پژوهش های آبخیزداری شماره ۹۷، زمستان ۱۳۹۱
(پژوهش و سازندگی)

تعیین مناطق مناسب اجرای پروژه پخش سیلاب با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی و سیستم اطلاعات جغرافیایی
(مطالعه موردی: حوضه آبخیز میخوران کرمانشاه)

• **مهشید سوری** (نویسنده مسئول)
استادیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه ارومیه و دانش آموخته دکتری دانشگاه تهران
• **محمد جعفری**
استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
• **حسین آذرنیوند**
دانشیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
• **بهنوش فرخ زاده**
استادیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه ملایر
تاریخ دریافت: تیر ماه ۱۳۹۰ تاریخ پذیرش: آبان ماه ۱۳۹۰
تلفن تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۲۵۲۷۹۰۸۶
Email: m.souri@urmia.ac.ir

چکیده

با توجه به اینکه مدیریت و تصمیم گیری در انتخاب مکانهای مناسب اجرای پروژه های پخش سیلاب با درنظر گرفتن معیارهای متعدد شامل معیارهای فنی و اقتصادی-اجتماعی ، کار دشواری است، این پژوهش، با هدف مکانیابی مناطق مناسب اجرای پروژه پخش سیلاب در حوزه میخوران به مساحت ۹۰۹۲/۲۲ هکتار در استان کرمانشاه با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی در سه مرحله مورد استفاده قرار گرفته است. مرحله اول شامل تعیین سطوح سلسله مراتبی متشکل از هدف، معیارها، زیرمعیارها، و عوامل بود. طی مرحله دوم، استانداردسازی عوامل براساس منطق فازی و وزندهی معیارها و زیرمعیارها بر اساس فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و مقایسات زوجی معیارها و زیرمعیارها با ارزشهای ارجحیتی یک تا نه، و نرخ ناسازگاری کمتر از یک دهم در محیط نرم افزاری ARC-GIS و به کمک زیر برنامه AHP انجام پذیرفت. در این تحقیق معیارها و زیرمعیارهای تأثیرگذار بر مکانیابی انجام پروژه در قالب ۸ معیار و ۲۱ زیرمعیار شناسایی و تحلیل شدند. در نتایج بدست آمده در مرحله وزندهی معیارها، نرخ ناسازگاری معیارهای پخش سیلاب ۰/۰۹۴ محاسبه شده است که این رقم تأییدکننده صحت وزندهی انجام شده می باشد. با توجه به نتایج تحقیق از میان معیارهای اقتصادی - اجتماعی، هیدروژئولوژی، زمین شناسی، اقلیم، هیدرولوژی، خاک، فیزیوگرافی و پوشش، معیار زمین شناسی با وزن نرمال ۰/۲۹۳ بیشترین تأثیر را بر مکانیابی اجرای پروژه دارا بود.در مرحله آخر، پس از تلفیق این لایه ها، نقشه نهایی مکانهای بهینه اجرای پروژه پخش سیلاب، تهیه گردید. استفاده از این الگو برای مکانیابی سایر پروژه های منابع طبیعی باعث استفاده بهینه از داده ها و صرفه جویی در زمان و هزینه است.

کلمات کلیدی: پخش سیلاب، مکانیابی بهینه، تحلیل سلسله مراتبی، کرمانشاه.

Watershed Management Research (Pajouhesh & Sazandegi) No 97 pp: 92-103

Determining suitable locations for water spreading projects using analytical hierarchy process and geographicalinformation systems (Case study: Kermanshah province)

By: Souri M. Assistant Professor of Faculty of Natural Resources, University of Urmia and PhD Graduated of Tehran University (Corresponding Author; Tel: +989125279089), Jafari M. Professor of Faculty of Natural Resources , University of Tehran, Azarnivand H. Associated Professor of Faculty of Natural Resources , University of Tehran, Farokhzadeh, B. Assistant Professor of Faculty of Natural Resources, University of Malayer

Water deficiency and low soil moisture, are considered as limiting factors in recovery and reform of semi-arid rangeland areas. Considering the problem of water deficiency and low soil moisture in pastures discussed, atmospheric descending storage projects can be one of suitable strategies to compensate for water shortages in such areas. On the other hand, considering several criteria that must be considered in this selection, it is difficult to choose the appropriate locations to execute projects such as Water Spreading. These factors include technical and Social-Economical criteria. In this study, in order to locate suitable areas for Water Spreading projects, Spatial Decision Support System has been used in three stages. Meykhoran region in Kermanshah Province was considered to do this research.The first stage involves determining hierarchical levels consisting of object, Criteria, Sub criteria, and Factors. During the second stage, standardization of Criteria on the basis of Fuzzy Logic, weighting Criteria and Sub criteria based on Analytical Hierarchy Process, and paired comparisons of Criteria and Sub criteria with preference values of one to nine with incompatibility rate of less than one tenth were done in ARC-GIS software environment by using AHP subprogram. In the final step, after integration of these layers, the final maps of optimal sites for Water Spreading were prepared. Using this template to locate other natural resources projects will help to optimize using data, saves time, and decrease costs.

Key words: Optimize Positioning, Geographical Information System, Analytical Hierarchy Process, Water Spreading

مقدمه

در مناطقی که ریزشهای جوی ضمن ناچیز بودن، دارای پراکنش نامناسب نیز می باشند، حجم قابل توجهی از رواناب تولیدی بصورت جریانهای سیلابی از دسترس خارج می گردد. در چنین مناطقی آب از یک طرف مهمترین عامل محدودکننده توسعه پایدار بوده و از طرف دیگر در صورت عدم مدیریت مناسب به عامل مهم تخریب و ایجاد خسارت تبدیل می گردد. از سوی دیگر، به دلیل متعدد بودن معیارها و شاخص ها (نظیر معیارهای ژئومورفولوژی، اقلیمی، هیدرولوژی، پوشش گیاهی، ...) در انتخاب نوع عملیات کارآمد و مناسبترین مناطق برای طراحی و اجرای آنها، عملاً انتخاب محل ها و نوع عملیات با دقت مورد انتظار از نظر علمی که بتواند نیازها را بر طرف نموده و به نحوه مطلوب در احیاء و اصلاح مراتع مؤثر واقع شوند، با مشکل روبرو بوده و می باشد.

با توجه به ابداع و در دسترس بودن سامانه تصمیم یارمکانی چند معیاره (SDSS)[1] که سامانه ای تعاملی و بر مبنای رایانه برای پشتیبانی کاربر در تصمیم گیری اثر بخش برای حل مسئله مورد نظر بوده، امکان بررسی و پشتیبانی یک فرآیند تصمیم گیری مکانی چند معیاره فراهم می گردد (۸). با این روش، بررسی معیارها و شاخصها به طور جامع و در تقابل با یکدیگر جهت دستیابی به هدف موضوع تحقیق حاضر، با دقت زیاد امکان پذیر بوده و در نتیجه مناسبترین محل های اجرای عملیات پخش سیلاب مشخص خواهد شد. در این زمینه اساسی ترین مسئله، شناسائی، استاندارد سازی، و تعیین وزن یا امتیاز مربوط به هر یک از معیارها است.

استفاده از تکنیک های سامانه اطلاعات جغرافیایی[2] و سامانه پشتیبانی مکانی تصمیم یار از یکسو موجب امکان پردازش و تجزیه و تحلیل داده های پر حجم و در ارتباط با یکدیگر می شود و از سوی دیگر علاوه بر افزایش سرعت انجام کار و افزایش دقت نتایج، امکان تهیه نقشه پهنه بندی مناطق مناسب پروژه های پخش سیلاب را فراهم می کند.

