Journal of Natural Environment Hazards
University of Sistan and Baluchestan
Print ISSN: 2676 - 4377 Online ISSN: 2676 - 4385
Homepage: https://jneh.usb.ac.ir

Journal of Natural Environmental Hazards, Vol.10, Issue 30, Winter 2022

Assessment the Gully Erosion Risk in Quyjoq watershed

Somayeh Emadodin[1*], Marjaneh Omidi[2], Saleh Arekhi[3], Amir Karam[4]

1. *Corresponding Author*, Assistant Professor of Geography, University of Golestan, Gorgan, Iran.
2. MA in Environmental Hazards, Department of Geography, University of Golestan, Gorgan, Iran
3. Assistant Professor of Geography, University of Golestan, Gorgan, Iran
4. Associate professor of Geography, University of Kharazmi, Tehran, Iran

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 06 May 2020
Revised: 10 August 2020
Accepted: 06 December 2020

Keywords:
Golestan,
gully erosion,
Loess,
Artificial Neural Network.

ABSTRACT

Prediction of occurrence of gully erosion through the use of models and output them to the hazard mapping of gully erosion, most appropriate strategy for land management planning in watersheds prevent the occurrence of erosion. in this research, the zoning of gully erosion in the Quyjoq watershed Golestan province of Multilayer Perception neural network structure and the use of variables the selected suitable factors are: slope, aspect, elevation, land unit, land use, distance to river, lithology, distance to road. SPSS modeler software and MLP method were used to perform the neural network. The method of using layers in MLP method was 1-8-9. It includes 9 input layers, 8 hidden layers and 1 output or target layer. Results of the study show that 20, 30, 24, 16 and 10 percent of the region form the areas with very high, high, medium, low and very low risk of erosion. This finding is primarily related to streams, roads and geology. The produced gully erosion susceptibility maps can be helpful to make decisions for soil and water planning and management and finally sustainable development in the Quyjoq watershed.

Cite this article: Emadodin, S., Omidi, M., Arekhi, S., Karam, A. (2022). Assessment the Gully Erosion Risk in Quyjoq watershed. Journal of Natural Environmental Hazards, 10(30), 17-34. DOI: 10.22111/jneh.2020.34212.1662

© Somayeh Emadodin. Publisher: University of Sistan and Baluchestan
DOI: 10.22111/jneh.2020.34212.1662

* Corresponding Author Email: s.emadodin@gu.ac.ir

مخاطرات محیط طبیعی
شاپا چاپی: ۲۶۷۶-۴۳۷۷ شاپا الکترونیکی: ۲۶۷۶-۴۳۸۵
Homepage: https://jneh.usb.ac.ir

مجله علمی پژوهشی مخاطرات محیط طبیعی، دوره ۱۰، شماره ۳۰، زمستان ۱۴۰۰

ارزیابی خطر وقوع فرسایش خندقی در حوضه آبخیز قویجق

سمیه عمادالدین[1*]، مرجانه امیدی[2]، صالح آرخی[3]، امیر کرم[4]

۱. استادیار گروه جغرافیای دانشگاه گلستان (نویسنده مسئول)
۲. کارشناس ارشد مخاطرات محیطی دانشگاه گلستان
۳. استادیار گروه جغرافیای دانشگاه گلستان
۴. دانشیار گروه جغرافیای دانشگاه خوارزمی

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۱۷

تاریخ ویرایش: ۱۳۹۹/۰۵/۲۰

تاریخ پذیرش : ۱۳۹۹/۰۹/۱۶

واژه‌های کلیدی:
گلستان، فرسایش خندقی، لس، شبکه عصبی مصنوعی (ANN).

چکیده

پیش بینی از وقوع فرسایش خندقی با استفاده از مدل‌های مناسب و تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی خطر، مناسب‌ترین راهکار برای برنامه ریزی مدیریت زمین در حوضه‌های آبخیز است. در این مطالعه از روش شبکه عصبی مصنوعی با ساختار چند لایه پرسپترون و با استفاده از متغیرهای شیب، جهت شیب، نقشه ارتفاع رقومی (DEM)، واحدهای اراضی، کاربری اراضی، فاصله از آبراهه، زمین شناسی و فاصله از راه برای حساسیت پهنه بندی فرسایش خندقی در حوضه آبخیز قویجق استان گلستان استفاده شده است. برای انجام شبکه عصبی از نرم افزار SPSS modeler و از روش MLP استفاده شده است. استفاده از لایه‌ها در روش MLP 1-8-9 بود. یعنی شامل ۹ لایه ورودی،۸ لایه پنهان و ۱ لایه خروجی یا هدف بود. نتایج به دست‌آمده نشان داد که ۲۰، ۳۰، ۲۴، ۱۶، ۱۰ درصد از منطقه مورد مطالعه در مناطق با خطر بسیار زیاد، زیاد، متوسط، کم و خیلی کم قرارگرفته است که بیشتر منطبق بر آبراهه‌ها و راه‌های ارتباطی و زمین‌شناسی بود. نقشه های حساسیت به فرسایش خندقی تهیه شده می تواند برای تصمیم گیری در مورد برنامه ریزی و مدیریت خاک و آب و در نهایت توسعه پایدار در حوزه آبخیز قویجق مفید باشد.

استناد: عمادالدین, سمیه, امیدی, مرجانه, آرخی, صالح, کرم, امیر. (۱۴۰۰). ارزیابی خطر وقوع فرسایش خندقی در حوضه آبخیز قویجق. مخاطرات محیط طبیعی, ۱۰(۳۰), ۳۴-۱۷. DOI: 10.22111/jneh.2020.34212.1662

ناشر: دانشگاه سیستان و بلوچستان

© سمیه عمادالدین*، مرجانه امیدی، صالح آرخی، امیر کرم.

*- سمیه عمادالدین (نویسنده مسئول)
Email: s.emadodin@gu.ac.ir

مقدمه

فرسایش آبی به عنوان یکی از عوامل مهم در تغییر منظر زمین و خاک تعریف شده است (پوسن و گاورس[1]،۱۹۹۰) که به زمین‌های کشاورزی، زیرساخت‌ها و مناطق شهری آسیب می‌رسانند(عرب عامری و همکاران، ۲۰۲۰). هرچند انواع مختلف فرسایش آبی موجب هدر رفت خاک و در نتیجه پیامدهای منفی و خسارت‌بار ناشی از آن می‌شود، اما فرسایش خندقی به عنوان یکی از مهمترین و مخربترین نوع فرسایش آبی شناخته شده است که منجر به جابجایی توده‌های عظیمی از خاک و رسوب می‌شود(خائولمینی[2] و همکاران، ۲۰۱۱) و موجب از دست رفتن باروری خاک و کاهش ظرفیت آب می‌شود (ولنتاین[3]، ۲۰۰۵). به طور کلی به عنوان شاخص بیابان‌زایی و تخریب زمین شناخته می‌شود(پوسن[4] و همکاران،۲۰۰۳). منشأ این فرسایش آب است، در این فرسایش عمق و عرض زمین‌های فرسایش یافته بیشتر از فرسایش شیاری است. این شکل فرسایش براثر پیشرفت فرسایش شیاری به وجود می‌آید، به این نحو که شیارها به‌هم می‌پیوندند در نتیجه زمین بیشتر شسته می‌شود و نهرها یا خندق‌هایی در سطح زمین تشکیل می‌گردد و آن‌قدر عمیق و عریض است که گاوآهن قادر به عبور از آن‌ها نیست. این خندق‌ها یا نهرها تدریجاً عمیق‌تر می‌شوند. عمق خندق‌ها به یک متر یا بیشتر می‌رسد و به تدریج شکل آن‌ها تغییر می‌کند. این عمل در صخره‌های سست، خاک‌های رسی و رسی آهکی بیشتر دیده می‌شود (شادفر،۱۳۸۹).

فرسایش خندقی بالاترین پتانسیل تولید رسوب را دارد، در دهه های اخیر فرسایش خندقی در اکثر آبخیزهای ایران گسترش یافته است (جاویدان و همکاران،۲۰۱۹). استان گلستان با سطحی بالغ بر ۲۲ هزار کیلومترمربع دارای تشکیلات لسی گسترده‌ای است که عمدتاً در حوضه‌های اترک و گرگان رود قرارگرفته‌اند، اراضی استان گلستان به دلیل ارزش بالای آن از لحاظ کشاورزی و از طرفی بالا بودن میزان فرسایش‌پذیری، دارای اهمیت زیادی در این زمینه است. لذا با توجه به مشکلات عنوان شده، شناسایی عوامل موثر در وقوع فرسایش خندقی، یکی از ابزارهای اساسی جهت مدیریت این پدیده در منطقه مورد مطالعه خواهد بود. در این تحقیق برای مبارزه با این نوع فرسایش، اقدام به شناسایی عوامل مؤثر در گسترش فرسایش خندقی، پهنه‌بندی وقوع آن و ارائه راهکارهای لازم جهت کنترل این پدیده گردیده است.

