DOI: 10.22059/ijswr.2021.317114.668871

تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۵۲، شماره ۴، تیر ۱۴۰۰ (ص ۱۰۱۰-۹۹۷)

(علمی – پژوهشی)

Biologic Management Framework of Soil Erosion in the Watershed (Applied study: Oshnavieh Galazchai, West Azerbaijan, Iran)

SEYED HAMIDREZA SADEGHI[1*], ATEFEH JAFARPOOR [1], MOSTAFA ZABIHI SILABI[1], SHOKOFEH MOLASHAHI[1], MARYAM NAGHDI[1], MAHMOOD SHARIFI MOGHANI[1], ZEINAB GHYSOORI[1], ELNAZ FARZADFAR[1]

1. Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Iran.

(Received: Jan. 20, 2021- Revised: March. 12, 2021- Accepted: March. 14, 2021)

ABSTRACT

Today, biological methods are considered as one of the effective approaches to control soil erosion at early stages. Biologic management is a scientific and applied approach to manage and control runoff and soil loss. However, there is no practical and specific algorithm for preparing and implementing biological programs for managing or controlling soil erosion in the watershed scale. Therefore, the present study was conducted as a pioneer study to develop a practical framework for the biologic management of soil erosion. In this regard, the erosion status in the watershed was initially considered to identify areas prone to bio-management. Then Ombrothermic and Hythergraph diagrams were prepared and combined with topographic, temperature, precipitation, and evapotranspiration data layers for zoning and obtaining an agroclimatic map. Finally, providing a list of endemic and dominant species of the study area obtained from phytosociological studies and soil characteristics, biologic management of soil erosion for each agroclimatic category was suggested as a final step for the proposed framework. The applicability of the proposed algorithm was evaluated for the Oshnavieh Galazchai Watershed in West Azerbaijan Province, Iran. The results showed that 24 and 76% of the watershed are classified in low and moderate situations in soil erosion, respectively. Based on the agroclimatic map, the suitable species for biological management of soil erosion were identified, and their associated characteristics were extracted. Finally, among the rangeland species in the studied area, *Achillea millefolium*, *Agropyron desertorum*, *Agropyron tauri*, *Galium verum*, *Melica persica kunth*, and *Stachys inflata benth* were suggested for biologic management of soil erosion in almost 64% of Galazchai Watershed. Therefore, the results of the present study could be extended at the country level for the appropriate biologic management of soil erosion.

Keywords: Agronomic Management, Soil and Water Conservation, Soil Conservation Development Program, Soil Erosion Management**.**

[*]Corresponding Author’s Email: sadeghi@modares.ac.ir

الگوی مدیریت زیستی فرسایش خاک در حوزه‌های آبخیز (مطالعه کاربردی: گلازچای اشنویه، آذربایجان‌غربی)

سیدحمیدرضا صادقی[1*]، عاطفه جعفرپور[1]، مصطفی ذبیحی‌سیلابی[1]، شکوفه ملاشاهی[1]، مریم نقدی[1]، محمود شریفی‌مغانی[1]، زینب قیصوری[1]، الناز فرزادفر[1]

۱. گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران.

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۱- تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۱۲/۲۲- تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۱۲/۲۴)

چکیده

امروزه روش‌های زیستی یکی از راه‌کارهای مناسب و کارا برای مهار فرسایش خاک در مراحل ابتدایی فرسایش تلقی می‌شود. مدیریت زیستی رویکردی علمی، کاربردی و ترکیبی از مفاهیم ساختاری، زیستی و محیط‌زیستی برای مدیریت و مهار فرسایش، رواناب و رسوب است. حال آن‌که تاکنون شیوه‌نامه کاربردی و مشخصی برای تهیه و طبعاً اجرای برنامه‌های زیستی مدیریت و یا مهار فرسایش خاک در کشور وجود ندارد. ازاین‌رو، پژوهش حاضر به‌عنوان پژوهش پیشگام باهدف تبیین رویکرد مدیریت زیستی فرسایش برنامه‌ریزی شد. در این خصوص ابتدا ارزیابی وضعیت فرسایش در آبخیز برای شناسایی مناطق مستعد مدیریت زیستی مدنظر قرار گرفت. سپس منحنی‌های آمبروترمیک و هایتر‌گراف تهیه و با لایه‌های توپوگرافی، دمایی، بارش و تبخیر و تعرق برای منطقه‌بندی و دستیابی به نقشه اقلیمی-کشاورزی ترکیب شد. در ادامه با تهیه فهرست گونه‌های بومی و غالب منطقه مطالعاتی بر اساس مطالعات جامعه‌شناسی گیاهی و وضعیت خاک‌شناسی، مدیریت زیستی فرسایش در هر رده اقلیمی-کشاورزی به‌عنوان آخرین مرحله موردنظر برای چارچوب تهیه‌شده پیشنهاد شد. ارزیابی عملکرد الگوی پیشنهادی از طریق کاربرد آن در حوزه آبخیز گلازچای اشنویه در استان آذربایجان‌غربی صورت گرفت. نتایج نشان داد ۲۴ درصد از آبخیز مطالعاتی در طبقه کم و ۷۶ درصد دیگر در طبقه متوسط ازنظر وضعیت فرسایشی قرار دارند. بر اساس نقشه اقلیمی-کشاورزی، گونه‌های مناسب برای مدیریت زیستی فرسایش شناسایی و ویژگی‌های رویشی آن‌ها استخراج شد. درنهایت از بین گونه‌های مرتعی موجود در حوزه آبخیز مطالعاتی، گونه‌های *Achillea millefolium*، *Agropyron desertorum*، *Agropyron tauri*، *Galium verum*، *Melica persica kunth* و *Stachys inflata benth* به‌عنوان گونه‌های نهایی برای مدیریت زیستی فرسایش حداکثر در ۶۴ درصد از سطح حوزه آبخیز گلازچای اشنویه پیشنهاد و ارائه شد. نتایج پژوهش حاضر برای تعیین وضعیت فرسایشی آبخیزهای کشور و ارائه مدیریت زیستی مناسب قابلیت استفاده دارد.

واژه‌های کلیدی: برنامه اجرایی حفاظت خاک، حفاظت آب‌وخاک، مدیریت زراعی، مدیریت فرسایش خاک.

مقدمه

فرسایش تشدیدی خاک عامل اصلی تخریب سرزمین در مناطق مختلف جهان و یکی از بزرگ‌ترین مسائل محیط‌زیستی در کشورهای مختلف است. فرسایش و هدررفت خاک باعث بروز سیلاب‌های شدید، هدررفت خاک حاصلخیز، انباشت میلیون‌ها تن خاک مفید کشاورزی در پشت سدها، آبراهه‌ها، جاده‌ها و معابر، افزایش سرعت بیابان‌زایی، طوفان‌ها و بادهای حامل گردوغبار و آلودگی هوای ناشی از آن می‌شود (Adimassu et al., 2017; Ebabu et al., 2019). ازآنجایی‌که فرسایش و هدررفت خاک باعث کاهش بهره‌وری کشاورزی و تهدید امنیت غذایی است، ازاین‌رو بحران غذا، آب، منابع طبیعی و محیط‌زیست از مشکلات اساسی قرن جدید محسوب می‌شود (Pimentel & Burgess, 2013; Ebabu et al., 2019). بنابراین شناخت کافی از اهمیت پوشش گیاهی، مسئولیت‌پذیری و توجه به آیندگان، لزوم مدیریت منابع خاک و آب را بیش‌ازپیش روشن می‌سازد (Boardman et al., 2019). در این خصوص اگرچه استفاده از عواملی همچون کودها، آفت‌کش‌ها، خاک‌پوش‌ها، فنّاوری آبیاری و غیره اثرات فرسایش را تا حدودی کم می‌کنند اما در عوض موجب ایجاد آلودگی، تهدید سلامت بشر، تخریب زیستگاه‌ها و بوم‌سازگان طبیعی و مصرف زیاد انرژی می‌شود (Dharma-Wardana, 2018). ازاین‌رو یکی از راه‌های مناسب مدیریت و کاهش فرسایش بی‌رویه خاک استفاده از روش‌های زیستی است (Sadeghi et al., 2017). بر همین اساس مدیریت زیستی[1] فرسایش با استفاده از روش‌های زیستی همچون تقویت پوشش گیاهی و کاشت گیاهان مناسب و

* نویسنده مسئول: sadeghi@modares.ac.ir

1 Biologic/ Biological/ Environmental/ Green Management

بومی (Nyssen et al., 2007)، کشاورزی حفاظتی (Wulanningtyas et a., 2021; Somasundaram et al., 2020; Noori et al., 2014)، ریزموجودات خاک‌زی مانند سیانوباکتری (Sadeghi et al., 2020)، باکتری (Sadeghi et al., 2017; Sadeghi et al., 2020)، خزه (Gao et al., 2017)، خاک‌پوش‌های زیستی (Hosseini et al., 2018) و طرح‌های مدیریتی چرا، باعث مدیریت مناسب آبخیز در زمینه‌های بهره‌برداری توسط آبخیزنشینان می‌شود که می‌تواند کمک شایانی در کاهش میزان فرسایش و هدررفت خاک داشته باشد.