DSS سامانه ای است که از روشهای تحلیلی و انواع مدل ها به منظور کمک به تصمیم گیرندگان استفاده می کند تا راهکارهایی را برای حل مشکلات ارائه کند، اثراتشان را آنالیز کند و مناسبترین راه حلها را برای اجرا انتخاب نماید. در حقیقت مدل DSS شامل ابزارهای تحلیلی و توانایی مدیریت اطلاعات می باشد(۱۱).

در این زمینه خیرخواه (۱۳۸۶) در تحقیقی با عنوان استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی در اولویت بندی مکان های مناسب احداث سد زیرزمینی، به منظور مکان یابی مناطق مناسب احداث سد زیرزمینی در منطقه نطنز از سیستم پشتیبان تصمیم گیری استفاده کرده است.

در پژوهشی در شمال اتیوپی Dragan و همکاران (۲۰۰۳) با عنوان کاربرد سامانه تصمیم یار مکانی در کاهش فرسایش با توجه به داده های موجود در منطقه، معیارها را که شامل نقشه های عوامل (فرسایش، ارتفاع و استفاده از زمین) و محدودیت ها (سطح رودخانه ها و آبراهه ها، سطح دریاچه ها و مردابها) بودند، انتخاب کردند. هدف از مطالعه تعیین مناطق مناسب زراعت به منظور کم کردن فرسایش بود. نتیجه به صورت نقشه ای که مناطق مناسب

www.SID.ir
Archive of SID

برای زراعت در مناطق کم خطرتر را نشان میداد، تهیه شد.

AHP[۳]، یکی از کارآمدترین ابزارهای تعاملی سیستمهای تصمیم یار مکانی اســت(۱۲). زیرا این فرآیند روشی است منعطف، قوی و ساده که برای تصمیم گیری در شرایطی که معیارهای تصمیم گیری متضاد، انتخاب بین گزینه ها را با مشکل مواجه می سازند، مورد استفاده قرار می گیرد(۸).

عبدی(۱۳۸۴)، برای ارائه روشــی جهت طراحی شــبکه جــاده جنگلی با حداقل هزینه ســاخت و رعایت حفظ اصــول و معیارهای فنی از روش AHP در محیط GIS بهره گرفت. وی در تحقیق خود معیارهای شیب، عرض دامنه، جهت جغرافیایی و نوع خاک منطقه را حائز اهمیت دانســته و از آنها اســتفاده کرده است. ایشان پس از طبقه بندی و ارزش گذاری طبقات داخلی نقشه ها با استفاده از نظرات متخصصان، از فرآیند AHP و روش مقایسات زوجی استفاده نمود. وی برای تلفیق معیارها با توجه به اهمیتشان از روش ارزیابی چندمعیاره در نرم افزار EDRISI استفاده کرد.

اوژن (۱۳۸۷) تحقیقی برروی حوزه آبخیز ریمله در اســتان لرستان انجام داد. براســاس تکنیک AHP در حوزه مورد مطالعه برای حل مشکلات موجود ابتــدا تعدادی گزینه شــامل عملیــات مکانیکی، عملیــات بیولوژیک و عملیات عمرانی و خدماتی را انتخاب کرد. سپس برای انتخاب بهترین گزینه چهارمعیار شــامل هزینــه، حفاظت خاک، کاهش ســیلاب، تولیدات زراعــی و دامی را در نظر گرفت. و بر اســاس نظرات کارشناســان مختلف دانشگاهی و اجرائی اقدام بــه ارزیابی گزینه ها از طریق ماتریس مقایســه زوجی گردید، که پس از انجام محاســبات، هزینه بعنوان مهمترین معیار و عملیــات بیولوژیک بعنوان بهترین طرح بر اســاس معیارهای مورد نظر معرفی گردید. وی چنین نتیجه گرفته که فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، یکی از جامع ترین سیستم های طراحی شده برای تصمیم گیری با معیارهای چندگانه است.

Antonella و همــکاران (۲۰۰۹)، به منظور مکان یابی یک پارک محلی در ایتالیا، از سیستم پشتیبانی تصمیم گیری و همچنین فرایند AHP و ایجاد مدل شــاخه درختی و تجزیه و تحلیل داده ها و تحلیل حساسیت برای طراحی عناصر پارک و تلفیق لایه ها استفاده کردند.

با توجه به موارد ارائه شده، و ذکر این مطلب که در تحقیقات پیشین روی هم انداختن اطلاعات در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی بدون تحلیل و انجام عملیــات ارزیابی چند معیاره صورت میگرفت که نمی توانســت برنامه ریزی و تصمیم کاملا درستی را ارائه دهد، زیرا اطلاعات گوناگون از جنس و با واحدهای گوناگونند. ولی در این پژوهش سعی بر آن شده است که با بهره گیری از فرایند تحلیــل سلســله مراتبی، اولویــت و وزن عوامل و معیارهــای مختلفی را که در تصمیم گیری دخالت می کنند نســبت به هم تعین شــوند و مکان بهینه پروژه پخش سیلاب در حوضه میخوران بر اساس این روش تعیین گردد.

مواد و روش ها

مشخصات منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز میخوران با مساحت ۹۰۹۲/۲۲ هکتار درمحدودهٔ شمال غربی استان کرمانشاه قرارگرفته و از نظر موقعیت جغرافیایی بین "۵۶ ، '۳۸ و °۴۷ تا "۰۲ ، '۴۷ و °۴۷ طول شــرقی و "۲۵ ، '۵۶ و °۳۴ تا "۰۹ ، '۰۴ و °۳۵ عرض شــمالی واقع شده اســت. از نظر هیدرولوژیکی حوزه مطالعاتی میخوران یکی از سرشــاخه‌های رودخانه گاو رود می‌باشد. براساس روش دومارتن اصلاح شــده، اقلیم حوزه میخوران به دو بخش اصلی ارتفاعات و نیمه خشــک ســرد تقســیم می گردد.. کاربریها در حوزه بصورت مرتع، رخنمون سنگی، مسکونی، زراعت آبی، و زراعت دیم می باشد.

روش تحقیق

بطــور خلاصه مراحــل تحقیق برای مکان یابی پروژه های پخش ســیلاب بصورت زیر انجام شده است:

الــف- جمــع آوری اطلاعات مــورد نیاز حــوزه مطالعاتــی: در این مرحله برخی از مشــخصات و ویژگی های منطقه تحقیق، از جمله خصوصیات اقلیمی، توپوگرافی، فیزیوگرافی، زمین شناسی، و کاربری اراضی از گزارش های مطالعاتی انجام شده در زمینه منابع طبیعی استخراج شد.

ب- عملیات صحرایی: به منظور بررســی پارامتــر های خاک حوزه آبخیز میخوران، اقدام به بازدید صحرایی از منطقه مورد مطالعه گردید و در هر یک از واحد های کاری حوضه آبخیز حوزه میخوران، مناطق معرف برای نمونه برداری تشــخیص داده شــدند. ســپس اقدام به حفر ۱۰۴ پروفیل در دو عمق ۲۰-۰ و ۶۰-۲۰ ســانتیمتری در ســطح حــوزه گردید وحــدودا ۲۰۸ نمونه خاک به آزمایشگاه منتقل شدند. به منظور بررسی میزان فرسایش نیز با توجه به کارایی مدل EPM با شرایط اقلیمی ایران، تصمیم به تهیه نقشه فرسایش با استفاده از این مدل در حوزه میخوران گرفته شد.

