

Research Paper

Evaluation and Comparison of the Growth Status of Plant Species in the Landslide and Control Areas in the 4th Series of the Neka Chub Forestry Plan

Seyed Ata ollah Hosseini¹ , Ali Babaei Ahmadabad², Hanieh Pouya³, and Seyed Jaber Hadizadeh⁴

1- Professor, Department of Forestry and Forest Economics, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Tehran, Iran, (Corresponding author: at.hosseini@ut.ac.ir)

2- Ph.D. Candidate, Department of Forestry and Forest Economics, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Tehran, Iran

3- Ph.D. Candidate, Department of Forestry and Forest Economics, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Tehran, Iran

4- Ph.D. Candidate, Department of Forestry and Forest Economics, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Tehran, Iran

Received: 29 January, 2025

Revised: 10 April, 2025

Accepted: 20 May, 2025

Extended Abstract

Background: Forests are considered the national capital of every country, and double importance should be given to their management, protection, and development in Iran due to being located on the dry belt of the earth. In forest management based on sustainability, regeneration of forests and natural habitats is crucial to achieve the goals of sustainable forests. Therefore, forest managers and foresters should consider revitalization and restoration of the forest's tree-grass cover in a natural way and with minimal human intervention after exploitation or disturbances resulting from natural disasters, such as mass movements and landslides or fire. Landslides are one of the most common and important disturbances. The occurrence of landslides can be affected by topography, geological structure, soil depth, and the integrity of roots. Researchers have found that it is possible and preventable to deal with landslides by increasing soil strength and developing plant roots and vegetation. It has also been determined that the probability of landslides is higher in grasslands and pastures than in forests, and tree cover is essential in areas prone to landslides. Thick roots act like nails in the soil on the slope, and the arrangement of thin roots connects these roots to each other. For this reason, slopes can be stabilized and soil hydrological conditions can be improved with suitable root tissue of all types of plants and surface vegetation. Therefore, this research aims to investigate the natural revitalization of vegetation in areas where shallow landslides have occurred.

Methods: Two shallow sliding areas, called sliding areas A and B in this research, located in Section 4 of Series 4 of Mazandaran's Nika Wood Forest in Plot 25, consisting of beech, alder, alder, oak, shirdar, van and walnut tree species, and had landslides of about 6 and 8 years with a size of 700 and 1200 m² in the direction of the northwest slope at a height of 486 and 610 m above the sea level, were selected for the research purpose. A control was considered at a distance of 10 A m in the adjacent area, parallel to the same sliding areas. Moreover, 24 sample pieces (including 12 sample pieces in two sliding areas A and B and 12 control sample pieces) with a 1 m² quadrat were randomly selected to examine the type and number of plants. The plants were first identified and then their number was counted in each sample plot. Then, according to the harvested plants, the floristic list of plants to identify and categorize the species, family, chorotype, and biological form of each plant was specified and entered in a floristic table. The number of established plants separated from the sliding and control areas, their belonging to wood-tree and herbaceous species, and their abundance were determined using Excel software. Comparisons were done with the independent t-test through SPSS software.

Results: The total number of harvested plants was 351, which is equal to the floristic characteristics of the sampled plants. They belonged to 19 plant families, including four tree families (maple, hemrose, parsnip, and alder) and 15 grass families (five species of which were abundant, namely Jagen, Ferfion, Raspberries, Banafsheh, and Matamati). Of all the sampled plants, 22% and 78% were found in the two sliding areas and the control areas, respectively. The



plants harvested in the landslide areas were 87 pieces, all of which were herbaceous plants, and there were no woody species among them. According to the findings of paired comparisons regarding the difference in the growth status of plant species between the sliding areas A and B with the control and adjacent area, the number of species and the abundance of plants were strongly affected by the disturbance caused by the sliding movement. They had a decreasing trend compared to the control areas, and the results were statistically significant at the 95% level.

Conclusion: The creation of disturbances, such as shallow landslides, causes a significant decrease in the number and diversity of plant species, so that native plants are not established and restored in the landslide area according to the model of the control area. Besides, 10 herbaceous species, such as cyclamen, primrose, sedum, fern, zebrina, etc., were not observed after the landslide. Considering the absence of tree species in the landslide area, the negative impact of the disturbance caused by the landslide on woody species is quite clear despite the passage of 6 and 8 years since the landslide occurrence. The grass of this establishment is being restored naturally, although in a small way (compared to the control area). It is noteworthy that fast-growing herbaceous species, such as jagen, farfion, and raspberry, were established earlier than the other species in the two studied areas. The manner of competition, seed distribution, germination, number of seeds, physiology, ecophysiology, and other characteristics of these species may have been effective in their success in occupying the landslide areas. It was also found that about half of the plants in the area (before the landslide) did not return to the area, especially woody plants, at least in the short term, according to the observations of the control areas.

Keywords: Disturbance, Germination, Landslide ecology, Shallow landslides, Vegetation

How to Cite This Article: Hosseini, S A., Babaei Ahmadabad, A., Pouya, H., & Hadizadeh, S. J. (2025). Evaluation and Comparison of the Growth Status of Plant Species in the Landslide and Control Areas in the 4th Series of the Neka Chub Forestry Plan. *Ecol Iran For*, 13(2), 1-11. DOI: 10.61882/ifej.2025.550



مقاله پژوهشی

ارزیابی و مقایسه وضعیت رویش گونه‌های گیاهی مناطق لغزشی و شاهد در سری ۴ طرح جنگل‌داری نکاء چوب

سید عطاء اله حسینی¹، علی بابایی احمدآباد^۲، هانیه پویا^۳ و سید جابر هادی‌زاده^۴

۱- استاد، گروه جنگل‌داری و اقتصاد جنگل، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران، (نویسنده مسوول: at.hosseini@ut.ac.ir)

۲- دانشجوی دکتری، گروه جنگل‌داری و اقتصاد جنگل، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۳- دانشجوی دکتری، گروه جنگل‌داری و اقتصاد جنگل، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۴- دانشجوی دکتری، گروه جنگل‌داری و اقتصاد جنگل، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۳۰

تاریخ ویرایش: ۱۴۰۴/۰۱/۲۱
صفحه ۱۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۱۰

