

مکان‌یابی عرصه‌های پخش سیلاب با استفاده از روش ارزیابی چند معیاره و GIS (مطالعه موردی:
حوزه آبخیز شهرک صنعتی اشتهرارد- کرج)

یونس نورالله^۱ و نادیه فلاحتی^۲، محمد رضوانی^۲

۱- دکتری مهندسی سیستم‌های محیط زیست، مدیر گروه انرژی‌های نو و محیط زیست دانشکده علوم فنون
نوین دانشگاه تهران

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد محیط زیست

۳- دکتری محیط زیست، مدیر گروه محیط زیست دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست دانشگاه پیام نور واحد
تهران شرق

چکیده

جلوگیری از تخریب و نابودی منابع طبیعی و زیست بوم در صورتی امکان پذیر خواهد بود که برنامه‌ریزی اصولی و صحیح در بهره‌برداری و نگهداری آن تدوین گردد. در این راستا ذخیره و بهره‌برداری از رواناب‌ها توسط عملیات پخش سیلاب در موقع نزول باران‌های شدید در سطح وسیع می‌تواند به افزایش ذخایر آب زیرزمینی و تأمین آب مورد نیاز برای بخش‌های کشاورزی، شرب و صنعت کمک کند و همچنین با مهار سیل به عنوان راهکار مدیریتی سیل و منابع آب به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک، بسیاری از پیامدهای منفی زیست محیطی را می‌توان به تبع آن تقلیل داد. مهم‌ترین و اولین گام در انجام طرح پخش سیلاب مکان‌یابی مناطق مستعد برای پخش سیلاب و نفوذ آب به داخل سفره‌های زیرزمینی است. تحقیق حاضر با استفاده از شیوه‌ای از روش ارزیابی چند معیاره (MCDM) به نام ترکیب خطی وزن دار (WLC) با به کارگیری فن آوری GIS و روش وزن-دهی AHP و مدل Fuzzy به تعیین مناطق مناسب پخش سیلاب به عنوان هدف اصلی در شهرک صنعتی اشتهرارد پرداخته است. با بررسی‌های صورت گرفته سه معیار در سطح اول تصمیم گیری انتخاب شدند که عبارتند از منابع آبی و هیدرولوژی، منابع جغرافیایی و منابع اقتصادی و اجتماعی، با توجه به این سه معیار اصلی ۱۴ لایه اطلاعاتی شامل: نفوذپذیری، آبدی، سطح آب زیرزمینی، کیفیت آب، شبیب، طبقات ارتفاعی، زمین‌شناسی، تراکم زهکشی، فاصله از نقاط روستایی، فاصله از نقاط شهری، فاصله از اماکن فرهنگی و مذهبی، فاصله از زیر ساخت‌ها که با توجه به اطلاعات قابل دسترس جمع آوری شدند و با تلفیق لایه‌های اطلاعاتی با روش WLC در نهایت مناطق مناسب برای پخش سیلاب با درجات متفاوت توان مطلوبیت تعیین گردید. نتایج حاکی از آن است که ۵/۹۶ درصد مناطق دارای توان بالا و ۱۶/۶۳ با توان مناسب می‌باشند و در مجموع می‌توان برای ۲۲/۵ درصد از حوزه در الوبت اول برنامه ریزی کرد. همچنین با مقایسه نتایج تحقیق با سامانه پخش سیلاب اجرا شده در شرق حوزه معلوم شد استفاده از مدل WLC و عوامل به کاربرده شده در فرایند مکان‌یابی پخش سیلاب کارایی بالای دارد.

واژه‌های کلیدی: پخش سیلاب، شهرک صنعتی اشتهرارد، مکان‌یابی، منطق WLC، Fuzzy.

Locating of Flood Spreading Arenas by Multi-criteria Evaluation Method and GIS (Case Study: Catchment Basin of Industrial Town of Eshtehard-Karaj)

Y. Norolahi¹, N. Falahi^{2*}, M. Rezvani³

1- Environmental Systems Engineering, Director of Renewable Energy and Environment, Faculty of Tehran University of New Technology

2- MA student environment

3- Environment PhD, Director of the Department of Environment and Natural Resources and Environment College of Payam Noor University, Tehran East

Abstract

Preventing the destruction of natural resources and ecology is possible if the normative and correct planning is provided for its exploration and maintenance so exploring and storing of the runoff by flood spreading at the time of the extensive rainfalls in vast areas can help in increasing of the groundwater resources and supplying the required water for agriculture, drinking and industrial sections; moreover, by controlling flood as a management method of flood and its resources, some of the adverse outcomes can be decreased especially in arid and semi-arid regions. The first and most important step in flood spreading projects is finding the places where are apt for flood spreading and infiltrating the water to the aquifers. This study determines the suitable regions for flood spreading as a main goal Eshtehard industrial town by multi-criteria evaluation method (MCDM) whose name is weighting linear combination (WLC) and by using GIS and AHP weighting method and Fuzzy method. According to the conducted studies, 3 criteria were selected in the first level: water resources and hydrology. Geographical criteria and economic and social resources. Regarding to these main criteria, 14 information layers according to the available information were collected: infiltration, discharge, groundwater level, water quality, slope, height category, and geology, density of drains, distance of rural places, distance of urban places, distance of cultural and religious places and distance of infrastructures and finally the appropriate places for spreading floods with different degrees of optimality were determined by integrating the informational layers in WLC method. The results indicate that that 5.96 and 16.63 percent of regions have high and suitable potential respectively and in total it can be planned for 22.5 percent of this region in the first priority. Moreover, comparing the research results with the implemented flood spreading system in the eastern part of the basin showed that the use of WLC model and the employed factors in the positioning process of flood spread have high efficiency.

Key words: Flood spreading, Eshtehard industrial town, locating, fuzzy method, WLC.

الف - مقدمه

آمار موجود نشانگر این است که ۷۴٪ از سطح کشور ایران دارای بارندگی سالانه کمتر از ۲۵۰ میلیمتر می باشد. از ویژگی های این مناطق علاوه بر ناچیز بودن مقدار بارندگی سالانه و توزیع نامناسب آن (از نظر زمانی و مکانی)، عدم جود رودخانه های دائمی که بتواند نیاز آبی را در این مناطق تأمین کند و فقر پوشش گیاهی و همچنین نزول باران های شدید وسیل آسا است که دارای پیامدهای زیست محیطی فراوانی است. بررسی ها نشان می دهد که حتی اگر پهنه کشور در معرض سیلاب های بزرگ نیز نباشد سیلاب های کوچک باعث وقوع خسارات فراوان می شود (حیدری، ۱۳۸۴). وقوع این اثر ها بر روی محیط زیست می تواند عناصر مختلف زیست محیطی را در دشت سیلابی به صورت کوتاه مدت و بلند مدت تغییر دهد که ممکن است در مواردی منفعت و در مواردی دیگر مضراتی را به همراه داشته باشد. (سیروس پور و همکاران، ۱۳۹۲:۲). با توجه به اینکه در اکثر مناطق خشک و نیمه خشک ایران تأمین آب عمده نیاز بخش های مختلف تنها از طریق منابع آب زیر زمینی امکان پذیر است، از این رو این منابع از مهم ترین عوامل توسعه اقتصادی و اجتماعی در بسیاری از مناطق کشور به شمار می روند. و به دلایل متعدد از جمله اینکه همواره در دسترس بوده و کمتر در معرض خشکسالی و آلودگی قرار می گیرند، همچنین بواسطه توزیع مکانی و

