

## استفاده از روش دلفی و سیستم اطلاعات جغرافیایی در مکان‌یابی پخش سیلاب

حمید علی‌پور<sup>۱\*</sup>، آرش ملکیان<sup>۲</sup>، میرمسعود خیرخواه زرکش<sup>۳</sup>، سعید قره‌چلو<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۹۴/۷/۱

تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۱/۲۸

### چکیده

در حال حاضر پخش سیلاب بر آبخوان‌ها یکی از روش‌های مناسب برای مهار و استفاده بهینه از سیلاب و تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌شمار می‌رود. تعیین مکان مناسب با دقت و سرعت مورد نیاز برای پخش سیلاب از اهمیت بسیاری برخوردار است. در این پژوهش، چهار معیار اصلی، هشت زیرمعیار و ۲۴ شاخص مشخص شد. معیارها، زیرمعیارها و شاخص‌های پخش سیلاب با استفاده از روش دلفی غربال و درجه و درصد اهمیت آن‌ها تعیین شد. برای این منظور پرسشنامه نظرسنجی متخصصان (پرسش‌نامه دلفی) حاوی معیارهای استخراج‌شده، تهیه و در اختیار متخصصان قرار گرفت. برای هر معیار، زیرمعیار و شاخص دو مؤلفه آماری شامل درصد اهمیت معیار و درجه اهمیت معیار محاسبه شد تا براساس نمودار اهمیت معیار امکان‌گزینش معیارهای منتخب فراهم شود. اولویت‌بندی معیارها، زیرمعیارها و شاخص‌ها از روی درجه اهمیت و درصد اهمیت هر معیار تعیین شد. در نهایت به کمک سیستم اطلاعات جغرافیایی نقشه‌های مکان‌یابی تهیه شد. نتایج نشان داد که با توجه به فرم پرسشنامه، نظریات کارشناسان و نمودارها، در مکان‌یابی پخش سیلاب برای حوزه آبخیز ایور به‌ترتیب شاخص‌های نفوذ خاک، کیفیت سیلاب، بافت خاک، شیب و حضور قنات و زیرمعیار آب، آبخوان و توپوگرافی و معیار نفوذ و سیلاب با اهمیت و مناسب شناخته شدند. مناطق مستعد پخش سیلاب در واحدهای کواترنری مسیل‌ها و مخروطه‌افکنه‌ها، پادگانه‌های آبرفتی تراس بالا و پایین قرار گرفته‌اند که از علل آن می‌توان به قرارگیری این واحدها در حواشی آبراهه‌های اصلی، تشکیل شدن از رس و سیلت خیلی کم، ماسه و گراول فراوان و قرار گرفتن در ارتفاعات پایین‌تر و شیب‌های کم اشاره کرد.

**کلمات کلیدی:** مکان‌یابی، روش دلفی، سیل، معیار، شاخص.

۱. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بجنورد، باشگاه پژوهشگران جوان، بجنورد، ایران / Email: alipor.hamid@gmail.com

۲. استادیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

۳. استادیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری تهران

۴. عضو هیئت علمی دانشگاه سمنان

## مقدمه

مهار سیلاب و پخش آن به وسیله عملیات مکانیکی به نحوی که بتواند در بهبود رشد و نمو گیاهان زراعی، پوشش گیاهی مراتع و تغذیه آبخوانها مؤثر واقع شود، پخش سیلاب نامیده می شود (وهایی، ۲۰۰۰). در صورت مهار سیلابها و تغذیه مصنوعی آبهای زیرزمینی، علاوه بر جلوگیری از خسارات ناشی از جریان سیلابها می توان به استفاده مناسب و بموقع از سیلابها اقدام نمود (سلطانی، ۲۰۰۳). در حال حاضر پخش سیلاب بر آبخوانها یکی از روشهای مناسب برای مهار و استفاده بهینه از سیلاب و تغذیه مصنوعی آبهای زیرزمینی در مناطق خشک و نیمه خشک به شمار می رود (قرمزچشمه و همکاران، ۲۰۰۱). استفاده از مدل های تصمیم گیری و دانش کارشناسی به افزایش توانایی GIS در کمک به اتخاذ تصمیمات مکانی خواهد انجامید (مهدی پور، ۲۰۰۸). روش دلفی فرایندی ساختاریافته برای جمع آوری و طبقه بندی دانش موجود در نزد گروهی از کارشناسان و خبرگان است که از طریق توزیع پرسشنامه هایی در بین این افراد و بازخور کنترل شده پاسخها و نظریات دریافتی صورت می گیرد. این روش براساس رویکرد تحقیق دیالکتیکی یعنی تز (ایجاد عقیده یا نظر)، آنتی تز (نظر و عقیده مخالف) و در نهایت سنتز (توافق و اجماع جدید) شکل گرفته است که سنتز خود تبدیل به تز جدیدی می شود (آدلر و زیگیلو، ۱۹۹۶). دلفی ابزار ارتباطی سودمندی بین گروهی از خبرگان است که فرموله کردن آرای اعضای گروه را تسهیل می کند و برای مسائلی با ارزش است که نیازی به تکنیک های تحلیلی دقیق ندارد و همچنین زمانی که داده ها ناکافی یا فاقد قطعیت است، یا وقتی نمونه های واقعی موجود نیست یا وقتی که جمع کردن افراد و بحث کردن درباره مسائل مشکل است، این روش توصیه می شود (هلمر، ۱۹۹۷). GIS این امکان را به ما می دهد که ارزش هر لایه و هر واحد در تلفیق دخالت داده شود و تلفیق لایه های اطلاعاتی در قالب الگوهای مختلف صورت می گیرد. این الگوها برحسب نظریه تلفیق، تعداد لایه های اطلاعاتی و ارزش هر لایه

در تلفیق متفاوت خواهد بود (سلطانی، ۲۰۰۳). ویسیما<sup>۳</sup> (۱۹۸۲) با تأکید بر اهمیت روش دلفی، از آن به عنوان روشی برای «یک کاوش تک متغیره» برای پیش بینی آینده فناوری ها یاد می کند. او می افزاید که روش دلفی با این هدف طراحی شده که بتواند مباحثات میان خبرگان را امکان پذیر کند، به طوری که از ورود تأثیر رفتارهای متقابل اجتماعی که معمولاً در مباحثات گروهی اتفاق می افتد و منجر به مانعی در برابر شکل یافتن عقاید و نظریات می شود، جلوگیری کند.

