جغرافیا و پایداری محیط، شمارهٔ ۱۱، تابستان ۱۳۹۳
صص. ۴۰-۱۹

مکان‌یابی نواحی مناسب برای احداث تالاب‌های مصنوعی شهری با استفاده از تلفیق دو روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و منطق فازی (مطالعهٔ موردی: شمال غرب کلانشهر تهران)

امیر کرم - استادیار ژئومورفولوژی، دانشگاه خوارزمی، تهران
عزتا... قنواتی - دانشیار ژئومورفولوژی، دانشگاه خوارزمی، تهران
فرزانه درخشان بابائی* - دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

وصول: ۱۳۹۲/۹/۲ **پذیرش:** ۱۳۹۲/۱۲/۸

چکیده

در عصر حاضر که بحران آب بسیاری از کشورها را تهدید می‌کند، معرفی تکنولوژی منطبق با رویکرد کاستن از هدر رفت و بهبود کیفیت آب، گام مؤثّری در کاستن از دامنه بحران حاصل از پدیده خشکسالی است. در همین راستا در چند دهه اخیر سیستم‌های تالابی شکل، طراحی و ساخته شده‌اند که برخی از فرایندها را برای نگهداشت، بازیافت آب و ایجاد فضای سبز در حاشیه شهرها، مناطق صنعتی و زراعی انجام می‌دهند. تالاب‌های ساخته‌شده در سطح جهان اکنون برای اصلاح کیفیت آب‌ها در مواجه با منابع آلاینده ثابت و غیرثابت از جمله رواناب‌ها، سیلاب‌ها، فاضلاب‌های خانگی - زراعی و زهکش معادن زغال‌سنگ بکار می‌روند. لذا راندمان این‌گونه سیستم‌ها در بهبود کیفیت و نگهداشت آب‌ها باعث شده که تعداد آنها به سرعت در جهان افزایش یابد. هدف این نوشتار، مکان‌یابی نواحی مناسب برای احداث تالاب‌های مصنوعی در شمال غرب تهران (منطبق بر مناطق شهری ۲، ۵، ۹،۱۰، ۱۷، ۱۸، ۲۱ و ۲۲ تهران) با استفاده از روش ترکیبی فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی و منطق فازی و نرم‌افزار Expert choice است. بدین منظور پس از رقومی سازی داده‌ها در سیستم اطّلاعات جغرافیایی، لایه‌های نقشه‌ای مختلف شامل ارتفاع، شیب، متوسّط دمای سالانه، لیتولوژی، فاصله از شبکه زهکشی، فاصله از شهر، فاصله از راه‌ها و عمق آب زیرزمینی تولید شد. سپس ارزیابی و مکان‌یابی نواحی مناسب و نامناسب برای احداث تالاب‌های مصنوعی به عمل آمد. نتایج نشان می‌دهد که تقریباً ۱۸ درصد از مساحت شمال و شمال غرب منطقه دارای پتانسیل بسیار کم و ۳۴ درصد از مساحت جنوب و جنوب شرق منطقه دارای پتانسیل بسیار زیادی برای احداث تالاب مصنوعی می‌باشند.

واژگان کلیدی: مکان‌یابی، تالاب مصنوعی، تهران، فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، منطق فازی، سیستم اطّلاعات جغرافیایی.

---

*. نویسندهٔ مسئول: ۰۹۱۸۳۸۹۲۰۶۹ E-mail: Derakhshan.Farzane62@Gmail.Com

مقدّمه

امروزه شهرهای بزرگ در معرض خطرات و معضلات شهری بسیار پیچیده و پردامنه‌ای هستند. بسیاری از این شهرها به شدّت از افزایش بی‌رویه جمعیّت، کمبود فضای سبز، آلودگی منابع آبی، آلودگی هوا، کمبود آب آشامیدنی، نبود سیستم جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب، آلوده شدن خاک به مواد شیمیایی، انباشته شدن مواد زائد جامد، فرسایش خاک و غیره رنج می‌برند. آثار جمعی این‌گونه مسائل زیست‌محیطی، نه تنها باعث تهدید سلامتی شهروندان می‌شود بلکه به توان شهری جهت دستیابی به رشد اقتصادی، سیاسی و اجتماعی آسیب جدی وارد می‌کند (ضرغام،۱۳۷۷: ۵۳). در این راستا برای حل مشکلات ناشی از توسعه شهرنشینی و افزایش جمعیّت، کاربردی نمودن برنامه‌های شهری و ایجاد چارچوب‌های زیست‌محیطی کارساز است. از این رو، انتظار می‌رود مدیریت و ارزیابی محیط‌زیست‌های مجازی از جمله تالاب‌های مصنوعی (شهری)، گامی مؤثّر در این جهت باشد.

طبق تعریف کنوانسیون رامسر، انواع آبگیرهای مصنوعی و انسان‌ساخت می‌توانند در طبقه‌بندی تالاب‌ها جای گیرند (بهباش و همکاران، ۱۳۸۷: ۳۶). تالاب‌های مصنوعی سیستم‌های مؤثّری هستند که جهت کنترل، بازیافت و بالا بردن کیفیت آب رواناب‌ها، سیلاب‌ها و پساب‌های زراعی - صنعتی و معادن، کنترل آلودگی، مدیریت فاضلاب‌های خانگی و صنعتی، ایجاد فضای سبز، حمایت از تنوع زیستی و توسعه چشم‌اندازهای اکولوژیکی به کار می‌روند (بدری فریمان و همکاران، ۱۳۸۸: ۲۱)؛ بنابراین پیشنهادی چاره‌ساز برای مهار فاضلاب‌ها، رواناب‌ها و سیلاب‌ها ساخت تالاب‌های مصنوعی است که دارای منافع زیادی از جمله ساختار ساده، مصرف انرژی کم، هزینه‌های راه‌اندازی پایین، مهارت‌های اندک مورد نیاز، هزینه‌های نگهداری پایین و عملکرد آسان با رفع مؤثّر آلودگی هستند (گمیتزی[1] و همکاران، ۲۰۰۶). اگرچه تالاب‌های مصنوعی شهری در ابتدا به منظور تصفیه فاضلاب به کار گرفته شدند، امّا در طول سه دهه اخیر ارزش و کاربرد چندمنظوره این سیستم‌ها به خوبی در کشورهای پیشرفته شناخته شده و اهمّیّت زیاد آنها در تصفیه رواناب‌های سطحی، کشاورزی و شهری نیز مشخّص گردیده است. از این رو آگاهی و شناخت درباره توانایی این سیستم‌های تصفیه در حذف آلودگی‌ها در کشورهای درحال‌توسعه و به‌ویژه در کشورهای خاورمیانه که هم‌اکنون با بحران کم‌آبی روبه‌رو هستند بسیار مهم است (معاضد و همکاران، ۱۳۸۶: ۳۳).

کشور ایران به دلیل داشتن موقعیّت خاص جغرافیایی، ناهمواری‌های پراکنده و شرایط خاص اقلیمی از مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان به شمار می‌رود. در ایران میزان بارندگی یک‌سوّم متوسّط بارندگی کره زمین است و همین مقدار بارندگی اندک نیز پراکنش زمانی و مکانی مناسبی ندارد بدین لحاظ محدودیت منابع آبی و اهمّیّت آن از دیرباز مورد توجّه ایرانیان قرار داشته است (کوثر، ۱۳۷۴).

تهران به عنوان پایتخت ایران یکی از مناطق مهم جمعیّتی، سیاسی، اقتصادی، تجاری و صنعتی کشور محسوب می‌شود که با انبوهی از مشکلات و معضلات از قبیل تراکم بسیار زیاد جمعیّت، ترافیک سنگین، آلودگی شدید هوا، آلودگی ناشی از فاضلاب، آلودگی صنعتی، کمبود فضای سبز، مشکلات مرتبط با حاشیه‌نشینی و به‌ویژه کمبود آب آشامیدنی و توزیع ناهمگون زمانی و مکانی آب شیرین روبه‌روست. رشد روزافزون جمعیّت شهر تهران و بالا رفتن مصرف سرانه آب، موجب انتقال مقادیر قابل توجّهی آب از منابع

1- Gemitzi

اطراف به داخل شهر و تبدیل آن به فاضلاب می‌شود که از یک طرف بسیاری از این فاضلاب‌های شهری به صورت غیر اصولی و بدون توجّه به امکان بازیافت، از دسترس خارج می‌گردند و از طرف دیگر به علت محدود بودن قابلیت جذب زمین، ضمن آلودگی آب‌های زیرزمینی، باعث بالا آمدن سطح آن نیز می‌شود. علاوه بر این، در نواحی وسیعی از شهر، به علت غیر قابل نفوذ بودن طبقات زمین، چاه‌های جذبی کاربرد ندارند و فاضلاب به مجاری قنوات قدیمی یا به نهرها و جوی‌های جاری در خیابان‌های شهر تخلیه می‌شوند که وضعیت بسیار بحرانی‌ای برای محیط‌زیست ایجاد کرده است. همچنین در حال حاضر آب‌های سطحی ناشی از بارندگی در غرب تهران که به صورت فصلی و گه‌گاه سیلابی توسّط مسیل‌های مختلف جمع شده و به رودخانه کن سرریز می‌گردند، در عمل مورد استفاده قرار نمی‌گیرند و همین امر باعث اتلاف مقادیر زیادی از آب‌های سطحی می‌شود. لذا استفاده از منابع آب باید به شیوه‌ای جامع و کامل برنامه‌ریزی گردد تا از آلودگی و کمبود آب جلوگیری شود. این امر لزوم توجّه جدی را در جهت ساخت تالاب‌های مصنوعی به منظور بازیافت و ارتقاء کیفیت آب، ایجاد چشم‌انداز و جذب گستره قابل توجّهی از گونه‌های گیاهی و جانوری فراهم می‌آورد؛ بنابراین تالاب‌های مصنوعی به لحاظ کارکردهای زیست‌محیطی، اقلیمی و تفریحی می‌توانند بخش قابل توجّهی از نیازهای مذکور در کلانشهر تهران را مرتفع نمایند و مشکلات مرتبط با فاضلاب‌ها و سیلاب‌های دوره‌ای و ناگهانی تهران می‌تواند از طریق کنترل و هدایت آنها به داخل این‌گونه تالاب‌ها تا حدودی مرتفع شود. از آنجایی که تالاب‌های مصنوعی کارکردهای مفید و فراوانی در ابعاد مختلف برای شهرها دارند و با توجّه به اینکه درباره تالاب‌های مصنوعی در ایران تحقیقات خاصی صورت نگرفته، لازم است که به صورت جدی و در قالب وسیع‌تری به این امر پرداخته شود. هدف این نوشتار نیز بررسی این مهم در قالب مکان‌یابی تالاب‌های مصنوعی شهری در شمال غرب تهران با استفاده از روش ترکیبی فرایند سلسله‌مراتبی و منطق فازی و نرم‌افزار Expert choice است. روش ترکیبی فرایند سلسله‌مراتبی و منطق فازی با استفاده از وزن‌های محاسبه‌شده در Expert choice این قدرت را به تصمیم‌گیرنده می‌دهد که مکان‌یابی محل‌های مناسب را با توجّه به اهمیت معیارها انجام دهد.

