



شماره ۱۱۴، بهار ۱۳۹۶

پژوهش‌های آبخیزداری

(پژوهش و سازندگی)

تلفیق تکنیک GIS و RS و مدل‌های منطق فازی در مکان‌یابی مناطق مناسب پخش سیلاب

• اسماعیل دودانگه

(نویسنده‌ی مسئول) دانش‌آموخته دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

• محمدتقی ستاری

استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

• ابوالقاسم دادرسی سبزواری

استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سبزواری

• محمدباقر ناطقی

کارشناس ارشد مهندسی آب، سازمان اتکا، وزارت دفاع و پشتیبانی نیروهای مسلح

تاریخ دریافت: فروردین ۱۳۹۲ تاریخ پذیرش: فروردین ۱۳۹۴

* Corresponding Email: smaeel.dodangeh@gmail.com

چکیده

کنترل و ذخیره‌سازی سیلاب‌ها از جمله فاکتورهای بسیار مهم در جلوگیری از روند بیابان‌زایی به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور می‌باشد. هدف از انجام این تحقیق شناسایی مناطق مناسب پخش سیلاب با استفاده از شبکه‌ی استنتاج فازی و تکنیک‌های سنجش از دور و GIS می‌باشد. در این تحقیق حوزه‌ی آبریز داورزن به‌عنوان یکی از سیل‌خیزترین حوضه‌های شمال شرق کشور از جهت موقعیت استراتژیک و قرارگیری اراضی کشاورزی سازمان اتکا انتخاب گردید. نقشه‌های موضوعی مختلف شیب، نفوذپذیری، پتانسیل تولید آلاینده‌ی سازندها، حجم رواناب، عمق آبرفت با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ به‌عنوان ورودی جهت آنالیز در بسته نرم افزاری ArcGIS ۹.۳ انتخاب شدند. نقشه کاربری اراضی نیز پس از انجام مطالعات میدانی و تعیین نقاط تعلیمی با استفاده از تصاویر ETM+ سال ۲۰۰۲ در نرم‌افزار ENVI ۴.۸ تهیه شد. جهت وزن‌دهی و تلفیق لایه‌های اطلاعاتی از روش شاخص همپوشانی، منطق بولین و مدل منطق فازی استفاده گردید. در این تحقیق روش فازی گاما ۰/۹ و روش شاخص همپوشانی به‌علت دارا بودن بیشترین میزان همپوشانی با عرصه‌های کنترل (به ترتیب ۵ و ۴ درصد) به‌عنوان بهترین روش انتخاب گردیدند. بررسی نقشه‌ها حکایت از نامناسب بودن مخروط‌افکنه بالادست اراضی کشاورزی سازمان اتکا داشت. چراکه به‌دلیل وجود سازند حساس به فرسایش در خروجی حوضه رسوبات مارنی در مخروط‌افکنه پایین دست انباشته گردیده و این منطقه را از نظر اجرای عملیات پخش سیلاب ناممکن ساخته است.

واژه‌های کلیدی: منطق بولین، شاخص همپوشانی، مدل منطق فازی، حوزه‌ی آبریز داورزن

Identification of suitable sites for flood spreading by integrating fuzzy logic and GIS & RS techniques

Esmael Dodangeh

(Corresponding Author) Ph.D. Graduate of Watershed Science and Engineering, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural and Natural Resources University

Mohammad Taghi Sattari

Assis. Prof., of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz

Abolghasem Dadresi Sabzevar

Assis. Prof., of Sabzevar Research Centre of Agriculture and Natural Resources

Mohammad Bagher Nateghi

M.Sc., in Water Resources Engineering, Etkā, Iran Ministry Defense Armed Forces Support

Abstract

Flood control and storage are the main factors in combating desertification especially in arid and semi arid regions. This study aims at recognizing suitable sites for flood spreading by coupling fuzzy inference systems and RS & GIS techniques. In this research, Davarzan watershed selected as a one of the most flood prone area in northeastern Iran because of its strategic location in upstream of Etkā agricultural regions. Various thematic maps of the study area including slope map, surface infiltration, pollution generating potential of each formation type, runoff volume and aquifer depth on 1:50000 scales were selected as inputs and analyzed using Arc GIS 9.3 package. Land use map on 2002s ETM+ image after field measurement and identifying training sites in ENVI 4.8 software is also extracted. For weighting and integration of information layers, any techniques such as index overlay, Boolean logic and fuzzy logic model has been used. Results showed that fuzzy gamma 0.9 and index overlay with maximum overlaying surface with the control sites (5 and %4 respectively) are the most appropriate methods. Screening output maps, it is revealed that alluvial fan located in upstream of Etkā agricultural regions was unsuitable. It is mainly due to accelerated erodibility of formations PLC and K11, lying on the outlet section and resulted in aggregated marl sediments on the alluvial fan which made it unsuitable for flood spreading.

Keywords: Boolean logic, Index overlay, Fuzzy logic model, Davarzan watershed

بر جلوگیری از تخریبی که سیل به همراه دارد در شرایط اقلیم خشک و نیمه خشک کشور، عدم افت سالانه و روند رو به افزایش آب سفره را نیز در پی خواهد داشت. از جمله اقداماتی که در زمینه‌ی مهار کردن سیلاب صورت می‌گیرد اجرای عملیات پخش سیلاب در حاشیه رودخانه‌ها از طریق انحراف آب رودخانه می‌باشد. پخش سیلاب می‌تواند خسارت سیلاب‌های ناگهانی که به زندگی انسان‌ها و فعالیت‌های کشاورزی وارد می‌شود را کاهش

مقدمه

بدون شک سیلاب بلای طبیعی است و در عمل هم از نظر تلفات جانی و هم از نظر خسارات مالی مهیب‌ترین بلای طبیعی در جهان دنسته می‌شود. وقوع سیلابها موجب از بین رفتن مزارع و زمین‌های کشاورزی، سدها، بندها، راه‌ها، پل‌ها و سازه‌های دیگر و نیز موجب تخریب خانه‌ها و تلفات جانی صدها انسان و دام می‌گردد (Ziaei, 2006). سیل به طور مستقیم و غیر مستقیم بر بیابانزایی موثر است. استفاده از سیلاب افزون