رامالینگام و سانتاکومار<sup>۴</sup> (۱۹۹۷) با استفاده از داده های سنجش از دور و GIS مناطق مستعد برای تغذیه مصنوعی آب های زیرزمینی را در منطقه Tamil Nouda مشخص کردند. خیرخواه زرکش (۲۰۰۵) بعد از توسعه یک (Decision Support System) برای مکان یابی مناطق مناسب پخش سیلاب در ایران، به مکان یابی مناطق مستعد پخش سیلاب با استفاده از سامانه پشتیبان تصمیم گیری در دشت ورامین استان تهران پرداخت. آدامت<sup>۵</sup> (۲۰۱۰) با ترکیب GIS و ساختار تصمیم گیری چندمعیاره برای مکان مناسب پخش آب در اردن شمالی نشان دادند که منطقه دارای پتانسیل زیادی برای پخش آب است. قیومیان و همکاران (۲۰۰۵) با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و سامانه پشتیبان تصمیم گیری (DSS) مناطق مناسب برای تغذیه مصنوعی در منطقه میمه استان اصفهان را مشخص کردند. خیرخواه زرکش و همکاران (۲۰۰۸) در تحقیقی با عنوان سامانه پشتیبان تصمیم گیری برای مکان یابی پخش سیلاب با استفاده از داده های سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی به کاربرد هم زمان DSS و GIS تأکید کردند. زهتابیان و همکاران (۲۰۰۱) برای تعیین مناطق مناسب برای پخش سیلاب با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و تصاویر ماهواره ای در حوزه آبخیز طغرود استان قم نشان دادند که اپراتور فازی  $\gamma = 0.7$  بهترین مدل مکان یابی برای منطقه مورد نظر بوده است. عبدی (۲۰۰۶) با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و سنجش از دور محل های مناسب برای اجرای عملیات پخش سیلاب در استان

3. Wissema

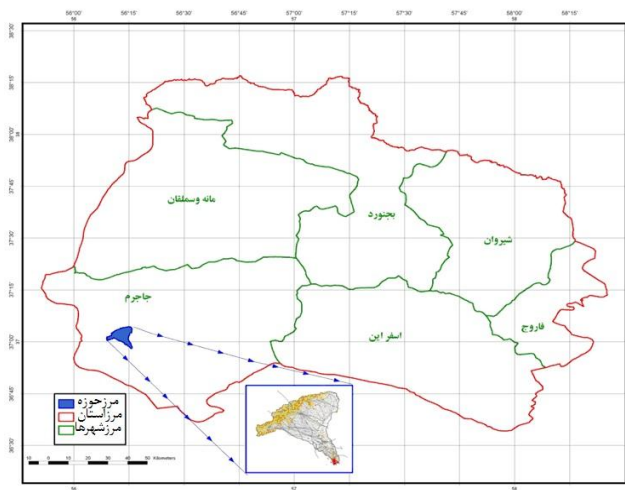
4. Ramalingam and Santhakumar

5. Adamat

1. Adler and Ziglio

2. Helmer

خراسان شمالی، شهرستان جاجرم و در فاصله طول جغرافیایی ۵۶ درجه و ۸ دقیقه و ۵۸ ثانیه تا ۵۶ درجه و ۱۵ دقیقه و ۵۳ ثانیه و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۸ دقیقه و ۳ ثانیه تا ۳۷ درجه و ۴ دقیقه و ۲۶ ثانیه واقع شده است. از نظر طبقه‌بندی اقلیمی دوما رتن اقلیم منطقه خشک ارزیابی می‌شود. حداقل و حداکثر ارتفاع ۱۰۳۱ و ۱۶۰۳ متر، میزان متوسط سالانه بارندگی در حوزه ایور برابر ۱۶۸ میلی‌متر است. متوسط درجه حرارت سالانه ۱۴/۱، متوسط حداقل درجه حرارت سالانه ۷/۸، متوسط حداکثر درجه حرارت سالانه ۲۲/۱، حداقل مطلق سالانه ۸/۱- در دی‌ماه و حداکثر مطلق سالانه ۴۰/۱ درجه سانتی‌گراد در مرداد ماه است. باد غالب منطقه شرقی و به میزان ۱۷/۳ درصد از کل بادهاست. حجم سیلاب در منطقه بالا و تعداد رخداد سیلاب نیز حداقل یک بار در سال بوده و برآورد دبی پیک و حداکثر و همچنین رواناب و ارتفاع آن با استفاده از روش‌های تجربی برآورد شده است. در این حوضه، مجموعه واحدهای سنگی و رسوبی از ژوراسیک، کرتاسه و کواترنر وجود دارد. شکل (۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل (۱): موقعیت منطقه مورد مطالعه

در این پژوهش، برای تولید نقشه طبقات ارتفاعی، ابتدا نقشه توپوگرافی حوضه مورد پژوهش با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ که از سازمان نقشه‌برداری کشور تهیه شده بود، در محیط Arc GIS زمین مرجع شد و خطوط ارتفاعی بر روی آن رقمی شد. سپس با تهیه DEM منطقه و بستن مرز حوضه در روی نقشه و کلاسه‌بندی آن، نقشه طبقات ارتفاعی حاصل شد (شکل ۳). برای

زنجان را تعیین کرد. مجنونیان (۱۹۹۸) در مطالعه‌ای با عنوان ارزیابی زیست‌محیطی، روشی برای ارزشیابی مناطق برای تعیین پارک ملی بیان می‌دارد که روش سایمر گولز براساس سیستم نمرده‌دهی یا وزن‌گذاری قرار دارد. در این روش با کاربرد شیوه دلفی میزان خطا به حداقل خود رسید و این یکی از جنبه‌های قوت این روش در طیف روش‌های ارزیابی زیست‌محیطی به‌شمار می‌رود که در آن از وزن‌گذاری استفاده می‌شود. غلامی و همکاران (۲۰۰۶) کاربرد روش دلفی در تعیین اولویت اهداف مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط‌زیست صنایع نفت، گاز و پتروشیمی را بررسی و بیان کردند یکی از روش‌های نظرسنجی که ضمن حفظ سادگی از اطمینان بالایی نیز برخوردار است، روش دلفی است. لیسکینین<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۰۳) به ارزیابی ارزش‌های اکولوژیک با متغیرهای وابسته، تشریحی در مدیریت چندمعیاره اکوسیستم جنگلی، ارزیابی عددی ارزش‌های اکولوژیک مدیریت اکوسیستم جنگل را در فضای برنامه‌ریزی چند معیاره پرداختند. گوخال<sup>۲</sup> (۲۰۰۴) برای اولویت‌بندی برنامه‌های اجرایی زیست‌محیطی با رویکرد دلفی، در هندوستان به مسائل زیست‌محیطی پرداخت. میلیر و کاف<sup>۳</sup> (۲۰۰۵) رویکرد دلفی برای میانجیگری در مباحثات زیست‌محیطی را بررسی و نشان دادند که یکی از رویکردهایی که برای حل این مسئله در نظر گرفته شده، روش دلفی است. هاتزیچ و گیاتزی<sup>۴</sup> (۲۰۰۶) مقاله‌ای با عنوان مکان‌یابی جایگاه دفن زباله با استفاده از GIS، منطق‌فازی و روش دلفی را به چاپ رساندند که تمرکز آن بر توسعه ارزیابی یک روش برای مکان‌یابی جایگاه دفن زباله است. لاس‌هراس<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۰۷) انگیزش آتش‌سوزی با استفاده از روش دلفی، عوامل ایجادکننده آتش‌سوزی در جنگل‌ها را مورد بررسی قرار دادند. هدف اصلی این تحقیق مکان‌یابی پخش سیلاب با استفاده از روش دلفی و سیستم اطلاعات جغرافیایی در حوزه آبخیز ایور است.

