

Lotting out the minefields by means of Remote sensing sources and GIS techniques (case study: The common border region of Iraq with the cities of (Dehloran, Shush and Dasht-e-Azadegan)

Vahid Rahmatinia¹ | Ehsan Moradi Motlagh^{2✉} | Mohammed Jafari³ |
Mohammed Reza Mehrabi⁴

1. MSc of Remote sensing and GIS from University of Tabriz Iran.

E-mail: rahmatinia.vahids94@gmail.com

2. PhD student of Remote Sensing and GIS from Shahid Beheshti university. Tehran, Iran

E-mail: e_moradimotlagh@sbu.ac.ir

3. PhD student of Technology in area of study (Research and Development) from Malek Ashtar university, Tehran, Iran.

E-mail: abcdef@ut.ac.ir

4. MSc of Passive Defense from Malek-e-Ashtar University, Tehran, Iran

E-mail: mrm82378237@gmail.com

Article Info

ABSTRACT

Article type:

Research article

Article history:

Received

19 May 2023

Received in revised

form

26 July 2023

Accepted

05 September 2023

Available online

11 Desember 2023

Keywords:

Lotting, Minefield,

Remote Sensing, GIS

Objective :The purpose of this article is lotting the mine hazardous and determining the dangerous zone next to the minefields by means of Remote Sensing and GIS techniques.

Method: In this article four factors are considered such as; Altitude, gradient, The distance from waterway network and soil erosion factor (the result of RUSLE-mode) 7 location map for lotting mine hazardous for under study zone was created by means of fuzzy overlap of gamma operators type 0, 0.25, 0.5, 0.625, 0.75 and 0.875.

Findings: The results of the research showed a high correlation between the location map of lotting mine hazardous with different gamma powers (except gamma 1) and height and soil erosion factors in sequence.

In the location map resulting from the fuzzy overlap with gamma 1, this high correlation relationship was created with erosion and gradient factors in sequence. When the gamma power is equal to 1, most of the areas are introduced as high-risk class, which means that it has been negligent in introducing the lots as high-risk zones. On the contrary, as the value of gamma power decreases, the area of the high-risk class decreases and the area of the high-risk, medium-risk, low-risk, and very low-risk classes increases in sequence. and in fact in introducing the zones as high risk lots is act strictly.

Conclusion: In all the location maps created, low altitude areas and waterways are placed in high-risk and very high-risk classes, which shows that these areas should be prioritized for demining.

Cite this article: Rahmatinia., V., Moradi, E., Jafari, M., & Mehrabi, M. R. (2023). Lotting out the minefields by means of Remote sensing sources and GIS techniques (case study: The common border region of Iraq with the cities of (Dehloran, Shush and Dasht-e-Azadegan). *Military Science and Tactics*, 19(65),113-142.



© The Author(s)

Publisher: AJA Command and Staff University

DOI: 10.22034/qjmst.2024.560739.1762

**پهنه‌بندی مناطق آلوده به مین با استفاده از منابع سنجش‌ازدور و فنون GIS (مطالعه موردی: ناحیه****مشترک مرزی کشور عراق با شهرستان‌های دهلران، شوش و دشت آزادگان)**وحید رحمتی نیا^۱ | احسان مرادی مطلق^۲ | محمد جعفری^۳ | محمدرضا مهربانی^۴۱. کارشناس ارشد سنجش‌ازدور و GIS دانشگاه تبریز، ایران. رایانامه: rahmatinia.vahids94@gmail.com

۲. دانشجوی دکتری سنجش‌ازدور و GIS، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

رایانامه: e_moradimotlagh@sbu.ac.ir

۳. دانشجوی دکتری تکنولوژی گرایش تحقیق و توسعه دانشگاه مالک اشتر، تهران، ایران.

رایانامه: mohammadjafari313@gmail.com

۴. کارشناس ارشد پدافند غیرعامل دانشگاه مالک اشتر، تهران، ایران.

رایانامه: mrm82378237@gmail.com**اطلاعات مقاله چکیده**

نوع مقاله:	هدف: از این پژوهش، پهنه‌بندی خطر مین و مشخص نمودن مناطق خطرناک مجاور میدان‌های مین با استفاده از منابع سنجش‌ازدور و فنون GIS است.
مقاله پژوهشی	روش: در پژوهش حاضر چهار عامل ارتفاع، شیب، فاصله از شبکه آبراهه و عامل فرسایش خاک (حاصل از مدل RUSLE) در نظر گرفته شد. ۷ نقشه مکان‌یابی پهنه‌بندی خطر مین برای منطقه مورد مطالعه با استفاده از همپوشانی فازی از نوع عملگرهای گامای ۰، ۰.۲۵، ۰.۵، ۰.۶۲۵، ۰.۷۵، ۰.۸۷۵ و ۱ در محیط GIS ایجاد شد.
تاریخ دریافت:	یافته‌ها: نتایج پژوهش رابطه همبستگی بالایی بین نقشه مکان‌یابی پهنه‌بندی خطر مین با توان‌های گامای مختلف (به‌جز گامای ۱) به ترتیب با عوامل ارتفاع و فرسایش خاک نشان داد. در نقشه مکان‌یابی حاصل از همپوشانی فازی با گامای ۱، این رابطه همبستگی بالا، به ترتیب با عوامل فرسایش و شیب ایجاد شد. هنگامی که توان گاما برابر با ۱ می‌شود، بیشتر نواحی به‌عنوان کلاس پرخطر معرفی شده، بدین معنی است که در معرفی مناطق به‌عنوان پهنه‌های پرخطر، سهل‌انگاران عمل شده است. برعکس هر چه مقدار توان گاما کمتر می‌شود، از مساحت کلاس خیلی پرخطر کاسته شده و به ترتیب مساحت کلاس‌های پرخطر، با خطر متوسط، کم‌خطر و خیلی کم‌خطر افزایش می‌یابد و در حقیقت در معرفی مناطق به‌عنوان پهنه‌های پرخطر، سخت‌گیرانه عمل شده است.
تاریخ بازنگری:	نتیجه‌گیری: در تمامی نقشه‌های مکان‌یابی ایجادشده، مناطق کم ارتفاع و شبکه آبراهه‌ها در کلاس‌های پرخطر و خیلی پرخطر قرار می‌گیرند که نشان می‌دهد این مناطق باید در اولویت پاک‌سازی مین قرار بگیرند.
تاریخ پذیرش:	پهنه‌بندی، مناطق آلوده، مین، سنجش‌ازدور، GIS
تاریخ انتشار:	
کلیدواژه‌ها:	

استناد: رحمتی نیا، وحید، مرادی مطلق، احسان، جعفری، محمد و مهربانی، محمد رضا. (۱۴۰۲). پهنه‌بندی مناطق آلوده به مین با

استفاده از منابع سنجش‌ازدور و فنون GIS مطالعه موردی: ناحیه مشترک مرزی کشور عراق با شهرستان‌های دهلران، شوش و

دشت آزادگان. علوم و فنون نظامی، ۱۹ (۶۵): ۱۴۲-۱۱۳.

doi: 10.22034/qjmst.2024.560739.1762

ناشر: دانشگاه فرماندهی و ستاد ارتش جمهوری اسلامی ایران

© نویسندگان



مقدمه

طبق برآوردهای سازمان‌های بین‌المللی مرتبط با عملیات مین حدود ۱۰۰ میلیون مین زمینی وجود دارد که در اقصی نقاط دنیا با مساحتی حدود ۳۰۰۰ کیلومترمربع را آلوده نموده‌اند. برابر گزارش‌های نهادهای مرتبط بیش از ۷۳۰۰۰ کشته و مجروح در ۱۱۹ کشور دنیا وجود دارد (Gooneratne, 2014: 401). در کشور ایران نیز در حین جنگ تحمیلی تعداد زیادی مین اعم از مین ضدنفر، ضد خودرو و ضدتانک استفاده شده است که عموماً در استان‌های غربی مرزی شامل استان‌های آذربایجان غربی، کردستان، کرمانشاه، ایلام و خوزستان وجود دارند. مین‌ها عمدتاً با ابعاد مختلف، جنس بدنه متفاوت و ماده منفجره متفاوت ساخته می‌شوند که دارای عمر نامعینی هستند و باعث صدمات ناگوار، کشته شدن نفرات و زیان‌های اقتصادی جبران‌ناپذیر به یک کشور می‌شوند. کشور ایران نیز متأثر از مین به‌خصوص در استان‌های غربی مرزی آسیب‌های زیادی را متحمل شده است. بعد از پایان جنگ نهضت پاک‌سازی مناطق آلوده آغاز گردید که با زحمات فراوان یگان‌های پاک‌سازی کننده تا حدود زیادی امر پاک‌سازی محقق گردید لیکن با توجه به موقعیت ژئوپلیتیکی مناطق غربی از حیث مسائل امنیتی و اقتصادی از قبیل وجود ذخایر نفتی و گازی حساسیت امر پاک‌سازی و عادی بودن زمین‌های این مناطق بیش از سایر جنبه‌ها تأثیرگذار است.

مین به‌عنوان سلاحی انفجاری برای حفاظت از مناطق ویژه مثل مرزها و یا محدود کردن دشمن (در مناطق جنگی) و در دو نوع کلی زمینی و دریایی، از جمله قدیمی‌ترین حربه‌های نظامی به شماره می‌رود که هنوز جایگاه خود را در ارتش‌های جهان از دست نداده، بلکه به طراحی‌های جدید نیز تن داده است. سابقه استفاده بشر از نخستین شکل‌های این سلاح به رم باستان بازمی‌گردد، زمانی که سربازان رومی بر سر راه دشمنان حفره‌های کوچکی به‌اندازه یک کف پا کنده و در آن میخ‌های تیز پر می‌کردند و سپس روی حفره‌ها را می‌پوشاندند. اروپائی‌ها نیز در قرون وسطی گودال‌های کوچکی کنده و داخل آن‌ها میخ‌های چهارشاخ به نام "کالتروپ"^۱ می‌ریختند تا حرکت صفوف دشمن را مختل کنند (Bello, 2013: 27).

یگان مهندسی رزمی ارتش و سپاه در حین عملیات موفقیت‌آمیز ثامن‌الائمه (شکست حصر آبادان) و پس‌از آن عملیات پاک‌سازی را آغاز نمودند. پس از قبول قطعنامه ۵۹۸ عملیات پاک‌سازی با سرعت بیشتری ادامه یافت و ابتدا مناطقی مانند پالایشگاه‌های مناطق آزادشده در دشت آزادگان، شهرهای آبادان، خرمشهر، موسیان، دهلران، مهران صالح‌آباد، سومار، نفت شهر و

¹ Caltrop

قصر شیرین پاک‌سازی و امکان استقرار مردم و ادامه زندگی روزانه برای آنان و اجرای طرح‌های عمرانی فراهم گردیده است (جعفری، ۱۳۹۹: ۱۱۴).

با توجه به اینکه نحوه کاشت مین و شرایط ژئومورفولوژی و اقلیمی همگی در ثبات یک مین می‌تواند تأثیرگذار باشد عامل گذشت زمان نیز موقعیت میدان‌های مین را بیش از گذشته چالش‌برانگیز نموده است به‌نحوی که باگذشت نزدیک به ۴۰ سال از شروع جنگ در برخی از نواحی آلوده شاهد جابه‌جایی مین هستیم که امر پاک‌سازی را با مشکل مواجه می‌کند. با توجه به وسعت مناطق آلوده و عوامل اثرگذار در این جابه‌جایی‌ها می‌توان در زمان، هزینه و اثرات ناشی از برخورد مین‌ها تا حدود زیادی کاست.

