انتخاب عرصه های مناسب تغذیه مصنوعی به روش پخش سیلاب با کاربرد روش AHP درمحیط GIS (مطالعه موردی منطقه آبید– سربیشه گتوند)

نظام اصغری پوردشت بزرگ[۱]، دکتر محمدرضا ثروتی[۲]، دکتر پرویز کردوانی[۳] ، دکتر سیاوش شایان[٤]

۱- دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران
۲- استاد دانشگاه شهید بهشتی
۳- استاد دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران
٤- استادیار دانشگاه تربیت مدرس

چکیده

برداشت بی رویه از سفره های آب زیرزمینی در دشت های مناطق خشک و نیمه خشک کشور باعث افت شدید سطح آب زیرزمینی شده است. تغذیه مصنوعی آبخوان ها به روش پخش سیلاب راهکاری است که با آن می توان حجم مخزن آب زیرزمینی را افزایش و روند افت سطح آن را کاهش داد. در این پژوهش سعی شده است با تلفیق سیستم اطلاعات جغرافیایی و روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی (Analytical Hierarchy process)، مناسب ترین عرصه ها را برای عملیات پخش سیلاب با هدف تغذیه مصنوعی درمنطقه آبید- سربیشه گتوند شناسایی کرد. بدین منظور، ابتدا هفت عامل موثر- شیب، نفوذپذیری، کیفیت سیلاب، ضخامت آبرفت، قابلیت انتقال، تراکم زهکشی و کاربری اراضی- منطقه مورد مطالعه، در محیطGIS آماده سازی و با روش AHP وزن هر عامل محاسبه گردید. سپس با استفاده از توابع تحلیلیGIS و وزن های اکتسابی هر لایه در روشAHP نقشه عوامل موثر در مکانیابی با همدیگر تلفیق و نقشه نهایی در چهار کلاس تناسب بالا تا نامناسب تهیه گردید. نتایج این تحقیق نشان داد که عرصه های با تناسب بالا جهت اجرای طرح های تغذیه مصنوعی به روش پخش سیلاب اغلب در واحد ژئومورفولوژی مخروط افکنه و شیب کمتر از ۳ درصد قراردارند. کنترل زمینی نتایج نشان از انطباق بالای مکانیابی با این روش و پروژه های اجرا شده با هدف تغذیه مصنوعی در این منطقه می باشد.

کلید واژه ها: پخش سیلاب، آبخوان، تغذیه مصنوعی، آبید-سربیشه، گتوند، AHP

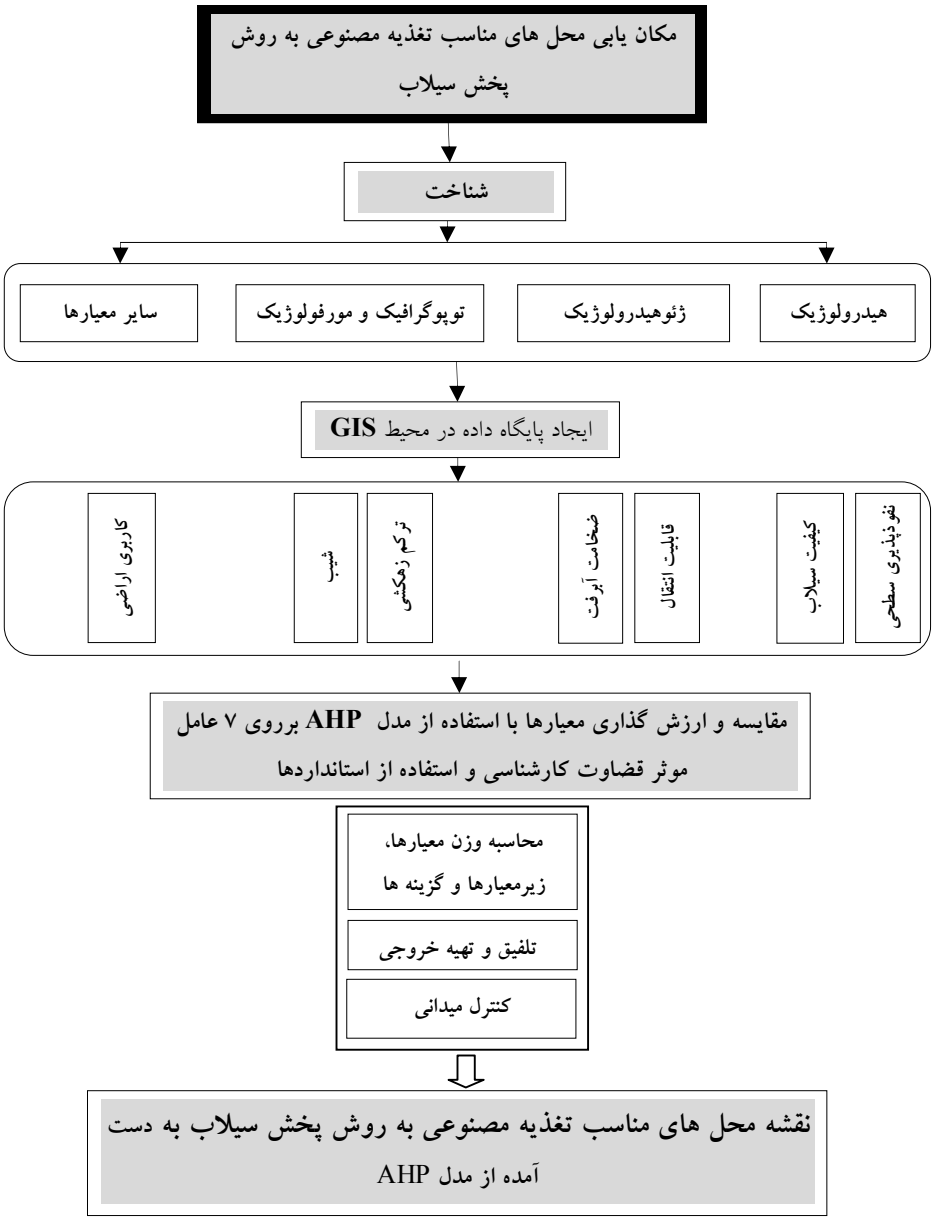
مقدمه

در مناطق وسیعی از کشورمان آب زیرزمینی تنها منبع آب مورد استفاده می باشد. همین امر به عنوان یک مشکل عمده بدلیل محدود بودن این منابع در توسعه کشور به شمار رفته است. مطالعات اخیر برروی منابع آب نشان می دهد از٤۳۰ میلیارد مترمکعب کل بارندگی سالانه کشورحدود۲۰درصد آن به صورت سیلاب های ناگهانی با ورود به پلایاها و دریاها از دسترس خارج می شود (Mohammania and Kowsar,2003 Foltz,2002). همچنین بخش

