعماق خاک جذب کرده و از طریق تعرق، به‌صورت بخار آب وارد جو کند. این فرایند در چرخه آب و شکل‌گیری بارش‌های محلی نقش مهمی ایفا می‌کند.

به درختان قدیمی و دارای ویژگی‌های ساختاری ویژه، درختان زیستگاهی گفته می‌شود، زیرا این درختان علاوه بر نقش رویشی، زیستگاه گونه‌های متعددی از گیاهان، جانوران و سایر موجودات را فراهم می‌کنند (جوانمیری‌پور و اعتماد، ۱۴۰۳). یک درخت کهنسال می‌تواند میزبان بیش از ۲۰۰۰ گونه جانوری و گیاهی باشد (Winter & Michel, 2019). حالا اگر ارزش چوب چنین درختی را یک واحد فرض کنیم، ارزش خدماتی که این درخت برای محیط زیست انجام می‌دهد تا ۱۰۰ برابر بیشتر است (Watson et al., 2018).

متأسفانه، درختان زیستگاهی در جنگل‌های زاگرس با تهدیدهای جدی روبه‌رو هستند. حذف درختان پیر و خشکیده از جنگل‌های مدیریت‌شده می‌تواند جمعیت گونه‌های وابسته به این درختان را تا ۴۰ درصد کاهش دهد (Seibold et al., 2023). یعنی با حذف هر درخت کهنسال، یک آپارتمان هزار واحدی را تخریب کرده‌ایم. برای مقابله با این مشکل، اتحادیه بین‌المللی حفاظت از طبیعت (IUCN) پیشنهاد می‌کند در هر هکتار از جنگل، دست‌کم ۱۰ تا ۲۰ اصله درخت کهنسال را به عنوان خانه امن برای جانوران نگه داشته شود. برای نجات درختان زیستگاهی زاگرس، تهیه فهرست محلی از درختان مهم و قدیمی، آموزش مردم روستاها و باغداران درباره فواید این درختان، و اختصاص بودجه برای پایش طولانی‌مدت این سرمایه‌های طبیعی پیشنهاد می‌شود. آگاهی جوامع محلی از نقش درختان زیستگاهی در حفظ تنوع زیستی، کنترل طبیعی آفات و افزایش گرده‌افشانی، می‌تواند مشارکت آنان را در حفاظت از این درختان تقویت کند.

دستاوردها

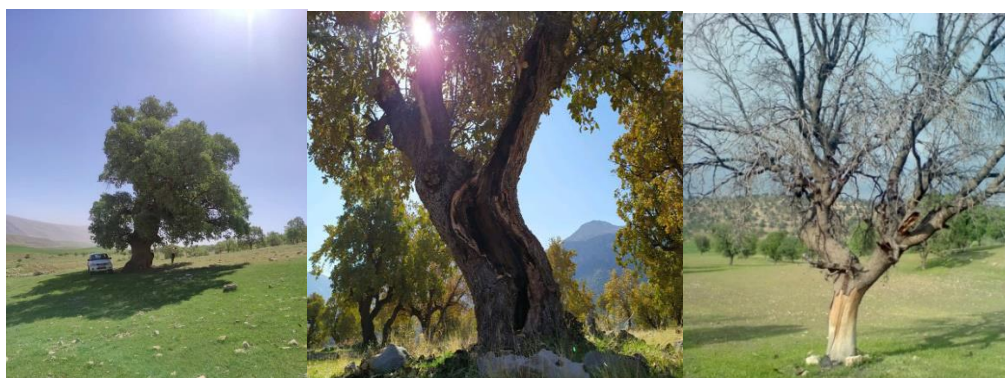
دستورالعمل گام‌به‌گام برای حفاظت از درختان زیستگاهی در زاگرس