پژوهش حاضر با در نظر گرفتن عوامل ژئومورفولوژی مؤثر در امر مناطق آلوده به مین و با در نظر گرفتن تجربه زیستی محقق در امر پاک‌سازی مناطق آلوده و با بهره‌گیری از سامانه اطلاعات جغرافیایی درصدد آن است که میزان آلودگی ناشی از عوامل زمین‌شناسی را در یکی از مناطق آلوده بررسی نماید و از طریق بررسی نقشه‌ها و اطلاعات زمین‌شناسی وسعت مناطق آلوده را در سایر مناطق با رویکرد آینده‌پژوهانه شناسایی نماید.

بی‌تردید دستیابی به یک الگوی مشخص از مناطق آلوده با در نظر گرفتن شرایط مختلف زمین‌شناسی ضمن افزایش سرعت در امر پاک‌سازی مناطق آلوده سبب کاهش صدمات نیروهای درگیر در امر پاک‌سازی و افزایش بهره‌وری آن‌ها خواهد شد ضمن آنکه مزایای کاهش هزینه پاک‌سازی، استهلاک کمتر تجهیزات درگیر در امر پاک‌سازی نیز از دیگر مزایای دستیابی به الگوی مشخص پاک‌سازی است. یکی از اهداف عمده پژوهش حاضر ارائه الگوی مناسب جهت کاهش حجم مناطق آلوده و شناسایی دقیق این مناطق است. ضمن آنکه در حوزه ارائه آموزش‌های خطرات مین به افراد بومی منطقه نیز دستاوردهای مناسبی کسب خواهد شد.

پس از اجرای آتش‌بس در راستای قطعنامه ۵۹۸ و ضرورت پاک‌سازی مناطق آلوده، نزاجا با تشکیل کمیته‌های پاک‌سازی در قرارگاه‌های عملیاتی مناطق مین‌گذاری شده و آلوده رابین قرارگاه‌ها تقسیم و گردان‌های مهندس رزمی و گروهان‌های مستقل با رعایت اولویت و درخواست استانداری‌ها مشغول پاک‌سازی گردیدند. امروزه با توجه به تحریم‌های اقتصادی علیه میهن اسلامی و عدم وجود تجهیزات پیشرفته مین‌یابی و پاک‌سازی و با کوله باری از تجربه ارزنده حاصل از ۸ سال دفاع مقدس گردان‌های مهندس لشگرها و گروهان‌های مستقل تیپ‌های عملیاتی نزاجا به امر پاک‌سازی مشغول بوده و در این مأموریت جدید با تلاش شبانه‌روزی و طاقت‌فرسا بخش قابل‌توجهی از مناطق آلوده استان‌های مرزی (حدود ۷۴۰/۰۰۰

هکتار) را از وجود مین و مواد منفجره و گلوله‌های عمل‌نکرده و اشیاء مشکوک پاک‌سازی نموده و تحویل هم‌میهنان ساکن در این استان‌ها نموده است و این مأموریت کماکان ادامه دارد. از تاریخ ۶۷/۴/۳۱ تا ۸۱/۸/۳۰ توسط یگان‌های مهندس که مسئولیت پاک‌سازی در غرب و جنوب کشور را به عهده داشته‌اند تعداد ۱۵۶ نفر شهید و ۵۸۲ نفر جانباز تقدیم کشور اسلامی‌مان گردیده است؛ که وسعت اراضی پاک‌سازی‌شده به ازای هر یک نفر تلفات ۱۰۵۱ هکتار است (طهماسبی و جعفری، ۱۳۹۸: ۵).

مبانی نظری و پیشینه‌های پژوهش

مبانی نظری پژوهش

در ساده‌ترین شکل، مین‌های زمینی تله‌های انفجاری هستند که توسط قربانیان فعال می‌شوند، چه هدف موردنظر انسان باشد چه وسیله نقلیه. یک مین حاوی مقداری ماده منفجره است که معمولاً در محفظه‌ای (عمدتاً فلزی، پلاستیکی یا چوبی) قرار گرفته و دارای یک مکانیسم ماسوره‌ای برای منفجر کردن خرج انفجاری اصلی است. بعضی در زیر زمین دفن شده و برخی با نصب روی پایه‌های مخصوص یا اشیاء ثابت روی زمین قرار داده می‌شوند. مین‌ها به واسطه طیف وسیعی از مکانیسم‌ها شامل: فشار، کشش و قطع کشش (سیم تله)، فرمان الکتریکی یا نفوذ مغناطیسی فعال می‌شوند. بعضی مین‌های مدرن را می‌توان با استفاده از اشکال حسگر الکترونیکی دیگر فعال کرد (IMAS, 2014: 16).

پاک‌سازی شامل شناسایی، کشف و بی‌اثر کردن مین‌ها با استفاده از تجهیزات پاک‌سازی نظیر سیخک کشف مین است. هدف پاک‌سازی ایجاد یک منطقه‌ی امن با مکان‌یابی و سپس تخریب همه‌ی مین‌ها و سایر مواد منفجره‌ی خطرناک در یک منطقه‌ی مشخص با عمق معین است (IMAS, 2014: 78).

تعریف سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) شامل علوم انسانی و مطالعات فرعی
تعریف سیستم اطلاعات جغرافیایی، سامانه‌ای برای جمع‌آوری، ذخیره‌سازی، کنترل، ادغام، پردازش، تحلیل و نمایش داده‌های است که مرجع آن‌ها زمین است (بولستاد، ۱۳۹۲: ۱۲). در تعریفی دیگر سامانه اطلاعات جغرافیایی مجموعه‌ای از سخت‌افزارها، نرم‌افزارها و روندهای طراحی‌شده برای اخذ، مدیریت، تغییر و تحول، تجزیه و تحلیل، مدل‌سازی و درنهایت نمایش داده‌های مکان مرجع برای حل مسائل پیچیده برنامه‌ریزی و مدیریت است. این سامانه‌ها امکان بهره‌برداری مناسب از کلیه اطلاعات جغرافیایی و انجام تحلیل‌های گوناگون را بر روی این اطلاعات فراهم

¹ Geographic Information System

می‌سازند. با نمایشی مناسب از نتایج به‌دست‌آمده، امکان بررسی و تصمیم‌گیری مناسب برای کاربر وجود خواهد داشت (همت و همکاران، ۱۳۹۸: ۱۴۳). مهم‌ترین ویژگی سامانه اطلاعات جغرافیایی، امکان شناسایی روابط میان عوارض مختلف روی نقشه می‌باشد. این سیستم، ابزاری است که برای اهدافی خاص، اطلاعات را ذخیره می‌سازد. سیستم اطلاعات جغرافیایی، اطلاعات مکانی فضایی را با اطلاعات جغرافیایی یک پدیده خاص روی نقشه ارتباط می‌دهد (کیخایی و همکاران، ۱۴۰۰: ۶۹).

سنجش از راه دور^۱

علم و هنر کسب اطلاعات از پدیده‌ها یا اجسام روی سطح زمین بدون تماس فیزیکی با آن‌ها را سنجش‌ازدور گویند. بایانی ساده‌تر، سنجش‌ازدور را می‌توان فن‌آوری کسب اطلاعات و تصویربرداری از زمین با استفاده از تجهیزات هوانوردی مثل هواپیما، بالن و یا تجهیزات فضایی مانند ماهواره نامید (عظیمی و همکاران، ۱۳۸۹: ۲۴).

دورسنجی امروزه نقش مهمی را در شناسایی اهداف سطح زمین بدون نیاز به تماس مستقیم و روش‌های اکتشافی صحرائی ایفا می‌کند. توسعه روش‌های پردازش این داده‌ها درزمینه‌های مختلف آماده‌سازی داده‌ها و استخراج اطلاعات گوناگون مانند خصوصیات طیفی اجزاء سازنده تصویر و فراوانی آن‌ها در پیکسل‌های متشکله تصویر، تمهیدات لازم برای کاربرد این روش‌ها را بیش‌ازپیش مهیا کرده است. از طرف دیگر بهره‌گیری مناسب از این روش‌های آنالیز همانند هر فناوری جدیدی نیاز به بومی‌سازی آن دارد امید آن است در کشور عزیزمان نیز به لطف پژوهشگران گران‌قدر در این زمینه پیشرفت‌های بسیاری در آینده‌ای نه‌چندان دور رخ خواهد داد (Oskooee, 2015: 22).
پژوهش‌های علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

^۱ Remote sensing

پیشینه‌های پژوهش

جدول (1) پیشینه تحقیقات انجام‌شده

نویسنده	اهداف	روش پژوهش	نتایج
ویلیامز و دان ¹ (۲۰۰۳)	بررسی پتانسیل استفاده از رویکردهای مشارکتی GIS برای جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل اطلاعات جغرافیایی در مورد تعاملات انسان و محیط در شرایط پس از جنگ	برای پاک‌سازی مین‌های زمینی در کنار هم قرار دادن داده‌های «رسمی» و مکان‌یابی شده با دانش جغرافیایی بومی در این مطالعه، به دنبال امتیاز دادن به درک معنادار جغرافیایی نسبت به مفاهیم مرسوم «دقت» فضایی بوده است.	با انجام این کار، ارزیابی مشارکتی تأثیر مین (PMIA) را برای بررسی فعالیت‌های فضایی در میان جمعیت‌های محلی در جوامع آلوده به مین و کمک به شناسایی استراتژی‌های بهبودیافته برای بازگشت پناهجویان در برقراری مجدد زندگی انجام شده است.
عبدالقادر و یعقوب ² (۲۰۰۵)	هدف این مطالعه ارزیابی منابع طبیعی مناطق آسیب‌دیده از مین‌های زمینی در استان ماتروح با ادغام سنجش‌ازدور (RS)، سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)	روش‌شناسی مدل‌سازی و توسعه یک مازول منبع جغرافیایی مرجع درزمینه یک سیستم مدیریت اطلاعات ملی برای مین‌گذاری. (IM SMA).	این مطالعه نشان داد که طبقات تناسب اراضی منطقه ساحلی شمال غربی برای کشاورزی دیم عبارت‌اند از: درختان (۱۹۱۵۰۰ هکتار، ۹۵٪)، محصولات زراعی (۴۵۹۰۰۰ هکتار، ۲۲۹٪) و اراضی مرتعی (۱۰۸۰۰۰ هکتار، ۵۳۷٪). بیش از ۳۳ درصد (۱۰۰۰۰ هکتار) از منطقه آسیب‌دیده مین در العلمیان برای درختان انجیر مناسب بوده که بیش از ۳۰ درصد (۹۹۰۰ هکتار) برای همه محصولات مناسب بوده است. در مجموع، بیش از ۶۰٪ (۲۰۰۰۰ هکتار) از منطقه آسیب‌دیده مین برای زمین‌های مرتعی مناسب بوده است که بیش از ۱۸٪ (۶۵۰۰ هکتار) برای همه محصولات مناسب بوده است.
ونکوف ³ (۲۰۰۸)	هدف این مطالعه روشن کردن خواننده در دو زمینه اصلی است. اولین مورد مربوط به اقدامات مین و درک ما از آن است، از آنجا که قاره آفریقا بیشترین تأثیرپذیری را از مین داشته: شرح و بحث جامعی از وضعیت ژئوپلیتیکی عملیات مین در	هزینه‌های جانی و مالی مرتبط با انفجار مین‌های زمینی بسیار مهم است و جامعه جهانی از طریق دپارتمان حافظ صلح سازمان ملل متحد و آژانس وابسته به آن UNMAS (سرویس مین‌گذاری سازمان ملل) به آن پرداخته می‌شود. از نظر هزینه جان انسان، آمار کنونی این است که در هر	ارائه اطلاعات پس‌زمینه علمی (به‌عنوان مثال: بر اساس انتشارات بررسی‌شده) است که آزمایش را توجیه و پشتیبانی می‌کند.