عمده ای از کشور جزء مناطق خشک و نیمه خشک به شمار می رود. از ویژگی های این مناطق علاوه بر ناچیز بودن مقدار بارندگی سالانه و توزیع نامناسب زمانی و مکانی بارندگی، نزول بارش هایی نسبتآ شدید است که به وقوع سیلاب های حجیم و مخرب منجر میشود. پخش سیلاب برروی آبخوان ها یک استراتژی مناسب برای مهار سیلابها و یک شیوه مطلوب برای مدیریت منابع آب به شمار می رود(ASCE,2001). روش های متعددی برای تغذیه آب های زیرزمینی توسعه یافته اند ازجمله این روش ها میتوان به روش تغذیه مستقیم زیرسطحی و تغذیه سطحی اشاره نمود(Oakford,1985). روش تغذیه مستقیم سطحی یکی از کم هزینه ترین و ساده ترین تکنیک هایی تغذیه مصنوعی است. این روش که پخش سیلاب را نیز شامل میشود برای مناطق با دسترسی به اراضی مسطح و وسیع وخاک های با نفوذپذیری بالا مفید است(OHare et al.,1986). لذا پهنه بندی مناطقی با ویژگی مناسب برای پخش سیلاب از اقدامات مهمی می باشد که به روش های متعددی صورت گرفته است. در ذیل برخی از آنها آورده شده است: صراف با استفاده از GIS و RS مکانهای مناسب برای تغذیه مصنوعی را با کاربرد نقشه‌های کاربری اراضی، پوشش گیاهی، ژئومرفولوژی، زمین ساختی و توپوگرافی تعیین نمودند. زهتابیان و همکاران (۱۳۸۰) مدلهای مختلف (Boolean Logic، Overlay Index، Fuzzy Logic) را با بکارگیری لایه های اطلاعاتی ژئومورفولوژی، کلاس های شیب و گروه های هیدرولوژیک خاک در قالب مدل های مختلف تلفیق و نقشه های خروجی را با عرصه های کنترل مقایسه و مورد ارزیابی قرار دادند. قیومیان وهمکاران (۲۰۰۷) در تحقیقی با به کارگیری GIS و معیارهای شیب، نفوذپذیری، ارتفاع سطح ایستایی، کیفیت رسوبات و کاربری اراضی برپایه منطق بولین و فازی در منطقه گاوبندی مناطق مناسب تغذیه مصنوعی آبخوان ساحلی منطقه را شناسایی نمودند. (Chowdhury et al ,2010) با استفاده از فناوری GIS و RS، روش MCDM و معیارهای شیب، قابلیت انتقال، ضریب زهکشی و زمین شناسی مناطق مناسب برای برای تغذیه مصنوعی آبهای زیرزمینی را درمنطقه مدیناپورغربی تعیین نمودند. نتایج حاکی ازکارایی این روش درتلفیق با GIS است. لذا از آنجایی که انتخاب این مناطق مستلزم در نظر گرفتن عوامل متعددی است و با توجه به گستردگی و پیچیدگی پارامترهای موثر، ضرورت استفاده از GIS و تلفیق آن با فرایند تحلیل سلسله مراتبی میتواند نقش مهمی را در فرایند مکان یابی عرصه های مناسب پخش سیلاب ایفا نمایند. این پژوهش با در نظر گرفتن این شرایط، درصدد است تا با تعیین مکان های مناسب پخش سیلاب جهت تغذیه مصنوعی، از کارائی این روش ها اطمینان بیشتری حاصل نماید. حال با توجه به مطالب بیان شده پژوهش حاضر به الگویابی مکانیابی این عرصه ها در منطقه آبید- سربیشه گتوند با بهره گیری از فرایند تحلیل سلسله مراتبی و GIS پرداخته شده است.

مواد و روش ها

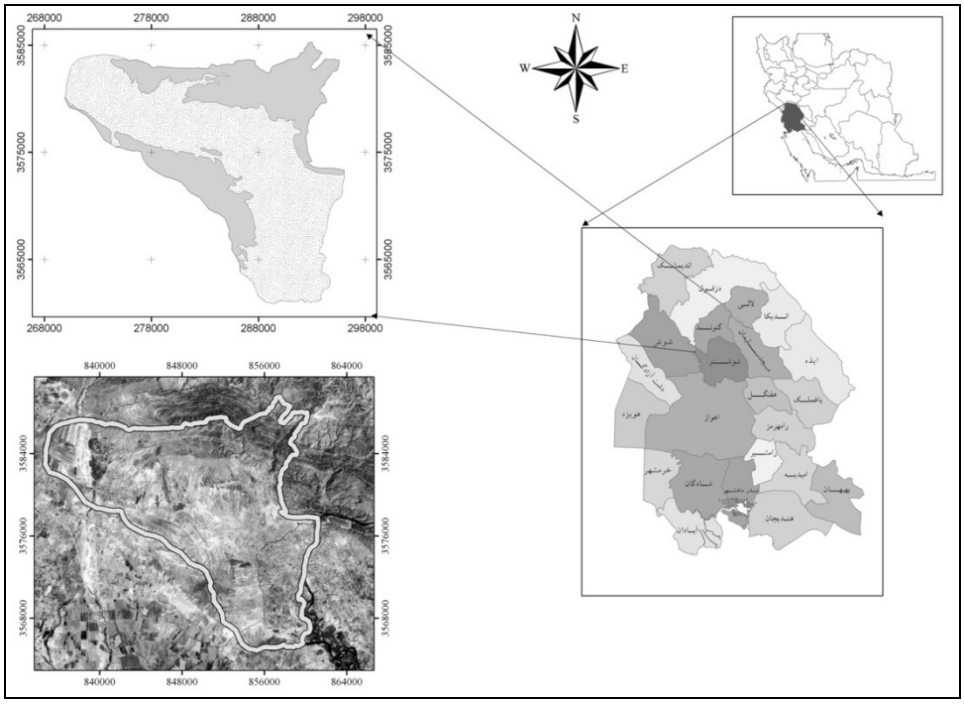
در این پژوهش ابتدا محدوده رسوبات کواترنری که عملیات پخش سیلاب برروی آنها قابل انجام است از محدوده کوهستانی تفکیک وسپس بر مبنای مباحث نظری و عملی فرایند تحقیق بر پایه مراحل ذیل (شکل ۱) انجام گرفت.



شکل ۱: فرایند مکانیابی با بکارگیری روش تحلیل سلسله مراتبیAHP

موقعیت جغرافیائی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه بخشی از شهرستان گتوند، در شمال استان خوزستان می‌باشد. این منطقه دارای مختصات جغرافیائی ´۳۳°٤۸ تا ´۵۰°٤۸ طول شرقی و ´۱۰ °۳۲ تا ´۲۱°۳۲ عرض شمالی و دارای مساحتی معادل ۳۳٤ کیلومترمربع می باشد. حداکثر ارتفاع آن ٦۱۸ متر و حداقل ارتفاع آن ۵۸ متر از سطح دریا می‌باشد (نقشه ۱).



نقشه ۱: موقعیت منطقه آبید- سربیشه گتوند

میانگین سالانه دما ۲۵/۸ ، حداکثر مطلق ۵۲ در تیرماه و حداقل مطلق دما ۱- درجه سانتیگراد در دی ماه در ایستگاه گتوند می‌باشد. میانگین بارش سالانه در ایستگاه گتوند ٤٠٦/٧ میلیمتر و پربارش‌ترین فصل زمستان با بارش متوسط ۲۰۵/٤ میلیمتر و کم‌بارش‌ترین فصل تابستان با ۰ میلیمتر بارندگی می‌باشد. منطقه مذکور دارای کوه های کم ارتفاع تا نسبتا مرتفع، همراه با شیب های تند می باشد. رسوبات آبرفتی سازند های منطقه شامل سازند کنگلومرای بختیاری(BK)، آغاجاری (AJ)،بخش لهبری(Lbm)، گچساران (GS)، میشان (Mn) و رسوبات کواترنری (Q) می باشند. که طیف متفاوتی از رسوبات را در پایین دست متناسب با چرخه رسوب گذاری برجای گذاشته اند و آزمایشات ژئوالکتریک در منطقه بیان گر شرایط آبخوان با شرایط بسیار خوب تا ضعیف متناسب با کیفیت رسوبات در منطقه می باشد (سازمان آب وبرق خوزستان ۱۳۸۹). بطوریکه در خروجی حوضه های که پایین دست سازند کنگلومرای بختیاری می باشند و رسوبات این سازند طبقات رسوبی را تشکیل داده اند. وضعیت آبخوان مناسب و در خروجی سازندهای گچساران و آغاجاری وضعیت آب زیرزمینی از جهت کمیت و کیفیت شرایط مناسبی ندارد.

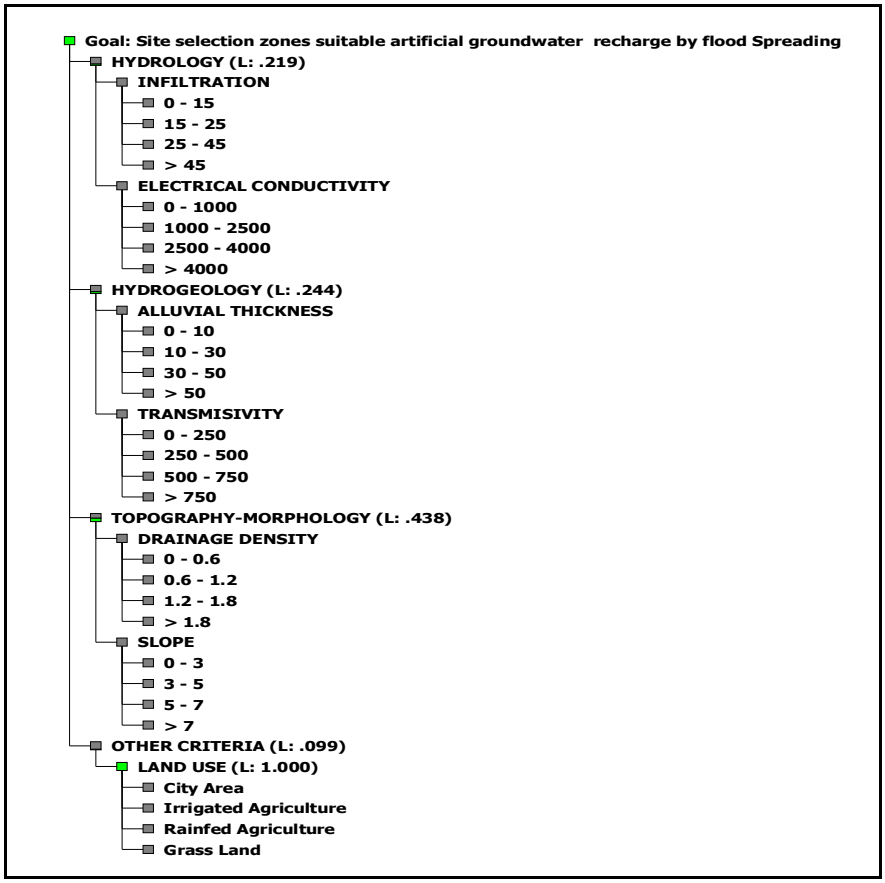
فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یک سیستم طراحی شده برای تصمیم گیری چند معیاره است. این روش امکان فرموله کردن مسئله را بهصورت سلسله مراتبی فراهم و همچنین امکان در نظر گرفتن عوامل مختلف کمی و کیفی را در حل مسائل دارد (Saaty, T. L., 1980). مراحل انجام این روش در ذیل آورد شده است.