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: جنگل‌ها سرمایه ملی هر کشور محسوب می‌شوند و در کشور ایران با توجه به قرار گرفتن بر روی کمربند خشک زمین اهمیت دو چندانی باید برای مدیریت، حفاظت و توسعه آن‌ها قائل شد. در مدیریت جنگل بر پایه پایداری، زادآوری جنگل و رویشگاه‌های طبیعی برای نیل به اهداف جنگل پایدار اهمیت زیادی دارد. از این‌رو، مدیران جنگل و جنگل‌بانان بعد از بهره‌برداری و یا آشفته‌گی حاصل از بلایای طبیعی مانند حرکات توده‌ای از جمله زمین‌لغزش و یا آتش‌سوزی، احیاء و بازیابی پوشش درختی-علفی جنگل به‌صورت طبیعی و با حداقل دخالت انسانی را مدنظر داشته باشند. زمین‌لغزش‌ها یکی از شایع‌ترین و مهم‌ترین این آشفته‌گی‌ها هستند. وقوع زمین‌لغزش می‌تواند متاثر از توپوگرافی، ساختار زمین‌شناسی، عمق خاک و انسجام ریشه‌ها باشد. محققین دریافته‌اند که مقابله با زمین‌لغزش‌ها با افزایش قدرت خاک و توسعه ریشه گیاهان و پوشش گیاهی امکان‌پذیر و قابل جلوگیری است. همچنین، مشخص شده است که احتمال لغزش در علفزارها و مراتع بیش از جنگل‌ها است و پوشش درختی در مناطق مستعد لغزش از اهمیت بسزایی برخوردار است. ریشه‌های ضخیم مانند میخ بر خاک‌های روی شیب عمل می‌کنند و چینش ریشه‌های نازک نیز این ریشه‌ها را به یکدیگر مرتبط می‌نمایند. به‌همین جهت با بافت ریشه‌ای مناسب انواع گیاهان و پوشش گیاهی سطحی می‌توان دامنه‌ها را تثبیت و شرایط هیدرولوژیک خاک را بهبود بخشید. از این‌رو، هدف این تحقیق بررسی روند احیای طبیعی پوشش گیاهی مناطقی است که در آن‌ها لغزش‌های کم‌عمق اتفاق افتاده است.

مواد و روش‌ها: به این منظور، دو منطقه لغزشی از نوع کم‌عمق، که در این تحقیق منطقه لغزشی A و B نامیده می‌شوند، در بخش چهار سری چهار جنگل نکاء چوب مازندران در قطعه ۲۵ که دارای گونه‌های درختی راش، ممر، توسکا، بلوط، شیردار، ون و گردو است و دارای لغزش‌های حدوداً ۶ و ۸ ساله به مساحت ۷۰۰ و ۱۲۰۰ متر مربع در جهت دامنه شمال غربی به ارتفاع ۴۸۶ و ۶۱۰ متر از سطح دریا بودند، انتخاب شدند و به‌عنوان شاهد به فاصله ۱۰ متری در ناحیه مجاور به موازات همان مناطق لغزشی در نظر گرفته شد. برای بررسی نوع و تعداد گیاهان، ۲۴ قطعه نمونه (شامل ۱۲ قطعه نمونه در دو منطقه لغزشی A و B و ۱۲ قطعه نمونه شاهد) با کوادرات یک متر مربعی و به‌صورت منظم تصادفی انتخاب شدند. گیاهان درون هر قطعه نمونه، ابتدا شناسایی و سپس شمارش شدند. سپس با توجه به گیاهان برداشت شده، فهرست فلورستیک گیاهان جهت شناسایی و دسته‌بندی گونه‌ها، خانواده، کوروتیپ و شکل زیستی هر گیاه مشخص و به‌ترتیب در جدول فلورستیک درج گردید. تعداد گیاهان استقرار یافته به تفکیک مناطق لغزشی و شاهد و تعلق آن‌ها به گونه‌های چوبی-درختی و علفی و فراوانی آن‌ها با کمک نرم‌افزار Excel مشخص شد. مقایسات با آزمون t مستقل از طریق نرم‌افزار SPSS انجام شدند.

یافته‌ها: کل گیاهان برداشت شده ۳۵۱ قطعه بود که برابر نتایج خصوصیات فلورستیک گیاهان نمونه‌برداری شده متعلق به ۱۹ خانواده گیاهی بودند، شامل چهار خانواده درختی (افرا، ممرز، ازگیل و توسکا) و ۱۵ خانواده علفی (که پنج گونه پر تعداد آن عبارت‌اند از جگن، فرقیون، تمشک، بنفشه، منامتی). از کل گیاه نمونه‌برداری شده، ۲۲ درصد در دو منطقه لغزشی و ۷۸ درصد گیاهان در مناطق شاهد مشاهده شدند. گیاهان برداشت شده در مناطق لغزشی ۸۷ قطعه بودند که همگی از نوع گیاهان علفی بودند و هیچ‌گونه چوبی در میان آن‌ها نبود. یافته‌ها در خصوص تفاوت وضعیت رویش گونه‌های گیاهی بین منطقه لغزش A و B با منطقه شاهد و مجاور، با توجه به مقایسه زوجی صورت گرفته تعداد گونه‌ها و فراوانی گیاهان به‌شدت متاثر از آشفته‌گی ناشی از حرکت لغزشی قرار داشتند و روند کاهشی نسبت به مناطق شاهد نشان دادند که نتایج در سطح آماری ۹۵٪ معنی‌دار بود.

نتیجه‌گیری: ایجاد آشفته‌گی‌هایی مانند لغزش‌های کم‌عمق باعث کاهش معنی‌دار تعداد و همچنین تنوع گونه‌های گیاهی می‌شود، به‌صورتی که در منطقه لغزشی گیاهان بومی مطابق الگوی منطقه شاهد مستقر و احیاء نشده‌اند و ۱۰ گونه علفی مانند سیکلامین، پامچال، چوبلمه، سرخس، زبرینه و ... بعد از لغزش مشاهده نشدند. با توجه به عدم مشاهده گونه‌های درختی در منطقه لغزشی علی‌رغم گذشت مدت‌زمان ۶ و ۸ سال از زمان وقوع لغزش، تاثیر منفی آشفته‌گی ناشی از لغزش در گونه‌های چوبی کاملاً مشخص است، ولی در گونه‌های علفی این استقرار هر چند به‌صورت کم (نسبت به منطقه شاهد) در حال ترمیم و بازسازی طبیعی است. نکته قابل توجه این است که گونه‌های علفی سریع‌الرشد مانند جگن، فرقیون، و تمشک زودتر از سایر گونه‌ها در دو منطقه مورد مطالعه استقرار یافته‌اند که نحوه رقابت، پراکنش بذری، نحوه جوانه‌زنی، تعداد بذور، فیزیولوژی، اکوفیزیولوژی و سایر ویژگی‌های این گونه‌ها ممکن است در موفقیت آن‌ها برای تصرف عرصه مناطق لغزشی مؤثر باشد. همچنین، مشخص شد که حدود نیمی از گیاهان موجود در منطقه (قبل از لغزش) با توجه به مشاهدات مناطق شاهد، خصوصاً گیاهان چوبی دست کم در کوتاه‌مدت به منطقه بازنگشته‌اند.

