علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره هفدهم، شماره چهار، زمستان ۹۴

شناسایی مناطق مناسب عملیات پخش سیلاب با استفاده از تکنیک های GIS و سامانه پشتیبان تصمیم گیری[1] (منطقه مورد مطالعه: حوزه آبخیز ماشکید استان سیستان و بلوچستان)

میرمسعود خیرخواه زرکش[2]

محمدرضا زرچشم[3]

zarcheshm@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۰/۲/۲۵ **تاریخ پذیرش:۹۰/۸/۲۲**

چکیده

زمینه وهدف: استفاده از سیلاب در مناطق خشک ونیمه 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 جغرا فیایی برای انتخاب مکان های مناسب جهت پخش سیلاب در منطقه ماشکید استان سیستان وبلوچستان می باشد.

روش بررسی: عواملی که در مکان یابی پخش سیلاب موثرند بسیار متعدد وپیچیده می باشند. این فاکتورها شامل عوامل زمینی (زمین شناسی، ژئومرفولوژی وخاک)، هیدرولوژی (رواناب، رسوبدهی، نفوذ و وضعیت آبخوان) و جنبه های اجتماعی –اقتصادی (نیازهای آبی، کشاورزی، خسارات سیل و...) میباشند.

یافته ها: 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[4] و سیستم اطلاعات مکانی جهت انجام تحلیل های مربوطه استفاده شد.

1- Decision Support System

۲- استادیار گروه سنجش از دور وGIS، دانشگاه علوم وتحقیقات تهران

۳- کارشناس ارشد سنجش از دور و GIS، دانشگاه علوم وتحقیقات تهران*(مسوول مکاتبات)

4-AHP

بحث و نتیجه گیری: شاخص حجم سیلاب از معیاراصلی 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. 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 وبلوچستان

J.Env. Sci. Tech., Vol 17, No.4, winter 2016

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

Mirmasoud Kheyrkhah Zarkesh[1]
Mohammadreza Zarcheshm[2] *(Corresponding Author)*
zarcheshm@gmail.com

Abstract

Background and Objective: 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.

Method: 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.

Findings: 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.

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

مقدمه

یافتن مکان یا مکان‌های مناسب برای ایجاد یک فعالیت در حوزه جغرافیایی معین، جزء مراحل مهم پروژه‌های اجرایی به-ویژه در سطح کلان و ملی به‌شمار می‌رود. تصمیم‌گیری 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. داده‌های مورد نیاز برای تصمیم‌گیری از نظر کیفیت و میزان دقت متفاوت می‌باشند و همچنین میزان اهمیت و وزن هر کدام از آن ها با یکدیگر متفاوت می باشد. اصول روش های تصمیم‌گیری در این است که اطلاعات موجود از سیستم (یا منطقه مورد بررسی) را به شکل مجموعه عوامل تاثیرگذار در میزان کارایی سیستم تبدیل می‌کند و با مشخص کردن نقش هر کدام از این عوامل کارایی سیستم را ارتقاء می-بخشد. در فرایند تصمیم‌گیری اولین قدم شناسایی کامل سیستم یا محیط مورد بررسی به منظور شناخت مشکل یا مشکلات موجـــود در آن سیستم و همچنین پی‌بـردن به فرصت های احتمالی جهت عملکرد بهتر سیستم می‌باشد(۱).

سامانه های پشتیبان تصمیم گیری، مدل هایی هستند که ورودی آن ها انواع مختلفی از اطلاعات و خروجی آن هـا راه حل های متعدد برای حل مسأله موجود می باشد. بنابراین DSS سیستمی تعاملی[1] 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 درفرآیند 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 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 می‌شود. بنابراین تغذیه مصنوعی آب زیرزمینی از طریق عملیات پخش سیلاب در این گونه مناطق از اهمیت زیادی برخوردار می باشد (۴) .

تحلیل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره مکانی، داده‌های مکانی و غیرمکانی را تلفیق و وارد فرآیند تصمیم‌گیری می‌نمایند. در این فرآیند رابطه‌ای بین نقشه‌های ورودی و خروجی تعریف می‌شود و طی آن داده‌های مکانی و اولویت‌های فکری تصمیم‌گیرندگان به‌کار گرفته می‌شوند و بر اساس قوانین تصمیم‌گیری تجزیه و تحلیل می‌گردند (۱). از آن جایی‌که مکان‌یابی دارای ماهیت مکانی است، سامانه‌های اطلاعات مکانی به عنوان ابزار توانمند مدیریت و تحلیل داده‌های مکانی، محیط مناسبی برای نیل به اهداف فوق محسوب می‌شوند. از طرفی امروزه روش‌های تصمیم‌گیری متنوعی وجود دارند که در تشخیص صحیح و فراگیر کمک فراوانی به طراحان و تصمیم‌گیرندگان می‌نماید. اگر این روش‌ها در تحلیل‌های مکانی GIS به‌کار گرفته شوند، می‌توان به‌طور جامع‌تر و فراگیرتر از دانش افراد خبره در تحلیل‌ها استفاده نمود. استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری و دانش کارشناسی به افزایش توانایی GIS در کمک به اتخاذ تصمیمات مکانی خواهد انجامید (۵). در زمینه پیشینه تحقیق خیرخواه‌زرکش (۱۳۸۴) یک سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری بر اساس تکنیک های RS ، GIS و مدل های ارزیابی چند معیاره مکانی به منظور تعیین مناطق مناسب احداث سیستم های پخش سیلاب درکشور ایران را ارایه نمود. همچنین دادرسی (۱۳۸۷) به مقایسه مدل منطق فازی با سایر مدل های مفهومی سازگار باGISدر 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