به منظور بررسی عوامل پوشش گیاهی نیز از نقشه پایه تیپ بندی پوشش گیاهی که توســط اداره کل منابع طبیعی استان کرمانشاه و با روش فلورستیک – فیزیونومیک تهیه گردیده بود، اســتفاده شــد و به منظور تدقیق و بروزسازی اطلاعــات و اندازه گیری برخی از پارامترهای پوشــش گیاهی اقدام به بازدید از منطقه مورد مطالعه گردید و در هر یک از واحد های کاری حوضه آبخیز حوزه میخوران، مناطق معرف برای نمونه برداری تشــخیص داده شــدند. روش نمونه برداری بر اســاس روش تصادفی- سیســتماتیک انجام شد. در هر یک از واحد های کاری حوضه آبخیز در مجموع ۶۰ پلات نمونه برداری از پوشش در امتداد ۶ترانســکت (۱۰ پلات در امتداد هر ترانســکت ۳۰۰ متری) در امتداد تغییرات شــیب منطقه و عمود بر شیب منطقه انداخته شد و در داخل هر پلات لیست گیاهان موجود، درصد تاج پوشــش و میزان تولید با روش قطع و توزین پوشش گیاهی تعیین گردید. درنهایت وضعیت مرتع نیز با روش چهار عاملی ســازمان جنگلبانی امریکا مشخص شد.

ج-کارهای آزمایشــگاهی: شــامل انجام آزمایشــات فیزیکی (تعیین بافت خاک به روش دانســیمتری) و آزمایشات شیمیایی (تعیین هدایت الکتریکی با استفاده از دستگاه EC متر دیجیتالی، و میزان مواد آلی بر اساس تخمین کربن آلی خاک) نمونه های خاک بود.

د- ســاخت لایه هــای اطلاعاتی مــورد نیاز: بــه منظور تهیــه لایه زمین شناســی، ابتدا نقشــه های کاغــذی در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ تهیــه و در محیط نــرم افزاری PCI GEOMATICA، ژیورفرنــس و رقومی و به صورت فایل GIS READY تهیه گردیدند و انواع ســازندها از یکدیگر متمایز شــدند. به منظور تهیه لایه شیب از نقشه های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰سازمان نقشه برداری کشور استفاده گردید. بمنظور تهیه لایه شیب اقدام به تهیه مدل رقومی ارتفاع DEM گردیــد و ســپس در محیــط نرم افزار Arc GIS نقشــه شــیب از آن استخراج شد. لایه های اطلاعاتی میزان دبی و ضریب سیل خیزی نیز بر اساس اطلاعات گزارشــهای مطالعاتی انجام شــده در زمینه منابع طبیعی تهیه شــد. لایه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه، بر اســاس نقشه منابع اراضی و قابلیت

Archive of SID

استفاده از اراضی و همچنین استفاده از نرم افزار GOOGLE EARTH تهیه گردید. لایه های اطلاعاتی خاک نیز بر اساس اطلاعات جمع آوری شده حاصل از عملیات صحرایی و آزمایشات فیزیکی و شیمیایی خاک، و پس از تهیه فایل مربوط به موقعیت پروفیل های حفر شده و تهیه فایل GIS READY بصورت عارضه نقطه ای مربوط به پروفیل ها و انتقال اطلاعات نهایی با توجه به موقعیت پروفیل ها به آنها و با به کارگیری توابع مختلف روش میانیابی کریجینگ، لایه های خاک تهیه گردیدند. لایه های اطلاعاتی هیدروژیولوژی نیز با به کارگیری توابع مختلف روش میانیابی کریجینگ، تهیه شدند که در ادامه به تفضیل توضیح داده شده است. لازم به ذکر است آنالیز نرمال بودن داده ها بکمک نرم افزار MINITAB انجام شده است. انجام تحلیلهای زمین آماری نیز بوسیله نرم افزار GS + انجام شده و در نهایت تهیه نقشه در محیط نرم افزاری ARC-GIS و در بخش Geostatistical Analysis تهیه گردیده است. برای ساخت نقشه حریم جاده ها و روستاها از نقشه توپوگرافی در محیط Arc GIS استفاده شد. نقشه میزان مشارکت مردمی و میزان تراکم: نیز با توجه به پاسخ های نظرسنجی که در مورد پروژه های مورد نظر با استفاده از روش پرسشنامه و مصاحبه و مراجعه به ۳۰ بهره بردار نمونه در هر روستا و نیز مصاحبه با مطلعین و شورای روستا، تهیه گردید.

و- طراحی مدل شاخه درختی: در طراحی مدل شاخه درختی ارتباط هر عنصر با سایر عناصر در ساختار رده ای و در سطوح مختلف(هدف اصلی، معیارها، زیرمعیارها و عوامل) مشخص گردیده و ارتباط هدف اصلی موجود از مساله با پایین ترین رده موجود از سلسله مراتب تشکیل شده دقیقاً مشخص می شود.

ه- استانداردسازی عوامل: استانداردسازی هریک از عوامل از طریق وزندهی مستقیم و با استفاده از روش رتبه بندی از صفر تا یک انجام گردید. در این روش، رتبه‌بندی هر معیار مورد نظر بر حسب اولویت تصمیم‌گیران صورت می‌پذیرد. در این راستا، هم از رتبه‌بندی مستقیم[۴] (که در آن نمره‌ی ۱ معرف بیشترین اهمیت تا نمره‌ی صفر که بیانگر کمترین اهیمت است) و هم از رتبه‌بندی معکوس[۵] می‌توان استفاده کرد. بمنظور استانداردسازی عوامل، در ابتدا لایه اطلاعاتی مربوط به هریک از عوامل پروژه را در محیط ArcGIS وارد نموده و سپس ارزش های جدید[۶] را براساس روش رتبه بندی وارد می نماییم که در نتیجه نقشه حاصل بصورت کلاسه بندی[۷] و استاندارد تهیه می شود.

ز- وزن دهی و تعیین نرخ ناسازگاری- وزن دهی زیرمعیارها و تعیین نرخ ناسازگاری: وزندهی زیرمعیارها بکمک زیربرنامه AHP انجام می گردد. بمنظور بهره گیری از این زیربرنامه، وزندهی به کمک روش مقایسات زوجی انجام پذیرفت. در این روش فقط دو زیرمعیار هم زمان با یکدیگر مقایسه می شوند، که البته ارزشهای نسبی در مقیاس پیوسته ای از یک نهم تا ۹ است. لازم به ذکر است که پس از وزندهی، نرخ ناسازگاری وزنها مورد بررسی قرار می گیرد. نرخ ناسازگاری در وزندهی بایستی از صفر تا یک دهم باشد. به منظور وزندهی زیرمعیارها، در زیر برنامه AHP لایه های استاندارد شده مربوط به هر کدام از زیرمعیارها انتخاب شده و به ستون توصیف گر[۸] اضافه می گردد. در این مرحله ماتریس ارجحیت زیرمعیارها را تکمیل نموده و فرمان محاسبه اجرا می گردد.