واژه‌های کلیدی: آشفته‌گی، بوم‌شناختی زمین لغزش، پوشش گیاهی، جوانه‌زنی، زمین لغزش کم‌عمق

مقدمه

است. زمین‌لغزش‌ها فرآیندهای بوم‌شناختی زیادی را در مقیاس محلی شامل فرآیندهای توالی بوم‌شناختی ایجاد می‌کنند و همچنین مواد غذایی را بازیابی و زیستگاه‌هایی را برای مهاجرپذیری گونه‌ها فراهم می‌کنند (Walker & Shiels, 2012). وقوع زمین لغزش‌ها می‌تواند متاثر از عوامل گوناگونی مانند توپوگرافی، ساختار زمین‌شناسی، عمق خاک و انسجام

زادآوری طبیعی، افزایش تنوع زیستی، حفظ رویشگاه‌های طبیعی و تجدیدحیات جنگل (پس از هر آشفته‌گی) از اهداف مهم مدیریت جنگل هستند (Baziari et al., 2011). زمین‌لغزش یکی از پدیده‌های طبیعی رایج در اراضی شیب‌دار در اکوسیستم‌های جنگلی و یکی از دلایل اصلی تخریب جنگل

کاهش می‌دهند و این امر منجر به افزایش پایداری شیب می‌شود (Dhakal & Sidle, 2003; Keim & Skaugset, 2004). گیاهان اعم از گیاهان علفی یا درختی، هریک در مقاطع زمانی خاص منجر به کاهش صدمات باران‌های شدید و در نتیجه کاهش لغزش‌های کم‌عمق می‌شوند (Stokes *et al.*, 2009). وقتی که ریشه‌ها در مناطق غنی از منابع قرار گیرند جذب آب در اطراف مناطق تجمع ریشه‌ها سریع‌تر از مناطق بدون ریشه می‌شود. بنا بر این، آب در مناطقی از خاک استخراج می‌شود که کلنی ریشه‌ها در آن مناطق بیشتر باشد (Kazada & Schmid, 2008). تاج پوشش درختان جنگلی و اندام هوایی گیاهان علفی نیز در تثبیت دامنه‌ها و پایداری آن‌ها نقش برجسته‌ای دارند. چکی زاده و همکاران (Chekizadeh *et al.*, 2023) در تحقیقی بیان داشتند که توسکای زادآوری و جنگل کاری شده هر دو از طریق تاج پوشش و سیستم ریشه‌ای نمایی قابلیت بالایی در جذب آب و بهبود و پایداری خاک مناطق لغزشی داشتند. گرگندی پور و همکاران (Gorgandipour *et al.*, 2017) در تحقیقی بیان داشتند که در منطقه لغزشی پیچ صنوبر جنگل خیرود با گذشت ۲۰ سال از نظر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی خاک و تنوع زیستی علفی به حالت اولیه برگشت و در مقایسه با منطقه مجاور خود اختلاف معنی‌داری نداشت. حسینی و حسینی (Hosseini & Hosseini, 2016) در تحقیقی بیان داشتند که با وجود کاهش میزان تنوع پوشش گیاهی در ترانشه خاکبرداری جاده‌ها به علت وقوع پدیده لغزش سطحی (کم‌عمق)، با گذشت زمان و متناسب شدن خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، استقرار پوشش گیاهی سازگار با شرایط محیط فراهم گردید. هدف از این پژوهش، بررسی تغییر پوشش گیاهی منطقه لغزشی (علفی و درختی)، بعد از وقوع زمین لغزش‌های کم‌عمق و مطالعه زمان لازم برای احیاء و بازبایی گونه‌های درختی در مقایسه با منطقه شاهد است. در این مطالعه، تأثیر زمین لغزش‌های کم‌عمق در چیرگی گونه‌های علفی بر گونه‌های درختی در مقایسه با منطقه شاهد مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها منطقه مورد مطالعه

این تحقیق در بخش ۴، سری ۴، طرح جنگل‌داری نکاچوب مازندران انجام شد (شکل ۱). مطالعات اقلیم و هواشناسی بر اساس کتابچه طرح (ظالم‌رود) در منطقه اقلیمی مرطوب با خاک تکامل یافته نسبتاً عمیق (۷۵ سانتی‌متر) و سنگ‌ریزه‌دار با بافت Si-C تا C-L و اسیدیته ۷/۵ - ۷/۲ تیپ خاک قهوه‌ای با نفوذپذیری آب متوسط تا ضعیف و حساسیت به فرسایش با شیب نسبتاً زیاد و عمق کم خاک در بعضی نقاط هستند.

(چسبندگی) ریشه باشد (Babaei Ahmedabad & Hosseini, 2023). زمین لغزش‌های کم‌عمق توسط عواملی مانند توپوگرافی، زمین‌شناسی و نوع پوشش گیاهی ایجاد می‌شوند (Asada & Minagawa, 2023). نتایج مطالعه‌ای نشان داد که در کشور نیوزلند ۹۰ درصد از کل زمین لغزش‌ها از انواع کم‌عمق بودند و البته زمین لغزش‌های کم‌عمق بیشترین فراوانی را در میان سایر حرکت‌های توده‌ای و شکست شیب‌ها به خود اختصاص دادند (Godt *et al.*, 2008).

زمین لغزش عبارت است از حرکت و جابجایی بخشی از مواد دامنه در امتداد یک سطح گسیختگی به صورت نزولی و در راستای نیروی جاذبه (Babaei Ahmedabad & Hosseini, 2023). رخداد زمین لغزش باعث می‌شود تا قسمت‌هایی از جنگل که توسط گونه‌هایی که قبلاً قادر نبوده‌اند در زیر تاج پوشش درختان به بقاء خود ادامه بدهند، اشغال شود و به همین جهت تنوع جوامع گیاهی در مناطق لغزشی تثبیت شده و نشده متفاوت است (Mohammadi Firoz *et al.*, 2022). در تحقیقی که در کشور ژاپن صورت گرفت، تفاوت‌های پوشش گیاهی بر زمین لغزش‌های کم‌عمق مورد بررسی قرار گرفت و نتیجه‌گیری شد که مقابله با زمین لغزش‌های کم‌عمق با افزایش قدرت خاک و توسعه سیستم ریشه گیاهان و پوشش گیاهی امکان‌پذیر بود (Asada & Minagawa, 2023). ریشه‌های ضخیم مانند میخ بر خاک‌های روی شیب عمل می‌کنند و موقعیت مکانی این ریشه‌ها، چینش ریشه‌های نازک را مرتبط می‌نمایند و با این وصف ریشه‌های عمیق سهم عمده‌ای در محافظت از زمین در برابر زمین لغزش‌ها بر عهده دارند (Stokes *et al.*, 2009). البته در حال حاضر، با جنگل کاری و احیای پوشش گیاهی و همچنین نگرش کلی در سطح جهانی به امر حفاظت از خاک و منابع آبی و جنگلی، تلاش‌هایی برای جلوگیری از فرسایش صورت گرفته‌اند. یکی از روش‌های مناسب تثبیت جهت کاهش ناپایداری و فرسایش در سراسر بی‌بی‌ها استفاده از پوشش گیاهی است؛ پوشش گیاهی در افزایش پایداری دامنه‌ها و بهبود شرایط هیدرولوژیک خاک مؤثر است (Norris *et al.*, 2016). البته در این نوع تثبیت، انتخاب گونه گیاهی بسیار پراهمیت است (Chekizadeh *et al.*, 2023).