1- interactive

ضرورت طراحی یک مدل نیمه ساختار یافته[1] جهت مطالعه وبررسی یک راهکار مناسب جهت جلوگیری از هدر رفت منابع آبی بصورت سیلاب و کاهش اثرات خسارت های به عمل آمده، در منطقه مورد توجه واقع شده است واین تحقیق با بکار گیری عوامل متعدد موجود در منطقه و تلفیق این عوامل در غالب یک سیستم اطلا عات مکانی و با دخالت دادن نظرات متعدد متخصصین مختلف علوم زمینی در مرحله وزن دهی به عوامل و شاخص های مو جود در منطقه و اعمال نظرات کارشناسی در لایه های جغرافیایی امکان استفاده از طیف گسترده ای 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 جمع آوری 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 آب ها و جریان های سیلابی از دسترس خارج می‌گردد. در این گونه مناطق آب از یک طرف مهم ترین عامل محدود کننده توسعه پایدار بوده، و از سویی سیلاب های فصلی عامل مهم تخریب و ایجاد خسارت می‌باشند. وجود مخروط افکنه‌ها و دشت های آبرفتی درشت دانه، که حاصل عملکرد سیلاب ها در اعصار گذشته می‌باشد، موجب گردیده تا بیشتر آن ها به ظاهر به صورت عرصه‌های غیرتولیدی نمود پیدا کنند. در صورتی که انباشت رسوبات دانه درشت با ضخامت های 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 سیلاب ها کلید حل مسائل کم آبی محسوب می گردد. این تحقیق با در نظر گرفتن این شرایط درصدد است تا با شناسایی مناطق مناسب جهت طرح‌های پخش‌سیلاب بتواند از هدررفت این مایه حیاتی در این منطقه و خسارات وارده اقتصادی وزیست محیطی توسط سیلاب‌ها جلوگیری به‌عمل آورد.

هدف تحقیق

این مطالعه با هدف تهیه، استفاده و ارزیابی یک سیستم پشتیبان تصمیم گیری بر مبنای تکنیک های سنجش از دور و سیستم های 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 آب های سطحی با سرعت زیادی از مسیل های کوهستانی به سمت دشت سرازیر شده و به علت تمرکز آب در آبراهه ها و رودخانه ها فرصت کمی برای نفوذ پیدا می کنند. برای حل این مشکل با ایجاد یک بند انحرافی بر روی آبراهه، آب را به طرف کانال هایی که بر روی خطوط تراز دامنه ها کشیده شده هدایت می کنند که می تواند در خاک نفوذ کرده و سفره های آب زیرزمینی را تغذیه کند (۱) .

مواد وروش ها

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی اولین بار توسط توماس ال ساعتی[2] ریاضی‌دان مشهور آمریکایی در سال ۱۹۷۰ مطرح شد که درصدد برآمد تا راهکاری جهت تصمیم‌گیری در مورد مسائل پیچیده که عوامل متعددی در آن دخیل بودند، ارایه دهد و نتیجه تحقیقات وی به نام روش AHP شهرت یافت.

روش AHP دارای یک اساس و تئوری ساده می باشد و بر مبنای سه اصل استوار است:

۱- تجزیه

۲- مقایسه دودویی یا جفتی

1- semistructure

2- T.L Saaty

۳- ترکیب کردن متوالی ارزش ها و اولویت بندی گزینه ها(۷،۸)

در روشAHP فرد تصمیم‌گیرنده باید برای هر جفت از معیارهای دخیل در تصمیم‌گیری یک مقایسه انجام دهد که این قیاس در مرحله اول به شکل توصیفی و در مرحله بعد به شکل کمّیتی در یک مقیاس از ۱ تا ۹ مطابق با جـدول (۱) انجام می‌شود و در نهایت از این قیاس جفتی یک ماتریس به‌دست می‌آید. به‌واسطه مقایسه زوجی در روش AHP از طریق قضاوت‌هایی که به‌صورت شفاهی، عددی یا حتی گرافیکی انجام می‌گیرد، وزن‌ها یا اولویت‌ها برای معیارهای دخیل در تصمیم-گیری استخراج می‌گردد که به شکل اعداد نسبی می‌باشند (۹،۱۰).

