

## برآورد تغییر ارزش خدمات حفاظت خاک و آب در بومسازگان جنگلی زاگرس تحت سناریوهای تغییر تاج پوشش درختی

جلال هناره خلیانی<sup>۱\*</sup>، مجید مخدوم<sup>۲</sup> و منوچهر نمیرانیان<sup>۲</sup>

\*- نویسنده مسئول، استادیار پژوهش، بخش تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان

تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران. پست الکترونیک: jhenareh@gmail.com

۲- استاد، گروه جنگل‌داری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۲۹

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۵/۱۸

### چکیده

باتوجه به وضعیت خاص اجتماعی- اقتصادی حاکم بر جنگل‌های زاگرس و شدت وابستگی معیشتی مردم محلی به آن‌ها، شرایط لازم برای تشدید بهره‌برداری و کاهش خدمات این بومسازگان وجود دارد. هدف پژوهش پیش‌رو، برآورد اقتصادی ارزش خدمات حفاظت خاک و آب به‌عنوان مهم‌ترین کارکردهای تنظیمی جنگل‌های زاگرس در حوضه سروآباد استان کردستان است. برای این منظور، تغییرات ارزش این کارکردها در دو سناریو شامل افزایش تاج پوشش جنگل‌های مورد مطالعه به ۳۰ تا ۵۰ درصد (سناریو اول) و تبدیل آن‌ها به جنگل‌های تنک با تاج پوشش پنج درصد (سناریو دوم) بررسی شد. براساس نتایج به‌دست آمده، ارزش میانگین سالانه برای خدمات حفاظت خاک (حفظ اراضی در برابر فرسایش و کنترل رسوب) و آب در حوضه سروآباد به ترتیب برابر با ۲۷۰۰۲/۸۲ و ۷۹۰۰۰۰ ریال در هکتار بودند. در صورت بروز سناریو اول، ارزش سالانه کارکردهای حفاظت خاک و آب به ترتیب ۳۴/۸۳ و ۲۹/۹۶ درصد افزایش خواهند یافت، درحالی‌که با فرض سناریو دوم به ترتیب ۳۷/۳ و ۳۳/۵۴ درصد از ارزش این کارکردها کاسته می‌شود. کاهش ارزش خدمات بومسازگان مورد مطالعه در اثر سناریو کاهش تاج پوشش درختی در این منطقه تأکیدی بر اهمیت حفاظت، احیا و بازسازی جنگل‌های زاگرس برای تداوم خدمات ارزشمند آن است.

واژه‌های کلیدی: ارزش خدمات بومسازگان، تاج پوشش، سناریو.

### مقدمه

محیط‌زیست و منابع طبیعی تجدیدشونده در هر کشور به‌عنوان زیربنای فعالیت‌های دیگر، نقش مهمی در اقتصاد ملی دارند. عدم شناخت جامع و کمی ارزش‌ها و کارکردهای این بومسازگان‌های طبیعی به‌عنوان یکی از عوامل مؤثر بر کاهش کیفیت و عملکرد آن‌ها مطرح است. در واقع، فقدان آگاهی علمی از جنبه‌های مختلف ارزش اقتصادی تولیدات و خدمات بومسازگان‌ها در کنار عوامل گوناگون دیگر، تخریب و تغییر

کاربری اراضی جنگلی را به سود فعالیت‌های دیگر توجیه پذیر می‌کند. انسان در نیم‌قرن گذشته، بومسازگان‌ها را بیشتر از هر دوره زمانی دیگری در تاریخ بشر تغییر داده است (MEA, 2005). این باور که تأثیر انسان بر محیط‌زیست هم پیشرفت‌گرا و هم منفی است، ریشه طولانی دارد. در ابتدا، حضور گونه بشر در طبیعت با جمعیت کمی همراه بود. سپس، انسان با دسترسی آزادانه به جنگل‌ها و اراضی طبیعی دیگر، زمین‌های زراعی را گسترش داد. به‌دنبال آن، جمعیت، صنعت

دارند (Costanza et al., 1997).

برخی از پژوهشگران، خدمات بوم‌سازگان را فرایندهایی معرفی کرده‌اند که مربوط به رفاه بشر هستند، درحالی‌که این منافع، نتایج خدمات بوم‌سازگان هستند و رابطه مستقیمی با رفاه انسان دارند. در نتیجه، منافع مذکور، معنای اقتصادی پیدا می‌کنند. کارکردهای بوم‌سازگان‌های طبیعی و کالاها و خدمات ناشی از آنها، دامنه‌ای گسترده دارند. تعداد زیادی از این کارکردها در کتاب‌ها و مقاله‌های علمی معرفی شده‌اند. به منظور تعیین یک چهارچوب مناسب برای ارزش‌گذاری جامع، کارکردهای بوم‌سازگان‌های طبیعی به چهار گروه اصلی شامل کارکردهای تنظیمی، زیستگاهی، تولیدی و اطلاعاتی تقسیم شده‌اند (De Groot et al., 2002). Costanza و همکاران (۲۰۱۴) ارزش کل کاهش خدمات بوم‌سازگان در مقیاس جهانی را به دلیل تغییر کاربری اراضی ۴/۳ تا ۲۰/۲ تریلیون دلار در سال برآورد کردند. چنین پژوهش‌هایی که تغییرات خدمات بوم‌سازگان را برپایه واحد پولی بیان می‌کنند، می‌توانند توجه جهانی را به مقوله تخریب بوم‌سازگان و تغییر کاربری زمین معطوف کنند. برآورد ارزش خدمات بوم‌سازگان‌های جنگلی، تصمیم‌گیری در مدیریت جنگل را از حالت قدیمی و بالا به پایین خارج می‌کند و به مرحله‌ای جدید برپایه مدیریت پایدار بوم‌سازگان وارد می‌کند. طی سال‌های اخیر در سراسر جهان، تلاش‌های زیادی در زمینه توسعه روش‌های ارزش‌گذاری و مدیریت جامع در جنگل‌ها صورت گرفته است (Dai et al., 2006).

نتایج Arowolo و همکاران (۲۰۱۸) در زمینه ارزیابی اثرات پتانسیل کاربری زمین بر تغییر خدمات بوم‌سازگان در نیجریه بیانگر کاهش ۴/۸۳ درصدی از ارزش خدمات بوم‌سازگان‌های طبیعی طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ بود. در بین خدمات بررسی‌شده در پژوهش مذکور، بیشترین کاهش ارزش (۱۱/۰۱- درصد) برای خدمت تنظیم آب به دست آمد. همچنین، به علت گسترش کشاورزی در ساوانا و اراضی جنگلی، ۷۰ درصد از کارکردهای خدمات بوم‌سازگان در نیجریه طی بازه زمانی مذکور تخریب شدند. Wang و همکاران (۲۰۱۸) با استفاده از سه سناریو شامل روند معمول

و اقتصاد رشد کردند، اما طی دهه‌های اخیر، توسعه ناپایدار و تخریب بوم‌سازگان‌ها مشکل‌ساز شده‌اند (Arnold, 2001). تغییر کاربری اراضی، یکی از مستقیم‌ترین راه‌های دست‌کاری بشر در چرخه‌های محیط‌زیستی و خدمات بوم‌سازگان است. آگاهی در زمینه چگونگی ایجاد این تغییرات، لازمه اقدامات مدیریتی مناسب به منظور ارتقا خدمات متنوع بوم‌سازگان از جمله کارکردهای حفاظت از خاک و تنظیم چرخه آب‌شناختی است. براساس آمار اعلام‌شده توسط سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (FAO, 2020) طی دهه گذشته (۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰) هر ساله ۴/۷ میلیون هکتار از جنگل‌های جهان در اثر عوامل تخریبی مختلف از دسترس خارج شدند. طی یک قرن گذشته نیز نیمی از تالاب‌های جهان تخریب یا تخلیه شده‌اند. از سال ۱۹۸۰ تاکنون ۲۰ درصد (۳/۶ میلیون هکتار) از سطح کل جنگل‌های کِشندی (Mangrove forests) در جهان از بین رفته‌اند. متوقف و معکوس کردن روند تخریب بوم‌سازگان‌های طبیعی و افزایش آگاهی در مورد مزایای قابل ملاحظه و ضرورت بازیابی و احیا آنها، ایده اصلی چالش احیای بوم‌سازگان توسط سازمان ملل متحد (The UN Decade on Ecosystem Restoration) در دهه ۲۰۲۱ تا ۲۰۳۰ را تشکیل می‌دهند (Henareh Khalyani & Pourhashemi, 2021).