بررسی تحقیقات انجام‌شده در این زمینه نشان می‌دهد که با وجود اهمّیّت موضوع، به دلیل تازگی آن جز چند نمونه مطالعهٔ موردی، پژوهش‌های زیادی در زمینهٔ تالاب‌های مصنوعی صورت نگرفته است. از جمله اوّلین مطالعات صورت گرفته راجع به تالاب‌های مصنوعی توسّط دپارتمان کشاورزی ایالات متّحدهٔ آمریکا[1] (۱۹۸۲) انجام گرفته که در آن به توصیف انواعی از تالاب‌های مصنوعی، کارکرد این تالاب‌ها و ایجاد شرایط لازم برای ساختن آنها پرداخته شده است (دپارتمان کشاورزی ایالات متّحدهٔ آمریکا، ۱۹۸۲). فری‌مس و باس[2] (۱۹۹۴) به مطالعه یک تالاب مصنوعی در منطقهٔ مسکونی ادمند اوکلاهاما[3] در هند به منظور بررسی تغییرات ماهیانهٔ ویژگی‌های شیمیایی آب و تغییرات فصلی جمعیّت لاروهای موجود پرداختند (فری‌مس و باس،۱۹۹۴). دالو و ندامبا[4] (۲۰۰۳) در تحقیقی سه ساله، موضوع بهبود مدیریت محیط‌زیست از طریق توسعه و تسهیل استفاده از تالاب‌های تثبیت فاضلاب را در دو ناحیهٔ شهری زیمباوه بررسی کردند (دالو و ندامبا،

1- United States Department of Agriculture
2- Freimuth &Bass
3- Edmond Oklahoma
4- Dalu & Ndamba

۲۰۰۳). گلد هیل[1] و همکاران (۲۰۰۴) در بررسی ده تالاب در نواحی شهری مرسی‌ساید[2] انگلستان، تنوع بی‌مهرگان، گیاهان و دوزیستان را ارزیابی کردند (گلد هیل و همکاران، ۲۰۰۴). گمیتزی[3] و همکاران (۲۰۰۶) با استفاده از سیستم اطّلاعات جغرافیایی به مکان‌یابی تالاب‌های تثبیتی به نام Sp[4] جهت مهار فاضلاب‌های خانگی در شمال شرق یونان پرداختند (گمیتزی و همکاران، ۲۰۰۶). زائو[5] و همکاران (۲۰۰۹) به کمک فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، مکان‌یابی نواحی مناسب و نامناسب برای مهار گیاهان فاضلابی و آبریزهای فاضلابی را در شهر گوانگچو[6] چین موضوع پژوهش خود قرار دادند (زائو و همکاران، ۲۰۰۹). مطالعات بویتایلر[7] و همکاران (۲۰۰۹) اهمّیّت و کارکرد تالاب‌ها و چگونگی کنترل فاضلاب‌ها را با این سیستم‌ها نمایان می‌کند (بویتایلر و همکاران، ۲۰۰۹).

با وجودی که ایران در اوّلین اقدامات جهانی دربارهٔ حفاظت تالاب‌ها با تشکیل کنوانسیون رامسر در بهمن ماه سال ۱۳۴۹ پیش‌قدم بود و در اصل کنوانسیون رامسر، چارچوبی را برای انجام همکاری‌های بین‌المللی به منظور حفاظت از زیستگاه‌های تالابی ایجاد نمودهاست (صادقی زادگان، ۱۳۸۲: ۱۸) امّا تالاب‌های مصنوعی در ایران موضوعی تازه به شمار می‌آید و در این زمینه، پژوهش‌های اندکی انجام شده است. معاضد و همکاران (۱۳۸۶)، بهباش و همکاران (۱۳۸۷)، بدری فریمان و همکاران (۱۳۸۸) و شریفی و چهاردولی (۱۳۸۹) هریک در مقاله‌ای توصیفی، تالاب‌ها را تعریف کرده و الگوها و دستورالعمل‌های مناسب برای ساختن آنها، کارکرد تالاب‌ها، محاسن و معایب، بازده آنها در حذف آلودگی‌ها از آب و نیز مدیریت و نگهداری از آنها را توضیح داده‌اند.

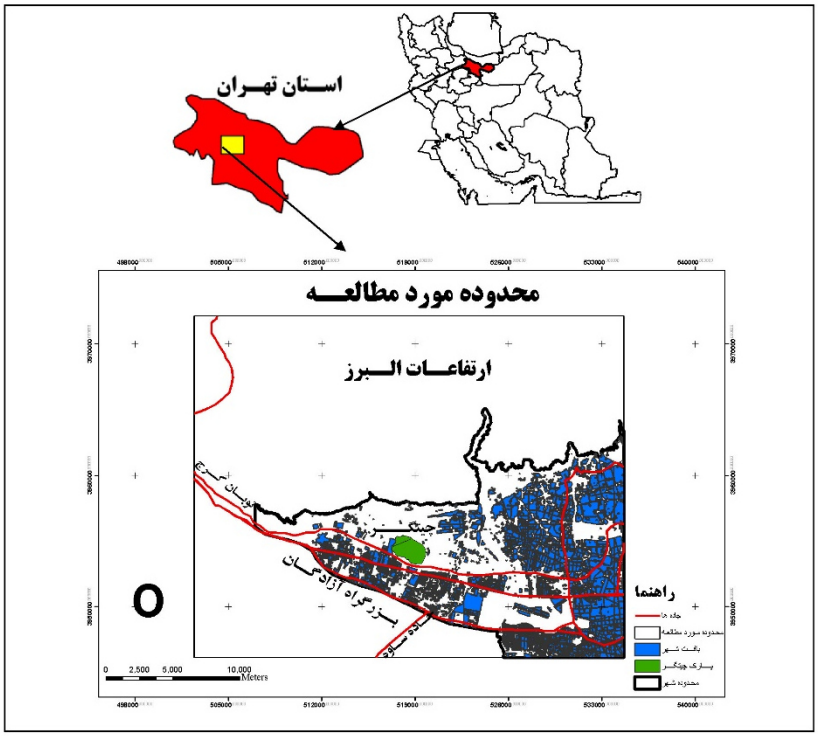
معرّفی منطقهٔ مورد بررسی

ناحیه مورد مطالعه بخشی از شمال غرب تهران است که در مختصات ۳۵ درجه و ۳۵ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۱۵ دقیقهٔ عرض شمالی و ۵۰ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۵۳ دقیقهٔ طول شرقی قرار دارد و بخشی از کوهپایه‌های رشته‌کوه البرز مرکزی و دشت تهران را دربر می‌گیرد. حدّ شرقی منطقهٔ مورد مطالعه را به ترتیب از شمال به جنوب بزرگراه چمران، بزرگراه توحید و بزرگراه نواب صفوی دربر می‌گیرد و مناطق ۱۷ و ۱۰، ۲ شهری نیز در قسمت شرقی آن قرار گرفته‌اند. در حد غربی محدودهٔ مورد مطالعه، اتوبان تهران - کرج و جادّهٔ مخصوص کرج قرار دارد و منطقهٔ ۲۱ و قسمت‌هایی از منطقهٔ ۲۲ شهری در این قسمت از محدودهٔ مورد مطالعه واقع شده است. در حدّ جنوبی این محدوده، بزرگراه آزادگان و جادّهٔ ساوه واقع شده و منطقهٔ ۱۸ شهری تهران را نیز دربر می‌گیرد. در قسمت‌های شمالی نیز منطقهٔ ۵ و قسمت‌هایی از منطقهٔ ۲۲ شهری تهران واقع شده که این مناطق در بستر کوهپایه‌های البرز جای گرفته‌اند. در قسمت‌های مرکزی محدودهٔ مورد مطالعه نیز منطقهٔ ۹ شهری تهران قرار دارد. منطقهٔ مورد بررسی با مساحتی در حدود ۸۴۰ کیلومترمربع دارای حداقل ارتفاع ۱۱۰۰ متر و حداکثر ارتفاع ۳۸۰۰ متر از سطح دریا است. میزان بارش سالانه در این

1- Gledhill
2- Merseyside
3- Gemitzi
4- Stabilization pond
5- Zhao
6- Guangzhou
7- Boutilier