اسدا و میناگوا (Asada & Minagawa, 2023) در تحقیقی نشان دادند که احتمال لغزش در علفزارها و مراتع بیشتر از جنگل‌های مخروطی بود و با استفاده از روش‌های تحلیلی مبتنی بر مدل‌های فیزیکی دریافتند که جنگل‌ها نسبت به مراتع تأثیر مهم‌تری بر پایداری شیب داشتند. جنگل‌ها علاوه بر اثرات مکانیکی سیستم ریشه‌ای خود (Senouci *et al.*, 2021)، بارندگی را نیز از طریق تاج پوشش خود جذب می‌نمایند و میزان تبخیر و تعرق را نیز افزایش می‌دهند. بنا بر این، می‌توان گفت که جنگل‌ها مقدار آبی را که به خاک نفوذ می‌کند



شکل ۱- موقعیت بخش ۴، سری ۴ طرح جنگل‌داری نکاچوب
Figure 1. Location of section 4, series 4 of the Neka Chub forestry plan

توسکا، بلوط، شیردار، ون و گردو و سایر گونه‌های صنعتی و همیزی (Forestry Plan Series 4, Section 4, Neka, 2012).

رستنی‌های این بخش (بخش ۴ از سری ۴)، علاوه بر گونه‌های درختی موجود در کل سری عبارت‌اند از درختچه‌های ازگیل، سیاه ولیک، سرخ ولیک، گوجه وحشی و گیاهان علفی و خشبی کف جنگل که شامل آسپرولا، کارکس، کوله خاس، سیکلامین، متامتی، پامچال، بنفشه، تمشک، فرفیون، سرخس، سانیکولا، و النا هستند. (شکل ۲) (Forestry Plan Series 4, Section 4, Neka, 2012).

متوسط بارش سالیانه آن ۶۱۴/۹ میلی‌متر با متوسط ماهیانه ۵۱/۲۴ میلی‌متر است. پربارش‌ترین ماه آبان ۲۰۴/۸ و کم بارش‌ترین ماه مرداد با ۱۲/۳ میلی‌متر هستند. میانگین دمای سالانه ۳۴/۶۹ میلی‌متر که سردترین ماه سال بهمن ماه با دمای ۱۵/۷ درجه و گرم‌ترین ماه سال مرداد با ۵۶/۱ درجه سانتی‌گراد هستند. منطقه مورد مطالعه بر اساس تقسیمات انجام‌شده در قطعه ۲۵، سری ۴ از بخش ۴ نكاء چوب در حوضه آبخیز واقع گردیده است. مساحت کل سری، ۲۰۸۲/۴ هکتار با ناحیه جنگلی ۱۰۱۱/۶ هکتار و مساحت جنگل‌کاری شده ۵/۳۰۴ هکتار و گونه‌های درختی آن عبارت‌اند از راش، ممرز،



شکل ۲- نمونه‌ای از پوشش علفی منطقه مورد مطالعه
Figure 2. An example of grass cover in the study area

مشخصات جغرافیایی مناطق لغزشی مورد مطالعه عبارتند از
(جدول ۱):

جدول ۱- مختصات نقاط لغزشی مورد مطالعه

Table 1. The coordinates of the studied sliding points

منطقه لغزشی (Slip zone)	زون (zone)	X	Y	ارتفاع از سطح دریا (Above sea level)	شیب و جهت (Slope and direction)	وسعت (حدود) (Extent)
A	39 s	726886 m E	m N 4059650	486 متر	25 درجه جهت دامنه شرقی	700 متر مربع
				meters	degrees Towards the eastern slope	Square meters
B	39 s	m E 726845	m N 4058842	610 متر	25 درجه جهت دامنه شمال غربی	1200 متر مربع
				meters	degrees Northwest slope direction	Square meters

شش قطعه نمونه انتخاب شدند. برای نمونه‌برداری از منطقه شاهد، از لبه منطقه لغزشی و با فاصله ۱۰ متری اقدام شد، و این عمل برای هر دو منطقه A و B صورت پذیرفت (۱۲ قطعه نمونه از مناطق لغزشی به علاوه ۱۲ قطعه نمونه از ناحیه شاهد). بعد از قراردادن هر کوادرات، تعداد گیاهان و تعداد گونه‌ها به دقت شمارش شدند و گونه‌ها شناسایی و جداول فلورستیک برای گونه‌ها ترسیم گردیدند. از نرم‌افزار اکسل برای دسته‌بندی اطلاعات جمع‌آوری شده کمک گرفته شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS 18 و آزمون t مستقل (مقایسه زوجی) صورت گرفت.

روش تحقیق

در سال ۱۴۰۲، مناطق لغزشی در طی یک هفته جنگل‌گردشی و با استفاده از اطلاعات قرق‌بان‌ها شناسایی شدند. لغزش‌های مورد مطالعه در قطعه ۲۵ با مساحت ۶۳/۱ هکتار مورد اندازه‌گیری و مطالعه قرار گرفت. دو نقطه لغزشی به نام‌های نقطه A و B انتخاب شدند (شکل ۳). مورد اول در حدود ۶ سال و مورد دوم حدود ۸ سال از رخداد لغزش در آن‌ها سپری شده بود. آثار این لغزش که به صورت کم‌عمق اتفاق افتاده است هنوز مشهود هستند (جدول ۱). نمونه‌برداری به صورت منظم تصادفی با خطوط زیگزاگی و زاویه ۴۵ درجه روی منطقه لغزشی، با قطعه نمونه‌های و با کوادرات ۱×۱ متری انجام شد. در هر ناحیه لغزشی،



شکل ۳- منطقه لغزشی B
Figure 3. Landslide B

ارقام و اطلاعات ذیل با بررسی و تحلیل‌های انجام‌شده در قطعات نمونه از دو لغزش و قطعات نمونه شاهد به دست آمدند (جدول ۲).