- وزندهی معیارها و تعیین نرخ ناسازگاری: پس از وزن دهی زیرمعیارها، و تعیین نرخ ناسازگاری آنها، در گام بعد، نقشه های تحلیل سلسله مراتبی[۹] معیارها که در مرحله قبل آماده شده است را کلاسه بندی کرده و نقشه های کلاسه بندی شده تحلیل های سلسله مراتبی تهیه می شود. لازم است که اهمیت معیارها با ملاحظه هدف اصلی مشخص شود. بنابراین اقدام به وزندهی معیارها به کمک زیربرنامه AHP می گردد. در این مرحله نیز وزنهای نرمال معیارها و همچنین نرخ ناسازگاری آنها توسط نرم افزار محاسبه و ارائه می شود.

ی- تهیه نقشه پهنه بندی: پس از تعیین وزنهای نرمال معیارها و اطمینان از مناسب بودن نرخ ناسازگاری آنها، نرم افزار با اعمال وزن های نرمال معیارها، نقشه نهایی پهنه بندی مکانهای مناسب پروژه پخش سیلاب را ایجاد می نماید.

ن- اعتبارسنجی روش: پس از تهیه نقشه پهنه بندی نظارت نشده مناطق مناسب عملیات، از طریق انتخاب کاملاً تصادفی حداقل ده نقطه برای عملیات در منطقه تحقیق، با انجام بازدیدهای میدانی و کنترل عوامل مشارکت کننده در تعیین مناسب بودن هر محل برای عملیات، اعتبار نقشه پهنه بندی تعیین گردیده است.

نتایج

بررسی نرمال بودن داده ها و میانیابی: با بررسی داده ها مشخص گردید که داده های برخی از فاکتورها نرمال بوده ولی برخی دیگر نرمال نبوده و در این راستا توابع تبدیل مختلف برای نرمال کردن داده ها برروی آنها اعمال گردید (جدول۱ و ۲).

میان یابی: به منظور تهیه نقشه بافت عمق اول خاک پس از بررسی نرمال بودن داده ها و ترسیم واریوگرام ها، بهترین نتایج از تابع کروی با ضریب همبستگی ۰/۸۹۰ و مجموع مربعات خطا ۰/۲۲ بدست آمد.

به منظور تهیه نقشه بافت عمق دوم خاک پس از بررسی نرمال بودن داده ها و ترسیم واریوگرام ها، بهترین نتایج از تابع نمایی با ضریب همبستگی ۰/۹۱۵ و مجموع مربعات خطا ۰/۱۶ بدست آمد.

به منظور تهیه نقشه هدایت الکتریکی عمق اول خاک پس از بررسی نرمال بودن داده ها و ترسیم واریوگرامها، بهترین نتایج از تابع نمایی با ضریب همبستگی ۰/۸۵۸ و مجموع مربعات خطا ۰/۱۸ بدست آمد.

به منظور تهیه نقشه هدایت الکتریکی عمق دوم خاک پس از بررسی نرمال بودن داده ها و ترسیم واریوگرام ها، بهترین نتایج از تابع گوسی با ضریب همبستگی ۰/۹۶۸ و مجموع مربعات خطا ۰/۰۲ بدست آمد.

به منظور تهیه نقشه ماده آلی عمق اول خاک پس از بررسی نرمال بودن داده ها و ترسیم واریوگرامها، بهترین نتایج از تابع نمایی با ضریب همبستگی ۰/۸۴۲ و مجموع مربعات خطا ۰/۳۶ بدست آمد.

به منظور تهیه نقشه ماده آلی عمق دوم خاک پس از بررسی نرمال بودن داده ها و ترسیم واریوگرامها، بهترین نتایج از تابع نمایی با ضریب همبستگی ۰/۹۰۴ و مجموع مربعات خطا ۰/۰۶ بدست آمد.

با بررسی نرمال بودن داده های سطح آب زیرزمینی مشخص گردید که داده ها نرمال نبوده و در این راستا تابع تبدیل لگاریتمی برای نرمال کردن داده ها اعمال گردید (جدول۹).

به منظور تهیه نقشه سطح آب زیرزمینی پس از بررسی نرمال بودن داده ها و ترسیم واریوگرامها، بهترین نتایج از تابع کروی با ضریب همبستگی ۰/۹۴۶

Archive of SID

www.SID.ir

و مجموع مربعات خطا ۰/۱۲ بدست آمد.

با بررسی داده ها مشخص گردید که داده های هدایت الکتریکی آب زیرزمینی نرمال نبوده و در این راستا تابع تبدیل Normal Score برای نرمال کردن داده ها بروی آنها اعمال گردید (جدول۱۱).

به منظور تهیه نقشه هدایت الکتریکی آب زیرزمینی پس از بررسی نرمال بودن داده ها و ترسیم واریوگرامها، بهترین نتایج از تابع نمایی با ضریب همبستگی ۰/۹۳۵و مجموع مربعات خطا ۰/۱۸ بدست آمد.

به منظور تهیه ضریب قابلیت انتقال آب زیرزمینی پس از بررسی نرمال بودن داده ها و ترسیم واریوگرامها، بهترین نتایج از تابع گوسی با ضریب همبستگی ۰/۹۷۰ مجموع مربعات خطا ۰/۰۹ بدست آمد.

ترسیم مدل شاخه درختی: پس از ساخت لایه های اطلاعاتی مورد نیاز، با توجه به هدف، وضعیت منطقه و داده های موجود مدل شاخه درختی برای مکانیابی عملیات پخش سیلاب طراحی گردید(تصویر۱).

استانداردسازی عوامل

برای عوامل شیب، نوع رسوبات، میزان تولید، وضعیت مرتع، کاربری اراضی، حریم رودخانه، حریم روستا، تراکم جمعیت، حریم جاده و مشارکت مردمی، تیپ آب زیرزمینی، ضخامت آبرفت، سطح آب زیرزمینی، قابلیت انتقال، هدایت الکتریکی آب زیرزمینی، بافت خاک، ماده آلی، هدایت الکتریکی خاک، میزان فرسایش، عملیات پخش سیلاب استانداردسازی انجام شده است.

استانداردسازی برای عوامل میزان درصد پوشش و ضریب سیل خیزی ارائه گردیده است.

وزندهی و تعیین نرخ ناسازگاری

وزندهی زیرمعیارها و تعیین نرخ ناسازگاری

مطابق روش تشریح شده در بخش مواد و روش ها، وزندهی به زیرمعیارهای مرتبط با معیارهای اصلی پروژه انجام شده و نتایج محاسبه نرخ ناسازگاری از نرم افزار اخذ گردید. وزندهی برای زیر معیارهای خاک(بافت خاک، ماده آلی، هدایت الکتریکی خاک، میزان فرسایش)، فیزیوگرافی(ارتفاع و شیب)، اقتصادی-اجتماعی(کاربری اراضی، حریم رودخانه، حریم روستا، تراکم جمعیت، حریم جاده و مشارکت مردمی)، هیدرولوژی(ضریب سیل خیزی، میزان دبی)، هیدروژئولوژی(تیپ آب زیرزمینی، ضخامت آبرفت، سطح آب زیرزمینی، قابلیت انتقال، هدایت الکتریکی آب زیرزمینی) و پوشش(میزان تولید، وضعیت مرتع، درصد پوشش) پروژه پخش سیلاب انجام گردیده است.

وزندهی معیارها و تعیین نرخ ناسازگاری

مطابق روش تشریح شده در بخش مواد و روشها، وزندهی به معیارهای اصلی پروژه انجام شده و نتایج محاسبه نرخ ناسازگاری از نرم افزار اخذ گردید. نتایج حاصل برای پروژه پخش سیلاب در (تصویر۹) ارائه شده است.