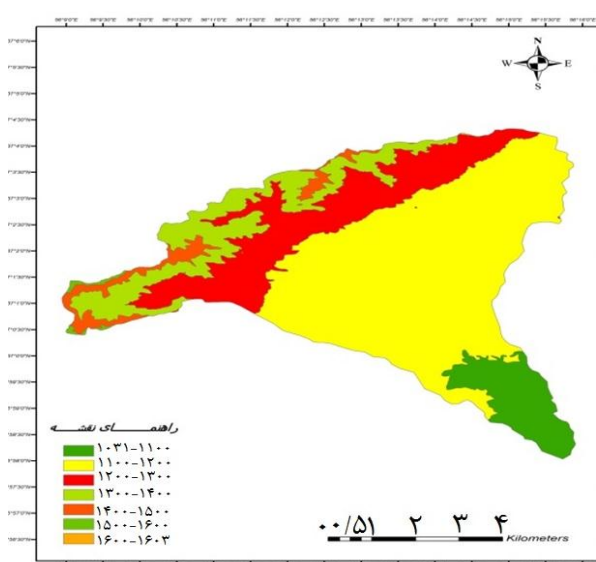
## مواد و روش‌ها

حوزه آبخیز ایور با مساحتی در حدود ۵۵۰۰ هکتار، در استان

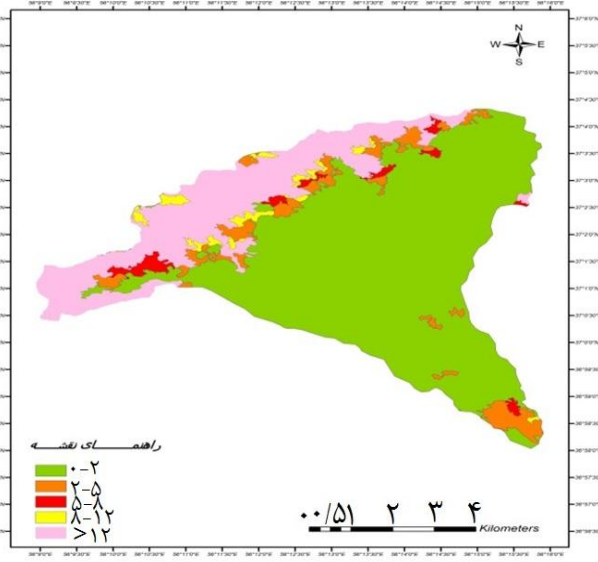
1. Leskinen
2. Gokhale
3. Miller and Cuff
4. Hatzichristos and Giaoutzi
5. las Heras

هوایی ۱:۴۵۰۰۰ سازمان نقشه برداری استفاده شد. نقشه نفوذپذیری سطحی حوزه آبخیز ایور براساس گروه‌های هیدرولوژیکی خاک حاصل شده و در محیط Arc GIS رقومی شد و به چهار کلاس خیلی زیاد، زیاد، متوسط و کم طبقه‌بندی شد (شکل ۵).

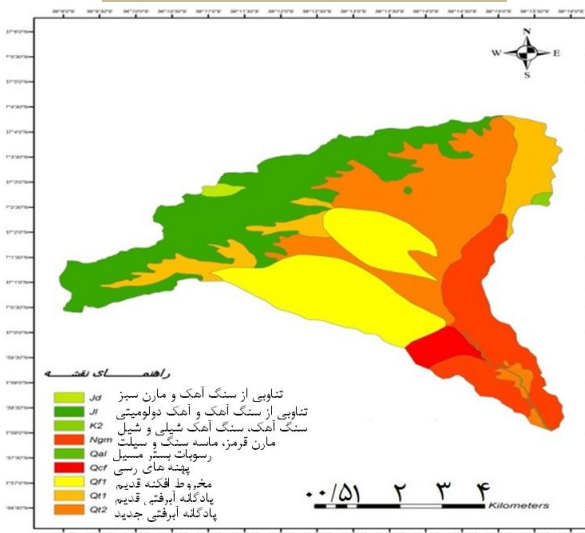
تهیه نقشه شیب نیز از نقشه DEM منطقه و در پنج کلاس ۰-۲، ۲-۵، ۵-۸، ۸-۱۲ و بیشتر از ۱۲ درصد استفاده شد (شکل ۲). برای تهیه نقشه زمین‌شناسی از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی کشور استفاده شد که در شکل (۴) نشان داده شده است. همچنین از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و عکس‌های



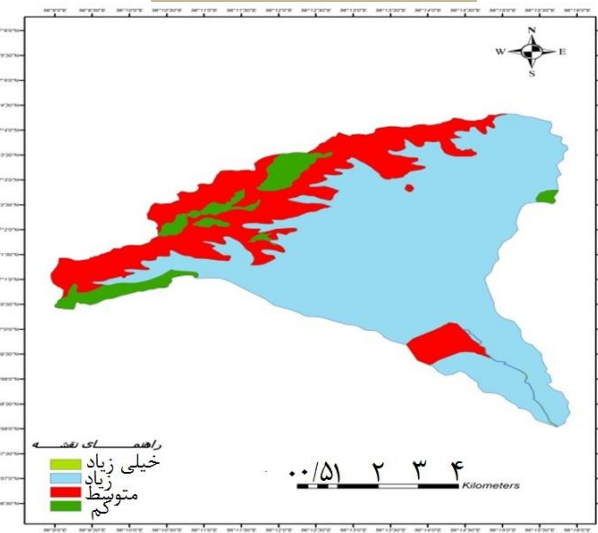
شکل (۳): نقشه طبقات ارتفاعی حوزه آبخیز ایور



