پژوهش‌های آبخیزداری
(پژوهش‌وسازندگی)
دوره ۳۰، شماره ۱، شماره پیاپی ۱۱۴، بهار ۱۳۹۶، صفحات ۲۴-۱۴
شناسه‌ی دیجیتال: 10.22092/WMEJ.2017.115560

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

• 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 دادرسی‌سبزوار
استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سبزوار
• محمدباقر ناطقی
کارشناس‌ارشد 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 پخش‌سیلاب 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 آلایندگی 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 ENVI۴,۸ 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 (به‌ترتیب ۵ و ۴ درصد) به عنوان 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 پخش‌سیلاب 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

Esmaeel 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, Etka, 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 resarch, Davarzan watershed selected as a one of the most flood prone area in northeastern Iran because of its strategic location in upstream of Etka 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 Etka agricultural regions was unsuitable. It is mainly due to accelerated erodibility of formations PLc and K1l, 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

مقدمه

بدون شک سیلاب بلای طبیعی است و در عمل هم از نظر تلفات جانی و هم از نظر خســارات مالی مهیب ترین 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, ۲۰۰۶). سیل به طور مستقیم و غیر مستقیم بر بیابانزایی موثر است. استفاده از سیلاب افزون بر جلوگیری از تخریبی که ســیل 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 جملــه اقداماتی که در زمینه‌ی مهار کردن ســیلاب صورت می‌گیرد اجرای عملیات پخش‌سیلاب در حاشیه رودخانه‌ها از طریق انحراف آب رودخانه می‌باشــد. پخش‌سیلاب می‌تواند خسارت سیلاب‌های ناگهانی که به زندگی انســان‌ها و فعالیت‌های کشاورزی وارد می‌شود را کاهش

دهد (Ghayoumian, Ghermezcheshme, Feiznia, & Noroozi, ۲۰۰۵). مکانیابی مناسب اجرای عملیات پخش‌سیلاب 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, ۲۰۰۵). 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[1] (GIS) به طور موثری در جمع‌آوری، وزن‌دهی، تحلیل و توصیف داده‌های مکانی وارد می‌شود و انجام عملیات مکان‌یابی را ممکن می‌سازد (Alesheikh و همکاران ۲۰۰۵). این سامانه، امکان تلفیق لایه‌های مختلف اطلاعاتی از جمله توپوگرافی، ژئولوژی و هیدرولوژی را جهت پایش مناطق مستعد پخش‌سیلاب 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).**

کریشنامورثی و کومار (۱۹۹۶) سامانه اطلاعات جغرافیایی را جهت تعیین مناطق مناسب پخش‌سیلاب و تغذیه مصنوعی به کار گرفتند. آنها مناطق مستعد اجرای پخش‌سیلاب را از طریق وزندهی به لایه‌های اطلاعاتی (از جمله زمین‌شناسی، نوع خاک، تراکم شبکهٔ 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, ۱۹۹۶). کوپرا و شارما (۱۹۹۳) پتانسیل تغذیه آب زیرزمینی را از طریق تحلیل لایه‌های اطلاعاتی از جمله لندفرم‌ها و اشکال ژئومورفولوژیک مورد بررسی قرار دادند. لایه‌های اطلاعاتی در مطالعهٔ آنها شامل شیب، ژئومرفولوژی و گروه-های هیدرولوژیک خاک بود (Chopra & Sharma, ۱۹۹۳). آل شیخ و همکاران (۲۰۰۸) تحقیقی را به منظور تعیین مناطق مستعد پخش‌سیلاب با استفاده از GIS در حوضهٔ آبریز سمل بوشهر انجام دادند. ایشان عوامل شیب، قابلیت اراضی، نفوذپذیری سطحی، سازندهای کواترنر 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 پخش‌سیلاب با هدف تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها معرفی شده است. معروفی و همکاران (۱۳۹۰) به منظور تعیین عرصه‌های مناسب پخش‌سیلاب در حوضه آبریز پشت‌کوه، پنج لایه اطلاعاتی شامل شیب، کاربری اراضی، نفوذپذیری سطحی، واحدهای کواترنر 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 مکان یابی عرصه‌های مناسب پخش‌سیلاب انتخاب گردید (Marofi, Mahmoudi, Soleymani, & Jafari, ۲۰۱۱)

شرکت مزرعه نمونه وابسته به سازمان اتکا در حال حاضر دارای ۱۵۰۰ 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