تهیه نقشه پهنه بندی

در نهایت به کمک نرم افزار با اعمال وزنهای نرمال معیارها، نقشه نهایی پهنه بندی مکانهای مناسب پروژه پخش سیلاب به صورت (تصویر۱۰) تهیه شد.

جدول۱- پارامترهای آماری فاکتورهای عمق اول خاک بعد از اعمال تابع تبدیل بمنظور نرمال کردن داده ها

فاکتورهای عمق اول	تابع تبدیل	انحراف معیار	میانگین	ks ضریب	P-VALUE میزان
هدایت الکتریکی	Normal Score	۰/۹۸۸۱	۱/۰۲۴۳	۰/۰۰۷	۰/۱۵ <

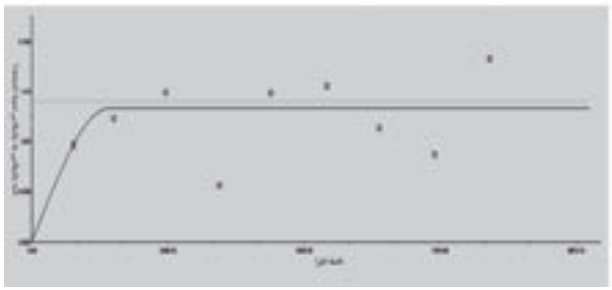
جدول۲- پارامترهای آماری فاکتورهای عمق دوم خاک بعد از اعمال تابع تبدیل بمنظور نرمال کردن داده ها

فاکتورهای عمق دوم	تابع تبدیل	انحراف معیار	میانگین	ks ضریب	P-VALUE میزان
هدایت الکتریکی	Log۱۰	۰/۹۷۸۲	۱/۰۱۸۲	۰/۰۱۰	۰/۱۵ <

جدول۳- اجزای مربوط به تغییر نمای (واریوگرام) انتخاب شده برای تولید نقشه بافت عمق اول

مدل تغییرنما	C_0	C_0+C	a_0	E_f	C/C_0+C	R^2	Rss
کروی *	۰/۰۰۱۸	۰/۱۰۶۲۵	۲۱۱۰۰	۶۳۳۰۰	۰/۵۰۲	۰/۸۹۰	۰/۲۲

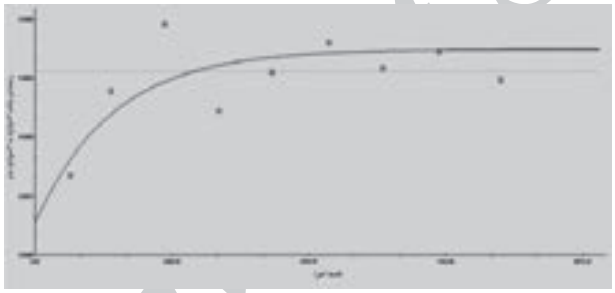
Archive of SID



نمودار۱- مدل تغییرنمای برازش داده شده (خط) بر مدل تغییرنمای تجربی (نقطه) برای بافت عمق اول

جدول۴- اجزای مربوط به تغییر نمای (واریوگرام) انتخاب شده برای تولید نقشه بافت عمق دوم

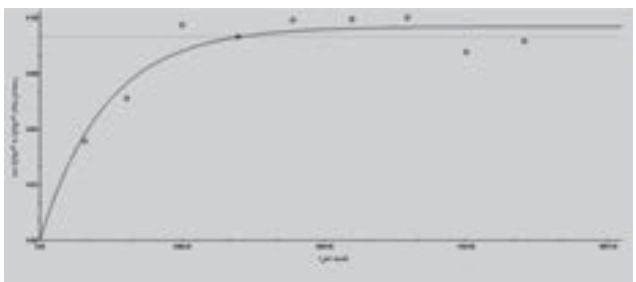
مدل تغییرنما	C_0	C_0+C	a_0	E_f	C/C_0+C	R^2	Rss
نمایی *	۰/۰۱۳۸	۰/۰۷۱۷۱	۲۱۱۰۰	۶۳۳۰۰	۰/۵	۰/۹۱۵	۰/۱۶



نمودار۲- مدل تغییرنمای برازش داده شده (خط) بر مدل تغییرنمای تجربی (نقطه) برای بافت عمق دوم

جدول۵- اجزای مربوط به تغییر نمای (واریوگرام) انتخاب شده برای تولید نقشه هدایت الکتریکی عمق اول

مدل تغییرنما	C_0	C_0+C	a_0	E_f	C/C_0+C	R^2	Rss
نمایی*	۰/۰۰۰۱۰	۰/۱۱۷۲۰	۱۱۴۰	۳۴۲۰	۰/۹۹۹	۰/۸۵۸	۰/۱۸

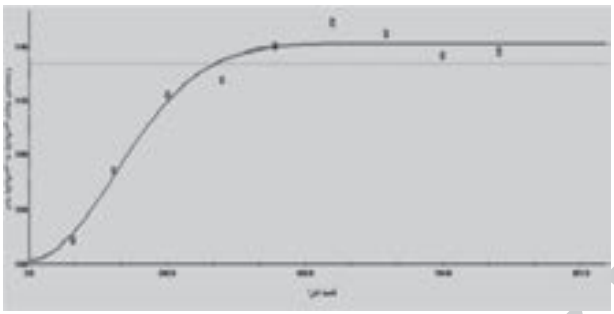


نمودار۳- مدل تغییرنمای برازش داده شده (خط) بر مدل تغییرنمای تجربی (نقطه) برای هدایت الکتریکی عمق اول

www.SID.ir

جدول۶- اجزای مربوط به تغییر نمای (واریوگرام) انتخاب شده برای تولید نقشه هدایت الکتریکی عمق دوم

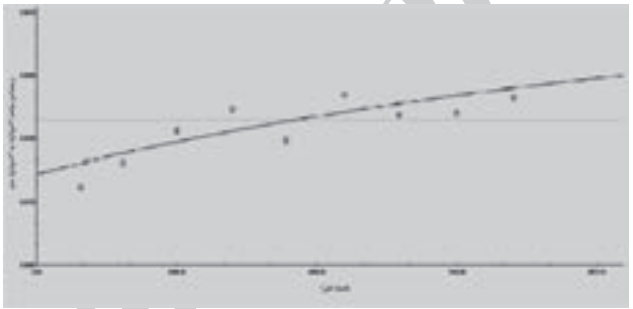
مدل تغییرنما	C_0	C_0+C	a_0	E_f	C/C_0+C	R^2	Rss
گوسی *	۰/۰۰۲۵	۰/۱۵۱	۲۱۶۰	۳۷۴۱	۰/۶۳۲	۰/۹۶۸	۰/۰۲



نمودار۴- مدل تغییرنمای برازش داده شده (خط) بر مدل تغییرنمای تجربی (نقطه) برای هدایت الکتریکی عمق دوم

جدول۷- اجزای مربوط به تغییر نمای (واریوگرام) انتخاب شده برای تولید نقشه ماده آلی عمق اول