برای حفاظت از درختان زیستگاهی زاگرس، نخست باید آن‌ها را در عرصه‌های جنگلی شناسایی کرد. هر درختی که دست‌کم یکی از ویژگی‌های زیر را داشته باشد، به‌عنوان درخت زیستگاهی ارزشمند ثبت می‌شود: وجود حفره‌ای با قطر حداقل پنج سانتی‌متر و عمق ۱۰ سانتی‌متر؛ شاخه خشک قطور با قطر بیش از ۱۰ سانتی‌متر و طول بیش از ۵۰ سانتی‌متر؛ پوست جداشده، ترک‌های عمیق یا پوسیدگی تنه همراه با رشد قارچ؛ یا وجود لانه فعال یا متروک پرندگانی مانند جغد، دارکوب یا سار صورتی. پس از شناسایی، موقعیت دقیق هر درخت با دستگاه GPS یا نرم‌افزار تلفن همراه، با دقت حداکثر پنج متر، ثبت و کد منحصربه‌فردی، مانند ZS-۰۲۳-۱۴۰۴، به آن اختصاص داده می‌شود. سپس حریم حفاظتی درخت با شعاعی دست‌کم دو برابر طول بزرگ‌ترین شاخه آن (معمولاً ۱۰ تا ۳۰ متر از تنه) تعیین می‌شود. در این محدوده، هرگونه قطع درخت، برداشت هیزم، چرای شدید دام، سوزاندن بقایا، احداث آغل و تردد ماشین‌آلات ممنوع است. مرز این حریم باید با میخ‌های چوبی رنگی یا سنگ‌چین، به‌گونه‌ای مشخص شود که برای جوامع محلی به‌راحتی قابل تشخیص باشد. برای تضمین حفاظت، ثبت درخت در سامانه محلی (دفتر دهیاری یا بنیاد علوی) ضروری است و در مقابل، به خانواده‌ای که از درخت محافظت کند، پاداش سالانه غیرنقدی مانند نفت سفید جایگزین هیزم، نهال رایگان یا اولویت در پروژه‌های توسعه روستا پرداخت می‌شود. پایش سالانه در شهرپور و مهر انجام می‌شود: وضعیت درخت، وضعیت حفره‌های طبیعی، حضور جانوران، عدم نقض حریم و نیاز به هرس اضطراری بررسی و در برگه پایش ثبت می‌گردد.

در نهایت، آموزش جوامع محلی در کارگاه سه‌ساعته شامل اهمیت درختان پوسیده، تمرین میدانی شناسایی، روش علامت‌گذاری، معرفی جایگزین‌های هیزم مانند کپسول گاز و تشویق کودکان با نقاشی و نام‌گذاری درختان ارائه می‌شود. احتمال می‌رود اجرای این دستورالعمل در یک حوزه آبخیز زاگرس مانند کرمانشاه، می‌تواند بقای درختان زیستگاهی را تا پنجاه درصد افزایش داده و بازگشت پرندگان شکاری را فراهم آورد.

درختان زیستگاهی و ویژگی‌های ساختاری منحصربه‌فرد آنها در زاگرس

درختان زیستگاهی در زاگرس، بر اساس سن بالا، وضعیت فیزیولوژیکی و ویژگی‌های ساختاری خاص از دیگر درختان جدا می‌شوند. این درختان معمولاً بیش از ۱۵۰ سال سن دارند و شامل سه دسته اصلی هستند: درختان کهنسال زنده، درختان در حال مرگ و خشک‌دارهای سرپا. درختان زیستگاهی معمولاً کمتر از پنج درصد درختان یک جنگل بالغ را تشکیل می‌دهند؛ با این حال، همین تعداد اندک، زیستگاه بخش قابل توجهی از تنوع زیستی جنگل است. از این رو، هر یک از این درختان در زاگرس گنجینه‌ای ارزشمند برای حفظ تنوع زیستی و پایداری بوم‌سازگان‌های جنگلی به‌شمار می‌آید (شکل ۱).



شکل ۱- درختان زیستگاهی در جنگل‌های گیلانغرب (عکس از محسن جوانمیری پور)

کارکردهای بوم‌شناختی متمایز درختان زیستگاهی زنده و مرده در زاگرس

درختان زیستگاهی در زاگرس خدمات بوم‌سازگانی ارزشمندی ارائه می‌دهند. درختان زنده با تاج‌های گسترده خود، شرایطی خنک و مرطوب در زیر تاج ایجاد می‌کنند و منبع غذایی مهمی برای بسیاری از جانوران به‌شمار می‌آیند؛ به‌گونه‌ای که بذر و میوه آن‌ها خوراک نزدیک به ۷۰ درصد از پرندگان جنگلی زاگرس را تأمین می‌کند. از سوی دیگر، درختان خشک و مرده نیز زیستگاه حدود ۴۰ درصد از بی‌مهرگان جنگلی هستند و با تجزیه تدریجی چوب، در بازگشت مواد غذایی به خاک و تداوم چرخه عناصر نقش مهمی ایفا می‌کنند. درختان زیستگاهی نقش کلیدی در حفظ تنوع زیستی دارند. هر درخت زیستگاهی می‌تواند زیستگاه یا پناهگاهی برای تا ۲۰۰۰ گونه گیاهی و جانوری فراهم کند. حفره‌های طبیعی این درختان، با قطری بین ۵ تا ۵۰ سانتی‌متر، محل آشیانه‌سازی حدود ۶۵ درصد از پرندگان حفره‌نشین، مانند دارکوب و جغد، است. همچنین، پوست جداشده و شیارهای تنه، پناهگاه حدود ۸۵ درصد از بی‌مهرگان چوب‌زی را فراهم می‌کند (شکل ۲).