تاکنون تحقیقات زیادی در این زمینه در سطح جهان و ایران انجام شده است که می‌توان به مواردی اشاره کرد: آگنسی[5] و همکاران (۲۰۱۰) با بررسی یک رویکرد چند متغیره در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی، مناطق فرسایش خندقی در حوضه مگازولو در جنوب سیسیل ایتالیا را شناسایی کردند و به این نتیجه رسیدند که سازندهای رسی و تبخیری، بافت خاک، ریزدانه بودن و دامنه‌های معقر ارتباط معنی‌داری در وقوع فرسایش خندقی از خود نشان می‌دهند. ساکسا[6] و همکاران(۲۰۱۲) با بررسی خطرات طبیعی فرسایش خندقی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در مناطق غربی کارپاتیان در اسلواکی به این نتیجه رسیدند که توسعه خندق‌ها، نشان‌دهنده نوع خاصی از فرسایش است که باعث تمرکز رواناب سطحی در حوادث شدید بارندگی می‌شود. بزرگ‌ترین خطر فرسایش خندقی

1 - Poesen and Govers
2 - Khaiulmaini
3 - Valentine
4- Poesen
5- Agensi
6- Saksa

در زمین‌های زراعی و در تراس رودخانه شناسایی شدند، و ویژگی‌های تغییرات آینده در آب‌وهوای جهان باعث افزایش میزان بارندگی شدید خواهد شد. این روند فرسایش رواناب را تسریع خواهد کرد و احتمال وقوع آن را به عنوان یک خطر طبیعی افزایش می‌دهد. اوگبونا[1] و همکاران(۲۰۱۲) با بررسی فرسایش خندقی و میزان آسیب‌پذیری آن در ایالت قدیمی ایمو[2] در نیجریه با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و ژئواستاتیک به این نتیجه رسیده‌اند که خندق‌ها یکی از خطرناک‌ترین حوادث طبیعی در منطقه مورد مطالعه هستند. آن‌ها توانستند با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک و سیستم اطلاعات جغرافیایی با تجزیه و تحلیل‌های آماری، اقدامات ارزشمندی انجام دهند. وانگ[3] و همکاران(۲۰۱۶) با بررسی فرسایش خندقی بر اساس داده‌های سنجش از دور چندساله در اطراف رودخانه سانچا واقع در شمال شرقی چین به این نتیجه رسیدند که فرسایش عمدتاً در ارتفاعات متوسط اتفاق افتاد. اپراکو و لاور[4] (۲۰۱۸) با بررسی ارتباط بین عمق و عرض خندق‌ها در سازندهای زمین شناسی متفاوت در شمال نیجریه‌ی مرکزی با استفاده از روش‌های آماری رگرسیون دو متغیره به این نتیجه رسیدند که ارتباط معنی‌دار بین عمق خندق و عرض خندق در سازندهای زمین شناسی فرسایش‌پذیر وجود دارد. در خندق‌های عمیق در سازندهای فرسایش‌پذیر، همبستگی عمق با عرض کاهش می‌یابد در حالی که در رسوبات مقاوم، همبستگی عمق با عرض خندق افزایش می‌یابد. عرب عامری و همکاران(۲۰۲۰) با بررسی فرسایش خندقی در حوضه آبخیز رود اردیب در استان سمنان با استفاده از سه روش آماری شاخص های آنتروپی (IOE) ، نسبت فرکانس (FR) و ضریب اطمینان (CF) و با استفاده از تکنیک های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی برای پیش بینی فرسایش خندقی به این نتیجه رسیدند که در شاخص آنتروپی؛ ارتفاع، سنگ شناسی و زاویه شیب نقش زیادی در ایجاد فرسایش خندقی در منطقه مورد دارد. همچنین نتایج آن از قابلیت اعتماد بالاتری برخوردار است.

مطالعاتی که در داخل کشور انجام شده است می‌توان به مواردی اشاره نمود: زندمقدم (۱۳۸۸) با بررسی فرسایش خندقی لس‌های شمالی استان گلستان و حدفاصل آق‌بند و راهکارهای مبارزه با آن به این نتیجه رسید که شیب و فرسایش‌پذیری خاک جز عوامل طبیعی و تغییر کاربری و بهره‌برداری نامناسب در رده عوامل انسانی، ازجمله مهم‌ترین عوامل ایجاد فرسایش خندقی در منطقه می‌باشد. خزائی و همکاران (۱۳۹۱) اثر برخی عوامل طبیعی و غیرطبیعی مؤثر بر فرسایش خندقی در حوضه آبخیز مارن واقع در طالقان را بررسی کردند. نتایج نشان داد که در حوضه مورد مطالعه عوامل مؤثر بر توسعه خندق شامل دو دسته کلی عوامل طبیعی ازجمله سنگ‌شناسی منطقه، شرایط فیزیکی، شیمیایی خاک، اقلیم و شیب می‌باشد. دسته دوم شامل عوامل غیرطبیعی ازجمله تغییر کاربری اراضی، استفاده بیش ازحد اراضی، شخم در جهت دامنه، انتقال خطوط نیرو و جاده‌سازی می‌باشد.صفاری و همکاران (۱۳۹۴) در پهنه‌بندی خطر فرسایش خندقی حوضه دشت کهور استان فارس با استفاده از دو روش AHP و ANP به این نتیجه رسیدندکه از بین عوامل بررسی‌شده عامل سنگ‌شناسی و شیب به عنوان مهم‌ترین عوامل از لحاظ اهمیت محسوب می شوند. چناری و همکاران (۱۳۹۵) به پهنه‌بندی خطر پتانسیل وقوع فرسایش خندقی با استفاده از روش‌های آماری (دمپسترشفر، رگرسیونی، نسبت فراوانی، فاکتور خطر) در حوضه قرناوه استان گلستان پرداخته‌اند،

[1] - Ogbanna
[2] - Imo
[3] - wang
[4] - Oparaku&Lwar

نتایج ارزیابی مدل‌های پهنه‌بندی نشان داد که روش دمپستر شفر کارایی قابل قبولی در پهنه‌بندی خطر فرسایش خندقی حوضه دارد. بشارتی و همکاران (۱۳۹۷) با بررسی و تجزیه و تحلیل عوامل موثر در ایجاد و توسعه فرسایش خندقی در حوضه آبخیز شورچای در دامنه شرقی کوه سهند به این نتیجه رسیدند که مارن‌های شور و گچی دوران سوم و چهارم به دلیل انحلال‌پذیری بالا، نفوذپذیری بالایی دارند و زمینه مناسبی را برای ایجاد شبکه‌ای خندق‌های متراکم در اراضی تپه ماهوری و تراس‌های آبرفتی منطقه فراهم نموده است. موحدی نسب و همکاران(۱۳۹۸) با ارزیابی روش های آماری و داده کاوی در پهنه‌بندی خطر فرسایش خندقی در اراضی لسی استان گلستان از سه روش نسبت فراوانی، شاخص آماری، رگرسیون لجستیک و جنگل تصادفی به این نتیجه رسیدند که روش جنگل تصادفی دارای بهترین عملکرد می‌باشد

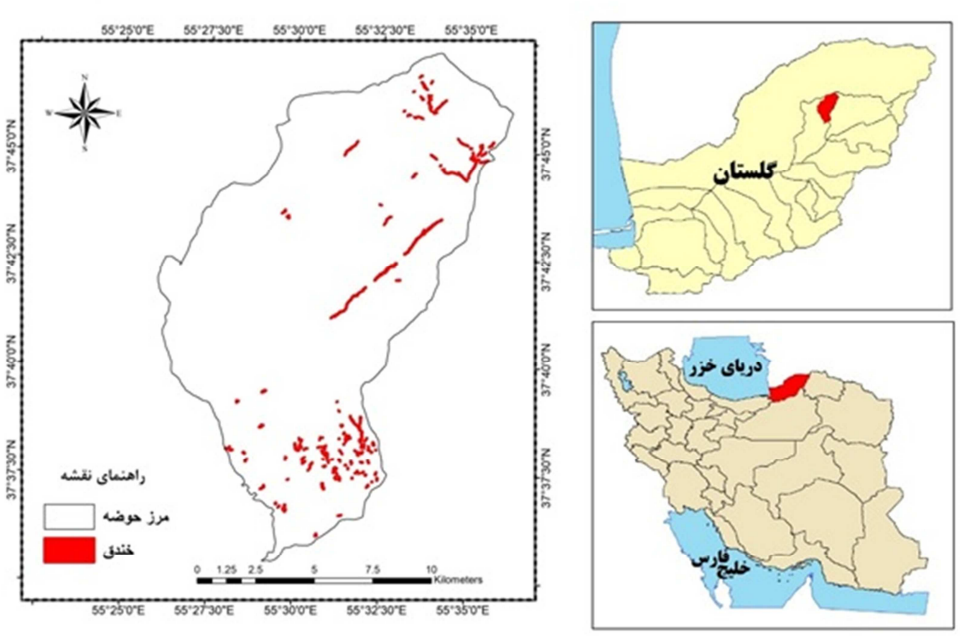
در جمع بندی باید گفت که در ایران استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی[1] (ANN) در مطالعات علوم فضایی مخصوصاً در مطالعات مربوط به پهنه‌بندی مخاطرات ناشناخته مانده است، در صورتی‌که با این روش مخاطرات را به‌خوبی می‌توان پهنه‌بندی کرد. در سال‌های اخیر تمایل زیادی نسبت به بررسی امکان استفاده از سیستم‌های شبکه عصبی مصنوعی به وجود آمده است. شبکه‌های عصبی ابزار محاسباتی قوی و توانمندی هستند که در ساماندهی و ایجاد رابطه بین اطلاعات گوناگون نیز قابلیت بسیار خوبی دارند. همچنین سعی می‌شود ساختاری شبیه به ساختار بیولوژیکی مغز انسان و سیستم شبکه عصبی بدن ایجاد شود تا قدرت تصمیم گیری و یادگیری مانند مغز را داشته باشد (گومز[2] و کاوزاوغلو[3] ۲۰۰۵). روش شبکه عصبی مصنوعی، موضوعات و مشکلاتی را بررسی می‌کند که روش های آماری به دلیل محدودیت‌های نظری قادر به پاسخگویی به آن‌ها نیستند. (کانیانی[4] و همکاران ۲۰۰۸ ، ارمینی[5] و همکاران ۲۰۰۵). استفاده از قابلیت‌های بالای این سیستم‌ها در نگاشت فضاهای چند بعدی و همچنین تحلیل مسائلی که درک آن‌ها بدون متوسل شدن به روابط پیچیده ریاضی دشوار است می‌تواند در امور مهندسی مفید باشد. (ملکی نژاد و پورشرعیاتی،۱۳۹۱). در منطقه مورد مطالعه، به رغم گسترش زیاد خندق‌ها و حساسیت منطقه نسبت به این فرسایش تاکنون هیچ تحقیقی برای تعیین پتانسیل فرسایش خندقی و عواملی که موجب تشکیل و توسعه خندق‌ها می‌شود صورت نگرفته است. بنابراین در این تحقیق سعی گردید عوامل موثر بر فرسایش خندقی مورد ارزیابی قرار گیرد. در نهایت خطر وقوع فرسایش خندقی با روش شبکه عصبی مصنوعی و با مدل MLP پهنه بندی گردد.