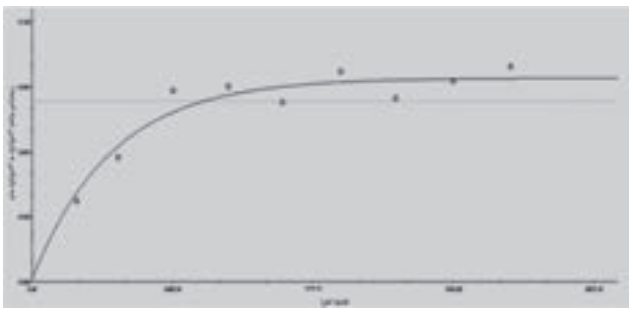
مدل تغییرنما	C_0	C_0+C	a_0	E_f	C/C_0+C	R^2	Rss
نمایی *	۰/۰۲۴۵	۰/۰۳۹۳	۱۲۶۷۰	۳۸۰۱۰	۰/۵۰۱	۰/۸۴۲	۰/۳۶



نمودار۵- مدل تغییرنمای برازش داده شده (خط) بر مدل تغییرنمای تجربی (نقطه) برای ماده آلی عمق اول

جدول۸- اجزای مربوط به تغییر نمای (واریوگرام) انتخاب شده برای تولید نقشه نقشه ماده آلی عمق دوم

مدل تغییرنما	C_0	C_0+C	a_0	E_f	C/C_0+C	R^2	Rss
نمایی *	۰/۰۰۲۲	۰/۰۸۴۲	۱۴۰۰	۴۲۰۰	۰/۸۰۹	۰/۹۰۴	۰/۰۶



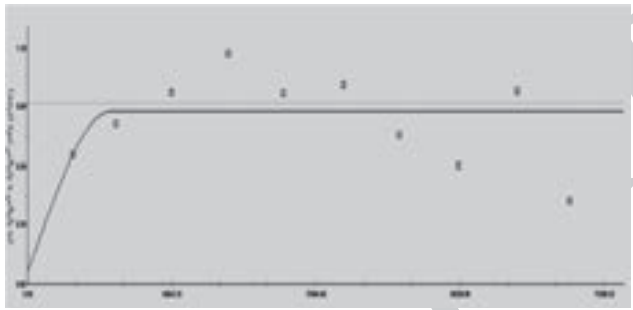
نمودار۶- مدل تغییرنمای برازش داده شده (خط) بر مدل تغییرنمای تجربی (نقطه) برای ماده آلی عمق دوم

جدول۹- پارامترهای آماری سطح آب زیرزمینی بعد از اعمال تابع تبدیل بمنظور نرمال کردن داده ها

تابع تبدیل	میانگین	انحراف معیار	تعداد چاه ها	ks ضریب	P-VALUE میزان
Log ۱۰	۷/۷۵	۰/۹۴۱	۹۸	۰/۰۸۵	۰/۱۵ <

جدول۱۰- اجزای مربوط به تغییر نمای (واریوگرام) انتخاب شده برای تولید نقشه سطح آب زیرزمینی

مدل تغییرنما	C_0	C_0+C	a_0	E_f	C/C_0+C	R^2	Rss
کروی *	۰/۰۶۵۳۳	۰/۹۰۱۲	۲۱۱۰۰۰	۳۳۰۰۰	۰/۵	۰/۹۴۶	۰/۱۲



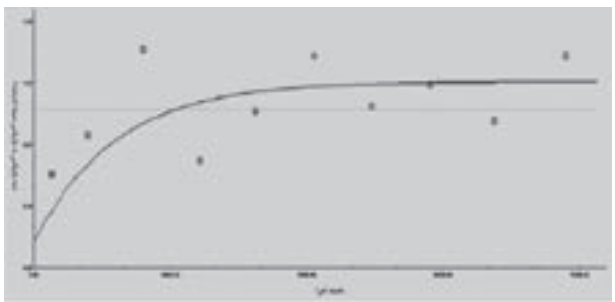
نمودار۷- مدل تغییرنمای برازش داده شده (خط) بر مدل تغییرنمای تجربی (نقطه) برای سطح آب زیرزمینی

جدول۱۱- پارامترهای آماری هدایت الکتریکی آبهای زیرزمینی بعد از اعمال تابع تبدیل بمنظور نرمال کردن داده ها

تابع تبدیل	میانگین	انحراف معیار	تعداد چاه ها	ks ضریب	P-VALUE میزان
Normal Score	۰/۸۸	۰/۹۶۷	۹۸	۰/۲۲	۰/۱۵ <

جدول۱۲- اجزای مربوط به تغییر نمای (واریوگرام) خصوصیات خاک انتخاب شده برای تولید نقشه هدایت الکتریکی آب زیرزمینی

مدل تغییرنما	C_0	C_0+C	a_0	E_f	C/C_0+C	R^2	Rss
نمایی *	۰/۱۳۶۰۴	۰/۸۵۸۸۸	۲۱۱۰۰۰	۱۱۰۰۰	۰/۵	۰/۹۳۵	۰/۱۸

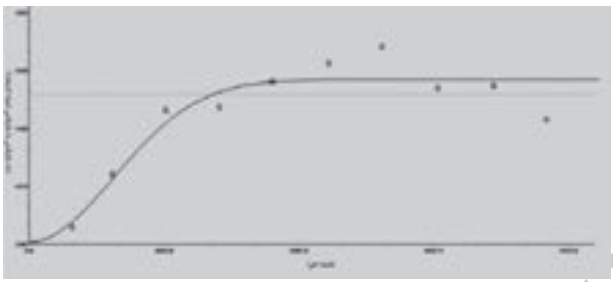


نمودار۸-مدل تغییرنمای برازش داده شده (خط) بر مدل تغییرنمای تجربی (نقطه) برای هدایت الکتریکی آب زیرزمینی

www.SID.ir

جدول۱۳- اجزای مربوط به تغییر نمای (واریوگرام) انتخاب شده برای تولید نقشه ضریب انتقال

مدل تغییرنما	C_0	C_0+C	a_0	E_f	C/C_0+C	R^2	Rss
گوسی *	۰/۰۰۳۲۶	۰/۵۴۴۵	۲۱۱۰۰۰	۳۳۰۰۰	۰/۵	۰/۹۷۰	۰/۰۹

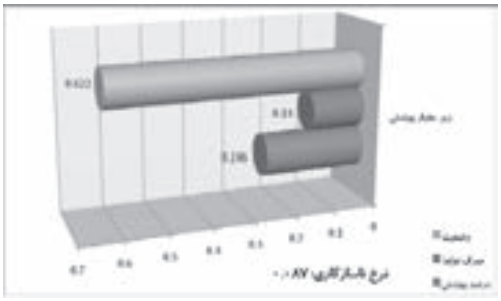


نمودار۹- مدل تغییرنمای برازش داده شده (خط) بر مدل تغییرنمای تجربی (نقطه) برای ضریب انتقال

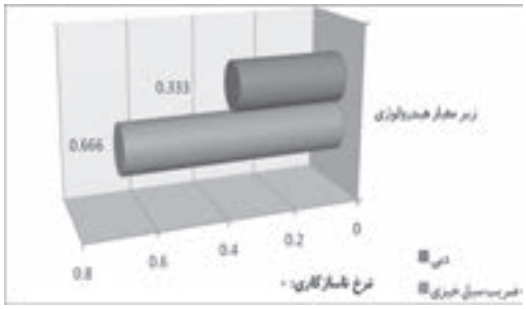
تصویر۱- مدل شاخه درختی برای پروژه پخش سیلاب