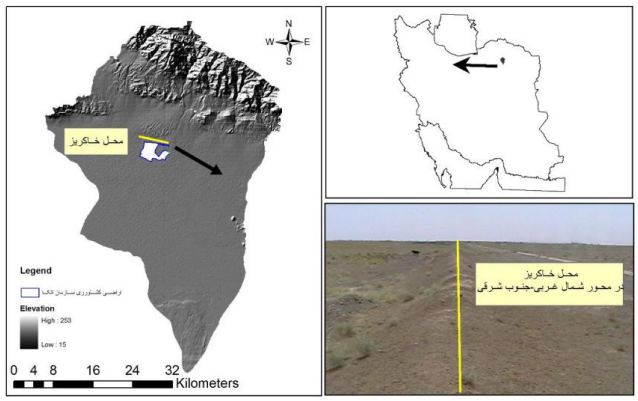
1 -Geographical information systems

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

مواد و روش‌ها

منطقه‌ی مورد مطالعه

محدوده مطالعاتی داورزن با وسعت ۱۸۶۴ کیلومتر مربع تقریبا در حد غربی حوزه‌ی آبریز کویر مرکزی در استان خراسان واقع شده است (حوزه‌ی آبریز کویر مرکزی جز هفتمین حوزه‌ی آبریز درجه ۲ از حوزه‌ی آبریز اصلی درجه یک فلات مرکزی ایران می‌باشد). مساحت کل محدوده مطالعاتی داورزن حدود ۱۸۶۴ کیلومتر مربع است که ۱۳۱۵ کیلومتر مربع آن، دشت و ۵۴۹ کیلومتر مربع را ارتفاعات و توپوگرافی‌های پست منطقه تشکیل می‌دهد.. 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 حوزه و نیز موقعیت خاکریز احداث شده جهت مهار سیلابها را نشان می‌دهد.



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

داده‌ها و اطلاعات مورد استفاده

در این مطالعه از لایه‌های اطلاعاتی مختلف از جمله لایه شیب، لایه نفوذپذیری سازندها، لایه پتانسیل آلایندگی سازندها، نقشه عمق آبرفت، حجم رواناب زیرحوضه ها و لایه کاربری اراضی حوضه استفاده گردید (شکل ۲). این اطلاعات به صورت لایه‌های GIS و به صورت توزیعی در محیط نرم‌افزار Arc GIS۹,۳ گردآوری گردید. به منظور تهیه نقشه شیب از نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ استفاده گردید و پس از تهیه مدل رقومی ارتفاعی[1] (DEM) اقدام به تهیه نقشه شیب گردید. لایه اطلاعاتی کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ETM+ مربوط به سال ۲۰۰۲ استخراج گردید. بقیه لایه‌های اطلاعاتی نیز از شرکت مهندسین مهاب قدس استان خراسان رضوی تهیه گردید. جهت تهیه نقشه زهکشی حوضه نیز با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی حوزه‌ی آبریز داورزن اقدام به تهیه شبکه هیدروگرافی منطقه گردید.

روش تحقیق

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

1 -Digital Elevation Model (DEM)

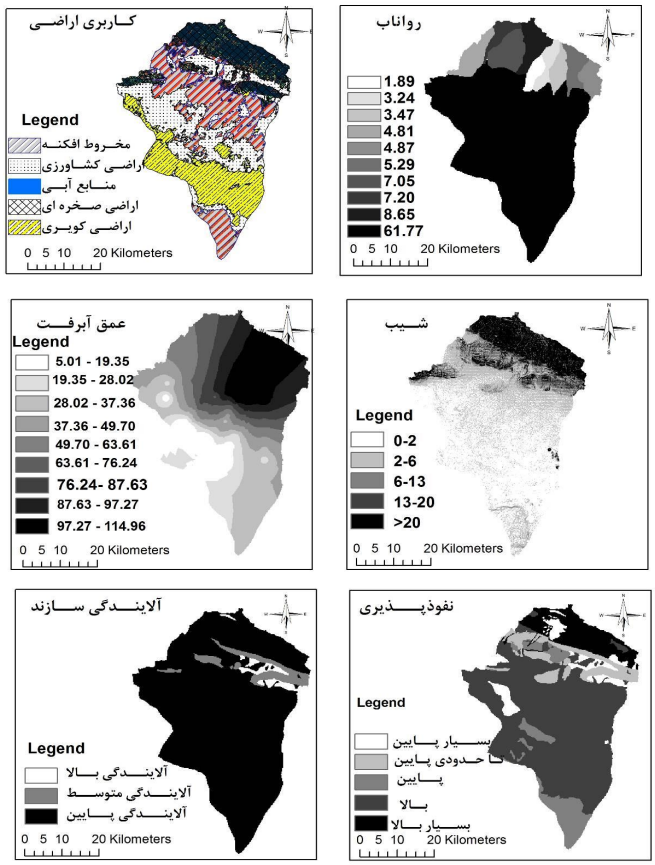
روش شـــاخص هم‌پوشانی از ابزار تحلیل‌های مکانی[1] و جهت وزن‌دهی و تلفیق لایه‌هابا اســـتفاده از روش منطق فازی، از ابزار الحاقی SDM[2] در محیط نرم‌افزار GIS اســـتفاده گردید. جهت وزن‌دهی لایه‌های اطلاعاتی با روش فازی از توابع فازی[3] موجود در بسته الحاقی SDM استفاده گردید و تمامی لایه‌های اطلاعاتی در مقیاس ۰ تا ۱ وزندهی گردیدند. سپس لایه های فازی شده با استفاده از عملگرهای فـــازی تلفیق گردند. عملگرهای فازی مورد اســـتفاده در این تحقیق شـــامل Fuzzy AND، Fuzzy SUM، Fuzzy Product، GAMMA۰,۹، GAMMA۰,۵ و GAMMA۰,۲ بود.