موقعیت منطقه مورد مطالعه

حوضه آبخیز قویجق در شمال استان گلستان و شمال شرقی شهرستان کلاله بین طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ۲۶ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۳۵ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۴۷ دقیقه شمالی قرار گرفته است. این حوضه از شمال به ارتفاعات کوه خالد نبی و حوضه آبریز اترک و از جنوب به محل خروجی حوضه کال آجی و در امتداد روستای تمره قره قوزی، در شمال شرقی حوضه آبخیز گرگان رود محدود می‌گردد. این حوضه،

[1] - Artificial Neural Network
[2] - Gomez
[3] - Kavzoglu
[4] - Caniani
[5] - Ermini

از سرشاخه‌های رودخانه گرگان رود می‌باشد. شهر بزرگ و مهمی در حوضه قرار ندارد و از روستاهای مهم آن می‌توان به چهار روستای قره قاچ، قویجق، صوجه و چالجه اشاره کرد. ارتفاعات مهم حوضه که عمدتاً در شمال، شرق و غرب قرار دارند شامل کوه خالد نبی، کوه الی باتمان و رشته‌کوه کور داغ هستند که از ۲۰۰ تا ۸۴۶ متر از سطح دریا می‌باشند. بدین ترتیب اختلاف ارتفاع بین پست‌ترین و بلندترین نقاط حوضه ۶۴۶ متر می‌باشد.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

داده‌ها و روش‌ها

به منظور تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی در ابتدا نیاز است تا نقشه پراکنش خندق‌ها تهیه گردد. در طی بازدید از منطقه مورد مطالعه، مناطقی که در آن‌ها فرسایش خندقی اتفاق افتاده بود شناسایی شدند. پس از تعیین موقعیت هر خندق با استفاده از GPS چند نقطه بر روی مرز آن تعیین و با انتقال این نقاط به نرم افزارهای Google Earth و ArcGIS موقعیت و مرز مربوط به هر خندق ترسیم گردید. علاوه بر بازدید میدانی از پایگاه Google Earth و تصاویر ماهواره ایی لندست۸ نیز برای شناسایی خندق‌ها استفاده گردید. پس از تهیه نقشه پراکنش خندق‌ها در منطقه مورد مطالعه اقدام به تهیه نقشه فاکتورهای موثر بر شروع فرسایش خندقی شد.

در این مطالعه نیز سعی شد با توجه به تحقیقات انجام شده در زمینه پهنه‌بندی فرسایش خندقی در استان گلستان و سایر مناطق کشور و همچنین مطالعات انجام شده در خارج از کشور در این زمینه و نظرات کارشناسی اساتید متخصص دانشگاهی و کارشناسان منابع طبیعی استان گلستان، عوامل موثر در وقوع فرسایش خندقی در حوضه آبخیر قویجق انتخاب و اثر آن‌ها بر ایجاد این نوع فرسایش در این حوضه آبخیز بررسی شود. در پژوهش حاضر از ۹ عامل تاثیرگذار جهت پهنه‌بندی فرسایش خندقی استفاده شده است. این عوامل عبارتند از شیب، جهت شیب، نقشه

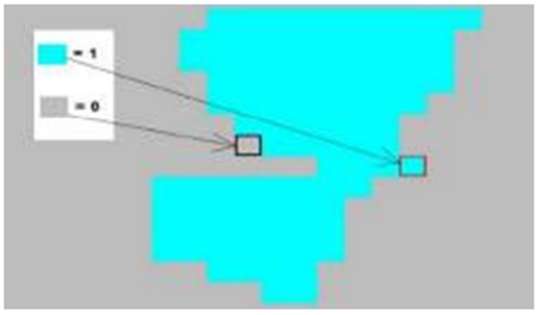
ارتفاع، واحدهای اراضی، کاربری اراضی، فاصله از آبراهه، زمین شناسی و فاصله از راه. نقشه رقومی ارتفاعی استفاده شده از نوع Alos Palsar دارای حد تفکیک ۱۲ متری بوده که لایه‌های شیب، جهت شیب، طبقات ارتفاعی و آبراهه‌ها نیز بر اساس آن تهیه شدند. نقشه زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ مورد استفاده قرار گرفت. همچنین نقشه کاربری اراضی بر اساس تصاویر لندست تهیه شدند. نقشه‌های خاک، فاصله از جاده و واحدهای اراضی از سازمان منابع طبیعی استان گلستان تهیه گردید. در عین حال نقشه پراکنش فرسایش خندقی نیز در GIS با کمک برنامه گوگل ارث، تصاویر ماهواره‌ایی لندست۸ و مطالعات میدانی تهیه گردید. قابل ذکر است که بخش مربوط به مطالعه میدانی به صورت پایش انجام پذیرفت. بدین صورت که در اکثر نقاطی که امکان پایش وجود داشت، بازدید میدانی انجام شد. در مواردی هم که امکان نداشت از تصاویر ماهواره‌ایی و گوگل ارث استفاده گردید.

به طور کلی، مفهوم شبکه‌های عصبی مصنوعی برای نخستین بار در سال ۱۹۱۱ توسط سگال[1] بیان گردید. شبکه عصبی مصنوعی جزء آن دسته از سامانه‌های پویایی است که با پردازش روی داده‌های تجربی دانش یا قانون نهفته در درون داده‌ها را به ساختار شبکه منتقل می‌کند. لذا باور بر این است که با انتخاب پارامترهای نسبتاً مستقل از هر حوضه آبخیز به عنوان متغیرهای ورودی یک مدل تعمیم یافته حاصل می‌شود. بدین طریق شبکه عصبی مصنوعی آموزش یافته بیشترین وزن را به متغیری خواهد داد که بیشترین تاثیر را در خروجی داشته باشد (منهاج، ۱۳۷۷، دوئه[2] و تیرونالایا[3]، ۲۰۰۰). شبکه‌های عصبی در واقع توسط یک سری محدود از داده‌های واقعی آموزش می‌بینند و چنانچه پارامترهای موثر بر پدیده مورد بررسی به صورت صحیح انتخاب و به شبکه داده شوند می‌توان انتظار داشت که جواب‌های منطقی از شبکه دریافت شود. بدین ترتیب شبکه عصبی احتیاجی به تحلیل روابط رگرسیونی متغیرهای وابسته ندارد البته خود این تحلیل نیازمند داشتن داده‌های پایه‌ای است که به دست آوردن آن‌ها در بسیاری از موارد کار مشکلی است. بنابراین شبکه عصبی می‌تواند مدل بهتری را با توجه به منابع داده‌های موجود ارائه دهد((ملکی نژاد و پورشرعیاتی،۱۳۹۱).

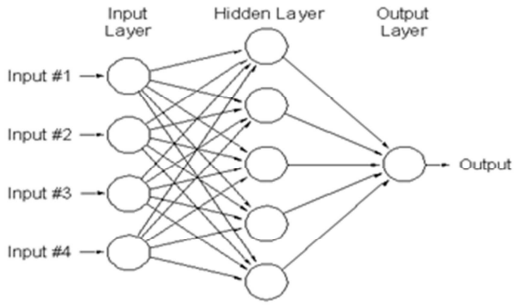
برای انجام شبکه عصبی مصنوعی بعد از تهیه لایه‌های مورد نیاز و نقشه پراکنش خندقی، تمام لایه‌ها در محیط GIS به لایه‌های رستری تبدیل گردیدند. از ترکیب لایه‌های رستری به دست آمده به همراه خندق‌ها، نقشه‌ای بدست آمد که در ادامه پیکسل‌هائی که اثرات فرسایش خندقی در آن‌ها وجود داشت ارزش ۱ و سایر پیکسل‌ها ارزش ۰ به خود گرفت(منطق بولین[3]) و در یک ستون مجزا اعمال گردید (شکل۳) اطلاعات این لایه نهایی به فایل Excel تبدیل شد و حال نوبت پیاده کردن برنامه Spss modeler بود. از طریق وارد کردن این فایل در نرم افزار Spss modeler به اجرای برنامه MLP پرداختیم. در روش MLP میزان تأثیر هر یک از لایه‌ها برای تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر فرسایش خندقی با روش شبکه عصبی مصنوعی مشخص گردید. روش استفاده لایه‌ها در روش MLP ۱-۸-۹ می‌باشد یعنی شامل ۹ لایه ورودی، ۸ لایه پنهان، ۱ لایه خروجی یا هدف می‌باشد (شکل ۴). با توجه به اینکه در روش شبکه عصبی مصنوعی از پهنه‌هایی که در آن‌ها اثر فرسایش خندقی وجود دارد به عنوان مناطق آموزشی استفاده می‌شود و سایر مراحل تجزیه و تحلیل بدون دخالت کاربر انجام می‌شود. در این تحقیق برای جلوگیری از

[1] - Segal
[2] - Doe
[3] - Thirumalayah

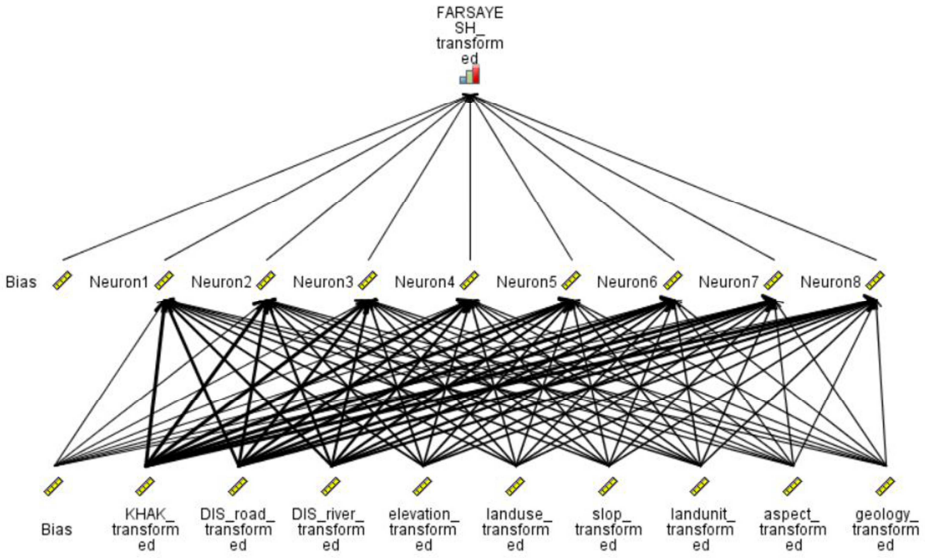
دخل و تصرف، لایه‌های پنهان به صورت پیش‌فرض به نرم افزار معرفی شد. ۲۵ درصد داده‌ها برای آزمایش و ۷۵ درصد داده‌ها نیز برای آموزش به نرم‌افزار معرفی گردید.



