

## شناسایی مناطق مناسب عملیات پخش سیلاب با استفاده از تکنیک های GIS و سامانه پشتیبان تصمیم گیری<sup>۱</sup> (منطقه مورد مطالعه: حوزه آبخیز ماشکید استان سیستان و بلوچستان)

میرمسعود خیرخواه زرکش<sup>۲</sup>

محمدرضا زرچشم<sup>۳</sup>

[zarcheshm@gmail.com](mailto:zarcheshm@gmail.com)

تاریخ پذیرش: ۹۰/۸/۲۲

تاریخ دریافت: ۹۰/۲/۲۵

### چکیده

زمینه وهدف: استفاده از سیلاب در مناطق خشک و نیمه خشک از اهمیت زیادی برخوردار می باشد. از جهتی موضوع تغذیه مصنوعی آبهای زیر زمینی در این مناطق ضروری می نماید. بنابراین پخش سیلاب یکی از روش های مهار و بهره برداری از سیلاب می باشد. شناسایی مکان های مناسب برای عملیات پخش سیلاب و نفوذ دادن آن به درون سفره های آب زیر زمینی یکی از مهم ترین نیازهای مناطق در معرض خطر سیلاب می باشد. هدف از این مطالعه تعیین یک سامانه پشتیبان تصمیم گیری با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی برای انتخاب مکان های مناسب جهت پخش سیلاب در منطقه ماشکید استان سیستان و بلوچستان می باشد.

روش بررسی: عواملی که در مکان یابی پخش سیلاب موثرند بسیار متعدد و پیچیده می باشند. این فاکتورها شامل عوامل زمینی (زمین شناسی، ژئومورفولوژی و خاک)، هیدرولوژی (رواناب، رسوبدهی، نفوذ و وضعیت آبخوان) و جنبه های اجتماعی-اقتصادی (نیازهای آبی، کشاورزی، خسارات سیل و...) میباشند. چهار معیار اصلی که در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفت شامل خصوصیات سیلاب، وضعیت نفوذ پذیری، کاربرد آب در منطقه و خسارات سیلاب می باشند. به منظور تعیین اهمیت عوامل موثر در امر مکان یابی از فرایند تحلیل سلسله مراتبی<sup>۴</sup> و سیستم اطلاعات مکانی جهت انجام تحلیل های مربوطه استفاده شد.

بحث و نتیجه گیری: شاخص حجم سیلاب از معیار اصلی خصوصیات سیلاب و شاخص اصلی نفوذ و یا هدایت هیدرولیکی از معیار اصلی نفوذ پذیری به عنوان مهم ترین عوامل در مکان یابی پخش سیلاب در حوزه مطالعاتی ماشکید سیستان و بلوچستان شناخته شدند.

### 1- Decision Support System

۲- استادیار گروه سنجش از دور و GIS، دانشگاه علوم و تحقیقات تهران

۳- کارشناس ارشد سنجش از دور و GIS، دانشگاه علوم و تحقیقات تهران\* (مسئول مکاتبات)

در نهایت نتایج در غالب نقشه های وزن دهی شده در چندین سناریو برای تعیین بهترین مکان بررسی شدند و میانگین و مجموع مطلوبیت زیر حوزه ها بررسی و تعیین گردید.

**واژه های کلیدی:** پخش سیلاب، سامانه پشتیبان تصمیم گیری، فرایند تحلیل ساسله مراتبی، سیستم اطلاعات مکانی، حوزه

آبخیز ماشکید سیستان و بلوچستان

Archive of SID

## **Floodwater Spreading Site Selection Using Decision Support System & GIS in Mashkid Area in Sistan & Baluchistan Province**

**Mirmasoud Kheyrikhah Zarkesh<sup>1</sup>**

**Mohammadreza Zarcheshm<sup>2</sup>** (*Corresponding Author*)

[zarcheshm@gmail.com](mailto:zarcheshm@gmail.com)

### **Abstract:**

**Introduction:** Iran is located in one of the driest land regions of the world, where water is a limiting factor for lasting life, therefore using seasonal floodwaters is very important in arid and semi arid regions. On the other hand special attention has been paid to artificial groundwater recharge in these regions. Floodwater spreading on the permeable terrain is one of the flooding control way and utilization methods. Determination of appropriate site for water spreading is one of the most important stages of this project.

**Material and Methods:** Parameters considered in the selection of groundwater artificial recharge locations are diverse and complex. These factors consist of earth sciences (geology, geomorphology and soils), hydrology (runoff, sediment yield, infiltration and groundwater conditions) and socio-economic aspects (irrigated agriculture, flood damage mitigation, environment, job creation and so on). Hence, decision making depends on criteria of diverse nature. The goal of this study is defining a Decision Support System for floodwater site selection in Mashkid area. Four main criteria were selected in this research are floodwater characters, infiltration, water application and flood damage. In order to determining the importance of factors, Analytical hierarchy Process and GIS was used.

**Conclusion:** It will be expected that soil texture and floodwater volume of water application and floodwater main criteria are two important factors among other criteria (Hypothesis). After providing output maps which had been defined in several scenarios to determine the best locations for floodwater spreading and finally investigates sums suitability and averages suitability of each sub basin.

**Key words:** floodwater spreading, Decision Support System, Analytical Hierarchy, Geographic Information System(GIS)

---

1- Assistant professor, Remote Measurement & GIS, Science and Research, Islamic Azad University, Tehran.

2- MSC Student, Remote Measurement & GIS, Science and Research, Islamic Azad University, Tehran.

## مقدمه

می شود. در حال حاضر کل مصارف آب فعلی کشور در حدود ۸۴ میلیارد مترمکعب می باشد که میزان ۵۱/۵ میلیارد مترمکعب آن از طریق آب های زیرزمینی تأمین می شود. بنابراین تغذیه مصنوعی آب زیرزمینی از طریق عملیات پخش سیلاب در این گونه مناطق از اهمیت زیادی برخوردار می باشد (۴).

تحلیل های تصمیم گیری چند معیاره مکانی، داده های مکانی و غیرمکانی را تلفیق و وارد فرآیند تصمیم گیری می نمایند. در این فرآیند رابطه ای بین نقشه های ورودی و خروجی تعریف می شود و طی آن داده های مکانی و اولویت های فکری تصمیم گیرندگان به کار گرفته می شوند و بر اساس قوانین تصمیم گیری تجزیه و تحلیل می گردند (۱). از آن جایی که مکان یابی دارای ماهیت مکانی است، سامانه های اطلاعات مکانی به عنوان ابزار توانمند مدیریت و تحلیل داده های مکانی، محیط مناسبی برای نیل به اهداف فوق محسوب می شوند. از طرفی امروزه روش های تصمیم گیری متنوعی وجود دارند که در تشخیص صحیح و فراگیر کمک فراوانی به طراحان و تصمیم گیرندگان می نماید. اگر این روش ها در تحلیل های مکانی GIS به کار گرفته شوند، می توان به طور جامع تر و فراگیرتر از دانش افراد خبره در تحلیل ها استفاده نمود. استفاده از مدل های تصمیم گیری و دانش کارشناسی به افزایش توانایی GIS در کمک به اتخاذ تصمیمات مکانی خواهد انجامید (۵). در زمینه پیشینه تحقیق خبرخواه زرکش (۱۳۸۴) یک سیستم پشتیبانی تصمیم گیری بر اساس تکنیک های RS، GIS و مدل های ارزیابی چند معیاره مکانی به منظور تعیین مناطق مناسب احداث سیستم های پخش سیلاب در کشور ایران را ارائه نمود. همچنین دادرسی (۱۳۸۷) به مقایسه مدل منطق فازی با سایر مدل های مفهومی سازگار با GIS در مکان یابی مناطق مستعد گسترش سیلاب با کاربرد اطلاعات ماهواره ای+ETM پرداخت. (۴)