¹ Williams & Dunn² Abdel-Kader & Yacoub³ Wenkoff

نویسنده	اهداف	روش پژوهش	نتایج
	<p>آفریقایی جنوبی و ارتباط آن با توسعه ارائه خواهد شد. دومین حوزه موضوعی که مورد بررسی قرار خواهد گرفت، مدل سازی GIS برای پیش بینی در مورد عملیات مین گذاری اعمال شده است.</p>	<p>۲۸ ثانیه یک نفر بر روی مین زمینی قدم می گذارد که منجر به ۶۵۰۰ تا ۲۰۰۰۰ تلفات جدید در سال می شود. این رویدادهای غم انگیز حداقل در ۸۴ ایالت اتفاق می افتد و هر منطقه جهان تحت تأثیر قرار می گیرد.</p>	
<p>کریگ شولتز^۱ و همکاران (۲۰۱۶)</p>	<p>هدف از این پژوهش استفاده از فنون رگرسیون فضایی برای ساخت یک مدل زمین آماری پیش بینی کننده برای نقشه برداری خطر مین در یک منطقه کوچک ۱۶۰ کیلومترمربعی در بوسنی و هرزگوین (BiH) و یک منطقه بزرگ ۴۵۰۰ کیلومترمربعی در کلمبیا بوده است.</p>	<p>در این مطالعه با استفاده از فنون رگرسیون فضایی برای ساخت یک مدل زمین آماری پیش بینی کننده برای نقشه برداری خطر مین در یک منطقه کوچک اقدام شده است</p>	<p>نتایج نشان داد که در منطقه مورد مطالعه BiH، تأثیر پارامترهای محلی که بر توزیع خطر مین های زمینی تأثیر می گذارند به طور قابل توجهی در منطقه مورد مطالعه متفاوت بوده. برعکس، در مطالعه موردی کلمبیا، تأثیر متغیرهای توضیحی در منطقه مورد مطالعه همگن تر بوده است. نقشه های ریسک به پنج کلاس، یعنی ریسک بسیار کم، کم، متوسط، زیاد و بسیار زیاد طبقه بندی شده اند. نقشه های خطر مین های زمینی ایجاد شده با استفاده از این روش های نوآورانه، ارزیابی ریسک و اولویت بندی فرآیند رهاسازی زمین در مناطق آلوده به مین را در مقایسه با رویکردهای موجود بهبود بخشیده است.</p>
<p>تبرکی و همکاران (۲۰۲۱)</p>	<p>توسعه یک تکنیک خودکار و کارآمد برای کشف و مکان یابی مین ها به منظور پاک سازی میدان های مین موجود</p>	<p>در این مقاله، یک طبقه بندی افزایشی جدید را برای غلبه بر مشکلات مرتبط با تکنیک های دسته ای، همراه با مسائل مربوط به انتشار داده ها که ماشین های بردار پشتیبانی کرنل (KSVM) با آن مواجه می شوند، پیشنهاد شده. اساساً، یک مدل مبتنی بر Kernel SVM ارائه شده که به صورت تدریجی، به عنوان داده های جدید در دسترس در</p>	<p>نتایج تجربی به وضوح نشان داد که روش پیشنهادی با ارائه طبقه بندی در خصوص کلاس بندی تشخیص مین، قابل رقابت است.</p>

¹ CraigSchultz

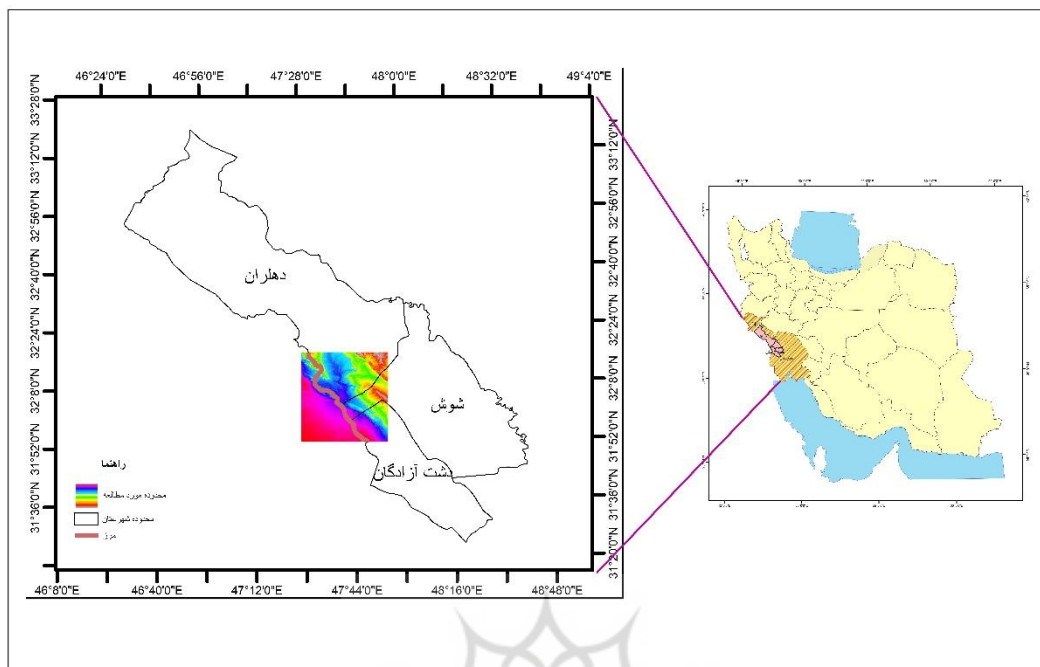
نویسنده	اهداف	روش پژوهش	نتایج
		طول زمان، یاد می‌گیرد تا بتواند داده‌های پویا و بزرگ را به‌طور مؤثر مدیریت کند و زمان محاسباتی را کاهش دهد.	
القدسی ^۱ و همکاران (۲۰۲۱)	هدف این مقاله ارائه مروری مختصر از پیشرفته‌ترین مطالعات جهت تشخیص مین‌های زمینی از طریق سامانه‌های هوا پایه برای محققان به‌منظور بررسی بیشتر است.	توسعه سریع وسایل نقلیه هوایی بدون سرنشین (UAV) منجر به گسترش کاربرد چنین فناوری‌هایی در زمینه‌های مختلف می‌شود. کشف و نقشه‌برداری از مین‌های زمینی یک فرایند چالش‌برانگیز و بحرانی است. ارائه فناوری‌های کارآمد ردیابی هوایرد مانند استفاده از پهپاد جان‌هزاران غیرنظامی و حتی کارگران درگیر در چنین مأموریت‌های خطرناکی را نجات خواهد داد.	جهت امیدوارکننده‌ای را برای تحقیقات آینده به سمت یک سیستم شناسایی مین‌های زمینی قابل اعتماد، کارآمد و یکپارچه مبتنی بر پهپاد پیشنهاد شده است.
شرلمر ^۲ و همکاران (۲۰۲۲)	این مقاله به جبران خطاهای تصویربرداری در زمینه تشخیص مین‌های زمینی با دستگاه‌های دستی، ناشی از رفتار انتشار متفاوت امواج الکترومغناطیسی در محیط اطراف می‌پردازد	برای این منظور، یک مدل تحلیلی معرفی می‌شود که توصیفی از رفتار شکست برای سطوح مسطح ارائه می‌کند و بنابراین، امکان تعیین مسافت طی شده موج را فراهم می‌کند. علاوه بر این، چگونه می‌توان از این راه‌حل در زمینه تصویربرداری SAR برای کاربردهای رادار نفوذ به زمین در مورد سطوح غیر سطحی استفاده کرد.	نتایج بر روی مجموعه‌ای از داده‌های مناسب برای آموزش یک شبکه عصبی عمیق، آزمایش شد. این مجموعه داده‌ها با یک شبیه‌ساز عددی ایجاد شدند که سیگنال دریافتی را برای یک صحنه زمینی معین با استفاده از تفاوت‌های محدود محاسبه نموده است.

معرفی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در پژوهش حاضر در محدوده دو استان خوزستان و ایلام (شهرستان‌های شوش، دشت آزادگان و دهلران) و هم‌مرز با کشور عراق (۶۳ کیلومتر مرز مشترک) بین ۴۷ درجه و ۲۷ دقیقه تا ۴۷ درجه ۵۵ دقیقه طول شرقی و ۳۱ درجه و ۵۲ دقیقه تا ۳۲ درجه ۱۷ دقیقه عرض شمالی واقع گردیده است. وسعت منطقه مورد مطالعه ۱۹۹۹۹۶۰/۳ کیلومترمربع است (شکل ۱).

¹ Alqudsi

² Schorlemer



شکل (۱) منطقه مورد مطالعه

روش‌شناسی پژوهش

انجام پهنه‌بندی و تهیه‌ی نقشه‌های خطر میدان‌های مین در فلوجارت شکل (۲) آمده است. برای پهنه‌بندی خطر مین، چهار عامل در نظر گرفته شده است که عبارت‌اند از ارتفاع، شیب، فاصله از شبکه آبراهه و عامل فرسایش خاک حاصل از مدل RUSLE که در ادامه روش محاسبه هر کدام آورده می‌شود. بخش عمده این پژوهش مربوط به محاسبه فرسایش خاک توسط مدل RUSLE است که در آن عامل‌های فرساینده باران (R)، فرسایش‌پذیری خاک (K)، پوشش گیاهی (C)، حفاظت خاک (P) و عامل توپوگرافی (LS) شرکت دارند. برای تهیه عامل R و عامل K از داده‌های GloREDa، استفاده می‌شود. برای تهیه عامل‌های C و P، تصویر ماهواره سنتینل-۲ (۶ مارس ۲۰۲۲)، به دلیل قدرت تفکیک مکانی مناسب (۱۰ متر) بکار می‌رود که در جدول (۲) مشخصات تصویر ماهواره‌های سنتینل-۲ بیان شده است. در ابتدا مراحل پیش‌پردازش باندهای ۱۰ متری (باندهای ۸، ۴، ۳ و ۲) توسط افزونه Cen2Cor در محیط نرم‌افزار SNAP6 انجام و تصویر NDVI و به دنبال آن عامل C تهیه می‌گردد. در محیط نرم‌افزار ENVI 5.3 و با استفاده از الگوریتم ماشین بردار پشتیبان (SVM¹)، طبقه‌بندی تصویر