رویکرد بوم‌سازگانی مدیریت منابع، راهبردی برای مدیریت یکپارچه سرزمین، آب و منابع زنده دیگر است که سبب حفاظت و استفاده پایدار از آنها در یک مسیر عادلانه می‌شود. این راهبرد، مردم و نیز نیازهای فرهنگی و اجتماعی متنوع آنها را به‌عنوان بخشی جدایی‌ناپذیر از بوم‌سازگان به‌رسمیت می‌شناسد. براساس رویکرد بوم‌سازگانی، توسعه واقعی زمانی اتفاق می‌افتد که از منابع طبیعی به‌طور منطقی استفاده شود و پیامدهای بوم‌شناختی برنامه‌های توسعه کمینه شوند. یکی از عوامل مهم به‌منظور قرارگیری در مسیر توسعه پایدار، توجه به اهمیت و ارزش منابع طبیعی است، بنابراین کمی‌سازی ارزش‌های بوم‌سازگان از یک سو و برآورد مخاطرات و پیامدهای محیط‌زیستی برنامه‌های توسعه از سوی دیگر، اهمیت بسزایی در تنظیم روند بهره‌برداری از این منابع

بوم‌سازگان در دنیا و ایران اشاره کرد. گسترش این پژوهش‌ها می‌تواند در بهبود سیاست‌های مدیریتی حوزه مدیریت منابع طبیعی کشور به‌ویژه در جنگل‌های زاگرس مؤثر باشد.

بوم‌سازگان زاگرس با قرارگیری در مناطق نیمه‌خشک و کوهستانی ایران با کمبود اراضی زراعی مناسب مواجه است. از سوی دیگر، همراه با رشد جمعیت، افزایش تعداد دام و گسترش تخریب جنگل‌های این منطقه به‌منظور توسعه زمین‌های کشاورزی و تأمین سوخت طی دهه‌های اخیر، این بوم‌سازگان به کانون بحران محیط‌زیستی در غرب کشور تبدیل شده است. با وجود صرف هزینه‌های زیاد به‌منظور اعمال مدیریت فنی بر جنگل‌های زاگرس، به دلیل عدم وجود یک الگوی مناسب در بهره‌برداری از این عرصه‌های طبیعی، توان آن‌ها روزبه‌روز در حال کاهش است، درحالی‌که خسارت‌های ناشی از کاهش توان بازیابی و استمرار این جنگل‌ها تشدید شده‌اند. نقش جنگل‌های زاگرس در معیشت و اقتصاد خانوارهای روستایی و جنگل‌نشین، بسیار پررنگ است (Henareh Khalyani *et al.*, 2014). به‌طورکلی در منطقه زاگرس، مسائل اجتماعی- اقتصادی جوامع محلی، ارتباط تنگاتنگی با جنگل دارند (Sagheb Talebi *et al.*, 2014). پژوهشگران زیادی، ارتباط مسائل اجتماعی- اقتصادی با مدیریت جنگل‌های زاگرس را بررسی کرده‌اند. از جمله Ghazanfari و همکاران (۲۰۰۴) با ارزیابی مدیریت عرفی در جنگل‌های زاگرس شمالی، نوعی جنگلداری اجتماعی همراه با مدیریت مشارکتی در این مناطق را گزارش کردند. Soltani و همکاران (۲۰۱۴) بیان کردند که هیچ مدرکی مبنی بر اینکه خانواده‌های فقیر یا با وابستگی زیاد به جنگل‌های زاگرس، بیشتر از دیگران در تخریب این جنگل‌ها مؤثر هستند، وجود ندارد. براساس نتایج پژوهش مذکور، پیوند فقر و جنگل به‌شدت تحت تأثیر تراکم جمعیت، ظرفیت برد جنگل‌ها و نهادهای فعال در زمینه مدیریت جنگل است. Salehi و همکاران (۲۰۱۰) با بررسی وابستگی معیشتی جوامع محلی به منابع جنگلی زاگرس جنوبی گزارش کردند که خانوارهای با درآمد خارج از جنگل به‌طور معنی‌داری وابستگی معیشتی کمتری به این بوم‌سازگان‌ها دارند.

(Business as Usual: BAU)، توسعه سریع اقتصادی (Rapid Economic Development: RED) و حفاظت از اراضی بوم‌شناختی (Ecological Land Protection: ELP)، روند تغییرات خدمات بوم‌سازگان در شهر ووهان چین را طی سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۳۰ پیش‌بینی کردند. براساس نتایج آن‌ها، در سناریوهای BAU، RED و ELP به‌ترتیب ۱۸، شش و دو درصد از خدمات بوم‌سازگان طی دوره مذکور کاهش خواهند یافت. Hoonchong و همکاران (۲۰۱۷) با بررسی تغییر در ارزش خدمات بوم‌سازگان با رویکرد انتقال منافع و با استفاده از مجموعه ضریب‌های ارزش‌گذاری منیع در حوضه رودخانه سن آنتونیو در ایالت تگزاس آمریکا گزارش کردند که ارزش خدمات بوم‌سازگان طی دوره زمانی بررسی‌شده (سال‌های ۱۹۸۴، ۱۹۹۵ و ۲۰۱۰) به‌شدت کم شده بود. Jing و Zhiyuan (۲۰۱۱) با بررسی تغییر ارزش خدمات بوم‌سازگان در پاسخ به تغییرات کاربری اراضی در فلات لوئیس چین نشان دادند که طی سال‌های ۱۹۷۸ تا ۲۰۰۴ ارزش اقتصادی کارکردهای تثبیت کربن و حفاظت آب به‌ترتیب افزایش و کاهش یافته بود.

پژوهش‌های متعددی برای کمی‌سازی خدمات بوم‌سازگان در جنگل‌ها و مراتع ایران انجام شده‌اند. از جمله آن‌ها می‌توان به Amirnejad (۲۰۰۵)، Panahi (۲۰۰۵)، Mobarghai، Dinan (۲۰۰۹)، Molaei (۲۰۰۹)، Mousavi و همکاران (۲۰۱۴) و Henareh Khalyani (۲۰۱۷) اشاره کرد. Kamyab و Shabani (۲۰۱۹) با بررسی تأثیر تغییر کاربری زمین بر خدمات بوم‌سازگان در استان گلستان نشان دادند که بیشترین افزایش کاربری طی سال‌های ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۴ مربوط به گسترش مناطق انسان‌ساخت بوده است. طی این دوره، خدمات بوم‌سازگانی کاربری جنگل از ۱۷۲۲ میلیون دلار به ۹۵۲ میلیون دلار کاهش یافته بود. علی‌رغم تفاوت در روش‌ها و رویکردهای کمی‌سازی ارزش خدمات بوم‌سازگان و نوع خدمات مورد بررسی تاکنون در پژوهش‌های اندکی، روند و مقدار تغییرات ارزش خدمات ناشی از روش‌های مختلف مدیریتی ارزیابی شده است. از دلایل آن می‌توان به نوپا بودن ارزش‌گذاری خدمات

## مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوضه جنگلی سروآباد در موقعیت جغرافیایی "۵۵' ۱۷" ۳۵° تا "۴۷' ۲۱" ۳۵° عرض شمالی و "۱۲' ۲۱" ۴۶° تا "۳۲" ۴۶' ۲۵" طول شرقی در داخل حوضه آبخیز رودخانه سیروان واقع شده است. این حوضه در بالادست شهرستان سروآباد در ۵۰ کیلومتری شمال غرب شهرستان سنندج قرار دارد. مساحت محدوده مطالعاتی ۳۲۲۹/۸۲۵ هکتار بود. شرایط توپوگرافی و قرارگیری این منطقه در موقعیت جریان‌ها و توده‌های هوایی خاص باعث شده است تا اقلیم بیشتر نقاط آن براساس روش آمبرژه، مرطوب سرد با بارندگی ۶۹۷/۳ میلی‌متر و دمای متوسط ۱۴/۲ درجه سانتی‌گراد در سال باشد. حوضه آبخیز مورد مطالعه در دامنه ارتفاعی ۱۰۵۰ تا ۲۶۵۰ متر از سطح دریا قرار دارد (Anonymous, 2011). وجود کوه‌های اورامانات و شاهو و رطوبت ابرهای باران‌زای مدیترانه‌ای، شرایط را برای استقرار پوشش جنگلی در این منطقه فراهم کرده است. مراکز جمعیتی حوضه شامل روستاهای ترخان‌آباد، محمودآباد، سروآباد بالا و شهر سروآباد هستند.

جنگل‌های منطقه مورد مطالعه در چند دهه گذشته، تراکم زیادی داشتند. مناطق جنگلی با تاج‌پوشش زیاد و تراکم بسیار خوب در قبرستان‌ها و مناطق مقدس، تأییدکننده این مطلب هستند. هم‌اکنون، قسمت عمده‌ای از این جنگل‌ها تخریب شده‌اند و درختان موجود در آن دوباره به صورت پاجوش و ریشه‌جوش رشد کرده‌اند. در نتیجه، بیشتر درختان در منطقه مورد مطالعه به صورت شاخه‌زاد، کوتاه‌قد، پرشاخه و فاقد تنه واحد هستند.

### روش پژوهش

در گام اول این پژوهش، تولیدات و خدمات مورد بررسی کمی‌سازی شد. در گام دوم، تقویم ارزش اقتصادی آن‌ها از طریق محاسبه‌های مالی و ارزش‌های پولی انجام گرفت. براساس خصوصیات منطقه مورد مطالعه، مرز مناطق همگن

جنگل‌های زاگرس به جز کارکردهای معیشتی، اجتماعی-اقتصادی و اطلاعاتی، جایگاه مهمی نیز در زمینه کارکردهای تنظیمی در سطح کشور دارند. این جنگل‌ها بیشتر از یک‌سوم نزولات آسمانی سالانه ایران را دریافت می‌کنند و سرمنشأ ۴۰ درصد از رودخانه‌های کشور (با تولید ۵۰ میلیارد متر مکعب آب در سال) هستند که فلات مرکزی ایران را مشروب می‌کنند (Henareh Khalyani & Audrey, 2013).

تخریب روزافزون بوم‌سازگان جنگلی زاگرس در سال‌های اخیر، ضرورت توسعه پژوهش‌های ارزش‌گذاری در این منطقه را به منظور افزایش آگاهی سیاست‌گذاران و تصمیم‌گیران درباره منافع اقتصادی حاصل از مدیریت پایدار این سرزمین نشان می‌دهد (Henareh Khalyani et al., 2018). تعیین بهترین نوع مدیریت یا کاربری یا ترکیبی از کاربری‌های اراضی به‌علت وجود بسیاری از عوامل فنی، اقتصادی و اجتماعی در بیشتر موارد، ساده نیست. اولویت‌بندی کارکردهای جنگل بر مبنای ارزیابی ارزش خدمات بوم‌سازگان و بهینه کردن برنامه‌های مدیریتی براساس ارزش این خدمات، لازمه تغییر نگاه تک‌بعدی به جنگل‌ها به‌عنوان منبع تولید کالاها و معیشتی جوامع ساکن درون جنگل و خدمات بوم‌سازگان است.

پژوهش پیش‌رو به منظور ایجاد دیدگاه کمی در ارزش اقتصادی خدمات بوم‌سازگان جنگل‌های زاگرس و بررسی تغییرات ارزش خدمات حفاظت خاک و آب در ارتباط با نوع مدیریت در بوم‌سازگان جنگلی و تغییرات تاج‌پوشش آن انجام شد. به منظور دستیابی به اهداف پژوهش، ارزش خدمات حفاظت خاک و آب در حوضه سروآباد استان کردستان بررسی شد. از آنجایی‌که ارزش‌های بوم‌شناختی جنگل، وابستگی زیادی به تراکم و تاج‌پوشش درختی دارند، در سناریوهای طراحی‌شده، مقدار تغییرات ارزش خدمات مذکور با تغییرات درصد تاج‌پوشش درختی به‌عنوان مهم‌ترین عامل مدیریتی در جنگل‌های زاگرس بررسی شد. نوآوری این پژوهش شامل برآورد مقدار تغییر در ارزش خدمات خاک و آب بر مبنای تغییر خصوصیات سرزمین در بوم‌سازگان جنگلی زاگرس است.

در هکتار در سال برآورد شد.

$$Q_s = 38.77 \times e^{0.0353R} \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$Q_s = 0.253 \times e^{0.036R} \quad \text{رابطه (۳)}$$

که در آن‌ها،  $Q_s$  تولید سالانه رسوب در واحد سطح،  $e$  عدد ثابت نپرین و  $R$  ضریب نمایی (مجموع اعداد عوامل نه‌گانه در روش اصلاح‌شده پسیاک) هستند. در نهایت برای برآورد فرسایش با استفاده از مقدار رسوب تولیدی از معیار نسبت تحویل رسوب و مقدار کنترل فرسایش توسط بوم‌سازگان جنگلی با توجه به مساحت واحدها و وضعیت بافت خاک (متوسط) استفاده شد. با برآورد مقدار فرسایش در واحدهای مختلف از جمله فرسایش خاک در اراضی جنگلی (با درجه‌های مختلف تاج‌پوشش) و اراضی فاقد پوشش جنگلی، مقدار کاهش فرسایش خاک به وسیله بوم‌سازگان جنگلی محاسبه شد.

به منظور برآورد ارزش اقتصادی نقش پوشش جنگلی در کنترل فرسایش، نقشه‌های زمین‌شناسی، طبقات شیب، کاربری اراضی و تراکم جنگل تهیه شدند. این نقشه‌ها پس از کنترل، روی هم‌اندازی شدند و نقشه واحدهای همگن به دست آمد. پس از تعیین خاک حفظ‌شده توسط بوم‌سازگان جنگلی در هکتار ( $St$ ) با ضرب مقدار آن در مساحت جنگل ( $A$ )، مقدار کل خاک حفظ‌شده توسط جنگل ( $S$ ) محاسبه شد (رابطه ۴):

$$S = St \times A \quad \text{رابطه (۴)}$$

برآورد ارزش اقتصادی کارکرد حفاظت خاک با به‌کارگیری رابطه (۵)، اگر عمق خاک مناسب برای زراعت در منطقه  $d$  متر (به‌طور متوسط ۳۰ سانتیمتر) باشد، از تقسیم  $S$  بر آن، مقدار خاکی که می‌توانست برای زراعت

مشخص و تفکیک شد. همچنین، نقشه متناظر با ارزش خدمات حفاظت از خاک و حفاظت و تنظیم آب تهیه شد. در گام سوم، برای هر خدمت بوم‌شناختی، دو سناریو حدی (رسیدن تاج‌پوشش درختی همه عرصه مورد مطالعه به بیشینه موجود و کاهش تاج‌پوشش درختی به کمینه موجود در منطقه) در نظر گرفته شد. در پژوهش پیش‌رو، مقدار تأثیرگذاری این دو سناریو فرضی بر ارزش کارکردهای بوم‌شناختی حفاظت از خاک و آب ارائه شده است.