* Corresponding Author's E-mail (Fallahinadia@ymail.com)

سومین بیانیه علمی سالانه ای طرح آبخیزداری
3rd International Conference on Rainwater Catchment Systems

۲۹ و ۳۰ بهمن ماه ۱۳۹۳ بیرجند، ایران



زمانی مناسب در سطح خشکی‌ها، همواره مورد توجه خاص قرار داشته است. اما این منابع خدادادی زوال ناپذیر نبوده و بهره‌برداری بی‌رویه سبب گردیده در اکثر محدوده‌های مطالعاتی کشور، هر روزه شاهد افت سطح آب زیرزمینی، افزایش ارتفاع پمپاژ، کاهش آبدی و در نهایت خشک شدن چاهها و قنوات باشیم و از سوی دیگر بواسطه نفوذ جبهه‌های آب شور از مناطق کویری، تخریب کیفیت آب استحصالی را مشاهده نماییم (شفقی و همکاران، ۱۳۹۲). لذا با توصیف این شرایط، جلوگیری از تخریب و نابودی منابع طبیعی و زیست بوم در صورتی امکان پذیر خواهد بود که برنامه‌ریزی اصولی و صحیح در بهره‌برداری و نگهداری از آن تدوین و اجرا گردد. در این راستا ذخیره و بهره‌برداری از رواناب‌ها توسط عملیات پخش سیلاب در موقع نزول باران‌های شدید در سطح وسیع می‌تواند به افزایش ذخایر آب زیرزمینی و تأمین آب مورد نیاز برای بخش‌های کشاورزی، شرب و صنعت کمک کند و همچنین با مهار سیل (به عنوان راهکار مدیریتی سیل) بسیاری از پیامدهای منفی محیط زیستی را می‌توان به تبع آن تقلیل داد مهار و انحراف رواناب‌های سطحی و سیلاب‌ها بر روی پهنه‌های سطحی آبخوان‌ها، توأم با اداره بهینه نزولات آسمانی و سیلاب‌ها و لایه‌های متخلخل مخازن زیرزمینی به منظور حفاظت و توسعه منابع طبیعی و بهبود کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی برای دستیابی به اهداف چند منظوره‌ای که توسعه پایدار کشاورزی و احیاء منابع تجدید شونده را به دنبال داشته باشد تحت عنوان بخش سیلاب نامیده می‌شود. (وهابی، ۱۳۸۲:۲۴). در این مطالعه هدف تعیین مکان مناسب برای پخش سیلاب به منظور مهار سیل، تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی و بهبود آبخوان‌ها منطقه، ارتقاء وضعیت محیط زیستی منطقه به لحاظ طبیعی و همچنین سطح اقتصادی اجتماعی منطقه و همچنین حفظ چشم اندازها و وضعیت طبیعی حوضه آبخیز شهرک صنعتی استهارد است. حوزه آبخیز شهرک صنعتی استهارد با زمین‌های حاصلخیز کشاورزی و وجود شهرک صنعتی موقعیت ممتازی را از نظر اقتصادی در استان البرز به وجود آورده است. وقوع بارش‌های سیلابی در منطقه و نیاز به کاهش خطرات و زیان‌های ناشی از آن در درجه اول و کم آبی و خشک شدن تعداد زیادی از قنات‌ها و چاههای منطقه که باعث شده است بخش زیادی از سرمایه‌گذاری‌های انجام شده از بین بود، منطقه را با چالش روبه رو ساخته است لذا مطالعه در این زمینه در حوضه از لحاظ مدیریتی و اقتصادی توجیه پذیر است. از آنجا که مسئله مکان یابی یک مسئله تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM)^۱ است. روش‌های ارزیابی چند معیاره با ساده سازی تعریف راهبردهای تصمیم‌گیری و تسهیل پردازش‌های مکانی می‌توانند در مسائل مختلف تصمیم‌گیری مکانی به شیوه‌های گوناگون استفاده شوند (رجبی و همکاران ۱۳۸۹). در این پژوهش با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره AHP و Fuzzy^۲ و تلفیق این دو با هم به روش WLC^۳ به شناسایی مناطق مناسب برای احداث سامانه پخش سیلاب با لحاظ عوامل تأثیر گذار زیست محیطی پرداخته می‌شود. و از آن جایی که مکان یابی دارای ماهیت مکانی است، سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی به عنوان ابزار توانمند، مدیریت و تحلیل داده‌های مکانی، محیط مناسبی را برای نیل به اهداف فوق به وجود می‌آورد و با استفاده از سیستم تحلیل مکانی GIS^۴ می‌توان به طور جامع‌تر و فراگیرتر از داشن افراد خبره برای تحلیل استفاده نمود (مهدی پور، ۱۳۸۶). هر چند در گذشته در سطح کشور تلاش‌های پراکنده‌ای در مهار سیلاب‌ها به صورت بنده‌ای خاکی و غیر فشرده صورت پذیرفته، اما در قالبی منسجم و علمی، مطالعات استفاده از سیلاب‌ها از سال ۱۳۶۱ آغاز گردیده است. در مورد سیلاب و مکان‌های مناسب پخش سیلاب تحقیقات متعدد و چشمگیری در جهان و کشور صورت گرفته است. بخشی از کارهای انجام شده، به نقش و تاثیر عوامل و پارامترهای موثر در ایجاد سیلاب اشاره کرده‌اند، بخشی به پارامترهای موثر در انتخاب مکان‌های مناسب پخش سیلاب و نیز بخشی دیگر ضمن اشاره به پارامترهای تاثیر گذار، روش‌ها و متدهای مختلف پخش سیلاب را مورد بررسی و مطالعه قرار داده