لازم به ذکر می باشد که با توجه به منابع موجود در منطقه مورد مطالعه و مناطق مشابه در ایران و به دلیل مسائل متعدد موجود در زمینه خشکسالی و سیلاب های متناوب در حوضه

یافتن مکان یا مکان های مناسب برای ایجاد یک فعالیت در حوزه جغرافیایی معین، جزء مراحل مهم پروژه های اجرایی به ویژه در سطح کلان و ملی به شمار می رود. تصمیم گیری در انتخاب مکان های مناسب عملیات احداث سازه های پخش سیلاب با در نظر گرفتن عواملی زیادی در این انتخاب باید در نظر گرفته شوند. داده های مورد نیاز برای تصمیم گیری از نظر کیفیت و میزان دقت متفاوت می باشند و همچنین میزان اهمیت و وزن هر کدام از آن ها با یکدیگر متفاوت می باشد. اصول روش های تصمیم گیری در این است که اطلاعات موجود از سیستم (یا منطقه مورد بررسی) را به شکل مجموعه عوامل تاثیرگذار در میزان کارایی سیستم تبدیل می کند و با مشخص کردن نقش هر کدام از این عوامل کارایی سیستم را ارتقاء می بخشد. در فرآیند تصمیم گیری اولین قدم شناسایی کامل سیستم یا محیط مورد بررسی به منظور شناخت مشکل یا مشکلات موجود در آن سیستم و همچنین پی بردن به فرصت های احتمالی جهت عملکرد بهتر سیستم می باشد (۱).

سامانه های پشتیبان تصمیم گیری، مدل هایی هستند که ورودی آن ها انواع مختلفی از اطلاعات و خروجی آن ها راه حل های متعدد برای حل مسأله موجود می باشد. بنابراین DSS سیستمی تعاملی<sup>۱</sup> می باشد چرا که به فرد تصمیم گیرنده این امکان را می دهد که به طور پیوسته راهکارهای متعدد را ایجاد کرده و آن ها را با هم مقایسه نماید. (۲). تحلیل های تصمیم گیری چند معیاره مکانی عبارت از تلفیق داده های مکانی و غیرمکانی در فرآیند تصمیم گیری می باشد. طی آن داده های مکانی و اولویت های فکری تصمیم گیرندگان تجزیه و تحلیل می گردند (۳).

در مناطق خشک و نیمه خشک که ریزش های جوی ضمن ناچیز بودن، دارای پراکنش نامناسب نیز می باشد حجم قابل توجهی از رواناب تولیدی به صورت تند آب ها و جریان های سیلابی از دسترس خارج می گردد. در چنین شرایطی، بهره برداری از سیلاب ها کلید حل مسائل آبی منطقه در نظر گرفته

درصد است تا با شناسایی مناطق مناسب جهت طرح‌های پخش سیلاب بتواند از هدررفت این مایه حیاتی در این منطقه و خسارات وارده اقتصادی وزیست محیطی توسط سیلاب‌ها جلوگیری به عمل آورد.

#### هدف تحقیق

این مطالعه با هدف تهیه، استفاده و ارزیابی یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری بر مبنای تکنیک‌های سنجش از دور و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی به منظور شناسایی و اولویت بندی مناطق مناسب عملیات پخش سیلاب در منطقه ماشکید استان سیستان و بلوچستان صورت گرفت.

#### پخش سیلاب

مهار سیلاب و پخش آن به وسیله عملیات مکانیکی. در اکثر مناطق آب‌های سطحی با سرعت زیادی از مسیل‌های کوهستانی به سمت دشت سرازیر شده و به علت تمرکز آب در آبراهه‌ها و رودخانه‌ها فرصت کمی برای نفوذ پیدا می‌کنند. برای حل این مشکل با ایجاد یک بند انحرافی بر روی آبراهه، آب را به طرف کانال‌هایی که بر روی خطوط تراز دامنه‌ها کشیده شده هدایت می‌کنند که می‌تواند در خاک نفوذ کرده و سفره‌های آب زیرزمینی را تغذیه کند (۱).

#### مواد و روش‌ها

فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی اولین بار توسط توماس ال ساعتی<sup>۲</sup> ریاضی‌دان مشهور آمریکایی در سال ۱۹۷۰ مطرح شد که درصد درآمد تا راهکاری جهت تصمیم‌گیری در مورد مسائل پیچیده که عوامل متعددی در آن دخیل بودند، ارائه دهد و نتیجه تحقیقات وی به نام روش AHP شهرت یافت. روش AHP دارای یک اساس و تئوری ساده می‌باشد و بر مبنای سه اصل استوار است:

۱- تجزیه

۲- مقایسه دودویی یا جفتی

ضرورت طراحی یک مدل نیمه ساختار یافته جهت مطالعه و بررسی یک راهکار مناسب جهت جلوگیری از هدر رفت منابع آبی بصورت سیلاب و کاهش اثرات خسارت‌های به عمل آمده، در منطقه مورد توجه واقع شده است و این تحقیق با بکارگیری عوامل متعدد موجود در منطقه و تلفیق این عوامل در غالب یک سیستم اطلاعات مکانی و با دخالت دادن نظرات متعدد متخصصین مختلف علوم زمینی در مرحله وزن دهی به عوامل و شاخص‌های موجود در منطقه و اعمال نظرات کارشناسی در لایه‌های جغرافیایی امکان استفاده از طیف گسترده‌ای از اطلاعات به صورت همزمان را فراهم آورده است.

#### ضرورت تحقیق

زهکش حوضه آبخیز ماشکید به لحاظ موقعیت توپوگرافی منطقه به گونه‌ای است که در جهت غرب به شرق شکل گرفته و ضمن جمع‌آوری رواناب‌های فصلی محدوده شهرستان زابلی، به کشور پاکستان تخلیه می‌شود. در حوزه مورد مطالعه ماشکید منطقه سیستان و بلوچستان حجم قابل توجهی از رواناب تولیدی به صورت تند آب‌ها و جریان‌های سیلابی از دسترس خارج می‌گردد. در این گونه مناطق آب از یک طرف مهم‌ترین عامل محدودکننده توسعه پایدار بوده، و از سوی سیلاب‌های فصلی عامل مهم تخریب و ایجاد خسارت می‌باشند. وجود مخروط افکنه‌ها و دشت‌های آبرفتی درشت دانه، که حاصل عملکرد سیلاب‌ها در اعصار گذشته می‌باشد، موجب گردیده تا بیشتر آن‌ها به ظاهر به صورت عرصه‌های غیرتولیدی نمود پیدا کنند. در صورتی که انباشت رسوبات دانه درشت با ضخامت‌های قابل توجه، مخازن زیرزمینی مناسبی را پدید آورده‌اند که می‌توانند حجم زیادی از آب را در خود جای داده و مورد استفاده قرار گیرد. با در نظر گرفتن شرایط اقلیمی نامطلوب حوزه آبخیز ماشکید استان سیستان و بلوچستان تغذیه مصنوعی آبخوان در این منطقه بسیار مهم می‌باشد. در چنین شرایطی بهره‌برداری از سیلاب‌ها کلید حل مسائل کم آبی محسوب می‌گردد. این تحقیق با در نظر گرفتن این شرایط

۳- ترکیب کردن متوالی ارزشها و اولویت بندی

گزینه ها (۷,۸)

در روش AHP فرد تصمیم گیرنده باید برای هر جفت از معیارهای دخیل در تصمیم گیری یک مقایسه انجام دهد که این قیاس در مرحله اول به شکل توصیفی و در مرحله بعد به شکل کمیته در یک مقیاس از ۱ تا ۹ مطابق با جدول (۱) انجام می شود و در نهایت از این قیاس جفتی یک ماتریس به دست می آید. به واسطه مقایسه زوجی در روش AHP از طریق قضاوت هایی که به صورت شفاهی، عددی یا حتی گرافیکی انجام می گیرد، وزن ها یا اولویت ها برای معیارهای دخیل در تصمیم گیری استخراج می گردد که به شکل اعداد نسبی می باشند (۹,۱۰).