جهـــت ارزیابی و مقایســـه دقت مدل‌هـــا از عرصه‌های اجرا شـــده پخش‌سیلاب، به عنوان عرصه‌های شـــاهد (کنترل) استفاده گردید و میزان همپوشانی نتایج مدلهای به‌کار گرفته شده با عرصه‌های کنترل مورد مقایسه قرار گرفت.

منطق بولین

وزن هر لایه اطلاعاتی در این روش بر مبنای منطق صفر و یک تعیین می‌شـــود. یعنی هر واحد از منطقه پخش‌سیلاب 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[4]، یا اجتماع [5]تعریف شـــده است. در این بررسی اپراتور اشتراک مورد استفاده قرار می‌گیرد. تهیه نقشـــه مساعد یا نامساعد از این روش، پس از امتیاز دادن طبقات هـــر لایه اطلاعات (صفر یا یک)، در سیســـتم اطلاعات جغرافیایی از رابطه زیر قابل محاسبه است.

$$MapBoolean = (layer1 = "A") AND (layer2 = "B") AND ... \qquad (۱)$$



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

مدل شاخص همپوشانی امکان ترکیب نقشه‌های مختلفی را امکان‌پذیر می‌سازد که در این بررسی از روش ارزیابی چندمعیاره[1]استفاده می‌شود. این مدل به صورت زیر تعریف می‌شود:

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

S= امتیاز هر یک از سطوح
Wi= وزن لایه ورودی iام
Sij = امتیاز کلاس jام از لایه iام

در ایـــن مدل علاوه بـــر این که به هر یـــک از کلاس‌های لایه‌های مختلف وزنی تعلـــق می‌گیرد، با توجه به تأثیـــر 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[2]

تابـــع عضویت یکـــی از اجزای اصلـــی مجموعه‌های فازی می‌باشـــد که عملگرهای فازی بر اســـاس توابع عضویت فازی تعریف شـــده‌اند (Zadeh, ۱۹۶۵). برای مدل فازی اپراتورهای اجتماع[3] ، اشـــتراک[4] ، ضـــرب جبری[5] ، جمع جبری[6] و گاما[7] تعریف شـــده اســـت (An, Moon, & Rencz, ۱۹۹۱) کـــه از این میـــان اپراتورهای ضرب، جمع و گاما به کار گرفته شده است.

$$Mapfuzzy \quad product = layer1 * layer2 * ... \quad (۳)$$

$$Mapfuzzy \quad Sum = 1 - (1 - layer1) * (1 - layer2) * ... \quad (۴)$$

$$Mapfuzzy \quad Gamma_{0.2} = (Mapfuzzy \quad \Pr oduct)^{0.8} * (Mapfuzzy \quad Sum)^{0.2} \quad (۵)$$

$$Mapfuzzy \quad Gamma_{0.8} = (Mapfuzzy \quad \Pr oduct)^{0.2} * (Mapfuzzy \quad Sum)^{0.8} \quad (۶)$$

$$Mapfuzzy \quad Gamma_{0.5} = (Mapfuzzy \quad \Pr oduct)^{0.5} * (Mapfuzzy \quad Sum)^{0.5} \quad (۷)$$