اهمیت روش‌های زیستی ازآن‌جهت مشخص می‌شود که کم‌ترین میزان دخالت در شرایط محیطی یک منطقه و کارایی بهتری نسبت به اقدامات سازه‌ای دارد و هم‌چنین ازلحاظ اقتصادی مقرون به‌صرفه‌تر خواهد بود (Gholami et al., 2017). درهرحال باید توجه داشت که استفاده از روش‌های زیستی بیش‌تر در مراحل ابتدایی فرسایش شامل پاشمانی، سطحی و بین‌شیاری به‌مراتب نتیجه و اثر بیش‌تری خواهد داشت و هر چه فرسایش توسعه و شدت بیشتری پیدا کند همراهی روش‌های زیستی با روش‌های زیست‌مهندسی[1] و مهندسی و سایر اقدامات سازه‌ای آبخیزداری از ضرورت بیشتری برخوردار خواهد بود. در همین راستا پژوهش‌های مختلفی نیز در رابطه با استفاده از روش‌های مدیریت زیستی با اهداف مختلف انجام‌شده است. در این خصوص Norton et al. (2001) در پژوهشی شناسایی مناطق پرخطر و پهنه‌بندی فرسایش در حوزه آبخیز سد Itaipu حدفاصل دو کشور برزیل و پاراگوئه را بررسی کردند. آن‌ها بیان داشتند که برای مدیریت صحیح آبخیز ضروری است در ابتدا مناطق با فرسایش شدید و خیلی شدید شناسایی‌شوند و سپس در مرحله تفصیلی نسبت به مطالعات با مقیاس بزرگ‌تر اقدام کرد. Masjedi and Fathi moghadam (2009) در پژوهشی ضریب زبری اندام بیرونی گیاه گز و تأثیر آن در کاهش سرعت جریان را بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد گیاه گز به دلیل ضریب زبری بالا باعث کاهش سرعت و تنش برشی جریان شده و درنهایت فرسایش خاک را کم می‌کند. در پژوهشی دیگر Gholami et al. (2012) تأثیر پوشش سطح زمین بر فرآیندهای تولید رواناب و رسوب را بررسی نمودند. نتایج آن‌ها نشان داد که خاک‌پوش کاه، اثر قابل‌توجهی در تغییر رواناب و ویژگی‌های فرسایش دارد. هم‌چنین Pourjavad et al. (2017) چگونگی تأثیر بوته‌های گیاهی بر میزان فرسایش و رسوب بادی در مناطق خشک در منطقه صبری شهرتان سبزوار را بررسی کردند. آن‌ها وجود اختلاف معنی‌دار در فرسایش بادی در دو منطقه مطالعاتی را به ویژگی‌هایی نظیر نوع، ارتفاع و عرض گیاه ارتباط دادند. به‌طوری‌که با افزایش ارتفاع، تراکم و عرض پوشش گیاهی مقدار فرسایش بادی کاهش معنی‌داری در پی خواهد داشت. Hosseinalizadeh et al. (2019) در پژوهشی پتانسیل‌های مثبت و منفی فرسایش تونلی در بخشی از نهشته‌های لسی استان گلستان را بررسی کردند. نتایج پژوهش نشان داد که فرسایش تونلی در منطقه مذکور به‌عنوان تهدید جدی در هدررفت خاک بوده و از طرفی به‌عنوان فرصت، بستر مناسبی برای رشد انواع گیاهان و افزایش تنوع زیستی را فراهم نموده است. Vianna et al. (2020) در پژوهشی کارایی فن‌های زیست‌مهندسی در توسعه پوشش گیاهی در شیب‌ها را در نزدیکی یک نیروگاه برق‌آبی در برزیل را ارزیابی کردند. در این مطالعه، انواع مختلفی از فن‌های زیست‌مهندسی ، به‌صورت مجزا و در شرایط ترکیبی، به‌عنوان سامانه‌هایی برای جلوگیری از مهار فرآیندهای فرسایش سطحی در شیب‌ها به‌کار گرفته شدند. نتایج آن‌ها نشان داد ترکیب مواد آلی با روش کاشت دستی باعث بهبود توسعه پوشش گیاهی نشد درحالی‌که استفاده از مهارکننده‌های رسوبات آلی[2] در هنگام کاشت دستی تنوع چشمگیری بر شاخص‌های پوشش گیاهی و استقرار پوشش گیاهی نشان داد. در پژوهشی دیگر Symmank et al. (2020) بررسی مقایسه‌ای فن‌آوری‌های زیست‌مهندسی و اقدامات مکانیکی برای حفاظت از سواحل رودخانه‌ها و تأثیر آن بر خدمات بوم‌سازگان مناطق ساحلی را مدنظر قراردادند. نتایج ایشان نشان داد اقدامات زیست‌مهندسی باعث افزایش چهار برابری ترسیب کربن می‌شوند درصورتی‌که استفاده از سنگ‌چین‌ها به ترتیب باعث کاهش ۲۰ و ۳۰ درصدی مقدار فسفر و نیتروژن از بستر رودخانه‌ها شد. اخیراً نیز در پژوهشی دیگر Islam et al. (2021) تأثیر گیاه وتیور (Chrysopogon zizanioides) بر نفوذ و مهار فرسایش دامنه‌های شیب‌دار در شرایط بارندگی شدید شبیه‌سازی‌شده در بنگلادش را بررسی کردند. نتایج ایشان نشان داد گیاه وتیور با دارا بودن سامانه ریشه‌ای گسترده رواناب سطحی را به میزان ۱۸ درصد کاهش داد.

بررسی پیشینه پژوهش نشان داد پژوهش‌های متعددی در رابطه با استفاده از روش‌های مختلف زیستی برای اهداف مختلف و ازجمله کاهش فرسایش خاک گزارش‌شده است. از سوی دیگر بررسی‌ها نشان داد تاکنون شیوه‌نامه کاربردی و مشخصی برای اجرای روش‌های زیستی به‌منظور کاهش فرسایش خاک در کشور وجود ندارد. از همین‌رو در پژوهش حاضر سعی شد چارچوب و

1 Bioenginnering Methods

2 Organic Sediment Retainers

الگویی مشخص برای مدیریت زیستی فرسایش ارائه شود. بر همین اساس در مدیریت زیستی فرسایش ابتدا واحدهای کاری حوزه آبخیز مربوطه در مقیاس اجرایی تعیین و وضعیت فرسایشی با استفاده از جدول ارزیابی BLM[1] (Esmali & Abdollahi, 2011) تکمیل و نقشه وضعیت و سیمای فرسایشی برای آبخیز مطالعاتی تهیه می‌شود. درنهایت با بررسی شرایط منطقه با استفاده از منحنی‌های آمبروترمیک[2] و هایترگراف[3] و نقشه اقلیمی-کشاورزی[4] حوزه آبخیز، گونه‌های گیاهی مناسب و متناسب با شرایط منطقه برای مدیریت زیستی ارائه خواهد شد. در این راستا و به‌منظور اثبات قابلیت اجرایی و ارزیابی الگوی ارائه‌شده، رویکرد پیشنهادی در حوزه آبخیز گلازچای اشنویه در استان آذربایجان‌غربی به‌عنوان آبخیز نمونه در مناطق مرتفع شمال غرب کشور به سبب غلبه انواع اولیه فرسایشی و همچنین وجود پیشینه پژوهشی (Mostafazadeh et al., 2015; Zabihi Silabi et al., 2020) به کار گرفته شد. نتایج حاصل از پژوهش حاضر می‌تواند زمینه‌ساز الگوی مدیریت زیستی فرسایش در آبخیزهای کشور باشد.

تبیین روش و الگوی مدیریت زیستی فرسایش

- تهیه نقشه واحدهای کاری حوزه آبخیز مطالعاتی

در رویکرد مدیریت زیستی فرسایش ابتدا نقشه واحدهای کاری غالباً از لایه‌های اطلاعاتی شامل ارتفاع از سطح دریا، شیب و جهت شیب استخراج می‌شود. پس از تهیه لایه‌های اطلاعاتی مذکور با ترکیب لایه‌ها نقشه اولیه واحدهای کاری منطقه به‌دست می‌آید. اگرچه این واحدهای کاری می‌تواند بر اساس نظر کارشناسی و فنی مدیر آبخیز و با لحاظ مبانی مختلف تعیین شوند.

- تهیه نقشه فرسایش خاک حوزه آبخیز مطالعاتی

پس از تهیه واحدهای کاری آبخیز مطالعاتی، به‌منظور تعیین وضعیت فرسایشی در هر واحد کاری با بازدید میدانی و یا تهیه عکس، جدول ارزیابی BLM بر اساس نظرات کارشناسی تکمیل و سپس از نظرات میان‌گیری می‌شود. درنهایت امتیاز و وضعیت فرسایشی هر واحد کاری محاسبه خواهد شد. در مرحله بعد پس از تعیین وضعیت فرسایشی، نقشه سیمای فرسایشی در واحدهای کاری به‌دست خواهد آمد (Sadeghi, 2005). بر این اساس، گستره نسبی پراکنش و شدت انواع مختلف و اصلی فرسایش‌های گسترده و متمرکز در منطقه و در مقیاس زیرآبخیزها تعیین خواهد شد.

- تهیه منحنی‌های آمبروترمیک و هایترگراف حوزه آبخیز مطالعاتی

برای تعیین دوره خشکی و تغییرات دما و بارندگی به‌منظور تعیین گیاهان مناسب با ویژگی‌های منطقه، منحنی آمبروترمیک و هایترگراف برای آبخیز موردمطالعه استخراج می‌شود (Salahi et al., 2008; Hanifehpur et al., 2013). منحنی‌های آمبروترمیک و هایترگراف اساساً برای بررسی تطابق شرایط اقلیمی با تقاضای پوشش گیاهی در مقاطع مختلف دوره‌های فنولوژیک گیاهی است.