تعیین مناطق مناسب پخش سیلاب و تغذیه مصنوعی به کار گرفتند. آنها مناطق مستعد اجرای پخش سیلاب را از طریق وزندهی به لایه‌های اطلاعاتی (از جمله زمین‌شناسی، نوع خاک، تراکم شبکه زهکشی، کلاس‌های شیب و منابع آبی) تعیین کردند و سپس مناطق انتخاب را با عرصه‌های شاهد مورد مقایسه و تطبیق قرار دادند (Krishnamurthy, Kkumar, Jayaraman, & Manivel, 1996). کوپرا و شارما (1993) پتانسیل تغذیه آب زیرزمینی را از طریق تحلیل لایه‌های اطلاعاتی از جمله لندفرم‌ها و اشکال ژئومورفولوژیک مورد بررسی قرار دادند. لایه‌های اطلاعاتی در مطالعه آنها شامل شیب، ژئومورفولوژی و گروه‌های هیدرولوژیک خاک بود (Chopra & Sharma, 1993). آل شیخ و همکاران (2008) تحقیقی را به منظور تعیین مناطق مستعد پخش سیلاب با استفاده از GIS در حوضه آبریز سمل بوشهر انجام دادند. ایشان عوامل شیب، قابلیت اراضی، نفوذپذیری سطحی، سازندهای کواترن و ضخامت آبرفت را مطالعه کردند و در محیط GIS اقدام به تلفیق نقشه‌ها نمودند. بر اساس تحقیق آنها استفاده از مدل فازی مناسب‌ترین راهکار برای تعیین مکان‌های مناسب پخش سیلاب با هدف تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها معرفی شده است. معروفی و همکاران (1390) به منظور تعیین عرصه‌های مناسب پخش سیلاب در حوضه آبریز پشت کوه، پنج لایه اطلاعاتی شامل شیب، کاربری اراضی، نفوذپذیری سطحی، واحدهای کواترن و ضخامت آبرفت را در قالب مدل‌های هم‌پوشانی لایه‌ها، منطق بولین و فازی با یکدیگر تلفیق نمودند. آنها نشان دادند که همپوشانی عرصه‌های پیشنهادی با عرصه‌های کنترل در مدل Multi class map نسبت به سایر مدل‌های ارزیابی شده بیشتر بوده و در نتیجه به عنوان بهترین مدل در مکان‌یابی عرصه‌های مناسب پخش سیلاب انتخاب گردید (Marofi, Mahmoudi, Soleymani, & Jafari, 2011). شرکت مزرعه نمونه وابسته به سازمان اتکا در حال حاضر دارای 1500 هکتار اراضی کشاورزی در پایین دست حوضه آبریز داورزن می‌باشد و همه ساله وقوع سیلاب‌های مخرب، خسارت‌های قابل توجهی را به محصولات کشاورزی در این منطقه وارد می‌کند و این در حالی است که با توجه به شرایط اقلیمی خشک حاکم بر منطقه کمبود آب به شدت احساس می‌شود. با توجه به اهمیت حیاتی آب در این منطقه از کشور که به صورت رواناب‌های مخرب از دسترس خارج، مطالعه پتانسیل منطقه از نظر قابلیت استفاده از سیلابها و انجام عملیات اصلاحی در جهت مهار این سیلابها در راستای توسعه فعالیت‌های کشاورزی امری اجتناب ناپذیر است. در این مطالعه سعی گردیده است تا با به کارگیری تکنیک‌های سنجش از دور و GIS و تلفیق لایه‌های اطلاعاتی مختلف، مناطق مناسب

دهد (Ghayoumian, Ghermezcheshme, Feiznia, & Noroozi, 2005). مکانیابی مناسب اجرای عملیات پخش سیلاب یکی از فاکتورهای بسیار مهم در تغذیه منابع آب زیر زمینی در مناطق خشک می‌باشد، جایی که اراضی کشاورزی و مرتعی از حساسیت بسیار بالایی برخوردار می‌باشند (Alesheikh, Oskouei, Atabi, & Helali, 2005). روش‌های قدیمی انتخاب محل هزینه‌بر، وقت‌گیر و همراه با خطا بوده است، چرا که با توجه به حجم عظیم اطلاعات، تجزیه و تحلیل چنین اطلاعاتی توسط انسان زمان‌بر، طولانی و همراه با خطای بسیار زیاد خواهد بود. لذا از سامانه اطلاعات جغرافیایی جهت پردازش، خلاصه کردن و تلفیق داده‌ها استفاده گردید. سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) به طور موثری در جمع‌آوری، وزن‌دهی، تحلیل و توصیف داده‌های مکانی وارد می‌شود و انجام عملیات مکان‌یابی را ممکن می‌سازد (Alesheikh و همکاران 2005). این سامانه، امکان تلفیق لایه‌های مختلف اطلاعاتی از جمله توپوگرافی، ژئولوژی و هیدرولوژی را جهت پایش مناطق مستعد پخش سیلاب و احداث سد فراهم می‌سازد. سامانه اطلاعات جغرافیایی ابزاری با قابلیت زیاد برای بررسی، ارزیابی و ثبت داده‌های پر حجم محیطی و پردازش داده‌ها با استفاده از رایانه است. این سیستم موجب افزایش سرعت و دقت انجام محاسبات گشته و شناسایی مکانی مناسب جهت اجرای عملیات مهندسی مرتبط با کنترل سیلاب را میسر می‌سازد. اما انجام این امر نیازمند تبیین مدل مکانیابی است. تبیین مدل مکان‌یابی نیز نیازمند بررسی وقایع حادث شده در گذشته و تجزیه و تحلیل وضعیت فعلی آنهاست که می‌تواند منجر به تعیین و ساخت مدل‌های کاربردی با جامعیت نسبی لازم درباره پدیده‌های مختلف مانند سیل گردد. کاربرد سنجش از دور (RS) و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) در مطالعات منابع آب زیرزمینی و مکانیابی مناطق مناسب تغذیه مصنوعی در سه دهه گذشته مورد توجه بوده است

(Chenini, Ben Mammou, & El May, 2009; Ghayoumian, Saravi, Feiznia, Nouri, & Malekian, 2007; Marino, 1975; Mehrvarz & Kalantari Oskouei, 2007; Murray, Ogden, & McDaniel, 2003; Ramezani Mehrian, Malekmohammadi, Jafari, & Rafii, 2011; Saraf & Choudhury, 1998; Sargaonkar, Rathi, & Baile, 2010; Sreedhar Ganapuram, Vijaya Kumar, & Murali Krishna, 2009; Zehtabian, Alavipanah, & Hamedpanah, 2001).