منطقه از حداقل ۲۳۰ میلی‌متر در نواحی کم‌ارتفاع تا ۸۷۰ میلی‌متر در نواحی مرتفع در نوسان است. مهم‌ترین منبع بارش در این محدوده بادهای مرطوب مدیترانه‌ای است که از سمت غرب می‌وزند. همچنین در بررسی آماری بارش فصلی محدودهٔ مطالعاتی مشخّص گردید که منطقه دارای ماکزیمم زمستانه (ماه‌های دی و بهمن و اسفند) است که این سه ماه به اضافه ماه آذر به تنهایی ۶۳ درصد بارش‌های سالیانه را به خود اختصاص می‌دهند که این زمان مصادف با اوج فعّالیّت سیستم‌های غربی (مدیترانه‌ای) و جنوب غربی (سودان، دریای سرخ، عربستان، خلیج فارس) در منطقه است. باد غالب منطقه باد غربی (۲۷۰ درجه) است که متوسّط سرعت آن ۵/۵ متر بر ثانیه است (صفاری، ۱۳۸۷: ۱۲۰). ازنظر زمین‌شناسی، منطقهٔ مورد مطالعه از نهشته‌های دورهٔ ائوسن و جوان‌تر تشکیل شده است. قسمت شمالی منطقه از نهشته‌های دورهٔ ائوسن و قسمت جنوبی منطقه از نهشته‌های پلیئستوسن تشکیل شده است. کهن‌ترین سازند برونزد یافته در منطقه، سنگ‌های ولکانیکی، آذرآواری و رسوبی ائوسن است که در سطح وسیعی در بخش‌های کوهستانی رخنمون دارند. سازندهای زمین‌شناسی در این منطقه از قدیم به جدید شامل سازند فجن، سازند کرج، سازند هزار درّه، سازند کهریزک، سازند آبرفتی تهران و سازند آبرفتی عهد حاضر است (جباری، ۱۳۸۸: ۵۸). سه تیپ اصلی واحد ارضی شامل کوهستان، تپه و دشت در محدودهٔ مورد مطالعه وجود دارد. ازنظر کاربری زمین، قسمت‌های شمالی، شمال غرب و غرب منطقهٔ مورد مطالعه که شامل ارتفاعات و دامنه‌ها هستند، اغلب از جنگل (طبیعی و مصنوعی)، مراتع و در حاشیهٔ درّه‌ها از پوشش باغی و زراعت آبی پوشیده شده‌اند. البته، در بخش‌هایی از دامنه‌ها، زمین‌های بایر نیز وجود دارند که بخش‌های زیادی از آنها نیز تغییر کاربری یافته و به زمین‌های زراعی دیم و سکونتگاه‌های شهری تبدیل شده‌اند. در شرق محدوده مورد مطالعه، عمدتاً نواحی ساخته شده و بافت شهری و در بخش‌های مسطح و هموار دشت در قسمت‌های جنوبی نیز بافت شهری به صورت پراکنده، زراعت آبی و صیفی‌کاری حاکم است. به طور کلّی، علل انتخاب شمال غرب تهران به‌عنوان منطقهٔ مورد مطالعه برای مکان‌یابی تالاب‌های مصنوعی شهری به این شرح است:

- شمال غرب تهران در مسیر بادهای غربی و شمال غربی قرار دارد که همین امر عامل مؤثّری در انتقال تلطیف هوای ناشی از احداث تالاب مصنوعی است.
- به علّت قرار گرفتن منطقهٔ مطالعه در قسمت پایین ارتفاعات البرز و همچنین به سبب وجود رودخانهٔ کن، آب مورد نیاز برای احداث تالاب مصنوعی به‌آسانی تأمین می‌شود.
- پارک جنگلی چیتگر در غرب تهران قرار دارد و احداث تالاب مصنوعی می‌تواند مکمل آثار مطلوب پارک چیتگر باشد.
- شمال غرب تهران منطقه‌ای درحال‌توسعه و ساخت‌وساز شهری است که وجود تالاب مصنوعی و آثار مطلوب آن می‌تواند عاملی برای انتقال جمعیّت از مرکز شهر به این منطقه باشد.
- در منطقهٔ مطالعه فضاهای باز و بکر بسیاری وجود دارد که شهرداری به‌آسانی می‌تواند تملّک آنها را برای احداث تالاب‌های مصنوعی به دست آورد.
- به دلیل وفور آب‌های سطحی ناشی از بارندگی در شمال غرب تهران، امکان کاهش خطرهای ناشی از سیل از طریق هدایت رواناب‌های سطحی به تالاب مصنوعی فراهم می‌شود. در شکل ۱ موقعیّت محدودهٔ مورد مطالعه نشان داده شده است.



شکل ۱. موقعیّت جغرافیایی منطقهٔ مورد مطالعه

مواد و روش‌ها

شناسایی معیارها و آماده‌سازی آنها

بر اساس بررسی منابع مکتوب در ارتباط با تالاب‌های مصنوعی، متغیّرهای مختلفی برای مکان‌یابی این تالاب‌ها به کار برده شده‌اند که از جمله آنها می‌توان به توپوگرافی، لندیوز، سازندهای زمین‌شناسی، فاصله از شبکه زهکشی، فاصله از سکونت‌گاه‌های انسانی، فاصله از نواحی محافظت‌شدهٔ زیست‌محیطی، درجه حرارت (گمیتزی و همکاران، ۲۰۰۶)، لندفرم، زهکشی، شیب، فاصله از تالاب‌ها، فاصله از سکونت‌گاه‌های حیات‌وحش، کیفیت آب (زائو[1] و همکاران، ۲۰۰۸) اشاره کرد. در این تحقیق نیز با توجّه به هدف اصلی آن که مکان‌یابی تالاب‌های مصنوعی شهری است، بر اساس منابع مکتوب و نظر کارشناسی و با در نظر گرفتن امکانات و اطّلاعات موجود از ۸ معیار فاصله از شبکه زهکشی، فاصله از شهر، فاصله از راه‌ها، عمق آب زیرزمینی، میانگین دمای سالانه، شیب، ارتفاع، لیتولوژی و روش ترکیبی منطق فازی و فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی استفاده شده است. کاربرد توأم منطق‌های AHP و منطق فازی، Fuzzy-AHP نامیده می‌شود (گانگور[2] و همکاران، ۲۰۰۹) روش پیشنهادی در مقاله حاضر به دنبال بهبود نقاط ضعف در روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی است و طی آن سعی می‌شود ضمن ترکیب روش AHP با تئوری مجموعه‌های فازی از طریق کاهش میزان خطای تورش موجود در مقایسات دو به دوی لایه‌ها، مقایسات دقیق‌تری بین لایه‌های مورد نظر انجام بگیرد. معمولاً هر چه عوامل بیشتری در ارائه یک مدل دخیل باشند، دقّت مدل بالاتر خواهد بود، همچنین بر پیچیدگی مدل هم افزوده خواهد شد. لذا بهترین مدل، مدلی است که با کمترین تعداد عامل، بهترین نتیجه را ارائه نماید (آل شیخ،۱۳۸۰). لازم به ذکر است که داده‌های مورد استفاده در تحقیق حاضر از

1- Zhao
2- Güngör

منابع کتابخانه‌ای، نقشه‌های پایه مختلف، تصویر ماهواره‌ای منطقه و بازدیدهای میدانی گردآوری شده است. برای ترسیم نقشه‌ها و یکپارچه‌سازی اطّلاعات، از سامانه اطّلاعات جغرافیایی استفاده شده است. برای داده‌های توپوگرافی از نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری مربوط به منطقهٔ مورد مطالعه استفاده شد. از طریق نقشه توپوگرافی، نقشه‌های مدل رقومی ارتفاعی، شیب و شبکه زهکشی استخراج گردید. اطّلاعات زمین‌شناسی منطقه از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ تهران، تولیدشده به وسیله سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی ایران، تهیّه شده است و از اطّلاعات این نقشه نیز نقشه لیتولوژی منطقه فراهم گردید. نقشه عمق آب زیرزمینی نیز از طریق داده‌های نقطه‌ای سازمان آب منطقه‌ای استان تهران و نقشه مربوط به درجه حرارت با استفاده از داده‌های اقلیمی سازمان آب و هواشناسی استان تهران برای ۱۸ سال (۲۰۰۵-۱۹۹۸) تهیّه شد. از طریق عکس هوایی ۱:۲۰۰۰۰ نقشه فاصله از شهر تهیّه گردید و با استفاده از تصویر ماهواره‌ای IRS منطقه با ترکیب LISSIII+PAN نقشه راه‌ها و سپس فاصله از راه‌ها استخراج گردید. سپس کلّیّهٔ داده‌ها در سیستم اطّلاعات جغرافیایی وارد و در محیط ArcGIS نسخه ۹/۳ ویرایش و بازساخت گردید. سیستم تصویر UTM برای کلّیّهٔ نقشه‌ها انتخاب و نقشه‌های رستری با پیکسل ۲۰×۲۰ متر ساخته شدند. در ادامه آماده‌سازی نقشه‌های فاکتور شرح داده می‌شود.

مدل رقومی ارتفاع و مشتقات آن

همان‌طور که توضیح داده شد مدل رقومی ارتفاعی با استفاده از نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ از طریق GIS تهیّه شده است. پس از تهیّهٔ نقشه مدل رقومی ارتفاعی منطقه، این نقشه به ۹ کلاس طبقه‌بندی شده است. از نظر ارتفاعی، حداقل ارتفاع ۱۱۰۰ متر در جنوب منطقه و حداکثر آن ۳۵۰۰ متر در شمال منطقه است (شکل ۲- الف). نقشه شیب منطقه با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی تهیّه شده و به ۹ طبقه تفکیک شده است که بیشترین مساحت را شیب‌های ۳۰-۲۰ درجه و کمترین مساحت را شیب‌های بیشتر از ۱۰۰ درجه تشکیل می‌دهند. شیب عمومی منطقه به سمت جنوب و جنوب شرق است که حداقل شیب در این منطقه معادل صفر و حداکثر آن در ارتفاعات، ۱۶۴ درجه است (شکل ۲- ب).

عمق آب زیرزمینی، فاصله از شبکهٔ زهکشی، فاصله از شهر و فاصله از راه‌ها

برای تهیّهٔ لایه عمق آب زیرزمینی، اطّلاعات چاه‌های منطقه به صورت فایل نقطه‌ای از وزارت نیرو تهیّه شد. سپس از این اطّلاعات محیط GIS Arc با استفاده از دستور درون‌یابی[1] جهت تهیّهٔ لایه عمق آب زیرزمینی استفاده گردید. در این نقشه ارزش‌های عمق آب زیرزمینی، دامنه‌ای از ۴۲ تا ۱۱۸ متر دارند (شکل ۲- پ).