#### روش تحلیل سلسله مراتبی مکانی<sup>۱</sup>

در این روش معیارهای دخیل در تصمیم گیری با موقعیت جغرافیایی شان در نظر گرفته می شوند و شامل ۵ مرحله می باشد (۹):

۱. مشخص کردن معیارهای اصلی دخیل در تصمیم گیری جهت رسیدن به هدف
۲. مرتب کردن این معیارها در یک ساختار سلسله مراتبی
۳. تعیین اهمیت و وزن معیارها نسبت به یکدیگر
۴. تلفیق معیارها با در نظر گرفتن وزن آنها
۵. اولویت بندی گزینه ها برحسب شاخص تناسب<sup>۲</sup> بدست آمده از مرحله چهارم

#### محاسبه بردارهای اولویت گزینه ها

اگرچه از طریق مکان یابی می توان گزینه های مناسب را در میان چندین مکان موجود بررسی و انتخاب نمود، ولی هدف اصلی مکان یابی یافتن بهترین مکان یا مجموعه مکان های مناسب در کل محدوده مطالعاتی است، بنابراین معمولاً در بدو امر مکانی به عنوان گزینه تصمیم گیری وجود ندارد. به این علت باید به گونه ای این گزینه ها را تولید نمود. یک راه، تعریف کلاس های مناسب برای هر نقشه معیار به عنوان گزینه های آن معیار است،

برای نمونه هر معیار را می توان به طبقات مناسب (S1)، نسبتاً مناسب (S2) و نامناسب (N1) طبقه بندی نمود.

پس از طراحی گزینه ها، می توان مرحله اول AHP یعنی تشکیل ماتریس های مقایسه زوجی را اجرا نمود. ماتریس مقایسه زوجی برای گزینه های مسأله که در این جا کلاس های مناسب هستند، به ازای هر معیار تشکیل می گردد. درایه های این ماتریس ها با استفاده از دانش متخصصان تعیین می شود و به عبارتی، ماتریس زوجی یکی از ابزارهایی است که دانش متخصصان را وارد تصمیم گیری می کند. درایه های هر سطر این ماتریس دارای اهمیت نسبی مولفه مربوط به آن سطر در مقایسه با هر یک از ستون ها با توجه به معیار سطح بالاتر است. هدف از تولید این ماتریس حذف اثر تفاوت ماهیت معیارهاست، بدین صورت که مقادیر عددی با دامنه مشخص جایگزین مقدار متغیرهای تصمیم گیری به ازای معیارها می شود. دامنه اهمیت های نسبی درایه ها بین اعداد ۱ تا ۹ است، به طوری که هر یک از این اعداد بیان گر میزان اهمیت معینی هستند (۹). برای نمونه در مسأله انتخاب مکان مناسب طرح پخش سیلاب این ماتریس برای کلاس های مذکور بر اساس معیار حجم سیلاب، به صورت شکل (۱) است:

$$\begin{bmatrix} * & S1 & S2 & N1 \\ S1 & 1 & 3 & 6 \\ S2 & 1/3 & 1 & 3 \\ N1 & 1/6 & 1/3 & 1 \end{bmatrix} \xrightarrow{\text{استاندارد سازی}} \begin{bmatrix} \text{preferences} \\ 0.65 \\ 0.25 \\ 0.09 \end{bmatrix}$$

شکل ۱ - کلاس ها بر اساس معیار حجم سیلاب

همان گونه که در شکل (۱-۴) دیده می شود، ماتریس مقایسه وارد فرآیندی می گردد که حاصل آن بردار اولویت عناصر آن است. این فرآیند استاندارد سازی<sup>۳</sup> یا بهنجارسازی ماتریس نام دارد و طی آن اهمیت نسبی کلاس های معیارها تولید می شود. استانداردسازی با روش های گوناگونی اجرا می شود، ولی معروف ترین آن ها روش بردار ویژه است. روش بردار ویژه از

1- spatial analytical hierarchy process  
2- suitability index

1- Normalization

تجزیه ماتریس مربع و معکوس‌پذیر  $D$  به بردار ویژه به ازای بیش‌ترین مقدار ویژه آن ( $\lambda$ ) استفاده می‌کند (روابط ۱ و ۲).

$$e = [1 \ 1 \ \dots \ 1]^T \quad \text{رابطه ۳}$$

و

$$W = \lim_{k \rightarrow \infty} D^k \times e / e^t \times D^k \times e \quad (11)$$

پس از آن‌که بردارهای اولویت‌گرفته‌ها به ازای کلیه معیارها تولید شد، محاسبات برای اولویت‌بندی و تعیین اوزان خود معیارها تا رسیدن به بالاترین سطح سلسله مراتبی تکرار می‌شود. شکل (۲) ماتریس مربوط به زیرمعیار خصوصیات سیلاب در مثال موجود را نشان می‌دهد.

$$D \times W = \lambda_{max} \times W \quad \text{رابطه ۱ یعنی:}$$

$$i=1,2,\dots,n \quad \text{و یا رابطه ۲}$$

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij} \times w_j}{\lambda_{max}}$$

یک طریق محاسبه تقریبی برای بردار ویژه  $W$ ، استفاده از توان افزایشی ( $k$ ) برای ماتریس  $D$  و سپس نرمالیزه کردن نتایج حاصل به صورت رابطه (۳) است (۱۱):

کیفیت سیلاب	تعداد رخداد	حجم سیلاب	خصوصیات سیلاب	→ [weights 0.2176 0.6910 0.0914]
3	1	1/4	تعداد رخداد	
6	4	1	حجم سیلاب	
1	1/3	1/6	کیفیت سیلاب	

شکل ۲- ماتریس مربوط به زیرمعیار خصوصیات سیلاب

تعیین است. این مرحله باید قبل از ورود اوزان به GIS انجام شود تا در صورت وجود ناسازگاری در سیستم، در قضاوت‌ها تجدید نظر شود (۱۱).

به ترتیب فوق، اوزان و اولویت‌های کلیه پارامترها و گزینه‌های مسئله با استفاده از روش AHP و طی روالی که بیان شد، محاسبه می‌شود. ارزیابی و کنترل سازگاری هر تصمیم، یعنی قابل قبول یا مردود بودن آن نیز با استفاده از AHP قابل

جدول ۱- تعیین ارزش معیارها نسبت به یکدیگر توسط نظرات کارشناسی

ارزش عددی	ترجیحات
۹	کاملاً ارجح یا کاملاً مهم‌تر یا کاملاً مطلوب‌تر
۷	ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی
۵	ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت قوی
۳	کمی ارجح یا کمی مهم‌تر یا کمی مطلوب‌تر
۱	ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت یکسان
۲ و ۴ و ۶ و ۸	ترجیحات بین فواصل فوق