کریشناپاناهی و کومار (1996) سامانه اطلاعات جغرافیایی را جهت

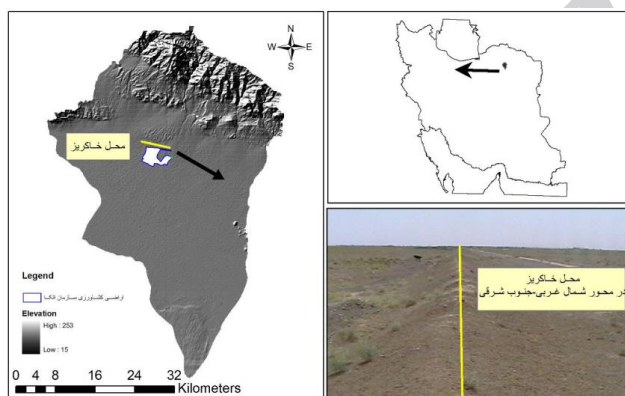
۱۳۱۵ کیلومتر مربع آن، دشت و ۵۴۹ کیلومتر مربع را ارتفاعات و توپوگرافی های پست منطقه تشکیل می دهد. بلندترین نقطه حوضه با ارتفاع ۲۹۴۰ متر، کوه گر در شمال حوضه و حداقل ارتفاع این حوضه ۱۳۶۰ متر در محل خروجی آن است. شبکه هیدروگرافی منطقه مطالعه از سه رودخانه اصلی کمیز، صدخرو و داورزن تشکیل گردیده است و اراضی کشاورزی سازمان اتکا (وابسته به وزارت دفاع و پشتیبانی نیروهای مسلح) در پایین دست رودخانه اصلی حوضه یعنی رودخانه داورزن قرار گرفته است. متوسط بارندگی دشت در محدوده مطالعاتی داورزن ۲۰۳/۷ میلیمتر برآورد گردیده است. شکل ۱ موقعیت حوزه آبریز داورزن، موقعیت اراضی کشاورزی سازمان اتکا در خروجی حوضه و نیز موقعیت خاکریز احداث شده جهت مهار سیلابها را نشان می دهد.

اجرای سیستم پخش سیلاب در منطقه تعیین گردد. در این مطالعه همچنین سعی گردیده است تا قابلیت مدل های مختلف تلفیق لایه های اطلاعاتی از جمله مدل منطق فازی، بولین و شاخص همپوشانی در تلفیق لایه های اطلاعاتی مختلف مورد بررسی و مقایسه قرار گیرد.

مواد و روش ها

منطقه ی مورد مطالعه

محدوده مطالعاتی داورزن با وسعت ۱۸۶۴ کیلومتر مربع تقریباً در حد غربی حوزه ی آبریز کویر مرکزی در استان خراسان واقع شده است (حوزه ی آبریز کویر مرکزی جز هفتمین حوزه ی آبریز درجه ۲ از حوزه ی آبریز اصلی درجه یک فلات مرکزی ایران می باشد). مساحت کل محدوده مطالعاتی داورزن حدود ۱۸۶۴ کیلومتر مربع است که



شکل ۱- موقعیت حوزه ی آبریز داورزن و موقعیت خاکریز احداث شده (سمت چپ و تصویر خاکریز از نمای نزدیک (سمت راست)

نیز با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی حوزه ی آبریز داورزن اقدام به تهیه شبکه هیدروگرافی منطقه گردید.

روش تحقیق

در این مطالعه با توجه به مطالعات قبلی که در خصوص تعیین عرصه های مناسب پخش سیلاب صورت گرفته است (Dadrasi, Marofi et al ; 2009, Sabzevar and Khosroshahi, 2011; Alesheikh, 2008) و استفاده از دانش کارشناسان، پارامترهای کاربری اراضی، شیب، حجم رواناب تولیدی در بخش های مختلف حوزه، عمق آبرفت، نفوذپذیری سازندها و نیز میزان آلایندهای آن ها جهت تعیین مناطق مستعد پخش سیلاب در سطح حوزه آبخیز داورزن مورد استفاده قرار گرفت. جهت وزندهی و تلفیق لایه های مختلف اطلاعات با استفاده از روش منطق بولین و روش شاخص

داده ها و اطلاعات مورد استفاده

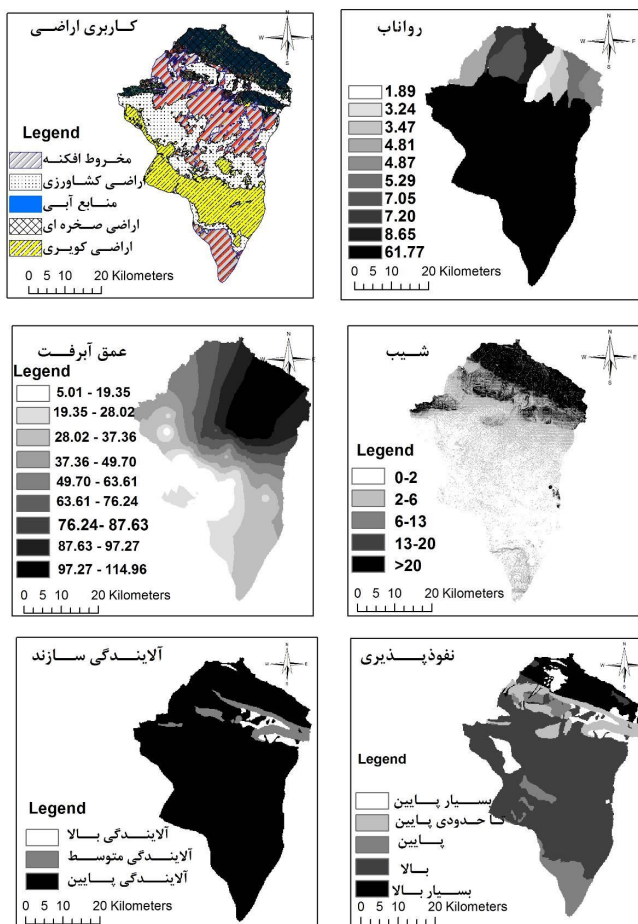
در این مطالعه از لایه های اطلاعاتی مختلف از جمله لایه شیب، لایه نفوذپذیری سازندها، لایه پتانسیل آلایندهای سازندها، نقشه عمق آبرفت، حجم رواناب زیرحوضه ها و لایه کاربری اراضی حوضه استفاده گردید (شکل ۲). این اطلاعات به صورت لایه های GIS و به صورت توزیعی در محیط نرم افزار Arc GIS ۹.۳ گردآوری گردید. به منظور تهیه نقشه شیب از نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ استفاده گردید و پس از تهیه مدل رقومی ارتفاعی (DEM) اقدام به تهیه نقشه شیب گردید. لایه اطلاعاتی کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره ای لندست ETM+ مربوط به سال ۲۰۰۲ استخراج گردید. بقیه لایه های اطلاعاتی نیز از شرکت مهندسی مهتاب قدس استان خراسان رضوی تهیه گردید. جهت تهیه نقشه زهکشی حوضه