¹ = Multi Criteria Decision Making

² = Analytical Hierarchy Process

³ = Weighted Liner Combination

⁴ = Gographical Information System



اند (مطالعات پخش سیلاب استان تهران ۱۳۹۱:۴؛ والنتین^۱ ۱۹۷۱) به بررسی رسوب‌گذاری، شرایط خاک و شیب زمین و تأثیر چشمگیر آنها در تعیین عرصه مناسب برای پخش سیلاب پرداخته و بر اهمیت شیب تاکید کرده و شیب زیر ۵ درصد را برای این عملیات مناسب معرفی کرده است. کرشنامورسی^۲ (۱۹۹۶): برای تعیین مناطق مناسب برای تغذیه آبهای زیر زمینی در جنوب هند از تکنولوژی سنجش از دور و GIS استفاده نموده است. وی عوامل زمین شناسی، توپوگرافی، گسل‌ها، و شکستگی-ها، آبهای سطحی، شبکه زهکشی و تراکم آبراهه و شیب را مطالعه کرده و با استفاده از روش گام به گام اقدام به تلفیق نقشه‌ها نموده است. نتایج حاصل از این تحقیق بیانگر آن است که مناطق مناسب برای بخش سیلاب، رسوبات کواترنر با شیب کمتر از ۵ درصد می‌باشد. دادرسی و خسروشاهی (۱۳۸۷) در پژوهش خود برای شناخت مناطق مستعد گسترش سیلاب از روش تلفیق عوامل مؤثر با استفاده از تکنیک تشکیل لایه‌های اطلاعاتی و سپس پهنه بندی در مدل‌های مکان‌یابی و قابل اجرا در محیط GIS از جمله منطق بولین، مدل شاخص همپوشانی و مدل منطق فازی استفاده کرده‌اند، تکنیک اصلی این تحقیق مقایسه تحلیل نتایج حاصل از این مدل بود. نتایج نشان داده که مدل فازی با اپراتور جمع بهترین سازگاری را در مقایسه با سایر مدل‌ها برای شناسایی مناطق سیل خیز و مستعد برای مهار و گسترش سیلاب را از خود دارد. فرجی سبکبار و همکاران (۱۳۹۰) برای تعیین مناطق مستعد بخش سیلاب در حوزه آبخیز گربایگان، با استفاده از پارامترهای شیب، ارتفاع، کاربری اراضی، ژئومرفولوژی، زمین شناسی، قابلیت انتقال، ضخامت آبرفت، تراکم زهکشی و هدایت الکتریکی و همچنین فرایند سلسه مراتبی AHP به صورت مقایسه زوجی پارامترها و وزن دهی به آنها و استفاده از سامانه GIS نقشه نهایی در حوزه کلاسه بندی شد. که نتایج حاصل نشان داد واحدهای کواترنری مناطق مستعد و همچنین از نظر ژئومرفولوژی و کاربری اراضی به ترتیب دهانه مخروط افکنه‌ها، دشت سرها و مراعع کم تراکم مکان‌های کاملاً مناسب جهت بخش سیلاب می‌باشد. چابک بلداجی و همکاران (۱۳۸۹) با استفاده از روش تحلیل سلسه مراتبی به مکان‌یابی عرصه‌های پخش در حوزه آبخیز عشق آباد طبس پرداخته است. و با مقایسه نتایج با طرح اجرا شده در منطقه کاهش سیلاب‌های مخرب و سنگین، افزایش درصد پوشش گیاهی و افزایش تنوع زیستی و افزایش آبدهی قنوات را از دلایل موفقیت آمیز بودن طرح کنترل سیلاب توسط عملیات پخش سیلاب در منطقه دانسته است.

ب- مواد و روش‌ها

حوضه شهرک صنعتی اشتهراد با مساحت ۸۵۴۸ هکتار در بخش اشتهراد از توابع استان البرزدر ۴۵ کیلومتری جنوب غربی شهر کرج واقع شده است. مختصات جغرافیایی آن بین ۳۵°۳۸' تا ۳۵°۵۴' و ۳۵°۰۰' تا ۳۵°۲۰' عرض شمالی و ۵۰°۱۳' تا ۵۰°۲۰' طول شرقی قرار دارد و حداقل ارتفاع آن ۱۸۵۰ متر و حداقل ارتفاع آن در خروجی زیر حوضه ۱۱۶۰ می‌باشد. شکل(۱).آمار و ارقام بخش هواشناسی و اقلیم نشان می‌دهد میزان بارندگی متوسط سالانه در این حوزه ۲۳۰ میلی متر ، حداقل ۲۷۰ میلی متر و حداقل بارندگی براساس منحنی‌های هم باران منطقه ۱۳۰ میلی متر می‌باشد. اقلیم منطقه با توجه به تقسیم بندی سیستم آمیرزه جزء اقلیم سرد و خشک محسوب با رژیم رطوبتی Thrmic با مشخصات متوسط درجه حرارت سالانه ۱۵ الی ۲۲ درجه سانتی‌گراد حاکم است (گزارش هیدرولوژی، ۱۳۸۰). از نظر زمین شناسی حوزه آبخیز در درون زون زمین شناسی البرز مرکزی و سازند کرج واقع شده است.و منطقه مورد مطالعه از نظر پوشش گیاهی شامل گیاهان مرتعی و بوته‌ای بوده و قادر درختان و درختچه‌های جنگلی است و به طور کلی اراضی منطقه از نظر پوشش گیاهی در وضعیت ضعیف تا متوسط قرار دارد(گزارش زمین شناسی و پوشش گیاهی، ۱۳۸۰).

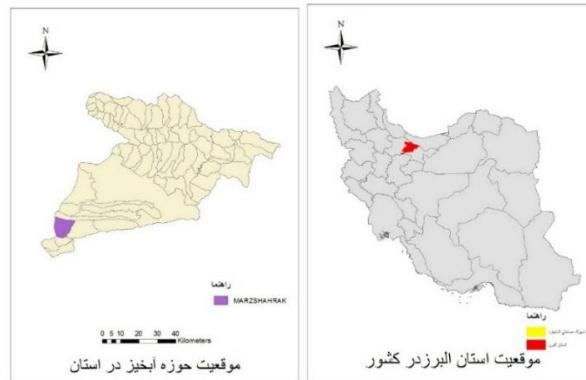
¹ Valentine

² Krhshnamurthy



سومین بیانیه ملی سالانه ای طرح آبخیزداران 3rd International Conference on Rainwater Catchment Systems

۲۹ و ۳۰ بهمن ماه ۱۳۹۳ بیرجند، ایران



شکل(۱) : موقعیت حوزه شهرک صنعتی اشتهراد در کشور و استان

در این مطالعه برای تعیین مکان‌های مناسب برای پخش سیلاب در این حوزه، از روش ترکیب خطی وزن دار استفاده گردید و در طی این تحقیق از نرم افزار Arc GIS جهت آماده سازی نقشه‌ها، تعیین وزن به منظور تحلیل پرسشنامه‌های AHP، اعمال توابع فازی بر روی نقشه‌ها و ادغام لایه‌ها به روش ترکیب وزنی خطی استفاده می‌گردد. عوامل متعددی در دستیابی به عرصه‌های سیل خیز و به دنبال آن غربال کردن عرصه‌های شناسایی شده به لحاظ استعداد و مهار و کنترل سیل باهدف پخش سیلاب و جلوگیری از خشکسالی و بیابان‌زایی وجود دارد که تمام این عوامل برای انجام تحقیق قابل انتخاب نیستند و در این پژوهش باتوجه به تحقیقات صورت گرفته قبلی، هدف و مقیاس کار و دقت قابل انتظار، شرایط منطقه و دسترس بودن منابع و همچنین به انگیزه تکمیل پژوهش‌های گذشته و تجربیات موجود درخصوص کنترل و بهره‌وری از سیل در کشور ۳ عامل اصلی و ۱۴ زیر معیار از مجموعه عوامل مؤثر در پخش سیلاب انتخاب و مورد استفاده قرار گرفتند. که عوامل اصلی عبارتنداز منابع آبی و هیدرولوژی، عوامل جغرافیایی، عوامل اقتصادی و اجتماعی و زیر معیارهای آنها شامل :