روش تحلیل سلسله مراتبی مکانی[1]

در این روش معیارهای دخیل در تصمیم‌گیری با موقعیت جغرافیایی‌شان در نظر گرفته می‌شوند و شامل ۵ مرحله می-باشد(۹):

۱. مشخص کردن معیارهای اصلی دخیل در تصمیم‌گیری 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. اولویت‌بندی گزینه‌ها برحسب شاخص تناسب[2] بدست آمده از مرحله چهارم

محاسبه بردارهای اولویت گزینه‌ها

اگرچه از طریق مکان‌یابی می‌توان گزینه‌های مناسب را در میان چندین مکان موجود بررسی و انتخاب نمود، ولی هدف اصلی مکان‌یابی یافتن بهترین مکان یا مجموعه مکان‌های مناسب در کل محدوده مطالعاتی است، بنابراین معمولاً در بدو امر مکانی به‌عنوان گزینه تصمیم‌گیری وجود ندارد. به این علت باید به-گونه‌ای این گزینه‌ها را تولید نمود. یک راه، تعریف کلاس‌های مناسبت برای هر نقشه معیار به‌عنوان گزینه‌های آن معیار است، برای نمونه هر معیار را می‌توان به طبقات مناسب (S1)، نسبتاً مناسب (S2) و نامناسب (N1) طبقه‌بندی نمود.

پس از طراحی گزینه‌ها، می‌توان مرحله اول AHP یعنی تشکیل ماتریس‌های مقایسه زوجی را اجرا نمود. ماتریس مقایسه زوجی برای گزینه‌های مسأله که در این‌جا کلاس‌های مناسبت هستند، به ازای هر معیار تشکیل می‌گردد. درایه‌های این ماتریس‌ها با استفاده از دانش متخصصان تعیین می‌شود و به‌عبارتی، ماتریس زوجی یکی از ابزارهایی است که دانش متخصصان را وارد تصمیم‌گیری می‌کند. درایه‌های هر سطر این ماتریس دارای اهمیت نسبی مولفه مربوط به آن سطر در مقایسه با هر یک از ستون‌ها 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 تصمیم‌گیری به ازای معیارها می‌شود. دامنه اهمیت-های نسبی درایه‌ها بین اعداد ۱ تا ۹ است، به‌طوری‌که هر یک از این اعداد بیان‌گر میزان اهمیت معینی هستند (۹). برای نمونه در مسأله انتخاب مکان مناسب طرح پخش سیلاب این ماتریس برای کلاس‌های مذکور بر اساس معیار حجم سیلاب، به‌صورت شکل (۱) است:

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

شکل۱ - کلاس‌ها بر اساس معیار حجم سیلاب

همان‌گونه که در شکل (۱-۴)دیده می‌شود، ماتریس مقایسه وارد فرآیندی می‌گردد که حاصل آن بردار اولویت عناصر آن است. این فرآیند استاندارد سازی[3] یا بهنجارسازی ماتریس نام دارد و طی آن اهمیت نسبی کلاس‌های معیارها تولید می‌شود. استانداردسازی با روش‌های گوناگونی اجرا می‌شود، ولی معروف‌ترین آن‌ها 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 بیش ترین مقدار ویژه آن (λ) استفاده می‌کند (روابط ۱و ۲).

(۱۱)

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

و یا رابطه ۲ $$w_i = \frac{\sum_{j=1}^{n} a_{ij} \times w_j}{\lambda_{max}} \quad i=1,2,\ldots,n$$

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

رابطه ۳ $$e = [1 \;\; 1 \;\; \ldots 1]^T$$

و

$$W = \lim_{k \to \infty} D^k \times e / e^t \times D^k \times e$$

پس از آن‌که بردارهای اولویت گزینه‌ها 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.

خصوصیات سیلاب	تعداد رخداد	حجم سیلاب	کیفیت سیلاب
تعداد رخداد	1	1/4	3
حجم سیلاب	4	1	6
کیفیت سیلاب	1/3	1/6	1

$\rightarrow$

weights
0.2176
0.6910
0.0914

شکل ۲- ماتریس مربوط به زیرمعیار خصوصیات سیلاب

به‌ترتیب فوق، اوزان و اولویت‌های کلیه پارامترها و گزینه‌های مسأله 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 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).