¹ Support Vector Machine

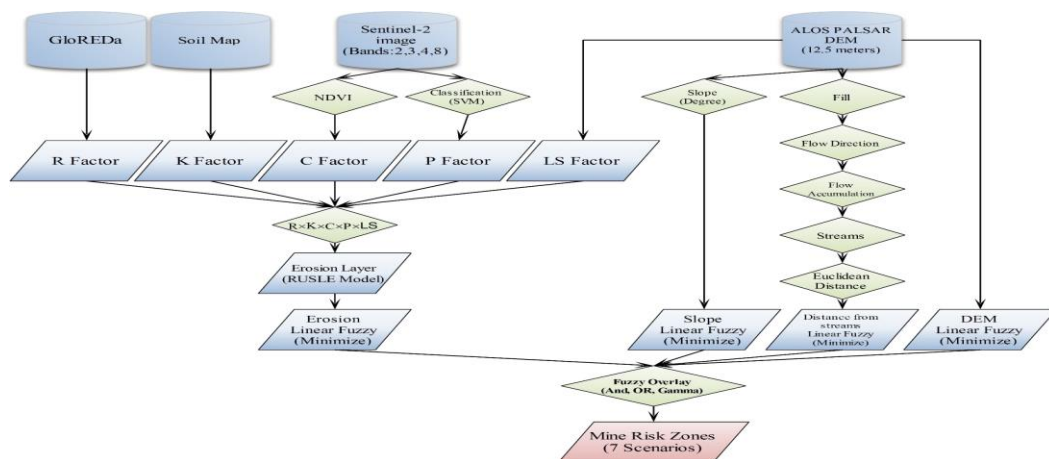
انجام و به دنبال آن نیز عامل P تهیه می‌شود. این روش یک طبقه‌بندی خوب از داده‌های پیچیده و زیاد ارائه می‌دهد و از نظریه یادگیری آماری استخراج شده است. این نوع طبقه‌بندی در اصل یک طبقه‌بندی کننده باینری^۱ (دوتایی) خطی است که برچسب‌های +۱ و -۱ را برچسب‌گذاری می‌کند. هسته عملیاتی SVM از یک ابر صفحه جداکننده بر اساس ویژگی‌های نمونه‌های آموزشی، به‌طور خاص در فضای عارضه ساخته شده است (TSO et al, 2009: 376). دلیل استفاده از روش طبقه‌بندی الگوریتم ماشین بردار پشتیبان (SVM) نتایج مطلوب و دقت بالای نتایج طبقه‌بندی این روش نسبت به سایر روش‌های طبقه‌بندی است (قدسی و همکاران (۲۰۲۱)، رضایی مقدم و همکاران (۲۰۱۶)).

برای تهیه عامل LS، مدل رقومی ارتفاع حاصل از ماهواره ALOS PALSAR بکار می‌رود. از این DEM برای ایجاد لایه‌های شیب (درجه) و شبکه آبراهه‌ها نیز استفاده خواهد شد. برای پهنه‌بندی خطر مین، ابتدا تمامی لایه‌های موردنیاز از قبیل لایه فرسایش خاک، شیب و ارتفاع به‌صورت خطی فازی می‌شوند (از نوع کمینه‌سازی). با استفاده از DEM، لایه شبکه آبراهه‌ها تهیه و لایه فاصله اقلیدسی آن ایجاد شده و در نهایت با فازی سازی خطی آن (از نوع کمینه‌سازی)، لایه فاصله از شبکه آبراهه‌ها نیز تهیه می‌گردد. همپوشانی فازی با استفاده از عملگر فازی گاما در محیط نرم‌افزار ArcMap10.8.1 بر روی این چهار لایه اجرا شده و ۷ نقشه مکان‌یابی برای پهنه‌بندی خطر مین با درجات ریسک‌پذیری متفاوت ایجاد می‌شود.

جدول (۲): مشخصات تصویر ماهواره‌ای Sentinel-2

Band	Spatial Resolution	Wavelength	Description
B1	60m	443 nm	(Coastal and Aerosol) blue-Ultra
B2	10m	490 nm	Blue
B3	10m	560 nm	Green
B4	10m	665 nm	Red
B5	20m	705 nm	Visible and Near Infrared (VNIR)
B6	20m	740 nm	Visible and Near Infrared (VNIR)
B7	20m	783 nm	Visible and Near Infrared (VNIR)
B8	10m	842 nm	Visible and Near Infrared (VNIR)
B8a	20m	865 nm	Visible and Near Infrared (VNIR)
B9	60m	940 nm	Short Wave Infrared (SWIR)
B10	60m	1375 nm	Short Wave Infrared (SWIR)
B11	20m	1610 nm	Short Wave Infrared (SWIR)
B12	20m	2190 nm	Short Wave Infrared (SW)

¹ Binary



شکل (۲) فلوجارت مواد و روش تحقیق

عامل ارتفاع

در اثر بارندگی و فرسایش، مین‌ها و سایر عوارض سطحی زمین تمایل به رفتن به ارتفاعات کمتر رادارند؛ بنابراین هرچه ارتفاع کمتر باشد امکان مشاهده مین بیشتر خواهد بود. برای تعیین عامل ارتفاع از مدل رقومی ارتفاع حاصل از ماهواره ALOS PALSAR با قدرت تفکیک ۱۲/۵ متر مربوط به (۲۳ ژوئن ۲۰۰۷) استفاده شده است. به منظور فازی سازی خطی لایه ارتفاع از رابطه (۱) استفاده شده است.

$$v_{is} = \frac{X_{smax} - X_i}{X_{smax} - X_{smin}} \quad \text{رابطه ۱.}$$

که در آن، v_{is} مقدار فازی شده خطی پیکسل i ام برای معیار (لایه) s ام، X_i مقدار i ام برای لایه s ام، X_{smax} و X_{smin} به ترتیب مقدار بیشینه و کمینه لایه s ام است. این رابطه برای کمینه‌سازی^۱ و بی مقیاس کردن ارزش‌های هر لایه رستری به کار می‌رود (شکل ۴).

عامل شیب

هر چه شیب زمین بیشتر، امکان سقوط اجسام سطحی به ویژه مین‌ها نیز بیشتر خواهد شد؛ بنابراین احتمال مشاهده مین در شیب‌های تند و کم، به ترتیب بیشتر و کمتر خواهد بود. با استفاده از مدل رقومی ارتفاع ALOS با قدرت تفکیک ۱۲/۵ متر، شیب محاسبه و با استفاده از رابطه (۱) فازی سازی خطی روی آن انجام می‌شود (شکل ۴).

^۱ Minimize

عامل فاصله از شبکه آبراهه‌ها

با وقوع هر سیلاب و هر بارندگی امکان انتقال مین به داخل شبکه آبراهه‌ها افزایش می‌یابد؛ بنابراین با نزدیک شدن به آبراهه‌ها احتمال مشاهده مین زیادتر می‌شود. با استفاده از نرم‌افزار ArcMap 10.8.1 و انجام تحلیل‌هایی روی مدل رقومی ارتفاع، مطابق با فلوجارت مواد و روش تحقیق (شکل ۲)، شبکه آبراهه به صورت برداری ایجاد و سپس لایه فاصله اقلیدسی از شبکه آبراهه‌ها ساخته و درنهایت با استفاده از رابطه (۱) فازی سازی خطی می‌شود (شکل ۴).

عامل فرسایش خاک

معادله جهانی هدر رفت خاک^۱ برای نخستین بار توسط ویشمایر و اسمیت^۲ ارائه شده. این مدل با رابطه (۲) به برآورد فرسایش می‌پردازد:

$$E=R \times K \times L \times S \times C \times P \quad \text{رابطه ۲.}$$

که در آن، E : مقدار خاک فرسایش یافته برحسب جرم در واحد سطح و در واحد زمان است که در سیستم متریک برحسب تن بر هکتار در سال است. R : عامل بارندگی است که قدرت فرسایش باران را نشان می‌دهد. یکای این عامل مگا ژول میلی‌متر در هکتار در ساعت در سال ($\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{yr}^{-1}$) است. K : ضریب فرسایش‌پذیری خاک است. عددی است که حساسیت ذاتی خاک را مشخص می‌کند. یکای این عامل $\text{ton.ha.h}^{-1}(\text{MJ.mm.ha})^{-1}$ است و از جدول (۳) برآورد می‌شود. L : عامل طول شیب است و عبارت است از نسبت فرسایش در طول شیب به مقدار فرسایش در همان زمین و همان شیب ولی با طول ۷۲/۶ فوت (۲۲/۱ متر). S : عامل طول شیب است و عبارت است از نسبت فرسایش در شیب موجود در زمین به مقدار فرسایش در همان زمین و همان طول ولی با شیب ۹ درصد (۵ درجه)، در بیشتر پژوهش‌ها عوامل L و S در یک رابطه قرار گرفته و محاسبه می‌شود که در این صورت به آن عامل توپوگرافی (LS) گفته می‌شود. P : عامل عملیات حفاظت خاک، عبارت است از نسبت فرسایش حفاظت‌شده به مقدار فرسایش همان زمین که هیچ‌گونه عملیات حفاظتی در آن انجام نگرفته است یعنی کشت و کار در امتداد ردیف‌های شیب است و از جدول (۴) برآورد می‌شود (رفاهی، ۱۳۹۳: ۲۷). عامل C مربوط به عملیات زراعی و رسوبات تولیدشده در منطقه‌ای با پوشش گیاهی مشخص نسبت به پلات استاندارد است. مورگان ضریب C را منحصر به پوشش گیاهی دانسته و مقادیر آن در جدول (۵) بیان شده است (احمدی، ۱۳۸۸: ۳۶). پرکاربردترین روش‌ها برای برآورد عامل C

¹ Universal Soil Loss Equation

² Whishmeier and Smith

استفاده از شاخص اختلاف پوشش گیاهی نرمال شده^۱ (NDVI) است. عامل مدیریت پوشش (C) در بازه صفر تا یک قرار دارد پس با استفاده از رابطه (۳) می‌توان NDVI را بین بازه ۰-۱ قرارداد (شکل ۶).

$$C = \frac{1-NDVI}{2} \quad \text{رابطه ۳.}$$

جدول (۳) ضریب فرسایش پذیری خاک (K)، (احمدی، ۱۳۸۸: ۴۹)

K	وضعیت خاک	K	وضعیت خاک
۰/۱	اراضی مقاوم به فرسایش	۰/۵	خاک سطحی با پوشش سنگریزه‌ای
۰/۴۲	خاک‌های ماسه‌ای نرم	۰/۱۶	خاک‌های ماسه‌ای
۰/۴۲	خاک‌های لومی با ماسه بسیار ریز	۰/۱۲	خاک‌های لومی شنی
۰/۳۷	خاک‌های لومی	۰/۴۸	خاک‌های سیلت لومی
۰/۳۷	خاک‌های لومی رسی	۰/۲۵	خاک‌های سیلتی رسی

جدول (۴) ارزش P برای کاربری و پوشش اراضی مختلف (آرخی و نیازی، ۱۳۸۹: ۱)

ارزش عددی P	کلاس کاربری/پوشش اراضی
۱	اراضی بایر
۰/۱۲	نیشکر
۰/۱	گندم
۰/۸	جنگل تنک
۱	اراضی آیش
۰/۸	جنگل با تراکم متوسط
۰/۸	جنگل باز