۱-ایجاد درخت واره سلسه مراتبی

مدل AHP دارای سطوح سلسه مراتبی است. بالاترین سطح بیان کننده هدف تصمیم گیری، .سطوح میانی معیار و زیرمعیارهای تصمیم گیری و سطح آخر گزینه ها هستند. براین اساس هدف تصمیم گیری مکان یابی پخش سیلاب در سطح اول، معیارهای هیدرولوژی، ژئوهیدرولوژی، توپوگرافی، مورفولوژی و سایر و زیر معیارهای شیب،

نفوذپذیری، کیفیت سیلاب، ضخامت آبرفت، قابلیت انتقال، تراکم زهکشی و کاربری اراضی در سطح میانی و گزینه های هر یک از زیر معیارهای مثلاً طبقات شیب (کم، متوسط و زیاد) در سطح آخر قرار می گیرند که درخت واره سلسله مراتب توسط نرم افزار Expert Choice انجام پذیرفت که در شکل شماره (۲) نشان داده شده است.



شکل ۲: درخت واره عوامل تصمیم گیری و وزن رده های مختلف جهت مکانیابی درنرم افزار Expert Choice

تعیین ضریب اهمیت معیارها و زیرمعیارها

بعد از ایجاد ساختار سلسله مراتبی، اولویت عناصر در هر سطح تعیین می گردد (Saaty, T. L. 1980). برای محاسبه ضریب اهمیت چند روش وجود دارد که شامل: روش حداقل مربعات، روش حداقل مربعات لگاریتمی، روش بردار ویژه و روش های تفریقی می باشد (قدسی پور،۱۳۸٤). روش بردار ویژه روشی متداول در رسیدن به وزن پارامترها از یک ماتریس مقایسه ی زوجی است در این روش، معیارها و زیرمعیارها دو به دو با یکدیگر مقایسه می شوند و درجه ی اهمیت هر معیار، نسبت به دیگری مشخص می شود(Malczewski. J. 2006). برای این کار، می توان از یک روش استاندارد ارائه شده توسط ساعتی استفاده کرد. روش کار به این ترتیب است که به هر مقایسه ی دودویی، یک عدد از ۱ تا ۹ نسبت داده می شود جدول شماره (۱). قبل از وزن دهی، باید وزن ها را نرمال کرد. به منظور نرمال کردن، می توان از روش های مختلفی استفاده کرد. در این مدل از تقسیم هر وزن بر مجموع وزن های همان ستون استفاده شده است (Cimren, et al. 2007).

جدول ۱: مقادیر توصیفی ترجیح و اولویت

ترجیحات(قضاوت شفاهی)	مقدار عددی	توضیح
کاملاً مهم تر یا کاملاً مطلوب تر	۹	اهمیت خیلی بیشتر i نسبت به j به طور قطعی به اثبات رسیده است.
اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی	۷	تجربه نشان می دهد که اهمیت i خیلی بیشتر از j است
اهمیت یا مطلوبیت قوی	۵	تجربه نشان می دهد که اهمیت i خیلی بیشتر از j است.
کمی مطلوب تر یا کمی مهم تر	۳	تجربه نشان می دهد که برای تحقق هدف اهمیت i بیشتر از j است.
اهمیت یا مطلوبیت یکسان	۱	در تحقق هدف دو معیار اهمیت مساوی دارند.
اولویت های بین فواصل	۸و٦،٢،٤	هنگامی که حالت های میانه وجود دارد.

تعیین ضریب اهمیت گزینه ها

بعد از تعیین ضرایب اهمیت معیارها و زیرمعیارها، ضریب اهمیت گزینه ها با توجه به ارجحیت هر یک از گزینه ها در ارتباط با هر یک از زیرمعیارها، مورد قضاوت و داوری قرار می گیرد (Bowen, W. M. 1990). در این حالت، قضاوت ها بر مبنای مقایسه زوجی و بر اساس مقیاس ۹ کمیتی ساعتی صورت پذیرفته و نتیجه در ماتریس مقایسه زوجی معیارها، یا گزینه ها ثبت می شود و از طریق نرمال کردن میانگین هندسی ردیف های این ماتریس ها، ضرایب اهمیت مورد نظر به دست می آید. با این حال، باید به تفاوتی عمده در این مقایسه ها اشاره شود. مقایسه گزینه های مختلف، نسبت به زیرمعیارها و یا معیارها و مقایسه معیارها با یکدیگر، نسبت به هدف مطالعه صورت می پذیرد (Bertolini, M. 2006).

تعیین امتیاز نهایی گزینه ها

در این مرحله، از تلفیق ضرایب اهمیت مزبور، «امتیاز نهایی» هر یک از گزینه ها تعیین خواهد شد. برای این کار از «اصل ترکیب سلسله مراتبی» ساعتی که منجر به یک «بردار اولویت» با در نظر گرفتن همه قضاوت ها در تمامی سطوح سلسله مراتبی می شود استفاده خواهد شد (Moreno, J. 2005).

$$= \sum_{k=1}^{n} \sum_{i=1}^{m} w_k w_i (gij)$$ امتیاز نهایی (اولویت) گزینه j. که در آن :

w_k ضریب اهمیت معیار K

w_i ضریب اهمیت زیر معیار i

gij امتیاز گزینه j در ارتباط با زیر معیار i

به عبارت ساده تر از ضرب هر یک از پارامترها (معیارها) در زیرمعیار مربوط به آن و از ضرب عدد به دست آمده در امتیاز گزینه مربوطه، امتیاز نهایی هر یک از گزینه ها بدست می آید.

بررسی سازگاری در قضاوت ها

یکی از مزیت های این فرآیند امکان بررسی سازگاری در قضاوت ها برای تعیین ضریب اهمیت معیارها و زیرمعیارهاست. مکانیزمی که برای بررسی سازگاری در قضاوت ها در نظر گرفته شده، محاسبه ی ضریبی به نام

ضریب ناسازگاری (Incompability Ratio) است. که از تقسیم شاخص ناسازگاری (I.I.) به شاخص تصادفی بودن (R.I.) حاصل می شود. چنانچه این ضریب کوچکتر یا مساوی ۰/۱ باشد. سازگاری در قضاوت ها مورد قبول است وگرنه باید در قضاوت ها تجدید نظر شود (Saaty, T. L. 1980). شاخص ناسازگاری (I.I.) به صورت زیر تعریف می گردد:

$$I.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1} \qquad [۱]$$

λmax بزرگترین مقدار ویژه ماتریس، n طول ماتریس و I.I شاخص ناسازگاری است. شاخص تصادفی (I.I.) به صورت زیر تعریف می گردد:

$$I.R = \frac{CI}{RI} \qquad [۲]$$

مقادیر این شاخص برای ماتریس های n بعدی مطابق جدول شماره (۲) است.