جدول۱- تعیین ارزش معیارها نسبت به یکدیگر توسط نظرات کارشناسی

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

الگوریتم محاسبه نرخ ناسازگاری[1]

با توجه به این‌که ماتریس مقایسه زوجی معلوم است و بردار اولویت محاسبه شده است، مجهول این رابطه، بردار بیش ترین مقادیر ویژه است که در این مرحله محاسبه می‌شود. λmax نهایی با میانگین‌گیری از مقادیر بردار فوق محاسبه می‌شود. از طرفی λmax همواره بزرگ‌تر یا مساوی n است و اگر ماتریس از حالت سازگاری کمی فاصله بگیرد λmax از n کمی فاصله خواهد گرفت. بنابراین تفاضل λmax و n (یعنی λmax -n) می‌تواند معیار خوبی برای اندازه‌گیری ناسازگاری ماتریس باشد. بی‌تردید مقیاس (λmax -n) به مقدار n (طول ماتریس) بستگی داشته و برای رفع این وابستگی می‌توان مقیاس را به‌صورت زیر تعریف نمود که آن را شاخص ناسازگاری (I.I[2]) می‌نامیم.

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

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 این‌صورت باید در قضاوت‌ها تجدید نظر نمود (۱۲).

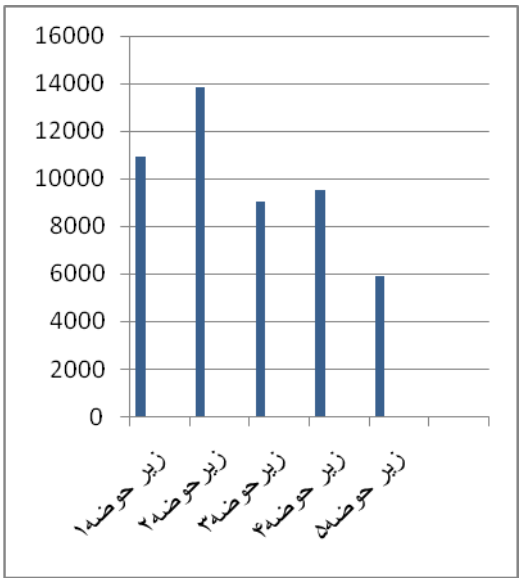
رابطه ۵ $$I.R = \frac{I.I}{I.I.R}$$

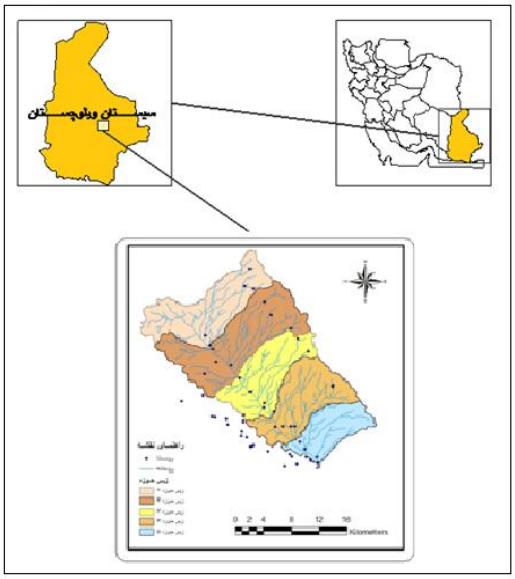
اوزان محاسباتی روی ورودی‌ها، یعنی نقشه‌های طبقه‌بندی شده اعمال می‌شود. از این مرحله، مسأله بار دیگر وارد محیط GIS شده و کلاس‌ها با اعمال مقادیر وزن به هر یک، با هم تلفیق می‌شوند. آن‌چه که در نهایت به‌دست می‌آید نقشه‌ای است که واحدهای مکانی آن دارای اوزان متفاوت هستند و طبیعتاً وزن بالاتر در هر مکان به 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 (´E ۱۳ و° ۶۱ تا ´E ۳۳ و° ۶۱) طول جغرافیایی و (´N ۱۵ و° ۲۷ تا ´N 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 بیش ترین درصد از مساحت حوضه ماشکید دارای بارشی بین ۱۶۵ تا ۱۸۲ میلی متر در سال می باشد. حوزه آبخیز ماشکید با توجه به شکل شبکه هیدرو گرافی آن به پنج زیر حوزه که بترتیب از قسمت شمال حوزه به عنوان زیر حوزه های یک(شمالی ترین) الی زیر حوزه پنجم که در جنوبی ترین قسمت حوزه قرار گرفته است، تقسیم گردید.