^۱ Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

ارزش عددی P	کلاس کاربری/پوشش اراضی
۱	بستر رودخانه

جدول (۵) تعیین ضریب C از روی پوشش گیاهی در معادله جهانی فرسایش خاک (احمدی، ۱۳۸۸: ۵۱)

ضریب C	وضعیت پوشش گیاهی	ضریب C	وضعیت پوشش گیاهی
۰/۲۵	فقیر	۰/۰۴	خیلی خوب
۰/۳۳	بسیار فقیر	۰/۰۹	خوب
۰/۴۵	فاقد پوشش گیاهی	۰/۱۵	نسبتاً خوب
-	-	۰/۲۰	نسبتاً فقیر

محاسبه عامل R برای داده‌های هر ایستگاه

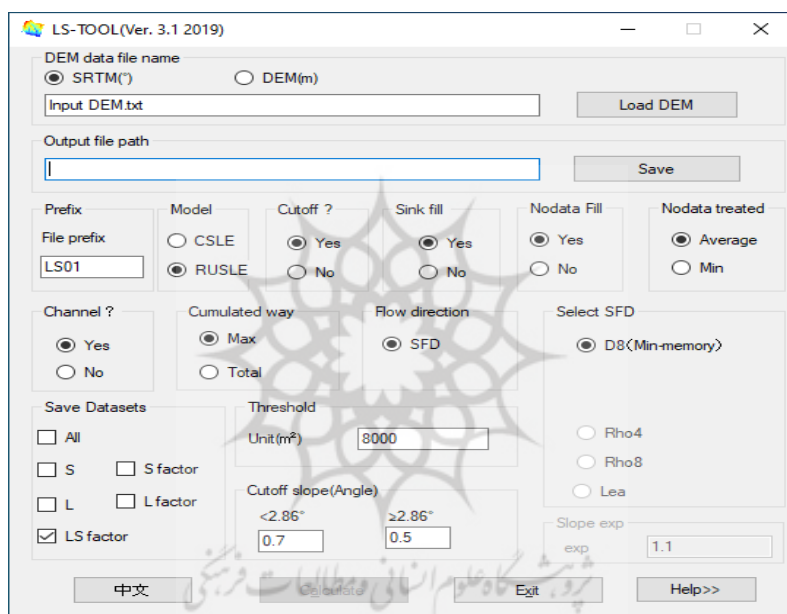
R، عامل بارندگی است که قدرت فرسایش باران را نشان می‌دهد و برای محاسبه آن از R برآورد شده برای کل کره زمین توسط^۱ ESDAC استفاده شده است. یکای R، متریک یعنی مگاژول میلی‌متر در هکتار در ساعت در سال (MJ.mm.ha-1.h-1.yr-1) است. نقشه عامل R، مجموعه داده‌های فرسایشی بارندگی کاملی را برای کل جهان بر اساس ۳۶۲۵ ایستگاه بارش و حدود ۶۰۰۰۰ سال سابقه بارندگی با وضوح زمانی بالا (۱ تا ۶۰ دقیقه) ارائه می‌کند. داده‌های بارش به کاربرده شده مربوط به ۳۰-۴۰ سال و غالباً دهه ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ است. از مدل رگرسیون فرآیند گاوسی (GPR) برای درون‌یابی مقادیر فرسایش بارندگی در ایستگاه‌های منفرد و برای تولید نقشه عامل R با قدرت تفکیک ۱ کیلومتر استفاده شده است (Panagos et al, 2017: 1). این داده برای منطقه مورد مطالعه از سایت رسمی ESDAC گرفته شده است.

محاسبه عامل توپوگرافی (LS)

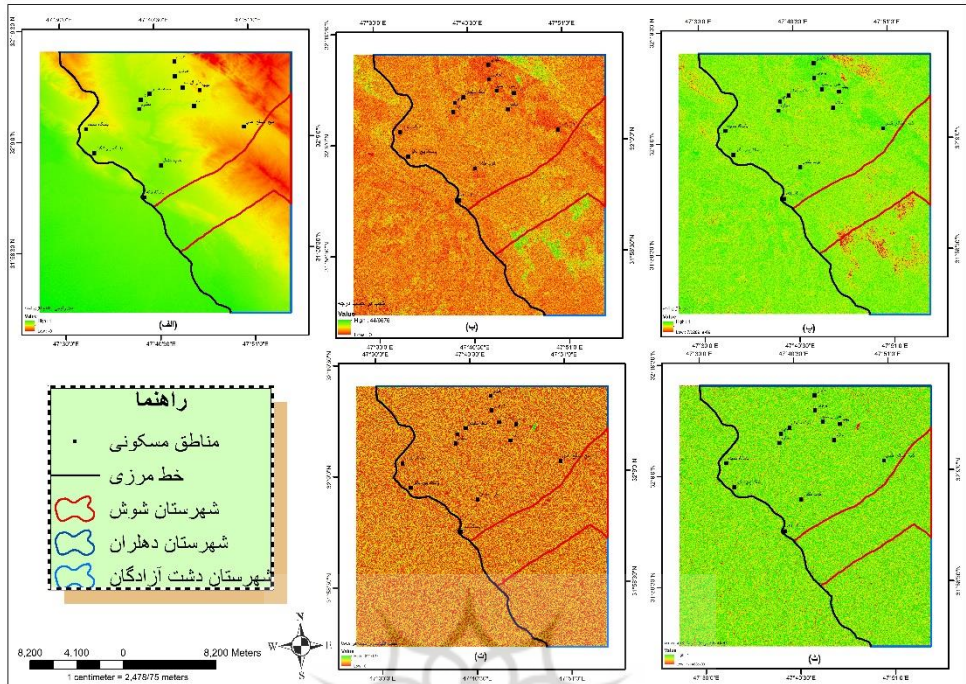
LS: عامل توپوگرافی است؛ که در آن L عامل طول شیب است که از نسبت خاک از دست‌رفته از منطقه شیب‌دار به خاک از دست‌رفته از کرت‌های آزمایشی در شرایطی که نوع خاک و درجه شیب مشابه باشند به دست می‌آید. این عامل با استفاده از مدل Zhang et al. (2013) و توسط

^۱ <https://esdac.jrc.ec.europa.eu>

نرم افزار LS Tools نسخه ۳.۱ تهیه گردیده است. در حقیقت عامل توپوگرافی بیان می کند که هر چه طول و درجه شیب بیشتر شود مقدار فرسایش افزایش می یابد سلول هایی که دارای این ویژگی ها هستند و همیشه نیز در دامنه های پرشیب نیز قرار دارند باید ارزش بیشتری داشته باشند. محاسبات مربوط به این عامل فقط روی مدل رقومی ارتفاع انجام می شود. در نتیجه عامل توپوگرافی یک لایه رستری است که ارزش های بیشتر نشان دهنده دامنه های پرشیب و طولانی تر است. شکل (۳) نمایی از نرم افزار را نمایش می دهد. این نرم افزار رایگان و متن باز بوده و مستقیماً از توسعه دهنده آن درخواست و گرفته شده است.



شکل (۳) نمایی از نرم افزار مورد استفاده برای محاسبه عامل LS



شکل (۴): الف) نقشه‌های مدل رقومی ارتفاع فازی شده، ب) شیب برحسب درجه، پ) شیب فازی شده، ت) نقشه فاصله اقلیدسی از شبکه آبراهه‌ها، ث) نقشه فاصله اقلیدسی فازی از شبکه آبراهه‌ها

همپوشانی فازی با استفاده از عملگر فازی گاما

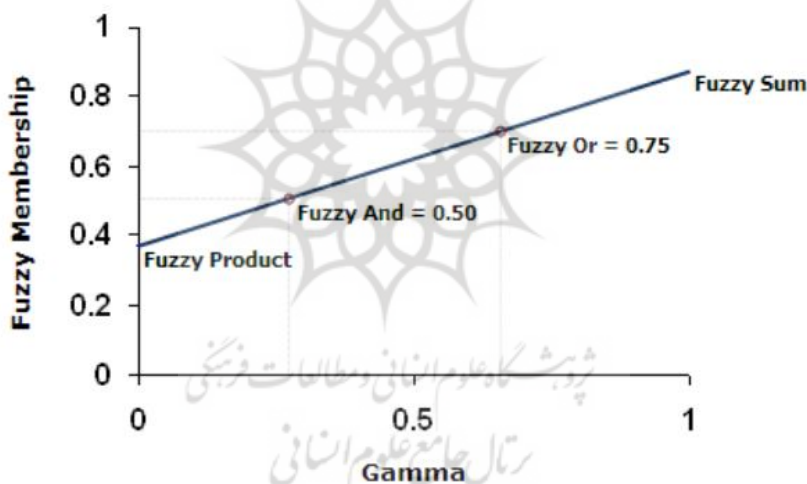
لطفی زاده در سال ۱۹۶۵ با ارائه نظریه مجموعه‌های فازی، برای اولین بار مبانی منطق‌های فازی چند ارزشی را ارائه داد. روش‌های مبتنی بر این نظریه همچنان در حال توسعه‌اند و هر سال با ارائه روش‌های جدیدتری بر مبنای مفاهیم نظریه مجموعه‌های فازی، این امکان فراهم می‌شود تا به استدلال‌های غیرقطعی مبهم و نامعین ذهن انسان صورت‌بندی ریاضی داده شود (Shariat Jafari & Hamedpanah, 2007: 745).

نظریه مجموعه‌های فازی و منطق فازی به‌عنوان نظریه‌ای ریاضی برای مدل‌سازی و صورت‌بندی ریاضی ابهام و عدم دقت موجود در فرآیندهای شناختی انسانی، ابزارهای بسیار کارآمد و مفیدی بشمار می‌آیند. در ارتباط با به‌کارگیری منطق فازی، باید اشاره نمود که در تحلیل تصمیم‌گیری‌های چند معیاره، معمولاً از روش تئوری فازی برای بحث و بررسی عدم قطعیت‌ها استفاده می‌شود. در واقع روشی است برای برگرداندن طیف متنوع و گسترده‌ای از داده‌های عینی، اطلاعات کمی، نظرات و قضاوت‌های ذهنی به یک‌زبان طبیعی برای توصیف اثرات محیط (Eitvandi et al, 2022: 600). با استفاده از رابطه (۴) نقشه‌های پهنه‌بندی خطر

مین برای منطقه مورد مطالعه با استفاده از اپراتور فازی گامای ۰، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۶۲۵، ۰/۷۵، ۰/۸۷۵ و ۱ در محیط نرم افزار ArcMap10.8.1 ایجاد می‌شوند.

$$\mu(x) = (\text{FuzzySum})^\gamma * (\text{FuzzyProduct})^{1-\gamma} \quad \text{رابطه ۴.}$$