شکل (۲): نقشه شیب حوزه آبخیز ایور



شکل (۵): نقشه نفوذ سطحی خاک حوزه آبخیز ایور



شکل (۴): نقشه زمین‌شناسی حوزه آبخیز ایور

شاخص‌های پخش سیلاب با استفاده از روش دلفی غربال و درجه اهمیت آن‌ها تعیین شد. برای این منظور پرسشنامه نظرسنجی متخصصان (پرسشنامه دلفی) حاوی معیارهای استخراج‌شده تهیه و در اختیار متخصصان قرار گرفت. این متخصصان از میان افراد مسلط به علوم طراحی و مکان‌یابی

ابتدا معیار، زیرمعیار و شاخص‌های پخش سیلاب شناسایی شدند. سپس با توجه به ماهیت معیار، زیرمعیار و شاخص‌های مختلف و توجه به جنبه‌های کاربردی نتایج، در یک قالب‌بندی جدید توزیع و تجمیع شدند. در نتیجه، چهار معیار اصلی، هشت زیرمعیار و ۲۴ شاخص مشخص شد. معیارها، زیرمعیارها و

نمودار اهمیت معیار نموداری است که محور افقی آن درصد اهمیت معیار و محور عمودی آن درجه اهمیت معیار است. این نمودار براساس نصف ارزش عددی هر بردار عمودی و افقی به چهار بخش تفکیک می‌شود و برای گزینش بهترین معیارها، معیارهایی که حداقل بیش از نصف ارزش عددی هر بردار را داشتند، مورد انتخاب قرار می‌گیرند. این معیارها در قطاع یک‌چهارم بالا و سمت راست نمودار وارد می‌شوند. خط افقی تقطیع بردار همواره در مقابل عدد پنج بزرگ‌ترین درجه اهمیت که عدد ۱۰ است، رسم می‌شود. به این ترتیب معیارهای وارد شده به قطاع بالا در سمت راست به‌عنوان معیارهای منتخب برای مکان‌یابی در نظر گرفته شود. با توجه به این نمودار معیارهایی که بیشترین درصد اهمیت و بیشترین درجه اهمیت را دارند، پراهمی‌تر هستند که نمودار ترتیب این معیارها را نیز نمایش می‌دهد. اولویت‌بندی معیارها، زیرمعیارها و شاخص‌ها از روی درجه اهمیت و درصد اهمیت هر معیار (ضریب وزنی) تعیین شد (آنادا و هیرت<sup>۱</sup>، ۲۰۰۸). در نهایت به کمک سیستم اطلاعات جغرافیایی نقشه‌های مکان‌یابی تهیه شد.

### نتایج

براساس مطالعات صورت گرفته چهار معیار اصلی شامل نفوذ، سیلاب، کاربرد آب و خسارت سیلاب مشتمل بر هشت زیر معیار و ۲۴ شاخص برای گزینش مناطق مناسب پخش سیلاب استخراج شد. جداول (۲) تا (۴) نتایج پرسشنامه دلفی برای معیار، زیرمعیار و شاخص در حوزه آبخیز ایور را نشان می‌دهد.

جدول (۲): نتایج پرسشنامه دلفی برای معیارهای مکان‌یابی پخش سیلاب حوزه آبخیز ایور

ردیف	معیار	درجه اهمیت	درصد اهمیت
۱	نفوذ	۷/۴	۲۹/۶
۲	کاربرد آب	۴/۶	۱۸/۴
۳	سیلاب	۵/۸	۲۳/۲
۴	خسارت سیلاب	۴/۲	۱۶/۸

پخش سیلاب انتخاب شدند. این پرسشنامه‌ها این امکان را برای متخصصان فراهم می‌کردند که آن‌ها نظر خود را راجع به میزان اهمیت معیارها، زیرمعیارها و شاخص‌ها بیان کنند (جدول ۱). برای جمع‌بندی آرای پرسش‌شوندگان امتیاز وزن‌دار هر معیار محاسبه شد. تعداد انتخاب‌های صورت گرفته برای هر درجه اهمیت معرف امتیاز آن درجه اهمیت قلمداد شد.

جدول (۱): درجه اهمیت معیار نسبت به یکدیگر توسط نظریات کارشناسی

درجه اهمیت معیار	خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم	خیلی کم
بیان عددی	۹	۷	۵	۳	۱
حوزه شمول بیان عددی	۸-۱۰	۶-۸	۴-۶	۲-۴	۰-۲

تعداد ۱۸ فرم پرسشنامه تکمیل و با فرض بر اینکه هرچه تعداد پرسشنامه بیشتر و عواملی مانند آبخوان و نفوذپذیری و سیل زیاد باشد دقت بالاتر می‌رود، نتایج حاصل از پرسشنامه دلفی که به صورت گزینه‌های معین براساس معیارها تنظیم شده است، برای محاسبه دو شاخص عددی شامل درجه اهمیت معیار و درصد اهمیت معیار به کار گرفته شدند. در مرحله بعد این دو شاخص به نموداری برای گزینش معیارهای مکان‌یابی منتقل شد. روابط ریاضی محاسبه درصد و اهمیت معیار به شرح زیر است (دانه‌کار و حدادی‌نیا، ۲۰۱۰):

$$\text{درجه اهمیت معیار} = \frac{\sum(x_i \times n)}{N} \quad (1)$$

$$\text{درصد اهمیت معیار} = \frac{\sum z_i}{N} \times 100 \quad (2)$$

وزن تعدیل شده  $(y_i) = \frac{x_i}{\sum x_i}$  امتیاز وزن‌دار  $n(z_i) = y_i \times n$

= تعداد افرادی که به هر درجه اهمیت رأی داده‌اند (امتیاز)

$N$  = تعداد پرسش‌شوندگان  $\sum x_i$  = وزن اولیه

برای هر معیار، زیرمعیار و شاخص دو مؤلفه آماری شامل درصد اهمیت معیار و درجه اهمیت معیار محاسبه شد تا براساس نمودار اهمیت معیار امکان گزینش معیارهای منتخب فراهم شود.