شکل۳ : ارزش‌گذاری به روش بولین در پهنه‌های خندقی میدانی



شکل۲: ساختار شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون (MLP)



شکل ۴: نحوه عملکرد روش شبکه عصبی مصنوعی در نرم‌افزارSpss Modeler

برای بررسی ارتباط عوامل تأثیرگذار بر وقوع فرسایش خندقی در منطقه مورد مطالعه بعد از تهیه نقشه پراکنش نقاط خندقی، ۹ عامل مؤثر در وقوع فرسایش خندقی مورد بررسی قرار گرفته است. هرکدام از لایه‌های اطلاعاتی در ۵ کلاس بر اساس درجه حساسیت نسبت به فرسایش خندقی قرار گرفت و به هرکدام از طبقات امتیاز بین۱ تا ۵ تعلق گرفت. بدین‌صورت که امتیاز۵ به طبقه‌ای داده شد که بیشترین حساسیت را نسبت به فرسایش خندقی داشت.



شکل۵: تصاویری از فرسایش خندقی منطقه موردمطالعه(منبع:گردآورندگان)

یافته های تحقیق

بررسی ارتباط بین شیب و مناطقی که تحت تاثیر فرسایش خندقی قرار گرفته، بیانگر این بوده که در همه طبقه‌های شیب، فرسایش خندقی مشاهده شده است، اما بیشترین تعداد خندق‌ها در شیب‌های ۵-۰ درصد رخ داده است. تحقیقات لوکا[1] و همکاران(۲۰۱۱) در مطالعه‌ایی در کشور ایتالیا موثرترین شیب در وقوع خندق را ۰ تا ۵ درصد اعلام نمودند که نشان می‌دهد فرسایش خندقی در شیب‌های کم احتمال وقوع بیشتری دارد. به طول معمول در شیب‌های بالا، مساحت حوضه بالادست بالاکند کم است و رواناب سطحی و زیر سطحی کافی برای ایجاد فرسایش خندقی وجود ندارد (موحدی نسب، ۱۳۹۸). رواناب در شیب‌های پایین فرصت تمرکز و نفوذ بیشتری دارد، بنابراین احتمال ایجاد حفره و تبدیل شدن به خندق افزایش می‌یابد(چناری و همکاران،۱۳۹۵).

[1] - Loca

جهت شیب اثر غیر مستقیمی در آبدوی و فرسایش دارد (شکل ۶). شیب‌های هم‌درجه ولی با جهات متفاوت یک منطقه معمولاً به‌طور یکسان با خطر فرسایش روبرو نیستند.اثر عمده جهت شیب در میزان آب دوی و فرسایش به سبب اختلاف میکروکلیمای موجود در شیب‌های مختلف است. شیب‌های آفتابگیر معمولاً نسبت به شیب‌های سایه‌گیر فرسایش بیشتری ایجاد می‌کند. زیرا این شیب‌ها گرمتر بوده، بنابراین ذخیره آب خاک کم شده، رشد پوشش گیاهی کمتر است. علاوه بر این در این شیب‌ها خورشید با تجزیه، مواد آلی هوموس را از بین می‌برد و در نتیجه خاک چسندگی خود را از دست داده و مستعد فرسایش می‌شود (قهرودی، ۱۳۸۲). بر اساس پارامتر جهت شیب(شکل ۶)، جهت شیب شمال غربی بیشترین تاثیر را در رخداد فرسایش خندقی داشته و بیشرین مقدار قطعیت را کسب کرده‌اند که از مهمترین علل آن دریافت رطوبت بیشتر شیب‌های واقع در این جهات است.

بررسی پراکندگی خندق‌ها نسبت به نقشه ارتفاع نشان می‌دهد که بیشترین خندق‌ها در ارتفاع ۶۰۰-۴۰۰ متر رخ داده است (شکل ۶)،که با تحقیقات چناری و همکاران (۱۳۹۵) که ارتفاع کمتر از ۷۱۲ متر به عنوان ارتفاع شاخص وقوع فرسایش خندقی بیان کرده‌اند، همخوانی دارد.

بررسی پراکندگی خندق‌ها در نقشه کاربری اراضی نشان می‌دهد که بیشتر خندق‌ها یعنی ۷۰ درصد در مراتع و ۳۰ درصد در زمین‌های کشاورزی واقع شده‌اند به طور کلی اراضی بدون پوشش و لخت نسبت به اراضی دارای پوشش قش بیشتری در ایجاد فرسایش دارند (دای[1] و همکاران،۲۰۰۱). نتیجه این تحقیق با نتایج مطالعات چناری و همکاران (۱۳۹۵)، شادفر (۱۳۹۳)، مقصودی و همکاران (۱۳۹۱) و اسفندیاری درآباد و همکاران(۱۳۹۲) همخوانی دارد.

شبکه فرسایش رودخانه‌ای (آبراهه‌ای) نتیجه تخریب و شسته شدن دیواره آبراهه‌ها می‌باشد که بیشتر در مواقع سیلابی و فصول پرباران صورت می‌پذیرد. در مواقع سیلابی علاوه بر بالا بودن قدرت تخریبی، قدرت حمل رسوب نیز افزایش می‌یابد که موجب گسترش خندق می‌شود. بررسی میزان فاصله از آبراهه در شکل ۶ نشان می‌دهد که آبراهه ها به شدت در تشکیل خندق‌های منطقه مورد نظر تأثیر دارد و خندق‌های زیادی در کنار آبراهه‌ها تشکیل شده‌اند. البته بازدید میدانی هم کاملاً این موضوع را ثابت کرد. خندق‌های زیادی در فاصله کمتر از ۱ متری از آبراهه اتفاق افتاده‌اند و با افزایش فاصله از آبراهه، درصد فراوانی خندق‌ها کاهش می‌یابد. با عمل آبشویی و فرسایش کناری دامنه‌های مشرف به آبراهه، تعادل این دامنه‌ها بر هم می‌خورد و حساسیت به ایجاد فرسایش خندقی در کنار آبرهه‌ها افزایش می‌یابد. که با نتایج تحقیقات چناری و همکاران(۱۳۹۵) و دابی[2] و همکاران(۲۰۱۴) همخوانی دارد.

نوع سازند زمین‌شناسی و رسوبات موجود در حوضه آبخیز نشان‌دهنده اندازه و تراکم خندق می‌باشد، وجود رسوبات سست نظیر شیل، مارن‌های شور و گچی با درصد بالای سیلت و رسوبات رسی و سیلتی دوران سوم و چهارم زمینه مناسبی برای ایجاد خندق‌های متراکم در بسیاری از نقاط دنیا از جمله ایران را فراهم کرده است (مقیمی و همکاران، ۱۳۹۰). شکل ۶ نشان می‌دهد که بیشتر خندق‌ها در زمین‌های لسی (جدول۱) و همچنین آبرفت‌های کنار رودخانه‌ای تشکیل شده است.سازند نهشته‌های رسوبی لسی بیشترین حساسیت به فرسایش خندقی را دارد که دلیل

[1] - Doe
[2] - Dube

این امر به انحلال پذیری زیاد این نوع سازند بر می‌گردد. از طرف دیگر فراوانی زیاد آن در منطقه، جزء عوامل عمده ایجاد فرسایش خندقی در حوضه آبخیر قویجق می‌باشد. این نتایج با نتایج تحقیقات یمانی و همکاران(۱۳۹۲)، اسفندیاری درآباد و همکاران(۱۳۹۲) و کانفورتی[1] و همکاران(۲۰۱۱) همخوانی دارد.