- تهیه نقشه اقلیمی-کشاورزی حوزه آبخیز مطالعاتی

در ادامه با ترکیب لایه‌های ارتفاع از سطح دریا، تبخیر و تعرق، دما و بارش نقشه اقلیمی-کشاورزی برای آبخیز موردمطالعه به‌دست خواهد آمد (FAO, 1996; Farajzadeh & Takalo-Bighash, 2001). نقشه مذکور باهدف برنامه‌ریزی مدیریت فرسایش و ارائه گونه‌های مناسب برای آبخیز مطالعاتی در دستور کار قرار خواهد گرفت.

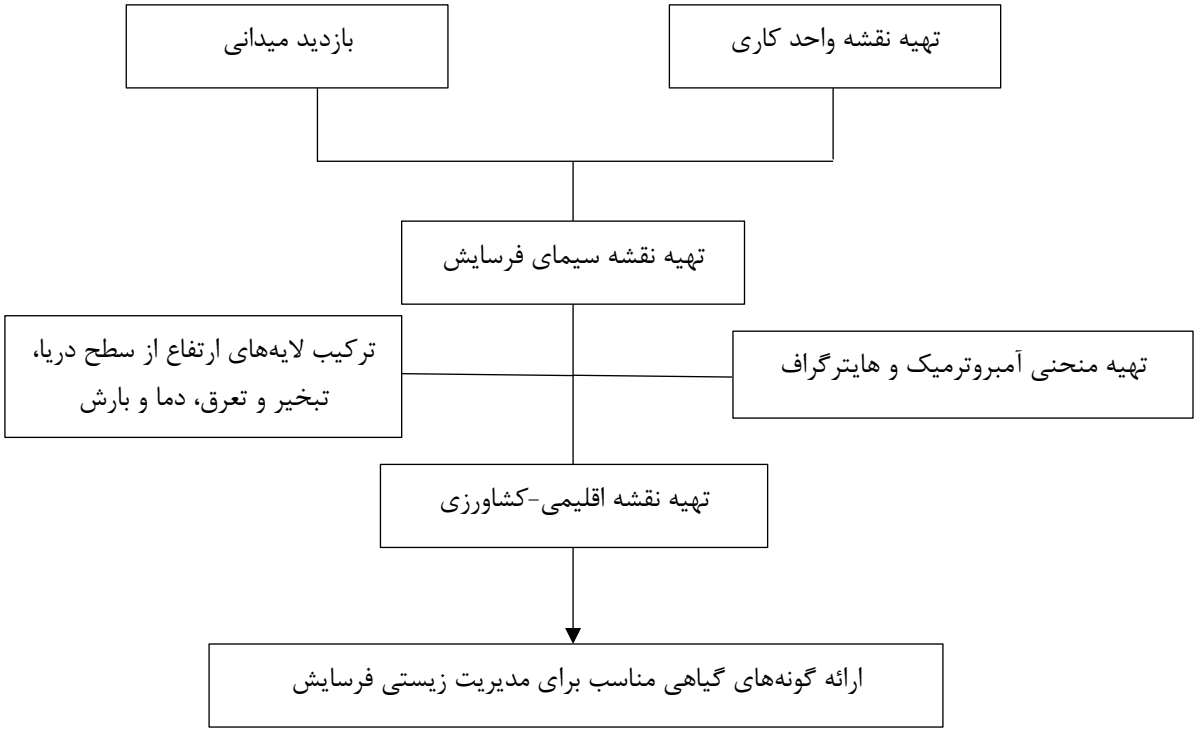
- ارزیابی تطبیقی ویژگی‌های فیزیکی آبخیز و توقعات اکولوژیک گونه‌های گیاهی حوزه آبخیز مطالعاتی

در مرحله بعد ویژگی‌های عمومی خاک، توپوگرافی، اقلیم (بارش، درجه حرارت) و فنولوژی گونه‌های غالب بر اساس اطلاعات موجود و به‌ویژه مطالعه جامعه‌شناسی گیاهی[5] استخراج خواهد شد. درنهایت با توجه به وضعیت فرسایشی و نقشه اقلیمی-کشاورزی، گونه‌های مناسب از گیاهان غالب بومی در آبخیز مطالعاتی برای مدیریت زیستی فرسایش ارائه می‌شود. در شکل (۱) نمودار جریانی مراحل انجام مدیریت زیستی فرسایش ارائه‌شده است.

-کاربست مدل الگویی مدیریت زیستی فرسایش در حوزه آبخیز گلازچای اشنویه، آذربایجان‌غربی

پژوهش حاضر باهدف اصلی تهیه الگوی مدیریت زیستی فرسایش در حوزه‌های آبخیز و سپس کاربست عملی آن در آبخیز گلازچای اشنویه به سبب غلبه انواع اولیه فرسایشی و همچنین وجود پیشینه پژوهشی (Mostafazadeh et al., 2015; Zabihi Silabi et al., 2020) برنامه‌ریزی شد. حوزه آبخیز گلازچای از زیرحوزه‌های رودخانه گدار، در استان آذربایجان‌غربی با مساحت حدود ۱۰۳۰۰ هکتار، در بالادست شهرستان اشنویه واقع‌شده است. شیب متوسط آبخیز ۳۲ درصد، حداقل، حداکثر و ارتفاع متوسط به ترتیب ۱۴۸۰، ۳۳۰۰ و ۲۳۹۰ متر از سطح دریا، طول رودخانه اصلی۱۹/۳ کیلومتر و زمان تمرکز آن حدود دو ساعت است. میانگین بارندگی و درجه حرارت سالانه آبخیز گلازچای به ترتیب ۴۸۲ میلی‌متر و ۱۱/۸ درجه سانتی‌گراد است (Azardasht-Abbanan Engineering Consulting Company, 2010).

1 Bureau of Land Management (BLM)
2 Ombrothermic Diagram
3 Hythergraph Diagram
4 Agroclimatic Map
5 Phytosociology



شکل ۱- نمودار جریانی الگوی مدیریت زیستی فرسایش خاک

- نقشه واحدهای کاری حوزه آبخیز گلازچای اشنویه، آذربایجان‌غربی

در پژوهش حاضر، واحدهای کاری حوزه آبخیز گلازچای اشنویه با استفاده از لایه‌های اطلاعاتی شامل ارتفاع از سطح دریا، شیب و جهت شیب با استفاده از نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ (National Cartographic Center, 2018) و در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی[1] (GIS) استخراج شد. پس از تهیه لایه‌های اطلاعاتی مذکور با ترکیب لایه‌ها نقشه اولیه واحدهای کاری منطقه به‌دست آمد. بااین‌حال با توجه به تعداد زیاد واحدهای کاری منطقه با مساحت کم و به جهت تقلیل و تصحیح واحدهای کاری متناسب با شرایط منطقه، بازدید از حوزه آبخیز گلازچای اشنویه انجام شد. سپس با توجه به شرایط منطقه واحدهای کاری کم‌تر از ۲۵ هکتار در واحدهای کاری با بالاترین مطابقت ادغام و سپس مرز واحدهای کاری با واقعیت زمینی اصلاح شد. درنهایت تعداد ۲۱ واحد کاری برای آبخیز مطالعاتی استخراج شد. موقعیت عمومی و واحدهای کاری در حوزه آبخیز گلازچای اشنویه در شکل (۲) ارائه‌شده است.

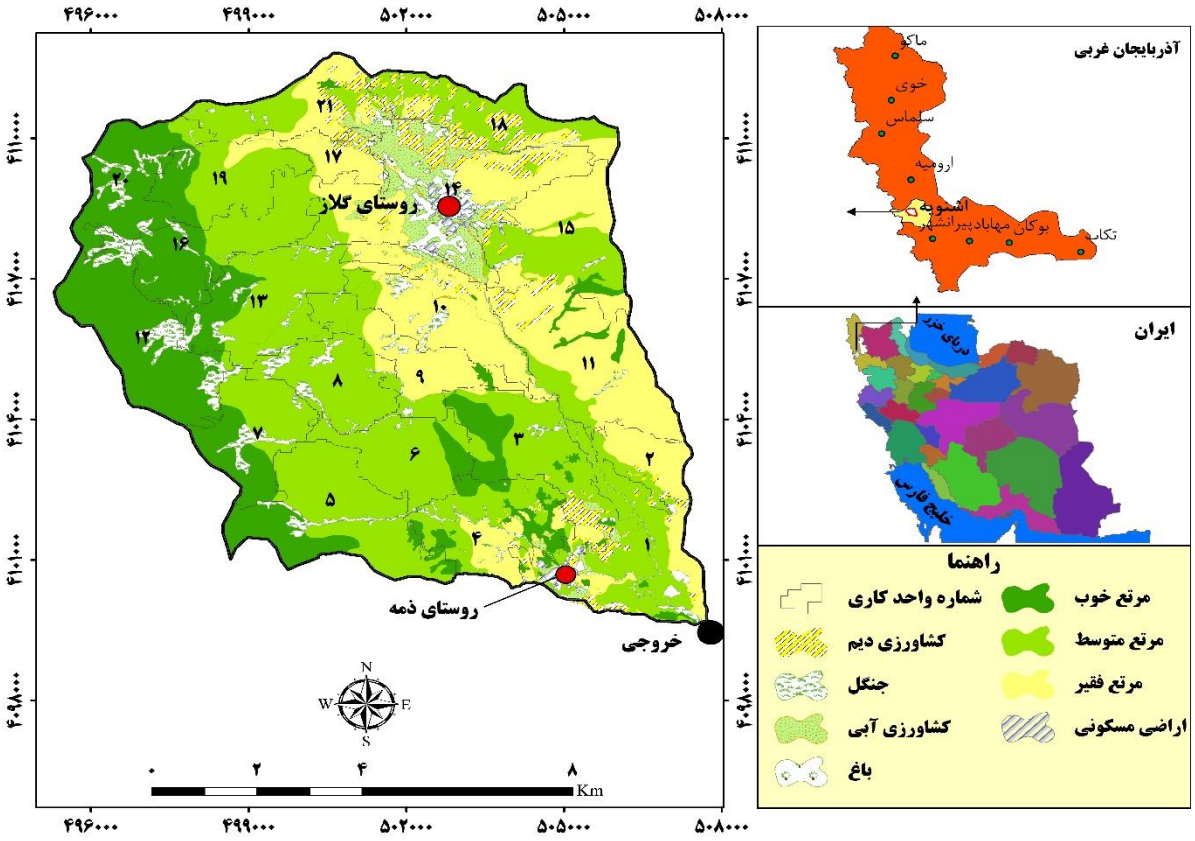
-نقشه فرسایش خاک در حوزه آبخیز گلازچای اشنویه، آذربایجان‌غربی