جدول (۳): نتایج پرسشنامه دلفی برای زیرمعیارهای مکان‌یابی پخش سیلاب حوزه آبخیز ایور

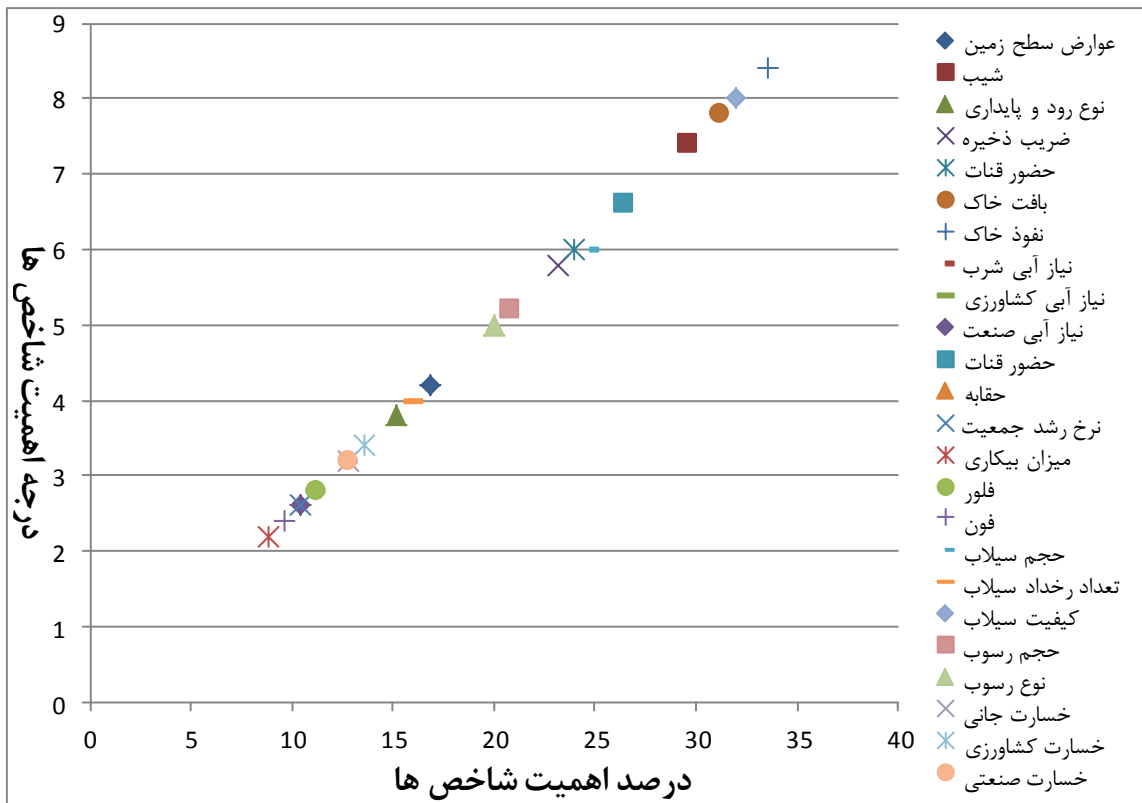
ردیف	زیر معیار	درجه اهمیت	درصد اهمیت
۱	توپوگرافی	۷/۴	۲۹/۶
۲	آبخوان	۷/۴	۳۰/۴
۳	خاک	۶/۶	۲۷/۲
۴	نیازهای آبی	۴/۶	۱۸/۴
۵	مقبولیت اجتماعی	۳/۲	۱۲/۸
۶	سازگاری محیطی	۳/۲	۱۲/۸
۷	آب	۸/۲	۳۳/۶
۸	رسوب	۷/۰	۲۸/۸

جدول (۴): نتایج پرسشنامه دلفی برای شاخص‌های مکان‌یابی پخش سیلاب حوزه آبخیز ایور

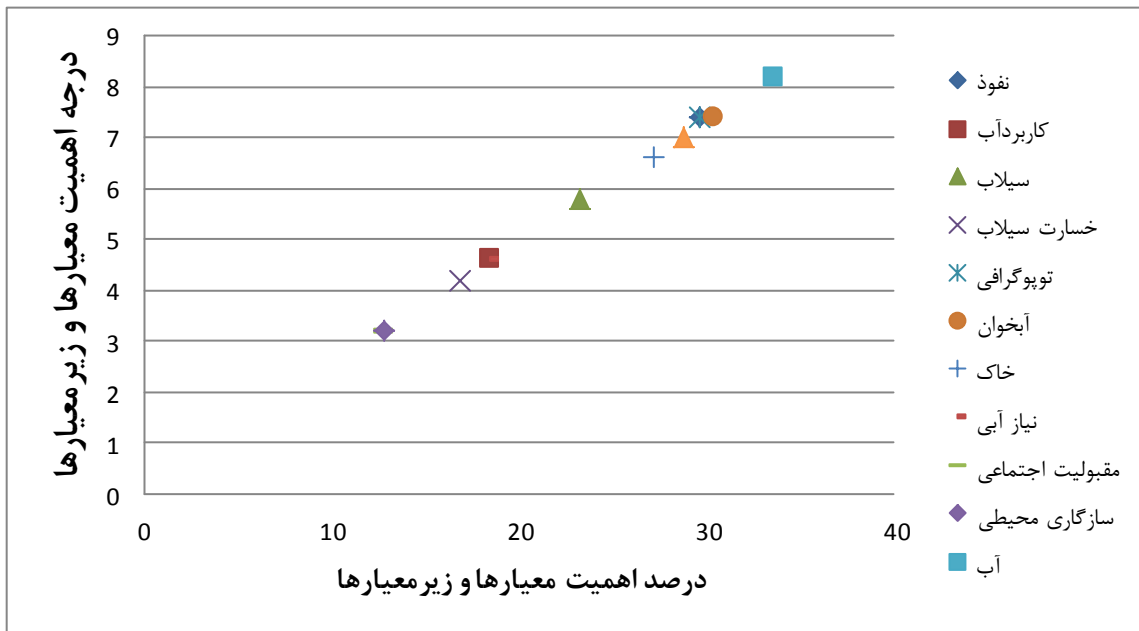
ردیف	شاخص	درجه اهمیت	درصد اهمیت	ردیف	شاخص	درجه اهمیت	درصد اهمیت
۱	عوارض سطحی زمین	۴/۲	۱۶/۸	۱۳	نرخ رشد جمعیت	۲/۶	۱۰/۴
۲	شیب	۷/۴	۲۹/۶	۱۴	میزان بیکاری	۲/۲	۸/۸
۳	نوع رود و پایداری	۳/۸	۱۵/۲	۱۵	فلور	۲/۸	۱۱/۲
۴	ضریب ذخیره	۵/۸	۲۳/۲	۱۶	فون	۲/۴	۹/۶
۵	حضور قنات	۶/۰	۲۴	۱۷	حجم سیلاب	۶/۰	۲۴/۸
۶	بافت خاک	۷/۸	۳۱/۲	۱۸	تعداد رخداد سیلاب	۴/۰	۱۶
۷	نفوذ خاک	۸/۴	۳۳/۶	۱۹	کیفیت سیلاب	۸/۰	۳۲
۸	نیاز آبی شرب	۳/۲	۱۲/۸	۲۰	حجم رسوب	۵/۲	۲۰/۸
۹	نیاز آبی کشاورزی	۲/۸	۱۱/۲	۲۱	نوع رسوب	۵/۰	۲۰
۱۰	نیاز آبی صنعت	۲/۶	۱۰/۴	۲۲	خسارات جانی	۳/۲	۱۲/۸
۱۱	حضور قنات	۶/۶	۲۶/۴	۲۳	خسارات کشاورزی	۳/۴	۱۳/۶
۱۲	حقاب	۵/۰	۲۰	۲۴	خسارات صنعتی و تأسیسات	۳/۲	۱۲/۸