#### کارکرد حفاظت خاک

برآورد مقدار فرسایش و رسوب در سطح منطقه مورد مطالعه براساس رابطه (۱)، مقدار کاهش فرسایش خاک توسط بوم‌سازگان جنگلی ( $St$ ) از اختلاف فرسایش خاک در اراضی جنگلی (فرسایش واقعی:  $Sf$ ) و فرسایش در اراضی فاقد پوشش (فرسایش پتانسیل:  $Sd$ ) تحت شرایط یکسان محاسبه شد (Guo *et al.*, 2001; Li *et al.*, 2006; Molaei, 2009; Mousavi, 2011).

$$St = Sd - Sf \quad \text{رابطه (۱)}$$

واحد اندازه‌گیری هر سه متغیر در رابطه (۱) متر مکعب بر کیلومتر مربع در سال است. برای تعیین کمیت کارکرد حفاظت خاک، ابتدا حوضه آبخیز سروآباد براساس عواملی مانند تغییر در شکل زمین (زمین‌شناسی)، شیب، تراکم آبراهه‌ها، تراکم پوشش جنگلی و کاربری اراضی به واحدهای همگن تقسیم شد. در این پژوهش به دلیل عدم وجود ایستگاه رسوب‌سنجی از مدل‌های تجربی برای برآورد فرسایش و رسوب استفاده شد. به منظور برآورد مقدار رسوب، مجموع نمره‌های عوامل نه‌گانه در روش اصلاح‌شده پسیاک به دست آمد. این روش در بیشتر مناطق ایران استفاده شده است و دقت مناسبی در برآورد رسوب دارد (Ahmadi, 2007). با استفاده از رابطه (۲) مقدار رسوب برحسب متر مکعب بر کیلومتر مربع در سال و از طریق رابطه (۳) مقدار رسوب‌دهی واحدهای همگن به تن

استفاده شود، اما به دلیل فرسایش قابل استفاده نیست (Sd)، به دست آمد (Xue & Tisdell, 2001):

$$Sd = \frac{S}{d} \quad \text{رابطه (۵)}$$

هر هکتار خاک که به دلیل فرسایش قابل استفاده نیست، می‌توانست برای زراعت استفاده شود و سالانه R ریال سود خالص ایجاد کند، اما به دلیل فرسایش و غیرقابل استفاده بودن خاک، این مقدار درآمد از دسترس جامعه خارج می‌شود. در نتیجه، ارزش حفاظت خاک با استفاده از رهیافت هزینه فرصت (رابطه ۶) محاسبه شد (Xue & Tisdell, 2001; Li et al., 2006):

$$V_{SD} = Sd \times R \quad \text{رابطه (۶)}$$

که در آن،  $V_{SD}$  بیانگر ارزش مقدار از دست رفتن اراضی و R نشان‌دهنده سود خالص هر هکتار زمین است که در آن زراعت انجام می‌شود. با توجه به اینکه اغلب دیم‌زارهای منطقه مورد مطالعه به کشت گندم اختصاص یافته بود، متوسط سود خالص این محصول در منطقه مورد مطالعه مبنای محاسبه قرار گرفت. همچنین، به منظور برآورد ارزش کارکرد کنترل رسوب و کاهش رسوب‌گذاری در سدها و مخازن آب از رویکرد هزینه فرصت استفاده شد. در این روش، ارزش کارکرد جنگل‌ها در کنترل رسوب با هزینه‌های پرداخت شده به منظور دستیابی به همان کارکرد برابری می‌کند. در پژوهش پیش‌رو، هزینه ساخت هر متر مکعب از ظرفیت سد گاران شهرستان مریوان به عنوان هزینه فرصت این کارکرد منظور شد. سد گاران به دلیل نزدیکی به منطقه مورد مطالعه، دسترسی به اطلاعات هزینه‌ای آن و جدید بودن ساخت آن انتخاب شد.

#### کارکرد حفاظت و تنظیم آب

برآورد مقدار رواناب و نقش جنگل در حفاظت و تنظیم

آب

به منظور برآورد ارزش اقتصادی نقش پوشش جنگلی در ذخیره آب، حوضه آبخیز سروآباد براساس عواملی مانند تغییر در شکل زمین و تراکم آبراهه‌ها به نه واحد همگن آب‌شناختی تفکیک شد. برای برآورد رواناب حاصل از بارش، روش‌های مختلفی مانند استفاده از منحنی‌های نفوذپذیری، روش شماره منحنی (CN)، هیدروگراف رواناب سطحی، هیدروگراف واحد، آنالیز منطقه‌ای سیلاب و روش بیشینه سیلاب برحسب سطح حوضه، متداول هستند (Mahdavi, 2007). با این حال، هیچ‌گونه ایستگاه آب‌سنجی (Hydrometry) در داخل حوضه آبخیز سروآباد وجود ندارد. نه ایستگاه موجود در اطراف منطقه مورد مطالعه نیز آمار کاملی نداشتند، بنابراین از آمار آب‌سنجی موجود در منطقه نمی‌توان استفاده مفیدی کرد. به همین دلیل در برآورد مقدار سیلاب و حجم رواناب در زیرحوضه‌های آب‌شناختی مورد مطالعه از روش‌های تجربی استفاده شد. با توجه به نوع اطلاعات در دسترس، روش تجربی جاستین که دقت قابل‌قبولی در برآورد ارتفاع رواناب دارد (رابطه ۷)، به کار برده شد (Alizadeh, 2015).

$$R = \frac{K \times S^{0.155} \times P^2}{1.8T + 32} \quad \text{رابطه (۷)}$$

که در آن، R، P و T به ترتیب بیانگر ارتفاع رواناب (سانتی‌متر)، بارش سالانه حوضه (سانتی‌متر) و دمای متوسط سالانه حوضه (درجه سانتی‌گراد) هستند. K نیز ضریب منطقه‌ای جاستین را نشان می‌دهد که برحسب کاربری حوضه، متفاوت است. مقدار K برای بوم‌سازگان‌های جنگلی ۰/۱، جنگل‌های مخروطی با تراکم تاج پوشش ۲۰ تا ۳۰ درصد ۰/۱۲، مراتع متراکم ۰/۱۵ و برای مراتع فرسایش یافته برابر با ۰/۱۹ در نظر گرفته می‌شود (Chow et al., 1988). S نیز از رابطه (۸) به دست می‌آید:

$$S = \frac{\Delta H}{\sqrt{A}} \quad \text{رابطه (۸)}$$

تبخیر و تعرق از بارش کسر شد تا حجم آب ذخیره شده در حوضه به دست آید.