الگوریتم محاسبه نرخ ناسازگاری<sup>۱</sup>

با توجه به این که ماتریس مقایسه زوجی معلوم است و بردار اولویت محاسبه شده است، مجهول این رابطه، بردار بیشترین مقادیر ویژه است که در این مرحله محاسبه می‌شود.  $\lambda_{max}$  نهایی با میانگین‌گیری از مقادیر بردار فوق محاسبه می‌شود. از طرفی  $\lambda_{max}$  همواره بزرگ‌تر یا مساوی  $n$  است و اگر ماتریس از حالت سازگاری کمی فاصله بگیرد  $\lambda_{max}$  از  $n$  کمی فاصله خواهد گرفت. بنابراین تفاضل  $\lambda_{max}$  و  $n$  (یعنی  $\lambda_{max} - n$ ) می‌تواند معیار خوبی برای اندازه‌گیری ناسازگاری ماتریس باشد. بی‌تردید مقیاس  $(\lambda_{max} - n)$  به مقدار  $n$  (طول ماتریس) بستگی داشته و برای رفع این وابستگی می‌توان مقیاس را به صورت زیر تعریف نمود که آن را شاخص ناسازگاری (I.I) می‌نامیم.

$$I.I = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad \text{رابطه ۴}$$

برای هر ماتریس حاصل تقسیم شاخص ناسازگاری (I.I) بر شاخص ناسازگاری ماتریس تصادفی (I.I.R)، نرخ ناسازگاری (I.R) را خواهد داد که معیار مناسبی برای قضاوت در مورد ناسازگاری ماتریس‌ها می‌باشد (رابطه ۵). چنانچه این عدد کوچک‌تر یا مساوی ۰/۱ باشد سازگاری سیستم قابل قبول است در غیر این صورت باید در قضاوت‌ها تجدید نظر نمود (۱۲).

$$I.R = \frac{I.I}{I.I.R} \quad \text{رابطه ۵}$$

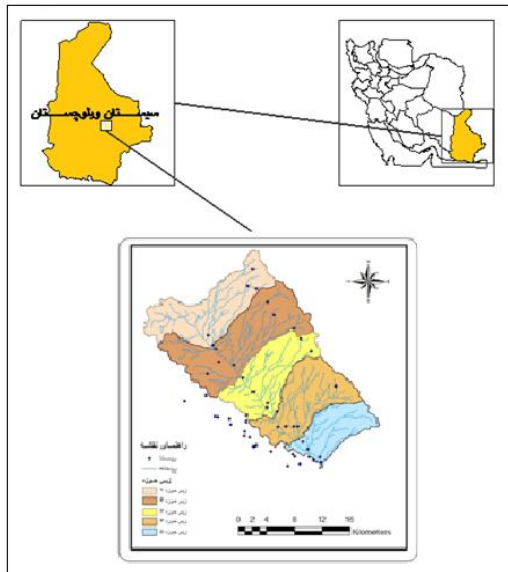
اوزان محاسباتی روی ورودی‌ها، یعنی نقشه‌های طبقه‌بندی شده اعمال می‌شود. از این مرحله، مسأله بار دیگر وارد محیط GIS شده و کلاس‌ها با اعمال مقادیر وزن به هر یک، با هم تلفیق می‌شوند. آنچه که در نهایت به دست می‌آید نقشه‌ای است که واحدهای مکانی آن دارای اوزان متفاوت هستند و طبیعتاً وزن بالاتر در هر مکان به معنی مناسبت بیشتر در آن مکان است (۱۳).

## منطقه مورد مطالعه

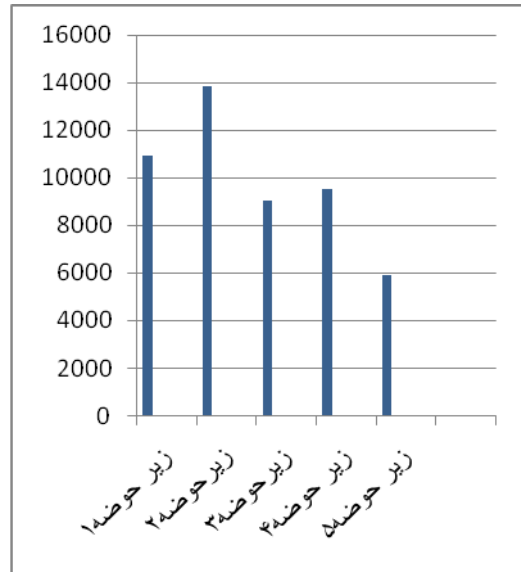
حوزه آبخیز ماشکید با مساحت ۴۹۰۰۰ هکتار در قسمت غرب شهرستان ایرانشهر و شرق شهرستان سوران در مختصات جغرافیایی (۱۳°E و ۶۱° تا ۳۳°E و ۶۱° و ۳۳°) طول جغرافیایی و (۱۵°N تا ۲۷°N تا ۳۲° و ۲۷°) عرض شمالی در استان سیستان و بلوچستان واقع شده است. حداقل و حداکثر رقوم ارتفاعی حوزه ۱۳۰۰ و ۲۳۵۰ متر و بارش سالانه در بیشترین درصد از مساحت حوزه ماشکید دارای بارشی بین ۱۶۵ تا ۱۸۲ میلی‌متر در سال می‌باشد. حوزه آبخیز ماشکید با توجه به شکل شبکه هیدروگرافی آن به پنج زیرحوزه که بترتیب از قسمت شمال حوزه به عنوان زیرحوزه‌های یک (شمالی‌ترین) الی زیرحوزه پنجم که در جنوبی‌ترین قسمت حوزه قرار گرفته است، تقسیم گردید.