منطق بولین

وزن هر لایه اطلاعاتی در این روش بر مبنای منطق صفر و یک تعیین می‌شود. یعنی هر واحد از منطقه پخش سیلاب به صورت خوب و یا بد در نظر گرفته می‌شود. در این منطق که وزن‌دهی لایه‌ها بر اساس صفر یا یک صورت می‌گیرد، اپراتورهای اشتراک^۴، یا اجتماع^۳ تعریف شده است. در این بررسی اپراتور اشتراک مورد استفاده قرار می‌گیرد. تهیه نقشه مساعد یا نامساعد از این روش، پس از امتیاز دادن طبقات هر لایه اطلاعات (صفر یا یک)، در سیستم اطلاعات جغرافیایی از رابطه زیر قابل محاسبه است.

$$MapBoolean = (layer1 = "A") AND (layer2 = "B") AND \dots \quad (1)$$

همپوشانی از ابزار تحلیل‌های مکانی^۱ و جهت وزن‌دهی و تلفیق لایه‌ها با استفاده از روش منطق فازی، از ابزار الحاقی^۲ SDM در محیط نرم‌افزار GIS استفاده گردید. جهت وزن‌دهی لایه‌های اطلاعاتی با روش فازی از توابع فازی^۳ موجود در بسته الحاقی SDM استفاده گردید و تمامی لایه‌های اطلاعاتی در مقیاس ۰ تا ۱ وزندهی گردیدند. سپس لایه‌های فازی شده با استفاده از عملگرهای فازی تلفیق گردیدند. عملگرهای فازی مورد استفاده در این تحقیق شامل Fuzzy AND، Fuzzy SUM، Fuzzy Product، GAMMA^{۰,۹}، GAMMA^{۰,۵} و GAMMA^{۰,۲} بود. جهت ارزیابی و مقایسه دقت مدل‌ها از عرصه‌های اجرا شده پخش سیلاب، به عنوان عرصه‌های شاهد (کنترل) استفاده گردید و میزان همپوشانی نتایج مدل‌های به‌کار گرفته شده با عرصه‌های کنترل مورد مقایسه قرار گرفت.



شکل ۲- نقشه‌های پایه مورد استفاده در تحقیق، نقشه حجم رواناب، کاربری اراضی، شیب، عمق آبرفت، نفوذپذیری، آلایندگی سازند مدل شاخص همپوشانی

- 1 - Spatial Analysis tool
- 2 - Spatial data modeler
- 3 - Membership function
- 4 - Fuzzy operator
- 5 - AND

که عملگرهای فازی بر اساس توابع عضویت فازی تعریف شده‌اند (Zadeh, ۱۹۶۵). برای مدل فازی اپراتورهای اجتماع^۳، اشتراک^۴، ضرب جبری^۵، جمع جبری^۶ و گاما^۷ تعریف شده است (An, Moon, & Rencz, ۱۹۹۱) که از این میان اپراتورهای ضرب، جمع و گاما به کار گرفته شده است.

$$\text{Mapfuzzy product} = \text{layer1} * \text{layer2} * \dots \quad (۳)$$

$$\text{Mapfuzzy Sum} = 1 - (1 - \text{layer1}) * (1 - \text{layer2}) * \dots \quad (۴)$$

$$\text{Mapfuzzy Gamma}_{0.2} = (\text{Mapfuzzy Product})^{0.8} * (\text{Mapfuzzy Sum})^{0.2} \quad (۵)$$

$$\text{Mapfuzzy Gamma}_{0.8} = (\text{Mapfuzzy Product})^{0.2} * (\text{Mapfuzzy Sum})^{0.8} \quad (۶)$$

$$\text{Mapfuzzy Gamma}_{0.5} = (\text{Mapfuzzy Product})^{0.5} * (\text{Mapfuzzy Sum})^{0.5} \quad (۷)$$

نتایج و بحث

وزن دهی و تلفیق لایه‌ها با منطق بولین و شاخص همپوشانی نتایج وزن دهی لایه شیب با روش‌های مذکور برای نمونه در جدول ۱ ذکر گردیده است. خروجی حاصل از دو روش منطق بولین و شاخص همپوشانی جهت تعیین مناطق مناسب اجرای سیستم پخش سیلاب در منطقه در شکل ۳ نشان داده شده است.

مدل شاخص همپوشانی امکان ترکیب نقشه‌های مختلفی را امکان پذیر می‌سازد که در این بررسی از روش ارزیابی چندمعیاره^۱ استفاده می‌شود. این مدل به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$S = \sum_{i=1}^n \frac{S_{ij} W_i}{W_i} \quad (۲)$$

S = امتیاز هر یک از سطوح

Wi = وزن لایه ورودی iام

Sij = امتیاز کلاس jام از لایه iام

در این مدل علاوه بر این که به هر یک از کلاس‌های لایه‌های مختلف وزنی تعلق می‌گیرد، با توجه به تأثیر و اهمیت مختلف هر یک از لایه‌ها نسبت به یکدیگر می‌توان به هر یک از لایه‌ها بر اساس اهمیت آن لایه در آن موضوع مورد بررسی وزنی تخصیص داد که این مورد یکی از مهمترین ویژگی‌های این مدل در ترکیب لایه‌ها به شمار می‌آید (Bonham- carter, ۱۹۹۴).