زیرمعیارهای آب، آبخوان و توپوگرافی و همچنین شاخص‌های نفوذ خاک، کیفیت سیلاب، بافت خاک و شیب اختصاص یافته است.

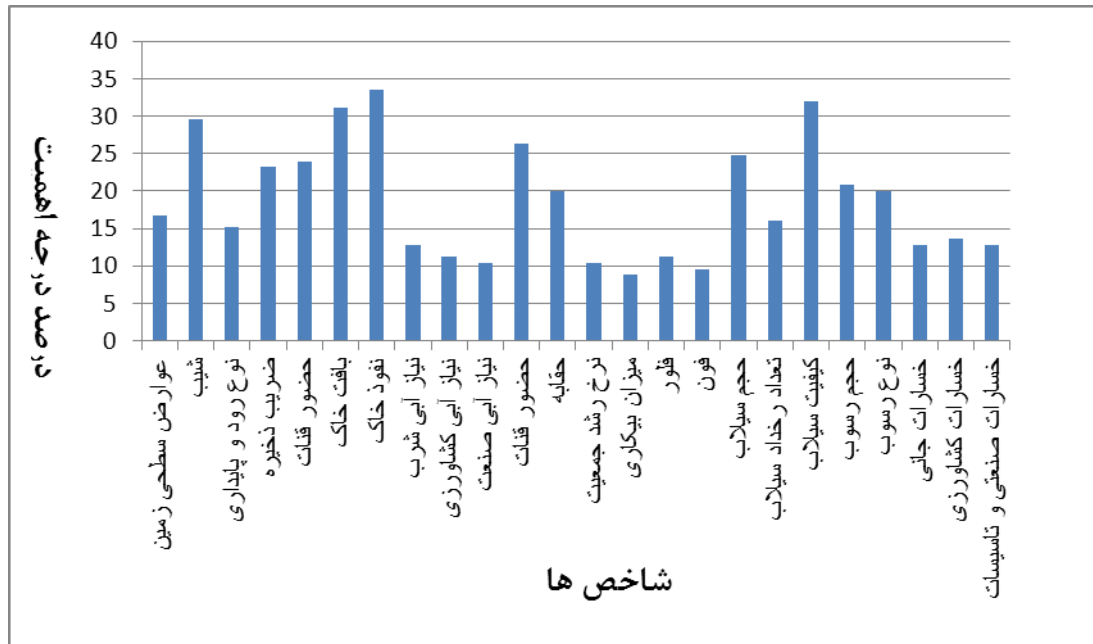
همان‌طور که در جداول (۲) تا (۴) مشاهده می‌شود، بیشترین درجه و درصد اهمیت براساس فرم پرسشنامه و نظریات کارشناسان متخصص، مربوط به معیار نفوذ و سیلاب و



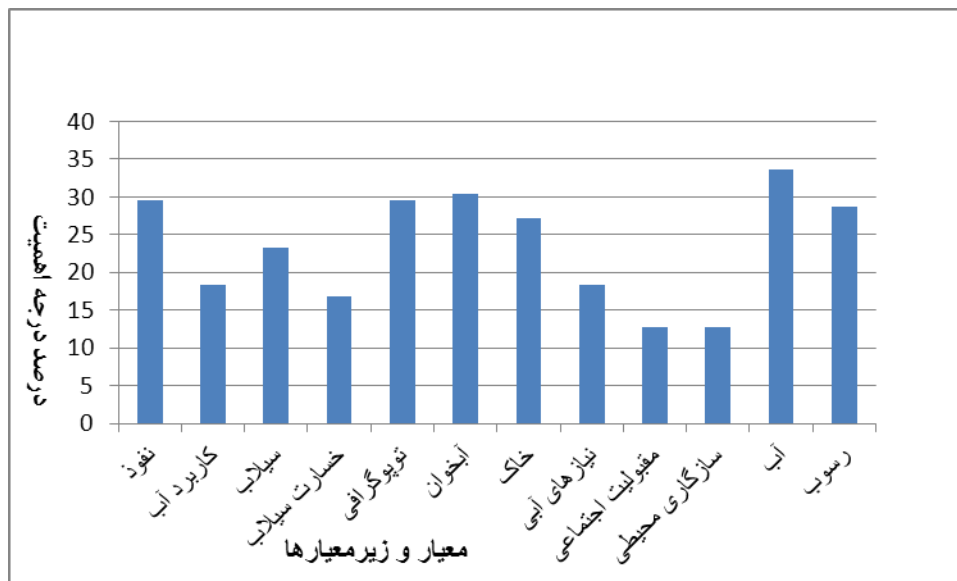
شکل (۶): نمودار درصد و درجه اهمیت شاخص‌های مکان‌یابی پخش سیلاب حوزه آبخیز ایور



شکل (۷): نمودار درصد و درجه اهمیت معیارها و زیرمعیارهای مکان‌یابی پخش سیلاب حوزه آبخیز ایور