پس از تهیه واحدهای کاری منطقه، به‌منظور تعیین وضعیت فرسایشی در هر واحد کاری با تهیه عکس از واحدهای کاری، جدول ارزیابی BLM بر اساس نظرات هفت کارشناس تکمیل و سپس از نظرات میان‌گیری و امتیاز وضعیت فرسایشی هر واحد کاری محاسبه شد. با تعیین وضعیت فرسایشی نقشه سیمای فرسایشی با استفاده از جدول (۱) استخراج شد.

جدول ۱- طبقه‌بندی سیمای فرسایش خاک (Sadeghi, 2005)

وضعیت کلی	امتیاز به‌دست‌آمده	نماد کلی فرسایش خاک	شدت هر نوع از فرسایش	نماد جزئی شدت هر نوع از فرسایش	مساحت هر نوع از فرسایش (درصد)	نماد جزئی مساحت هر نوع از فرسایش
جزئی	۲۰-۰	A	خیلی کم	۱	۰-۲۵	۱
کم	۴۰-۲۱	B	کم	۲	۲۵-۵۰	۲
متوسط	۶۰-۴۱	C	متوسط	۳	۵۰-۷۵	۳
زیاد	۸۰-۶۱	D	زیاد	۴	۷۵-۱۰۰	۴
خیلی زیاد	۱۰۰-۸۱	E	خیلی زیاد	۵		

1 Geographic Information System



شکل ۲- موقعیت و واحدهای کاری حوزه آبخیز گلاز در استان آذربایجان غربی و کشور

- منحنی‌های آمبروترمیک و هایترگراف حوزه آبخیز گلازچای اشنویه، آذربایجان‌غربی

منحنی‌های آمبروترمیک، هایترگراف و نقشه اقلیمی-کشاورزی برای آبخیز موردمطالعه تهیه شد. بر همین اساس برای تهیه نقشه اقلیمی-کشاورزی، لایه دما و بارش با استفاده از گرادیان تهیه‌شده از داده‌های ایستگاه‌های نزدیک به حوزه آبخیز (Azardasht-Abbanan Engineering Consulting Company, 2010) و لایه تبخیر و تعرق نیز از روش زمین‌آمار و با استفاده از آمار شش ایستگاه استخراج شد.

- نقشه اقلیمی-کشاورزی حوزه آبخیز گلازچای اشنویه، آذربایجان‌غربی

بعد از استخراج تمامی لایه‌های موردنیاز، این لایه‌ها در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی با یکدیگر تلفیق و درنهایت نقشه اقلیمی-کشاورزی حوزه آبخیز مطالعاتی تهیه شد.

- ارزیابی تطبیقی ویژگی‌های آبخیز و نیازهای اکولوژیک گونه‌های گیاهی حوزه آبخیز گلازچای اشنویه، آذربایجان‌غربی

ازآنجایی‌که تاکنون اقدامی برای شناسایی گونه‌های غالب حوزه آبخیز موردمطالعه صورت نگرفته بود، بنابراین با پیمایش میدانی گونه‌های غالب گیاهی در هر یک از واحدهای کاری شناسایی شدند. درنهایت با توجه به وضعیت فرسایشی و نقشه اقلیمی-کشاورزی حوزه آبخیز گلازچای اشنویه، گونه‌های مناسب از گیاهان غالب بومی در آبخیز مطالعاتی برای مدیریت زیستی فرسایش در حوزه آبخیز گلازچای اشنویه ارائه شد.

نتایج و بحث

پژوهش حاضر باهدف ارائه رویکرد الگوی مدیریت زیستی در حوزه آبخیز گلازچای اشنویه به‌عنوان یکی از آبخیزهای شمال غرب کشور انجام پذیرفت. نتایج نشان داد حوزه آبخیز گلازچای اشنویه دارای کاربری اراضی شامل جنگل، مرتع خوب، مرتع متوسط، مرتع فقیر، کشاورزی دیم، کشاورزی آبی، باغ و اراضی مسکونی است و تعداد ۲۱ واحد کاری مطابق شکل (۲) استخراج شد.

از سوی دیگر نتایج تکمیل جدول ارزیابی BLM در هر واحدهای کاری نشان داد حوزه آبخیز مطالعاتی ازنظر وضعیت فرسایشی در دو طبقه کم و متوسط قرار دارد که نتایج در جدول (۲) و نقشه وضعیت فرسایشی و رخساره‌های غالب فرسایشی منطقه به ترتیب در شکل‌های (۳ و ۴) ارائه‌شده است. بر همین اساس از مجموع ۲۱ واحد کاری، تعداد شش واحد کاری با

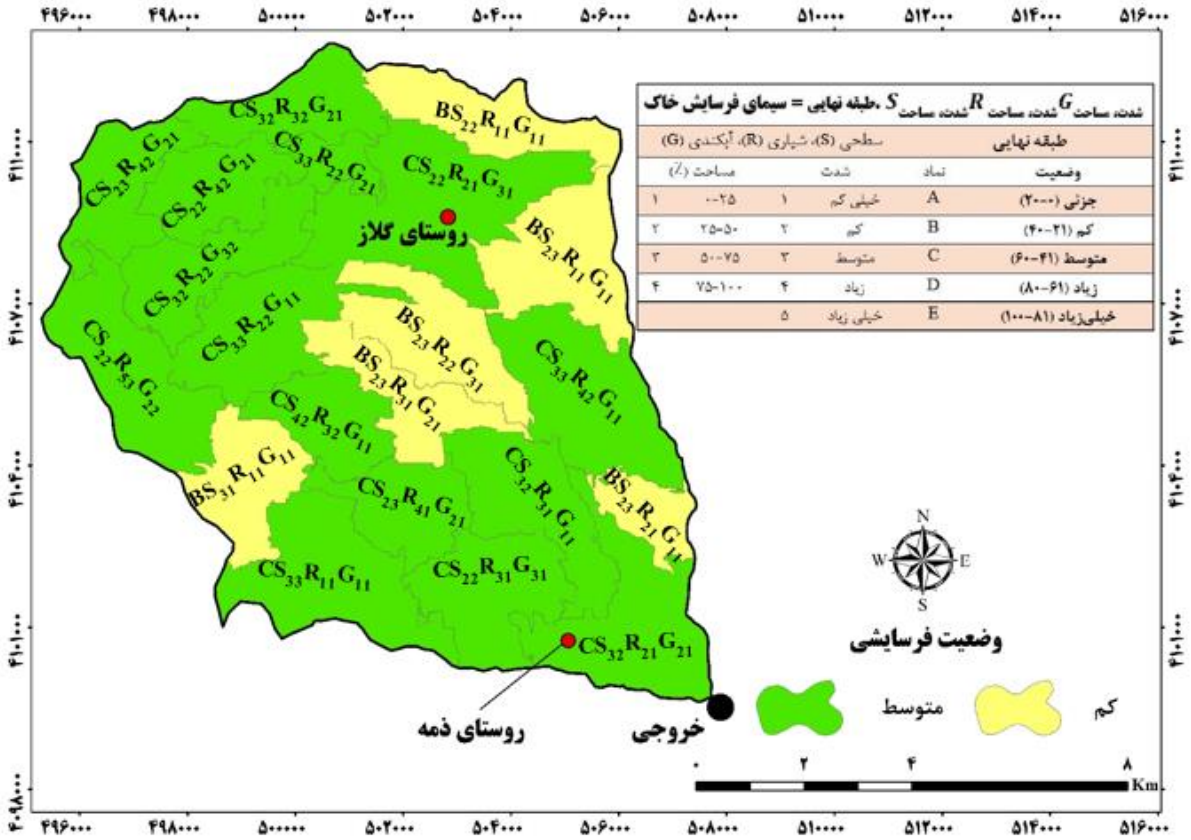
مساحت ۲۴/۶ کیلومترمربع (۲۴ درصد) ازنظر وضعیت فرسایشی در طبقه کم و تعداد ۱۵ واحد کاری با مساحت تقریبی ۷۶/۶ کیلومترمربع (۷۶ درصد) ازنظر وضعیت فرسایشی در طبقه متوسط قرار دارند که نشان می‌دهد اغلب مساحت آبخیز مطالعاتی ازنظر فرسایشی در مراحل ابتدایی فرسایش قرار داشته و می‌توان با لحاظ روش‌های زیستی وضعیت فرسایشی آن را بهبود بخشید بدون آن‌که نیازی به انجام اقدامات مکانیکی لازم باشد. در همین راستا Sadeghi (2005) نیز با استفاده از جدول ارزیابی BLM نقشه وضعیت فرسایشی واحدهای کاری حوزه آبخیز برهموم در استان مرکزی را تهیه و بر انجام روش‌های زیستی مدیریت فرسایش خاک تأکید داشته است.