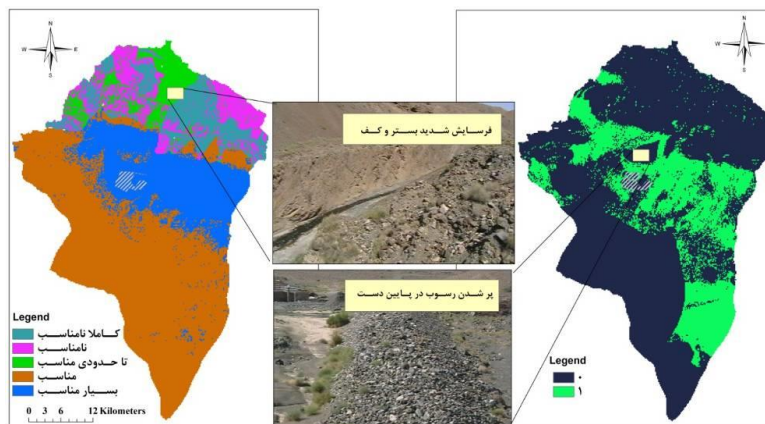
مدل منطق فازی^۲

تابع عضویت یکی از اجزای اصلی مجموعه‌های فازی می‌باشد

جدول ۱ وزن دهی طبقات مختلف شیب جهت تعیین مناطق مناسب پخش سیلاب

طبقات شیب	پخش سیلاب		منطق فازی
	بولین	شاخص همپوشانی	
۲-۰	۱	۸	۰/۸
۵-۲	۱	۱۰	۰/۹۹
۹-۵	۱	۶	۰/۶
۱۳-۹	۰	۴	۰/۴
۱۷-۱۳	۰	۱	۰/۱
۲۲-۱۷	۰	۱	۰/۱
۲۲<	۰	۰	۰

- 1 -Multi criteria evaluation
- 2 -Fuzzy logic model
- 3 -Fuzzy OR
- 4 -Fuzzy AND
- 5 -Fuzzy Algebraic Product
- 6 -Fuzzy Algebraic Sum
- 7 -Fuzzy Gamma



شکل ۳- نقشه خروجی حاصل از دو روش بولین (سمت راست) و شاخص همپوشانی (سمت چپ) جهت تعیین مناطق مستعد پخش سیلاب در منطقه

رده مناسب و بسیار مناسب دارند. با این وجود با مراجعه به شکل ۴ مشخص می‌شود که عملگر فازی جمع مساحتی به وسعت ۱۷۸۴/۴۷ از ۱۸۳۰ کیلومتر مربع (مساحت کل حوضه) را در طبقه بسیار مناسب جای داده است که نتایج چندان واقعی به نظر نمی‌رسد. در روش فازی جمع متمم ضرب متمم مجموعه‌ها محاسبه می‌شود (رابطه ۴) (Ebadinejad, Yamani, Maghsoudi, & Shadfar, ۲۰۰۷) به همین دلیل در نقشه خروجی ارزش پیکسلها به سمت یک میل می‌کند در نتیجه تعداد پیکسل بیشتری در کلاس بسیار مناسب قرار می‌گیرد، لذا دقت خیلی کمی در تعیین تناسب مناطق مستعد پخش سیلاب دارد و عرصه وسیعی به عنوان مناطق مستعد پخش سیلاب انتخاب می‌شود. جهت تعدیل حساسیت خیلی کم فازی جمع و حساسیت خیلی بالای فازی ضرب (به دلیل اینکه ارزش پیکسلها به سمت صفر میل میکند و بیشتر پیکسلها در طبقه نامناسب قرار می‌گیرند)، عملگر فازی گاما که حد فاصل بین دو عملگر را دارد به عنوان بهترین عملگر معرفی گردیده است. در عملگر فازی گاما نیز، گامای ۰/۹ در مقایسه با عملگرهای گامای ۰/۵ و ۰/۲ نتایج بهتری داشته است. نتایج این عملگر نشان می‌دهد ۸۲/۸۸ کیلومتر مربع از مساحت حوضه کاملاً مناسب و مساحت ۲۱۱/۴۸ کیلومتر مربع از مساحت حوضه کاملاً نامناسب جهت اجرای پخش سیلاب بسیار مناسب تشخیص داده شده است.

شکل سمت راست در این تصویر، خروجی روش بولین و شکل سمت چپ خروجی روش شاخص همپوشانی در تعیین مناطق مستعد پخش سیلاب می‌باشد. در نقشه خروجی با استفاده از روش بولین مناطق بر اساس امتیازاتی که در هر معیار کسب کرده‌اند به دو دسته مناطق مطلقاً مناسب و یا مطلقاً نامناسب جهت اجرای عملیات پخش سیلاب تمیز داده شدند. در روش شاخص همپوشانی مناطق از نظر تناسب و قابلیت اراضی جهت اجرای طرح امتیاز دهی شدند و در نهایت هر نقطه‌ای که بر اساس معیارهای مذکور مجموع امتیازات بیشتری کسب کرد در الویت اجرا قرار می‌گیرد. بنابراین نقشه خروجی در این روش نشان دهنده اولویت مناطق جهت اجرای طرح می‌باشد.