شکل (۸): نمودار درصد درجه اهمیت شاخص‌های مکان‌یابی پخش سیلاب حوزه آبخیز ایور

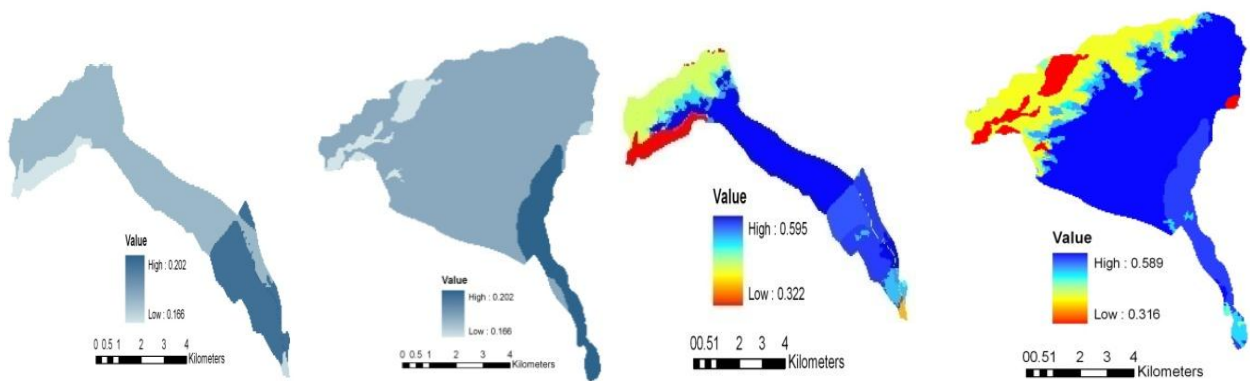


شکل (۹): نمودار درصد درجه اهمیت معیارها و زیرمعیارهای مکان‌یابی پخش سیلاب حوزه آبخیز ایور

درجه اهمیت مکان‌یابی متعلق به شاخص‌های نفوذ خاک، کیفیت سیلاب، بافت خاک، شیب و حضور قنات و زیرمعیار آب، آبخوان و توپوگرافی و معیار نفوذ و سیلاب است.

شکل (۶) و (۷) نمودار درصد و درجه اهمیت شاخص‌ها و معیار، زیرمعیارها و شکل (۸) و (۹) نمودار درصد درجه اهمیت مکان‌یابی پخش سیلاب در حوزه آبخیز ایور را نشان می‌دهد که براساس آن‌ها بیشترین درصد و درجه اهمیت و همچنین درصد





زیرحوزه دو

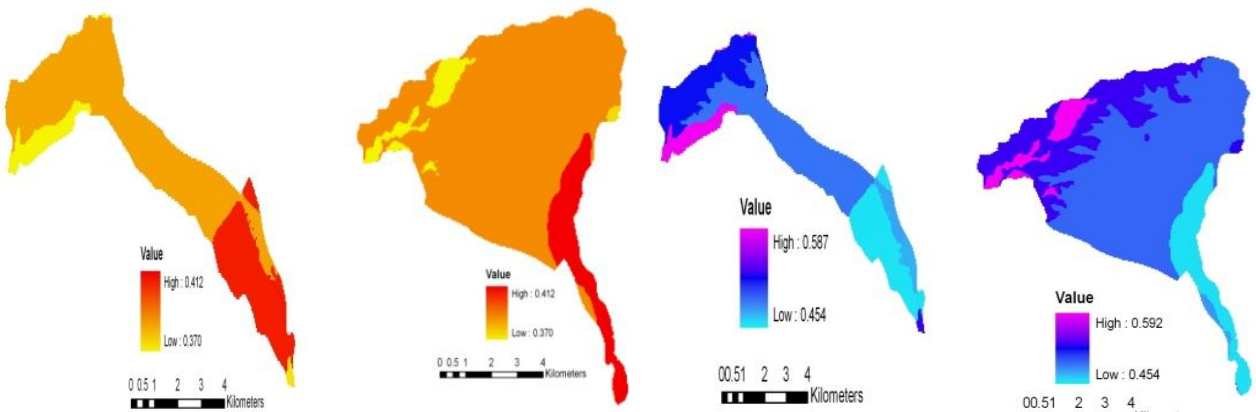
زیرحوزه یک

زیرحوزه دو

زیرحوزه یک

شکل (۱۱): نقشهٔ ارجحیت معیار اصلی خسارت سیلاب

شکل (۱۰): نقشهٔ ارجحیت معیار اصلی نفوذ



زیرحوزه دو

زیرحوزه یک

زیرحوزه دو

زیرحوزه یک

شکل (۱۳): نقشهٔ ارجحیت معیار اصلی کاربرد آب

شکل (۱۲): نقشهٔ ارجحیت معیار اصلی سیلاب

تراس بالا و پایین متوسط و توده‌ها و رخنمون‌های سنگی نامناسب و خیلی نامناسب برای مکان‌یابی پخش سیلاب می‌باشند.

شکل (۱۴) نقشهٔ استعداد اراضی برای پخش سیلاب را در حوزهٔ آبخیز ایور نشان می‌دهد که براساس آن، مسیل‌ها و مخروطه‌افکنه‌ها خیلی مناسب و مناسب، پادگانه‌های آبرفتی



به‌عنوان زیرحوزه مناسب‌تر برای پخش سیلاب مد نظر قرار گرفت. دلیل آن را می‌توان به عواملی همچون نیاز آبی بیشتر این زیرحوزه، بزرگی منطقه تولید سیلاب، لزوم مهار سیلاب به‌سبب ایجاد خسارت‌های بیشتر، کاربری‌های اراضی، نهشته‌های موجود در این زیرحوزه، شیب ملایم، دسترسی به مسیل‌های اصلی و مکان‌های وسیع‌تر به‌منظور پخش سیلاب نسبت داد. این یافته‌ها با نتایج خیرخواه زرکش (۲۰۰۵) مطابقت دارد که پس از تعیین وزن فاکتورهای مختلف از طریق فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی از بین عوامل تأثیرگذار، فاکتور حجم سیلاب، بافت خاک و نیاز آبی شرب جزء مهم‌ترین عوامل در تعیین مکان‌های دارای پتانسیل برشمرد.

تشکیل شدن از رس و سیلت خیلی کم، ماسه و گراول فراوان و قرار گرفتن در ارتفاعات پایین‌تر و در شیب‌های کم اشاره کرد. این نتایج همچنین مطابق با یافته‌های عبدی (۲۰۰۶) است که حدود ۴۰ درصد سطح مورد مطالعه در عرصه‌های کواترنری را که مناسب پخش سیلاب بود، مکان‌یابی نمود. از لحاظ شیب نیز بیشتر مناطق مناسب در شیب‌های پایین (کمتر از ۳ درصد) قرار گرفته است که نشان‌دهنده تأثیر بسزای این عامل در اجرای طرح‌های پخش سیلاب است و با نتایج قرمز چشمه و همکاران (۲۰۰۱) مبنی بر اینکه عرصه‌های با شیب کم‌تر از ۳ درصد جهت پخش سیلاب مناسب می‌باشند، همخوانی دارد. در میان دو زیرحوزه، زیرحوزه یک دارای ارجحیت بیشتری نسبت به دیگر زیرحوزه است و می‌توان آن‌را