جدول ۲ : شاخص ناسازگاری برای ماتریس های تصادفی (R.I.) برای ماتریس مقایسهٔ با ابعاد n

n	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹	۱۰
R.I.	0	۰	۰/۵۸	۰/۹	۱/۱۲	۱/۲٤	۱/۳۲	۱/٤۱	۱/٤٥	۱/٤۹

مواد و روشها

۱- معیارهای پخش سیلاب با هدف تغذیه مصنوعی

برای بررسی و شناسائی عرصه های مناسب تغذیه مصنوعی به روش پخش سیلاب خصوصیات ویژه ای می بایست شناسایی و براساس ضوابطی تفکیک شوند. در پژوهش حاضر، با توجه به کارهای انجام گرفته در زمینه تغذیه ی مصنوعی آبخوان ها، از نظر هیدروژئولوژیست ها، ژئومورفولوژیست ها و متخصصان GIS و با توجه به شرایط محلی منطقه مورد مطالعه و پارامترهای تأثیرگذاری چون شیب، کیفیت سیلاب، ضخامت آبرفت، کاربری اراضی، قابلیت انتقال و تراکم زهکشی انتخاب شدند. سپس با استفاده از اطلاعات و گزارشات، تبدیل داده ها نقشه و بکارگیری سیستم اطلاعات جغرافیائی، نقشه هر عامل به شرح زیر تهیه و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

- **شیب**: شیب نقش بسیار مهمی در کنترل عواملی مانند سیل خیزی و نفوذپذیری دارد. براساس تجربیات محققان مکانهای مناسب پخش سیلاب، شیب کمتر از ۵ درصد دارند(Krishnamurthy, et al.1995). جهت تهیه نقشه شیب از نقشه های رقومی ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه برداری کشور و تبدیل آنها به مدل رقومی ارتفاع (DEM) استفاده شده است. نقشه شماره (۲) شیب منطقه مورد مطالعه را نشان می دهد.

- **نفوذ پذیری:** تأثیر این عامل در کاهش تبخیر و تعرق نمایان می‌شود. بنحوی که نفوذپذیری اگر پائین باشد آب بروی سطح خاک مانده و بعد از مدتی تبخیر شده و باعث افزایش املاح خاک می‌گردد. نفوذپذیری بالا از ویژگیهای خاکهای خوب برای پخش سیلاب می باشد. (کوثر، آهنگ۱۳۷٤). نقشه نفوذپذیری منطقه از درونیابی نتایج آزمایشات نفوذپذیری خاک به روش حلقه مضاعف بدست آمد(جهاد کشاورزی، ۱۳۷۵). نقشه شماره (۳)

- **ضخامت آبرفت** :از نظر تئوری هر چه عمق آبرفت یا رسوبات بیشتر باشد، میزان ذخیره آب زیرزمینی در آن نیز زیادتر می‌شود. در صورتیکه سایر عوامل مناسب بوده ولی ضخامت آبرفت کم باشد. آب وارده شده در آبرفت به سنگ بسترمی رسد و کم‌کم آبرفت اشباع شده، از نفوذ بیشتر آب جلوگیری کرده و باعث ماندابی شدن عرصه می‌شود. نقشه ضخامت آبرفت از درونیابی نتایج آزمایشات ژئوالکتریک و لاگ چاهها در منطقه تهیه گردید (سازمان آب وبرق خوزستان۱۳۸۹) نقشه (٤) .

- **ضریب قابلیت انتقال:** این ضریب نشان دهنده حرکت آب در محیط متخلخل می‌باشد. توانایی انتقال در لایه های آبدار دارای مقادیر بسیار متفاوتی است ولی به طور معمول مقدار آن بین ۱۰ تا۱۰۰۰۰ مترمربع در روز تغییر میکند(قرمزچشمه،۱۳۷۹). فرمول محاسبه قابلیت انتقال $T=KxD$ است که در آن K هدایت الکتریکی آبخوان وD ضخامت لایه آبدار است. بهترین و دقیق ترین روش تعیین هدایت هیدرلیکی آبخوان روش آزمون پمپاژ است (نخعی،۱۳۸۸). نقشه قابلیت انتقال از درونیابی نتایج آزمایش پمپاژ به دست آمده است (نقشه ۵).

- **کیفیت سیلاب:** کیفیت سیلاب میزان مواد شیمیایی و بیولوژیکی رسوبات را مشخص می کنند و در تشخیص آب مناسب برای مصارف معین اهمیت بسزایی دارد. در این پژوهش از هدایت الکتریکی(EC) به عنوان مبنایی برای بررسی شاخص کیفیت آب استفاده شد. بدین صورت که در فصل بارش از تمام آبراهه های منطقه نمونه گیری شد و نقشه کیفیت سیلاب منطقه بر این مبنا تهیه گردید (نقشه ٦).

-**تراکم زهکشی**: نسبت طول کلیه آبرهه ها در یک حوضه آبخیز به مساحت آن، تراکم آبرهه نامیده میشود و رابطه مستقیمی با دبی حداکثر در حوضه دارد و برابر است با:

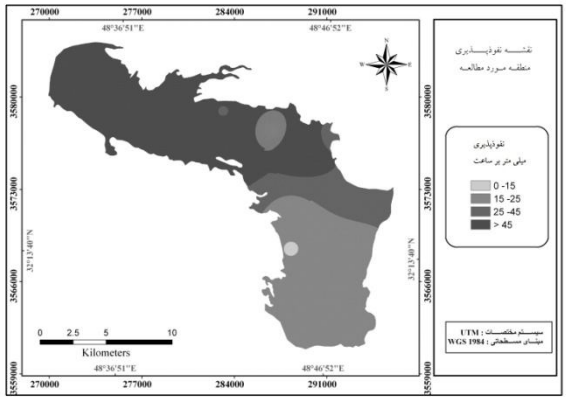
$$\mu = \frac{\sum L}{A} \qquad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن L طول آبراهه های حوضه و A برابر با مساحت حوضه است (Chowdhury et al ,2010). تراکم زهکشی با نفوذپذیری رابطه معکوس دارد. یک سنگ با نفوذپذیری کمتر، رواناب کمتری را نفوذ می دهد، که به تمرکز بیشتر رواناب سطحی منجر میشود این امر امکان ایجاد یک سیستم زهکشی تکامل یافته و مناسب را افزایش میدهد. به عبارتی سیستم زهکشی تکامل یافته و متراکم نشان دهنده نفوذپذیری کم وسیستم زهکشی نامتراکم نشان دهنده نفوذپذیری بالا است. از اینرو تراکم زهکشی میتواند به صورت غیرمستقیم نشانگر شایستگی یک منطقه برای تغذیه مصنوعی باشد(Chowdhury et al ,2010). جهت تهیه نقشه تراکم زهکشی از لایه آبراهه ها در نقشه های رقومی ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه برداری کشوراستفاده گردید (نقشه۷).

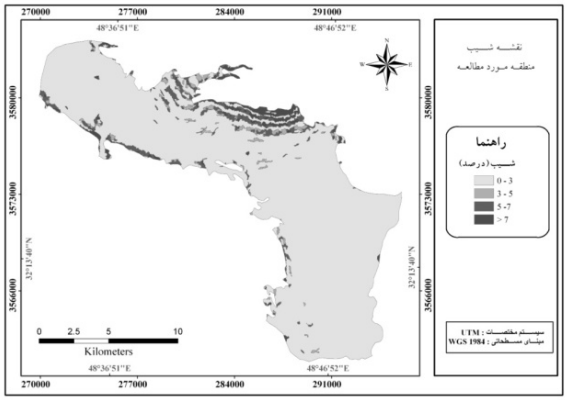
-**کاربری اراضی**: از منظر کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه شامل بستر رودخانه، اراضی شهری، کشاورزی آبی، کشاورزی دیم و مرتع می باشد. اراضی مرتعی جهت اجرای پروژه های آبخوانداری اهمیت بسیار بالای دارند و احداث این پروژها بیشتر در این نوع کاربری امکان پذیر است. برای تهیه این نقشه از تفسیر تصاویر چند طیفی سنجنده ETM ماهواره لندست سال ۲۰۱۰ استفاده گردید (نقشه ۸).

- نقشه ژئومورفولوژی: با تفسیر تصاویر سنجنده ETM^{+} ماهواره لندست سال ۲۰۱۰ و بازدید های صحرایی، نقشه واحدهای ژئومورفولوژی منطقه تهیه گردید از این نقشه به منظور بررسی انطباق طبقات مختلف اراضی برای تغذیه

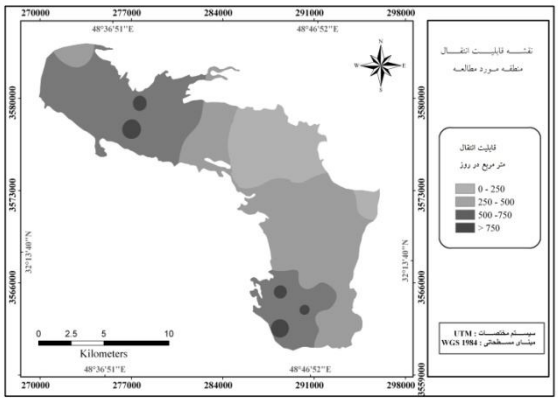
مصنوعی با واحدهای ژئومورفولوژی استفاده گردید. قابل ذکر است لایه مذکور در مکان یابی مورد استفاده قرار نگرفت وفقط جهت تعیین همپوشانی با این مکان ها بکار رفته است (نقشه ۹).