نتایج و بحث

جدول ۲- نتایج فراوانی تعداد گیاهان شمارش شده به تفکیک گیاهان علفی و درختی

Table 2. The results of the frequency of the number of plants counted separately for herbaceous and tree plants

نام نقاط (The names of the points)	گیاه درختی (tree plant)	گیاه علفی (herbaceous plant)	کل (Total)
منطقه لغزشی Landslide	–	36	36
شاهد Control	17	111	128
منطقه لغزشی Landslide	–	51	51
شاهد Control	18	118	136
جمع	35	316	351

این گیاهان به ۱۹ خانواده گیاهی، شامل ۱۵ خانواده از گیاهان علفی و ۴ خانواده به گیاهان درختی تعلق داشتند (جدول ۳).

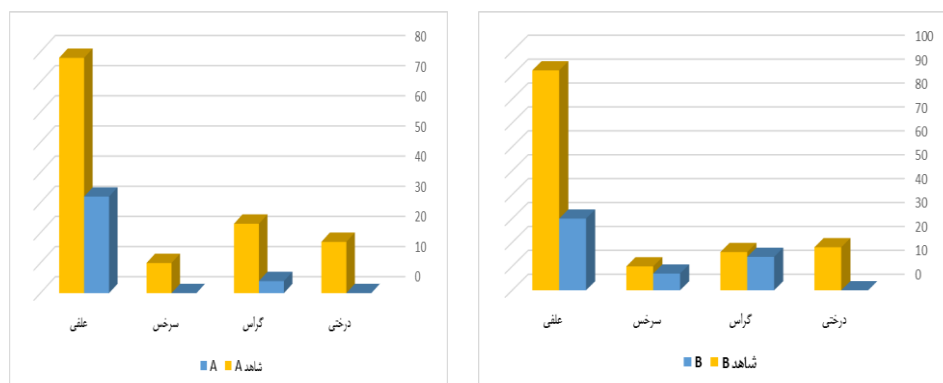
جدول ۳- جدول فلورستیک تفکیک شده گونه‌های علفی و درختی در هر دو منطقه لغزشی مورد مطالعه و منطقه شاهد

Table 3. The floristic table separated by herbaceous and tree species in both studied sliding and control areas

تعداد Number	فرم رویشی vegetative form	کوروتیپ Chorotype	شکل زیستی biological form	نام فارسی Name	خانواده Family	نام علمی scientific name
گونه‌های علفی Herbaceous species						
57	گراس	ES	Geo	جگن جنگلی	Cyperaceae	<i>Carex pendula L.</i>
50	پهن‌برگ علفی	ES	Geo	فرقیون یا شیرسگ	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia amygdaloides L.</i>
34	پهن‌برگ علفی	ES	Ph	تمشک خزری	Rosaceae	<i>Rubus hyrcanus Juz.</i>
31	پهن‌برگ علفی	M-ES	Hem	بنفشه جنگلی معطر	Violaceae	<i>Viola odorata L.</i>
26	پهن‌برگ علفی	ES	Cha	ماتمی	Hypericaceae	<i>Hypericum androsaemum L.</i>
26	پهن‌برگ علفی	ES	Hem	پیچک	Convolvulus	<i>Convolvulus arvensis L.</i>
23	سرخس	ES	Geo	نوعی سرخس	Aspidiaceae	<i>Dryopteris affines L.</i>
20	پهن‌برگ علفی	ES, IT	Hem	گزنه سای جنگلی	Lamiaceae labiatae	<i>Lamium album L.</i>
12	پهن‌برگ علفی	ES	Hem	علف مبارک	G. urbanum	<i>Geum urbanum L.</i>
11	پهن‌برگ علفی	ES	Hem	سیکلامین	Primulaceae	<i>Cyclamen persicum</i>
7	پهن‌برگ علفی	ES	Hem	پامچال	Primulaceae	<i>Primula heterochroma Stapf</i>
5	پهن‌برگ علفی	ES	Hem	ماشک	V. cracca	<i>Vicia cracca L.</i>
4	پهن‌برگ علفی	ES	Hem	سرخس شاخ گوزنی (زنگی دارو)	A. scolopendrium	<i>Asplenium scolopendrium</i>
4	پهن‌برگ علفی	PL	Hem	چولمه	Umbelliferae	<i>Sanicula europaea L.</i>
3	پهن‌برگ علفی	PL	Geo	زبرینه جنگلی	Rubiaceae	<i>Asperula odorata L.</i>
2	پهن‌برگ علفی	ES	Hem	پیرپه‌پارک	Asteraceae	<i>Conyza Canadensis L.</i>
گونه‌های درختی مشاهده شده در منطقه شاهد Tree species in Control area						
17	پهن‌برگ	ES	Ph	نهل افرا پلت	Aceraceae	<i>Acer velutinum Boiss.</i>
12	پهن‌برگ	ES	Ph	نهل ممرز	Betulaceae	<i>Canpinus betulus L.</i>
5	پهن‌برگ	ES	Ph	ازگیل	M. germanica	<i>Mespilus germanica</i>
1	پهن‌برگ	ES	Ph	توسکا	A. subcordata	<i>Alnus subcordata</i>

برداشت و شمارش گردیدند که ۳۵ گیاه مربوط به گیاهان چوبی- درختی و ۲۲۹ گیاه علفی می‌تعلق داشتند (جدول ۲ و ۳) (شکل ۴).

تعداد گیاهانی که در مناطق لغزشی برداشت شدند ۸۷ گیاه علفی بود که در بین آن‌ها هیچ نهال و گیاه چوبی-درختی وجود نداشت. از این تعداد، ۳۶ گیاه مربوط به قطعه A و ۵۱ گیاه مربوط به قطعه B بودند. در قطعه نمونه‌های شاهد نیز تعداد ۲۶۴ گیاه



شکل ۴- نمودار فراوانی گونه‌های موجود در منطقه مورد مطالعه
Figure 4. The frequency chart of species in the study area

تحقیقات بخشنده و همکاران (Bakhsandeh *et al.*, 2016) همخوانی دارند (جدول ۴).

در مقایسه زوجی کل گونه‌ها که با استفاده از آزمون t مستقل انجام شد، مشخص شد که رشد گیاهان و استقرار آن‌ها در مناطق لغزشی A و شاهد همان منطقه، رویش گیاهان در منطقه A به صورت معنی‌داری تحت تاثیر حرکت لغزشی کم‌عمق قرار داشت و جوانه‌زنی گیاهان با وجود رطوبت بالای منطقه و وجود روشن و خاک مناسب، کاهش معنی‌داری داشت (در سطح $\alpha = 0.05$) (۳۶) گیاه در منطقه لغزشی و ۱۲۸ گیاه در منطقه شاهد). در منطقه لغزشی با گذشت زمان گیاهان بومی مطابق الگوی منطقه شاهد مستقر و احیاء نشدند، که این مشاهده با تحقیقات چکی‌زاده و همکاران (Chekizadeh *et al.*, 2023)، گرگندی‌پور و همکاران (Gergandipour *et al.*, 2017) و استوکس و همکاران (Stokes *et al.*, 2009) همخوانی دارد (جدول ۴).