نفوذپذیری: این نقشه با توجه به اطلاعات زمین شناسی منطقه و از روی نقشه آبدی حوزه در سه سطح توصیفی (خوب، متوسط ، ضعیف) تهیه گردید

سطح آب زیرزمینی: این لایه را از نقشه GIS مربوط به سطح آب زیرزمینی استان تهران تهیه شده توسط موسسه مشاوره مهندسی آب و خاک کشور تهیه گردید.

کیفیت آب زیرزمینی: مؤلفه هدایت هیدرولیکی: این لایه توسط موسسه خدمات مشاور مهندسی آب و خاک کشور برای استان تهران تهیه گردیده است.

آبدی: این لایه توسط نقشه آبدی حوزه استان آبخیز تهران با دوره باز ۵۰ ساله توسط موسسه مشاوره مهندسی آب و خاک کشور تهیه گردیده است.

شیب: برای تهیه نقشه شیب از نقشه DEM ده متری یا ۱/۲۵۰۰۰ سازمان نقشه برداری کشور استفاده گردید و در محیط نرم افزار Arc GIS براساس طبقات شیب مناسب در عملیات پخش سیلاب از ۱۰ تا ۱۰۰ درصد تهیه گردید.

زمین شناسی: از اطلاعات مربوط به لایه زمین شناسی حوزه آبخیز استان تهران که توسط شرکت خدمات مشاوره مهندسی آب و خاک تهیه گردیده استفاده شده است

تراکم زهکشی^۱: تراکم زهکشی حاصل تقسیم مجموع طول رودخانه‌های حوضه بر مساحت حوضه است که معمولاً بر حسب کیلومتر بر کیلومتر مربع توصیف می‌شود. لذا ابتدا مجموع طول هر یک از آبراهه‌های موجود در دشت در محیط Hydro Arc

^۱=Drainage Density

سومین بیانیه ملی سالنهای طوح آمیزه ملاد
3rd International Conference on Rainwater Catchment Systems

۲۹ و ۳۰ بهمن ماه ۱۳۹۳ بیرجند، ایران



توسط DEM. ۱۲۵۰۰ سازمان نقشه برداری در ArcGIS محاسبه و برماساحت زیر حوضه ای که آبراههها در آن قرار گرفته اند تقسیم گردید و نهایتاً نقشه تراکم زهکشی شهرک صنعتی اشتهراد در محیط نرم افزار ArcGis بدست آمد.

طبقات ارتفاعی: این لایه نیز از روی DEM، ۱۲۵۰۰ سازمان نقشه برداری تهیه می گردد.

لایه کاربری اراضی: این لایه در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ توسط مرکز تحقیقات حفاظت خاک کشور به سفارش دفتر مطالعات و ارزیابی آبخیزها سازمان جنگلها، مراتع و آبخیزداری کشور برای استان تهران تهیه گردیده است که اطلاعات مربوط به زیر حوزه شهرک صنعتی در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ از آن استخراج گردید. لایه های نزدیکی به مکان های روستاوی و شهری، نزدیکی به مکان های تاریخی و فرهنگی و همچنین لایه نزدیکی به راه ها و زیر ساخت ها (برق) از روی نقشه ۱/۲۰۰۰۰ شیب فایل منطقه که در دو شیت قرار دارد بر اساس مطلوبیت بیشتر در فاصله هرچه بیشتر این اماكن از سامانه پخش سیلاب و ایجاد بافر مناسب در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ تهیه گردید. پس از تعیین معیارها، از آنجایی که در فرآیند ارزیابی و مکانیابی، همه معیارها دارای اهمیت يكسان نیستند، اهمیت هر معیار نسبت به معیار دیگر باید تعیین شود. بنابراین باید از روش مناسبی برای وزن دهی معیارها استفاده شود. در میان روش های وزن دهی، در این مطالعه برای وزن دهی از روش مقایسه دو به دو استفاده گردیده است. روش فرآیند سلسله مراتبی AHP، اولین بار توسط ساتی^۱ در سال ۱۹۸۰ ارائه گردید. این روش براساس مقایسات زوجی استوار می باشد. مدل سازی با استفاده از این روش شامل گام های زیر می باشد. الف: ساختار سلسله مراتبی برای مسئله؛ ب: تعیین ماتریس های مقایسه زوجی و محاسبه وزن معیارها و گزینه ها؛ ج: بررسی سازگاری سیستم طبق دانش و تجربیات حاصل از عملی کردن مختلف AHP، (ساتی و وارگس، ۱۹۹۱)^۲ پیشنهاد کردنده که اگر نسبت استحکام از مقدار ۰/۱ تجاوز کند نیاز است که ماتریس مقایسه بازنگری شود. برای درک بهتر یک مسئله AHP ابتدا لازم است سطوح مختلف آن و ارتباط بین اجزای تشکیل دهنده هر سطح با سطح بالاتر و پایین تر به صورت گرافیکی مشخص گردد. در واقع این کار ساختن سلسله مراتبی گفته می شود. (امین کوره پژان دزفولی، ۱۳۸۷:۲۰۹) به منظور وزن دهی به معیارها ابتدا پرسشنامه هایی به روش فن دلفی تهیه و توسط ۲۰ نفر از متخصصین و کارشناسان در زمینه محیط زیست و آبخیزداری تکمیل و بعد براساس مقادیر ارجحیت جدول(۱) در مقایسات اقدام به ترکیب نظریات اعضا تکمیل کننده پرسشنامه شد. وزن های داد شده در طیف عددی ۰ تا ۱۰ قرار دارند. مرحله بعدی، محاسبه وزن ها می باشد. برای این کار روش های متعددی مانند حداقل مربعات، حداقل مربعات لگاریتمی، بردار ویژه و روش های تقریبی وجود دارد. وزن ها در هر سطح برای اجزای مختلف آن سطح و با در نظر گرفتن المان های سطح بالاتر محاسبه می گردد. که به این وزن ها، وزن نسبی گفته می شود. سپس وزن نهایی هر گزینه با تلفیق وزن های نسبی به دست می آید. اولویت بندی گزینه ها (زیرمعیارها) با توجه به وزن نهایی آن ها انجام می گیرد. (کوره پژان دزفولی، ۱۳۸۷:۲۱۱) : در نهایت اوزان محاسباتی جدول (۲) که توسط نرم افزار GIS Arc محاسبه گردید روی ورودی ها نقشه ها اعمال شد، و در مرحله تلفیق از آن ها استفاده گردید.