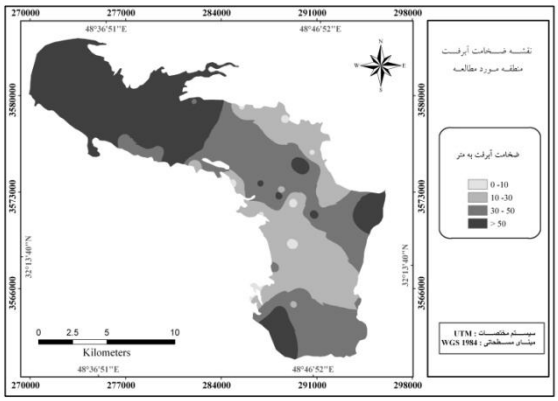
نقشه ۲ : کلاسهای شیب محدوده رسوبات کواترنری(Q)



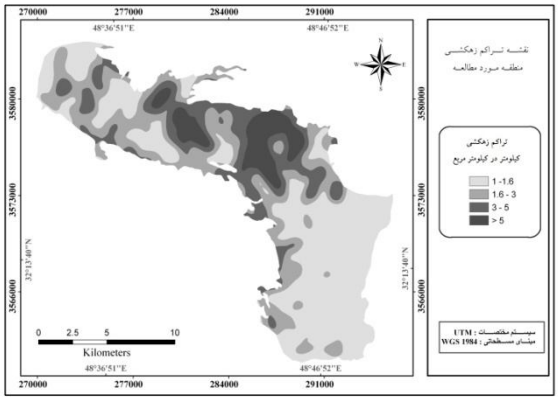
نقشه ۳ : طبقات نفوذپذیری منطقه



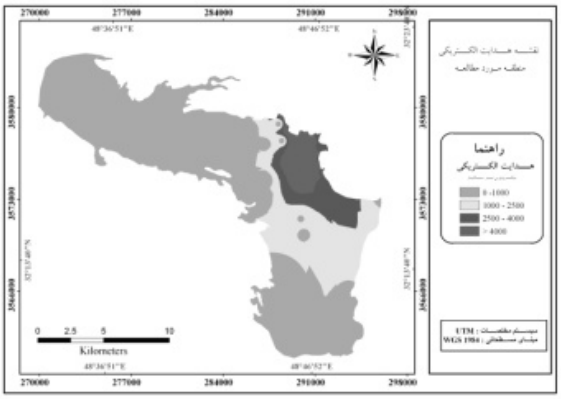
نقشه ٤ : ضخامت آبرفت منطقه نقشه ۵



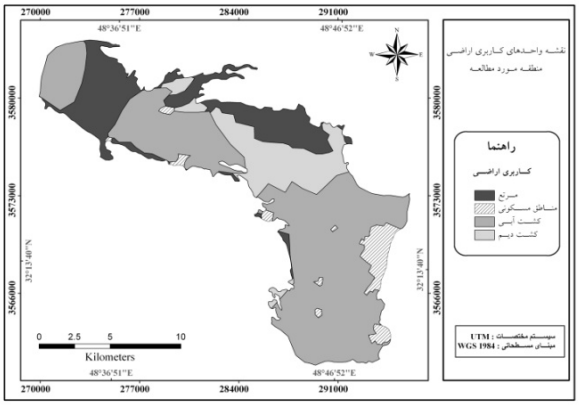
نقشه ۵ : قابلیت انتقال در منطقه



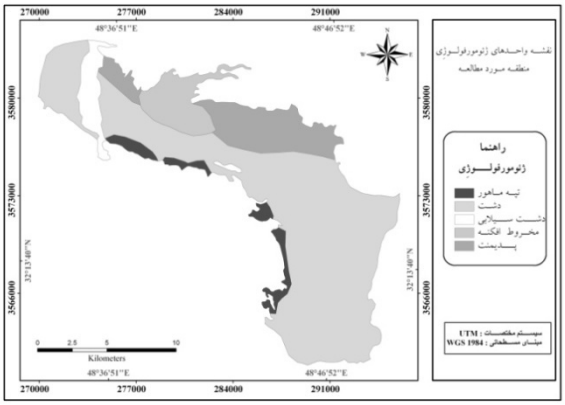
نقشه ٦ : هدایت الکتریکی در محدوده آبرفتی



نقشه ۷ : تراکم زهکشی محدوده آبرفتی



نقشه ۸ : کاربری اراضی منطقه

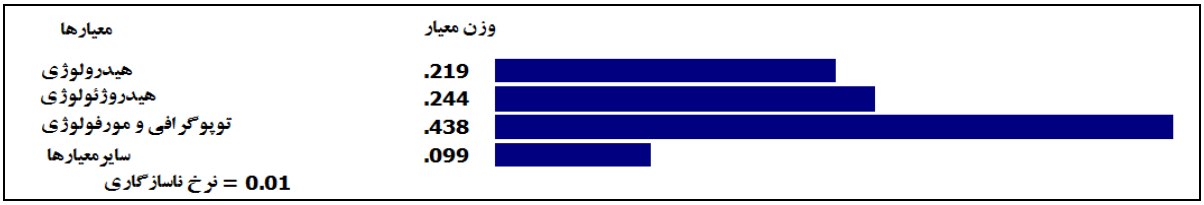


نقشه ۹ : واحدهای ژئومورفولوژی منطقه

۲- تعیین وزن عوامل: برای تعیین ارزش نسبی معیارها ابتدا اهمیت معیارها بر اساس نظرات کارشناسی و بصورت نظر سنجی در مقابل یکدیگر نسبت به هدف تعیین گردید. جهت به دست آوردن وزن معیارها و نرخ ناسازگاری این عوامل از نرم افزار Expert Choice استفاده گردید که نتیجه آن در جدول (۳) و شکل (۳) آمده است. پس از مقایسه معیارها و زیر معیارها، گزینه با هم مقایسه شدند. این مقایسه بصورت زوجی بوده بدین صورت که هر معیار، زیرمعیار یا گزینه با نظیر خود مقایسه و امتیاز دریافت میکند. این مقایسه ها و وزن آنها در اشکال شماره (٤)تا(١٤)آمده است.

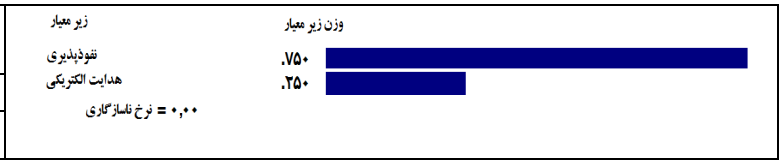
جدول ۳: مقایسه زوجی معیارها در مکانیابی پخش سیلاب

معیار	توپوگرافی و مورفولوژی	ژئوهیدرولوژی	هیدرولوژی	سایر
توپوگرافی و مورفولوژی	۱	۲	۲	٤
ژئوهیدرولوژی	۰/۵۰	۱	۲	۳
هیدرولوژی	۰/۵۰	۰/۵۰	۱	۲
سایر	۰/۲۵	۰/۳۳	۰/۵۰	۱



شکل ۳ : نمودار وزن محاسبه شده معیارها در نرم افزار Expert Choice

زیرمعیار هیدرولوژی	نفوذپذیری	هدایت الکتریکی
نفوذپذیری	۱	۳
هدایت الکتریکی	۰/۳۳	۱



شکل ٤ : نمودار و ماتریس مقایسه زوجی زیرمعیارهای هیدرولوژی در مکانیابی پخش سیلاب

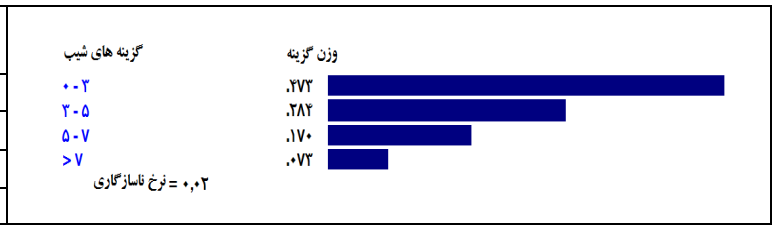
زیرمعیار هیدروژئولوژی	ضخامت آبرفت	قابلیت انتقال
ضخامت آبرفت	۱	۰/۵۰
قابلیت انتقال	۲	۱