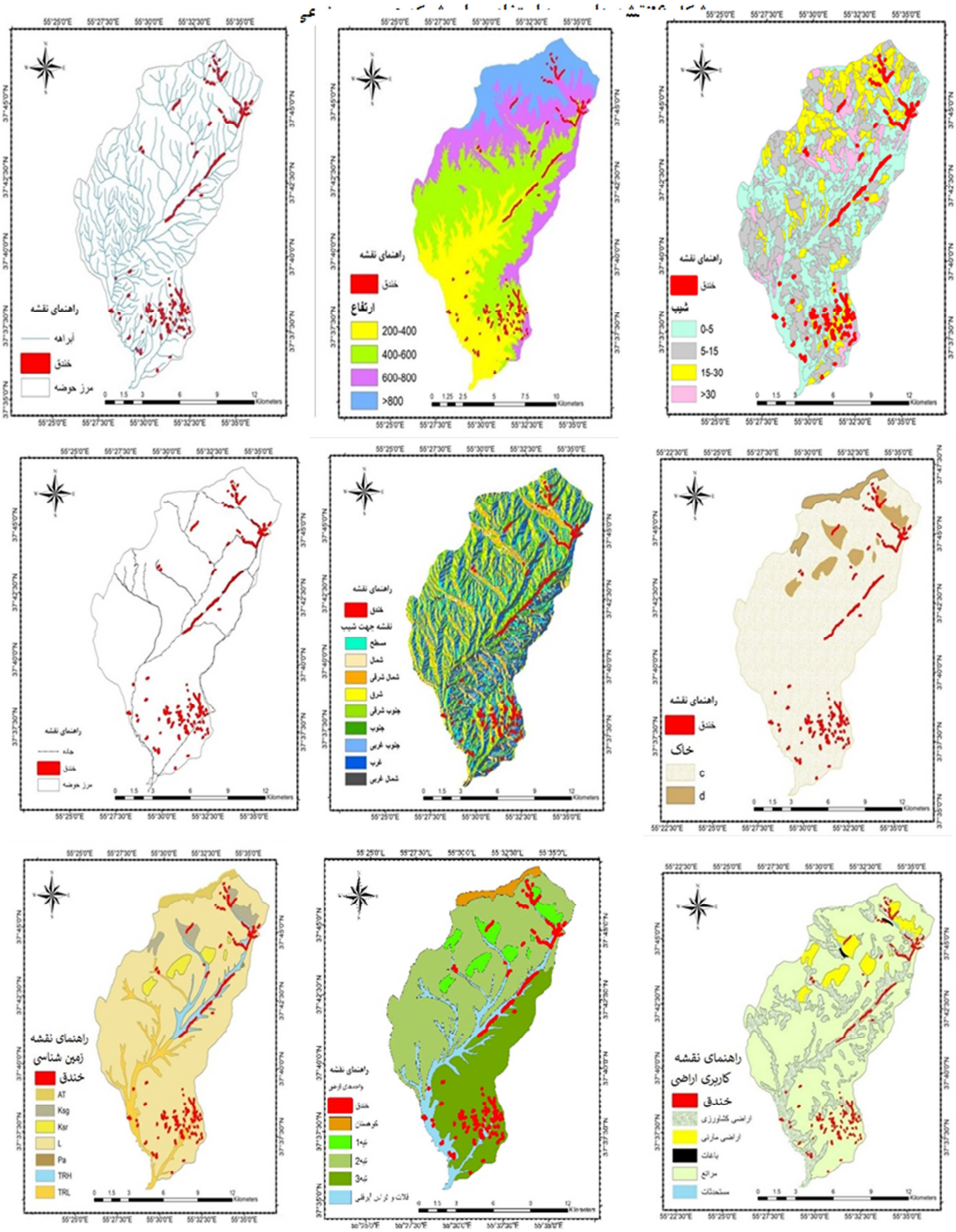
بافت خاک، فراوانی نسبی ذرات خاک را نشان می‌دهد، بافت خاک حاکی از ریزی و درشتی ذرات خاک می‌باشد به عبارت دیگر مقدار شن، سیلت و رس بافت خاک را تشکیل می‌دهد با توجه به شکل ۶ بیشتر خندق‌ها در گروه هیدرولوژیکی C قرارگرفته‌اند و حدود ۹۳ درصد از حوضه آبخیز مورد مطالعه را این گروه تشکیل داده است. خاک‌هایی هستند که آبدوی نسبتاً زیادی تولید می‌کنند، قابلیت نفوذ این خاک‌ها هنگامی‌که کاملاً خیس باشند نسبتاً کم است. نفوذپذیری این خاک‌ها بین ۱/۳ تا ۳/۸ سانتیمتر در ساعت است (اداره کل منابع طبیعی استان گلستان،۱۳۹۰). فاصله از راه‌های ارتباطی یکی دیگر از عوامل مهمی است که می‌توان نقش آن را در وقوع فرسایش خندقی بررسی کرد. بررسی نقشه فاصله از جاده نیز نشان داد که خندق‌های زیادی در نزدیک جاده اتفاق افتاده‌اند و با افزایش فاصله از جاده این مقدار کاهش یافت.

جدول ۱: میزان درصد سازندهای زمین‌شناسی منطقه

سازندهای زمین‌شناسی	مساحت سازندها (مترمربع)	درصد هر واحد
تراس ها و رسوبات آبرفتی با فرسایش زیاد	۶،۸۵۰،۰۸۴	٪ ۴
سازند سرچشمه	۱،۰۲۷،۵۱۳	٪ ۰/۶
خاک های قدیمی	۱،۷۱۲،۵۲۱	٪ ۱
تراس‌ها و رسوبات آبرفتی با فرسایش کم	۱،۷۱۲،۵۲۱	٪ ۱
سازند سنگانه	۱۳،۷۰۰،۱۶۸	٪ ۸
سازند اتامیر	۴،۶۲۳،۸۰۷	٪ ۲/۷
لس	۱۴۱،۶۲۵،۴۸۷	٪ ۸۲/۷

در نهایت میزان تاثیر هر یک از لایه‌ها برای تهیه نقشه پهنه‌بندی شبکه عصبی مصنوعی مشخص گردید. روش استفاده لایه‌ها در این پژوهش ۱-۸-۹ می‌باشد، یعنی شامل ۹ لایه ورودی، ۸ لایه پنهان و یک لایه خروجی یا هدف می‌باشد. بیشترین تاثیر در تحلیل‌های روش شبکه عصبی مصنوعی مربوط به لایه آبراهه با ضریب ۲۰ درصد بدست آمد. موارد زمین شناسی(۱۸ درصد)، راه های ارتباطی (۱۶ درصد)، واحد اراضی(۱۵ درصد)، کاربری اراضی(۱۱ درصد)، شیب(۸ درصد)، نوع خاک(۵ درصد)، جهت شیب (۴)و ارتفاع (۳ درصد) از نظر میزان تاثیر به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند(جدول ۲). پس از تجزیه و تحلیل، نرم افزار یک خلاصه گزارش در اختیار کاربر می‌گذارد که با ملاحظه آن می‌توان دقت خطا و عملکرد تجزیه و تحلیل را بررسی نمود(شکل ۷). این مقدار خطا قابل قبول بودن تجزیه و تحلیل را نشان می‌دهد. با توجه به این که در روش شبکه عصبی مصنوعی، از پهنه‌هائی که در آن‌ها اثر خندق وجود دارد به عنوان مناطق آموزشی استفاده می‌شود و سایر مراحل تجزیه و تحلیل بدون دخالت کاربر انجام می‌پذیرد، بنابراین نتایج نهائی نیز از واقعیت منطقه پیروی می‌نماید. پس از اینکه میزان تاثیر گذاری هر یک از لایه‌ها مشخص گردید، در محیط GIS اعمال ریاضی آنها انجام پذیرفت و در نهایت نقشه پهنه‌بندی فرسایش خندقی با جانمائی نقاط ثبت شده میدانی تهیه گردید.

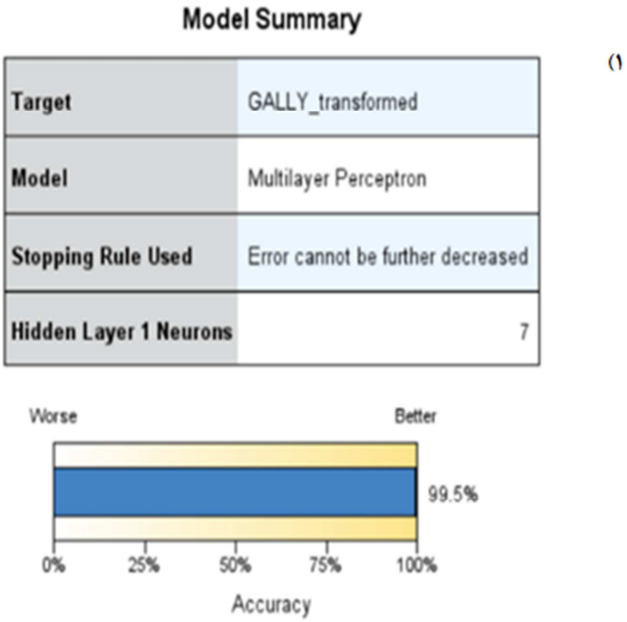
[1] - Conforti



شکل ۶:نقشه های مورد استفاده برای شبکه عصبی مصنوعی

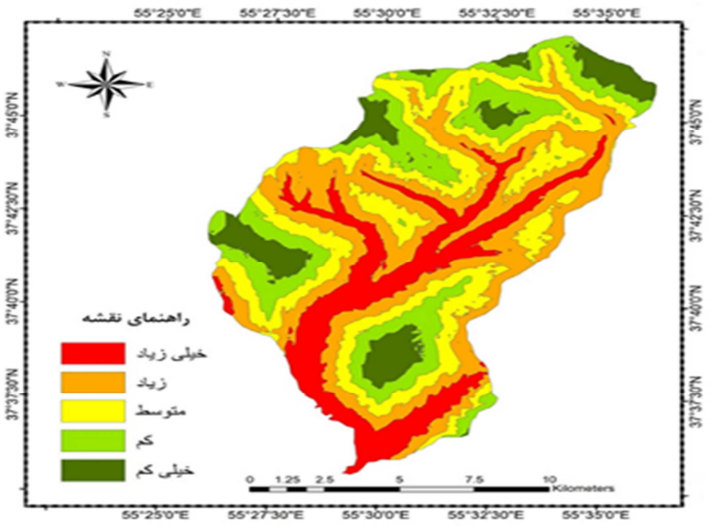
جدول ۲: درصد وزن هر یک از عوامل مؤثر در روش MLP

ردیف	عوامل مؤثر درروش MLP	درصد تأثیر
۱	آبراهه	٪۲۰
۲	زمین‌شناسی	٪۱۸
۳	راه‌های ارتباطی	٪۱۶
۴	واحد ارضی	٪۱۵
۵	کاربری اراضی	٪۱۱
۶	شیب	٪۸
۷	نوع خاک	٪۵
۸	جهت شیب	٪۴
۹	ارتفاع	٪۳



شکل ۷: خلاصه گزارش در روش MLP به همراه میزان دقت و صحت

از نکات قابل‌توجه در نتایج به دست‌آمده از این روش این می‌باشد که عامل آبراهه و زمین‌شناسی جز عوامل مهم در فرسایش خندقی منطقه می‌باشد و این موضوع با توجه به اینکه در مطالعات میدانی نیز مورد توجه قرارگرفته بود از اعتبار بالایی برخوردار است. به طوری‌که نواحی پر خطر در بخش‌هایی که آبراهه و جاده واقع شده‌اند بیشتر دیده می‌شوند(شکل۸)).