شکل ۲- اهمیت درختان زیستگاهی در حفظ تنوع زیستی در جنگل‌های زاگرس (عکس از محسن جوانمیری پور)

چرخه مواد غذایی به عنوان موتورهای بازیافت طبیعی

درختان زیستگاهی در زاگرس نقش بسیار مهمی در چرخه مواد مغذی و حاصلخیزی خاک ایفا می‌کنند. چوب پوسیده این درختان تا سه برابر سریع‌تر از بقایای گیاهی معمولی تجزیه می‌شود و هر مترمکعب از آن، میزبان بیش از ۱۰۰ میلیون باکتری و بیش از ۱۰۰ هزار قارچ تجزیه‌کننده است. نتیجه این فرآیند، خاکی غنی‌تر و زنده‌تر است. خاک زیر این درختان تا ۴۰ درصد مواد آلی بیشتر دارد و میزان نیتروژن و فسفر در آن دو تا سه برابر دیگر نقاط جنگل است (شکل ۳).



شکل ۳- نقش درختان زیستگاهی در چرخه مواد غذایی در جنگل‌های زاگرس (عکس از محسن جوانمیری پور)

تنظیم اقلیم محلی به عنوان سیستم‌های تهویه طبیعی

این درختان تأثیر چشمگیری بر شرایط محیطی محلی در زاگرس دارند. آن‌ها می‌توانند دمای روزانه تابستان را تا ۱۰ درجه سانتی‌گراد کاهش داده و رطوبت نسبی هوا را تا ۲۵ درصد افزایش دهند. تاج‌پوشش گسترده آن‌ها تبخیر از سطح خاک را تا $\frac{2}{3}$ برابر کاهش می‌دهد و سرعت باد را در فاصله ۱۰ متری از تنه تا $\frac{4}{5}$ برابر کم می‌کند (شکل ۴).

پناهگاه‌های اقلیمی زاگرس (هر درخت، یک بوم‌سازگان کوچک)

درختان زیستگاهی در زاگرس تأثیر شگفت‌انگیزی بر شرایط محیطی اطراف خود دارند. در یک روز گرم تابستان، زیر سایه همین درختان دما تا ۱۰ درجه سانتی‌گراد خنک‌تر از فضای باز می‌شود و رطوبت نسبی هوا تا ۲۵ درصد افزایش می‌یابد (شکل ۴).



شکل ۴- درختان زیستگاهی به عنوان بانک‌های زنده ژنتیکی در جنگل‌های زاگرس (عکس از محسن جوانمیری‌پور)

تهدیدهای پیش روی درختان زیستگاهی در زاگرس

خشکیدگی بلوط در اثر خشکسالی، آلودگی هوا، قارچ‌ها و آفات، میلیون‌ها درخت را نابوده کرده است. برداشت غیرمجاز هیزم و زغال، چرای بی‌رویه دام، آتش‌سوزی‌های گسترده و جاده‌سازی بدون مطالعه بوم‌شناختی، هر یک به سهم خود جنگل را تخریب می‌کنند. از سوی دیگر، حذف خشک‌دارها (از روی ناآگاهی) نقش کلیدی آن‌ها را در چرخه مواد مغذی و زادآوری طبیعی نادیده می‌گیرد. برای نجات زاگرس، جنگل‌بانان باید گشت‌های منظم داشته باشند، بهره‌برداران محلی توانمند شوند و دهیاری‌ها در اطلاع‌رسانی و اطفای حریق پیشقدم گردند. تهیه بانک اطلاعاتی، برنامه مدیریتی متناسب با هر منطقه، آموزش جوامع محلی و ایجاد مناطق حفاظت‌شده از راهکارهای ضروری است. تنها با همراهی مردم و مسئولان است که این سرمایه سبز برای نسل‌های آینده باقی می‌ماند.