تصویر۲- رتبه بندی میزان درصد پوشش به منظور مکان یابی پروژه پخش سیلاب

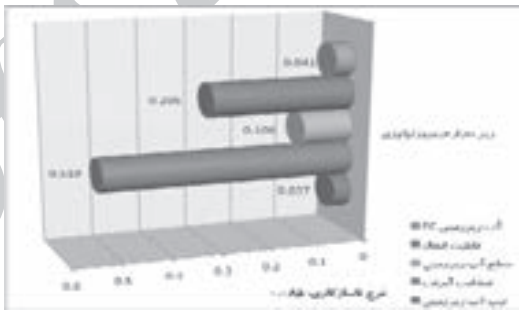
تصویر۳- رتبه بندی ضریب سیل خیزی به منظور مکان یابی پروژه پخش سیلاب



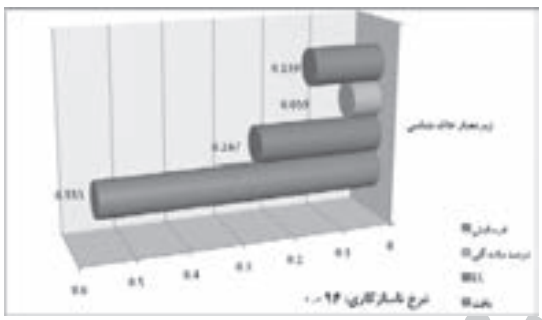
تصویر۴- وزن های نرمال و میزان نرخ ناسازگاری زیر معیار های پوشش پروژه پخش سیلاب



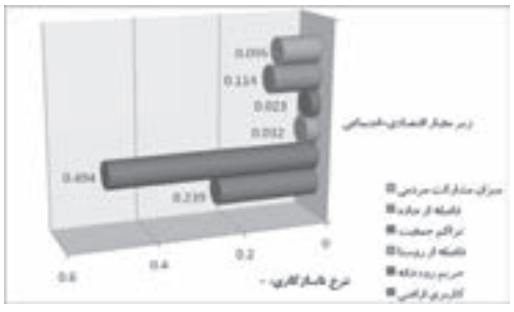
تصویر۵- وزن های نرمال و میزان نرخ ناسازگاری زیر معیار های هیدرولوژی پروژه پخش سیلاب



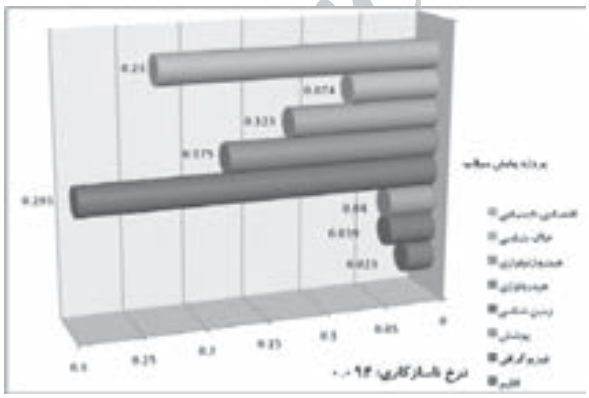
تصویر۶- وزن های نرمال و میزان نرخ ناسازگاری زیر معیار های هیدروژیولوژی پروژه پخش سیلاب



تصویر۷- وزن های نرمال و میزان نرخ ناسازگاری زیر معیار های خاکشناسی پروژه پخش سیلاب

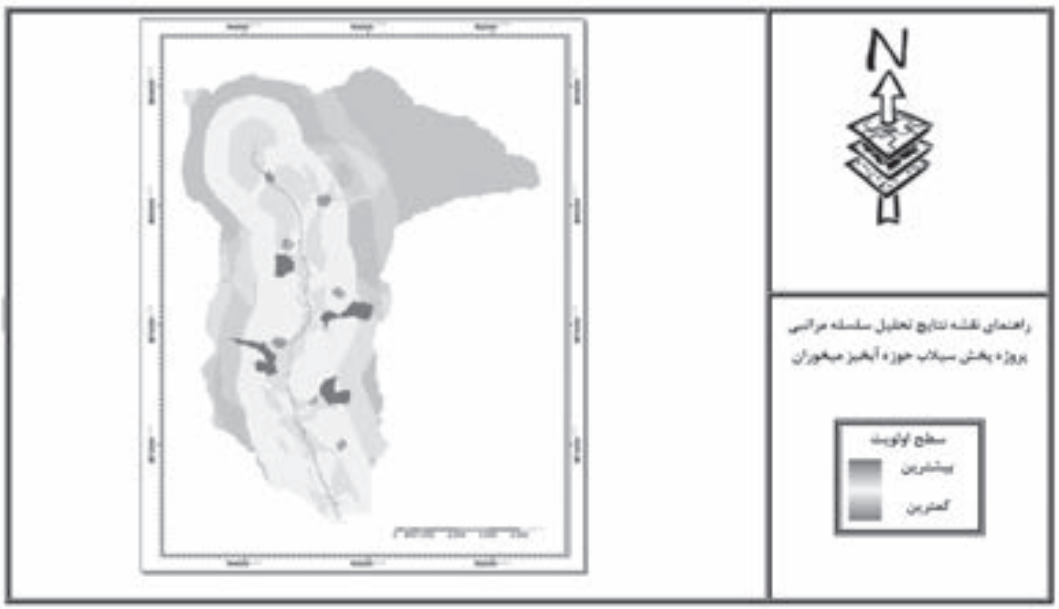


تصویر۸- وزن های نرمال و میزان نرخ ناسازگاری زیر معیار های اقتصادی-اجتماعی پروژه پخش سیلاب



تصویر۹- وزن های نرمال و میزان نرخ ناسازگاری معیار های پروژه پخش سیلاب

Archive of SID



تصویر۱۰- نقشه پهنه بندی مناطق مناسب پخش سیلاب در حوزه آبخیز میخوران

بحث

جهت تهیه برخی از لایه های اطلاعاتی به عنوان داده های اطلاعاتی اولیه مورد نیاز فرآیند تحلیل سلسله مراتبی به منظور مکان یابی پروژه پخش سیلاب در حوزه آبخیز میخوران، از تحلیل های زمین آماری در محیط نرم افزاری GS+ استفاده گردید. بطور مشابه، زارع چاهوکی (۱۳۸۵) نیز به منظور تهیه لایه های اطلاعاتی خاکشناسی در مدل سازی پراکنش گونه های گیاهی مراتع مناطق خشک و نیمه خشک، از روش تحلیلهای زمین آماری بهره گرفت. همچنین، سلاجقه(۱۳۸۸) نیز در بررسی تأثیر عوامل مؤثر بر روند تغییرات کمی و کیفی آبهای زیرزمینی دشت بم، از تحلیل های زمین آماری در محیط نرم افزاری GS+ استفاده نموده است.

پس از تهیه لایه های اطلاعاتی مورد نیاز، با بکارگیری فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی، شامل طراحی مدل شاخه درختی، استانداردسازی داده ها، وزندهی به معیارها و زیرمعیارها، و تعیین نرخ ناسازگاری، اقدام به تهیه نقشه های پهنه بندی مکانهای مناسب اجرای پروژه گردید. در همین راستا، خیرخواه(۱۳۸۷) نیز در تحقیقی از روش تحلیل سلسله مراتبی در مکان یابی مناطق مناسب احداث سد زیرزمینی در منطقه نطنز استفاده نموده است. Molina و همکاران(۲۰۱۰)، نیز در تحقیقی که بمنظور مدیریت منابع آب در اسپانیا انجام دادند، جهت بررسی معیارهای هیدرولوژیکی، اقتصادی و اجتماعی، از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی استفاده کردند.