جدول ۲- ارزیابی BLM تهیه‌شده برای واحدهای کاری حوزه آبخیز گلازچای اشنویه، آذربایجان‌غربی

واحد کاری	حرکت خاک	بقایای گیاهی	وضعیت سنگ و سنگ‌ریزه	مجسمه‌های فرسایشی[1]	فرسایش شیاری	شکل آبراهه	فرسایش آبکندی	جمع امتیازات	وضعیت فرسایشی
۱	۹	۶	۵	۸	۴	۹	۶	۴۷	متوسط
۲	۴	۳	۹	۷	۴	۵	۳	۳۵	کم
۳	۹	۷	۶	۷	۸	۹	۳	۴۹	متوسط
۴	۶	۴	۶	۶	۷	۶	۷	۴۲	متوسط
۵	۹	۱۲	۲	۱۳	۳	۷	۱	۴۷	متوسط
۶	۷	۵	۵	۶	۶	۱۱	۶	۴۶	متوسط
۷	۶	۱۲	۶	۷	۲	۴	۱	۳۸	متوسط
۸	۱۱	۸	۹	۹	۶	۱۰	۱	۵۴	زیاد
۹	۷	۶	۶	۲	۷	۵	۵	۳۸	کم
۱۰	۷	۳	۷	۳	۵	۵	۷	۳۷	کم
۱۱	۱۰	۸	۱۰	۸	۱۱	۱۰	۳	۶۰	متوسط
۱۲	۶	۴	۲	۷	۱۳	۱۳	۶	۵۱	متوسط
۱۳	۹	۳	۱۱	۷	۶	۶	۳	۴۵	متوسط
۱۴	۶	۴	۷	۴	۶	۱۰	۷	۴۴	متوسط
۱۵	۵	۳	۶	۵	۳	۳	۱	۲۶	کم
۱۶	۱۰	۱۰	۴	۷	۴	۹	۹	۵۳	متوسط
۱۷	۸	۱۲	۲	۸	۴	۱۰	۴	۴۸	متوسط
۱۸	۴	۶	۶	۲	۳	۲	۱	۲۴	کم
۱۹	۸	۵	۴	۷	۱۰	۱۰	۶	۵۰	متوسط
۲۰	۶	۶	۵	۳	۱۰	۱۰	۴	۴۴	متوسط
۲۱	۹	۱۱	۲	۷	۸	۹	۴	۵۰	متوسط

هم‌چنین منحنی آمبروترمیک و هایترگراف حوزه آبخیز گلازچای اشنویه به ترتیب در شکل‌های (۵ و ۶) ارائه‌شده است. نتایج حاصل از بررسی منحنی آمبروترمیک و هایترگراف حوزه آبخیز مطالعاتی نشان می‌دهد ماه‌های خشک حوزه آبخیز گلازچای اشنویه شامل خرداد، مرداد، شهریور و مهر است. هم‌چنین کشیدگی منحنی هایترگراف در هر دو جهت محورهای عمودی و افقی بوده که بیانگر دامنه تغییرات بارشی و دمایی زیاد در منطقه است. به‌منظور انتخاب و ارائه گونه‌های گیاهی مناسب با شرایط منطقه، اقدام به تهیه نقشه اقلیمی-کشاورزی شد. بر اساس نقشه اقلیمی- کشاورزی حوزه آبخیز مطالعاتی ازنظر شرایط دمایی، بارش و تبخیر و تعرق به نه طبقه به‌صورت ارائه‌شده در شکل (۶) تقسیم‌بندی شد. بر همین اساس بیش‌ترین مساحت طبقه اقلیمی- کشاورزی در طبقه پنج بوده که حدود ۳۴ درصد از سطح حوزه آبخیز را شامل می‌شود. هم‌چنین چهار طبقه ۵، ۶، ۷ و ۸ حدود ۸۷ درصد از مساحت حوزه را تشکیل داده و باید در برنامه‌ریزی و مدیریت فرسایش موردتوجه قرار گیرد.

1 Pedestals

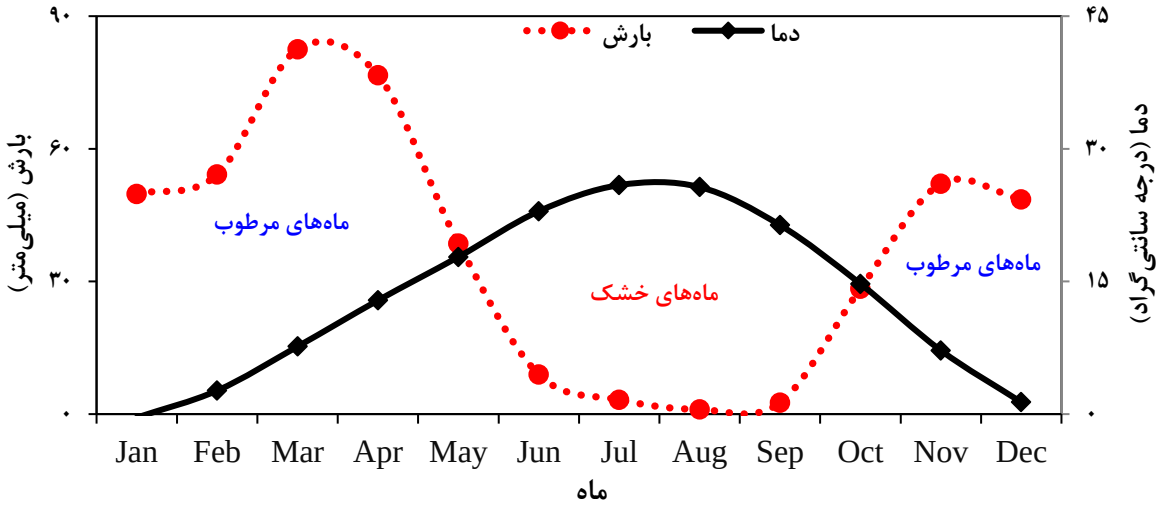


شدت، ساحت G شدت، ساحت R شدت، ساحت S، طبقه نهایی = سیمای فرسایش خاک

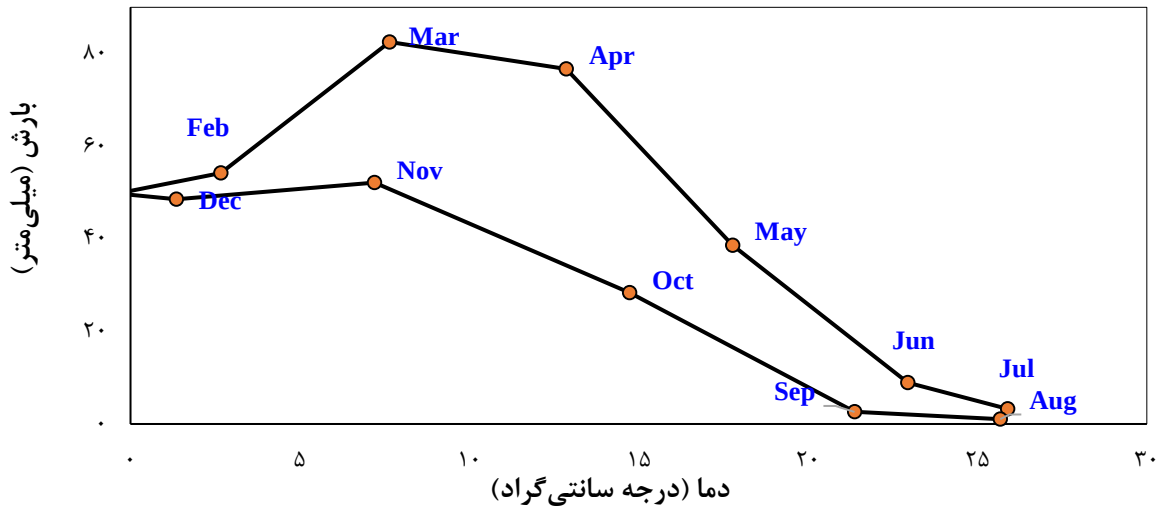
طبقه نهایی		سطحی (S)، شیاری (R)، آبکندی (G)		
وضعیت	نماد	شدت	مساحت (٪)	
جزئی (۰-۲۰)	A	خیلی کم ۱	۰-۲۵	۱
کم (۲۱-۴۰)	B	کم ۲	۲۵-۵۰	۲
متوسط (۴۱-۶۰)	C	متوسط ۳	۵۰-۷۵	۳
زیاد (۶۱-۸۰)	D	زیاد ۴	۷۵-۱۰۰	۴
خیلی‌زیاد (۸۱-۱۰۰)	E	خیلی زیاد ۵		

شکل ۳- نقشه سیمای فرسایشی حوزه آبخیز گلازچای اشنویه، آذربایجان‌غربی

شکل ۴- نمایی از رخساره‌های غالب فرسایشی حوزه آبخیز گلازچای اشنویه، آذربایجان غربی