شکل ۵ : نمودار و ماتریس مقایسه زوجی زیرمعیارهای هیدروژئولوژی در مکانیابی پخش سیلاب

زیرمعیار توپوگرافی ومورفولوژی	تراکم زهکشی	شیب
تراکم زهکشی	۱	۰/۳۳
شیب	۳	۱

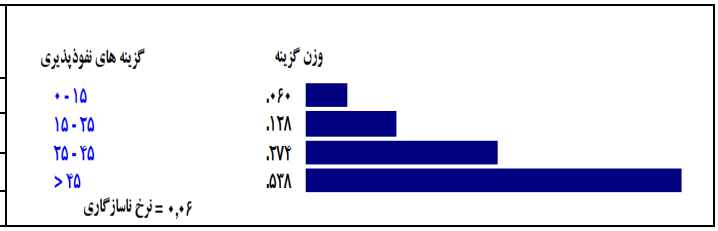
شکل ٦ : نمودار و ماتریس مقایسه زوجی زیرمعیار توپوگرافی و مورفولوژی در مکانیابی پخش سیلاب

زیرمعیار شیب به درصد	۰-۳	۳-۵	۵-۷	>۷
۰-۳	۱	۲	۳	۵
۳-۵	۰/۵۰	۱	۲	۴
۵-۷	۰/۳۳	۰/۵۰	۱	۳
>۷	۰/۲۰	۰/۲۵	۰/۳۳	۱



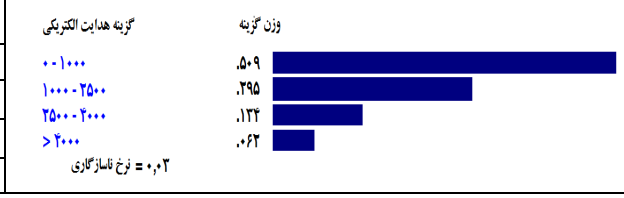
شکل ۷ : نمودار و ماتریس مقایسه زوجی گزینه های زیرمعیار شیب در مکانیابی پخش سیلاب

گزینه های زیرمعیار نفوذپذیری	۰-۱۵	۱۵-۲۵	۲۵-۴۵	>۴۵
۰-۱۵	۱	۰/۳۳	۰/۲۰	۰/۱۷
۱۵-۲۵	۳	۱	۰/۳۳	۰/۲۵
۲۵-۴۵	۵	۳	۱	۰/۳۳
>۴۵	۶	۴	۳	۱



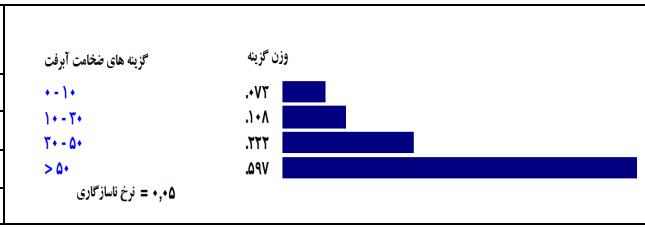
شکل ۸ : نمودار و ماتریس مقایسه زوجی گزینه های زیرمعیار نفوذپذیری در مکانیابی پخش سیلاب

گزینه های زیرمعیار کیفیت سیلاب	۰-۱۰۰۰	۱۰۰۰-۲۵۰۰	۲۵۰۰-۴۰۰۰	>۴۰۰۰
۰-۱۰۰۰	۱	۲	۴	۷
۱۰۰۰-۲۵۰۰	۰/۵۰	۱	۳۰	۴
۲۵۰۰-۴۰۰۰	۰/۲۵	۰/۳۳	۱	۳
>۴۰۰۰	۰/۱۴	۰/۲۵	۰/۳۳	۱



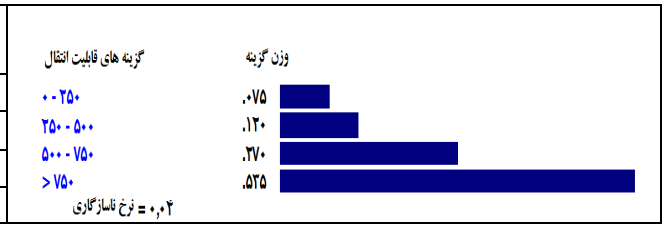
شکل ۹ : نمودار و ماتریس مقایسه زوجی گزینه های زیرمعیارکیفیت سیلاب در مکانیابی پخش سیلاب

گزینه های زیرمعیار ضخامت آبرفت	۰-۱۰	۱۰-۳۰	۳۰-۵۰	>۵۰
۰-۱۰	۱	۰/۵۰	۰/۳۳	۰/۱۷
۱۰-۳۰	۲	۱	۰/۳۳	۰/۲۰
۳۰-۵۰	۳	۳	۱	۰/۲۵
>۵۰	۶	۵	۴	۱



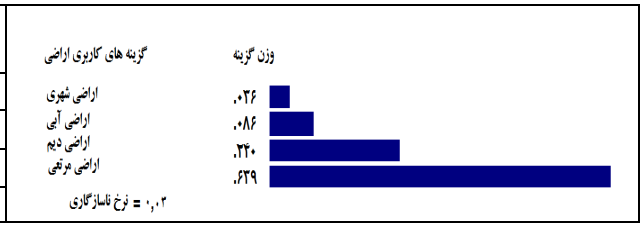
شکل ۱۰ : نمودار و ماتریس مقایسه زوجی گزینه های زیرمعیارضخامت آبرفت در مکانیابی پخش سیلاب

گزینه های زیرمعیار قابلیت انتقال	۰-۲۵۰	۲۵۰-۵۰۰	۵۰۰-۷۵۰	>۷۵۰
۰-۲۵۰	۱	۰/۵۰	۰/۲۵	۰/۲۰
۲۵۰-۵۰۰	۲	۱	۰/۳۳	۰/۲۵
۵۰۰-۷۵۰	۴	۳	۱	۰/۳۳
>۷۵۰	۵	۴	۳	۱



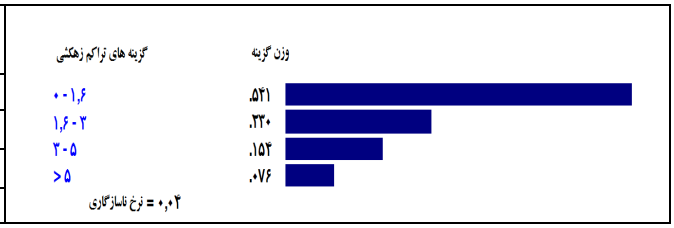
شکل ۱۱ : نمودار و ماتریس مقایسه زوجی گزینه های زیرمعیار قابلیت انتقال در مکانیابی پخش سیلاب

گزینه های زیرمعیار کاربری اراضی	اراضی شهری	اراضی آبی	اراضی دیم	مرتع
اراضی شهری	۱	۰/۲۰	۰/۱۴	۰/۱۲
اراضی آبی	۵	۱	۰/۱۷	۰/۱۴
اراضی دیم	۷	۶	۱	۰/۱۷
مرتع	۸	۷	۶	۱



شکل ۱۲ : نمودار و ماتریس مقایسه زوجی گزینه های زیرمعیار کاربری اراضی در مکانیابی پخش سیلاب

گزینه های زیرمعیار تراکم زهکشی	۰-۱.۶	۱.۶-۳	۳-۵	>۵
۰-۱.۶	۱	۳	۴	۵
۱.۶-۳	۰/۳۳	۱	۲	۳
۳-۵	۰/۲۵	۰/۵۰	۱	۳
>۵	۰/۲۰	۰/۳۳	۰/۳۳	۱



شکل ۱۳ : نمودار و ماتریس مقایسه زوجی گزینه های، زیرمعیار تراکم زهکشی در مکانیابی پخش سیلاب