وزن دهی و تلفیق لایه‌ها با منطق فازی

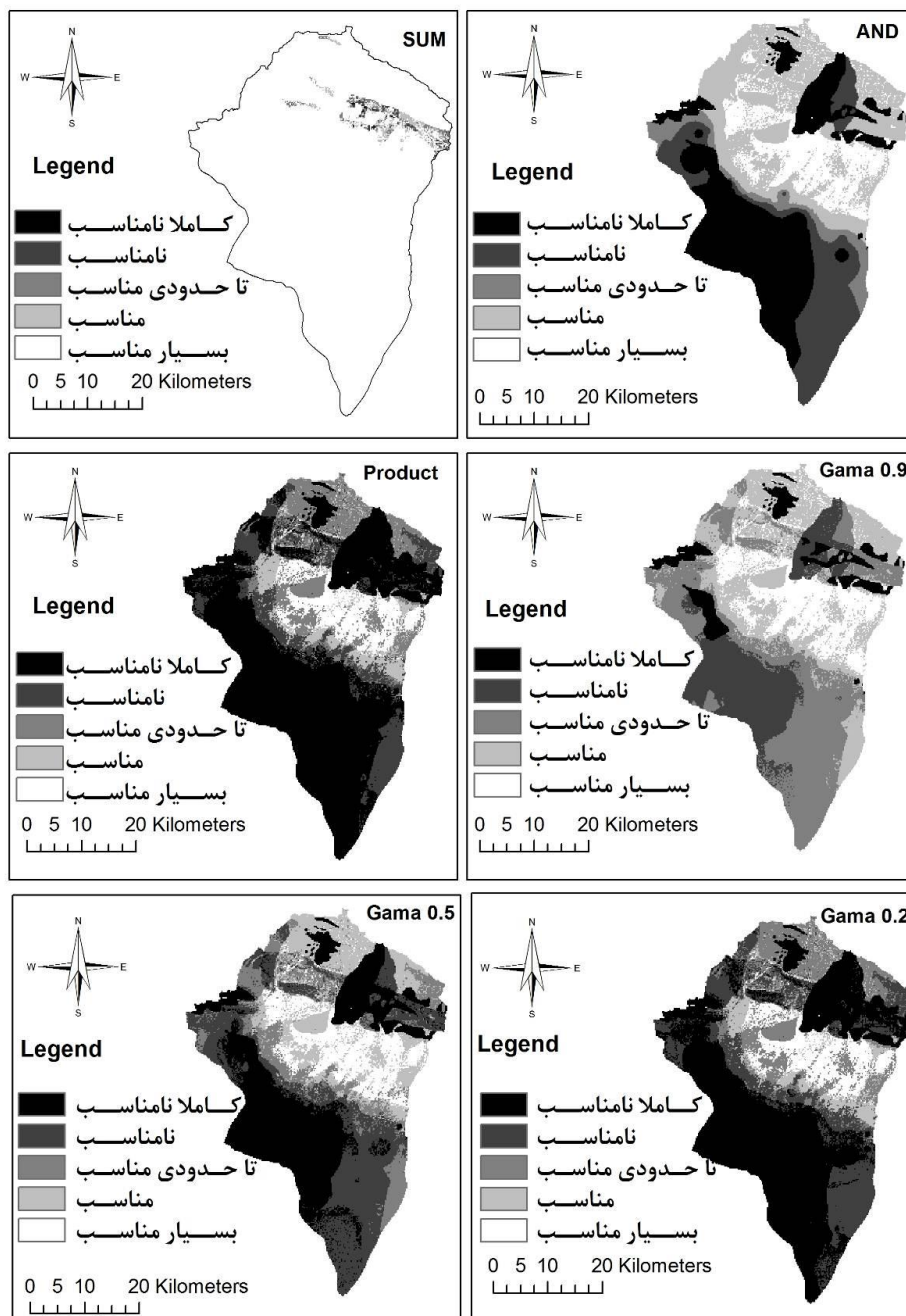
نتایج وزن دهی و تلفیق لایه‌های اطلاعاتی با روش منطق فازی در شکل ۴ نشان داده شده است. با توجه به شکل مشخص می‌گردد اپراتورهای ضرب و جمع فازی نتایج نسبتاً متفاوتی نسبت به اپراتورهای دیگر فازی از جمله گاما ۰/۹ و ۰/۵ داشته‌اند.

ارزیابی مدل‌ها

با توجه به نتایج جدول ۲ مشخص می‌شود که عملگر فازی گاما ۰/۹ و عملگر فازی جمع، بیشترین میزان همپوشانی را با عرصه شاهد در

جدول ۲- میزان همپوشانی مساحت رده‌های تناسب با عرصه شاهد (کیلومتر مربع و درصد)

کاملاً نامناسب		مناسب		تا حدودی مناسب		نامناسب		کاملاً نامناسب		مدل فازی
کیلومتر مربع	درصد	کیلومتر مربع	درصد	کیلومتر مربع	درصد	کیلومتر مربع	درصد	کیلومتر مربع	درصد	
۰	۰	۸/۲۶	۱۰	۲/۱۱	۰/۴	۱/۸۶	۰	۰	۰	Fuzzy AND
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	Fuzzy SUM
۰	۰	۷/۶۱	۱۰	۷/۷۸	۰/۵	۱/۹۶	۰	۰	۰/۱۳	Fuzzy Product
۱۵/۳۳	۰/۵	۲/۱۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	GAMMA0.9
۴/۸۳	۹	۱۰/۵۷	۰/۵	۲	۰/۰۱	۰/۰۶	۰	۰	۰	GAMM0.5
۰	۰	۹/۸۵	۱۴	۵/۵۸	۰/۵	۲/۰۴	۰	۰	۰	GAMM0.2
۱۶/۵۴	۰/۰۹	۰/۹۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	SUM Overlay



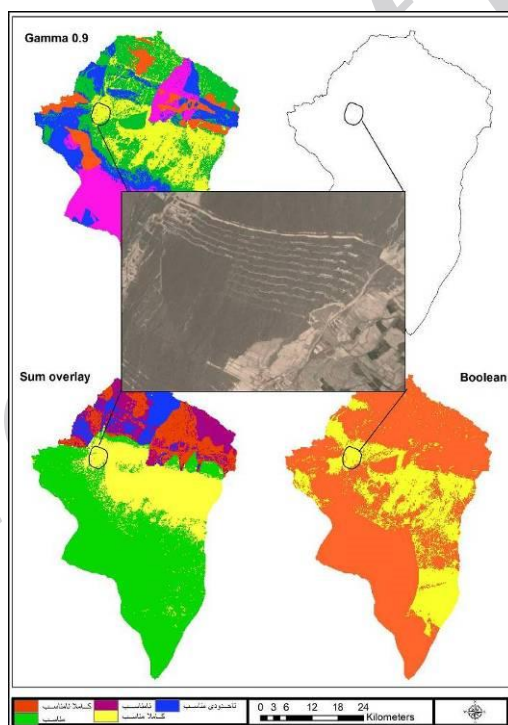
شکل ۴- نقشه خروجی حاصل از روش منطق فازی جهت تعیین مناطق مستعد پخش سیلاب در منطقه

نیز اگرچه به لحاظ موقعیت بسیار مناسب جهت انجام پخش سیلاب در بالادست اراضی سازمان اتکا می‌باشد، در روش منطق بولین به عنوان منطقه نامناسب تشخیص داده شده است و روش فازی نیز آن را در طبقه کاملاً مناسب قرار نداده است. علت این امر مربوط به لایه نفوذپذیری است که به عنوان لایه ورودی به مدل مورد استفاده قرار گرفته است. مخروط افکنه موجود در خروجی حوضه و در بالادست