برای بررسی رابطه و تأثیر آبراهه‌ها در مکان‌یابی تالاب‌های شهری، لایه فاصله از شبکه زهکشی با استفاده از نقشه توپوگرافی منطقه در محیط GIS Arc تهیّه گردید که این نقشه فاصله دامنه‌ای از صفر تا ۷۴۱۴ متر دارد (شکل ۲- ت). یکی دیگر از معیارهای مورد استفاده در این پژوهش معیار فاصله از شهر است که نقشه آن از عکس هوایی استخراج شد. فاصله از شهر در دامنهٔ ارزشی صفر تا ۱۵۱۴۹ قرار گرفته است (شکل ۲- ث). در مکان گزینی تالاب‌ها، دسترسی مطلوب به راه‌ها برای استفاده بهینه از تالاب‌های شهری حائز اهمّیّت است. لذا این نقشه با استفاده از تصویر ماهواره‌ای منطقه استخراج شد. این نقشه نیز با استفاده از تابع فاصله در محیط GIS Arc تهیّه گردید که دامنه فاصله آن بین صفر تا ۱۶۲۲۷ متر است (شکل ۲- ج).

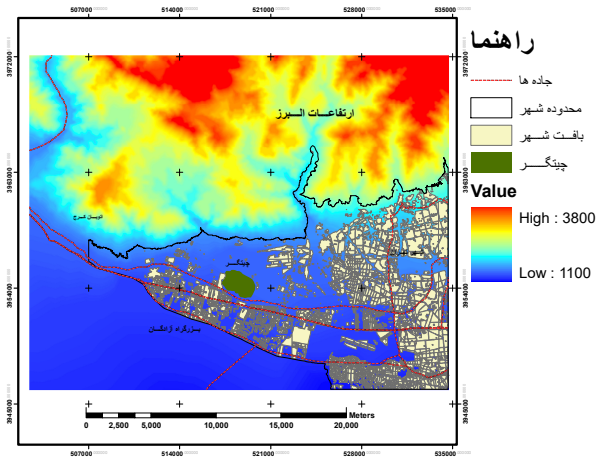
1- Inter polate

متوسّط دمای سالانه

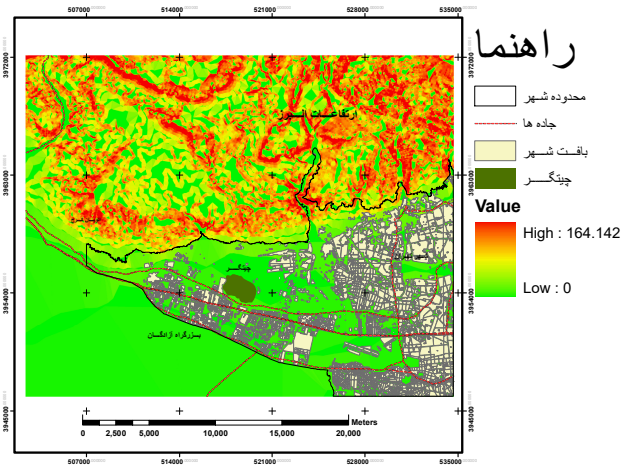
به منظور به دست آوردن اطّلاعات اقلیمی منطقه، آمـار و داده‌هـای پـنج ایسـتگاه آبعلـی، تجـریش، مهرآبـاد، چیتگر و کرج برای دوره آماری ۱۸ سال از سازمان آب و هواشناسی استان تهران تهیّه گردیـد. سـپس جهـت تهیّهٔ نقشه دمای سالانه، ابتدا میانگین دمای سالانه در هریک از ایستگاه‌ها محاسبه و سپس بین مقـدار دمـای سالانه و ارتفاع ایستگاه‌ها رابطه رگرسیونی برقرار گردید. درنهایت با توجّه به گرادیان حاصـل، اقـدام بـه تهیّـهٔ نقشه‌های مربوطه در محیط Arc GIS شد (شکل ۲- چ). متوسّـط دمـای سـالانه در ایـن محـدوده از حـداقل منفی یک درجه در ارتفاعات تا ۱۸ درجهٔ سانتی‌گراد در نواحی پست متغیّر است.

سنگ‌شناسی

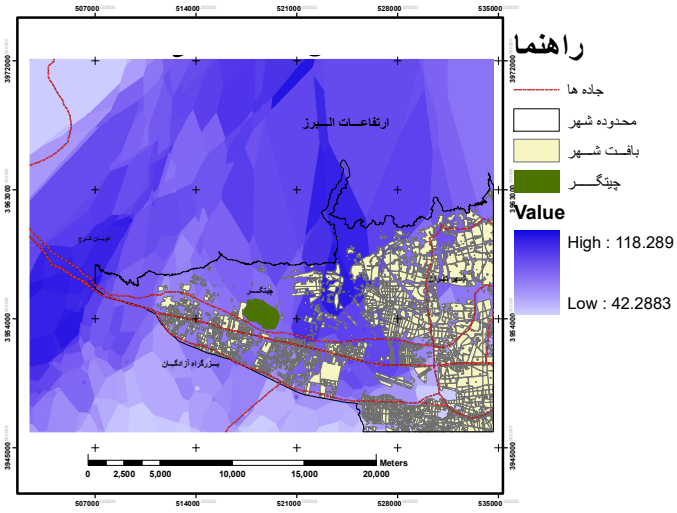
نقشه لیتولوژی منطقه با استفاده از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ زمین‌شناسی به دست آمد. از نظر لیتولوژی منطقهٔ مورد مطالعه دارای ۶ سازند متفاوت زمین‌شناسی است که بخش اعظم مساحت آن را سازند کرج تشـکیل مـی‌دهـد که عمدتاً شامل ماسه‌سنگ، کنگلومرا، شیل، توف، سیلستون و سنگ‌آهک است. قدیمی‌ترین رسـوبات منطقـهٔ مورد مطالعه مربوط به سنوزوئیک و جدیدترین نهشته‌ها مربوط به دورهٔ کواترنر هستند که نهشته‌های کـواترنر شامل آبرفت‌های رودخانه‌ای، پادگانه‌های آبرفتی قدیم و جدید، مخروط‌افکنه‌ها، واریزه‌ها هستند که در دشـت و پایکوه‌ها پراکنده شده‌اند (شکل ۲- ح)



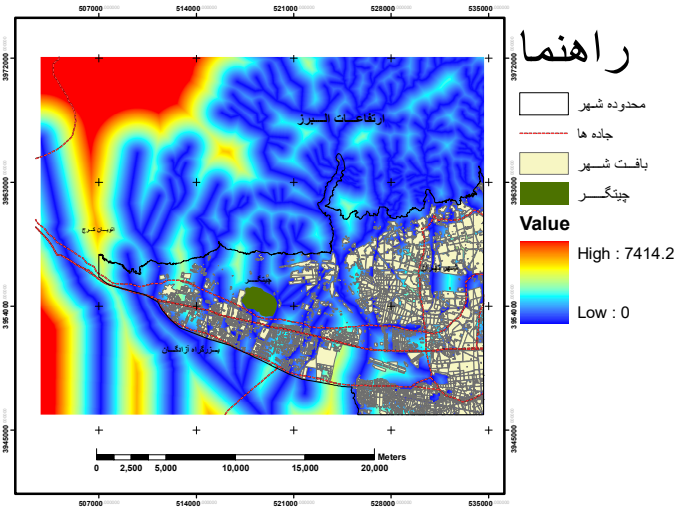
(الف)



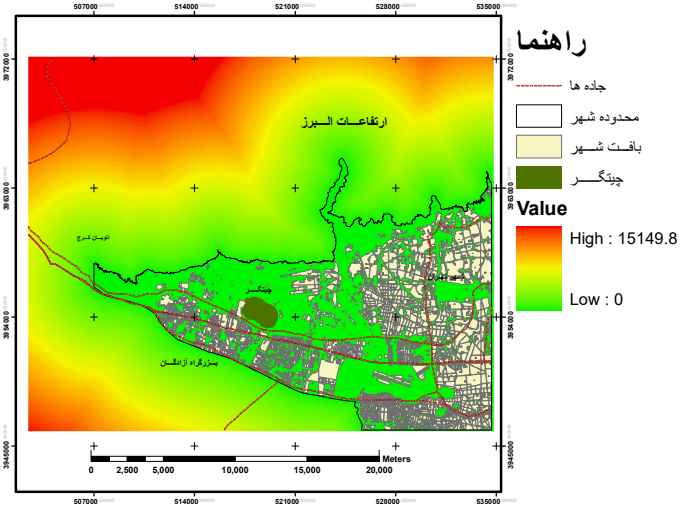
(ب)


راهنما
جاده ها
محدوده شهر
بافت شهر
چینگر
Value
High : 118.289
Low : 42.2883
ارتفاعات البرز
Meters
0 2,500 5,000 10,000 15,000 20,000

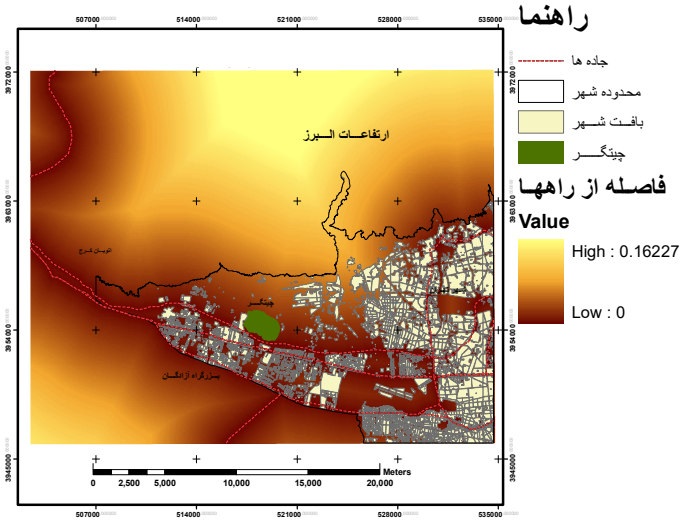
(پ)


راهنما
محدوده شهر
جاده ها
بافت شهر
چینگر
Value
High : 7414.2
Low : 0
ارتفاعات البرز
Meters
0 2,500 5,000 10,000 15,000 20,000