جدول ۱- مقادیر عددی ارجحیت های مقایسه های خروجی

ترجیحات	ارزش عددی	ترجیحات	ارزش عددی
کاملاً ارجح یا کاملاً مهم تر یا کاملاً مطلوب تر	۹	ارجحیت یا اهمیت کم	۳
ترجیح یا اهمیت خیلی قوی	۷	ارجحیت یا اهمیت برابر	۱
ارجحیت یا اهمیت قوی	۵	ترجیحات بین فواصل فوق	۸ و ۴ و عو

¹ = Saaty,T,L

² = Satty و Vargas

سومین بیانیه ملی سالنهای مطوح آنکه می‌دان
3rd International Conference on Rainwater Catchment Systems

۲۹ و ۳۰ بهمن ماه ۱۳۹۳ Birjand, Iran



جدول ۲- وزن‌های نهایی معیارها و زیر معیارها

معیار اصلی	وزن نهایی ناسازگاری	زیر معیارها	وزن نهایی ناسازگاری	نرخ ناسازگاری
منابع آبی و هیدرولوژی	۰/۱۳۲۵	نفوذ پذیری	۰/۱۴۱۶۱	۰/۰۹
		کیفیت اب زیرزمینی (EC)	۰/۲۸۱۸	
		سطح آب زیرزمینی	۰/۱۱۲	
		آبدهی	۰/۱۸۹	
جغرافیایی	۰/۵۲۷۸	شیب	۰/۴۳۳	۰/۰۹
		طبقات ارتفاعی	۰/۲۸۹۳	
		تراکم زهکشی	۰/۱۷۱۵	
		زمین شناسی	۱۰۶۲	
اقتصادی و اجتماعی	۰/۱۳۹۶	کاربری اراضی	۰/۳۱۵۹	۰/۰۹۱
		نزدیکی به اماکن شهری	۰/۱۳۷۴	
		نزدیکی به اماکن رosta ها	۰/۱۵۶۱	
		نزدیکی به خطوط انتقال برق	۰/۰۹۳۲	
		نزدیکی به جاده ها	۰/۲۴۰۹	

در روش‌های ارزیابی چند معیاره برای دستیابی به یک هدف معین باید سنجه‌ها و شاخص‌هایی را تعریف نمود که برمبنای آن‌ها بتوان به اهداف مطالعه دست یافت. در این پژوهش به منظور مکان‌یابی پخش سیالاب با توجه به پایگاه داده شرایط و حریم‌های برای هر یک از زیرمعیارها تدوین و در ادامه نقشه‌های شایستگی یا طبقه بندی شده برای هر یک از زیرمعیارها در محیط Arc GIS 9.3 تهیه گردید. در مرحله بعد چون هر نقشه معیار دارای محدوده و مقیاس‌های اندازه گیری متفاوتی است، برای تحلیل و ارزیابی چندمعیاری، باید مقیاس اندازه گیری آن‌ها را همخوان و متناسب با هم کرده، برای همسان سازی مقیاس‌های اندازه گیری و تبدیل آن‌ها به واحدهای قابل مقایسه از فرآیند استانداردسازی معیارها به روش فازی که اغلب در روش WLC به کار می‌رود، استفاده شد. فازی‌سازی نقشه‌های معیار در پژوهش حاضر در محیط Arc GIS 10 انجام گرفته است. به منظور فازی کردن نقشه‌های معیار، ابتدا باید نوع تابع فازی و نقطه آستانه تعیین شود. مرحله تعیین نقطه آستانه هر معیار به وسیله توابع فازی و با توجه به نظرات تصمیم گیرندگان تغییر می‌کند. انتخاب تابع فازی مناسب و تعیین نقطه کنترل^۱ مناسب مرحله‌ای مهم در استاندارد کردن معیار است (Gorsevski and Zolo) توابع عضویت فازی در نرم افزار Arc GIS 10 به صورت پیش فرض وجود دارند و عبارتند از توابع S شکل^۲، J شکل^۳ و خطی افزایشی^۴، خطی کاهشی^۵ و توابع تعریف شده توسط کاربر^۶ هستند (موسوی، ۱۳۸۹). نوع تابع انتخاب شده برای هر معیار به مدل حرفی نوشته شده برای آن معیار بستگی دارد در

¹ - control point

² - Sinusoidal, anal User Defined

³ - J= Shapeol

⁴ - Linear Increasing

⁵ - Linear Decreasing

⁶ - Users Defined

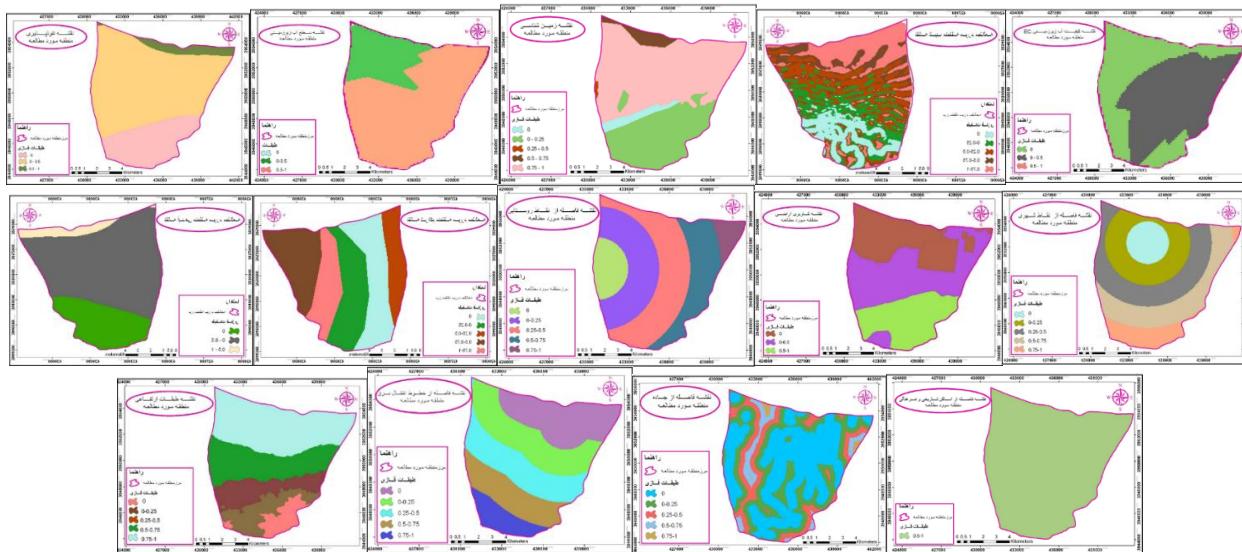
سومین بیانیه علمی ملی سالنهای طوح آبخیزداری
3rd International Conference on Rainwater Catchment Systems

۲۹ و ۳۰ بهمن ماه ۱۳۹۳ بیرجند، ایران



پژوهش حاضر با توجه به مدل حرفی نوشته شده برای معیارها از توابع خطی کاھشی و افزایشی استفاده شد و نقشه‌های ریکلاسی شده که در آنها عدد بیشتر در نشان دهنده مطلوبیت بیشتر بود. با حد آستانه ۱ برای تمامی لایه به متر فازی، با طیفی بین ۰ تا ۱ در محیط نرم افزار ArcGIS 10 فازی گردیدند. که در این نقشه‌ها درجه عضویت بالاتر نشان دهنده مطلوبیت بالاتر می‌باشد.