برآورد ارزش اقتصادی کارکرد حفاظت و تنظیم آب پس از برآورد مقدار آب حفظ شده توسط بومسازگان جنگلی و تعیین نقش پوشش گیاهی فعلی در کاهش رواناب و نفوذ بیشتر بارش‌های جوی به سفره‌های آب زیرزمینی، ارزش اقتصادی آن با استفاده از روش هزینه جایگزین محاسبه شد (Mobarghai Dinan, 2009; Molaei, 2009; Mousavi, 2011). در این روش، کارکرد بومسازگان جنگلی در حفظ آب معادل کارکرد سازه‌های مصنوعی ذخیره آب مانند سدها و مخازن آب قلمداد می‌شود. براین اساس، هزینه احداث سد گاران شهرستان مریوان به عنوان ارزش کارکرد بومسازگان جنگلی در حفاظت و تنظیم آب در نظر گرفته شد. با توجه به حجم مفید سد مذکور و ارزش حال هزینه‌های احداث آن (رابطه ۱۲)، ارزش ذخیره هر واحد آب محاسبه شد.

$$R_t = R_0 \times (1 + r)^n \quad \text{رابطه (۱۲)}$$

که در آن،  $R_t$  ارزش حال هزینه،  $R_0$  ارزش هزینه در سال پایه،  $r$  نرخ تنزیل و  $n$  زمان هستند. پس از تعیین مقدار آب حفظ شده توسط بومسازگان جنگلی، ارزش اقتصادی آن از رابطه (۱۳) محاسبه شد (Xue & Tisdell, 2001; Amirnejad, 2005):

$$Ve = Fe \times Ps \quad \text{رابطه (۱۳)}$$

که در آن،  $Ve$  ارزش اقتصادی بومسازگان جنگلی برای حفاظت آب (ریال)،  $Fe$  مقدار آب حفظ شده (متر مکعب) و  $Ps$  قیمت حفاظت از هر متر مکعب آب (ریال) هستند. در نهایت، ارزش این کارکرد در سطح واحدهای همگن تجزیه و تحلیل شد.

که در آن،  $\Delta H$  نشان‌دهنده تغییرات ارتفاعی بلندترین و پایین‌ترین نقطه حوضه (متر) و  $A$  بیانگر مساحت حوضه آبخیز (متر مربع) است. در مرحله بعد با استفاده از رابطه (۹)، حجم رواناب یا مقدار آب‌دهی حوضه ( $W$ ) برحسب متر مکعب محاسبه شد:

$$W = R \times A \quad \text{رابطه (۹)}$$

با توجه به محاسبه‌های انجام شده در پژوهش پیش‌رو، مقدار حجم رواناب در جنگل‌های منطقه در دو سناریو مختلف تعیین شد. سناریو اول شامل محاسبه مقدار ارتفاع و حجم رواناب در پوشش گیاهی جنگلی منطقه مورد مطالعه با سطح و تراکم پوشش فعلی آن بود. در سناریو دوم فرض شد که بومسازگان منطقه، فاقد پوشش درختی باشد. در صورت بروز این سناریو، ارتفاع و حجم رواناب افزایش می‌یابد و علاوه بر از دست رفتن آب و عدم تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی، اثرات مخرب دیگری نیز به دنبال خواهد داشت. طبق رابطه (۱۰)، مقدار تبخیر و تعریق واقعی در این پژوهش از معادله تورک (Turc) به دست آمد (Alizadeh, 2015):

$$EP = \frac{P}{\left[0.9 + \left(\frac{P}{T}\right)^2\right]^{0.5}} \quad \text{رابطه (۱۰)}$$

که در آن،  $EP$  و  $P$  به ترتیب تبخیر و تعرق واقعی سالانه و بارندگی سالانه برحسب میلی‌متر هستند.  $I$  متوسط دمای سالانه است که از طریق رابطه (۱۱) محاسبه شد.

$$I = 300 + 25T + 0.05T^3 \quad \text{رابطه (۱۱)}$$

که در آن،  $T$  نشان‌دهنده متوسط درجه حرارت سالانه (درجه سانتی‌گراد) است. در نهایت، حاصل جمع رواناب و

ارزش خدمات به دست آمد، بیانگر وضعیت کنونی تاج پوشش جنگلی در حوضه سروآباد است. در حال حاضر در این حوضه، تیپ جنگلی بلوط *Quercus-Quercus infectoria* *brantii* با سه تراکم پنج تا ۱۵ درصد، ۱۵ تا ۳۰ درصد و ۳۰ تا ۵۰ درصد شناسایی و تفکیک شدند.

برآورد روند آینده تغییرات ارزش خدمات بر مبنای سناریونگاری برای بررسی تأثیر پوشش جنگلی بر حفظ و نگهداری آب و کاهش هدررفت آن در منطقه، دو سناریو تعریف شد (جدول ۱). دلیل ارائه دو سناریو حدی بر اساس کمینه و بیشینه تاج پوشش درختی در منطقه مورد مطالعه بود. آنچه به عنوان

جدول ۱- سناریوهای تعریف شده برای پیش بینی روند آینده ارزش خدمات خاک و آب

شماره	شرح سناریو
۱	همه حوضه به جنگل با تاج پوشش ۳۰ تا ۵۰ درصد تبدیل شود.
۲	جنگل های انبوه و نیمه انبوه به جنگل های تنک با تاج پوشش پنج درصد تبدیل شوند.

## نتایج

### ارزش اقتصادی حفاظت خاک

آن آمده است. مجموع مقدار کنترل خاک در برابر فرسایش به علت وجود پوشش جنگلی در حوضه سروآباد برابر با ۷۸۷۳/۳۲ متر مکعب در سال به دست آمد. این مقدار را می توان به عنوان نقش بوم سازگان جنگل در کنترل فرسایش و کاهش مقدار از دست رفتن خاک (به عبارت دیگر، به عنوان مقدار خاک حفظ شده در اثر وجود پوشش جنگلی) در نظر گرفت.

تفاوت مقدار فرسایش ویژه در میان واحدهای همگن بین اراضی جنگلی با تراکم مختلف و اراضی فاقد پوشش بیانگر کارکرد پوشش گیاهی، شیب، زمین شناسی و عوامل دیگر در کنترل فرسایش است. در جدول ۲ مقدار خاک حفظ شده از فرسایش و رسوب توسط پوشش جنگلی و ارزش اقتصادی

جدول ۲- برآورد ارزش کارکردهای حفاظت خاک (جلوگیری از فرسایش و کنترل رسوب)

تراکم پوشش درختی (درصد)	مساحت محدوده جنگلی حوضه (هکتار)	میانگین خاک حفظ شده در برابر فرسایش (متر مکعب در سال)	سطح حفاظت شده (هکتار در سال)	مقدار کنترل رسوب (تن در سال)	ارزش سالانه کارکردهای حفظ اراضی و کنترل رسوب (میلیون ریال)	ارزش سالانه کارکرد کنترل رسوب (تن در سال)	ارزش سالانه کارکرد حفظ اراضی و کنترل رسوب (میلیون ریال)	جمع ارزش سالانه کارکردهای حفظ اراضی و کنترل رسوب (میلیون ریال)
۵۰-۵	۲۶۴۱/۶۲	۷۸۷۳/۳۲	۲/۶۲	۵۱۶۸/۴۷	۱۰۱۶۷۹۵۶/۶۱	۶۱۱۷۶۴۴۰/۱	۷۱/۳۴	۶۱۱۷۶۴۴۰/۱

فرسایش توسط بوم سازگان جنگل معادل ۲/۶۲ هکتار در سال به دست آمد. ارزش اقتصادی کارکرد کاهش مقدار از دست رفتن اراضی در اثر وجود پوشش جنگلی حدود ۱۰/۱۷ میلیون ریال در سال (۳۸۴۹ ریال در هکتار در سال) برآورد شد. این عدد بیانگر هزینه فرصت بوم سازگان

باتوجه به بررسی های میدانی و مصاحبه با کشاورزان محلی در منطقه مورد مطالعه، میانگین سود خالص سالانه حاصل از کشت یک هکتار گندم دیم برابر با ۳۸۷۴۳۳۴ ریال محاسبه شد. براین اساس و باتوجه به محاسبه های صورت گرفته، مساحت خاک حفاظت شده در برابر

خواهد داشت.