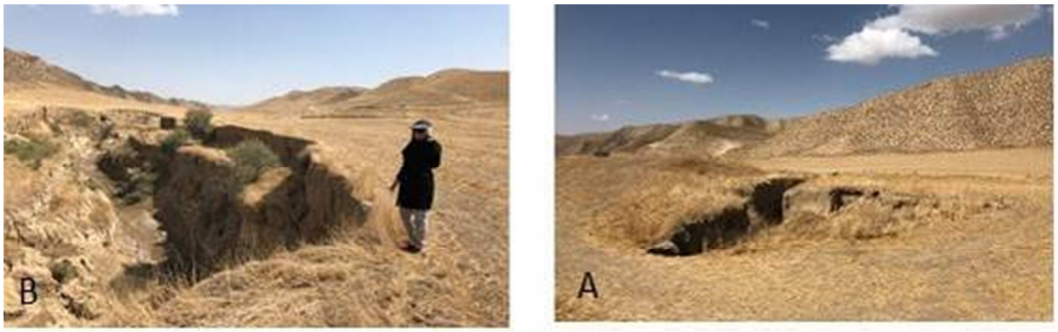


شکل ۸: نقشه پهنه‌بندی خطر فرسایش خندقی در حوضه آبخیز قویجوق با روش MLP

جدول ۳: میزان درصد خطر فرسایش خندقی با روش MLP

مناطق خطر	مساحت هر منطقه(مترمربع)	درصد هر منطقه
خیلی زیاد	۳۴،۱۶۲،۲۲۰	٪۲۰
زیاد	۵۱،۲۴۳،۳۳۰	٪۳۰
متوسط	۴۰،۹۹۴،۶۶۴	٪۲۴
کم	۲۷،۳۲۹،۷۷۶	٪۱۶
خیلی کم	۱۷،۰۸۱،۱۱۰	٪۱۰

خندق‌های منطقه مورد مطالعه بیشتر از نوع طولی در امتداد آبراهه‌ها و خندق‌های پنجه‌ایی می‌باشد (شکل ۹). خندق طولی از تعدادی خندق مجزا که هرکدام دارای یک دیواره عمودی هستند که از یک هدکت ایجاد شده‌اند و اغلب در سازندهای ریزدانه که دارای مقدار کمی ماسه و یا شن ایجاد می‌شود به وجود می‌آید پروفیل طولی آن به شکل خط مستقیم است(احمدی، ۱۳۸۵).



شکل ۹: نمونه‌ایی از خندق پنجه‌ایی(A) در اراضی مرتعی و نمونه‌ایی از خندق طولی(B) در حاشیه رودخانه در منطقه مورد مطالعه

همچنین نوع لیتولوژی لس توانسته بیشترین اثرگذاری را در ایجاد خندق‌های خطی از خود نشان دهد، علت را می‌توان در حساسیت بسیار بالای این سازند و این نوع لیتولوژی به فرآیند فرسایش خاک به خصوص فرسایش انحلالی دانست به طوری‌که این اراضی به دلیل ریز دانه بودن، شرایط را جهت ایجاد و توسعه خندق‌های خطی در منطقه مورد مطالعه فراهم نموده است. به طوری‌که انحلال‌پذیری زیاد سازند لسی که از نظر زمین شناسی از رس و آهک همراه با مارن هستند در اثر پدیده انحلال و راهروهای زیرزمینی ایجاد شده و به تدریج این آبراهه‌ها توسعه پیدا کرده و سقف آن ریزش نموده و ًنهایتا خندق ایجاد می‌گردد (شکل ۱۰).



شکل ۱۰: انحلال پذیری سازندهای لسی و تشکیل راهروهای زیرزمینی

نتیجه گیری

به منظور کاهش اثرات ناشی از فرسایش خندقی نیاز است مناطق مستعد این نوع فرسایش شناسایی شده و اقداماتی جهت کنترل این نوع فرسایش انجام گیرد. بدین منظور در این تحقیق با استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی اقدام به پهنه‌بندی خطر فرسایش خندقی در حوضه قویجق استان گلستان گردید. پس از تهیه نقشه پراکنش خندق‌ها، اقدام به تهیه ۹ فاکتور مستقل یعنی شیب، جهت شیب، طبقات ارتفاعی، فاصله از آبراهه، زمین شناسی، فاصله از جاده، خاک، کاربری اراضی وکاربری زمین که به نوعی در وقوع فرسایش خندقی در منطقه مورد مطالعه نقش دارند، گردید. از کل پهنه خندقی ۷۵ درصد برای مدل سازی و ۲۵ درصد برای ارزیابی مدل استفاده شد. نتایج به دست‌آمده نشان می‌دهد که ۲۰، ۳۰، ۲۴، ۱۶، ۱۰ درصد از منطقه مورد مطالعه در مناطق با خطر بسیار زیاد، زیاد، متوسط، کم وخیلی کم قرارگرفته است. در نواحی که آبراهه‌ها، جاده و سازندهای لسی وجود دارد به شدت فرسایش خندقی دیده می‌شود. همچنین عوامل دیگری مانند وجود مراتع، کمبود و عدم وجود پوشش گیاهی در منطقه و تیپ هیدرولوژی C، خاک‌هایی که آبدوی نسبتاً زیادی تولید می‌کنند و قابلیت نفوذ این خاک‌ها هنگامی که کاملاً خیس باشند نسبتاً کم است، در وقوع فرسایش خندقی در منطقه مورد مطالعه بسیار تاثیر گذار است.

نتایج حاصل از ارتباط بین عامل سنگ شناسی و خندق های رخ داده نشان دهنده این است که واحد سنگ شناسی Qt2 با ۸۲ درصد دارای بیشترین مناطق تحت تاثیر فرسایش خندقی می‌باشد که با یافته‌های جاویدان و همکاران(۲۰۱۹)، عرب عامری و همکاران(۲۰۲۰) و موحدی نسب و همکاران (۱۳۹۸) همخوانی دارد، آن‌ها به این نتیجه رسیدند که مناطقی که از واحدهای سنگ شناسی سست‌تری تشکیل شده‌اند گسترش مناطق تحت تاثیر فرسایش خندقی بیشتر است. همچنین در تحقیقات بشارتی و همکاران(۱۳۹۷) و اپراکو و لاور(۲۰۱۸)، هم

سازندهای زمین شناسی عامل مهم در ایجاد شبکه‌ایی خندق‌های متراکم می‌باشد. بررسی عامل آبراهه و خندق‌های رخ داده در منطقه مورد مطالعه نشان داد که بخش زیادی از مناطق تحت تاثیر فرسایش خندقی در کنار آبراهه‌ها تشکیل شده‌اند، به خصوص در مواقع سیلابی علاوه بر بالا بودن قدرت تخریبی، قدرت حمل رسوب نیز افزایش می‌یابد که موجب گسترش خندق می شود که با نتایج تحقیقات چناری و همکاران(۱۳۹۵) همخوانی دارد. می‌توان در مجموع این‌گونه جمع‌بندی کرد که ترکیبی از عوامل زمین محیطی در وقوع و ایجاد فرسایش خندقی در حوضه آبخیز قویجق نقش دارند. نقشه پهنه‌بندی خطر به دست آمده از مدل شبکه عصبی مصنوعی می‌تواند به مدیران و برنامه‌ریزان به منظور شناسایی مناطق دارای پتانسیل خطر فرسایش خندقی و اولویت‌بندی آن‌ها برای جلوگیری از فرسایش خاک حاصلخیز و تولید رسوب در منطقه مورد مطالعه و حوضه‌های مشابه کمک شایانی کند.

منابع

احمدی حسن (۱۳۸۵)، ژئومورفولوژی کاربردی، جلد دوم، فرسایش آبی، انتشارات دانشگاه تهران،۷۱۴ ص.

اسفندیاری درآباد فریبا؛ بهشتی جاوید ابراهیم؛ فتحی محمد حسین(۱۳۹۲)، بررسی قابلیت فرسایش خندقی با استفاده از مدل منطق فازی مطالعۀموردی: حوضۀسد گلستان-رودخانه قرناوه، مجموعه مقالات دومین کنفرانس ملی مخاطرات محیطی، دانشگاه خوارزمی، ۷و ۸ آبان ماه.

بشارتی بشیر؛ عابدینی موسی؛ اصغری صیاد (۱۳۹۷)، بررسی و تجزیه و تحلیل عوامل موثر در ایجاد و توسعه فرسایش خندقی در حوضه آبخیز شورچای در دامنه شرقی کوهستان سهند، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی ، ۳۳(۲) ، ۲۲۲-۲۰۶.10.29252/geores.33.2.206 .

چناری کاظم؛ بهره مند عبدالرضا؛ بردی شیخ واحد؛ کمکی چوقی بایرام (۱۳۹۵)، پهنه‌بندی خطر پتانسیل وقوع فرسایش خندقی با استفاده از روش‌های آماری (دمپسترشفرفر، گرسیونی، نسبت فراوانی، فاکتور خطر) در حوضه قرناوه استان گلستان، مجله اکو هئدرولوژی،۳(۲) ، ۲۳۱-۲۱۹.10.22059/ije.2016.59663 .

خزایی مجید؛ شریفی اردشیر؛ ملایی علی؛ صوفی مجید (۱۳۹۱)، بررسی عوامل موثر بر توسعه فرسایش آبکندی در حوزه آبخیز مارون، مجله پژوهش‌های خاک، ۲۶(۲)، ۱۶۳-۱۵۳.

زندمقدم محمدرضا (۱۳۸۸)، بررسی فرسایش خندقی در لس‌های شمال استان گلستان (حد فاصل آق‌بند) و راهکارهای مبارزه با آن، دانشنامه(واحد علوم و تحقیقات)، ۲(۱) ، ۸۹-۷۳.