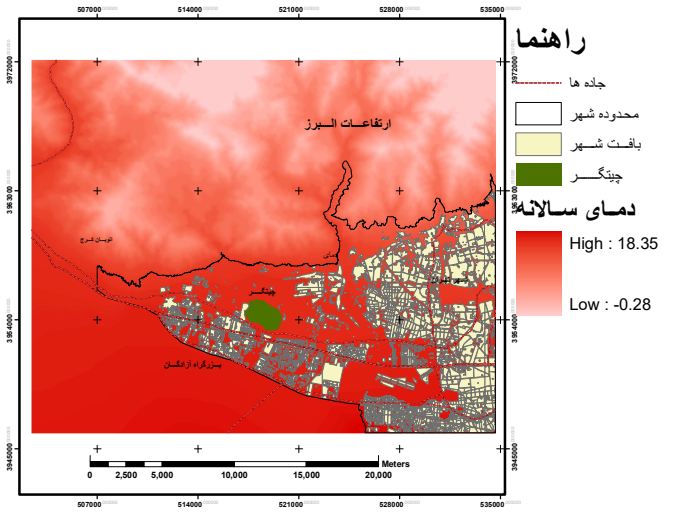
(ت)


راهنما
جاده ها
محدوده شهر
بافت شهر
چینگر
Value
High : 15149.8
Low : 0
ارتفاعات البرز
Meters
0 2,500 5,000 10,000 15,000 20,000

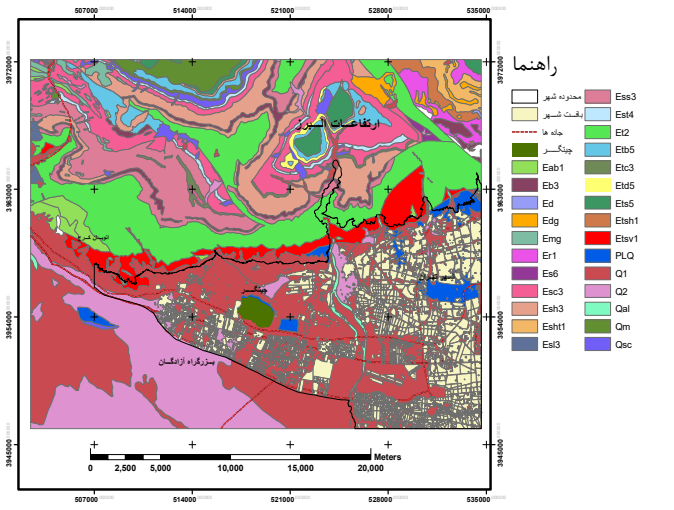
(ث)



(ج)



(چ)



(ح)

شکل ۲. متغیّرهای مورد استفاده برای مکان‌یابی تالاب‌های مصنوعی

فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی

فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی که توسّط ساتی[1] (۱۹۸۰) بنا نهاده شده است، یکی از جامع‌ترین سامانه‌های طراحی‌شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است، زیرا که این روش امکان فرموله کردن مسئله را به صورت سلسله‌مراتبی فراهم می‌کند و همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را در مسئله دارد و گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری دخالت داده و امکان تحلیل حسّاسیّت روی معیارها و زیرمعیارها را دارد (قدسی‌پور، ۱۳۸۵: ۱۴۳). فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی برای ارزیابی تعداد زیادی از معیارها و حل مسائل چند متغیّره، به صورت گسترده به کار می‌رود و این مدل به گروه تصمیم‌گیرندگان اجازه می‌دهد عضو هر گروهی که باشند از آزمون‌پذیری این مدل استفاده کنند و مسئله را به کمک آن حل کنند (چانگ[2] و همکاران،۲۰۰۸). این روش با استفاده از مقایسات زوجی بین معیارها و دیدگاه قضاوتی محقق یا محققان، وزن و اهمیت هر یک از معیارها را برای هدف مشخّص، معین کرده و نهایتاً آلترناتیوها یا گزینه‌ها را اولویّت‌بندی می‌کند. این فرایند شامل سه مرحله به شرح زیر است:

۱. ساختن سلسله‌مراتب: اوّلین گام، ترسیم یک نمایش گرافیکی از مسئله است که در آن هدف، معیارهای مناسب برای دستیابی به هدف و گزینه‌های موردنظر نشان داده می‌شود. در واقع در این مرحله سطوح مختلف تحلیل به صورت سلسله‌مراتبی و گرافیکی به تصویر کشیده می‌شوند.

۲. مقایسه زوجی و وزن‌دهی: در فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی عناصر هر سطح نسبت به یکدیگر به صورت زوجی (دو به دویی) در یک ماتریس K×K مقایسه شده و وزن‌دهی می‌شوند که در آن K تعداد معیارها در هر سطح است (در این بررسی یک ماتریس ۸×۸). مقایسه زوجی به صورت ارزش‌گذاری عنصر سطر نسبت به عنصر ستون صورت می‌گیرد و برای ارزش‌گذاری از مقیاس فاصله‌ای از ۱ تا ۹ استفاده می‌شود (جدول شمارهٔ ۱).

جدول ۱. نحوهٔ ارزش‌گذاری ارجحیت در ماتریس مقایسات زوجی (قدسی‌پور، ۱۳۸۵:۱۴۳)

مقدار ارزش (امتیاز)	درجهٔ اهمّیّت در مقایسهٔ زوجی
۱	با اهمّیّت و ارجحیت یکسان
۳	کمی مرجح یا کمی مهم‌تر
۵	ارجحیت زیاد
۷	ارجحیت خیلی زیاد
۹	کاملاً مرجح یا کاملاً مهم‌تر

*** ارقام مابین امتیازهای فوق ارزش بینابینی دارند**

۳. محاسبهٔ نرخ سازگاری (CR)[3]: نرخ سازگاری در روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی شاخصی است که سازگاری مقایسه‌ها را نشان می‌دهد. این نرخ گویای درجهٔ صحت و دقّت ارزش‌گذاری‌ها در مقایسات زوجی است، چنانچه نرخ مذکور برابر و کمتر از ۰/۱ باشد می‌توان ارزش‌گذاری‌ها و مقایسات را خوب و صحیح دانست، در غیر این صورت ارزش‌گذاری زوجی باید دوباره انجام گرفته یا اصلاح شود (قدسی‌پور، ۱۳۸۵: ۱۴۳).

بررسی‌ها نشان می‌دهد که روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی به دلیل ناتوانی در ترکیب ابهام ذاتی و نبود صراحت مربوط به نگاشت ادراک‌های تصمیم‌گیرندگان با اعداد دقیق، مورد نقد است (دنگ[4]، ۱۹۹۹: ۲۳۱-

1- Saaty
2- Chang
3- Consistency Rate
4- Deng

۲۱۵). همچنین به رغم استفاده روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی از متغیّرهای کیفی، این روش قابلیت و توانایی مدل‌سازی عدم قطعیت[1] مربوط به قضاوت تصمیم‌گیرندگان را ندارد و کارشناسان در روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی با عدم اطمینان روبه‌رو هستند، بنابراین نتیجه حاصل از روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی نیز قابل اعتماد نیست (عیسوی و همکاران، ۱۳۹۱). به علاوه نتایج مقایسات در روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی خصوصاً در مطالعات فضایی که شرایط زمانی و مکانی مطرح است، همواره دچار خطای تورش است (زیاری و همکاران، ۱۳۹۲). لذا در سال‌های اخیر از تئوری منطق فازی در توسعه الگوریتم فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی استفاده شده است که موجب افزایش قابلیّت‌های این روش و همزمان مدل‌سازی خطاها و نبود دقّت‌های مفهومی و داده‌ها شده است (عیسوی و همکاران، ۱۳۹۱).

منطق فازی

در فرهنگ لغت آکسفورد واژه فازی به صورت «مبهم، گنگ، نادقیق، مغشوش، درهم و نامشخّص» تعریف شده است (تشنه‌لب و صفارپور، ۱۳۷۸، ۶۸). نظریّه مجموعه‌های فازی توسّط پرفسور لطفی‌زاده دانشمند ایرانی‌تبار و استاد دانشگاه برکلی آمریکا ارائه شده است. وی در سال ۱۹۶۵ مقاله‌ای تحت عنوان «مجموعه‌های فازی» منتشر کرد و نام فازی را روی این مجموعه‌های گنگ و مبهم نهاد. لذا اصل فازی بیان می‌دارد که همه‌چیز نسبی است. حالت فازی نامی رسمی در علوم دارد که عبارت است از: حالت چند ارزشی (غفاری و همکاران، ۱۳۸۶، ۴۱). منطق فازی که در برابر منطق کلاسیک مطرح شد، ابزاری توانمند برای حل مسائل مربوط به سامانه‌های پیچیده‌ای به شمار می‌آید که در آنها مشکل و یا مسائلی وابسته به استدلال، تصمیم‌گیری و استنباط بشری است (کوره‌پزان، ۱۳۸۷: ۲۱۲). نظریّهٔ فازی نظریّه‌ای برای اقدام در شرایط عدم اطمینان است. این نظریّه مفاهیم و متغیّرهای نادقیق و مبهم را به شکل ریاضی درمی‌آورد؛ بنابراین هدف از ارائه مجموعه‌های فازی ایجاد روشی نوین در بیان عدم قطعیّت‌ها و ابهامات روزمرّه است (مؤمنی، ۱۳۸۷: ۱۸۷). سیستم‌های فازی، سیستم‌های مبنی بر دانش هستند که از روی دانش بشری به شکل قواعد «اگر - آنگاه» ساخته می‌شوند. تئوری فازی روش و ابزاری توانمند و انعطاف‌پذیر برای مدل‌سازی عدم قطعیّت‌های موجود در دنیای واقعی و بیان عبارت‌های زبانی برگرفته از تجربه و دانش بشری در قالب روابط ریاضی است. منطق فازی یک منطق چند مقداری است، یعنی پارامترها و متغیّرهای آن، علاوه بر اختیار اعداد ۰ یا ۱، می‌توانند تمامی مقادیر بین این دو عدد را نیز اختیار کنند. تعلّق هر عضو مجموعه مرجع به یک عضو زیرمجموعه خاص، به صورت قطعی نیست یعنی با قاطعیت نمی‌توان گفت که عضو مورد نظر، متعلّق به این مجموعه هست یا نه. این عدم قطعیّت با نسبت دادن یک عدد بین ۰ و ۱ به این عضو انجام می‌گیرد. اگر این عدد برابر صفر باشد می‌توان با قطعیّت گفت که عضو مورد بحث متعلّق به آن مجموعه نبوده و همچنین اگر این عدد ۱ باشد می‌توان ادعا کرد که عضو مورد بحث متعلّق به آن مجموعه است (ون آلفن و استوروگل[2]، ۲۰۰۰) به این ترتیب یک مجموعه فازی توسّط تابع عضویتی بیان می‌شود که این تابع عضویت درجه تعلّق اعضای مجموعه را با یک عدد حقیقی بین [۰،۱] نشان می‌دهد، به عبارت دیگر اگر عضویت عنصری در مجموعه A را در بازه‌ای از [۰،۱] قرار دهیم به هر x از X عددی در بازهٔ [۰،۱] نسبت داده می‌شود به این تابع، تابع عضویت گفته می‌شود و آن را به صورت $\mu_{A(x)}$ نشان می‌دهند که درجه عضویت بین (۰) و (۱)