شکل ۵- منحنی آمبروترمیک حوزه آبخیز گلازچای اشنویه، آذربایجان‌غربی

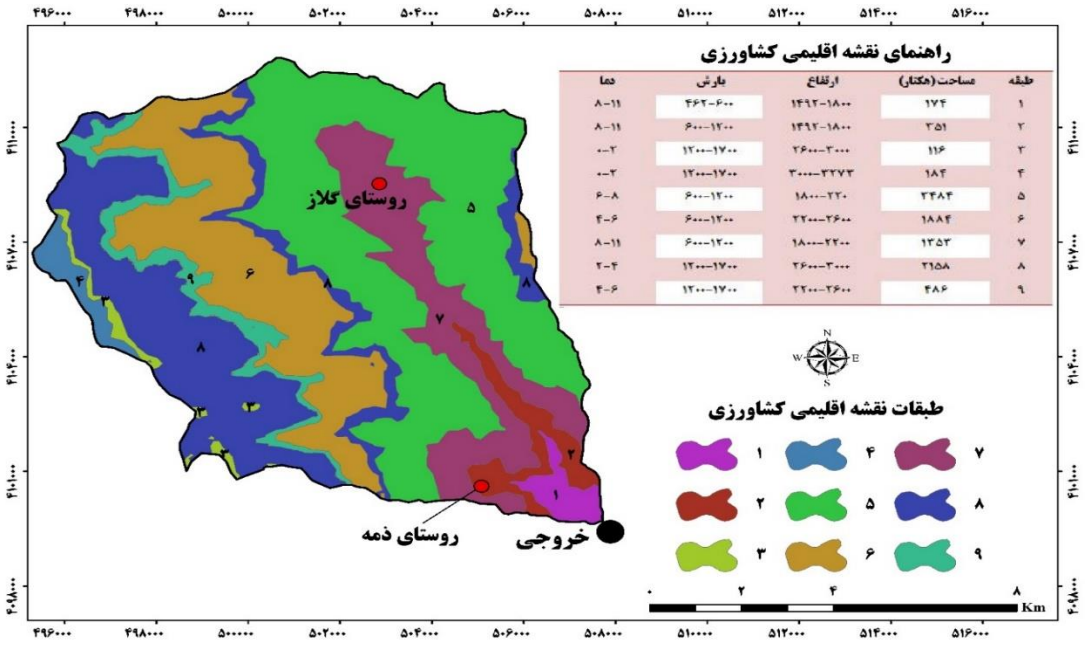


شکل ۶- منحنی هایترگراف حوزه آبخیز گلازچای اشنویه، آذربایجان‌غربی

در گام بعدی پس از تهیه نقشه اقلیمی-کشاورزی، مساحت کاربری‌های مختلف در طبقات اقلیمی-کشاورزی برای تعیین مساحت قابل‌کشت و میزان بذر مصرفی استخراج شد. بر همین اساس با توجه به شرایط منطقه و پوشش گیاهی متراکم مراتع خوب، از انجام اقدامات مدیریت زیستی فرسایش صرف‌نظر شد و فقط در مراتع متوسط و ضعیف انجام اقدامات زیستی مدنظر قرار گرفت (Mesdaghi, 2010; Azarnivand & Zare- Chahouk, 2012; Moghadam, 2015). در همین راستا خصوصیات خاک مراتع متوسط و ضعیف نیز برای اجرای اقدامات زیستی مدنظر قرار گرفت. بر همین اساس طی پژوهش Zabihi Silabi et al. (2020) مبنی بر ارزیابی قابلیت اراضی منطقه برای کاربری‌های اراضی مختلف، خاک منطقه موردمطالعه هیچ‌گونه محدودیتی ازلحاظ بافت خاک، شوری، اسیدیته، ماده آلی و سایر موارد مرتبط در خصوص کاربری مرتع ندارد. در جدول (۳) به تفکیک رده‌های همگون در نقشه اقلیمی-کشاورزی آبخیز مطالعاتی مساحت کاربری موجود ارائه‌شده است. بر اساس نتایج جدول (۲)، ۶۵۷۰ هکتار از سطح حوزه آبخیز مطالعاتی (۶۴ درصد) قابلیت انجام مدیریت زیستی فرسایش را دارد.

پس از مشخص شدن میزان مساحت قابل‌اجرای اقدامات زیستی برای مهار فرسایش، درنهایت طبق نتایج به‌دست‌آمده از نقشه وضعیت فرسایشی، منحنی آمبروترمیک، هایترگراف و نقشه اقلیمی-کشاورزی حوزه آبخیز گلازچای، گونه‌های مناسب برای مدیریت زیستی فرسایش از بین گونه‌های غالب ارائه‌شده در جدول (۴) انتخاب و بر اساس دوره فنولوژیک گیاهی، میزان بارش، ارتفاع مناسب، مقدار بذر و نحوه کاشت برای هر طبقه در جدول (۵) ارائه‌شده است (Taylor, 1999; Saboohi & Barani,

2016; Ghanbari et al., 2014; Nasrabadi et al., 2017; Shirmardi et al., 2018). از همین رو انتظار می‌رود با انجام اقدامات مدیریت زیستی فرسایش ازجمله کاشت گونه‌های متناسب با شرایط منطقه در ۶۴ درصد از آبخیز مطالعاتی، با افزایش ترسیب کربن و تثبیت نیتروژن، حاصلخیزی خاک را افزایش و میزان فرسایش به‌طور چشم‌گیر کاهش یابد.



شکل ۷- نقشه اقلیمی-کشاورزی حوزه آبخیز گلازچای، آذربایجان‌غربی

جدول ۳- وسعت کاربری‌های مختلف (هکتار) در رده‌های اقلیمی-کشاورزی حوزه آبخیز گلازچای اشنویه، آذربایجان‌غربی

کاربری	طبقه اقلیمی کشاورزی								
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
زراعت آبی	۰/۰۰	۹/۴۴	۰/۰۰	۰/۰۰	۱۱۰/۵۷	۰/۰۰	۲۲۳/۴	۰/۰۰	۰/۰۰
زراعت دیم	۲/۰۶	۱۰/۵۲	۰/۰۰	۰/۰۰	۳۰۱/۴۳	۰/۰۰	۱۳۱/۱۵	۰/۰۰	۰/۰۰
باغ	۶/۰۶	۱۵/۸۶	۰/۰۰	۰/۰۰	۳۳/۹۵	۰/۰۰	۱۲۷/۲۳	۰/۰۰	۰/۰۰
مرتع غنی	۱۰/۶	۳/۷۳	۱۰۵/۴۲	۱۸۲/۸۵	۲۰۱/۳۵	۲۷۰/۶۱	۵۸/۶۵	۹۶۰/۸۷	۱۸۴/۷۴
مرتع متوسط	۱۱۰/۲	۲۲۳/۸۲	۶/۵۱	۰/۰۰	۹۱۸/۶۴	۱۴۱۸/۵۲	۳۲۴/۹۴	۸۰۷	۲۴۳/۳
مرتع ضعیف	۲۴/۸۱	۶۴/۹۵	۰/۰۰	۰/۰۰	۱۷۸۳/۲۸	۸۷/۷۸	۳۹۷/۵۸	۱۵۹/۶۲	۰/۰۰
جنگل	۲۰/۱۱	۱۰/۵	۳/۸۳	۰/۶۲	۸۸/۱۴	۱۰۳/۰۹	۲۳/۹۵	۲۱۹/۶۷	۵۷/۶۹
مسکونی	۰/۰۰	۱۱/۷۲	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۲۷	۰/۰۰	۵۱/۹۴	۰/۰۰	۰/۰۰
اراضی زیر کشت	۱۳۵	۲۸۹	۶/۵	۰/۰۰	۲۷۰۲	۱۵۰۶	۷۲۲/۵	۹۶۶/۶	۲۴۳

شکل ۸- نمایی از برخی گونه‌های گیاهی غالب (گون، راست؛ شیر پنیر، وسط و بومادران، چپ) در حوزه آبخیز گلازچای اشنویه، آذربایجان‌غربی