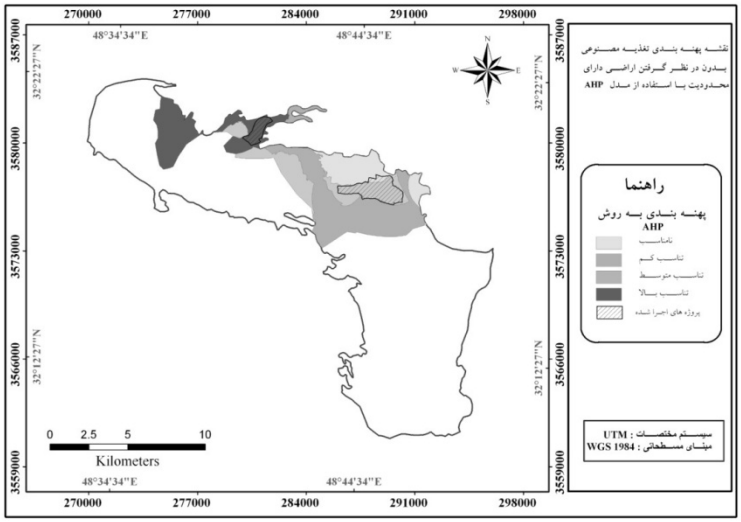
۳- تلفیق لایه ها : کلیه وزن های به دست آمده به روش AHP در محیط نرم افزارArc GIS برروی نقشه ها اعمال و نقشه نهایی هر عامل تهیه گردید. در نهایت با استفاده از منطق بولین در نرم افزار Arc GIS نقشه های بدست آمده تلفیق و نقشه اولیه مکانیابی در چهار طبقه (تناسب بالا تا نامناسب) تهیه گردید. از آن جایی که پروژه های پخش سیلاب همواره با یکسری محدودیت ها مانند کاربری اراضی جهت اجرا مواجه هستند. بنابراین مناطق دارای محدودیت که شامل محدوده های مسکونی و اراضی کشاورزی بوده، تهیه و از نقشه مکان یابی اولیه کسرگردید.

یافته های تحقیق

۱- تعیین مناطق مناسب برای تغذیه مصنوعی: پس از تلفیق نقشه عوامل موثر در مکانیابی، نقشه مناطق مناسب تغذیه مصنوعی در چهار طبقه (تناسب بالا تا نامناسب) تهیه گردید که مساحت طبقات مختلف بدست آمده در جدول شماره (٤) و محدوده آنها در نقشه شماره (۱۰) آورده شده است. توزیع جغرافیایی مکان های بدست آمده نشان از ارتباط بالای مناطق با تناسب بالا با سازندهای زمین شناسی دارای فرسایش فیزیکی با حجم بالای بار بستر و مواد آبرفتی دارد بدین صورت که در پایین دست سازند کنگلومرای بختیاری(BK) پهنه های مناسب برای تغذیه مصنوعی بیشترین مساحت را داشته که حکایت از ارتباط زیاد این مکان ها با عمق زیاد مواد آبرفتی و نفوذپذیری بالای آنها می باشد در مقابل مناطق با تناسب پایین و نامناسب جهت تغذیه مصنوعی پراکنش بیشتری در پایین دست سازندهای با فرسایش غالب شیمیایی و بار رسوبی ریزدانه دارند که می توان به سازندهای آغاجاری (AJ)، گچساران (GS)، میشان (Mn) اشاره نمود. سازند آغاجاری و میشان بدلیل داشتن لیتولوژی غالب مارنی بار رسوبی ریزدانه زیادی دارند و مانع از تشکیل آبخانه و همچنین ایجاد لایه ای رسوبی با نفوذپذیری بسیار پایین می گردند از طرف دیگر سازند گچساران با داشتن لیتولوژی گچی و نمکی غالب، کیفیت سیلاب های فصلی را بشدت پایین آورده و باعث بالا رفتن شوری سیلابها می گردد که در نهایت این سیلابها قابلیت استفاده جهت تغذیه مصنوعی را از دست داده و در صورت نفوذ دادن چنین سیلابی کیفیت آب زیرزمینی نیز به مخاطره می افتد.

جدول ٤ : طبقات مکان یابی شده جهت تغذیه مصنوعی و میزان انطباق پذیری با پروژه های اجرا شده

ردیف	طبقات	مساحت (هکتار)	درصد مساحت	مساحت میزان انطباق پروژه شماره یک-سبزاب به هکتار		درصد انطباق	مساحت میزان انطباق پروژه شماره دو-آبید به هکتار		درصد انطباق
۱	نامناسب	۱۰٤۰	۱۸	۰		۰	٦۳		۱٤
۲	تناسب کم	۲۲٥۳	۳۹	۰		۰	۲۷		٦
۳	تناسب متوسط	۱۱٥٥	۲۰	۱٥		۱۰	۳٦۰		۸۰
٤	تناسب بالا	۱۳۳٦	۲۳	۱٤۰		۹۰	۰		۰
جمع کل طبقات در نقشه نهایی مکان یابی شده		٥۷۸٤	۱۰۰	۱٥٥	مساحت کل پروژه یک	۱۰۰	٤٥۰	مساحت کل پروژه دو	۱۰۰



نقشه ۹ : مکان یابی نهائی عرصه های مستعد پخش سیلاب جهت تغذیه مصنوعی به روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی

۲- *ارزیابی روش بکار رفته :* جهت ارزیابی روش بکار رفته در این پژوهش از دو پروژه اجرا شده توسط جهاد کشاورزی در منطقه استفاده گردید. پروژه شماره یک (سبزاب) به مساحت ۱٥٥ هکتار و تناسب بالا جهت تغذیه مصنوعی و پروژه شماره دو (آبید) به مساحت ٤٥۰ هکتار و تناسب متوسط جهت تغذیه مصنوعی (جهاد کشاورزی خوزستان ۱۳۸٥). بدین منظور میزان انطباق پذیری این پروژه ها با طبقات مختلف عرصه های مکانیابی شده استخراج و بعنوان شاخصی برای ارزیابی بکار رفت. انطباق ۹۰ درصد مساحت پروژه شماره یک با عملکرد وکارایی خوب جهت تغذیه مصنوعی در طبقه تناسب بالا و انطباق بالای پروژه شماره دو با عملکرد متوسط وپایین نشان از کارایی خوب روش AHP در مکان یابی عرصه های مناسب جهت تغذیه مصنوعی در منطقه مورد مطالعه می باشد. درصد انطباق مناطق شناسایی شده با پروژه های اجرا شده در جدول شماره (٤) آورده شده است.

۳- *تبیین ارتباط واحدهای ژئومورفولوژی با مکانهای مناسب تغذیه مصنوعی*: در ادامه نقشه واحدهای ژئومورفولوژی در منطقه با نقشه مکان های بدست آمده جهت تغذیه مصنوعی در نرم افزار Arc GIS انطباق داده شد و جدول تقاطعی واحدهای ژئومورفولوژی و مکان های شناسایی شده بدست آمد. جدول شماره (٥)، انطباق بیشتر واحدهای ژئومورفولوژی مخروط افکنه و پدیمنت با طبقه ی با تناسب بالا جهت تغذیه مصنوعی نشان از

وجود رسوبات آبرفتی گراولی و سیلتی با دانه بندی مناسب حاصل از فرسایش سازند کنگلـومرای بختیـاری(BK)، کیفیت رسوبات از جهت انحلال کم در سیلاب و نفوذپذیری زیاد این واحدها دارد.

جدول ۵ : میزان انطباق پذیری واحدهای ژئومورفولوژی با مکانهای مناسب تغذیه مصنوعی به روش پخش سیلاب

واحد ژئومورفولوژی	نامناسب	تناسب کم	تناسب متوسط	تناسب بالا	مجموع
دشت	۲	۱۴۳۲	۴۸	۴۱۷	۱۸۹۹
مخروطه افکنه	۰	۱۰۴	۲۶۲	۵۰۰	۸۶۷
پدیمنت	۸۸۸	۷۰۷	۹۷۸	۳۸۹	۲۹۶۳

٤-تعیین عوامل موثر بر مکان یابی مناطق مناسب تغذیه مصنوعی از نظر کمی وکیفی: اهمیت ونحوه تاثیر هر کدام از عوامل موثر در بخش مواد و روشها توضیح داده شد در ادامه سطح قرار گیری اراضی در هر طبقه از عوامل موثر بر مکان یابی حاصل از جداول تقاطعی مورد بررسی قرار گرفته است، جدول(٦). بررسی این جدول نشان از روند تغییرات صعودی سطح اراضی در طبقات از تناسب بالا به سمت طبقات نامناسب در شرایط وجود عامل محدود کننده و روند تغییرات نزولی سطح اراضی در طبقات از تناسب بالا به سمت طبقات نامناسب درشرایط بر طرف شدن عامل محدود کننده دارد. بطور مثال با توجه به جدول(٦) عامل شیب دارای روند صعودی اراضی از مساحت ۳٤٤ هکتار در طبقه تناسب بالا(۰-۳) به سمت طبقات با تناسب کمتر تا مساحت ۱۰۹۳ هکتار می باشد. در مقابل، همین عامل دارای روند نزولی از مساحت ۳٤۱ هکتار اراضی با تناسب بالا در طبقه (۳-۰) تا مساحت ۲۳ هکتار اراضی نامناسب در طبقه (۷<) می باشد.