## منابع

- Abdi, P. 2006. The mapping of quaternary deposits of Zanjan province in Iran using RS-GIS. *Journal of Surveying Engineering. Remote sensing and geographical sciences*. 14 (54): 41-36.
- Alshaiikh, A. A., Soltani, M.J., and Helali, H. 2003. GIS application in locating the flood spreading areas, *Geographical Research*, 17 (4): 22-38.
- Adamat R.A., Diabat A., Shatnawi G. 2010. Combining GIS With multicriteria decision making for siting water harvesting ponds in northern Jordan. *Journal of arid environments*. Vol74:1471-1477.
- Adler, M., Ziglio, E. 1996. *Gazing into the Oracle: The Delphi method and its application to social policy and public health*. London: Kingsley Publishers, 829P.
- Anada, J., Herath, G. 2008. Multi-attribute preference modelling and regional land-use planning, *Ecological economics* 65: 325-335.
- Danekar, A, hadadinia, S. 2010. Weighting and ranking criteria for planning ecotourism in desert and semi-desert ecosystems with Delphi, *Journal of Management and Development of Natural Resources*, 2(2):21-32.
- Ghayoumian J., Ahmadi H.(2005), Study of Quaternary formations with GIS and RS for finding the most suitable areas fro floodwater spreading (Case study: Tasooj plain), *Range and Desert Research Journal*, 12:4:437-467
- Ghermezcheshmeh, B., Ghayomiyan, J., Mahdian, M.H. 2001. Determination Indices required floodwater spreading site selection (case study: plain meymeh isfahan), *Articles collection the Second National Congress achievements of plan* aquifer management, p 39 -50(in farsi).
- Gholami, M.H., Farhoosh, T., Ariani, J. 2006. An application of Delphi technique in determining the strategic goals of oil, gas and petrochemical management. *First National Conference on Safety Engineering and Management of HSE. Iran*.
- Gokhale, A. 2004. Environmental Initiative Prioritization with a Delphi Approach: A Case Study, *Environmental Management Journal*, 28(2): 187-193.
- Hatzichristos, T., Giaoutzi, M. 2006. Landfill siting using GIS, fuzzy logic and the Delphi Method, *Int. J. Environmental Technology and Management*, 6: 218-231.
- Helmer, O. 1997. Problems in futures research: Delphi and causal cross-impact analysis. *Futures*, 17-31.
- Kheirkhah Zarkesh, M. 2005. DSS for floodwater site selection in Iran, PhD Thesis. Wageningen University. 273.
- Kheirkhah Zarkesh, M., Meijernk, A.M.J., Goodarzi, M. 2008. Decision Support System (DSS) for site selection floodwater spreading schemes using Remote Sensing (RS) and Geographical Information Systems (GIS). *Desert*. 12 (2): 99-197.
- las Heras. 2007. Wildfire motivation survey through the Delphi Method. p:1-10.
- Leskinen, P., Kangas, J. A., pasanen, M. 2003. Assessing Ecological Values with Dependent Explanatory Variables in Multi-criteria Forest Ecosystem Management. *Ecological Modelling*, 170:1-12.
- Majnonian, H. 1998. Environmental evaluation of

- regions to determine national park. *Ecology journal*, 19: 11-27.
18. Mehdipour, F. 2008. the model for locating based on AHP and GIS, *Mapping journal*, 87: 20-29.
  19. Mehrvarzmoqanlo, K., Faiznia, S., Giomian, J., Ahmadi, H. 2006. Studying quaternary deposits to determine potential areas of flood spreading using RS and GIS, *Journal of Iranian rangeland and desert researches*, 12 (4): 437-467.
  20. Miller, A., Cuff, W. 2005. The Delphi approach to the mediation of environmental disputes, *Environmental Management Journal*, 10(3): 321-330.
  21. Ramalingam, M., Santhakumar, A.R. 1997. Case study on artificial recharge using Remote Sensing and GIS. [www.GISdevelopment.net](http://www.GISdevelopment.net).
  22. Sultani, M. J. 2003. Application of GIS in locating areas of flood, *Geographical Research Quarterly*, 17 (4): 22-38(in farsi).
  23. Vahabi, J. 2000. Principles, criteria, goals, and research needs of flood spreading, the first workshop on research management and operation of the flood. Research Center of Soil Conservation and Watershed Management, 78.
  24. Wissema, J.G. 1982. Trends in technology forecasting. *R & D Management*, 12(1), pp. 27-36.
  25. Zehtabian, Q.R., Alavipanah, S.K., Hamedpanah, R. 2001. Determining the appropriate areas for flood spreading using GIS and satellite images in Toqrood watershed of Qom province, Iran, international symposium of mapping, Seoul. Korea. 1-6.

## Application of Delphi Method and GIS in Site Selection Flood Water Spreading

Hamid Alipour<sup>1\*</sup>, Arash Malekian<sup>2</sup>, Mirmasood Kheirkhah Zarkesh<sup>3</sup>, Saeed Gharachelo<sup>4</sup>

Received: Sep/23/2015

Accepted: Feb/17/2016

### Abstract

Now floodwater spreading on aquifers is one of the suitable methods for control and efficient use flood and artificial feed groundwater in arid and semi-arid regions and determine appropriate locations with accuracy and required speed for floodwater spreading it is of utmost importance. In this study, were identified main criteria four, sub criteria eight and indicators 24 Criteria, sub criteria and indicators flood water spreading bolterusing Delphi method and determine their degree and percent importance. For this purpose, a questionnaire experts survey (Delphi questionnaire) containing extracted criteria preparation and was in the hands of specialists. For each criteria, sub criteria and indicators calculated criteria percent importance and importance degree. According to the criteria importance the chart be provided selection possible elected criteria. criteria, sub criteria and indicators Prioritization was determined of the percent importance and importance degree each criterion. Finally GIS help were prepared site selection maps. The results showed that according to questionnaire and the opinions experts and charts in site selection flood water spreading watershed ivar respectively soil infiltration indicators, flooding quality, soil texture, slope, and the presence aqueduct and sub criteria water, aquifer and topography and infiltration and flooding criteria were considered important and appropriate.

Region prone to floodwater spreading are located in quaternary units the watercourse and alluvial fans, alluvial terraces up and down terraces that the causes can cited be placed units these in the margins of the main channels, consisted of clay and silt very low, sand and gravel abundant and be at the lower elevations and low slopes.

**Keywords:** site selection, Delphi, floods, criteria, indica.

1. Young Researchers Club, Bojnourd Branch, Islamic Azad University, Bojnourd, Iran (alipor.hamid@gmail.com)

2. Assistant Professor Department of Natural Resources Tehran university

3. Assistant Professor Soil Conservation and Watershed Management Research Center Tehran

4. Faculty member at the University of Semnan