ارزش اقتصادی حفاظت و تنظیم آب

باتوجه به نتایج به دست آمده، از مجموع ۴۴/۸ میلیون متر مکعب بارش سالانه، ۶/۶۵ میلیون متر مکعب به صورت رواناب از منطقه خارج می شود. مقدار تبخیر از اراضی حدود ۱۷/۲۹ میلیون متر مکعب در سال برآورد شد. مقدار باقی مانده بارش های سالانه (۲۰/۹۴ میلیون متر مکعب در سال) نیز وارد سفره های آب زیرزمینی می شود. براین اساس، ارزش اقتصادی آب های مهارشده در هریک از واحدهای منطقه مورد مطالعه به دست آمد. طبق نتایج این پژوهش، تأثیر پوشش جنگلی بر کاهش حجم رواناب در واحدهای همگن آب شناختی برابر با ۲۱۳۵۲۶/۳ مترمکعب است. باتوجه به مساحت بوم سازگان جنگلی سروآباد، ارزش اقتصادی کل آب ذخیره شده در سفره های آب زیرزمینی در سطح کل حوضه مورد مطالعه و در یک هکتار به ترتیب ۲۵۲۷/۴ و ۰/۷۹ میلیون ریال به دست آمد. شایان ذکر است که ارزش اقتصادی حفاظت و تنظیم آب از طریق رهیافت هزینه جایگزین و ارزش ذخیره و نگهداشت آب توسط بوم سازگان جنگلی برآورد شد و با ارزش ذاتی و وجودی آب متفاوت است.

برآورد تغییرات ارزش کارکرد حفاظت خاک و آب

نتایج به دست آمده برای تغییر ارزش کارکرد حفاظت خاک براساس تغییر سناریوهای مدیریتی و باتوجه به تأثیر تراکم جنگل و نقش تراکم پوشش جنگلی در جلوگیری از فرسایش خاک و کنترل رسوب در جدول ۳ ارائه شده است. جدول ۴ نیز تغییر کارکرد حفاظت آب تحت دو سناریو حدی را نشان می دهد.

جنگلی در حوضه سروآباد است که در صورت عدم وجود این بوم سازگان، هر ساله معادل ۲/۶۲ هکتار از مساحت منطقه از دسترس خارج می شود.

همان طور که پیش تر ذکر شد، به منظور برآورد ارزش اقتصادی کارکرد کنترل رسوب توسط بوم سازگان جنگلی نیز هزینه ساخت هر متر مکعب از ظرفیت سد گاران مریوان به عنوان هزینه فرصت این کارکرد در نظر گرفته شد. حجم مفید سد مخزنی گاران ۸۶/۵ میلیون متر مکعب است و مبلغ قرارداد ساخت آن در سال ۱۳۸۳ برابر با ۲۱۳ میلیارد ریال بود (RWCK, 2014). ارزش فعلی هزینه ساخت هر متر مکعب از ظرفیت مفید این سد باتوجه به میانگین نرخ سود سپرده های سرمایه گذاری بلندمدت و نرخ بهره وام های بانکی به عنوان نرخ تنزیل (۱۷ درصد) حدود ۱۱۸۳۶/۴۷ ریال در سال ۱۳۹۳ به دست آمد.

برای محاسبه مقدار رسوب کنترل شده توسط پوشش جنگلی در حوضه سروآباد از ضریب رسوب دهی و مقدار کنترل فرسایش توسط جنگل ها استفاده شد. مقدار کل رسوب کنترل شده توسط بوم سازگان جنگلی منطقه که سطحی معادل ۲۶۴۱/۶۲ هکتار است، برابر با ۵۱۶۸/۴۷ تن در سال (۳۷۱۷/۶ متر مکعب در سال با وزن مخصوص ۱/۳۹ گرم بر سانتی متر مکعب) به دست آمد. باتوجه به هزینه ساخت هر متر مکعب سد گاران، ارزش کارکرد سالانه جنگل های منطقه در کاهش رسوب گذاری برابر با ۶۱/۱۸ میلیون ریال (۲۳۱۵۸/۷ ریال در هکتار) محاسبه شد. همچنین، مجموع ارزش سالانه خدمات حفظ اراضی و کنترل رسوب جنگل های حوضه سروآباد حدود ۷۱/۳۴ میلیون ریال (۲۷۰۰۲/۸۲ ریال در هکتار) به دست آمد (جدول ۲). باتوجه به اینکه اعداد برآورد شده بر مبنای هزینه فرصت هستند، تغییر مداوم در هزینه ساخت امور زیربنایی همچون سدها و یا سود حاصل از زراعت دیم در منطقه، تغییرات چشمگیری در ارزش های اقتصادی برآورد شده

جدول ۳- برآورد تغییرات ارزش کارکرد حفاظت خاک براساس سناریوهای مدیریتی

سناریو	ارزش اقتصادی کارکرد حفاظت خاک در سناریوهای مختلف			درصد تغییر نسبت به وضعیت موجود
	ارزش سالانه کارکرد حفظ اراضی در برابر فرسایش (ریال)	ارزش سالانه کارکرد کنترل اراضی و کنترل رسوب (میلیون ریال)	جمع ارزش سالانه کارکردهای حفظ	
۱	۱۵۴۳۸۳۰۷/۹۵	۸۰۷۵۲۴۵۸/۳۶	۹۶/۱۹	۳۴/۸۳
۲	۶۱۶۵۲۲۷/۴۹	۳۸۵۷۳۷۹۴/۷۴	۴۴/۷۴	-۳۷/۳

جدول ۴- برآورد تغییرات ارزش کارکرد حفاظت آب براساس سناریوهای مدیریتی

سناریو	ارزش اقتصادی کارکرد حفاظت آب در سناریوهای مختلف (میلیون ریال)		درصد تغییر نسبت به وضعیت موجود
	۱	۲	
۱	۳۲۸۴/۸۵	۲۹/۹۶	
۲	۱۶۷۹/۵۷	-۳۳/۵۴	

## بحث

نتایج پژوهش پیش رو بیانگر نقش پوشش جنگلی در کنترل رسوب، فرسایش خاک و حفاظت و ذخیره آب در سطح حوضه آبخیز جنگلی سروآباد است. هر هکتار از جنگل‌های این منطقه، ارزشی معادل ۲۷۰۰۲/۸۲ ریال در دو کارکرد حفظ اراضی در برابر فرسایش و کنترل رسوب دارند. Molaei (۲۰۰۹) با ارزش‌گذاری اقتصادی و محیط‌زیستی بوم‌سازگان جنگلی ارسباران گزارش کرد که این جنگل‌ها هر ساله به مقدار ۱۴/۱۳ تن (۱۲/۲۹ متر مکعب) در هکتار از فرسایش خاک می‌کاهدند. باتوجه به سطح بیشتر تاج پوشش جنگلی در پژوهش مذکور، نقش بیشتر آن در کنترل فرسایش نسبت به پژوهش پیش رو (۲/۹۸ متر مکعب در هکتار در سال)، منطقی به نظر می‌رسد. Amirnejad (۲۰۰۵) و Molaei (۲۰۰۹) ارزش خاک حفظ شده توسط جنگل‌های هیرکانی و ارسباران را به ترتیب ۲۱۰۵۳۸ و ۱۴۳۲۴۷/۳ ریال در هکتار برآورد کردند. همچنین، Mobarghai Dinan (۲۰۰۹) ارزش کارکرد حفظ حاصلخیزی خاک در جنگل‌های هیرکانی را ۲۵۰ هزار ریال در هکتار گزارش کرد. Mousavi (۲۰۱۱) و Yeganeh و همکاران (۲۰۱۶)، ارزش اقتصادی کارکردهای حفظ اراضی و کاهش رسوب‌گذاری در مخازن سدها توسط

مراع طالقان و زنجان را به ترتیب ۱۲۵۶۰/۹ و ۴۶۸۴۴/۱ ریال در هکتار در سال به دست آوردند. نتایج گزارش شده برای این کارکردها در پژوهش پیش رو در مقایسه با بیشتر پژوهش‌های انجام شده در جنگل‌های کشور، اندک به نظر می‌رسد. ارزش کم برآورد شده برای خدمات حفاظت خاک در پژوهش پیش رو می‌تواند به علت عدم محاسبه کارکردهای مختلف جنگل در حفظ خاک از جمله کارکرد نگهداشت مواد مغذی ضروری خاک (NPK) باشد.