1- Inconsistency Ratio  
2 - Inconsistency Index



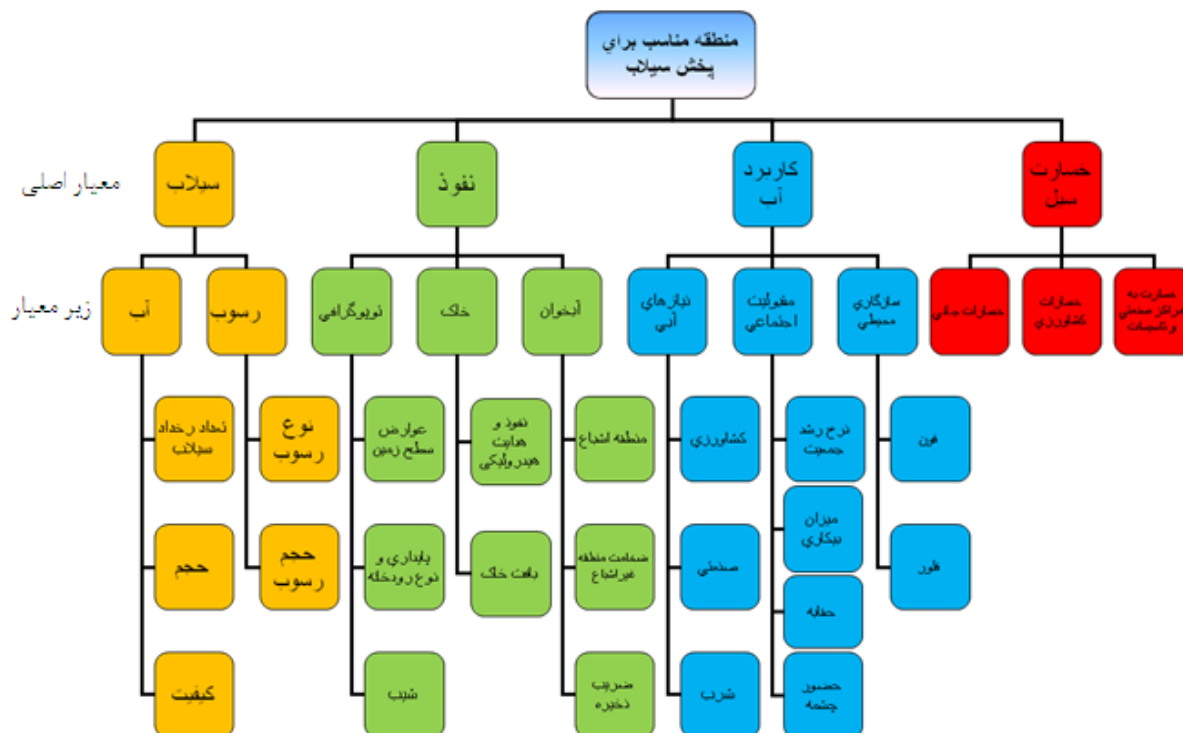


شکل ۳- موقعیت و مساحت زیر حوزه های حوزه آبخیز ماشکید در استان سیستان و بلوچستان

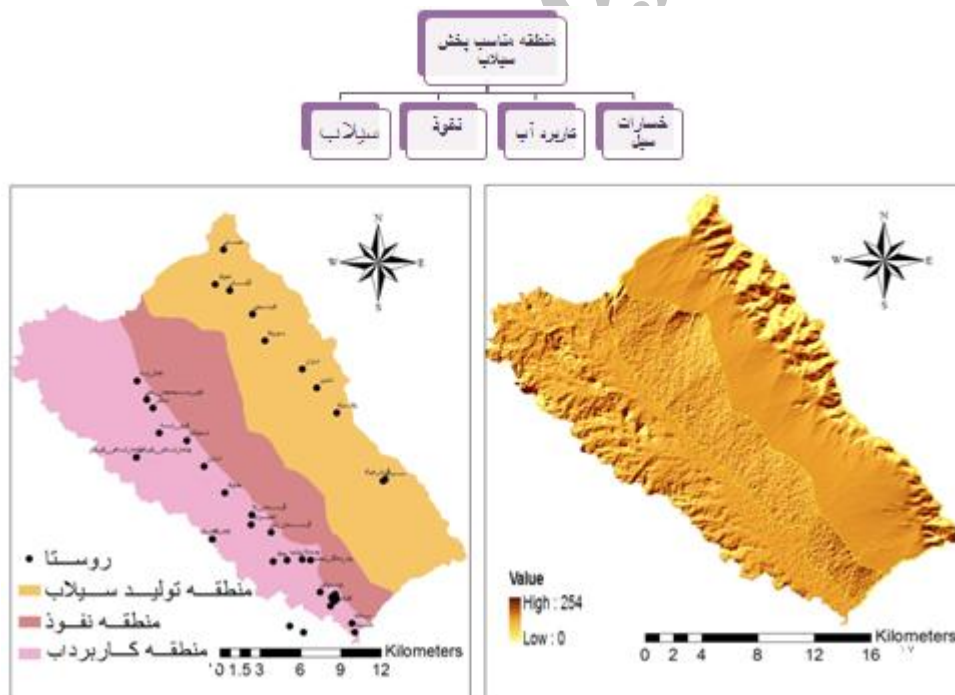


مناسب، وزنی با توجه به جدول (۱) به آن اختصاص می گیرد. در این تحقیق و با توجه به در نظر گرفتن کلیه عوامل موثر در انتخاب منطقه مناسب از چهار معیار اصلی، یازده زیر معیار و بیست و دو شاخص اصلی و همچنین هشت زیر شاخص جهت فراهم نمودن دقت لازم در نتایج استفاده گردیده است.

در این مطالعه منطقه مناسب برای پخش سیلاب بر اساس چهار معیار اصلی انتخاب می شود که در شکل (۲) آمده است. هر معیار اصلی خود بطور جداگانه از زیر معیارها و شاخصها و همچنین زیر شاخصهایی تشکیل می گردند که هر کدام از اجزا تشکیل دهنده سیستم ساسله مراتبی نسبت به میزان نقش و اهمیت آن بر روی انتخاب منطقه



شکل ۴- نمایش معیارها، زیر معیارها، شاخص‌ها ی موثر در مکان یابی پخش سیلاب در درخت سلسله مراتبی



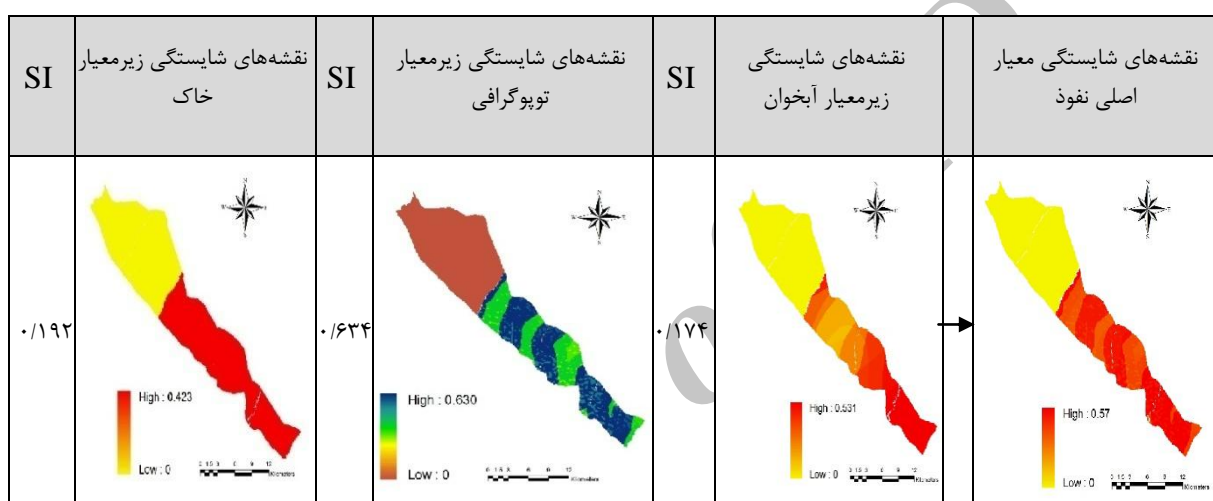
شکل ۵- نمایش حدود مناطق تولید سیلاب، نفوذ و منطقه کاربرد آب در حوزه آبخیز ماشکید

نتایج

تعیین ارزش معیارها، زیرمعیارها و شاخص‌های موثر:

سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) این امکان را به ما می‌دهد که ارزش هر لایه و هر واحد در تلفیق دخالت داده شود و تلفیق لایه‌های اطلاعاتی در قالب الگوهای مختلف صورت می‌گیرد. این الگوها بر حسب نظریه تلفیق، تعداد لایه‌های اطلاعاتی و ارزش هر لایه در تلفیق متفاوت خواهد بود. بنابراین پس از اختصاص دادن وزن به کلیه نقشه‌ها در محیط تصمیم

گیری و سامانه اطلاعات جغرافیایی، نقشه‌های شایستگی معیارها و زیر معیارها بدست می‌آید. برای مثال شکل زیر چگونگی ارزش دهی زیر معیارها و ارزیابی شاخص تناسب در زیر معیارهای نفوذ و همچنین نقشه نهایی معیار اصلی نفوذ را نشان می‌دهد.