جدول ۴. مشخصات گونه‌های گیاهی غالب در حوزه آبخیز گلازچای اشنویه، آذربایجان‌غربی

نام فارسی	نام علمی		ویژگی‌های فیزیکی و زیستی منطقه
بومادران	*Achillea millefolium L.*	اقلیم	سرد و نیمه‌خشک
		ارتفاع (متر)	۹۰۰-۲۵۰۰
		دما (درجه سانتی‌گراد)	۱۰-۲۲
		بارش (میلی‌متر)	۳۵۰
		فنولوژی	گیاهی چندساله به‌صورت بوته‌ای و نیمه بوته‌ای، در دشت و نواحی کوهستان رشد می‌کند. گلدهی اواخر اردیبهشت تا پایان تیر است.
		نقش حفاظتی در کاهش فرسایش	برای رشد به اقلیم خاصی نیاز ندارد و مقدار بالایی از عناصر اصلی شامل ازت، فسفر و پتاسیم در گیاه وجود دارد که حاصلخیزی خاک را افزایش می‌دهد (Ghanbari et al., 2014).
پولک	*Stachys inflata benth*	اقلیم	خشک سرد
		ارتفاع (متر)	۱۶۰۰-۱۸۰۰
		دما (درجه سانتی‌گراد)	۴-۳۰
		بارش (میلی‌متر)	>۲۰۰
		فنولوژی	مرحله رویشی و گل‌دهی فصل بهار است.
		نقش حفاظتی در کاهش فرسایش	در ارتفاع و اقلیم‌های مختلف رشد کرده، با ایجاد پوشش در سطح زمین باعث حفظ خاک می‌شود. هم‌چنین از گونه‌های باارزش دارویی بالااست (Salehi & Kalvandi, 2020).
جارو علفی	*Bromus tomentellus*	اقلیم	معتدل و نیمه‌استپی
		ارتفاع (متر)	۲۳۰۰-۳۳۰۰
		دما (درجه سانتی‌گراد)	-۲۵-۴۰
		بارش (میلی‌متر)	۵۱۰-۶۰۰
		فنولوژی	مرحله رویشی از اواسط اسفند تا اواخر فروردین، مرحله گل‌دهی اوایل اردیبهشت تا اواسط خرداد است.
		نقش حفاظتی در کاهش فرسایش	ریشه‌های متراکم و هم‌چنین تجمع بخش اعظم برگ‌ها در پایین ساقه و پوشاندن خاک باعث کاهش هدررفت خاک و فرسایش می‌شود (Shirmardi et al., 2018).
چمن گندمی	*Agropyron tauri*	اقلیم	سرد نیمه‌خشک
		ارتفاع (متر)	۸۰۰- ۲۶۰۰
		دما (درجه سانتی‌گراد)	-۲۰ -۳۸
		بارش (میلی‌متر)	>۴۰۰
		فنولوژی	مراحل رشد از اوایل پاییز تا اواخر بهار است.
		نقش حفاظتی در کاهش فرسایش	وجود سیستم ریشه‌ای افشان و انبوه به پایداری ساختمان خاک و کاهش هدررفت خاک کمک می‌کند (Karimzadeh et al., 2013).
شیر پنیر	*Galium verum L.*	اقلیم	مناطق معتدل
		ارتفاع (متر)	۱۴۰۰-۱۸۰۰
		دما (درجه سانتی‌گراد)	-۵ -۳۲
		بارش (میلی‌متر)	>۲۵۰
		فنولوژی	یک‌ساله زمستانه یا تابستانه، در شرایط محیطی خاص به‌صورت دوساله است.
		نقش حفاظتی در کاهش فرسایش	با افزایش نیتروژن و فسفر در خاک حاصلخیزی خاک را بهبود می‌بخشد (Taylor, 1999).
علف گندمی بیابانی	*Agropyron desertorum*	اقلیم	مراتع استپی و نیمه‌استپی
		ارتفاع (متر)	۲۰۰۰-۲۷۰۰
		دما (درجه سانتی‌گراد)	-۲۰ -۴۰
		بارش (میلی‌متر)	>۲۰۰

جدول ۴. مشخصات گونه‌های گیاهی غالب در حوزه آبخیز گلازچای اشنویه، آذربایجان‌غربی

نام فارسی	نام علمی		ویژگی‌های فیزیکی و زیستی منطقه
		فنولوژی	شکل زیستی دسته‌ای، دائمی و بسیار مقاوم به خشکی و سرما، رشد رویشی اواسط اسفند تا نیمه دوم فروردین، شروع گلدهی اواخر اردیبهشت تا اواسط خرداد، بذردهی اواسط خرداد تا اواسط تیر و ریزش بذر اواخر خرداد تا اواسط تیر است.
		نقش حفاظتی در کاهش فرسایش	عمق ریشه به بیش از دو متر می‌رسد و باعث تثبیت خاک و جلوگیری از فرسایش می‌شود، هم‌چنین تحمل به خشک‌سالی از صفات مطلوب گیاه است (Alderson & Sharp, 1994; seyedmohammadi et al., 2011).

ادامه جدول ۴. مشخصات گونه‌های گیاهی غالب در حوزه آبخیز گلازچای اشنویه، آذربایجان‌غربی

گون	*Astragalus ascendes*	اقلیم	استپی، نیمه‌استپی ، جنگل‌های خشک و کوه‌های مرتفع
		ارتفاع (متر)	۴۰۰۰ -۱۱۰۰
		دما (درجه سانتی‌گراد)	۱۰-۱۵
		بارش (میلی‌متر)	۱۵۰-۵۰۰
		فنولوژی	به‌صورت بوته‌ای کوتاه و بالشتکی است.
		نقش حفاظتی در کاهش فرسایش	ترسیب مقادیر بالای کربن، فرم بالشتکی گیاه پوشش مناسب برای حفاظت خاک ایجاد می‌کند (Vahabiet al., 2007; Saboohi & Barani, 2016).
ملیکای ایرانی	*Melica persica*	اقلیم	نیمه‌خشک، فراسرد و سرد
		ارتفاع (متر)	۱۶۰۰-۱۸۰۰
		دما (درجه سانتی‌گراد)	۵-۱۵
		بارش (میلی‌متر)	۱۲۵ – ۶۰۰
		فنولوژی	مرحله رویشی اوایل اسفند تا اواخر اردیبهشت، مرحله بذردهی اواسط اردیبهشت تا اوایل خرداد است.
		نقش حفاظتی در کاهش فرسایش	وجود ریشه‌های افشان و متراکم و هم‌چنین همزیستی با قارچ‌های میکوریزا باعث تثبیت خاک می‌شود (Zarif Ketabi et al., 2010).

جدول ۵- گونه‌های گیاهی پیشنهادی برای مدیریت زیستی فرسایش در حوزه آبخیز گلازچای اشنویه، آذربایجان‌غربی

نام فارسی	نام علمی	نوع کشت	بذر (کیلوگرم در هکتار)	رده اقلیمی-کشاورزی
بومادران	*Achillea millefolium*	ریزوم	۴-۵	۱، ۲، ۷
علف گندمی بیابانی	*Agropyron desertorum*	بذرکاری	۱۰۵	۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۹
چمن گندمی	*Agropyron tauri*	بذرکاری	۶-۱۰	۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹
شیر پنیر	*Galium verum*	بوته کاری و ریزوم		۱
ملیکای ایرانی	*Melica persica kunth*	بذرکاری		۱، ۷
پولک	*Stachys inflata benth*	بذرکاری	۴-۵	۵

نتیجه‌گیری

در راستای دست‌یابی به مدیریت پایدار منابع خاک و آب و جلوگیری از اتلاف آن، رویکرد احیا خاک و بوم‌سازگان‌های تخریب‌شده و به‌کارگیری فن‌آوری‌های سازگار و بهسازی اراضی وجود دارد. از همین رو به‌منظور نیل به این رویکردها روش‌های مختلفی ازجمله روش‌های زیستی شامل مدیریت پوشش گیاهی و از طریق کاشت گونه‌های مختلف با ویژگی‌های مناسب برای حفاظت خاک و اجرای سامانه‌های مناسب خاک‌ورزی و بهبود سامانه‌های زراعی وجود دارد. به‌طوری‌که روش‌های زیستی مدیریت فرسایش از راه‌کارهای مناسب در مراحل ابتدایی فرسایش تلقی می‌شود و علمی کاربردی و ترکیبی از مفاهیم ساختاری، زیستی و محیط‌زیستی برای مدیریت و مهار فرسایش، رسوب و رواناب است. در همین راستا پژوهش حاضر با اتخاذ یک رویکرد مدیریت زیستی فرسایش مبتنی بر وضعیت فرسایشی و شرایط اقلیمی- کشاورزی و انتخاب گونه‌های مناسب با شرایط منطقه در حوزه آبخیز گلازچای اشنویه انجام شد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که با استفاده از رویکرد موردبررسی تنها ۶۴ درصد از منطقه موردمطالعه نیازمند اقدامات زیستی ازجمله کاشت گونه‌های گیاهی بومی منطقه باهدف بهبود وضعیت فرسایشی منطقه است. لازم به ذکر است اگرچه تحلیل اثر اتخاذ

رویکرد مدیریت زیستی فرسایش بر بهبود وضعیت فرسایشی آبخیز مربوطه نیازمند تحلیل و بررسی‌های بیش‌تر و گسترده است، بااین‌حال نتایج پژوهش حاضر می‌تواند به‌عنوان ابزار مدیریتی مناسب با رویکردی زیستی در مدیریت مسائل حاکم بر منابع خاک و آب حوزه‌های آبخیز در سراسر کشور توسط مدیران، برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران مدنظر قرار گیرد.

سپاس‌گزاری

نویسندگان از آقای مهندس سیّد امین زکی، خانم مهندس آزاده کاتبی‌کرد و خانم مهندس خدیجه حاجی دانشجویان دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری دانشگاه تربیت مدرس برای در اختیار قرار دادن داده‌های مورد نیاز کمال تشکر و قدردانی را دارند.

"هیچگونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد"

REFERENCES

Adimassu, Z., Langan, S., Johnston, R., Mekuria, W., & Amede, T. (2017). Impacts of soil and water conservation practices on crop yield, run-off, soil loss, and nutrient loss in Ethiopia: review and synthesis. *Environmental Management*, *59*(1), 87-101.

Alderson, J., & Sharp, W.C. (1994). Grass varieties in the United States. *Agriculture handbook (United States. Dept. of Agriculture)* (USA).

Azardasht-Abbanan Engineering Consulting Company. (2010). Final report of study and design of drainage network for surface runoff and urban flood in Oshnavieh. 122 p. (In Farsi)

Azarnivand, H. & Zare-Chahouki, M.A., 2012. Rangeland Improvement, *University of Tehran Press*, 352 p. (In Farsi)

Boardman, J., Vandaele, K., Evans, R., & Foster, I.D. (2019). Off-site impacts of soil erosion and runoff: Why connectivity is more important than erosion rates. *Soil Use and Management*, *35*(2), 245-256.

Dharma-Wardana, M.W.C. (2018). Fertilizer usage and cadmium in soils, crops, and food. *Environmental geochemistry and health*, *40*(6), 2739-2759.

Esmali, A., & Abdollahi, Kh. (2011). Watershed Management & Soil Conservation. *University of Mohaqheqh Ardabili.* 612 p. (In Farsi)

FAO, Agriculture Organization of the United Nations (1996). Soil Resources, Conservation Service, Agriculture Organization of the United Nations. Land, & Water Development Division. Agro-ecological zoning: Guidelines. Food & Agriculture Org. 73: 78p.