نتایج و بحث

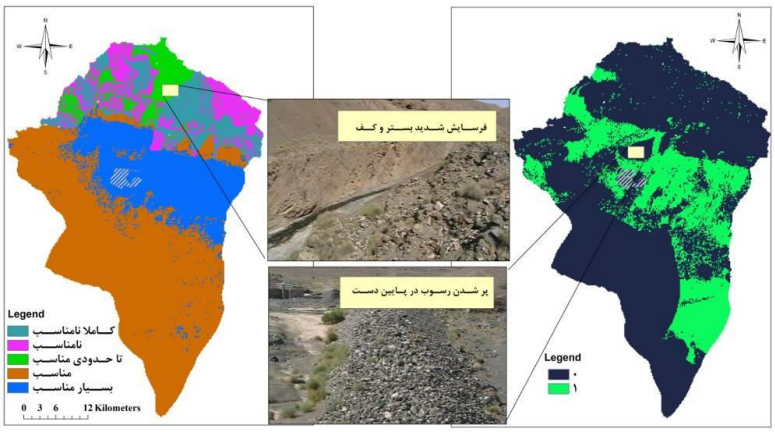
وزن‌دهی و تلفیق لایه‌ها با منطق بولین و شاخص همپوشانی

نتایج وزن‌دهی لایهٔ شیب با روش‌های مذکور برای نمونه در جدول ۱ ذکر گردیده اســـت. خروجی حاصل از دو روش منطق بولین و شاخص همپوشانی جهت تعیین مناطق مناسب اجرای سیستم پخش‌سیلاب در منطقه در شکل ۳ نشان داده شده است.

جدول ۱ وزن‌دهی طبقات مختلف شیب جهت تعیین مناطق مناسب پخش‌سیلاب

پخش‌سیلاب			
طبقات شیب	بولین	شاخص همپوشانی	منطق فازی
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 Algebric Product
6 -Fuzzy Algebric Sum
7 -Fuzzy Gamma



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

شکل سمت راست در این تصویر، خروجی روش بولین و شکل سمت چپ خروجی روش شاخص همپوشانی در تعیین مناطق مستعد پخش‌سیلاب می‌باشد. در نقشه خروجی با استفاده از روش بولین مناطق بر اساس امتیازاتی که در هر معیار کسب کرده‌اند به دو دسته مناطق مطلقا مناسب و یا مطلقا نامناسب جهت اجرای عملیات پخش‌سیلاب 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.