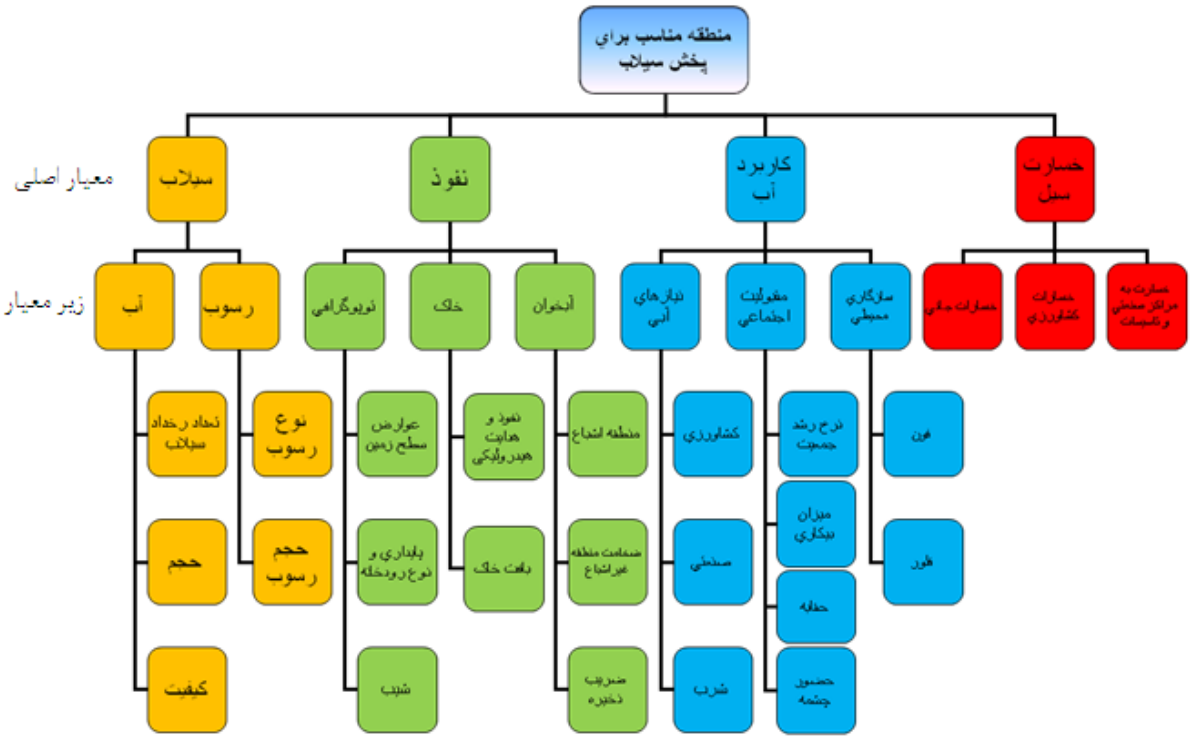
1- Inconsistency Ratio
2 - Inconsistency Index



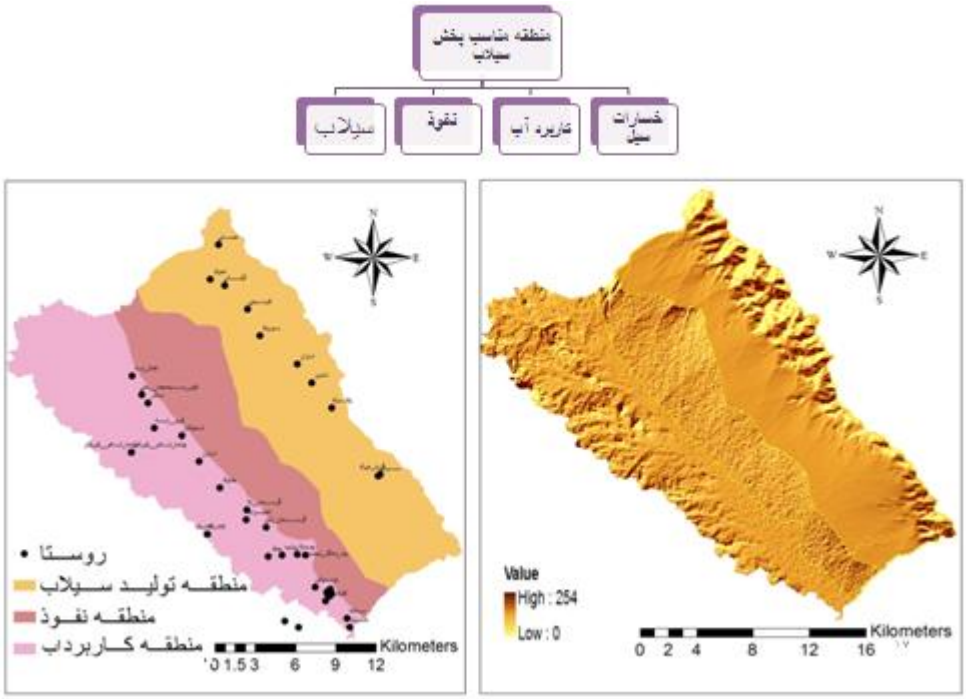


شکل۳- موقعیت ومساحت زیر حوزه های حوزه آبخیز ماشکید در استان سیستان و بلوچستان

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



شکل۴- نمایش معیارها، زیر معیارها، شاخص ها ی موثر در مکان یابی پخش سیلاب در درخت سلسله مراتبی