شکل ۵ همپوشانی موقعیت منطقه شاهد را با روشهای منطق بولین، شاخص همپوشانی و منطق فازی نشان می‌دهد. بسیاری از مطالعات نشان داده‌اند که اراضی مخروط افکنه‌ای در خروجی حوضه های آبریز پتانسیل خوبی جهت اجرای پخش سیلاب دارند چرا که این اراضی عموماً متشکل از کنگلومرای درشت دانه هستند و مناطق نفوذ خوبی محسوب می‌شوند. مخروط افکنه واقع در خروجی حوضه آبریز داورزن

رسوبات درشت دانه کنگلومرا را پوشانده و باعث کاهش نفوذپذیری مخروط افکنه گردیده است. در شکل ۳ تصویر بالایی مربوط به خروجی حوضه می‌باشد که فرسایش شدید کناری و بستری اتفاق افتاده است. تصویر پایین نیز از محل بند سنگ-چین بر روی مخروط افکنه گرفته شده است. این بند جهت انحراف آب رودخانه داورزن به سمت اراضی کشاورزی احداث گردیده است. همانطور که در تصویر مشخص می‌باشد این بند به طور کامل از رسوبات فرسایش یافته از مناطق بالادست (محل خروجی حوضه که در شکل بالایی نشان داده شده است) پر شده است. بنابراین علت اینکه این مخروط افکنه توسط سیستم به عنوان منطقه نامناسب جهت اجرای سیستم پخش سیلاب تشخیص داده شده وجود همین رسوبات می‌باشد که باعث کاهش نفوذپذیری در این نقطه شده‌اند و در نتیجه در لایه نفوذپذیری امتیاز کمتری توسط سیستم به این منطقه اختصاص داده شده است. بنابراین این منطقه از نظر اجرای عملیات پخش سیلاب نامناسب می‌باشد و قابل توصیه نیست و در صورت اجرا با توجه به نوع سازند احتمال خطر زمین لغزش وجود دارد.

اراضی اتکا، در روش بولین امتیاز صفر و در روش شاخص همپوشانی و منطق فازی امتیاز بسیار کمی بر روی این لایه کسب کرده است. همین عامل باعث شده است در روش بولین به طور کامل نامناسب تشخیص داده شود و در روش منطق فازی نیز رتبه پایین تری کسب کند. این مخروط افکنه اگر چه از جهات دیگر و مخصوصاً از نظر شیب توپوگرافی (با ۲-۶ درصد شیب) و میزان حجم رواناب، بسیار مناسب جهت اجرای سیستم پخش سیلاب می‌باشد با این وجود از نظر نفوذپذیری چندان مناسب نیست. در توجیه این موضوع می‌توان گفت. اگر چه سازندهای تشکیل دهنده این مخروط متشکل از کنگلومرای درشت دانه است، حوضه آبریز داورزن در خروجی حوضه که قدرت فرساینده‌گی و میزان جریان به حداکثر خود می‌رسد روی سازند حساس به فرسایش PLC^۱ و KII^۲ قرار گرفته است. این عامل باعث ایجاد فرسایش شدید بستر و کف و دیواره‌های رودخانه در این نقطه گردیده و رسوبات حاصل از فرسایش در این نقطه توسط جریان آب به مناطق پایین دست حمل می‌شوند و بر روی مخروط افکنه پایین انباشته می‌شوند و بین لایه‌های درشت دانه کنگلومرا را می‌پوشانند. این رسوبات که رسوبات ریز دانه رسی می‌باشند لایه لای



شکل ۵- نقشه همپوشانی موقعیت منطقه شاهد با طبقات تناسب روشهای منطق بولین، شاخص همپوشانی و گامای ۰/۹

- 1 - Conglomerate with marl intercalations in lower par
- 2 - Limestone orbitolina bearing

متعدد کنترل و مهار سیلاب یاری نماید.

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته شده از طرح پژوهشی «مطالعه و بررسی رژیم سیلابها و امکان بهره‌برداری بهینه از آنها در منطقه داورزن» می‌باشد که توسط نویسندگان مقاله به انجام رسیده است. نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از سازمان اتکا وابسته به وزارت دفاع و پشتیبانی نیروهای مسلح و نیز پرسنل محترم مجتمع کشاورزی و دامپروری داورزن به خاطر تامین امکانات و منابع مالی جهت انجام این تحقیق سپاسگزاری کنند.

منابع

- 1- Alesheikh, A. A., Oskouei, A. K., Atabi, F., and Helali, H. (2005) Providing interoperability for air quality in situs sensors observations using GML technology. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 2(2), pp. 133-140.
- 2- An, P., Moon, W. M., and Rencz, A. (1991) Application of fuzzy set theory to integrated mineral exploration. *Canadian Journal of Exploration Geophysics*, 27(1), pp. 1-11.
- 3- Bonham- carter, G. F. (1994) *Geographic information systems for geoscientists: Modeling with GIS*: Paragon press, Oxford, 398.
- 4- Chenini, I., Ben Mammou, A., and El May, M. (2009) Groundwater Recharge Zone Mapping Using GIS-Based Multi-criteria Analysis: A Case Study in Central Tunisia (Maknassy Basin). *Water Resources Management*, 24, pp. 921-939.
- 5- Chopra, R., and Sharma, P. K. (1993) Landform analysis and ground water potential in the Bits Dab area Punjab, India. *International journal of Remote Sensing*, 14(17), pp. 3221-3229.
- 6- Dadrasi Sabzevar, A. and Khosroshahi, M. (2009) Desertification control via identification of suitable areas for flood control by application of conceptual models. *Iranian journal of Range and Desert research*, 15(2), pp. 241-227).
- 7- Ebadinejad, S. A., Yamani, M., Maghsoudi,