ارزش کارکرد کاهش مقدار از دست رفتن اراضی در حوضه سروآباد (۱۰/۱۷ میلیون ریال در سال) نشان می‌دهد که در صورت عدم وجود این بوم‌سازگان‌ها هر ساله به طور میانگین ۲/۶۲ هکتار از مساحت منطقه از دسترس خارج می‌شود. همچنین، ارزش اقتصادی هر هکتار جنگل براساس این کارکرد ۳۸۴۹ ریال در سال برآورد شد. Mousavi (۲۰۱۱) با ارزش‌گذاری کارکردهای مراتع در حوضه آبخیز طالقان، ارزش کارکرد کاهش مقدار از دست رفتن اراضی را ۲۴۹۳ ریال در هکتار در سال گزارش کرد. وضعیت متفاوت پوشش گیاهی مناطق مورد مطالعه، تفاوت در عوامل محیطی از جمله زمین‌شناسی و توپوگرافی و تفاوت در روش‌های ارزش‌گذاری را می‌توان از عوامل اختلاف این ارقام دانست.

سناریو یک، ۲۹/۹۶ درصد افزایش می‌یابد، اما در صورت بروز سناریو دو، ۳۳/۵۴ درصد از ارزش این کارکرد کاسته می‌شود. نتایج مذکور مبنی بر کاهش ارزش خدمات بوم‌سازگان به علت تخریب اراضی طبیعی با یافته‌های گزارش شده توسط Hoonchong و همکاران (۲۰۱۷)، Arowolo و همکاران (۲۰۱۸)، Wang و همکاران (۲۰۱۸) و Kamyab و Shabani (۲۰۱۹) همخوانی دارند.

ارزش‌گذاری خدمات بوم‌سازگان براساس تحلیل سناریوهای تغییر تاج‌پوشش جنگلی در پژوهش پیش‌رو برای نشان دادن نقش فعالیت‌های انسانی بر تغییر این خدمات در مقیاس‌های زمانی و مکانی، بسیار مهم و مفید است. برآورد تغییرات ارزش خدمات بوم‌سازگان در مقیاس‌های محلی، منطقه‌ای، ملی و جهانی در تصمیم‌گیری‌ها ضروری است. چراکه سبب افزایش حساسیت سیاست‌گذاری‌های منطقه‌ای و ملی نسبت به تخریب و تجاوز به منابع طبیعی، برجسته‌سازی ارزش بوم‌سازگان جنگل و عدم رایگان پنداشتن کالاها و خدمات غیربازاری آن می‌شود. انتظار می‌رود که این موضوع در نهایت کاهش تخریب و افزایش فعالیت‌های احیا بوم‌سازگان به‌منظور بهبود در ارائه خدمات آن را به دنبال داشته باشد و از آن به‌عنوان مبنایی برای مدیریت پایدار جنگل استفاده شود.

### منابع مورد استفاده

- Ahmadi, H., 2007. Applied Geomorphology, Vol. 1: Water Erosion, 5th Edition. University of Tehran Press, Tehran, 714p (In Persian).
- Alizadeh, A., 2015. Principles of Applied Hydrology, 7th Edition. Publication by Imam Reza International University, Mashhad, 942p (In Persian).
- Amirnejad, H., 2005. Determination of total economic value of Iran Northern Forests emphasizing on environmental, ecological and conservation services, case study: Nowshahr Forests. Ph.D. thesis, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modarres University, Tehran, 269p (In Persian).
- Anonymous, 2011. Executive studies of Sarvabad watershed management. Kurdistan Natural Resources and Watershed Administration, Forests, Range and Watershed Management Organization, Sanandaj, 253

از طرفی، نرخ زیاد تورم فصلی و سالانه در سال‌های اخیر در ایران، محاسبه‌های اقتصادسنجی را برای پژوهش‌های این‌چنینی، دچار سردرگمی کرده است.

نتایج پژوهش Panahi (۲۰۰۵) در زمینه ارزش‌گذاری اقتصادی جنگل‌های هیرکانی نشان داد که هر هکتار از این بوم‌سازگان‌ها می‌تواند حدود هزار متر مکعب آب را به ارزش تقریبی ۲۸۸ هزار ریال در خود نگه دارند و از جریان یافتن آن در سطح زمین جلوگیری کنند. میانگین ارزش کارکرد حفاظت آب در پژوهش پیش‌رو، ۰/۷۹ میلیون ریال در هر هکتار جنگل در سال برآورد شد. علت تفاوت این نتایج با یافته‌های گزارش شده توسط Costanza و همکاران (۱۹۹۷)، Amirnejad (۲۰۰۵)، Panahi (۲۰۰۵) و Mobarghai و Dinan (۲۰۰۹) را می‌توان در تفاوت نرخ آب‌بها در سال‌های مختلف، تفاوت در روش‌های ارزش‌گذاری، ساختار بوم‌شناختی مناطق مختلف و نرخ بارش و نیز تفاوت‌های آب‌وهوایی جستجو کرد. بزرگی مقدار محاسبه شده برای ارزش اقتصادی کارکرد تنظیم آب در پژوهش پیش‌رو در راستای نظر Edwards و همکاران (۱۹۸۳) است که بر نقش پوشش گیاهی در بیان آبی به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک تأکید کردند.

باتوجه به نتایج به‌دست آمده، مجموع ارزش سالانه کارکرد حفاظت خاک (حفظ اراضی و کنترل رسوب) در حوضه سروآباد با فرض سناریو یک (رسیدن همه جنگل‌های حوضه به تاج‌پوشش ۳۰ تا ۵۰ درصد) به ۹۶/۱۹ میلیون ریال و با فرض سناریو دو (تبدیل جنگل‌های انبوه و نیمه‌انبوه به جنگل‌های تنک با تاج‌پوشش پنج درصد) به ۴۴/۷۴ میلیون ریال در سال خواهد رسید. این نتایج نشان می‌دهند که در صورت بروز سناریو مدیریتی یک، ۳۴/۸۳ درصد بر ارزش حفاظت خاک حوضه سروآباد افزوده خواهد شد، درحالی‌که با فرض سناریو مدیریتی دو، ارزش این کارکرد ۳۷/۳ درصد کاهش می‌یابد. همچنین، مجموع ارزش سالانه حفاظت و تنظیم آب در این حوضه با فرض سناریوهای یک و دو به ترتیب به ۳۲۸۴/۸۵ و ۱۶۷۹/۵۷ میلیون ریال در سال خواهد بود. براساس این نتایج، ارزش حفاظت آب با فرض