شادفر صمد (۱۳۸۹)، کتاب مقدمه‌ای بر فرسایش خندقی، انتشارات انتخاب، ۱۴۲ ص.

شادفر صمد(۱۳۹۳)، کاربرد منطق فازی در بررسی فرسایش خندقی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی(GIS) (مطالعه موردی: حوضه طرود)، فصلنامه علمی-پژوهشی اطلاعات جغرافیایی، ۲۳(۹۲)،۴۲-۳۵.

صفاری امیر (۱۳۹۴)، پهنه‌بندی خطر فرسایش خندقی حوضه دشت کهور استان فارس با استفاده از دو روشAHP وANP، فصلنامه پژوهش‌های دانش زمین،۶(۴)، ۱۱۰-۹۴.

قهرودی منیژه (۱۳۸۲)، مدل پهنه‌بندی خطر ناشی از گسترش فرسایش آبکندی در حوضه آبکند کلوچه بیجار با استفاده از RSوGIS ، طرح تحقیقات وزارت نیرو، ۹۵ ص.

ملکی نژاد حسین؛ پورشرعیاتی ربابه (۱۳۹۱)، کاربرد و مقایسه مدل سری زمانی تجمعی و مدل شبکه عصبی مصنوعی در پیش بینی تغییرات سطح آب زیرزمینی(مطالعه موری: دشت مروست)، مجله علوم و مهندسی آبیاری(مجله علمی کشاورزی) ۳۶(۳)، ۹۲-۸۱.

مقصودی مهران؛ شادفر صمد؛ عباسی محمد (۱۳۹۱)، پهنه بندی حسّاسیّت اراضی به فرسایش خندقی در حوضه ی زوّاریان استان قم، مجله پژوهش های ژئومورفولوژی کمی،(۲)، ۵۲-۳۵.

مقیمی ابراهیم؛ سلامی نیکزاد (۱۳۹۰)، مکانیسم ژئومورفولوژیک تشکیل و توسعه خندق در دامنه شمالی خروسلو قشلاق حاج محمد واقع در اردبیل، فصلنامه جغرافیای سرزمین،۸(۲) ،۴۹-۶۱.

منهاج محمد باقر (۱۳۷۷)، مبانی شبکه های عصبی(هوش محاسباتی)، مرکز نشر پرفسور حسابی، جلد اول، ۴۹-۱۷.

موحدی نسب سمیه؛ فتح آبادی ابوالحسن؛ سیدیان سیدمرتضی؛ حشمت پور علی (۱۳۹۸)، ارزیابی روش‌های آماری و داده مکانی در پهنه‌بندی خطر فرسایش خندقی در اراضی لسی گلستان، مجله مرتع و آبخیزداری،۷۲(۱) ، ۲۶۱-۲۴۱.

یمانی مجتبی؛ زمانزاده سید محمد؛ احمدی مهدی(۱۳۹۲)، تحلیل عوامل موثر بر شکل‌گیری و توسعه فرسایش خندقی مطالعه موردی(حوضه دشت کهور در استان فارس)، مجله کاوش‌های جغرافیایی مناطق بیابانی، ۱(۱)، ۸۴-۵۳.

Agnesi, V., Angileri, S., Cappadonia, C., Conoscenti, C., Rotigliano, E. (2010). Multi-parametric GIS analysis to assess gully erosion susceptibility: a test in southern Sicily, Italy. landform Analysis, vol.17, pp 2-15.

Arabameri, A.R., Pradhan, B., TienBui, D. (2020). Spatial modelling of gully erosion in the Ardib River Watershed using three statistical-based techniques. Catena, V.190. doi.org/10.1016/j.catena.2020.104545.

Bacellar, L.A.P., NNetto, A.L.C., Lacerada, W.A. (2000). controlling factors of gullying in the Maracuja catchment, southeastern Brazil. Earth Surface Processes and Landforms, 25(11), pp 1201-1220. doi/abs/10.1002/esp.1193.

Bouchnak, H., Felfoul, M.S., Rached Boussema, M., Habib Snane, M. (2009). Slope and Rainfall Effects on The Volume of Sediment Yield by Gully Erosion in The Souar Lithologic Formation (Tunisia). Catena, V.78, PP 170–177. doi.org/10.1016/j.catena.2009.04.003.

Caniani, D., Pascale, S., Sdao, F., Sole, A. (2008). Neural networks and landslide susceptibility: a case study of the urban area of Potenza. Natural Hazards, 45, pp 55–72. doi: 10.1007/s11069-007-9169-3.

Conforti, M., Aucell, C., Robustelli, G., Scarciglia, F. (2011). Geomorphology and GIS analysis for mapping gully erosion susceptibility in the Turbolo stream catchment (Northern Calabria, Italy). Natural Hazards, Vol.58, pp 881-898. doi:10.1007/s11069-010-9598-2.

Doe, M. C., hirumalayah, C. (2000). Real time forecasting using neural networks Artificial Neural Networks in Hydrology, edited by R.S. Govindarajue and A. Ramachandra Rao, Chapter 3.

Dai, F.C., Lee, C.F., Xu, Z.W. (2001). Assessment of landslide susceptibility on the natural terrain of Lantua sland, Hong Kong. Environment Geology, 40(3), pp 381-391.

Dube, F., Nhapi, I., Murwira, A., Gumindoga, W., Goldin, J., Mashauri, D.A. (2014). Potential of weight of evidence modeling for gully erosion hazard assessment in Mbire District–Zimbabwe. Physics and Chemistry of the Earth, Vol.67, pp 145-152. doi: 10.1016/j.pce.2014.02.002.

Ehiorobo, J.O., Audu, H.A.P. (2012). Monitoring of gully erosion in an urban area using geo information technology. journal of emerging trend in engineering and applied sciences(JETEAS), 3(2), pp 270-275.

Ermini, L., Catani, F., Casagli, N. (2005). Artificial neural network to landslide susceptibility assessment, Geomorphology, 66, pp 327–343. doi.org/10.1016/j.geomorph.2004.09.025.

Gomez Gutirrez, A., Schnabel, S., Felicsimo, A.M. (2009). modeling the occurrence of gullies in rangeland of so Uthwest Spain. earth surface process and landform, 34, PP 1894.1902. doi.org/10.1002/esp.1881.

Gomez, H., Kavzoglu, T. (2005). Assessment of shallow landslide susceptibility using artificial neural networks in Jabonosa River Basin, Venezuela. Engineering Geology, 78(1– 2), PP 11–27. doi.org/10.1016/j.enggeo.2004.10.004.

Javidan, N., Kavian, A., Pourghasemi, H.R., Conoscenti, C., Jafarian, Z. (2019). Gully Erosion Susceptibility Mapping Using Multivariate Adaptive Regression Splines—Replications and Sample Size Scenarios. Water, 11(11), PP 1-22. doi.org/10.3390/w11112319.

Kirkby, M.J., Bracken, L.J. (2009). Gully process and gully dynamics. Earth Surface processes and Landforms, (341), pp 1841-1851. doi.org/10.1002/esp.1866.

Khairulmaini, O.S., Mousazadeh, F. (2011.) Gully erosion in semiarid regions. journal of Procedia Social and Behavioral Sciences, V.19, pp 655-661.

Luca, F., Conforti, M., Robustilli, G. (2011). Comparison of GIS-based gullying susceptibility mapping multivariate statistics, northern Calabria, south Italy. Geomorphology, V.134, PP 297-308. doi.org/10.1016/j.geomorph.2011.07.006.

Lee, S., Sambath, T. (2006). Landslide susceptibility mapping in the DamreiRomel area, Cambodia using frequency ratio and logistic regression models. Environmental Geology, 50 (6), PP 847–856.

Morgan, R.P.C. (2005). Soil erosion and conservation. Third edition, Lack well Publishing. 316p.

oghbonn, J.U. (2012). understanding gully erosion vulnerability in old Imo state using geographic information system and geo statistics. American journal of geographic information system, PP 66-71.

Oparaku, L. A., Iwar, R. T. (2018). Relationships between average gully depths and widths on geological sediments underlying the Idah-Ankpa Plateau of the North Central Nigeria. International Soil and Water Conservation Research, 6(1), PP 43-50. doi.org/10.1016/j.iswcr.2017.12.003.

poesen, J., Govers, G. (1990). Gully erosion in the loam belt of Belgium: typology and control measures: Soil Erosion on Agricultural Land. Proceedings of a Workshop Sponsored by the British Geomorphological Research Group, pp 513-530.

Poesen, J., Nachtergaele, J., Verstraeten, G., Valentin, C. (2003). Gully erosion and environmental change: Importance and research needs. Catena, 50(1), PP 91–133.

Saksa, M., Minar, J. (2012). Assessing the natural Hazard of Gully Erosion through a Geographic Information System (GIS): A Case Study from the Western Crpathian. Geography, 117 (2), PP 152-169. doi: 10.37040/geografie2012117020152.

Valentine, C., Poesen, J., Li, Y. (2005). Gully erosion: Impacts, factors and control. Catena, 63(31), PP 132-153.

Wang, R., Zhang, Sh., Pu, L., Yang, J., Yang, Ch., Chen, J., Guan, C., Wang, Q., Chen, D., Fu, B., Sang, X. (2016). Gully Erosion Mapping and Monitoring at Multiple Scales Based on Multi-Source Remote Sensing Data of the Sancha River Catchment, Northeast China. international journal of Geo- information, 5(11), PP 1-17. doi: 10.3390/ijgi5110200.