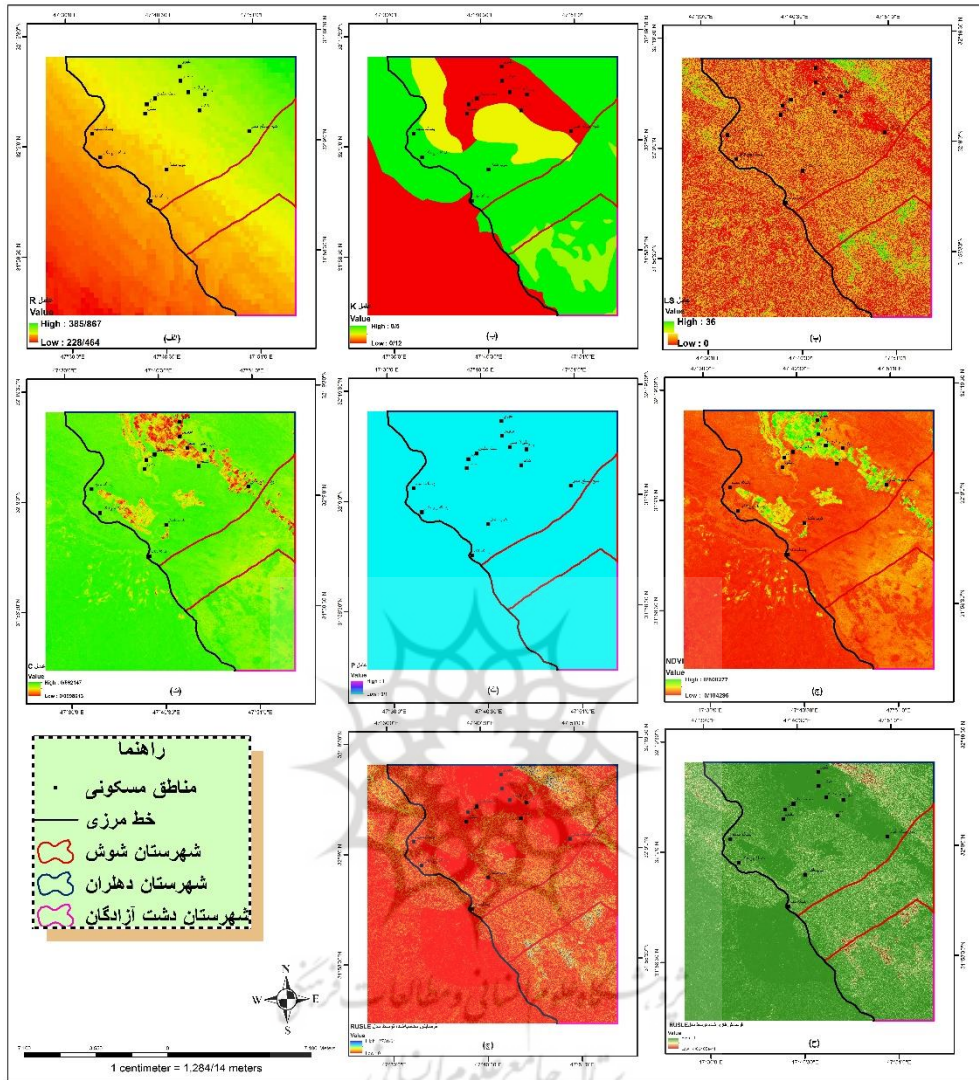
که در آن، $\mu(x)$ لایه حاصل از گامای فازی و γ پارامتر تعیین شده در محدوده صفر و یک است. وقتی γ برابر با ۱ باشد، ترکیبی که اعمال می‌شود همان جمع جبری فازی و زمانی که γ برابر صفر باشد ترکیب، برابر ضرب جبری فازی است. انتخاب صحیح γ مقادیری در خروجی ایجاد می‌کند که با اثر افزایشی جمع جبری و اثر کاهشی ضرب جبری فازی سازگاری دارد. مقادیر پیکسل‌ها بستگی به انتخاب صحیح توان گاما دارند. مقادیری که γ می‌تواند داشته باشد از صفر تا یک بوده که معمولاً از ۰/۵ تا ۰/۹ است. Γ کوچک‌تر به عملگر ضرب فازی و γ بزرگ‌تر به عملگر جمع فازی نزدیک می‌شود. بنابراین γ های بزرگ‌تر حالتی خوش‌بینانه داشته و معمولاً دارای درجات ریسک‌پذیری بالاتری هستند. شکل (۵) رابطه بین گامای فازی با انواع روابط فازی دیگر را نشان می‌دهد.



شکل (۵) رابطه بین گامای فازی با انواع روابط فازی دیگر

تجزیه و تحلیل یافته‌های پژوهش

نقشه فرسایش محاسبه شده توسط مدل RUSLE و همچنین نقشه فازی مدل RUSLE از طریق عامل R، عامل K، عامل LS، عامل C، عامل P و NDVI برای منطقه مورد مطالعه محاسبه شده و در شکل (۶) آورده شده‌اند.



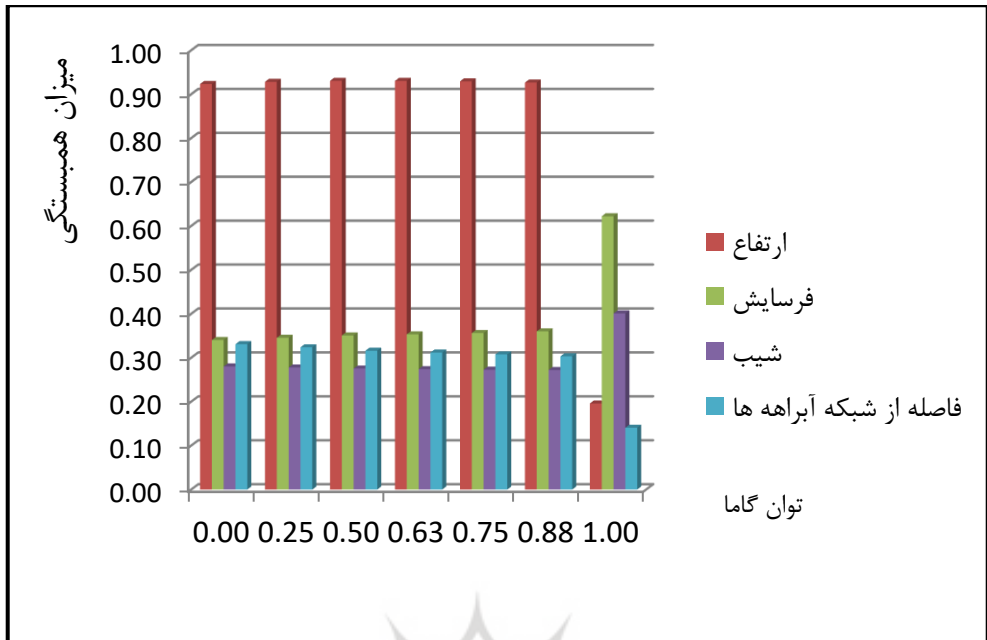
شکل (۶) نقشه فرسایش و عوامل دخیل در فرسایش خاک (الف: عامل R، ب: عامل K، پ: عامل عامل LS، ت: عامل C، ث: عامل P، ج: عامل NDVI، چ: فرسایش محاسبه شده توسط مدل RUSLE، ح: فرسایش فازی شده توسط مدل RUSLE)

رابطه همبستگی بین نقشه‌های پهنه‌بندی خطر مین و عوامل تأثیرگذار در آن‌ها در جدول (۶) و شکل (۷) آورده شده است. برای محاسبه همبستگی‌ها از ابزار Band Collection Statistics موجود در مجموعه ابزارهای نرم‌افزار ArcMap 10.8.1 استفاده شد. این ابزار می‌تواند ماتریس کوواریانس - همبستگی بین چندین داده رستری را محاسبه کند. همان‌طور که مشاهده

می‌شود، رابطه همبستگی بین لایه‌های پهنه‌بندی خطر مین با توان‌های گامای مختلف با لایه ارتفاع بیشتر است اما این واقعیت برای نقشه پهنه‌های خطر مین با گامای ۱ صدق نمی‌کند زیرا در این نقشه بیشترین رابطه همبستگی با لایه فرسایش خاک و بعد از آن با لایه شیب برقرار شده است.

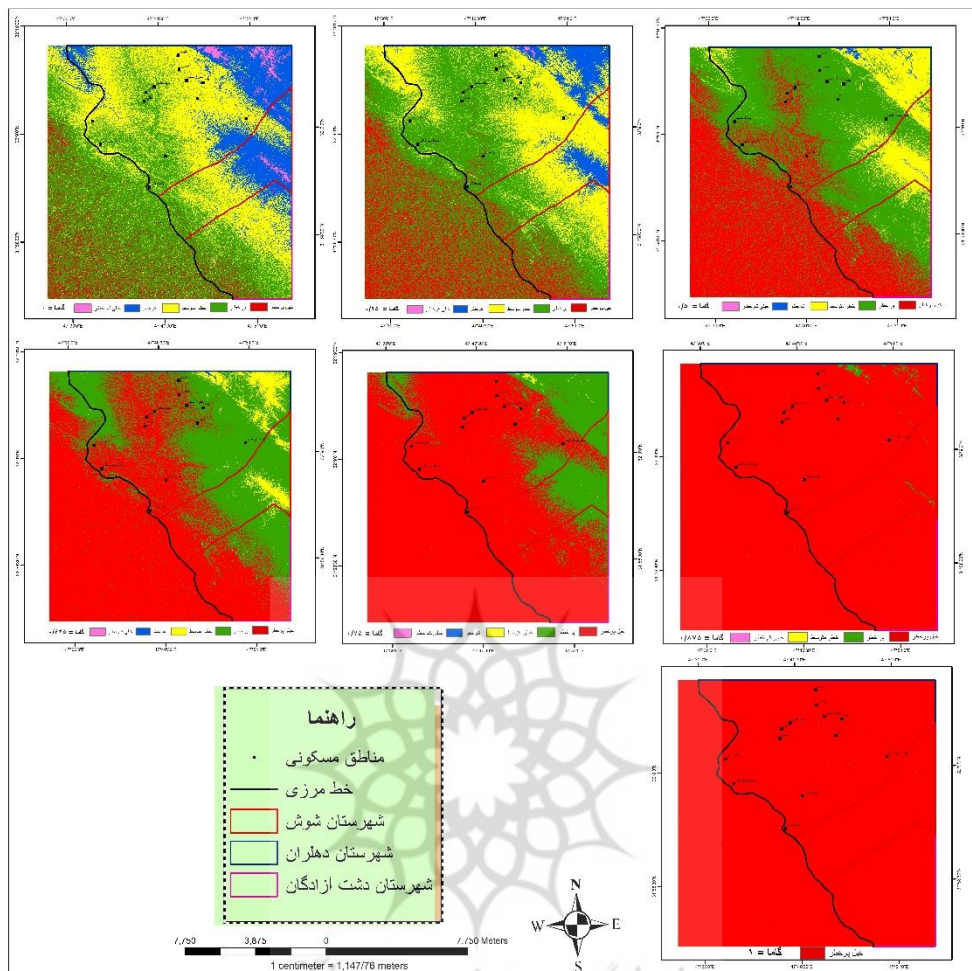
جدول (۶) رابطه همبستگی بین لایه‌های پهنه‌بندی خطر مین با هر یک از عوامل تأثیرگذار در آن‌ها

توان گاما	ارتفاع	فرسایش	شیب	فاصله از شبکه آبراه‌ها
۰/۰۰	۰/۹۲	۰/۳۴	۰/۲۸	۰/۳۳
۰/۲۵	۰/۹۳	۰/۳۵	۰/۲۸	۰/۳۲
۰/۵۰	۰/۹۳	۰/۳۵	۰/۲۸	۰/۳۲
۰/۶۳	۰/۹۳	۰/۳۵	۰/۲۷	۰/۳۱
۰/۷۵	۰/۹۳	۰/۳۶	۰/۲۷	۰/۳۱
۰/۸۸	۰/۹۳	۰/۳۶	۰/۲۷	۰/۳۰
۱/۰۰	۰/۲۰	۰/۶۲	۰/۴۰	۰/۱۴



شکل (۷) میزان همبستگی بین نقشه‌های پهنه‌بندی خطر مین با هر یک از عوامل آن‌ها

سپس با استفاده از اپراتور فازی گامای ۰، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۶۲۵، ۰/۷۵، ۰/۸۷۵ و ۱ هر کدام از نقشه‌های خروجی در پنج طبقه خیلی کم‌خطر، کم‌خطر، خطر متوسط، پرخطر و خیلی پرخطر طبقه‌بندی شده‌اند (شکل ۸).