1- Uncertainty
2- VanAlphen & Stoorvogel

خواهد داشت. تابع عضویت برابر (۱) نشان‌دهنده عضویت کامل در مجموعه و مقدار (۰) نشان‌دهنده عدم عضویت کامل عنصر در مجموعه است (یاتانی، ۱۳۸۶: ۱۶۳). توابع عضویت شامل توابع مختلفی از قبیل Near، J-Shap، Linear و Sigmodial هستند. توابع ذکر شده، در محیط منتخب Arc GIS و IDRISSelva وجود دارد و علاوه بر این توابع، کاربر می‌تواند با توجّه به نیاز خود، تابع را نیز تعریف نماید. در تمامی توابع ذکر شده سه حالت افزایشی، کاهشی و ترکیب افزایشی و کاهشی وجود دارد. منظور از کاهشی، حداقل شونده یا نزولی بودن تابع و منظور از افزایشی حداکثر شونده یا صعودی بودن تابع است (متکان و همکاران، ۱۳۸۷). نظریّهٔ فازی از زمان ابداع تا به امروز به طور روزافزونی در حال گسترش بوده و کاربردهای گوناگونی پیدا کرده است. این تئوری در الگو کردن پدیده‌های فیزیکی، نقشه‌برداری و طبقه‌بندی به طور گسترده استفاده شده است. پهنه‌بندی، تعیین مناطق همگن هیدرولوژیکی و رگرسیون فازی از جمله کاربردهای تئوری مجموعه‌های فازی در مطالعات هیدرولوژیکی به شمار می‌رود (رستمی، ۱۳۸۷: ۲۰؛ خسروی، ۱۳۸۹: ۲۳؛ اشقلی فراهانی، ۱۳۸۰: ۴۳).

نتایج و بحث

محاسبهٔ وزن معیارها با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی

پس از تهیّهٔ لایه‌های مؤثّر در مکان‌یابی تالاب‌های مصنوعی، در این مرحله وزن هرکدام از لایه‌ها بر اساس روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی و نرم‌افزار Expert Choice تعیین گردید. در این روش با استفاده از قضاوت کارشناسی و با توجّه به درجه اهمّیّت هریک از معیارها، اقدام به رتبه‌بندی عوامل به ترتیب اولویّت شد. بعد از انجام محاسبات در نرم‌افزار، وزن‌های نهایی به دست آمد. جدول ۲ ماتریس مقایسات زوجی و وزن نسبی معیارها در روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی را که با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice به دست آمده، نشان می‌دهد. با توجّه به این جدول ملاحظه می‌شود که معیارهای شیب زمین، فاصله از شبکه زهکشی و عمق آب زیرزمینی به ترتیب با وزن‌های ۰/۲۷۶، ۰/۲۰۰ و ۰/۱۵۲ بیشترین وزن‌ها را به خود اختصاص داده‌اند. البتّه شایان ذکر است که شاخص نرخ سازگاری برابر ۰/۰۹ به دست آمد که با توجّه به اینکه این مقدار کمتر از ۰/۱ است قابل قبول است.

جدول ۲. ماتریس مقایسات زوجی در روش AHP و وزن معیارها برای مکان‌یابی تالاب مصنوعی در شمال غرب تهران

معیارها	شیب	فاصله از شبکه زهکشی	عمق آب زیرزمینی	فاصله از شهر	فاصله از راه‌ها	ارتفاع	لیتولوژی	درجه حرارت	وزن نسبی
شیب	۱	۱/۳	۴	۳	۳	۴	۷	۴	۰/۲۷۶
فاصله از شبکه زهکشی	۳	۱	۲	۲	۲	۳	۵	۷	۰/۲۰۰
عمق آب زیرزمینی	۱/۴	۱/۲	۱	۲	۲	۲	۴	۳	۰/۱۵۲
فاصله از شهر	۱/۳	۱/۲	۱/۲	۱	۲	۱	۱	۱	۰/۱۰۹
فاصله از راه‌ها	۱/۳	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۱	۲	۱	۱	۰/۰۷۷
ارتفاع	۱/۴	۱/۳	۱/۲	۱	۱/۲	۱	۱/۲	۲	۰/۰۷۱
لیتولوژی	۱/۷	۱/۵	۱/۴	۱	۱/۱	۲	۱	۳	۰/۰۶۸
درجه حرارت	۱/۴	۱/۷	۱/۳	۱	۱	۱/۲	۱/۳	۱	۰/۰۴۷

فازی‌سازی لایه‌ها با استفاده از توابع فازی

به منظور تهیّهٔ نقشه‌های فاکتور فازی در این تحقیق، با تعریف توابع عضویت خطّی و با توجّه به اثر مثبت و یا منفی هر پارامتر و با در نظر گرفتن معیارها و ضوابط ارائه شده، دستوراتی در محیط GIS اجرا گردید. در نهایت خروجی حاصل از هر مرحله، لایه رستری است که برای هر لایه اطّلاعاتی بر اساس طبقه‌بندی و ضوابط تعریف‌شده، ارزش‌هایی بین صفر و یک در نظر گرفته شده است. این توابع عبارتند از:

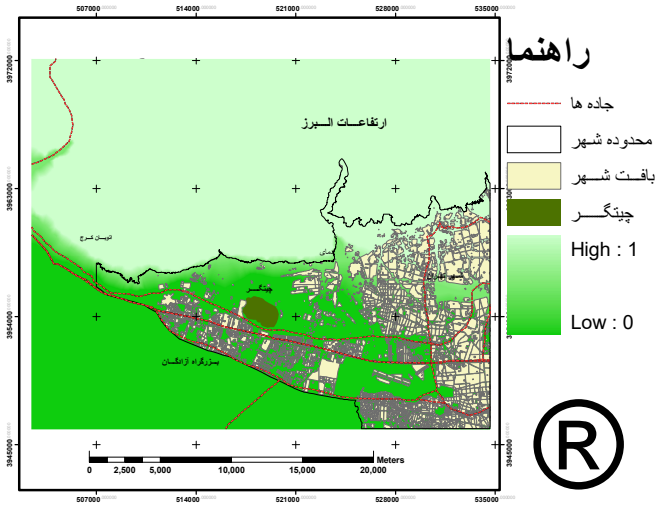
تابع عضویت فازی صعودی: برای استاندارد کردن لایه‌ها به این روش، از رابطهٔ زیر استفاده می‌گردد که Xi لایه مورد مطالعه، Xmin حداقل ارزش موجود در لایه و Xmax حداکثر ارزش در لایه است.

$$Zi = \frac{Xi - Xmin}{Xmax - Xmin}$$ رابطهٔ ۱

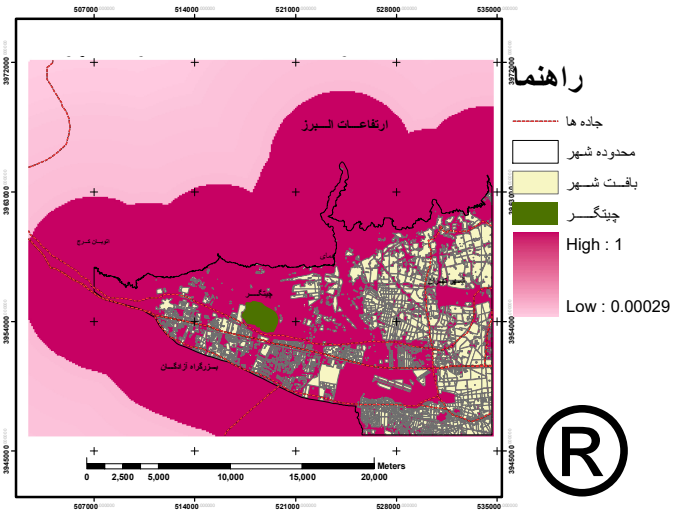
تابع عضویت فازی نزولی: استاندارد کردن لایه‌ها به این روش از رابطهٔ زیر پیروی می‌کند.

$$Zi = \frac{Xi - Xmax}{Xmax - Xmin}$$ رابطهٔ ۲

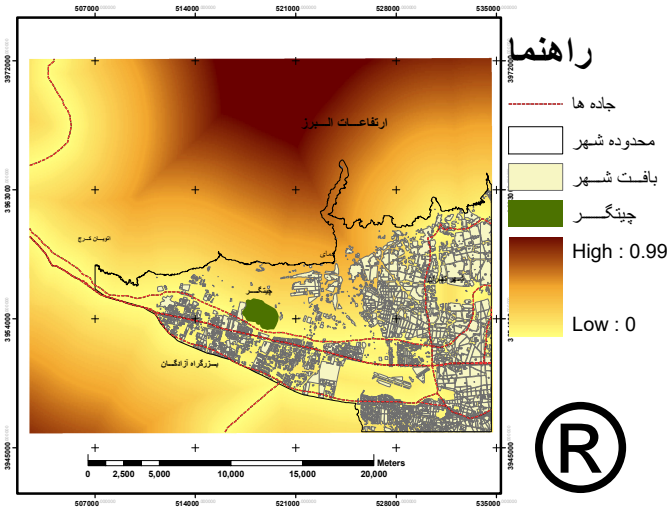
البتّه برای لایه‌های مورد استفاده در این مطالعه، در اکثر موارد از تلفیقی از این دو تابع و نظر کارشناسان استفاده گردیده است. شکل‌های شماره ۳ تا ۱۰ نقشه‌های فازی هریک از متغیّرها را نشان می‌دهد.