سیستم‌های شناسایی و پایش پیشرفته در زاگرس

امروز فناوری‌های نوین می‌توانند نقش بسیار مهمی در نجات درختان زیستگاهی زاگرس ایفا کنند. با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای با وضوح بالا و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی، می‌توان جایگاه دقیق هر درخت بلوط را روی نقشه آورد و از پراکندگی آن‌ها آگاه شد. نصب برچسب‌های الکترونیکی RFID (سامانه شناسایی با امواج رادیویی) روی درختان، امکان شناسایی سریع و اختصاص شناسه منحصر به فرد به هر درخت را فراهم می‌کند. با اسکن این برچسب‌ها، اطلاعات ثبت‌شده در پایگاه داده، مانند قطر تنه، وضعیت سلامت، موقعیت مکانی و سوابق پایش، به سرعت قابل دسترسی و به‌روزرسانی است. همچنین پهپادهایی که دوربین‌های چندطیفی دارند، می‌توانند از سخت‌ترین و دورافتاده‌ترین بخش‌های زاگرس هم بازدید کنند و وضعیت درختان را پایش نمایند.

برنامه‌های حفاظت مشارکتی جامع در زاگرس

حفاظت از درختان زیستگاهی زاگرس تنها با ابزار و فناوری ممکن نیست، بلکه مهم‌تر از همه، مشارکت خود مردم است. تشکیل گروه‌های مردمی از روستاییان و عشایر بومی، دانشجویان و دوستداران طبیعت، می‌تواند شبکه‌ای گسترده برای پایش و گزارش‌دهی سریع تهدیدها ایجاد کند. راه‌اندازی صندوق‌های حمایتی با کمک بخش خصوصی نیز منابع مالی پایدار برای طرح‌های حفاظتی فراهم می‌آورد. از سوی دیگر، توسعه اکوتوریسم مسئولانه با طراحی مسیرهای کنترل‌شده، ضمن ایجاد درآمد برای مردم محلی، آگاهی عمومی را هم افزایش می‌دهد.

پویش‌های آموزشی و ترویجی

آموزش همگانی، کلید اصلی حفاظت پایدار از درختان زیستگاهی زاگرس است. اگر مفاهیم مرتبط با ارزش‌های بوم‌شناختی این درختان در کتاب‌های درسی گنجانده شود، نسل آینده با اهمیت این میراث طبیعی آشنا خواهد شد و در حفظ آن مسئولانه‌تر

عمل خواهد کرد. ساخت مستندهای علمی جذاب که نقش بلوط‌های پیر را در زندگی پرندگان و جانوران نشان دهد، درک مردم را از اهمیت این درختان بیشتر می‌کند. برگزاری کارگاه‌های آموزشی برای جنگلبانان و کارشناسان منابع طبیعی نیز آنان را با جدیدترین روش‌های علمی مدیریت آشنا می‌سازد.

تقویت چارچوب‌های قانونی در زاگرس

برای حفاظت از درختان زیستگاهی زاگرس، آگاهی و فناوری به‌تنهایی کافی نیست، بلکه وجود پشتوانه حقوقی و قانونی نیز ضروری است. تدوین و اجرای قوانینی که قطع غیرمجاز این درختان را با جریمه‌های بازدارنده همراه سازد، می‌تواند نقش مؤثری در پیشگیری از تخریب آن‌ها داشته باشد. در کنار آن، طراحی نظام تشویقی مانند معافیت‌های مالیاتی یا تسهیلات ویژه برای روستاییان و دامدارانی که از درختان حفاظت کنند، آن‌ها را به همکاری بیشتر ترغیب می‌کند.

راهکارهای مدیریتی نوین در زاگرس

مدیریت جنگل‌های زاگرس که میزبان درختان زیستگاهی هستند، به رویکردهای نوینی نیاز دارد. یکی از این راهکارها، تعیین منطقه حائل (نوار حفاظتی) با شعاع دست‌کم ۵۰ متر در اطراف درختان ارزشمند است. ایجاد بانک‌های بذر و نهالستان‌های تخصصی نیز به حفظ ذخایر ژنتیکی ارزشمند و بازسازی جنگل‌های زاگرس کمک خواهد کرد. در نهایت، ایجاد شبکه‌های ملی و بین‌المللی برای تبادل اطلاعات و تجربه‌ها، زمینه هماهنگی، یادگیری متقابل و بهره‌گیری از تجربه‌های موفق در حفاظت از این میراث طبیعی را فراهم می‌سازد.