شکل ۶- نقشه‌های شایستگی برای معیار اصلی نفوذ برای حوزه منطقه ماشکید

جدول ۲- وزن دهی به زیرمعیارها و محاسبه اهمیت نسبی آنها

زیرمعیار	توپوگرافی	خاک	آبخوان	میانگین هندسی	اهمیت نسبی
توپوگرافی	۱	۳	۴	۲/۲۸۹۴	۰/۶۳۴
خاک	۱/۳	۱	۱	۰/۶۹۳۳	۰/۱۹۲
آبخوان	۱/۴	۱	۱	۰/۶۲۹۹	۰/۱۷۴

جدول ۳- ارزش شایستگی ۵ زیرحوزه از لحاظ خسارات سیل

خسارات سیل	خسارات جانی	خسارات کشاورزی	خسارات صنعتی و تاسیسات	ارزش شایستگی
زیرحوزه (۱)	۰/۹	۰/۱۰۲	۰/۰۵۴	۰/۶۹۶
زیرحوزه (۲)	۰/۹	۰/۱۰۲	۰/۰۵۴	۰/۶۹۶
زیرحوزه (۳)	۰/۹	۰/۲۲۵	۰/۰۵۴	۰/۷۱۸
زیرحوزه (۴)	۰/۹	۰/۲۲۵	۰/۰۵۴	۰/۷۱۸
زیرحوزه (۵)	۰/۹	۰/۶۱۹	۰/۰۵۴	۰/۷۸۸

### بکارگیری مدل در تصمیم گیری مکانی

مرحله (۴) نقشه‌های مختلف برای زیر معیارها به صورت یک نقشه شایستگی از معیارهای اصلی بر روی یکدیگر قرار می‌گیرند. ارزش زیرمعیارهای مختلف نیز با استفاده از مقایسه جفتی AHP تعیین می‌گردد. سپس نقشه وزن‌دهی شده و ترکیبی حاصل، با استفاده از مدول SMCE-GIS در محیط GIS تهیه می‌شود.

مرحله (۵) در نهایت، شایستگی کلی مناطق مختلف با استفاده از ترکیب وزنی شایستگی‌های نسبی تخمین زده می‌شود. بر اساس نظر تصمیم‌گیرندگان، کارشناسان و ذی‌نفعان، ارزش نسبی برای چهار معیار اصلی به دست می‌آید. در نهایت ۵ سناریو تهیه و ارزیابی خواهد گردید (یک سناریو بر اساس ارزش نسبی برابر برای ۴ معیار، و چهار سناریو بر اساس تفاوت آشکار یکی از معیارهای اصلی).

تصمیم گیری های مکانی شامل اهداف و معیارهای مختلف می‌شوند که بایستی با توجه به اهمیت نسبی که دارند ارزش دهی شوند. به همین دلیل استفاده از ابزارهای پشتیبان تصمیم گیری (DSS) می‌تواند نقش بسزایی در تصمیم گیری ها داشته باشد. در این مقاله از روش های تصمیم گیری چند معیاره برای حل مسائل مکانیابی در قالب یک مدل تصمیم گیری بهره گیری شده است.

انتخاب منطقه مناسب به صورت یک سری عملیات انجام می‌گیرد که به طور خلاصه در زیر آمده است:

مرحله (۱) برای هر یک از شاخص‌ها و زیر شاخص‌های مورد نظر (شکل‌های) کلاس‌های ارزشی تعیین شده و اهمیت‌های نسبی آنها تعیین می‌گردد.

مرحله (۲) با استفاده از نقشه‌های پایه منطقه، یک نقشه شایستگی از شاخص‌های اصلی در محیط GIS تهیه می‌شود.

مرحله (۳) نقشه‌های شایستگی برای هر زیرمعیار ایجاد می‌گردند. اهمیت شاخص‌های اصلی گوناگون با استفاده از AHP (مقایسه جفتی شاخص‌ها) تعیین می‌گردند.

جدول ۴- اهمیت نسبی معیارهای اصلی در تمامی سناریوها

معیار اصلی	اهمیت نسبی سناریوی (۱)	اهمیت نسبی سناریوی (۲)	اهمیت نسبی سناریوی (۳)	اهمیت نسبی سناریوی (۴)	اهمیت نسبی سناریوی (۵)
نفوذ	۰/۰۸۳۳	۰/۷۵	۰/۰۸۳۳	۰/۰۸۳۳	۰/۲۵
کاربرد آب	۰/۷۵	۰/۰۸۳۳	۰/۰۸۳۳	۰/۰۸۳۳	۰/۲۵
سیلاب	۰/۰۸۳۳	۰/۰۸۳۳	۰/۷۵	۰/۰۸۳۳	۰/۲۵
خسارت سیلاب	۰/۰۸۳۳	۰/۰۸۳۳	۰/۰۸۳۳	۰/۷۵	۰/۲۵

### اجرای مدل در سناریوهای مختلف و ارزیابی آن

سناریو با اهمیت نسبی متفاوت، اجرا می‌گردد و نقشه‌های مربوط به هر کدام حاصل می‌شود و میانگین مطلوبیت هر زیرحوزه به دست می‌آید.

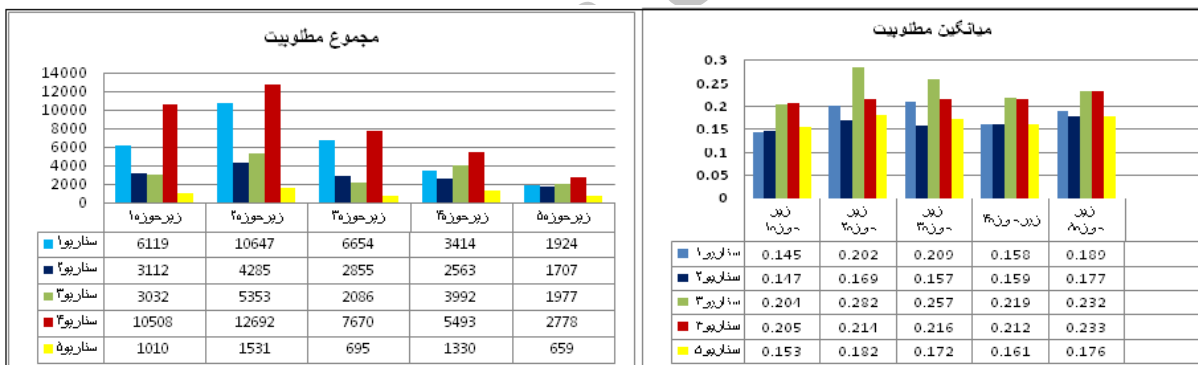
در آخرین مرحله تمامی شاخص‌های مکانی و غیر مکانی با استفاده از مدول Spatial multi criteria evaluation وارد نرم افزار ILWIS3.6 شده و درخت تصمیم‌گیری برای مکان‌یابی پخش سیلاب شکل گرفت (شکل ۷). این مدل در ۵