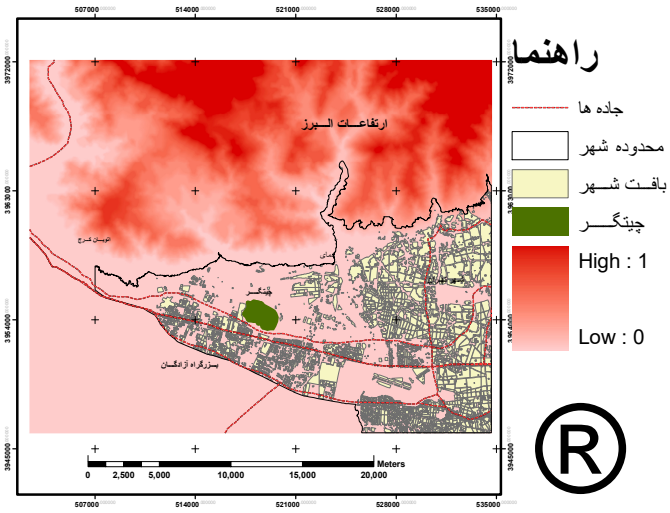
شکل ۳. نقشهٔ فازی‌شدهٔ ارتفاع



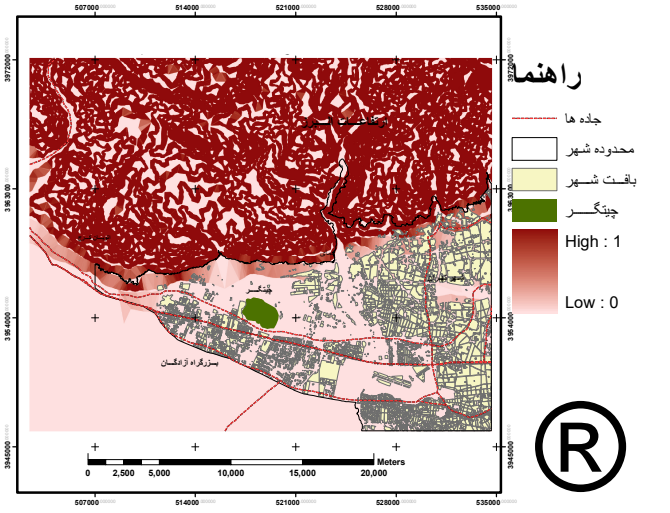
شکل ۴. نقشهٔ فازی‌شدهٔ فاصله از شهر



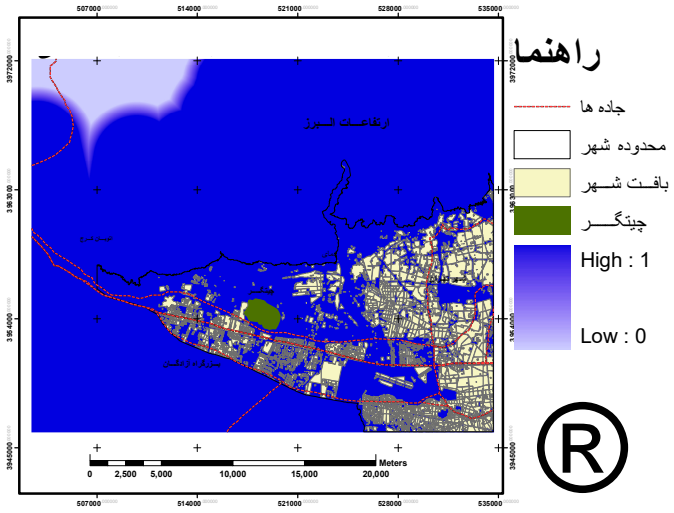
شکل ۵. نقشهٔ فازی‌شدهٔ فاصله از شبکهٔ راه



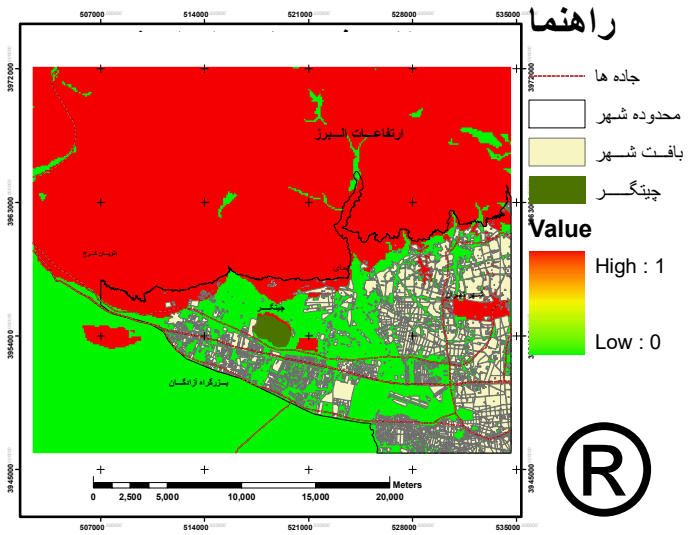
شکل ۶. نقشهٔ فازی‌شدهٔ دما



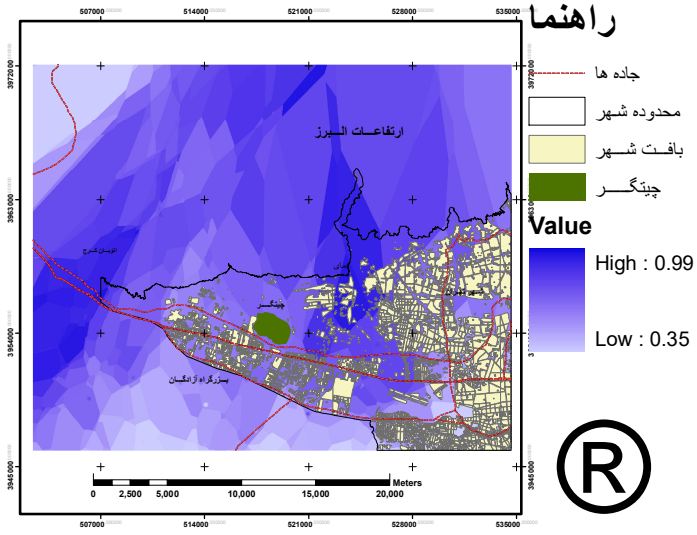
شکل ۷. نقشهٔ فازی‌شدهٔ شیب



شکل ۸. نقشهٔ فازی‌شدهٔ فاصله از شبکه زهکشی



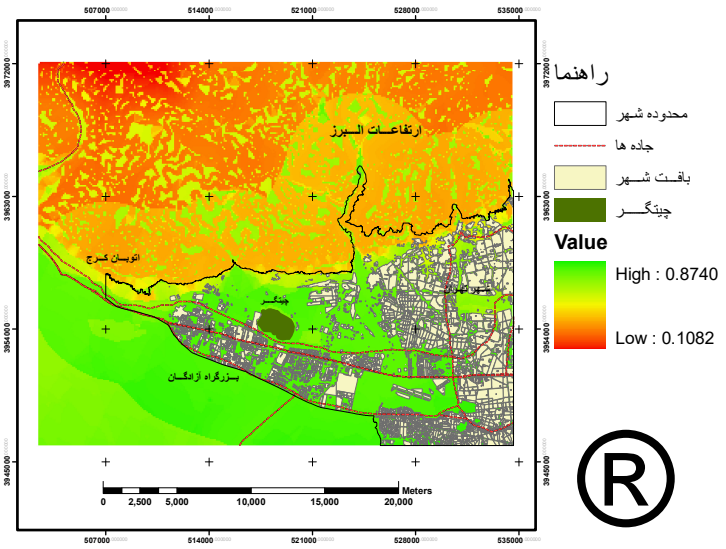
شکل ۹. نقشهٔ فازی‌شدهٔ لیتولوژی



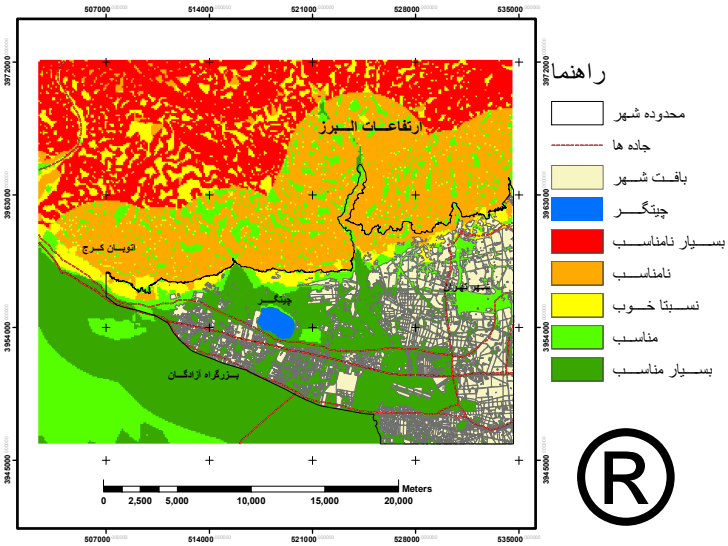
شکل ۱۰. نقشهٔ فازی‌شدهٔ عمق آب زیرزمینی

ارزیابی و مکان‌یابی نواحی مناسب برای احداث تالاب‌های مصنوعی شهری

پس از تهیّهٔ لایه‌های اطّلاعاتی و مشخّص نمودن وزن هریک از لایه‌ها به روش AHP و فازی سازی این لایه‌ها با استفاده از منطق فازی در GIS، برای تهیّهٔ نقشهٔ نهایی با استفاده از GIS و از طریق Extension مربوط به Raster Calculator، وزن هرکدام از لایه‌ها در لایهٔ استانداردشده ضرب گردید و سپس با تلفیق نقشه‌های حاصله، نقشهٔ مکان‌یابی نواحی مناسب و نامناسب برای تالاب مصنوعی به دست آمد (شکل ۱۱- الف). درنهایت نقشهٔ نهایی به ۵ کلاس طبقه‌بندی گردید که کلاس یک کمترین امتیاز و کلاس پنج بیشترین امتیاز را برای مکان‌یابی تالاب مصنوعی دارند (شکل ۱۱- ب).