همین مقایسه در منطقه لغزشی B و شاهد آن نیز انجام شد و نتایج نشان دادند که در این منطقه نیز رویش و استقرار گیاهان به شدت تحت تاثیر پدیده زمین لغزش قرار داشتند و حتی تاثیر بیشتری نسبت به منطقه A نیز داشت (در سطح آماری $\alpha = 0.01$). در ادامه، آزمون t مستقل گونه‌های گیاهی به تفکیک قطعه A و شاهد آن و همچنین قطعه B نیز انجام شد که نتایج آن به شرح زیر هستند. مانند قطعه A با تحقیقات اسدا و میناگاو (Asada & Minagawa, 2023) و حسینی و حسینی (Hosseini & Hosseini, 2016) همخوانی دارد.

در قطعه A و شاهد، صرف نظر از بررسی گونه‌هایی که در مناطق لغزشی قبلاً حضور داشتند و بعد از لغزش حضور نداشتند، بررسی گونه‌های موجود نشان داد که گونه‌های جگن، فرفیون، تمشک خزری، بنفشه، پیچک، سرخس پری، گزنه، پامپال، ماشک، سرخس، شاخه گوزنی، چوبلمه، و پیربهارک تحت تاثیر لغزش قرار نداشتند و نتایج آن‌ها معنی‌دار نبودند (البته ممکن است کمی تعداد چندگونه اخیر در برداشت‌های صورت گرفته علت عدم معنی‌داری باشد)، ولی گونه‌های متامتی، علف مبارک، سیکلامین، و زبرینه جنگلی در سطح معنی‌داری $\alpha = 0.05$ تحت تاثیر لغزش قرار داشتند (جدول ۵).

نتایج مقایسه بین گونه‌های موجود در قطعه لغزشی B و شاهد نیز در خصوص گیاهان بنفشه، متامتی، پیچک، وزبرینه

با توجه به شکل ۵، در تمام ۲۴ کواردرات اندازه‌گیری شده، بیشترین تعداد مربوط به گیاهان چوبی و از گونه‌های افرا (۱۷ نهال) و ممرز (۱۲ نهال) بود که این تعداد تماماً در قطعات شاهد برداشت شدند و علت وجود نهال افرا، قدرت جوانه‌زنی خوب بذر افرا در ارتفاع ۴۰۰ تا ۶۰۰ متری از سطح دریا است. جوانه‌زنی افرا در بین مبداهای مختلف متفاوت بود، که این موضوع می‌تواند به فیزیولوژی و نیازهای متعادل رطوبت، نور و گرمای بذر هر مبداء و همچنین خصوصیات ژنتیکی آن‌ها مربوط باشد، طوری که در تحقیق حاضر مبداهای ارتفاعات پایین‌تر جوانه‌زنی بیشتری نسبت به بذور در ارتفاعات بالاتر داشتند (Yusefzadeh *et al.*, 2007). در خصوص علت تعداد زیاد ممرز باید گفت که تیپ غالب درختان منطقه براساس کتابچه طرح جنگلداری راش- ممرز است. در مناطق لغزشی A و B هیچ گیاه چوبی-درختی مشاهده نشد. در میان گیاهان علفی نیز جگن (۵۷)، فرفیون (۵۰)، تمشک خزری (۳۴)، بنفشه (۳۱)، و متامتی (۲۶) بالاترین فراوانی را به خود اختصاص دادند.

با بررسی گیاهان در دو منطقه لغزشی A و B و قطعات شاهد مشخص گردید که به دلیل تغییرات و آشفته‌گی صورت گرفته، هیچ گیاه چوبی-درختی جوانه‌زنی نکرده بود و جوانه‌زنی این دسته از گیاهان به شدت تحت تاثیر پدیده زمین لغزش قرار داشت ولی در قطعات نمونه شاهد، این نهال‌ها و جوانه‌های آن‌ها (نسبت به وسعت منطقه مورد مطالعه) به وفور و به تعداد ۳۵ نهال در ۱۲ قطعه نمونه، مشاهده شدند. با توجه به این که آشفته‌گی یکی از کارکردهای اکوسیستم و پدیده‌های شایع در طبیعت است، به صورت قابل توجهی پوشش گیاهی، فرایند و ساختار جوامع گیاهی هر اکوسیستم را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Mirdavodi *et al.*, 2013).

مقایسه تعداد و درصد فراوانی گونه‌ها میان قطعات نمونه برداشت‌شده با قطعات شاهد نشان داد که گونه‌های جگن، فرفیون (شیرسگ)، تمشک خزری، بنفشه و متامتی در مناطق شاهد بیشتر از مناطق لغزشی حضور داشتند، ولی علی‌رغم این نتیجه، با وجود محدودیت رویش به علت آشفته‌گی حاصل از پدیده زمین لغزش کم‌عمق، گونه‌های جگن، فرفیون، تمشک خزری، پیچک، علف مبارک، ماشک و پیربهارک در نواحی لغزش نسبت به بقیه گونه‌ها، فراوانی بیشتری داشتند، که نتایج به دست آمده با

که این نتیجه با تحقیقات گرکندی‌پور و همکاران (Gergandipour *et al.*, 2017) همخوانی ندارد ولی با تحقیقات حسینی و حسینی (Hosseini & Hosseini, 2016) و خزانی (Khazani *et al.*, 2022) همراستا است. این امر می‌تواند ناشی از عوامل گوناگون مانند آشفته‌گی خاک منطقه، مدفون شدن لایه‌های فوقانی خاک زیر افق‌های زیرین (زیر و رو شدن خاک)، از بین رفتن بانک بذر، مدفون شدن بذور زیر مواد لغزشی، و به هم خوردن و مختل شدن زهکشی طبیعی جریان آب‌های زیرسطحی باشد (Stokes *et al.*, 2009). نتایج مقایسه زوجی صورت گرفته نشان دادند که تعداد گونه‌ها به شدت متأثر از آشفته‌گی صورت گرفته، روند کاهشی داشت و نتایج در سطح $\alpha = 0.05$ معنی‌دار بودند (جدول ۴).