- Henareh Khalyani, J. and Pourhashemi, M., 2021. The need to develop a strategic plan for the restoration and development of the country's forests in line with the UN Decade of Ecosystem Restoration (2021-2030). *Journal of Iran Nature*, 6(1): 25-33 (In Persian).
- Henareh Khalyani, J., 2017. Spatial valuation of Zagros forests ecosystem services and value change estimation through scenario planning (Case study: SarvAbad Basin). Ph.D. thesis, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, 187p (In Persian).
- Henareh Khalyani, J., Namirani, M. and Makhdom, M., 2018. Spatial valuation of Zagros forests soil and water conservation services (Case study in Sarvabad basin Kurdistan Province). *Environmental Researches*, 9(17): 121-132 (In Persian).
- Henareh Khalyani, J., Namirani, M., Heshmatol Vaezin, S.M. and Feghhi, J., 2014. Development and evaluation of local communities incentive programs for improving the traditional forest management: A case study of Northern Zagros forests, Iran. *Journal of Forestry Research*, 25(1): 205-210.
- Hoonchong, Y., Güneralp, B., Filippi, A.M., Kreuter, U.P. and Güneralp, İ., 2017. Impacts of land change on ecosystem services in the San Antonio River Basin, Texas, from 1984 to 2010. *Ecological Economics*, 135: 125-135.
- Jing, L. and Zhiyuan, R., 2011. Variations in ecosystem service value in response to land use changes in the Loess Plateau in Northern Shaanxi Province, China. *International Journal of Environmental Research*, 5(1): 109-118.
- Kamyab, H. and Shabani, N., 2019. The impact of land use/land cover change on ecosystem services in Golestan Province. *Environmental Sciences*, 17(2): 45-58 (In Persian).
- Li, J., Ren, Z. and Zhou, Z., 2006. Ecosystem services and their values: a case study in the Qinba mountains of China. *Ecological Research*, 21: 597-604.
- Mahdavi, M., 2007. *Applied Hydrology*, Vol. 2, 5th Edition. University of Tehran Press, Tehran, 442p (In Persian).
- MEA (Millennium Ecosystem Assessment), 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC, 155p.
- Mobarghai Dinan, N., 2009. Application of the spatial valuation pattern of forest ecosystem services using GIS, Case Study: Kheyrudkenar forests- Noshahr. Ph.D. thesis, School of Environment, University of Tehran, Tehran, 321p (In Persian).
- Molaei, M., 2009. Economic and environmental valuation of Arasbaran forest ecosystems. Ph.D. thesis, Faculty of Economics and Agricultural p (In Persian).
- Arnold, J.E.M., 2001. Role of forestry in poverty alleviation. Introductory Note to the FAO/DFID International Forum on the Role of Forestry in Poverty Alleviation. Cortevacqua, Italy.
- Arowolo, A.O., Deng, X., Olatunji, O.A. and Obayelu, A.E., 2018. Assessing changes in the value of ecosystem services in response to land-use/land-cover dynamics in Nigeria. *Science of the Total Environment*, 636: 597-609.
- Chow, V.T., Maidment, D. and Mays, I.W., 1988. *Applied Hydrology*. McGraw-Hill Book Company, New York, NY, 572p.
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., ... and van den Belt, M., 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387(6630): 253-260.
- Costanza, R., de Groot, R., Sutton, P., van der Ploeg, S., Anderson, S.J., Kubiszewski, I., ... and Turner, R.K., 2014. Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change*, 26: 152-158.
- Dai, L., Zheng, B., Shao, G. and Zhou, L., 2006. The roles of a decision support system in applying forest ecosystem management in Northeast China. *Science in China Series E: Technological Sciences*, 49(1): 9-18.
- De Groot, R.S., Wilson, M.A. and Boumans, R.M.J., 2002. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*, 41: 393-408.
- Edwards, K.A., Classen, G.A. and Schrotten, E.H.J., 1983. The water resource in tropical Africa and its exploitation. ILCA Research Report No. 6, International Livestock Centre for Africa, Addis Ababa, 112p.
- FAO, 2020. *Global Forest Resources Assessment 2020 – Key Findings*. Rome, 16p. Available at: <https://doi.org/10.4060/ca8753en>.
- Ghazanfari, H., Namirani, M., Sobhani H. and Mohajer, R.M., 2004. Traditional forest management and its application to encourage public participation for sustainable forest management in the northern Zagros mountains of Kurdistan province, Iran. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 19(4): 65-71.
- Guo, Z., Xiao, X., Gan, Y. and Zheng, Y., 2001. Ecosystem functions, services and their values – a case study in Xingshan County of China. *Ecological Economics*, 38(1): 141-154.
- Henareh Khalyani, A. and Mayer, A.L., 2013. Spatial and temporal deforestation dynamics of Zagros forests (Iran) from 1972 to 2009. *Landscape and Urban Planning*, 117: 1-12.

2014. Forests of Iran: A Treasure from the Past, A Hope for the Future. Springer, Dordrecht, 152p.
- Salehi, A., Karlton, L.Ch., Söderberg, U. and Erikson, L.O., 2010. Livelihood dependency on woodland resources in southern Zagros, Iran. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 8(2): 181-194.
  - Soltani, A., Angelsen, A. and Eid, T., 2014. Poverty, forest dependence and forest degradation links: evidence from Zagros, Iran. *Environment and Development Economics*, 19(5): 607-630.
  - Wang, Y., Li, X., Zhang, Q., Li, J. and Zhou, X., 2018. Projections of future land use changes: Multiple scenarios-based impacts analysis on ecosystem services for Wuhan city, China. *Ecological Indicators*, 94(1): 430-445.
  - Xue, D. and Tisdell, C., 2001. Valuing ecological functions of biodiversity in Changbaishan Mountain Biosphere Reserve in Northeast china. *Biodiversity and conservation*, 10(3): 467-481.
  - Yeganeh, H., Azarnivand, H., Saleh, I., Arzani, H. and Amirnejad, H., 2016. Estimating the economic value of soil conservation function (case study: Taham watershed, Zanjan province). *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 32(1): 161-176.
  - Development, University of Tehran, Karaj, 193p (In Persian).
  - Mousavi, S.A., 2011. Optimal land management with emphasis on economic value of ecosystem functions and using a system of planning support (Case study: Mid-Taleghan watershed). Ph.D. thesis, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, 317p (In Persian).
  - Mousavi, S.A., Arzani, H., Sharzei, Gh., Azarnivand, H., Farahpour, M., Engel, E., ... and Nazari-Samani, A., 2014. Economic valuation of rangelands' soil conservation function, Case of Mid-Taleghan rangelands. *Journal of Range and Watershed Management*, 67(2): 317-331 (In Persian).
  - Panahi, M., 2005. Economic valuation of Hyrcanian Forests, Case study: Choub-O-Kaghaz of Mazandaran, Choob-O Kaghaz of Gilan & Kheyroud Kenar Basins. Ph.D. thesis, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, 299p (In Persian).
  - RWCK (Regional Water Company of Kordestan), 2014. Garan dam Report. Regional Water Company of Kordestan, Sanandaj, 87 p (In Persian).
  - Sagheb Talebi, Kh., Sajedi, T. and Pourhashemi, M.,

## Assessing value changes of soil and water conservation services of Zagros Forests under canopy cover change scenarios

J. Henareh Khalyani <sup>1\*</sup>, M. Makhdoum <sup>2</sup> and M. Namirani <sup>2</sup>

<sup>1\*</sup> - Corresponding author, Assistant Prof., Forests and Rangelands Research Department, West Azerbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Urmia, Iran. Email: jhenareh@gmail.com

<sup>2</sup> - Prof., Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Tehran, Iran

Received: 09.08.2021

Accepted: 20.09.2021

### Abstract

The socioeconomic situation in the Zagros Forests has provided conditions for the overexploitation in this region, which has raised concerns about the intensified decline of ecosystem services in these forests. In this study, soil and water protection services (as the most important regulatory functions of the Zagros Forests) were economically estimated in the Sarvabad basin of Kurdistan province. Then, the trend of change in their values was examined in two scenarios of 1) reaching all the forests of the basin with 30-50% canopy (first scenario) and 2) conversion of forests to sparse forests with 5% canopy (second scenario). The results showed that the average annual value for soil protection, i.e. preventing land loss and sediment control is 27002.82 IRR per ha, while the average annual value for water protection is 790000 IRR per ha. We also estimated the changes in the total annual value of soil protection function by assuming the first scenario, which increased by 34.83%. In case of the second scenario, it decreased by 37.3%. Moreover, the first scenario was able to add 29.96% to the value of the water protection function of these forests, whereas 33.54% of the value of the water protection function decreased for the second scenario. Decrease in the value of ecosystem services due to the tree canopy reduction in this study emphasizes the importance of protection and restoration of the Zagros Forests ecosystem to maintain and provide valuable ecosystem services.

Keywords: Canopy cover, scenario, value of ecosystem services.