لازم به ذکر است به علت عدم ایجاد محدودیت توسط لایه فاصله از اماکن تاریخی و فرهنگی در حوزه این لایه به صورت فیزیکی و به صورت تک رنگ قرار گرفته و در تلفیق دخالت داده نشده است.



برای تلفیق لایه‌های اطلاعاتی در این تحقیق از روش ترکیب خطی وزن دار WLC، یکی از روش‌های متداول در ارزیابی چندمعیاره که کاربرد وسیعی در GIS دارد بعد از مطالعات فراوان بر روش پژوهش‌های پیشین و همچنین به علت سازگاری نتایج این روش با روش OWA¹ (روش میانگین‌گیری وزن دار ترتیبی) که علاوه بر وزن‌های معیار استفاده شده در روش WLC از وزن‌های درجه‌ای استفاده می‌کند. انتخاب گردیده است مطابق با نظر موسوی ۱۳۸۹ و به نقل از هاپکینز (۱۹۷۷) این روش بهترین روش برای تلفیق چندمعیاره و ارزیابی چند منظوره در محیط GIS است. در این روش هر فاکتور استاندارد فازی در وزن متناظر با آن فاکتور ضرب شده و نتایج تمامی فاکتورها با یکدیگر جمع و بر تعداد فاکتورها تقسیم می‌شود.

$$S = \frac{\sum w_i x_i}{n_i} \quad (1)$$

که در آن S مطلوبیت، w_i وزن عامل i و x_i ارزش فازی عامل i و n_i تعداد معیار (ماهیتی، ۱۳۸۷). نتیجه اعمال وزن‌ها و ترکیب نقشه‌های فازی با استفاده از مدل WLC در محیط نرم افزار ArcGIS 9.3 نقشه‌های فازی است که درجات مطلوبیت را براساس ارزش‌هایی در محدوده ۰ تا ۱ برای کل منطقه برای بخش سیلاب تعریف می‌کند. که عدد بزرگتر نشان دهنده مطلوبیت بیشتر است. به منظور ترکیب لایه‌های مربوط به منابع آبی با روش WCL در محیط نرم افزاری ArcGIS 9.3 ابتدا لایه‌ها را با توجه به شرایط و الیت‌های وزنی که در فرایند AHP لحاظ گشت با رابطه (۲) ترکیب و نقشه پایه (۱) منابع آبی و هیدرولوژی تهیه گردید.

$$[(Fuzzy-nofooz * 0.4161) + (Fuzzy-ec * 0.2928) + (Fuzzy-abdehi * 0.189) + (Fuzzy-sathab1 * 0.112)]/4 \quad (2)$$

¹ - Ordered Weighted Average

سومین بیانیه علمی ملی سالنهایی طرح آبخیزداران

3rd International Conference on Rainwater Catchment Systems

۲۹ و ۳۰ بهمن ماه ۱۳۹۳ سال در شهر بیرجند، ایران

در مرحله دوم به منظور تعیین رابطه (۴) میان عوامل تغذیه ای (Fuzzy-landuse) و مطالعه هیدرولوژی (Fuzzy-hydrology) بر اساس معادله زیر می باشد:

$$\text{geo} = 0.1062 \times (\text{Fuzzy-landuse} * 0.3159) + (\text{Fuzzy-jadhrec} * 0.2409) + (\text{Fuzzy-rustadist} * 0.1561) + (\text{Fuzzy-disshar} * 0.1374) + (\text{Fuzzy-bargh} * 0.093) / 5$$

رابطه (۴)

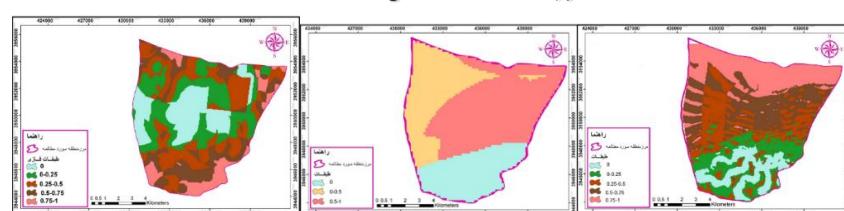
در مرحله سوم لایه های مربوط به عوامل اقتصادی اجتماعی بر اساس رابطه (۴) ترکیب و نقشه پایه ۳ را منتج شد.

رابطه (۴)

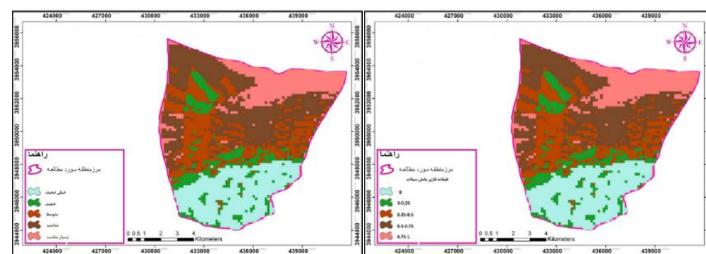
$$\{(\text{Fuzzy-landuse} * 0.3159) + (\text{Fuzzy-jadhrec} * 0.2409) + (\text{Fuzzy-rustadist} * 0.1561) + (\text{Fuzzy-disshar} * 0.1374) + (\text{Fuzzy-bargh} * 0.093)\} / 5$$

در مرحله بعد نقشه های پایه تهیه شده توسط رابطه (۵) و با توجه به وزن های بدست آمده در روش AHP برای معیارهای اصلی به روش WCL تلفیق و نتیجه آن نقشه فازی شده می باشد. که مطالوبیت حوزه را براساس ارزشی بین ۰ تا ۱ نشان می دهد.