نتیجه‌گیری

در این مطالعه حوزه‌ی آبریز داورزن به دلیل موقعیت استراتژیک از جهت قرارگیری در بالادست اراضی کشاورزی سازمان اتکا (وابسته به وزارت دفاع و پشتیبانی نیروهای مسلح) که با پتانسیل سیل خیزی بالا مخصوصاً در فصل بهار و تابستان موجب خسارت به محصولات کشاورزی این سازمان می‌شود، جهت تعیین مناطق مناسب پخش سیلاب مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این مطالعه شباهت زیادی به نتایج مطالعه دادرسی سبزواری و خسروشاهی (۱۳۸۷) دارد. نتایج نشان داد روش گامای ۰/۹ در مقایسه با روش‌های دیگر دارای تطابق بیشتری با عرصه‌های کنترل می‌باشد. در این روش مجموع ۴۹۰/۲۷ کیلومتر مربع از کل حوضه در طبقه مناسب و ۲۹۸/۸۵ کیلومتر مربع در طبقه کاملاً مناسب تشخیص داده شد. دادرسی سبزواری و خسروشاهی نیز نشان دادند روش گاما ۰/۸ نسبت به سایر اپراتورها نتایج بهتری نشان می‌دهد. مطالعه آنها نشان داد روش جمع فازی نتایج نسبتاً خوبی داشته در حالیکه اپراتور ضرب فازی نتایج قابل قبولی نداشته است که در تطابق با یافته‌های این مطالعه می‌باشد. در این مطالعه نیز مشخص گردید میزان همپوشانی مساحت رده‌های تناسب با عرصه شاهد در روش فازی ضرب، صفر درصد می‌باشد. با این وجود در این مطالعه روش جمع فازی برخلاف نتایج دادرسی و خسروشاهی (۲۰۰۹) نتایج خوبی نداشته است. اگرچه در این مطالعه مدل منطق فازی با اپراتور گاما ۰/۹ با بیشترین تطابق بین مساحت رده‌های تناسب با عرصه شاهد به عنوان مناسبترین روش معرفی گردید با این وجود روش شاخص همپوشانی نیز قابلیت بالایی در تلفیق لایه‌ها داشته است به طوری که بعد از روش گامای ۰/۹ در الویت دوم قرار گرفته است و نسبت به روش‌های دیگر فازی و منطق بولین ارجحیت داشته است. معروفی و همکاران (۱۳۹۰) نیز در مطالعه‌ای که به منظور بررسی عرصه‌های مناسب پخش سیلاب با استفاده از روش منطق بولین و فازی در حوزه آبخیز پشت کوه به انجام رساندند نشان دادند که میزان همپوشانی عرصه‌های پیشنهادی به عرصه‌های کنترل در روش شاخص همپوشانی بیشتر بود و در نتیجه به عنوان بهترین مدل در مکان‌یابی عرصه‌های مناسب پخش سیلاب در حوزه آبخیز پشت کوه انتخاب گردید. در بررسی نقشه‌های زمین‌شناسی مشخص گردید که در محل خروجی حوضه، که قدرت فرساینده‌ی جریان به بیشترین مقدار خود می‌رسد، رودخانه بر روی سازند مارن (PLC)، سازندی با نفوذپذیری کم و حساسیت به فرسایش بسیار بالا قرار گرفته است. همین عامل باعث فرسایش شدید بستر و کف رودخانه شده است و رسوبات در مناطق پایین دست انباشته شده است و مخروط افکنه موجود در بالادست اراضی کشاورزی سازمان اتکا را جهت اجرای سیستم پخش سیلاب نامناسب ساخته است. نتایج این تحقیق می‌تواند بخش اجرا را در دستیابی سریع و دقیق به مناطق

- 14- Murray, J., Ogden, A. T., and McDaniel, P. A. (2003) Development of a GIS database for ground-water recharge assessment of the Palo use. *Soil Science*, 168(11), pp. 759-768.
- 15- Ramezani Mehrian, M., Malekmohammadi, B., Jafari, H. R., and Rafii, Y. (2011) Site Selection of the Artificial Groundwater Recharge Using Multiple Criteria Decision Making and Geographic Information System (Case Study: Hormozgan Province, Shemil Ashkara Plain). *Iran-Watershed Management Science & Engineering*, 5(14), pp. 1-10.
- 16- Saraf, A. K., and Choudhury, P. R. (1998) Integrated remote sensing and GIS for ground water exploration and identification recharge sites. *International journal of Remote Sensing*, 19(10), pp. 1825-1841.
- 17- Sargaonkar, A., Rathi, B., and Baile, A. (2010) Identifying potential sites for artificial groundwater recharge in sub-watershed of River Kanhan, India. *Environmental Earth Sciences*, pp. 1-10.
- 18- Sreedhar Ganapuram, G. T., Vijaya Kumar, I. V., and Murali Krishna, M. (2009) Mapping of ground water potential zone in the Musi basin using remote sensing data and GIS *Advances in Engineering Software*, 40, pp. 518-506.
- 19- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information Control*, 8, pp. 353-338.
- 20- Zehtabian, G. R., Alavipanah, S. K., and Hamedpanah, R. (2001) Determination of an appropriate area for flood water spreading by remote sensing data and GIS. Paper presented at the Proceedings of the International conference on new technology for a new, Seoul, Korea.
- 21- Ziaei, H. (2006) *Principals of Watershed Engineering*. Mashhad: Astane Ghodse Razavi.
- M., and Shadfar, S. (2007) Evaluation of fuzzy logic operators for determining landslide potential (case study: Shihood watershed). *Iran-Watershed Management Science & Engineering*, 1(2), pp. 39-44.
- 8- Ghayoumian, J., Ghermezcheshme, B., Feiznia, S., and Noroozi, A. A. (2005) Integrating GIS and DSS for identification of suitable areas for artificial recharge, case study Meimeh Basin, Isfahan, Iran. *Environment Geology*, 47(4), pp. 493-500.
- 9- Ghayoumian, J., Saravi, M. M., Feiznia, S., Nouri, B., and Malekian, A. (2007) Application of GIS techniques to determine areas most suitable for artificial groundwater recharge in a coastal aquifer in southern Iran. *Journal of Asian Earth Sciences*, 30, pp. 364-374.
- 10- Krishnamurthy, J., Kkumar, N. V., Jayaraman, V., and Manivel, M. (1996) An approach to demarcate ground water potential zones through remote sensing and geographic information systems. *International journal of Remote Sensing*, 17(10), pp. 1867-1884.
- 11- Marino, M. A. (1975) Artificial groundwater recharge II. Rectangular recharging area. *Journal of Hydrology*, 26, pp. 29-37.
- 12- Marofi, S., Mahmoudi, M., Soleymani, S., and Jafari, B. (2011) Assessment of Flood Spreading Sites Using Index of Overlay Maps, Boolean and Fuzzy Logic Operators in GIS Media (Case Study: Poshtkoh Basin). *Journal of Water and Soil Science*, 21(4), pp. 1-16.
- 13- Mehrvarz, K., and Kalantari Oskouei, A. (2007) Investigation of quaternary deposits suitable for floodwater spreading. Paper presented at the Proceedings of the international congress of river basin management, Antalya, Turkey.