وزن‌دهی و تلفیق لایه‌ها با منطق فازی

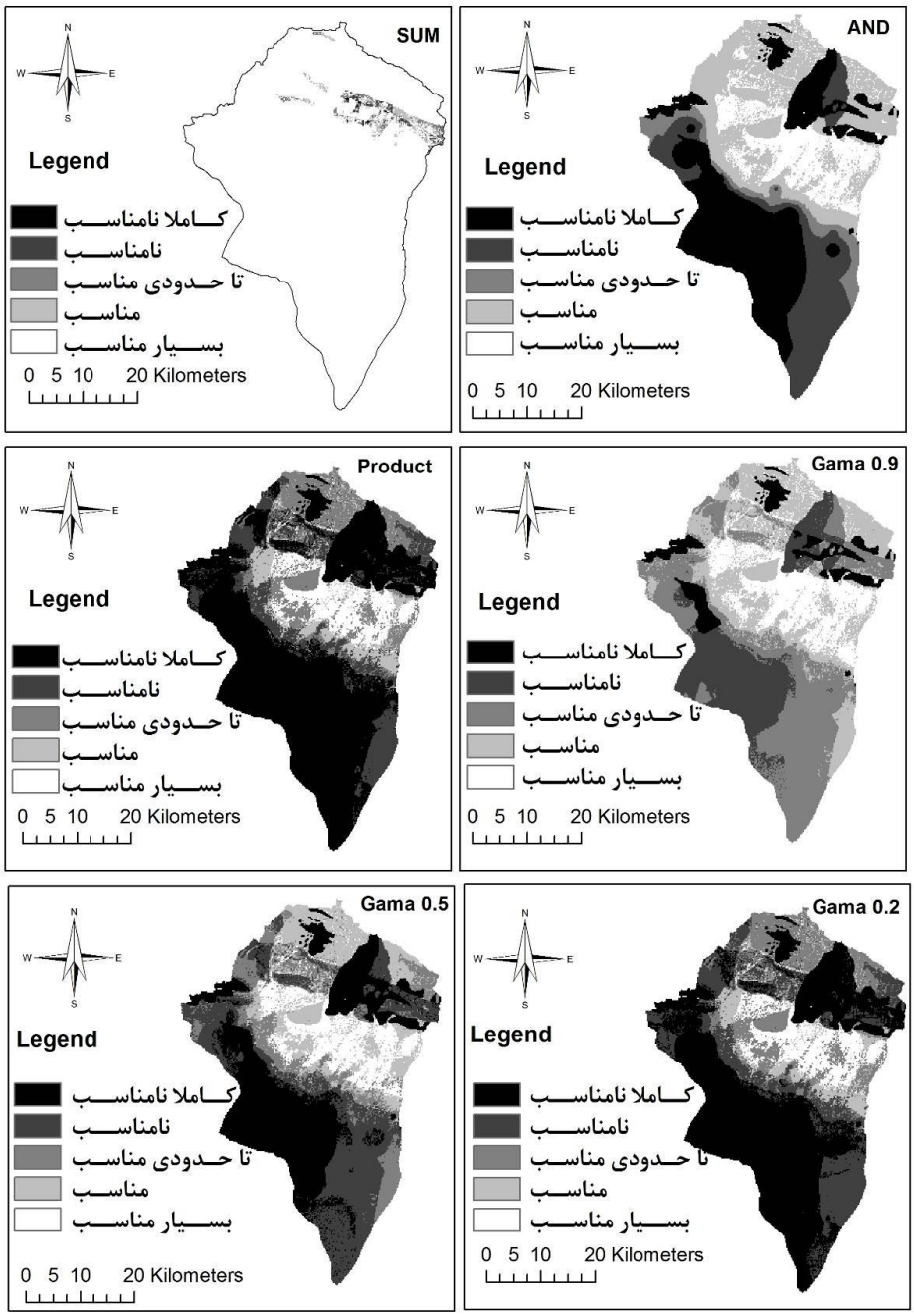
نتایج وزن دهی و تلفیق لایه‌های اطلاعاتی با روش منطق فازی در شکل ۴ نشان داده شده است. با توجه به شکل مشخص می‌گردد اپراتورهای ضرب و جمع فازی نتایج نسبتا متفاوتی نسبت به اپراتورهای دیگر فازی از جمله گاما ۰/۹ و گاما ۰/۵ داشته‌اند.

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 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 پخش‌سیلاب دارد و عرصه وسیعی به عنوان مناطق مستعد پخش‌سیلاب 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. درعملگر 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 مناسب و مساحت ۲۱۱/۴۸ کیلومتر مربع از مساحت حوضه کاملا مناسب جهت اجرای پخش‌سیلاب بسیار مناسب تشخیص داده شده است.

جدول۲- میزان هم‌پوشانی مساحت رده‌های تناسب با عرضه شاهد (کیلومتر مربع و درصد)

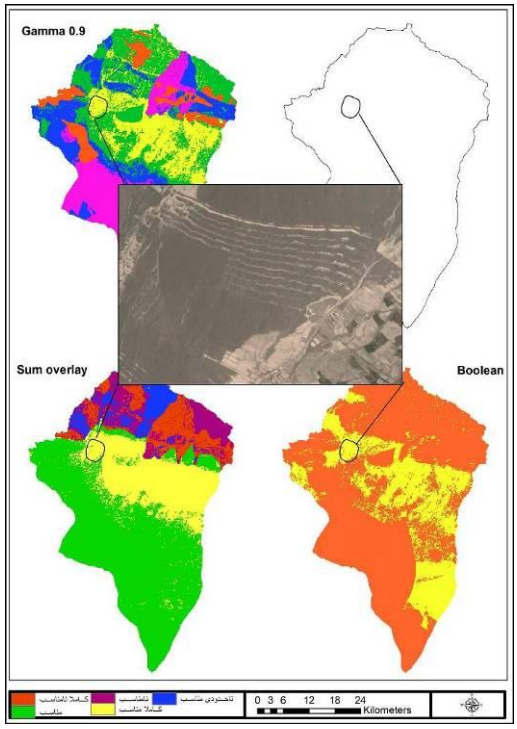
	کاملا نامناسب		نامناسب		تاحدودی مناسب		مناسب		کاملا مناسب	
مدل فازی	کیلومتر مربع	درصد	کیلومتر مربع	درصد	کیلومتر مربع	درصد	کیلومتر مربع	درصد	کیلومتر مربع	درصد
Fuzzy AND	۰	۰	۱/۸۶	۰/۴	۲/۱۱	۱/۲	۸/۲۶	۱۰	۵/۲۵	۳
Fuzzy SUM	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۷/۴۶	۰/۹
Fuzzy Product	۰/۱۳	۰	۱/۹۶	۰/۵	۷/۷۸	۹/۴	۷/۶۱	۱۰	۰	۰
GAMMA0.9	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲/۱۴	۰/۵	۱۵/۳۳	۵
GAMM0.5	۰	۰	۰/۰۶	۰/۰۱	۲	۰/۵	۱۰/۵۷	۹	۴/۸۳	۳
GAMM0.2	۰	۰	۲/۰۴	۰/۵	۵/۵۸	۵/۷	۹/۸۵	۱۴	۰	۰
SUM Overlay	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۹۳	۰/۰۹	۱۶/۵۴	۴