University of Sistan and Baluchestan
Journal of Natural Environment Hazards
Print ISSN: 2676 - 4377 Online ISSN: 2676 - 4385
Homepage: https://jneh.usb.ac.ir

References

References (in Persian)

Ahmadi, H. (2006). Applied Geomorphology, Volume II, Water Erosion, University of Tehran Press, 714 p. [In Persian]
Besharati, b., Abedini, m., Asghari, S. (2018). Analyzing and Investigating Effective Factors on Creating and Promoting Gully Erosions in Shorchay Watershed. Journal of Geographical Researches,33(2), pp 206-222. doi: 10.29252/geores.33.2.206. [In Persian]
Chenari, K.S., Bahremand, A., Berdi Sheikh, V., Komaki, C.B. (2016). Gully Erosion Hazard Zoning Using of Dempster-Shafer Model in The Gharnaveh Watershed, Golestan Province. Journal of Ecohidrology, 3(2), pp 219-231. doi: 10.22059/ije.2016.59663. [In Persian]
Esfandiari dar Abad, F., Beheshti Javid, E., Fathi, M.H. (2013). Investigation of Gully erosion using a fuzzy model (study case study: Golestan dam basin-Qarnaveh river). Second International Conference on Environmental Hazards, Kharazmi University-Tehran Oct, 29&30. [In Persian]
Ghahroudi, M. (2003). Hazard zoning model due to the spread of Gully erosion in the Bijar-Kulocheh Abcand basin using GIS&RS. Research plan of the Ministry of Energy, PP 1-95. [In Persian]
Khazahi, M., Sharifi, A., Mollahi, A., Sofi, M. (2012). Investigating the effective factors on the development of gully erosion in Maroon watershed. Journal of Soil Resharch, 26(2), pp 153-163. [In Persian]
Maghsoodi, M., Shadfar, S., Abasi, M. (2012). Gully erosion Susceptibility zoning in the Zavarian watershed, Qum province. Journal of Quantitative Geomorphological researches1(2), pp 35-52. [In Persian]
Malkinezhad, H., Porshaian, R. (2012). Application and Comparison of Integrated Time Series and Artificial Neural Network Model for Prediction of the Variations of Ground Water Level (Case study: Plain Marvast). Journal of Irrigation Sciences and Engineering (JISE), Vol.3, pp 251-262. [In Persian]
Menhaj, M.B. (1998). Fundamental of Neural Networks (Computational Intelligence), Vol.1, p17-49. [In Persian]
Moghimi, E., Salami, N. (2011). Mechanism of Geomorphologic creation and development of Gully in the Winter-Quarter of Haj Mohammad in the Northern slope of Khorslu in Ardebil. Geographical Journal of Territory, 8(2), PP 49-61. [In Persian]
Movahedi, S., Fathabadi, A.H., Seedian, S.M., Heshmatpour, A. (2019). Evolution the efficiency of Random Forest in Gully erosion susceptibility mapping, Journal of Range and Watershed Management, 72(1), PP 241-261. [In Persian]
Shadfar, S. (2012). Application of fuzzy logic operators for investigation of Gully erosion using GIS (Case study: Troud watershed basin). Journal of Geography information, 92(23), PP 35-42. [In Persian]
Shadfar, S. (2015). Application of fuzzy logic operators for investigation of Gully erosion using GIS (Case study: Troud watershed basin). Geography information Journal, 23(92), PP 35-42. [In Persian]
Saffari, A., Ahmadi, M., Rahimi, S. (2016). Gully erosion zonation by ANP and AHP models in the kahor plain basin, Fars. Researches in earth sciences, 6(24), PP. 94-110. [In Persian]
Yamani, M., zamanzadah, S.M., Ahmadi, M. (2013). Analysis of Factors Affecting the Formation and Development of Gully Erosion: A Case Study of Kahoor Plain in Fars Province. Journal of Geographical Research on Desert Areas,1(1), PP 53-83. [In Persian]
Zand moghaddam, M.R. (2009). Study of gully erosion in the northern Losses of Golestan province (Aqband) and strategies to combat it. Islamic Azad University Science and Research Branch ,2(1), PP 73-89. [In Persian]

References (in English)

Agnesi, V., Angileri, S., Cappadonia, C., Conoscenti, C., Rotigliano, E. (2010). Multi-parametric GIS analysis to assess gully erosion susceptibility: a test in southern Sicily, Italy. landform Analysis, vol.17, pp 2-15.
Arabameri, A.R., Pradhan, B., TienBui, D. (2020). Spatial modelling of gully erosion in the Ardib River Watershed using three statistical-based techniques. Catena, V.190. doi.org/10.1016/j.catena.2020.104545.
Bacellar, L.A.P., NNetto, A.L.C., Lacerada, W.A. (2000). controlling factors of gullying in the Maracuja catchment, southeastern Brazil. Earth Surface Processes and Landforms, 25(11), pp 1201-1220. doi/abs/10.1002/esp.1193.
Bouchnak, H., Felfoul, M.S., Rached Boussema, M., Habib Snane, M. (2009). Slope and Rainfall Effects on The Volume of Sediment Yield by Gully Erosion in The Souar Lithologic Formation (Tunisia). Catena, V.78, PP 170–177. doi.org/10.1016/j.catena.2009.04.003.
Caniani, D., Pascale, S., Sdao, F., Sole, A. (2008). Neural networks and landslide susceptibility: a case study of the urban area of Potenza. Natural Hazards, 45, pp 55–72. doi: 10.1007/s11069-007-9169-3.
Conforti, M., Aucell, C., Robustelli, G., Scarciglia, F. (2011). Geomorphology and GIS analysis for mapping gully erosion susceptibility in the Turbolo stream catchment (Northern Calabria, Italy). Natural Hazards, Vol.58, pp 881-898. doi:10.1007/s11069-010-9598-2.
Doe, M. C., hirumalayah, C. (2000). Real time forecasting using neural networks Artificial Neural Networks in Hydrology, edited by R.S. Govindarajue and A. Ramachandra Rao, Chapter 3.
Dai, F.C., Lee, C.F., Xu, Z.W. (2001). Assessment of landslide susceptibility on the natural terrain of Lantua sland, Hong Kong. Environment Geology, 40(3), pp 381-391.

Dube, F., Nhapi, I., Murwira, A., Gumindoga, W., Goldin, J., Mashauri, D.A. (2014). Potential of weight of evidence modeling for gully erosion hazard assessment in Mbire District–Zimbabwe. Physics and Chemistry of the Earth, Vol.67, pp 145-152. doi: 10.1016/j.pce.2014.02.002.

Ehiorobo, J.O., Audu, H.A.P. (2012). Monitoring of gully erosion in an urban area using geo information technology. journal of emerging trend in engineering and applied sciences(JETEAS), 3(2), pp 270-275.

Ermini, L., Catani, F., Casagli, N. (2005). Artificial neural network to landslide susceptibility assessment, Geomorphology, 66, pp 327–343. doi.org/10.1016/j.geomorph.2004.09.025.

Gomez Gutirrez, A., Schnabel, S., Felicsimo, A.M. (2009). modeling the occurrence of gullies in rangeland of so Uthwest Spain. earth surface process and landform, 34, PP 1894.1902. doi.org/10.1002/esp.1881.

Gomez, H., Kavzoglu, T. (2005). Assessment of shallow landslide susceptibility using artificial neural networks in Jabonosa River Basin, Venezuela. Engineering Geology, 78(1– 2), PP 11–27. doi.org/10.1016/j.enggeo.2004.10.004.

Javidan, N., Kavian, A., Pourghasemi, H.R., Conoscenti, C., Jafarian, Z. (2019). Gully Erosion Susceptibility Mapping Using Multivariate Adaptive Regression Splines—Replications and Sample Size Scenarios. Water, 11(11), PP 1-22. doi.org/10.3390/w11112319.

Kirkby, M.J., Bracken, L.J. (2009). Gully process and gully dynamics. Earth Surface processes and Landforms, (341), pp 1841-1851. doi.org/10.1002/esp.1866.

Khairulmaini, O.S., Mousazadeh, F. (2011.) Gully erosion in semiarid regions. journal of Procedia - Social and Behavioral Sciences, V.19, pp 655-661.

Luca, F., Conforti, M., Robustilli, G. (2011). Comparison of GIS-based gullying susceptibility mapping multivariate statistics, northern Calabria, south Italy. Geomorphology, V.134, PP 297-308. doi.org/10.1016/j.geomorph.2011.07.006.

Lee, S., Sambath, T. (2006). Landslide susceptibility mapping in the DamreiRomel area, Cambodia using frequency ratio and logistic regression models. Environmental Geology, 50 (6), PP 847–856.

Morgan, R.P.C. (2005). Soil erosion and conservation. Third edition, Lack well Publishing. 316p.

oghbonn, J.U. (2012). understanding gully erosion vulnerability in old Imo state using geographic information system and geo statistics. American journal of geographic information system, PP 66-71.

Oparaku, L. A., Iwar, R. T. (2018). Relationships between average gully depths and widths on geological sediments underlying the Idah-Ankpa Plateau of the North Central Nigeria. International Soil and Water Conservation Research, 6(1), PP 43-50. doi.org/10.1016/j.iswcr.2017.12.003.

poesen, J., Govers, G. (1990). Gully erosion in the loam belt of Belgium: typology and control measures: Soil Erosion on Agricultural Land. Proceedings of a Workshop Sponsored by the British Geomorphological Research Group, pp 513-530.

Poesen, J., Nachtergaele, J., Verstraeten, G., Valentin, C. (2003). Gully erosion and environmental change: Importance and research needs. Catena, 50(1), PP 91–133.

Saksa, M., Minar, J. (2012). Assessing the natural Hazard of Gully Erosion through a Geographic Information System (GIS): A Case Study from the Western Crpathian. Geography, 117 (2), PP 152-169. doi: 10.37040/geografie2012117020152.

Valentine, C., Poesen, J., Li, Y. (2005). Gully erosion: Impacts, factors and control. Catena, 63(31), PP 132-153.

Wang, R., Zhang, Sh., Pu, L., Yang, J., Yang, Ch., Chen, J., Guan, C., Wang, Q., Chen, D., Fu, B., Sang, X. (2016). Gully Erosion Mapping and Monitoring at Multiple Scales Based on Multi-Source Remote Sensing Data of the Sancha River Catchment, Northeast China. international journal of Geo- information, 5(11), PP 1-17. doi: 10.3390/ijgi5110200.