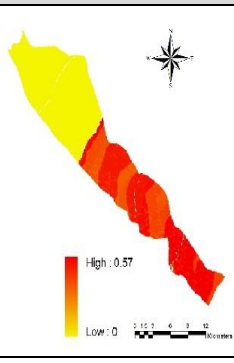
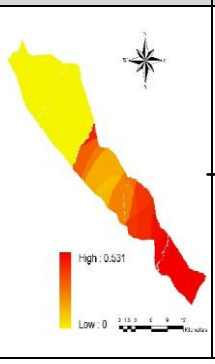
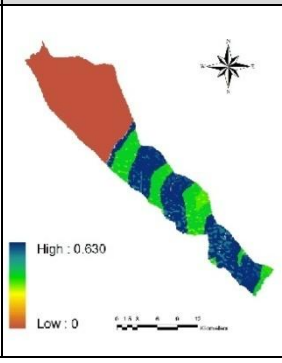
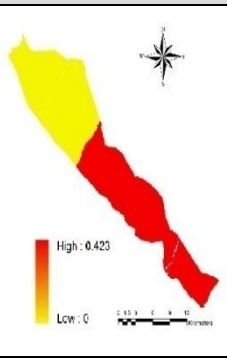


شکل ۵- نمایش حدود مناطق تولید سیلاب، نفوذ و منطقه کاربرد آب در حوزه آبخیز ماشکید

نتایج

تعیین ارزش معیارها، زیرمعیارها و شاخص‌های موثر:

سامـانه 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 ازاختصاص دادن وزن به کلیه نقشه ها در محیط تصمیم گیری و سامانه اطلاعات جغرافیایی، نقشه های شایستگی معیارها و زیر معیارها بدست می اید. برای مثال شکل زیر چگونگی ارزش دهی زیر معیارها و ارزیابی شاخص تناسب در زیر معیارهای نفوذ وهمچنین نقشه نهایی معیار اصلی نفوذ را نشان می دهد.

نقشه‌های شایستگی معیار اصلی نفوذ		نقشه‌های شایستگی زیرمعیار آبخوان	SI	نقشه‌های شایستگی زیرمعیار توپوگرافی	SI	نقشه‌های شایستگی زیرمعیار خاک	SI
	→		۰/۱۷۴		۰/۶۳۴		۰/۱۹۲

شکل۶- نقشه‌های شایستگی برای معیار اصلی نفوذ برای حوزه منطقه ماشکید

جدول۲- وزن دهی به زیرمعیارها ومحاسبه 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

جدول۳- 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

تصمیم گیری هـای مکانی شامل اهداف و معیارهای مختلف می شوند که بایستی با توجه به اهمیت نسبی که دارند ارزش دهی شوند. به همین دلیل استفاده ازابزارهای پشتیبان تصمیم گیری(DSS) می تواند نقش بسزایی درتصمیم 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 می-گیرد که به‌طور خلاصه در زیر آمده است:

مرحله (۱) برای هریک 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 می-گردند. اهمیت شاخص‌های اصلی گوناگون با استفاده از AHP (مقایسه جفتی شاخص‌ها) تعیین می‌گردند.

مرحله (۴) نقشه‌های مختلف برای زیر معیارها به‌صورت یک نقشه شایستگی از معیارهـای اصـلی بر روی یکـــدیگر قـرار 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 ذی نفعان، ارزش نسبی برای چهار معیار اصلی به‌دست 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).

جدول۴- 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

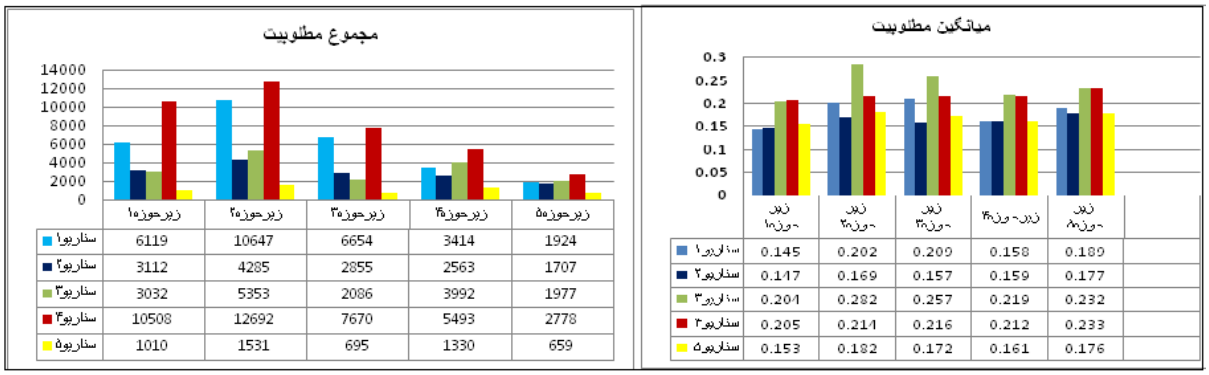
در آخرین مرحله تمامی شاخص‌های مکانی و غیر مکانی با استفاده از مدول Spatial multi criteria evaluation وارد نرم افزار ILWIS3.6 شده و درخت تصمیم‌گیری برای مکان‌یابی پخش سیلاب شکل گرفت (شکل۷). این مدل در ۵ سناریو با اهمیت نسبی متفاوت، اجرا می‌گردد و نقشه‌های مربوط به هر کدام حاصل می‌شود و میانگین مطلوبیت هر زیرحوزه به‌دست می‌آید.