New Goal	Site01	Site02	Site03	Site04	Site05
0.00 flood -- Direct	Flood01	Flood02	Flood03	Flood04	Flood05
0.67 water -- Direct	Water01	Water02	Water03	Water04	Water05
0.09 Flood_qua	flood_qual_re_01	flood_qual_re_02	flood_qual_re_03	flood_qual_re_04	flood_qual_re_05
0.63 Flood_vol	0.2638	0.2638	0.1296	0.2638	0.1296
0.38 Flood_freq	0.0668	0.0668	0.0668	0.0668	0.0668
0.33 sediment -- Direct	sediment01	sediment02	sediment03	sediment04	sediment05
0.75 Sediment_vol	sedivol_re_01	sedivol_re_02	sedivol_re_03	sedivol_re_04	sedivol_re_05
0.25 Sediment_typ	sedi_re_01	sedi_re_02	sedi_re_03	sedi_re_04	sedi_re_05
0.00 Infiltration -- Direct	infiltrate01	infiltrate02	infiltrate03	infiltrate04	infiltrate05
0.63 Topography -- Dire...	topography01	topography02	topography03	topography04	topography05
0.25 Slope	slope_re_01	slope_re_02	slope_re_03	slope_re_04	slope_re_05
0.09 River_typ	0.2201	0.2201	0.2201	0.2201	0.2201
0.66 Feature_sur	topo_re_01	topo_re_02	topo_re_03	topo_re_04	topo_re_05
0.17 Aquifer -- Direct	aquifer01	aquifer02	aquifer03	aquifer04	aquifer05
0.21 Stor_coe	storage_re_01	storage_re_02	storage_re_03	storage_re_04	storage_re_05
0.24 Saturate_zon	satur_re_01	satur_re_02	satur_re_03	satur_re_04	satur_re_05
0.55 Unsaturate_zon	unsatur_re_01	unsatur_re_02	unsatur_re_03	unsatur_re_04	unsatur_re_05
0.19 Soil -- Direct	soil01	soil02	soil03	soil04	soil05
0.67 Infiltrate	infil_re_01	infil_re_02	infil_re_03	infil_re_04	infil_re_05
0.33 Soil_tex	tex_re_01	tex_re_02	tex_re_03	tex_re_04	tex_re_05
0.00 water_application -- Di...	water_app_01	water_app_02	water_app_03	water_app_04	water_app_05
0.25 Water_demand -- D...					
0.65 Drinking	0.0513	0.119	0.2568	0.2568	0.5498
0.07 Industrial	0.0231	0.0231	0.0231	0.0231	0.0231
0.28 Agricultural	0.0513	0.0513	0.2568	0.2568	0.5498
0.50 Social_acc -- Direct	social_01	social_02	social_03	social_04	social_05
0.16 Water_right	0.709	0.709	0.709	0.709	0.709
0.46 Spring	spring_re_01	spring_re_02	spring_re_03	spring_re_04	spring_re_05
0.08 unemploy	0.119	0.119	0.119	0.119	0.119
0.30 pop_rate	0.1156	0.4204	0.4204	0.1156	0.4204
0.25 Environ_acc -- Dire...					
0.33 fauna	0.717	0.717	0.717	0.717	0.717
0.67 flora	0.717	0.717	0.717	0.717	0.717
0.00 flood_damage -- Direct					
0.75 Human_dam	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
0.18 Agricult_dam	0.102	0.102	0.225	0.225	0.619
0.07 Indust_dam	0.054	0.054	0.054	0.054	0.054

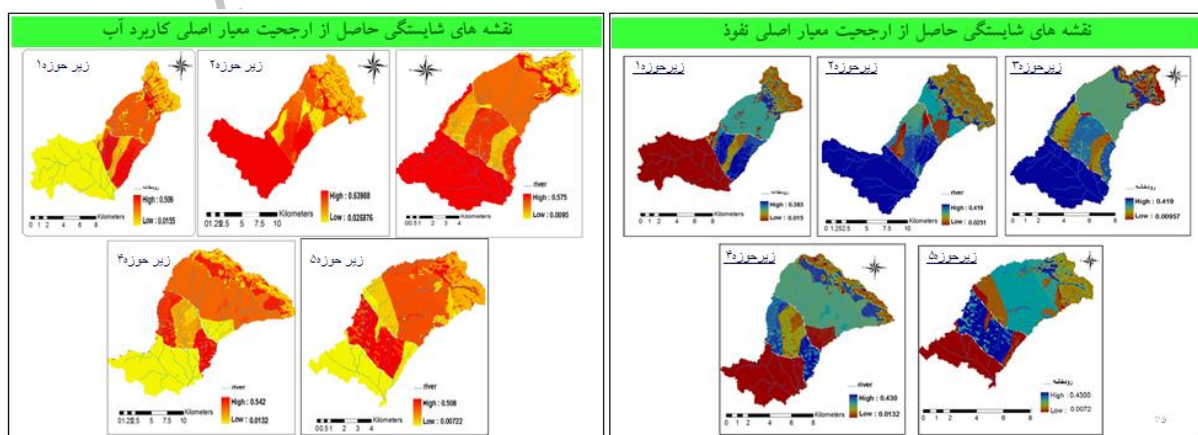
شکل ۷- نحوه ورود داده‌های مکانی و غیر مکانی به نرم‌افزار ILWIS و طراحی درخت تصمیم‌گیری

بر طبق نقشه‌های حاصل، میانگین مطلوبیت و مجموع مطلوبیت

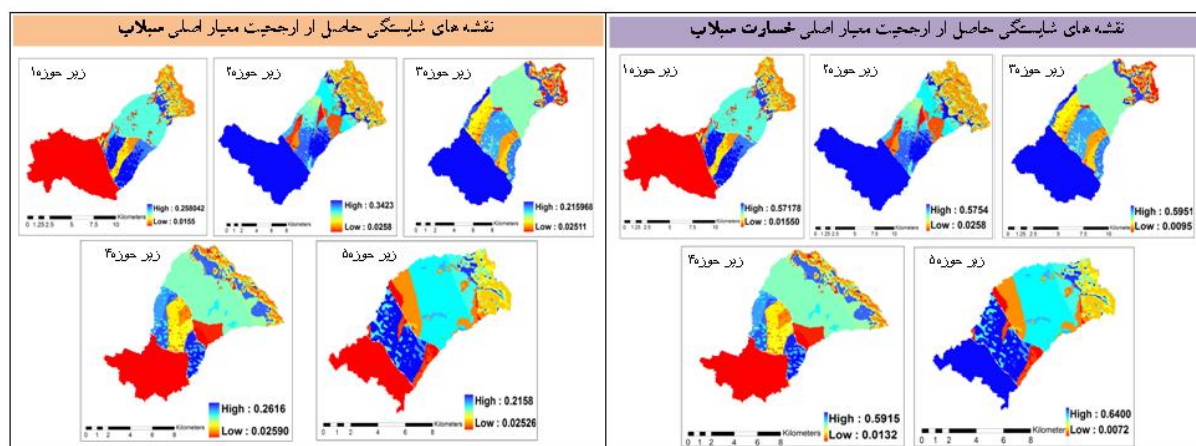
ها در هر زیرحوزه به صورت جدول زیر به دست آمد.



نمودار ۱- میانگین و مجموع مطلوبیت‌ها



شکل ۸- نقشه‌های شایستگی حاصل از ارجحیت معیار اصلی کاربرد آب و نفوذ



شکل ۹- نقشه های شایستگی حاصل از ارجحیت معیار اصلی سیلاب و خسارت سیلاب

### بحث و نتیجه گیری

در این تحقیق عوامل زیادی همچون نفوذ و بافت خاک، شیب، حجم سیلاب، کیفیت سیلاب، ضخامت منطقه غیر اشباع خاک، نفوذپذیری و ... مورد بررسی قرار گرفتند و لایه‌های ایجاد شده از لحاظ اهمیت برای اجرای طرح پخش سیلاب طبقه‌بندی شدند. در نهایت به کمک سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و سامانه پشتیبان تصمیم‌گیری (DSS) نقشه پهنه - بندی مناطق مستعد پخش سیلاب برای حوزه آبخیز ماشکید در سناریو‌هایی مختلف تهیه شد. در میان پنج سناریویی که بواسطه چهار معیار اصلی سیلاب، نفوذ، کاربرد آب و خسارات سیل استخراج گردید، همانگونه که در فصل چهارم بیان شد چهار سناریو، ترجیح کامل به یکی از معیار های اصلی داده شد و در نهایت در پنجمین سناریو به تمامی معیارهای اصلی، ارزش یکسان داده شد. در نهایت تمامی نقشه های زیر حوزه های تولید شده در سناریو های مختلف برای مقایسه ارزش آن ها، در جدول میانگین مطلوبیت زیر حوزه ها در هر کدام از سناریوها به صورت عددی بررسی و مقایسه می گردند. در سناریوی اول (ارجحیت کاربرد آب) زیر حوزه (۳)، با بیش ترین میانگین مطلوبیت در اولویت نخست و زیر حوزه (۱)، با کمترین میانگین مطلوبیت در اولویت آخر قرار می گیرد و این اولویت به دلیل وجود نرخ رشد بالای جمعیت در زیر حوزه (۳) و ثانیاً نیاز نسبتاً بالای آبی جهت شرب و کشاورزی و همچنین حضور چشمه در این زیر حوزه میباشد. پس از زیر حوزه (۳)، زیر