جنگلی نشان دادند که این گیاهان به شدت تحت تأثیر پدید زمین لغزش کم عمق قرار داشتند ولی سایر گونه‌های کم‌تعداد موجود تحت تأثیر قرار نداشتند (جدول ۵).

با توجه به جدول ۴، نتایج بررسی تعداد گونه‌های موجود در کل مناطق لغزشی A و B و شاهد همان قطعات نشان دادند که از ۲۰ گونه موجود در کل برداشت‌های قطعات نمونه، به‌طور کلی ۱۰ گونه در مناطق لغزشی دیده نشدند (با عدد صفر در جدول مشخص شده‌اند)، که نتایج به‌دست آمده با تحقیقات اسدا و میناگوا (Asada & Minagawa, 2023) همخوانی دارند. از طرفی، گونه پیربهارک (با ۲ بوته) در قطعه نمونه شماره ۴ نقطه لغزشی A مشاهده شد که در صورت تحقیقات بیشتر ممکن است نشأت گرفته از آشفته‌گی حاصل از حرکت توده‌ای لغزشی باشد.

جدول ۴- تعداد و درصد فراوانی گونه‌ها در منطقه لغزشی و شاهد

Table 4. The number and percentage of abundance of species in the landslide and control area

تعداد و درصد رویش گونه‌ها به تفکیک محل لغزش و شاهد The number and percentage of the species growth separately from landslides and control areas					
گونه	جمع	جمع گیاهان محل لغزش	درصد رویش گیاهان در محل لغزش	جمع گیاهان شاهد	درصد رویش گیاهان شاهد
7	Total	The collection of plants in the place of the slide	The percentage of plants growing in the landslide area	Collection of control plants	Growth percentage of control plants
افرا <i>Acer velutinum</i> Boiss.	17	0	0.00	17	100.00
ممرز <i>Canpinus betulus</i> L.	12	0	0.00	12	100.00
ازگیل <i>Mespilus germanica</i>	5	0	0.00	5	100.00
توسکا <i>Alnus subcordata</i>	1	0	0.00	1	100.00
جگن <i>Carex pendula</i> L.	57	18	31.58	39	68.42
فرقیون <i>Euphorbia amygdaloides</i> L.	50	13	26.00	37	74.00
تمشک خزری <i>Rubus hyrcanus</i> Juz.	34	11	32.35	23	67.65
بنفشه <i>Viola odorata</i> L.	31	8	25.81	23	74.19
متامتی <i>Hypericum androsaemum</i> L.	26	0	0.00	26	100.00
پیچک <i>Convolvulus arvensis</i> L.	26	12	46.15	14	53.85
سرخس پری <i>Dryopteris affines</i> L.	23	7	30.43	16	69.57
گزنه <i>Lamium album</i> L.	20	4	20.00	16	80.00
غلف مبارک <i>Geum urbanum</i> L.	12	8	66.67	4	33.33
سیکلامین <i>Cyclamen persicum</i>	11	0	0.00	11	100.00
پامچال <i>Primula heterochroma</i> Stapf	7	0	0.00	7	100.00
ماشک <i>Vicia cracca</i> L.	6	4	66.67	2	33.33
سرخس شاخ گوزنی <i>Asplenium scolopendrium</i>	4	0	0.00	4	100.00
چوبلمه <i>Sanicula europaea</i> L.	4	0	0.00	4	100.00
زبرینه جنگلی <i>Asperula odorata</i> L.	3	0	0.00	3	100.00
پیربهارک <i>Conyza Canadensis</i> L.	2	2	100.00	0	0.00

جدول ۵- مقایسه گیاهان به تفکیک هر گونه در دو منطقه لغزشی و شاهد همان منطقه با آزمون مقایسه زوجی

Table 5. Comparison of plants by species in two landslide areas and observation of the same area using a paired comparison test

مقایسه گونه‌های محل لغزش B و شاهد	مقایسه گونه‌های محل لغزش A و شاهد	
Comparison of species of landslide B and control	Comparison of species of landslide site A and control	
0.01	0.00	افرا <i>Acer velutinum</i> Boiss.
0.082	0.082	ممرز <i>Canpinus betulus</i> L.
0.073	0.341	ازگیل <i>Mespilus germanica</i>
0.00	0.341	توسکا <i>Alnus subcordata</i>
0.81	0.075	جگن <i>Carex pendula</i> L.
0.17	0.12	فرفیون <i>Euphorbia amygdaloides</i> L.
0.121	0.535	تمشک خزری <i>Rubus hyrcanus</i> Juz.
0.05	0.196	بنفشه <i>Viola odorata</i> L.
0.02	0.019	متامتی <i>Hypericum androsaemum</i> L.
0.035	0.190	پیچک <i>Convolvulus arvensis</i> L.
0.701	0.145	سرخس پری <i>Dryopteris affines</i> L.
0.153	0.174	گزنه <i>Lamium album</i> L.
0.329	0.00	علف مبارک <i>Geum urbanum</i> L.
0.341	0.013	سیکلامین <i>Cyclamen persicum</i>
0.145	0.156	پامچال <i>Primula heterochroma</i> Stapf
0.341	0.209	ماشک <i>Vicia cracca</i> L.
0.00	0.341	سرخس شاخ گوزنی <i>Asplenium scolopendrium</i>
0.341	0.174	چوبلمه <i>Sanicula europaea</i> L.
0.174	0.00	زبرینه جنگلی <i>Asperula odorata</i> L.
0.00	0.341	پیربهارک <i>Conyza Canadensis</i> L.

جدول ۶- مقایسه کل گونه‌های منطقه لغزشی، گونه‌های علفی و گونه‌های درختی با شاهد همان منطقه با استفاده از آزمون مقایسه زوجی

Table 6. Comparison of total species, including herbaceous and trees, in two landslide areas and observation of the same area using a paired comparison test

مقایسه گونه‌های درختی و شاهد	مقایسه گونه‌های علفی و شاهد	مقایسه کل گونه‌های منطقه لغزشی و شاهد	
Comparison of tree species and control	Comparison of herbaceous and control area species	7	
0.00	0.002	0.00	منطقه لغزشی A Slip zone A
0.00	0.003	0.00	منطقه لغزشی B Slip zone B

نتیجه‌گیری کلی

نتایج به‌دست آمده از این تحقیق نشان می‌دهند که پوشش گیاهی در لغزش‌های مورد مطالعه با وسعت نسبتاً کم در کوتاه‌مدت شدیداً متأثر از آشفته‌گی رخ داده است. این آشفته‌گی در مورد گونه‌های درختی-چوبی شدیدتر از گیاهان علفی بود. همچنین، نتایج نشان دادند که نسبت رویش بین منطقه لغزشی و منطقه شاهد ۲۲٪ به ۷۸٪ بود و از همه مهم‌تر این که با گذشت ۶ سال از وقوع لغزش در منطقه A و ۸ سال از وقوع لغزش در منطقه B هیچ نوع گونه چوبی و درختی در منطقه لغزشی مشاهده نگردید که این امر ضرورت کمک به احیاء منطقه از طریق جنگل‌کاری با گونه‌های مناسب با ظرفیت