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_qua_re_02	flood_qua_re_03	flood_qua_re_04	flood_qua_re_05
0.63 Flood_vol	0.2638	0.2638	0.1296	0.2638	0.1296
0.28 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 Infilteration -- Direct	infilrate01	infiltrate02	infiltrate03	infiltrate04	infiltrate05
0.63 Topography -- Dir...	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 Infilterate	infil_re_01	infil_res_02	infil_re_03	infil_re_04	infil_re_05
0.33 Soil_tex	tex_re_01	tex_re_02	tex_re_o3	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 تصمیم گیری

بر طبق نقشه های حاصل، میانگین مطلوبیت ومجموع مطلوبیت

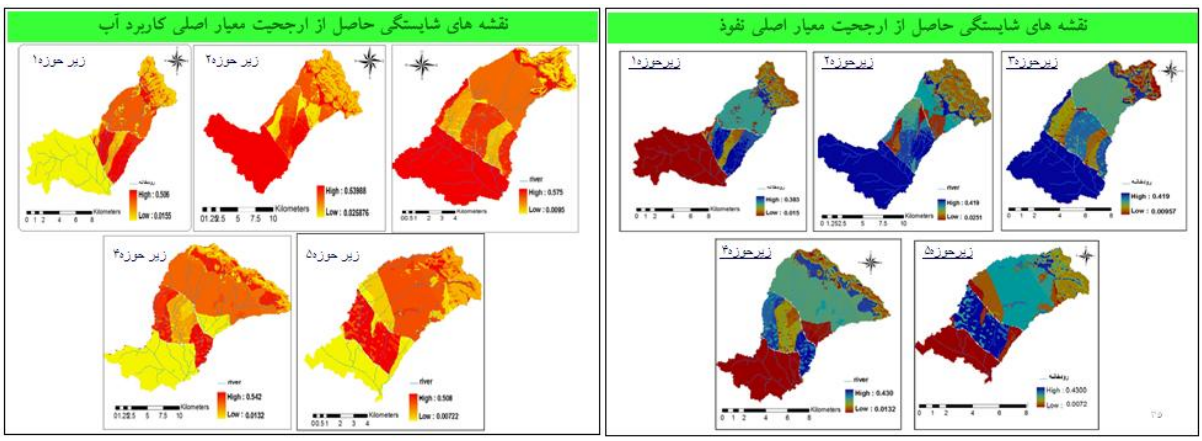
ها در هر زیرحوزه به صورت جداول زیر به‌دست آمد.



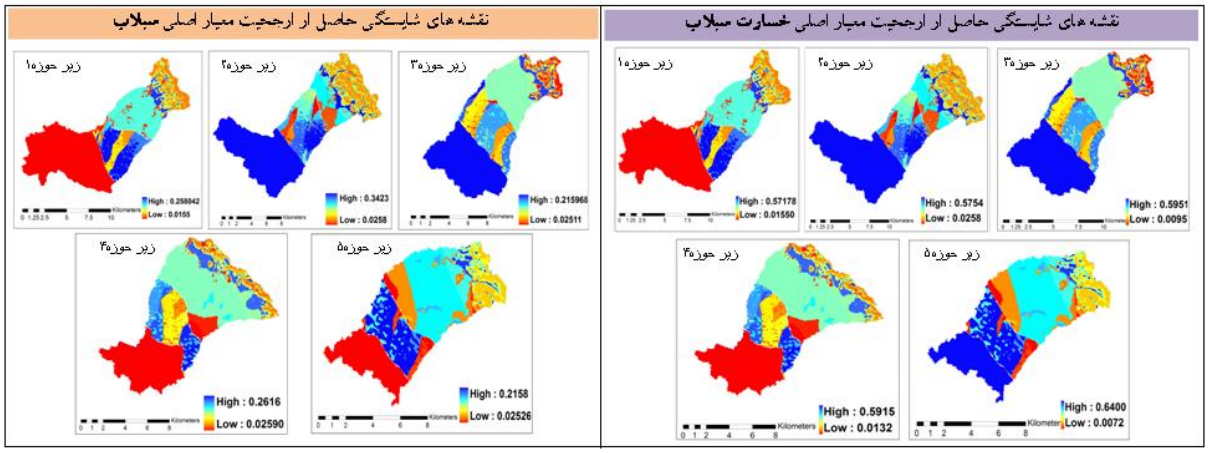
	زیرحوزه۱	زیرحوزه۲	زیرحوزه۳	زیرحوزه۴	زیرحوزه۵
سناریو۱	6119	10647	6654	3414	1924
سناریو۲	3112	4285	2855	2563	1707
سناریو۳	3032	5353	2086	3992	1977
سناریو۴	10508	12692	7670	5493	2778
سناریو۵	1010	1531	695	1330	659