در نتایج بدست آمده در مرحله وزندهی معیارها، نرخ ناسازگاری معیارهای پخش سیلاب ۰/۰۹۴ محاسبه شده است که این رقم تأییدکننده صحت وزندهی انجام شده می باشد. خورشیددوست (۱۳۸۸)، نیز حداکثر نرخ ناسازگاری قابل قبول برای تجزیه و تحلیل را یک دهم بیان نموده و در تحقیق خود نیز نرخ ناسازگاری معیارهای ژئومرفولوژی، هیدرواقلیم، زیست محیطی، کاربری اراضی، شبکه انتقالی، و هزینه اقتصادی را ۰/۰۷ محاسبه نموده که قابل قبول بوده است.

در این تحقیق معیارها و زیرمعیارهای تأثیرگذار بر مکانیابی انجام پروژه در قالب۸ معیار و۲۱ زیرمعیار شناسایی و تحلیل شدند که این فرآیند تأییدکننده فرضیه اول تحقیق مبنی بر تعدد معیارها و زیرمعیارهای دخیل در انتخاب مکان های مناسب برای اجرای پروژه می باشد. با توجه به نتایج تحقیق از میان معیارهای اقتصادی – اجتماعی، هیدروژئولوژی، زمین شناسی، اقلیم، هیدرولوژی، خاک، فیزیوگرافی و پوشش، معیار زمین شناسی با وزن نرمال ۰/۲۹۳ بیشترین تأثیر و معیار پوشش با وزن نرمال ۰/۰۲۳ کمترین تأثیر را بر مکانیابی اجرای پروژه دارا هستند. این مطلب نشان دهنده صحت فرضیه دوم این تحقیق است که بیان می کند معیارهای موثر در مکان یابی پروژه دارای وزن های یکسانی نیستند. پس از تعیین مکانهای مناسب برای پروژه مجدداً اقدام به اعتبارسنجی روش از طریق بازدیدهای صحرایی از مناطقی که توسط نرم افزار بعنوان مناطق با اولویت بالا در اجرای پروژه انتخاب شده بودند، گردید. در این سلسله بازدیدها، اجرای پروژه با توجه به خصوصیات ظاهری و فیزیکی منطقه مورد بازدید، امکانسنجی گردید. صحت نتایج برای پروژه ۸۳ درصد محاسبه گردید. این نتیجه تأییدکننده فرضیه شماره سه تحقیق، مبنی براینکه سامانه تصمیم یار مکانی قابلیت تعیین مناطق مناسب اجرای پروژه پخش سیلاب را دارد، می باشد. در جمع بندی عوامل تأثیرگذار بر کاهش اعتبار نتایج تحلیل سلسله مراتبی در تهیه نقشه پهنه بندی اجرای پروژه در حوزه آبخیز میخوران، مشخص شد که عامل کوچک بودن مقیاس نقشه، مهمترین منبع خطا است. کوچک بودن مقیاس نقشه باعث حذف بخشی از اطلاعات واقعی منطقه از نقشه های مورد استفاده می شود. نتایج حاصل مبین این مطلب است که روش مورد استفاده از اعتبار بالایی در پهنه بندی مناطق مناسب برای اجرای پروژه پخش سیلاب برخوردار بوده و بکارگیری فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی را بعنوان یک سیستم تصمیم یار مکانی مؤثر در مکانیابی این پروژه تأیید می نماید.

Archive of SID

پیشنهاد می شـود مکانیابی چنین عملیاتی، درصورت امکان با بکارگیری سـایر تکنیکهای تعاملی سـامانه های تصمیم یار مکانی مانند TOPSIS و یا SAW در منطقـه حـوزه آبخیز میخوران انجام شـده و نتایج حاصل به منظور انتخـاب کارآمدترین تکنیک مکانیابی با نتایج حاصل از تحقیق حاضر مقایسـه شوند. همچنین پیشنهاد می شود برای افزایش دقت نتایج در تحقیقات آتی، از نقشه های پایه با مقیاس بزرگتر استفاده شود.

پاورقی ها

1- Spatial Decision Support System
2- Geographical Information System
3- Analytical Hierarchy Process
4- Straight ranking
5- Inverse ranking
6- New value
7- Reclass
8- Descriptor
9- Raster AHP Reclassify

منابع مورد استفاده

۱- اورژن محمـد، جلیلیـان حجت ا...، رسـتمی نژاد قباد، (۱۳۸۷) فرآیند تحلیل سلسـله مراتبی رهیافتی به سوی مدیریت جامع حوزه آبخیز. سومین کنفرانس مدیریت منابع آب.

۲- جمالـی علی اکبـر، (۱۳۸۷) فنون تحلیـل چندمعیاره مکانی، تصمیم، تحلیل سلسـله مراتبی و استانداردسـازی فازی در تعیین بحرانی ترین چـراگاه های حوزه آبخیز. فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، جلد۱۵، شماره۴.

۳- خورشـید دوسـت محمدعلی، عادلی زهرا، (۱۳۸۸) اسـتفاده از فرآیند تحلیل سلسـله مراتبی در یافتن مکان بهینه دفن زباله، مطالعه موردی: شـهر بناب. مجله محیط شناسـی، سال۳۵، شماره ۵۰.

۴- خیرخواه زرکش مسـعود، (۱۳۸۷) اسـتفاده از روش تحلیل سلسـله مراتبی در اولویت بندی مکان های مناسـب احداث سد زیرزمینی. مجله علمی پژوهشی پژوهش و سازندگی، شماره۷۹.

۵- زارع چاهوکی محمدعلی، (۱۳۸۵) مدل سـازی پراکنش گونه های گیاهی مراتع مناطق خشک و نیمه خشک. رساله دکتری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۶- سلاجقه افشین، (۱۳۸۸) بررسی تأثیر عوامل مؤثر بر روند تغییرات کمی و کیفی آبهای زیرزمینی با اسـتفاده از روش زمین آمار، مطالعه موردی: دشـت بم. پایان نامه کارشناسـی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

۷- عبدی احسان، (۱۳۸۴) طراحی شبکه جاده جنگلی با حداقل هزینه ساخت و استفاده از سـامانه اطلاعات جغرافیایی. پایان نامه کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

8- Assimacopolous, D. (2005) An integrated Decision Support System for Evaluation of Water Management Strategies. *Journal of Water Practice & Technology*, 11(1). ، pp:15-32

9- Antonella, Z., Sharifi, A.M., Andrea, G.F. (2008) Application of Spatial Multi-Criteria Analysis to Site Selection for A Local Park: A Case study in The Birgamo Province, Italy. *Journal of Operational Research*,158, pp:1-18

10- Dragan M.، E. Feoli، M.، Fernetti and W.، Zerihun .(2003) Application of an Erosion Decision Support System (SDSS) to Reduce Soil Erosion in Northern Ethiopia. *Journal of Environmental Modeling and software*. Volume18، pp: 861-868

11- Maia, R., Schumann, A .(2007) DSS Application to the Development of Water Management Strategies in Ribeiras Algarve River Basin. *Journal of Water Resources Management*. 21(5): 897-907.

12- Marinoni, O .(2004) Implementation of the Analytical Hierarchy Process with VBA in ArcGIS. *Journal of Computers and Geosciences*. 30(6), pp: 637-646.

Archive of SID

www.SID.ir