بوم‌شناختی منطقه را به مدیران جنگل توصیه می‌نماید. از طرفی، نتایج به‌دست آمده نشان دادند که گونه‌های علفی سریع‌الرشد، مانند جگن، فرفیون، تمشک خزری، علف مبارک، ماشک و پیربهارک، زودتر از سایر گونه‌ها در منطقه لغزشی استقرار یافتند که این امر می‌تواند ناشی از نحوه پراکنش بذر و یا نحوه جوانه‌زنی، تکثیر و تعداد بذور آن‌ها باشد. ولی گونه‌های افرا، ممرز، ازگیل، توسکا، بنفشه، متامتی، و زبرینه جنگلی تحت تاثیر زمین‌لغزش صورت گرفته قرار گرفتند و در مناطق لغزشی یا اصلاً دیده نشدند یا حضوری بسیار داشتند. در کل، با در نظر گرفتن هدف تحقیق و برداشت‌های صورت گرفته، جوانه‌زنی گیاهان و استقرار آن‌ها در مناطق لغزشی در مقایسه با مناطق

شاهد مورد مطالعه به شدت تحت تاثیر حرکت لغزشی کم عمق قرار داشتند و کلیه نتایج به صورت معنی‌داری متفاوت از نتایج حاصله از مطالعه در مناطق شاهد بودند.

References

- Asada, H., & Minagawa, T. (2023). Impact of Vegetation Differences on Shallow Landslides: A Case Study in Aso, Japan. *Water*, 15(18), 3193. <https://doi.org/10.3390/w15183193>
- Babaei ahmedabad, A., & Hosseini, A. (2023). A review of the findings of physical and statistical models to investigate the effect of plant roots on the reduction of shallow landslides. The third national conference on environmental changes (with emphasis on water resource management in coastal areas). [In Persian]
- Bakhsandeh navroud, B., Abrari vajari, K., Pilehvar, & B., Koch, Y. (2016). Floristic study of herbaceous layer plants in hyrcanian Beech forest (case study: Beech forests in Asalem). *Plant Ecosystem Conservation*, 4(9), 115-132.
- Bazari, M., Jalilvand, H., Hosseini, S.A., & Koch, Y. (2011). The role of forest roads in the regeneration of tree species (case study: Lire Sar, Gelandroud and Makaroud forestry projects). *Environmental Science and Technology*, 18(2), 547-559. [In Persian]
- Chekizadeh, A., Hosseini, S. A., Abdi, E., & Babaei Ahmadabad, A. (2023). Comparison and evaluation of stabilization of slippery areas with alder by two methods of afforestation and regeneration in Khairud Nowshahr forest. The third national conference on environmental changes (with emphasis on water resource management in coastal areas), 12. [In Persian]
- Dhakal, A. S., & Sidle, R. C. (2004). Pore water pressure assessment in a forest watershed: simulations and distributed field measurements related to forest practices. *Water Resources Research*, 40(2), W02405. doi:10.1029/2003WR002017.
- Forestry Plan Series 4, Section 4, Neka. (2012). Natural Resources and Watershed Organization. 355. [In Persian]
- Hosseini, S., Hosseini, S.A. (2016). The study of the stabilized and unstabilized sliding zone of the excavation wall of the forest road according to the diversity of vegetation (case study: Mazandaran wood and paper Chachkam series). *Natural Environment, Natural Resources of Iran*, 69(2), 376-361. [In Persian]
- Gorgandipour, M., Hosseini, S. A., Abdi, E., Zahedi Amiri, Q. (2017). Comparison of stabilized and non-sliding landslide area in terms of herbaceous biodiversity and some soil characteristics (case study: Patam section, Khairud forest). *Iranian Forest Ecology journal*, 5(9), 17-23. [In Persian]
- Godt, J. W., Baum, R. L., Savage, W. Z., Salciarini, D., Schulz, W. H., & Harp, E. L. (2008). Transient deterministic shallow landslide modeling: requirements for susceptibility and hazard assessments in a GIS framework. *Engineering Geology*, 102(3-4), 214-226. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2008.03.019>
- Kazda, M., & Schmid, L. (2008). Clustered distribution of tree roots and soil water exploitation. In: Lüttge U, Beyschlag W, Büdel B, Francis D (eds) *Progress in botany 70*. Springer-Verlag, Berlin, 219-235.
- Keim, R. F., & Skaugset, A. E. (2003). Modelling effects of forest canopies on slope stability. *Hydrological Processes*, 17(7), 1457-1467.
- Khazani, M. A., Alijanpour, A., Motamedi, J. & Sheidai Karkaj, E. (2022). The effect of the canopy cover of forest trees on the diversity of substratum herbaceous species (Case study: Nejadreh Reserve, Urmia, West Azerbaijan). *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, 35(2), 274-292. [In Persian]
- Mirdavoodi, H., Marvi Mohadjer, M. R., Zahedi Amiri, G., & Etemad, V. (2013). Disturbance effects on plant diversity and invasive species in western oak communities of Iran (Case study: Dalab Forest, Ilam). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 21(1), 1-15. doi: 10.22092/ijfpr.2013.3204 [In Persian]
- Mohammadi, F. K., Hosseini, S. A., Zahedi, A. G., & Fakhari, M. A. (2022). Evaluation of Vegetation Diversity on Forest Road Fill-Slop using Bioengineering Method in Surdar-Watashan Forestry Plan. *Ecology of Iranian Forest*, 10(19), 119-116. [In Persian]
- Norris, R. J., Allen, R. J., Klein, S. A., Amato T. E., Mark D. Z., Christopher W. (2016), Evidence for climate change in the satellite cloud record. *Nature*, 536, 72-75.
- Senouci, R., Taibi, N. E., Teodoro, A. C., Duarte, L., Mansour, H., & Yahia Meddah, R. (2021). GIS-based expert knowledge for landslide susceptibility mapping (LSM): case of mostaganem coast district, west of Algeria. *Sustainability*, 13(2), 630. <https://doi.org/10.3390/su13020630>.
- Stokes, A., Atger, C., Bengough, A. G., Fourcaud, T., & Sidle, R. C. (2009). Desirable plant root traits for protecting natural and engineered slopes against landslides. *Plant and soil*, 324(1), 1-30.
- Walker, L. R., Shiels, A.B. (2012). *Landslide Ecology*. Cambridge University, Press. 332.