Farajzadeh, M., & Takalo-Bighash, A., (2001). Agroclimatic zoning in Hamedan Province using GIS technology based on dry wheat. *Geographical Research Quarterly.* 21, 93-105. (In Farsi)

Gao, L., Bowker, M. A., Xu, M., Sun, H., Tuo, D., & Zhao, Y. (2017). Biological soil crusts decrease erodibility by modifying inherent soil properties on the Loess Plateau, China. *Soil Biology and Biochemistry*, *105*, 49-58.

Ghanbari, M., Souri, M.K., Omidbaigi, R., & Hadavand Mirzaei, H., (2014). Evaluation of some ecological factors, morphological traits and essential oil productivity of *Achillea millefolium* L. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants.* 30 (5), 692-701. (In Farsi)

Gholami, L., Karimi, N., & Kavian. A., (2017). Soil bioengineering methods used in water management and stabilization of steep slopes. *Ecohydrology*. 4 (1), 149-162. (In Farsi)

Gholami, L., S.H.R Sadegh & Homaee, M. (2012). Straw mulching effect on splash erosion, runoff, and sediment yield from eroded plots. Soil Science Society of America Journal, 77(1), 268–278.

Hanifehpur, M., Mashhadi, N., & Khosravi, H., (2013).The Effect of intensity and duration of drought on wind conditions and wind erosion in agricultural areas (Case study: Damghan area). *Environmental Erosion Research.* 3 (10), 65-77. (In Farsi)

Hosseinalizadeh, M., Alinejad, M., Zarei, H., & Jalalifard, A. (2019). Piping Erosion, a Threat or an Opportunity?. *Land Management Journal*, 7.2(2), 165-177.

Hosseini, S.A., Raeini, M., Sharifi, F., & Gholami, M., (2018). Evaluation of bio mulch erodibility on steep lands using rainfall simulation. *Watershed Engineering and Management.* 10 (1), 108-120. (In Farsi)

Islam, M.A., Islam, M.S., Chowdhury, M.E., & Badhon, F.F. (2021). Influence of vetiver grass (Chrysopogon zizanioides) on infiltration and erosion control of hill slopes under simulated extreme rainfall condition in Bangladesh. *Arabian Journal of Geosciences*, 14(2), 1-14.

Karimzadeh, J., Monirifar, H., Abdi Ghazijahani, A., & Razban Haghighi, A., (2013). Grouping of Agropyron tauri populations based on morphological traits. *Rangeland and Desert Research*. 19 (4). 693-702. (In Farsi)

Masjedi, A., & Fathi Moghadam, M. (2009). A laboratory study of vegetation effects on preventing soil erosion in water catchments. *Watershed Engineering and Management*, 1(3), 201-2011.

Mesdaghi, M., (2010). Range management in Iran. *Imam Reza University Press*. 336 p. (In Farsi)

Moghadam, M.R., (2015). Range and range management. University of Tehran Press, 470 p. (In Farsi)

Mostafazadeh, R., Sadeghi, S.H.R.., & Sadoddin, A., (2015). Analysis of Storm-wise sedimentgraphs and rating loops in Galazchai watershed, west-Azerbaijan. *Journal of Water and Soil Conservation.* 21 (5), 175-191. (In Farsi)

National Cartographic Center, (2018). Database 25000. http://www.ncc.org.ir/fa/news/1417/%D9%BE%D8%A7%DB%8C%DA%AF%D8%A7%D9%87-%D8%AF%D8%A7%D8%AF%D9%87-25000.

(In Farsi)

Nasrabadi, E., Farzam, M., Mesdaghi, M., & Ali Labafian, M., (2017). Domestication and acclimation of Melica persica Kunth, a native rangeland species, for using in the urban green space. *Environmental Sciences.* 14 (4), 17-28. (In Farsi)

Noori, S.H., Jamshidi, A., Jamshidi, M., Hedayati Moghadam, Z., & Fathi, A., (2014). Survey on factors affecting the acceptance of soil conservation measures, a step towards sustainable agriculture; Case study: township of Shirvan and Chardavol. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research.* 45 (1), 195-205. (In Farsi)

Norton, L.D., Castro Filho, C., Cochrane, T.A., Caviglione, J. H., Fontes Jr, H. M., Johansson, L. P., & Marenda, L.D. (2001). Monitoring the sediment loading of Itaipu Lake and modeling of sheet and rill erosion hazards in the watershed of the Parana River: an outline of the Project.

Nyssen, J., Poesen, J., Gebremichael, D., Vancampenhout, K., D'aes, M., Yihdego, G., & Haregeweyn, N. (2007). Interdisciplinary on-site evaluation of stone bunds to control soil erosion on cropland in Northern Ethiopia. *Soil and Tillage Research*, 94(1), 151-163.

Pimentel, D., & Burgess, M. (2013). Soil erosion threatens food production. *Agriculture*, *3*(3), 443-463.

Pourjavad, H., Rashki, A., Hosseinalizadeh. (2017). Assessing the influence of plant species on wind erosion in arid regions: (a case study of the Sebri region of Sabzevar, Iran). *Desert Ecosystem Engineering Journal*, 6 (14), 21-32.

Saboohi, R., Barani, H., (2016). Climatic Characteristics of the Natural Habitats of *Astragalus gossypinus* Fisher in Isfahan Province. *Applied Ecology*. 5 (16), 13-29. (In Farsi)

Sadeghi, S.H.R. (2005). A Semi-Detailed Technique for Soil Erosion Mapping Based on BLM and Satellite Image Applications, Journal of Agricultural Sciences and Technology (JAST), 7(3and4):133-142.

Sadeghi, S.H.R., Kheirfam, H., & Zarei Darki, B.. (2020). Controlling runoff generation and soil loss from field experimental plots through inoculating cyanobacteria. *Journal of Hydrology*, 124814.

Sadeghi, S.H.R., Kheirfam, H., Homaee, M., Zarei Darki, B., & Vafakhah, M. (2017). Improving runoff behavior resulting from direct inoculation of soil micro-organisms. *Soil and Tillage Research*, *171*, 35-41.

Salahi, B., Valizadeh-Kamran, Kh., & Ghavidel-Rahimi, Y., (2008). The simulation of Tabriz temperature in atmospheric carbon dioxide doubling condition using Goddard institute on space studies general circulation model (GISS GCM). *Geographical Research Quarterly.* 62, 55-66. (In Farsi)

Salehi, M., & Kalvandi, R., (2020). Evaluation of Morphological and Phytochemical Characteristics Changes in Different Populations of Stachys inflata Benth. In Hamedan Province. Journal of Horticultural Science. 34 (2). 247-260. (In Farsi).

Seyedmohammadi, S.A., Jafari, A.A.., Seyedmohammadi, N., Khayat, M., & Motagh, M., (2011). Study of Relationship between Forage Yield and Morphologycal Characteristics of Agropyron desertorum Genotypes. *Crop Physiology Journal*. 2 (8). 71-81. (In Farsi)

Shirmardi, H.A., Gholami, P., Mohammadi Najafabadi, H., & Fakhimi Abarghoei, E., (2018). Investigation of changes production and consumption of *Bromus tomentellus* Boiss in Karsanak Rangelands in Chaharmahal & Bakhtiari Province. *7th National Conference on Range and Range Management of Iran.* 12 p. (In Farsi)

Somasundaram, J., Sinha, N.K., Dalal, R. C., Lal, R., Mohanty, M., Naorem, A. K. & Chaudhari, S.K. (2020). No-Till Farming and Conservation Agriculture in South Asia–Issues, Challenges, Prospects, and Benefits. Critical Reviews in Plant Sciences, 1-44.

Symmank, L., Natho, S., Scholz, M., Schröder, U., Raupach, K., & Schulz-Zunkel, C. (2020). The impact of bioengineering techniques for riverbank protection on ecosystem services of riparian zones. *Ecological Engineering*, 158, 106040.

Taylor, K., (1999). Biological flora of the British Isles. Journal of Ecology. 87: 713-730.

Vahabi, M.R., Basiri, M., Moghadam, M.R., Masoumi, A.A., 2007. Determination of the most effective habitat indices for evaluation of Tragacanth sites in Isfahan province. *Journal of the Iranian Natural Research.* 59 (4), 1013-1029. (In Farsi)

Vianna, V.F., Fleury, M.P., Menezes, G.B., Coelho, A.T., Bueno, C., Lins da Silva, J., & Luz, M.P. (2020). Bioengineering Techniques Adopted for Controlling Riverbanks' Superficial Erosion of the Simplício Hydroelectric Power Plant, Brazil. *Sustainability*, 12(19), 7886.

Wulanningtyas, H.S., Gong, Y., Li, P., Sakagami, N., Nishiwaki, J., & Komatsuzaki, M. (2021). A cover crop and no-tillage system for enhancing soil health by increasing soil organic matter in soybean cultivation. Soil and Tillage Research, 205, 104749.

Zabihi Silabi, M., Sadeghi, S.H.R, Mostafazadeh, R., (2020). Comparison of FAO, USDA, and FRWMO Methods in Preparation of Land Capability Map of Oshnavieh Galazchai Watershed, Iran. *Journal of Soil and Water Resources Conservation.* 9 (4), 71-87. (In Farsi)

Zarif Ketabi, H., Shahmoradi, A.A., Dashti, M., Paryab, P., Hosseini-Bamrood, Gh.R, Zarekia, S., (2010). Autecology of Melica persica Kunth. In Khorasan Region. *Rangeland and Desert Research.* 17 (3). 421-430. (In Farsi)