رابطه (۵)

$$\{(\text{Fuzzy-Rechhydro} * 0.3325) + (\text{Fuzzy-regeo} * 0.5278) + (\text{Fuzzy-receghetesad} * 0.1396)\} / 3$$


نقشه پایه (۱) منابع آبی و هیدرولوژی نقشه پایه (۲) جغرافیایی نقشه پایه (۳) اقتصادی و اجتماعی

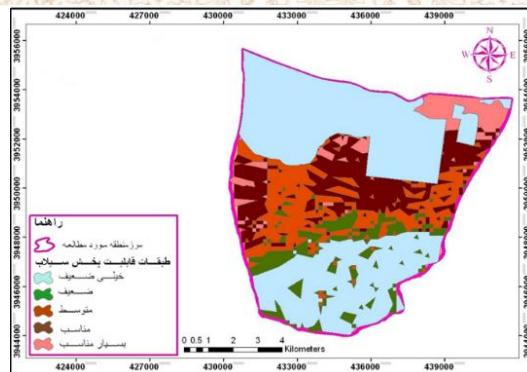


نقشه فازی مکانیابی برای مکانیابی بخش سیلاب

پس از تهیه نقشه فازی نهایی برای مدیریت بهتر منطقه و دسته بندی اطلاعات، اقدام به رتبه بندی مطالوبیت ها که در نهایت منطقه مورد مطالعه در چند طبقه با توان (مناسب تا نامناسب) برای بخش سیلاب رتبه بندی شد در مرحله بعدی با توجه به محدودیت های قابل پیش بینی در حوزه، و بعد از انجام مطالعات میدانی و تشخیص محدودیت ها اقدام به تهیه نقشه نهایی با حذف مناطق دارای محدودیت از نقشه مطالوبیت پخش سیلاب گردید. در حوزه مورد مطالعه از نظر محدودیت های قابل پیش بینی محدودیت خاصی وجود نداشت و در اینجا فقط با حذف کاربری های صنعتی و زراعت آبی از نقشه که مالکیت آن از نوع خصوصی می باشد نقشه الوبت بندی برای پخش سیلاب تهیه گردید.

سومین بیانیه این المپی سالانه ای طرح آبخیزداری
3rd International Conference on Rainwater Catchment Systems

۲۹ و ۳۰ بهمن ماه ۱۳۹۳ Birjand, Iran



اراضی مستعد پخش سیلاب در حوزه آبخیز شهرک صنعتی اشتهراد.

به منظور ارزیابی صحت الوبت‌های مکانی سامانه پخش سیلاب تعیین شده توسط مدل تلفیق WLC ، نقشه نهایی با سامانه پخش سیلاب اجرا شده در حوزه که توسط سازمان جنگل‌ها و مراعع در منطقه مطالعاتی احداث گردیده مقایسه شد .

نتایج و بحث

این پژوهش با طی روندی هدفمند و استفاده از مدل AHP-Fuzzy به صورت مرحله به مرحله به معرفی راهکاری مناسب برای رسیدن به تصمیم گیری مکانی برای انتخاب محل عملیات پخش سیلاب پرداخت. با بررسی هایی که صورت گرفت سه نوع معیار در سطح اول تصمیم گیری انتخاب شدند که عبارت بودند از منابع آبی و هیدرولوژی، عوامل جغرافیایی و اقتصادی و اجتماعی. با توجه به این معیارها ای اصلی ۱۴ لایه اطلاعاتی از شهرک صنعتی اشتهراد جمع آوری و طبقه بندی شد پس از تعیین اهداف و معیارهای تأثیر گذار روی مسئله می‌باشد از آنها طی یک مدل تصمیم گیری برای انتخاب محل‌های مناسب استفاده می‌شود. ابتدا با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی از اطلاعات کمی کارشناسی در مورد ارزش نسبی عوامل و لایه‌های اطلاعاتی برای مکان‌یابی بهره‌گیری شد. در مرحله بعد به علت هم مقیاس نبودن لایه‌های اطلاعاتی اقدام به استاندارد سازی لایه به منظور همپوشانی آنها بر اساس منطق فازی شد و برای تمامی لایه‌ها درجات مطلوبیتی بین ۰ و ۱ برای تمام منطقه بر اساس فازی ساز نرم افزار Arc GIS10 تعریف شد. پس از تعیین وزن و برای تمامی لایه‌ها درجات مطلوبیتی بین ۰ و ۱ برای تمام ها به روش WLC شد. بعد از تهیه نقشه نهایی با بازدید میدانی از حوضه مورد مطالعه اقدام به بررسی محدودیت‌های ممکنه شده و بعد از برطرف سازی محدودیت‌های قابل پیش بینی برای پخش سیلاب اقدام به تهیه نقشه نهایی قابلیت اراضی شد. و همچنانین به منظور بررسی صحت نتایج بدست آمده نتیجه نهایی با طرح اجرا شده در منطقه مقایسه و نتایج حاکی از صحت استفاده از این معیارها برای مکان‌یابی پخش سیلاب بود. یکی از بهترین دست آوردهای این تحقیق مکان‌یابی اراضی پخش سیلاب به منظور کنترل سیل و پیامدهای مخرب آن و همچنانی نفوذ آب‌های حاصله از آن به زمین و تغذیه مصنوعی آبخوان‌های حوزه با استفاده از مدل AHP-Fuzzy با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی بود. نتایج جدول(۴) پژوهش حاضر نشان می‌دهد که بیشتر مناطق کاملاً مناسب و مناسب و حتی متوسط برای بخش سیلاب از نظر زمین شناسی در واحدهای کارترنر (Qt3) قرار گرفته است و دلیل آن را می‌توان ناشی از فعالیت رودخانه‌های فصلی و شریانی که از ارتفاعات جنوبی طرح منشاء می‌گیرند و همچنانین به علت شیب کم مناطق پایین دست (قسمت‌های میانی و شمالی حوزه) رسوباتی را به جا می‌گذارند که سیمانی نشده و به صورت منفصل می‌باشند. این رسوبات را نهشته‌های کوارترنری می‌گویند که دارای نفوذ پذیری متوسط تا خوب می‌باشند و این نتیجه با یافته‌های قبلی همچون (فرجی سبکبار و همکاران ، ۱۳۹۰) هماهنگی دارد. از نظر شیب عرصه‌های مستعد در شیب ۳-۰ درصد قرار گرفته که با نتایج پژوهش (والنتین، ۱۹۷۱) و (کریشنامورتی، ۱۹۹۶) که عرصه مناسب را

برای پخش سیلاب در شبکه کمتر از ۳ درصد می‌دانند منطبق است. با بررسی ارتباط نتایج نهایی با کاربری اراضی معلوم شد که برای ۲۲/۵ درصد از اراضی حوزه در الویت اول و ۱۵/۵۴ درصد در الویت دوم می‌توان عملیات پخش سیلاب را انجام داد که شامل اراضی مرتعی کم تراکم خواهد بود. با بررسی دقیق نتایج معلوم شد که بیشتر معیارهای انتخابی برای مکان‌یابی پخش سیلاب در مناطق مناسب برآورده شده‌اند که این نشان دهنده این می‌تواند باشد که: استفاده از روش تجزیه و تحلیل-AHP و مدل تلفیق WCL با سیستم اطلاعات جغرافیایی در امر مکان‌یابی پخش سیلاب برای تغذیه مصنوعی کاملاً درست انتخاب گردیده و برای این روش کاملاً مناسب و مطابقت می‌کند. و این نیز به نوبه خود سازگاری به کارگیری مدل مفهومی ذکر شده را با سامانه اطلاعات جغرافیایی را می‌رساند.