جدول ۵ : جدول تطابقی طبقات متفاوت عوامل موثر بر مکانیابی مناطق مناسب تغذیه مصنوعی به روش پخش سیلاب

عامل موثر	طبقات عامل موثر	نامناسب	تناسب کم	تناسب متوسط	تناسب بالا
شیب	۰-۳	۳۴۴	۶۴	۱۳۶	۳۴۲
	۳-۵	۱۹۳۸	۵۵	۹۹	۱۵۰
	۵-۷	۱۱۰۰	۶۶	۱۰۲	۲۲
	>۷	۱۰۹۴	۷۵	۱۱۵	۲۳
نفوذ پذیری	۰-۱۵	۰	۰	۰	۰
	۱۵-۲۵	۱۹	۰	۳	۰
	۲۵-۴۵	۴۵۸	۲	۲۶۱	۰
	>۴۵	۴۱۳	۲۲۴۰	۱۰۲۴	۱۳۰۷
ضخامت آبرفت	۰-۱۰	۳۵	۲۸	۰	۰
	۱۰-۳۰	۷۱۹	۳۰۷	۳۳۳	۰
	۳۰-۵۰	۱۳۳	۱۵۴۱	۴۶۲	۰
	>۵۰	۰	۳۶۴	۴۹۳	۱۳۰۴
ضریب قابلیت	۰-۲۵۰	۸۷۲	۱۷۹۷	۶۱۲	۰

عامل موثر	طبقات عامل موثر	نامناسب	تناسب کم	تناسب متوسط	تناسب بالا
انتقال	۲۵۰-۵۰۰	۱۷	۳۹۷	۴۰۱	۶
	۵۰۰-۷۵۰	۰	۴۸	۲۷۶	۱۳۰۱
	>۷۵۰	۰	۰	۰	۰
کیفیت سیلاب	۰-۱۰۰۰	۳۴۷	۱۲۴۳	۸۷	۱۳۰۷
	۱۰۰۰-۲۵۰۰	۲۶۵	۱۸۰	۱۲۳	۰
	۲۵۰۰-۴۰۰۰	۱۲۸	۱۷۵	۴۸	۰
	>۴۰۰۰	۱۴۹	۶۴۳	۲۴۶	۰
تراکم زهکشی	۱-۱/۶	۶۰	۱۲۸	۹۱	۵۶۹
	۱/۶-۳	۹۲	۶۵۲	۴۱۶	۴۵۰
	۳-۵	۲۲۹	۱۰۲۲	۴۱۵	۲۲۷
	>۵	۵۰۶	۴۳۸	۳۶۶	۵۷
کاربری اراضی	مسکونی	۰	۰	۰	۰
	کشت آبی	۰	۰	۰	۰
	کشت دیم	۷۶۲	۴۱۸	۵۵۶	۱۲۴۱
	مرتع	۱۲۷	۱۸۲۳	۷۳۴	۶۵۸

نتیجه گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان می دهد بهره برداری بیش از حد از سفره های آب زیرزمینی نیاز به مدیریت دوچندان در این بخش دارد. برنامه ریزی جهت استفاده از سیلاب ها علاوه بر جلوگیری از اثر تخریبی آنها، منابع آب موجود را جهت استفاده مصرف کنندگان تقویت می کند. بدین منظور ضرورت بکار گیری فناوری های نوین برپایه تلفیق با مدل ها را بیشتر نمایان می کند. چنانچه در تحقیق حاضر بکارگیری روش AHP در تلفیق با GIS از کارائی قابل قبولی در مکان یابی سریع عرصه های مناسب تغذیه مصنوعی به روش پخش سیلاب داشته است. به منظور مقایسه وغنا بخشیدن به مطالعات کاربردی در این زمینه پیشنهاد می گردد از روش های جدیدسیستم های تصمیم گیری چند معیاره مانند فرایند تحلیل شبکه (ANP) و غیره استفاده گردد.

منابع

۱. اصغری پور، نظام، ۱۳۹۲، پایان نامه دکتری با عنوان تعیین مکان های مناسب تغذیه مصنوعی آب زیرزمینی به روش پخش سیلاب با بکارگیری مدل های Fuzzy و AHP، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران.

۲. جهاد کشاورزی خوزستان، ۱۳۷۵، گزارش مطالعات طرح پخش سیلاب آبید-سربیشه گتوند.

۳. جهاد کشاورزی خوزستان، ۱۳۸۵، گزارش مطالعات طرح پخش سیلاب با هدف تغذیه مصنوعی سبزاب.

٤. زهتابیان، غ، علوی پناه،س ک،حامدپناه، ۱۳۸۱، بررسی کآرایی مدلهای مختلف درمکان یابی پخش سیلاب درحوزه طغرودقم،ماهنامه بیابان،جلد،۷،شماره،۱.

٥. سازمان آب وبرق خوزستان، ۱۳۸۹، گزارش مطالعات ژئوالکتریک دشت گتوند-عقیلی.

٦. کوثر، آهنگ، ۱۳۷٤، مهار سیلاب و بهره‌وری بهینه از آنها. (صص ۹۸-۹۰)، مؤسسه تحقیقات جنگلها ومراتع.

۷. قدسی پور،سید حسن، ۱۳۸٤، مباحثی در تصمیم گیری چند معیاره ،تهران، انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر.

۸. نخعی،محمد، ۱۳۸۸، مقدمه ای بر آبهای زیرزمینی، انتشارات آراد کتاب، چاپ اول.

9. ASCE STANDARD, 2001, Environmental and Water ResourcesInstitute, American Society of CivilEngineers. Standard guidelines forartificial recharge of groundwater,ASCE standards, EWRI/ ASCE 34–01,106 pp.
10. Bertolini, M., 2006, Application of the AHP methodology in making a proposal for a public work contract, 17 January.
11. Bowen, W., M., 1990, Subjective judgments and data environment analysis in site selection, Computer, Environment and Urban Systems. 14:133-144.
12. Bengal, 1998, using RS & GIS and MCDM techniques, Environmental Earth Science, Volume 59, pp. 1209–1222.
13. Chowdhury, Alivia., K. Jha, Madan., Chowdary, V.M., 2010, Delineation of groundwater recharge zones and identification of artificial recharge sites in West Medinipur district.
14. Cimren, E., B. Çatay and E. Budak., 2007, Development of a machine tool selection system using AHP, International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 35: 363–376.
15. Foltz, RC, 2002, Iran's water crisis: cultural, political, and ethical dimensions, Journal of Agricultural and Environmental Ethics, Volume 15, pp. 357–380.
16. Ghayoumian, Jafar., Mohseni Saravi,Mohesen., Feiznia, Sadat., Nouri,Behzad., Malekian, Arash., 2007, Application of GIS techniques todetermine areas most suitableforartificial groundwater recharge in acoastal aquifer in southern Iran,Journal of Asian Earth Sciences,Volume 30, pp. 364–374.
17. Krishnamurty, J.V., 1996, An approach to demarcate groundwater potential zones through remote sensing and geographical information system. INT.J.Remote sensing,Vol.17, NO.10, pp.1867-1884.
18. Malczewski. J., 2006, GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature.International Journal of Geographical Information Science: 20(7): 703–726.
19. Mohammadnia M., and Kowsar A., 2003, Clay translocation in the artificiall recharge of a groundwater system in the Southern Zagros Mountains, Iran, Jornal of Mountain Research and Development, Volume 23, pp. 169-185.
20. Oakford, E.T., 1985, Artificial recharge:Methods, hydraulics, and monitoring.In: Asano T (ed) Artificial recharge of groundwater, Butterworth, 767 pp.
21. O'Hare, M.P., Fairchild, D.M., Hajali,P.A., Canter, L.W., 1986, Artificial recharge of groundwater, Lewis, New York, 419 pp.
22. Saraf, A.K. & Choudhury, R., 1998, Integrated remote sensing and GIS groundwater exploration and identification of artificial recharge sites, INT.J.Remote sensing, Vol.19, NO.10, pp.2595-2618.
23. Saaty, T. L., 1980, The Analytical Hierarchy Process. McGraw Hill, New York. pp 350.
24. Saaty, T.L., 2000, Fundamentals of decision making and priority theory, 2nd Ed., PA: RWS Pub., Pittsburgh.