	زیر حوزه۱	زیر حوزه۲	زیر حوزه۳	زیر حوزه۴	زیر حوزه۵
سناریو۱	0.145	0.202	0.209	0.158	0.189
سناریو۲	0.147	0.169	0.157	0.159	0.177
سناریو۳	0.204	0.282	0.257	0.219	0.232
سناریو۴	0.205	0.214	0.216	0.212	0.233
سناریو۵	0.153	0.182	0.172	0.161	0.176

نمودار۱-میانگین و مجموع مطلوبیت ها



شکل ۸- نقشه های شایستگی حاصل از ارجحیت معیار اصلی کاربرد آب ونفوذ



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 سناریو هایی 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 در 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 آخرقرار می گیرد و این اولا" به دلیل وجود نرخ رشد بالای جمعیت در زیر حوزه (۳) وثانیا" نیاز نسبتا"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 ژئومرفولوژیکی 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 دیگردر 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 وقابل قبول واقع می گردد. حجم سیلاب سالانه در زیر حوزه(۳) بر اساس جدول محاسبات به عمل آمده در طبقه بالا (105*4 تا

6*105m3y-1)، قرار می گیرد. حجم رسوب در نیمه شرقی زیر حوزه(۲)، بر اساس روش پسیاک اصلاح شده در طبقه کم قرار می گیرد و از جهتی شاهد حجم رسوب خیلی زیاد درقسمت نیمه غربی زیر حوزه می باشیم. در سناریوی چهارم (ارجحیت خسارت سیل)، زیرحوزه (۵) از میانگین اهمیت بالاتری برخوردار می باشد. چنان که از لحاظ تعداد دام و زمین های زیر کشت کشاورزی ومحصو لات باغی دارای بیش ترین سهم در بین چار زیر حوزه دیگر می باشد. این زیر حوزه پر جمعیت ترین روستاهای حوزه را به خود اختصاص داده است و با جمعیتی بیش از ۱۸۰۰ نفر دارای بیش ترین جمعیت ساکن در میان سایر زیر حوزه های دیگر می باشند. بنابراین از لحاظ خسارات ناشی از سیلاب از اهمیت بالاتری برخوردار خواهد بود. پس از آن زیر حوزه (۳) دارای بیش ترین میانگیـن مطلوبیت می باشد که این زیر حوزه نیز از لحاظ تعداد جمعیت و همچنین مقدار زمین های زیر کشت کشاورزی و تعداد دام در اولویت قرار دارد.

سناریوی (۲) و یا همان ارجحیت معیار اصلی نفوذ به‌دلیل تعداد زیاد شاخص‌های در نظر گرفته شده نسبت به سایر معیارهای اصلی در ۵ زیرحوزه به افزایش دقت این سناریو انجامیده است. این یافته ها با نتایج Kheirkhah Zarkesh، (۲۰۰۵) مطابقت دارد که پس از تعیین وزن فاکتورهای مختلف از طریق فرآیند تحلیل سلسله مراتبی از بین عوامل تأثیر گذار، فاکتور حجم سیلاب، نیاز آبی شرب جزء مهم ترین عوامل در تعیین مکان های دارای پتانسیل برشمرد.

پیشنهادات

استفاده از مدل هایی چون منطق فازی و شبکه عصبی مصنوعی در مکان یابی مناطق مناسب پخش سیلاب و مقایسه نتایج به دست آمده با مدل DSS در منطقه مورد مطالعه.

استفاده از تصاویر ماهواره ای 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.

منابع

1. **Sharifi, M.A., Herwijnen, M.V.,** 2003**:** Spatial decision support systems. International Instiute 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.

۵. مهدی‌پور، ف.، ۱۳۸۶: الگویی برای مکان‌یابی بر اساس روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در GIS، مجله نقشه‌برداری، ۸۷. ص ۲۰-۲۹

۶. 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, NewYork, 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)

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.

۱۲. اصغرپور، 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 ۴۱-۳۶

۱۴. قدسی‌پور، ح.، ۱۳۸۵: مباحثی در تصمیم‌گیری چند معیاره، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران). ص ۲۲۰.