حوزه (۲) در سناریوی اول از نظر میانگین مطلوبیت در اولویت دوم قرار دارد. در سناریوی دوم (ارجحیت نفوذ)، زیر حوزه (۵) با بیش ترین میانگین مطلوبیت نسبت به چهار زیر حوزه دیگر از اهمیت بیشتری برخوردار میباشد. این برتری از لحاظ مختلفی قابل بحث و بررسی می باشد. اولاً از نقطه نظر این که زیر حوزه (۵) دارای شیب حدود ۲٪ می باشد که این مقدار شیب برای انجام عملیات پخش سیلاب بسیار مناسب می باشد. ثانیاً قرار گیری حوزه در منطقه ای که از نظر رخساره های ژئومورفولوژیکی شامل مخروط افکنه و کانال و تراس رودخانه ای می باشد. علاوه بر موارد فوق زیر حوزه (۵) دارای ضخامت نسبی بیشتری در منطقه غیراشباع نسبت به سایر زیر حوزه ها می باشد. از طرفی ضریب ذخیره زیر حوزه (۵) در منطقه نفوذ در طبقه "خیلی زیاد" قرار میگیرد. بافت خاک در این زیر حوزه مانند سایر زیر حوزه ها ی دیگر در طبقه بافت متوسط خاک قرار دارد. نفوذ سطحی خاک نیز در این زیر حوزه در گروه هیدرولوژیک A می گیرد. در سناریوی سوم (ارجحیت سیلاب)، زیر حوزه های (۲) و (۳) بترتیب دارای بیش ترین میانگین مطلوبیت در میان پنج حوزه دیگر می باشند. کیفیت سیلاب در این دو زیر حوزه که بر اساس سازه های موجود در منطقه استخراج شده است در طبقه بندی مابین خوب و قابل قبول واقع می گردد. حجم سیلاب سالانه در زیر حوزه (۳) بر اساس جدول محاسبات به عمل آمده در طبقه بالا (  $4 \times 105$  تا

## منابع

1. **Sharifi, M.A., Herwijnen, M.V., 2003:** Spatial decision support systems. International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation (ITC). pp. 201.
2. **Klosterman, R.E., 1997:** Planning support system: a new perspective on computer-aided planning, *Journal of Planning Education and Research* 17. pp. 45-54.
3. **Malczewski, J., 1999:** GIS and Multi Criteria Decision Analysis, John Wiley & Sons, New York. pp. 387.
4. **Ghayoumian, J. Saravi, M. Feiznia, S. Nouri, B., 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*, 20 April, 2007, 30 (2). pp. 364-374.
5. مهدی پور، ف.، ۱۳۸۶: الگوی برای مکان‌یابی بر اساس روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در GIS. *مجله نقشه‌برداری*، ۸۷، ص ۲۹-۲۰
6. وهابی، ج.، ۱۳۷۸: اصول معیارها، اهداف، تنگناها و نیازهای تحقیقاتی سامانه‌های پخش سیلاب، گزارش اولین کارگاه آموزشی بخش تحقیقات مدیریت و بهره‌برداری از سیلاب، مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور.
7. **Saaty, T., 1980:** The Analytic Hierarchy Process, New York, McGraw Hill.
8. **Saaty, T.L., 1990,** Decision making for leaders, RWS publication 8.
9. **Kheirkhah Zarkesh, M., Meijernk, A.M.J., Goodarzi, M., 2008:** Decision Support System (DSS) for site selection floodwater spreading schemes using Remote Sensing (RS)

105m3y-1\*6)، قرار می‌گیرد. حجم رسوب در نیمه شرقی زیر حوزه (۲)، بر اساس روش پسیاک اصلاح شده در طبقه کم قرار می‌گیرد و از جهتی شاهد حجم رسوب خیلی زیاد در قسمت نیمه غربی زیر حوزه می‌باشیم. در سناریوی چهارم (ارجحیت خسارت سیل)، زیرحوزه (۵) از میانگین اهمیت بالاتری برخوردار می‌باشد. چنان که از لحاظ تعداد دام و زمین‌های زیر کشت کشاورزی و محصولات باغی دارای بیشترین سهم در بین چار زیر حوزه دیگر می‌باشد. این زیر حوزه پر جمعیت‌ترین روستاهای حوزه را به خود اختصاص داده است و با جمعیتی بیش از ۱۸۰۰ نفر دارای بیشترین جمعیت ساکن در میان سایر زیر حوزه‌های دیگر می‌باشند. بنابراین از لحاظ خسارات ناشی از سیلاب از اهمیت بالاتری برخوردار خواهد بود. پس از آن زیر حوزه (۳) دارای بیشترین میانگین مطلوبیت می‌باشد که این زیر حوزه نیز از لحاظ تعداد جمعیت و همچنین مقدار زمین‌های زیر کشت کشاورزی و تعداد دام در اولویت قرار دارد.

سناریوی (۲) و یا همان ارجحیت معیار اصلی نفوذ به دلیل تعداد زیاد شاخص‌های در نظر گرفته شده نسبت به سایر معیارهای اصلی در ۵ زیرحوزه به افزایش دقت این سناریو انجامیده است. این یافته‌ها با نتایج Kheirkhah Zarkesh (۲۰۰۵) مطابقت دارد که پس از تعیین وزن فاکتورهای مختلف از طریق فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی از بین عوامل تأثیرگذار، فاکتور حجم سیلاب، نیاز آبی شرب جزء مهم‌ترین عوامل در تعیین مکان‌های دارای پتانسیل برشمرد.

## پیشنهادهات

استفاده از مدل‌هایی چون منطق فازی و شبکه عصبی مصنوعی در مکان‌یابی مناطق مناسب پخش سیلاب و مقایسه نتایج به دست آمده با مدل DSS در منطقه مورد مطالعه. استفاده از تصاویر ماهواره‌ای با قدرت و توان تفکیک بالا در ارتباط با تشخیص بافت آبرفت و برآورد میزان نفوذپذیری در ارتباط با رطوبت خاک و همچنین پهنه بندی سیلاب در طول مسیر رودخانه می‌تواند سودمند باشد.

۱۲. اصغریور، م.ج.، ۱۳۸۷: تصمیم‌گیری چند معیاره، نشر دانشگاه تهران، موسسه انتشارات چاپ. ص ۴۰۰
۱۳. عبدی، پ.، ۱۳۸۴: تهیه نقشه آبرفت‌های کواترنری استان زنجان با استفاده از RS-GIS، فصلنامه مهندسی نقشه‌برداری، دورسنجی و علوم جغرافیایی، ۱۴ (۵۴) ص ۳۶-۴۱
۱۴. قدسی‌پور، ح.، ۱۳۸۵: مباحثی در تصمیم‌گیری چند معیاره، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران). ص ۲۲۰
- and Geographical Information Systems (GIS), Desert, 12 (2). Pp. 99-197.
10. **Kheirkhah Zarkesh, M.**, 2005: DSS for floodwater site selection in Iran, PhD Thesis, Wageningen University, pp. 273.
11. **Ghayoumian, J. Ghermezcheshme, B. Feiznia, S., Noroozi, A.A.**, 2005: Integrating GIS and DSS for identification of suitable areas for artificial recharge, case study Meimeh Basin, Isfahan, Iran, Environmental Geology, March 2005 47 (4). pp. 493-500.

Archive of SID