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

شکل ۵ همپوشـــانی موقعیت منطقه شاهد را با روشهای منطق بولین، شاخص همپوشـــانی و منطق فازی نشان می‌دهد. بسیاری از مطالعات نشان داده‌اند که اراضی مخروط افکنه‌ای در خروجی حوضه های آبریز پتانســـیل خوبی جهت اجرای پخش‌ســـیلاب دارند چرا که این اراضی عموما متشـــکل از کنگلومرای درشت دانه هستند و مناطق نفوذ خوبی محسوب می‌شوند. مخروط افکنه واقع در خروجی حوضه آبریز داورزن نیز اگرچه به لحاظ موقعیت بســـیار مناسب جهت انجام پخش‌سیلاب در بالادســـت اراضی سازمان اتکا می‌باشـــد، در روش منطق بولین به عنوان منطقه نامناســـب تشخیص داده شده است و روش فازی نیز آن را در طبقه کاملا مناســـب قرار نداده است. علت این امر مربوط به لایه نفوذپذیری اســـت که به عنوان لایه ورودی به مدل مورد استفاده قرار گرفته اســـت. مخروط افکنه موجود در خروجی حوضه و در بالادست

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 پایین‌تری کسب کند. این مخروط افکنه اگر چه از جهات دیگر و مخصوصا از نظر شیب توپوگرافی (با ۲-۶ درصد شیب) و میزان حجم رواناب، بسیار مناسب جهت اجرای سیستم پخش‌سیلاب می-باشد 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 فرسایندگی و میزان جریان به حداکثر خود می‌رسد روی سازند حساس به فرسایش PLc[1] و Kll[2] 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 لابه لای رسوبات درشت دانه کنگلومرا را پوشانده و باعث کاهش نفوذپذیری مخروط افکنه گردیده است. در شکل۳ 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 پخش‌سیلاب 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 پخش‌سیلاب نامناسب می‌باشد و قابل توصیه نیست و در صورت اجرا با توجه به نوع سازند احتمال خطر زمین لغزش وجود دارد.



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

نتیجه‌گیری

در این مطالعه حوزه‌ی آبریز داورزن به دلیل موقعیت استراتژیک ازجهت قرارگیری در بالادست اراضی کشاورزی سازمان اتکا (وابسته به وزارت دفاع و پشتیبانی نیروهای مسلح) که با پتانسیل سیل‌خیزی بالا مخصوصا در فصل بهار و تابستان موجب خسارت به محصولات کشاورزی این سازمان می‌شود، جهت تعیین مناطق مناسب پخش‌سیلاب مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این مطالعه شباهت زیادی به نتایج مطالعه دادرسی سبزوار 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 کاملا مناسب تشخیص داده شد. دادرسی سبزوار 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 نسبتا 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 گاما فازی 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 پشت‌کوه 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 پخش‌سیلاب در حوزه آبخیز پشت‌کوه انتخاب گردید. در بررسی نقشه‌های زمین‌شناسی مشخص گردید که در محل خروجی حوضه ، که قدرت فرسایندگی جریان به بیشترین مقدار خود می‌رسد، رودخانه بر روی سازند مارن (PLc)[1] ، 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 پخش‌سیلاب نامناسب ساخته است. نتایج این تحقیق می‌تواند بخش اجرا را در دستیابی سریع و دقیق به مناطق متسعد 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,

1 - Conglomerate with marl intercatations in lower par

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: Shirood 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.,andManivel,M.(1996)Anapproachto 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.