شکل (۸) هفت نقشه خروجی اپراتور فازی ۰، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۶۲۵، ۰/۷۵، ۰/۸۷۵ و ۱

در انتها نیز مساحت هریک از کلاس‌های خیلی کم‌خطر، کم‌خطر، خطر متوسط، پرخطر و خیلی پرخطر با توجه به توان گاما و به تفکیک شهرستان‌ها به دست آمد. جدول (۷) و شکل (۹). مقایسه مساحت هر کلاس در هر نقشه مکان‌یابی نشان می‌دهد که هرچه توان گاما در همپوشانی فازی بیشتر شود، مساحت کلاس خیلی پرخطر افزایش می‌یابد، به طوری که با ۱ شدن گاما، بیشتر نواحی به‌عنوان کلاس پرخطر معرفی می‌شوند و به‌نوعی در معرفی مناطق به‌عنوان پهنه‌های پرخطر، سهل‌گیرانه عمل کرده است. برعکس هر چه مقدار توان گاما کمتر شود، از مساحت کلاس خیلی پرخطر کاسته شده و به ترتیب مساحت کلاس‌های پرخطر، با

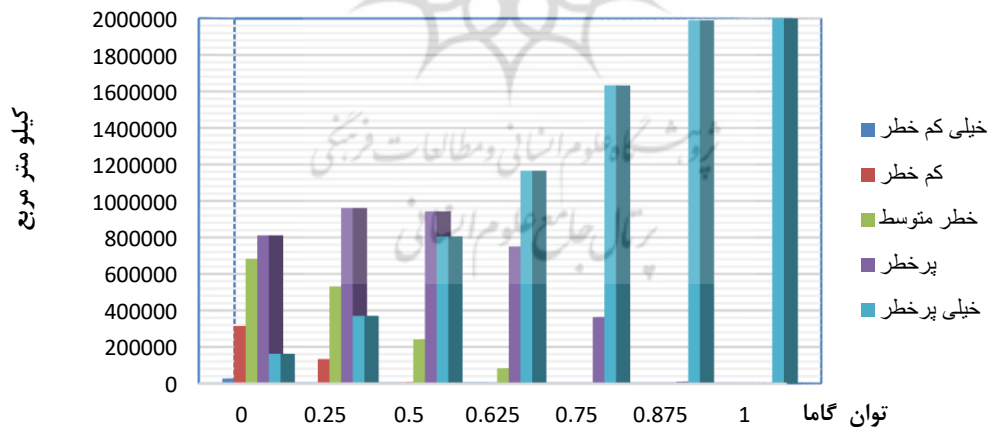
خطر متوسط، کم‌خطر و خیلی کم‌خطر افزایش می‌یابد و در حقیقت در معرفی مناطق به‌عنوان پهنه‌های پرخطر، سخت‌گیرانه عمل کرده است. در تمامی نقشه‌های مکان‌یابی ایجادشده، مناطق کم ارتفاع و شبکه آبراهه‌ها در کلاس‌های پرخطر و خیلی پرخطر قرار می‌گیرند.

جدول (۷) مساحت هر کلاس به تفکیک شهرستان‌ها (کیلومتر مربع)

شهرستان‌ها	خیلی کم‌خطر	کم‌خطر	خطر متوسط	پرخطر	خیلی پرخطر
توان گاما=۰	دهلران	۲۰۷۹۲	۱۶۵۴۳۹	۳۷۴۵۸۹	۱۵۶۳۹۳
	شوش	۶۲۴۲	۱۰۶۱۷۴	۹۲۹۹۶	۴۷۸۴۹
	دشت آزادگان	۵۲۰	۳۰۷۷۱	۱۰۹۰۳۸	۱۲۶۰۴۹
	محدوده خارج از شهرستان‌ها	۱	۱۲۳۳۵	۱۰۶۶۵۶	۴۸۱۳۳۳
	جمع	۲۷۵۵۵	۳۱۴۷۱۹	۶۸۳۲۷۹	۸۱۱۶۲۴
توان گاما=۰/۲۵	دهلران	۲۰۵۹	۸۳۰۵۸	۲۸۴۸۷۲	۳۴۰۲۲۷
	شوش	۱۳	۴۴۷۹۵	۱۲۲۳۷۹	۷۸۲۰۴
	دشت آزادگان	۳۳	۵۲۹۷	۸۰۴۴۵	۱۴۹۵۷۳
	محدوده خارج از شهرستان‌ها	۱	۶۸۸	۴۳۹۸۶	۳۹۳۸۵۱
	جمع	۲۱۰۶	۱۳۳۸۳۸	۵۳۱۶۸۲	۹۶۱۸۵۵
توان گاما=۰/۵۰	دهلران	۱۳۴	۶۷۹۲	۱۳۴۰۱۴	۴۸۳۸۱۷
	شوش	۰	۹۹۲	۸۵۱۹۳	۱۳۴۰۴۸
	دشت آزادگان	۱	۱۷۰	۱۷۳۶۰	۱۴۷۷۸۳
	محدوده خارج از شهرستان‌ها	۱	۰	۵۵۲۴	۱۷۷۷۲۷
	جمع	۱۳۶	۷۹۵۴	۲۴۲۰۹۱	۹۴۳۳۷۵
توان گاما=۰/۶۲۵	دهلران	۱۳	۸۸۹	۵۵۵۸۰	۴۰۹۶۶۵
	شوش	۰	۱	۲۵۰۳۹	۱۶۰۶۶۱
	دشت آزادگان	۰	۹	۲۲۴۹	۱۰۹۲۶۷
	محدوده خارج از شهرستان‌ها	۰	۰	۱۱۶	۷۰۷۵۴
	جمع	۱۳	۸۹۹	۸۲۹۸۴	۷۵۰۳۴۷
توان گاما=۰/۷۵	دهلران	۰	۴۲	۲۸۸۴	۱۹۵۸۸۸
	شوش	۰	۰	۷۹	۱۱۸۱۹۷
	دشت آزادگان	۰	۹	۶۳	۳۵۴۲۲
	محدوده خارج از	۰	۹	۰	۱۴۴۷۸
	جمع	۰	۹	۰	۲۲۷۶۶۵

شهرستان ها	خیلی کم خطر	کم خطر	خطر متوسط	پر خطر	خیلی پر خطر
شهرستان ها					
جمع	۰	۶۰	۳۰۲۶	۳۶۳۹۸۵	۱۶۳۲۹۰۴
توان گاما=۰/۱۷۵	۸	۰	۱۹	۸۸۸۷	۷۰۸۶۷۴
شوش	۰	۰	۰	۱۶۰۵	۲۵۴۰۴۰
دشت آزادگان	۱	۰	۸	۲۴۶	۲۸۴۳۴۴
محدوده خارج از شهرستان ها	۹	۰	۷	۰	۷۴۲۱۴۲
جمع	۱۸	۰	۳۴	۱۰۷۳۸	۱۹۸۹۲۰۰
توان گاما=۱	۰	۰	۰	۰	۷۱۷۵۸۲
شوش	۰	۰	۰	۰	۲۵۵۶۴۵
دشت آزادگان	۰	۰	۰	۰	۲۸۴۵۹۱
محدوده خارج از شهرستان ها	۰	۰	۰	۰	۷۴۲۱۴۲
جمع	۰	۰	۰	۰	۱۹۹۹۹۶۰

مساحت هر کلاس با توجه به توان گاما



شکل (۹) مساحت هر کلاس با توجه به توان گامای استفاده شده در همپوشانی فاز

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

مناطق آلوده به مین به‌عنوان یکی از میراث‌های شوم و ماندگار ناشی از جنگ تحمیلی ۸ ساله علیه کشور ما است که سالانه سبب مجروح و شهید شدن تعداد زیادی از هم‌وطنان و نیروهای مین‌روب می‌گردد. یکی از بزرگ‌ترین دغدغه‌های عناصر مین‌روب، عدم شناسایی دقیق مناطق آلوده است. با توجه به اینکه عمدتاً مین‌های زمینی تحت تأثیر پارامترهای محیطی قرار گرفته و همچنین نبود نقشه‌های مناطق آلوده به مین، عملیات پاک‌سازی مناطق آلوده را با مشکلات عدیده‌ای مانند جابه‌جایی مین‌ها، تغییر وسعت مناطق آلوده و تغییر در عمق مین‌های مدفون در زمین روبه‌رو می‌سازد. این پژوهش باهدف پهنه‌بندی خطر وجود مین با استفاده از سناریوهای ریسک‌پذیری متفاوت، چهار متغیر ارتفاع، شیب، فاصله از شبکه آبراهه و عامل فرسایش خاک حاصل از مدل RUSLE را در نظر گرفت. نقشه‌های پهنه‌بندی خطر مین برای منطقه مورد مطالعه با استفاده از اپراتور فازی گامای ۰، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۶۲۵، ۰/۷۵، ۰/۸۷۵ و ۱ ایجاد گردید. جهت پهنه‌بندی خطر وجود مین با توجه به اپراتور فازی گاما، تعداد ۷ نقشه مکان‌یابی ایجاد شد که انتخاب هر یک از نقشه‌های فوق با توجه ظرفیت‌های پاک‌سازی سازمان‌های مرتبط با امر پاک‌سازی نظیر مرکز مین‌زدایی کشور و قرارگاه پاک‌سازی نزا‌جا قابل بهره‌برداری است. بر مبنای منطق این پژوهش با توجه به ظرفیت‌های متفاوت زمین‌های آلوده از حیث موقعیت ژئوپلیتیکی، ارزش اقتصادی از نظر حوضه‌های نفتی و مناطق مستعد کشاورزی، مجاورت با مناطق مسکونی هر یک از مکان‌یابی مشخص شده قابلیت پیاده‌سازی و اجرا را دارد. نتایج پژوهش بیان‌گر آن است که رابطه همبستگی بین لایه‌های پهنه‌بندی خطر مین با توان‌های گامای مختلف با لایه ارتفاع بیشتر است (به‌جز گامای ۱). با توجه به اینکه پاک‌سازی مناطق آلوده به مین طبق نقشه‌های نظامی موجود در آرشیو نیروهای نظامی در زمان جنگ انجام می‌شود، به عوامل جابجایی مین‌ها از قبیل فرسایش، شیب، ارتفاع و شبکه آبراهه‌ها اهمیت داده نمی‌شود؛ در حالی که برخی از مین‌ها در اثر عوامل ذکر شده می‌توانند جابجا شوند و در مناطق دیگری رسوب کنند. لذا ضرورت دارد که در پاک‌سازی مناطق آلوده به مین از نقشه‌های مکان‌یابی پهنه‌های خطر مین استفاده نمود. در بیش‌تر پژوهش‌ها نتایج تحقیق با سایر نتایج تحقیقات گذشته مقایسه و ارزیابی صحت انجام می‌شود؛ اما متأسفانه همان‌طور که بیان شد، پاک‌سازی مین‌ها در کشورمان مطابق با آرشیو نقشه‌های نظامی انجام می‌شود. اگر بعد از خنثی‌سازی مین‌ها، مکان دقیق آن‌ها هم توسط GPS چندفرکانسه

(GNSS^۱) ثبت شود می‌توان با استفاده از توابع تراکم در GIS، نقشه تراکم مین‌ها را مشخص کرده و همبستگی آن را با نقشه‌های مکان‌یابی تعیین کرد. لذا به این دلیل ارزیابی صحت در این پژوهش انجام نشده است. از دلایل تعیین نکردن مکان دقیق مین‌های پیداشده، می‌توان به عدم وجود فناوری جدید GPS چندفرکانسه در زمان پاک‌سازی، عدم آشنایی پرسنل و فرماندهان مربوطه با فنون GIS^۲ و نیز نداشتن ایده‌های نو در این زمینه و زمان‌بر بودن آن است.