جدول(۴): مساحت کلاس اراضی مستعد پخش سیلاب در حوزه آبخیز شهرک صنعتی اشتهراد

قابلیت	مساحت قابلیت به کیلومتر مربع	درصد قابلیت
بسیار مناسب	۵۰۸۸۹۰/۳۱۱	۵/۹۶
مناسب	۱۴۲۱۰۲۸۶۸/۲	۱۶/۶۳
متوسط	۱۳۲۷۸۶۳۱/۰۳	۱۵/۵۴
ضعیف	۶۶۰۳۵۳۲/۲۱۷	۷/۷۴
خیلی ضعیف	۴۵۱۲۶۹۸۵/۵۳	۵۲/۸۰

منابع

- چابک بلداجی، م؛ زاده نفوی، ح؛ ابراهیمی خوسفی، ز. ۱۳۸۹. مکان‌یابی عرصه پخش سیلاب با استفاده از رو تحلیل سلسله مراتبی(AHP) مطالعه موردی: (حوزه آبخیز عشق آباد طبس)، مجله علمی – پژوهشی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، سال چهارم، شماره ۱۳، ص ۳۸-۳۱
- حیدری، ع. ۱۳۸۴. پیش‌بینی و هشدار سیل، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.
- دادرسی سبزوار، ا؛ خسروشاهی، م. ۱۳۸۷ . شناخت مناطق مستعد برای گسترش سیلاب به روش کاربرد مدل‌های مفهومی (راهکاری برای مهار بیابانزایی) فصلنامه تحقیقات مرتع و بیابان ایران، جلد ۱۵ ، شماره ۲ ص ۲۲۷-۲۴۱
- رجی، م.ر؛ منصوریان، ع؛ طالعی، م. ۱۳۹۰. مقایسه روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره AHP-OWA و Fuzzy,AHP-OWA برای مکان‌یابی مجتمع‌های مسکونی در شهر تبریز، نشریه محیط‌شناسی ، سال سیو هفتم ، شماره ۵۷، ص ۷۷-۹۲.
- سیروس پور، س؛ صلاحی، م. ب؛ پروین نیا، م. ۱۳۹۲. سیلاب و اثرات زیست محیطی آن ، کنفرانس ملی مدیریت سیلاب .
- شفقی، م؛ احمدی، ف؛ گرشاسبی، پ؛ شیخ رضایی، س. ۱۳۹۲. اجرای پروژه پخش سیلاب راهکاری مناسب در زمینه مدیریت سیلاب‌ها و رواناب‌های شهری(مطالعه موردی : پروژه پخش سیلاب جمعاب چناران)، کنفرانس ملی مدیریت سیلاب.
- فرجی سبکبار، ح؛ حسن پور، س؛ علوی پناه، س.ک؛ الیاس پور، س. ۱۳۹۰، مکان‌یابی عرصه‌های مناسب پخش سیلاب با استفاده از فرایند سلسله مراتبی (AHP) در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی مطالعه موردی حوضه آبخیز کربایگان داشت فسا. شیراز، فصلنامه جغرافیای طبیعی، سال چهارم ، شماره ۱۴ ، ص ۱۳-۲۵.
- کوره پزان دزفولی، ا. ۱۳۸۷. اصول تئوری مجموعه‌های فازی و کاربرد های آن در مدلسازی مسایل مهندسی آب ، انتشارات جهاد دانشگاهی ، واحد صنعتی امیر کبیر، چاپ دوم.



مهدی پور، ف. ۱۳۸۶. الگویی برای مکان‌یابی بر اساس روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در GIS، مجله نقشه برداری ۸۷، ص ۲۹-۴۰.

موسوی، ز. ۱۳۸۹. استفاده از روش ارزیابی چند معیاره در محیط GIS برای زون بندی منطقه نازوان در شهر اصفهان، پایان نامه کارشناسی ارشد، رشته محیط زیست، دانشکده شیلات مرتع و محیط زیست، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ص ۱۰-۷۰.

سلمان ماهینی، ع. ۱۳۸۷. ارزیابی توان طبیعت گردی در شهرستان بهشهر با روش ارزیابی چند معیاره و GIS، علوم تکنولوژی محیط زیست جلد ۱۱ شماره ۱، ص ۱۸۷-۱۹۸.

وهابی، ج. ۱۳۸۲. تحلیل سامانه های پخش سیلاب و معرفی نیازهای تحقیقاتی، نشریه پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، شماره ۶۰، ص ۲۲ تا ۲۹.

وزارت جهاد کشاورزی، سازمان جهاد کشاورزی استان تهران ، مدیریت آبخیزداری. ۱۳۸۰. گزارشات پوشش گیاهی، خاک شناسی و زمین شناسی منطقه طرح شهرک صنعتی اشتهراد(کرج)، دانشگاه آزاد اسلامی ورامین وزارت جهاد کشاورزی، سازمان جنگل ها و مراعع و آبخیزداری، اداره کل منابع طبیعی استان تهران. ۱۳۹۱. گزارش تلفیق مطالعات انجام شده و شناسایی عرصه های مستعد پخش سیلاب استان تهران، نخس مصوب، مدیریت آبخیز استان تهران .

شرکت خدمات مهندسی آب و خاک کشور ۱۳۸۸، آلبوم نقشه های GIS مطالعات پخش سیلاب استان تهران. نقشه ۱:۲۵۰۰۰ مدل رقومی ارتفاع (۱۰ متری) و نقشه shp file ۱:۲۰۰۰۰ (اطلاعات نقطه ای، خطی و پلی گونی) سازمان نقشه برداری کشور حوضه آبخیز شهرک صنعتی اشتهراد در دو شیت D60613NE و D60612NW مرکز تحقیقات حفاظت خاک کشور ، دفتر مطالعات و هره برداری سازمان چنگل ها و مراعع و آبخیزداری ، نقشه کاربری اراضی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰

demarcate Krishnamurthy J, Venkatesa Kumar N, Jayaraman V and Manivel M, 1996. An approach to system.ternational Journal ground water potential zones through remote sensing and geographic information of Remote Sensing 10:1876-1884.

Saaty, T.L. 1980. The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation. McGraw-Hill, New York, NY, 437 pp.

Saaty,T.L., L.G.,Vargas. 1991. Prediction, Projection and Forecasting. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 251 pp.

Vallentine, J.F, 1971. Range development an improments, Brigham Young University press, 516p.