جمع‌بندی و توصیه‌های ترویجی

۱. برای حفاظت از درختان زیستگاهی زاگرس، جنگلبانان و کارشناسان منابع طبیعی باید در حاشیه جاده‌های جنگلی هر ۵۰ متر یک نوار آتش‌بر ایجاد کنند.
۲. بهره‌برداران چوب هنگام برداشت، ملزم به باقی گذاشتن دست‌کم ۱۰ اصله درخت مادری با قطر بیش از ۵۰ سانتی‌متر، بدون آفت و دارای تاج سالم به فاصله ۱۰۰ متر از یکدیگر باشند.
۳. در نهایت، مدیران اجرایی باید دست‌کم ۱۵ درصد از اعتبارات استانی را به حفاظت مشارکتی با جوامع محلی اختصاص دهند. قرارداد سه‌ساله حفاظت در برابر آتش با هر دهیاری منعقد شود و پرداخت‌های تعهدشده بیش از یک ماه به تأخیر نیفتد، زیرا این امر انگیزه مردم محلی را کاهش می‌دهد.

فهرست منابع

- جوانمیری‌پور، م. و اعتماد، و.، ۱۴۰۳. مطالعه درختان زیستگاهی در توده‌های آمیخته و میان‌بند در جنگل‌های هیرکانی (پژوهش موردی: جنگل خیرود نوشهر). تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۳۲(۱): ۲۹-۴۵.
- Błońska, E., Ważny, R., Górski, A., and Lasota, J., 2024. Decomposing benefits: Examining the impact of beech deadwood on soil properties and microbial diversity. *Science of The Total Environment*, 930: 172774.
- Lindenmayer, D.B., and Laurance, W.F., 2017. The ecology, distribution and conservation of large old trees. *Biological Conservation*, 211: 104-115.
- Michel, A.K., and Winter, S., 2019. Structural characteristics of habitat trees. *Forest Ecology and Management*, 432: 478-487.
- Watson, J.E.M., Evans, T., Venter, O., Williams, B., Tulloch, A., &, 2018. The exceptional value of intact forest ecosystems. *Nature Ecology and Evolution*, 2(4): 599-610.



The importance of Tree-related microhabitats in forest ecosystems in Iran's arid and semi-arid regions

Mohsen Javanmiri Pour ^{1*}, Mahdi Porhashemi ²

1* - Assistant Professor, Agriculture and Natural Resources Research and Education Center in Kermanshah Province, Agricultural Research, Extension and Education Organization (AREEO), Kermanshah, Iran. Email: mjavanmiri@ut.ac.ir | ORCID ID: [0000-0002-5825-9344](https://orcid.org/0000-0002-5825-9344)

2 - Professor, Forest Research Division, Forest and Rangeland Research Institute, Agricultural Research, Extension and Education Organization (AREEO), Tehran, Iran

Received: 20/April/2026 Revised: 20/May/2026 Accepted: 25/May/2026

Abstract

Habitat trees, as key elements of the Zagros forest ecosystems, play a fundamental role in maintaining biodiversity, nutrient cycling, local climate regulation, carbon storage, and conserving genetic resources. These trees, often over 150 years old and comprising only 3–5% of forest density, provide habitats for thousands of animal and plant species and can sustain up to 60% of forest biodiversity. Their unique structural features such as natural cavities, peeling bark, broken branches, and complex canopies create favorable living conditions for dependent species. The ecological and economic value of these trees far exceeds their timber worth. Moreover, they provide services including natural pest control, pollination, and regulation of ambient temperature and humidity. However, threats from indiscriminate logging, improper management, and climate change endanger their survival. From an extension perspective, effective conservation of these trees requires a participatory and awareness-raising approach. In this framework, two key strategies are pursued simultaneously: empowering local communities through the formation of participatory monitoring groups, and public education focused on the non-timber values of these trees, using local media and practical workshops. Furthermore, strengthening regulations and employing modern technologies such as GIS and drones can elevate the conservation of habitat trees beyond an ecological necessity, transforming it into an economic and ethical investment for forest sustainability and the well-being of future generations.

Keywords: Biodiversity, climate change, ecosystem services, genetic resources, sustainable management.