پیشنهادها

- ۱- از آنجایی که وسعت مناطق آلوده به مین به محدوده مذکور ختم نمی‌شود می‌توان در سایر مناطق آلوده نتایج حاصل از این پژوهش را آزمون نمود. هرچند آزمون و ارزیابی صحت در این پژوهش خارج از توان مالی پژوهشگران بوده و منوط به صرف زمان، اجازه از مراکز ذیصلاح و هزینه است.
- ۲- با توجه به اینکه در حوزه پاک‌سازی مناطق آلوده نیروهای مسلح و وزارت دفاع با نهادهایی بین‌المللی تعامل دارند می‌توان نتایج این پژوهش را در قالب تعامل با نهاد پاک‌سازی بین‌المللی عملیات مین در سازمان ملل متحد با اهداف بشردوستانه به اشتراک گذاشت.
- ۳- با توجه به اینکه قسمتی از منطقه مورد مطالعه در پژوهش حاضر در مناطقی از کشور همسایه عراق واقع گردیده است، نتایج حاصل را می‌توان در قالب اهداف حسن هم‌جواری و بشردوستانه در اختیار آن‌ها قرارداد.
- ۴- با توجه به اینکه داده‌های مورد استفاده در این پژوهش عمدتاً از طریق سامانه‌های غیرتجاری و غیرنظامی جمع‌آوری گردیده است می‌توان با بهره‌گیری از ظرفیت‌های سازمان جغرافیای نیروهای مسلح و سازمان هوا و فضای وزارت دفاع و نیز سازمان فضایی ایران موجب افزایش دقت و راندمان خروجی پژوهش‌ها گردید.
- ۵- با توجه به اینکه تقریباً در تمامی نقشه‌های مکان‌یابی، حتی هنگامی که از گامای صفر برای همپوشانی فازی استفاده می‌شود، مناطق کم ارتفاع و شبکه آبراه‌ها در

^۱ Global Navigation Satellite System

^۲ Geographical Information System

کلاس‌های پرخطر و خیلی پرخطر قرار گرفته و بیشتر رسوبات از جمله مین‌ها سرانجام در مسیر آبراهه‌ها و مناطق کم ارتفاع قرار می‌گیرند و همچنین به علت اهمیت آبراهه‌ها در امر کشاورزی و دامداری و سایر مصارف دیگر، می‌توان پاک‌سازی آبراهه‌ها و حریم آن‌ها در مناطق کم ارتفاع را در اولویت قرارداد.

۶- به مسئولینی که در زمینه پاک‌سازی مین انجام وظیفه می‌کنند توصیه می‌شود که برای پیشبرد پژوهش‌های آتی (همانند این پژوهش)، از فناوری‌های تعیین مکان دقیق مانند GPS چند فرکانسه برای تعیین مکان مین‌های خنثی‌شده یا پاک‌سازی‌شده استفاده کنند.

قدردانی

از خبرگان توانمندی که در طول پژوهش، دانش خویش را سخاوتمندانه در اختیار محققان این پژوهش قرار دادند و استواری پژوهش حاضر بر مشارکت و دانش این بزرگواران قرار گرفته است و نیز دکتر هانگ‌مینگ ژانگ^۱ که نرم‌افزار LS Tools را جهت تهیه عامل توپوگرافی در اختیار پژوهشگران این پژوهش قرار دادند بسیار سپاسگزاریم.

منابع

- احمدی، حسن. (۱۳۸۸). ژئومورفولوژی کاربردی، چاپ اول، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- آرخی، صالح؛ نیازی، یعقوب. (۱۳۸۹). بررسی کاربردی RS و GIS برای تخمین فرسایش خاک و بار رسوب با استفاده از مدل RUSLE (مطالعه موردی: حوضه بالادست سد ایلام)، فصلنامه پژوهش‌های حفاظت آب‌و خاک. ۱۷(۲): ۲۷-۱.
- پال بولستاد. (۱۳۹۲). سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، ترجمه حمیدرضا جعفری، چاپ دوم، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- جعفری، محمد. (۱۳۹۹). آیین‌نامه موانع، چاپ اول، تهران: انتشارات معاونت آموزش نزا.

¹ Hongming Zhang, zhm@nwsuaf.edu.cn

- رضایی مقدم، اندریانی، ولیزاده کامران، خلیل، الماس پور. (۲۰۱۶). تعیین بهترین الگوریتم استخراج کاربری-پوشش اراضی و کشف تغییرات از تصاویر ماهواره‌ای لندست (مطالعه موردی: حوضه صوفی چای مراغه). فصلنامه فضای جغرافیایی، (۱۶): ۸۵-۶۵.
- رفاهی، حسین قلی، (۱۳۹۳)، فرسایش آبی و کنترل آن، چاپ دوم، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- طهماسبی، پرویز، جعفری، محمد. (۱۳۹۸). استانداردهای پاک‌سازی مین (SOP)، چاپ دوم، تهران: انتشارات معاونت آموزش نزاچا.
- عظیمی حسینی، محمد، نظری فر، محمدهادی، مؤمنی، رضوانه. (۱۳۸۹). کاربرد GIS در مکان‌یابی، چاپ اول، تهران: انتشارات مهرگان قلم،
- قدسی، خیرخواه زرکش، میر مسعود، قرمزچشمه، باقر. (۲۰۲۱). مقایسه دقت روش‌های ماشین بردار پشتیبان و جنگل تصادفی در تهیه نقشه کاربری اراضی و محصولات زراعی، با استفاده از تصاویر چندزمانه سنتینل-۲، فصلنامه سنجش‌ازدور و GIS ایران. ۱۲(۴): ۹۲-۷۳.
- کیخایی، مهدی، رفیع زاده ملک‌شاه، ارسلان، بیرانوند، نادر. (۱۴۰۰)، طراحی سامانه Web-GIS مبتنی بر مسیریابی بهینه بین نقاط مختلف صحنه نبرد به‌منظور مدیریت و طرح‌ریزی صحیح عملیات‌های نظامی آینده، فصلنامه آینده‌پژوهی دفاعی. ۶(۲۲): ۹۴-۶۹.
- همت، حمید، فرهادی، علی، خادم دقیق، امیر هوشنگ. (۱۳۹۸)، نقش سامانه‌های تصمیم‌یار سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در مدیریت بحران‌های آینده، فصلنامه آینده‌پژوهی دفاعی. ۴(۱۲): ۱۶۴-۱۴۳.
- Abdel-Kader, F. H. & Yacoub, R. K. (2005), Land resources assessment of landmine-affected areas, Northwest of Egypt. In Suitma Symposium; The National Information and Documentation Centre (NIDOC): Cairo, Egypt, 19.
- Alqudsi, Y. S. Alsharafi, A. S. & Mohamed, A. (2021, July). A Review of Airborne Landmine Detection Technologies: Unmanned Aerial Vehicle-Based Approach. In *2021 International Congress of Advanced Technology and Engineering (ICOTEN)* (pp. 1-5). IEEE.
- Eitvandi, N. Sarikhani, R. & Derikvand, S. (2022). Landslide susceptibility mapping by integrating analytical hierarchy process, frequency ratio, and fuzzy gamma operator models, case study: North of Lorestan Province, Iran. Environmental

Monitoring and Assessment, 194(9), 600.

- Gooneratne, C. P. Mukhopahyay, S. C. & Gupta, G. S. (2014, December). A review of sensing technologies for landmine detection: Unmanned vehicle based approach. In 2nd International Conference on Autonomous Robots and Agents (pp. 401-407).
- IMAS, (2014), A guide to fighting With mines, Fifth Edition, International mine Action standard. www.gichd.org.
- Oskooee M. (2015) Hyperspectral telemetry, benefits and requirements of development and its future in Iran. *Iranian Remote Sensing & GIS*, Vol.6, No. 1, 22-35.
- Panagos, P. Borrelli, P. Meusburger, K. Yu, B. Klik, A. Jae Lim, K. & Ballabio, C. (2017). Global rainfall erosivity assessment based on high-temporal resolution rainfall records. *Scientific reports*, 7(1), 1-12.
- R. Bello(2013) Literature Review on Landmines and Detection Methods” *Frontiers in Science*, pp.27-42
- Schorlemer, J. Jebramcik, J. Rolfes, I. & Barowski, J. (2022, April). Comparison of Short-Range SAR Imaging Algorithms for the Detection of Landmines using Numerical Simulations. In *2021 18th European Radar Conference (EuRAD)* (pp. 393-396). IEEE.
- Schultz, C. Alegría, A. C. Cornelis, J. & Sahli, H. (2016). Comparison of spatial and aspatial logistic regression models for landmine risk mapping. *Applied Geography*, 66, 52-63.
- Shariat Jafari, M. & Hamedpanah, R. (2007). Predication Of Natural Slope Instability Hazard Using Fuzzy Algebraic Product And Sum Operators In Central Alborz [Article]. *Iranian Journal Of Natural Resources*, 60(3), 745-757.
- Tbarki, K. Ksantini, R. Ben Said, S. & Lachiri, Z. (2021). A novel landmine detection system based on within and between subclasses dispersion information. *International Journal of Remote Sensing*, 42(19), 7405-7427.
- Tso Brandt and Paul Mather, (2009). Classification methodds for Remotely Sensed Data. Chapter 2-3. 2nd ed. Pub. Technology & Engineering - 376 pages.
- Wenkoff, J. A, (2008), Predictive GIS Modeling for Minefield Delineation in Post-conflict States. *Journal of Military and Strategic Studies*, 10(4).
- Williams, C. & Dunn, C. E. (2003). GIS in Participatory Research: Assessing the Impact of Landmines on Communities in North-west Cambodia. *Transactions in GIS*, 7(3), 393-410.
- Zhang H, Yang Q, Li R, Liu Q, Moore D, He P, Ritsema C J, Geissen V, (2013), Extension of a GIS procedure for calculating the RUSLE equation LS factor[J]. *Computers & Geosciences*, 52 (0): 177-188.