شکل ۱۱. الف: نقشهٔ طیفی مکان‌یابی نواحی مناسب برای احداث تالاب‌های مصنوعی



شکل ۱۱. ب: نقشهٔ طبقه‌بندی‌شدهٔ مکان‌یابی نواحی مناسب برای احداث تالاب‌های مصنوعی

همچنین در جدول (۳) مساحت و درصد مساحت هریک از کلاس‌ها تعیین شده است. همچنان که جدول (۳) نشان می‌دهد ۳۴/۲۸ درصد از مساحت محدوده در پهنه با پتانسیل بسیار بالا و ۱۵/۴۴ درصد از مساحت

محدوده نیز در پهنه با پتانسیل بالا قرار دارد. نواحی با کمترین پتانسیل نیز در نواحی کوهپایه‌ای و مرتفع محدوده مورد مطالعه واقع بوده و تقریباً ۴۲ درصد از مساحت منطقه را شامل می‌شود. رابطهٔ زیر مراحل انجام کار در Extension مربوط به RasterCalculator را نشان می‌دهد.

نقشهٔ نهایی نواحی تناسب زمین برای احداث تالاب مصنوعی = (فاصله از شبکه زهکشی×۰/۲)+ (شیب×۰/۲۷۶) + (ارتفاع × ۰/۰۷۱) + (فاصله از راه‌ها × ۰/۰۷۷) + (فاصله از شهر × ۰/۱۰۹) + (عمق آب زیرزمینی × ۰/۱۵۲) + (دمای سالانه × ۰/۰۴۷) + (لیتولوژی × ۰/۰۶۸)

جدول ۳. مساحت و درصد مساحت استعداد پهنه‌های مختلف در مکان‌یابی تالاب‌های مصنوعی

کلاس	امتیاز	مساحت (کیلومترمربع)	مساحت (درصد)
۱	بسیارکم	۱۵۲/۶۸	۱۸/۲۵
۲	کم	۱۹۶/۴۳	۲۳/۴۹
۳	متوسّط	۷۱/۲۰	۸/۵۱
۴	خوب	۱۲۹/۱۴	۱۵/۴۴
۵	بسیارخوب	۲۸۶/۶۷	۳۴/۲۸

نتیجه‌گیری

امروزه در بسیاری از شهرهای بزرگ و از جمله تهران فاضلاب‌های شهری و پساب‌های حاصل از فعّالیّت‌های زراعی و صنعتی، رواناب‌ها و سیلاب‌ها که از جمله معضلات مربوط به شکننده نمودن اکوسیستم‌های آبی می‌باشند، به صورت غیر اصولی و بدون توجّه به امکان بازیافت از دسترس خارج می‌گردند. لذا استفاده از منابع آب باید به شیوه‌ای جامع و کامل برنامه‌ریزی گردد تا از آلودگی و کمبود آب که به دلیل روند توسعهٔ ایجادشده، جلوگیری شود و اولویّت‌ها در این راستا باید تأمین نیازهای انسان به آب و حفاظت از اکوسیستم‌ها باشد که این امر لزوم توجّه جدی را در جهت ساخت تالاب‌های مصنوعی به منظور بازیافت و ارتقاء کیفیت آب، ایجاد چشم‌انداز و جذب گستره قابل توجّهی از گونه‌های گیاهی و جانوری فراهم می‌آورد. لذا در این پژوهش به مکان‌یابی نواحی مناسب برای احداث تالاب‌های مصنوعی در شمال غرب تهران با استفاده از روش ترکیبی Fuzzy -AHP پرداخته شد. پس از تهیّهٔ لایه‌های اطّلاعاتی و مشخّص نمودن وزن هریک از لایه‌ها به روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی و استانداردسازی این لایه‌ها با استفاده از منطق فازی در GIS، وزن هریک از لایه‌ها در لایه استانداردشده ضرب گردید و سپس با تلفیق نقشه‌های حاصله، نقشه مکان‌یابی نواحی مناسب و نامناسب برای تالاب‌های مصنوعی به دست آمد. مکان‌یابی دقیق سایت احداث تالاب مصنوعی نیاز به بررسی‌های میدانی و تفصیلی دارد. درنهایت با تطبیق نقشهٔ نهایی به دست آمده با بررسی‌های میدانی و تصاویر ماهواره‌ای مشخّص گردید که در نقشهٔ نهایی قسمت شمالی منطقهٔ مورد مطالعه و ارتفاعات البرز به دلیل ارتفاع و شیب زیاد و ناهموار بودن برای احداث تالاب شهری ارزش و امتیاز بسیار کمی دارد. در واقع تقریباً ۱۸ درصد از مساحت منطقه که شامل شمال و شمال غرب منطقهٔ مورد مطالعه است، پتانسیل بسیار کمی را برای احداث تالاب به خود اختصاص داده است. حال آنکه مناطق با پتانسیل بسیار خوب با اختصاص ۳۴ درصد از مساحت منطقه، در جنوب و جنوب شرق منطقهٔ مورد مطالعه واقع شده‌اند که شامل مناطق شهری ۲۱، ۱۸، ۱۷، ۱۰، ۹ و قسمت‌های جنوبی منطقه ۲۲ است. در واقع از سمت شمال به جنوب منطقهٔ مورد مطالعه، پهنه‌های مساعد و مناسب برای احداث تالاب‌های مصنوعی شهری افزایش می‌یابد. لازم به ذکر است که از سال ۱۳۸۹ در حاشیه پارک جنگلی چیتگر شهرداری تهران اقدام به احداث تالاب مصنوعی نمود که در حال حاضر این پروژه به بهره‌برداری رسیده است.

امروزه استفاده از سامانهٔ اطّلاعات جغرافیایی در ذخیره‌سازی اطّلاعات مکانی و غیر مکانی، مدیریت، ویرایش، قابل نمایش کردن و در نهایت امکان اعمال انواع تحلیل‌های فضایی، ابزار قدرتمندی را در اختیار مدیران و تصمیم گیران در کمک به فرایند تصمیم‌گیری قرار داده است. به علاوه سیستم اطّلاعات جغرافیای با توانایی در کاربرد توابع مختلف و امکان تغییر و دستکاری داده‌ها و توانایی وسیع در ترکیب لایه‌های اطّلاعاتی مختلف و همچنین امکان استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و نتایج حاصل از تفسیر این تصاویر، ابزار منحصر به فردی در انجام عملیات ارزیابی و مکان‌یابی است. به طوری که بدون استفاده از (GIS) امکان انجام این مطالعات با سرعت و دقّت مناسب بسیار دشوار خواهد بود. بنابراین استفاده از تکنیک‌های سیستم اطّلاعات جغرافیایی علاوه بر امکان مطالعه مناطق وسیع، با در نظر گرفتن تمامی پارامترها به طور همزمان، سبب صرفه‌جویی در زمان و هزینه مالی می‌گردد. برخلاف روش‌های سنّتی که اوّلاً زمان‌بر بوده و ثانیاً امکان تحلیل همزمان داده‌ها وجود ندارد، در محیط GIS افزون بر کاهش زمان، امکان داشتن یک نگاه جامع به منطقه و داده‌های مورد استفاده را می‌دهد .

در کنار سیستم اطّلاعات جغرافیایی، سیستم‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره به طور گسترده‌ای برای حل مسائل فضایی به کار گرفته می‌شوند. سیستم‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در ترکیب با سیستم‌های اطّلاعات جغرافیایی پتانسیل زیادی را به منظور کاهش دادن هزینه و زمان و بالا بردن دقّت در تصمیم‌گیری‌های فضایی دارا می‌باشند و می‌توانند چارچوب مناسبی را برای حلّ مسائل فضایی فراهم بیاورند. سیستم‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره با توجّه به نوع کاربرد در مقایسه با یکدیگر دارای نقاط ضعف و قوت مختص به خود هستند و انتخاب یکی از این سیستم‌ها با توجّه به نقاط ضعف و قوت مذکور، عاری از دشواری نیست. گاه ترکیب این سیستم‌ها در غالب یک سیستم ترکیبی، روش مناسبی جهت کاهش ضعف‌ها و در عین حال افزایش کارایی این سیستم‌ها است.

فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی یکی از جامع‌ترین سامانه‌های طراحی‌شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است. استفاده از این روش در محیط سیستم اطّلاعات جغرافیایی می‌تواند با سرعت و دقّت نسبتاً قابل قبولی نواحی مستعد را مشخّص و آشکار نماید. با این وجود، قضاوت محوری این مدل می‌تواند از عیوب آن نیز محسوب شود. چون در صورت عدم وجود دانش و تجربهٔ کافی و شناخت نسبت به موضوع و منطقه، ممکن است نتایج نه‌چندان صحیحی از این مدل حاصل شود. لذا بهره‌مندی از روشی که بتواند به خوبی آگاهی، تخصّص و قضاوت‌ها را در محیط تصمیم‌گیری توجیه نماید، بسیار سودمند خواهد بود.

در سال‌های اخیر به منظور افزایش قابلیت روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، این روش با روش فازی پیاده‌سازی شده و در قالب الگوریتم Fuzzy-AHP ارائه شده است. Fuzzy-AHP عدم اطمینان در رتبه‌بندی عملکردها و تصمیمات موجود در روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی را از بین می‌برد. منطق فازی کمک کرد که ابهام موجود در قضاوت‌ها فرموله شده و به زبان ریاضی درآید. در Fuzzy-AHP امکان فرموله کردن عدم قطعیّت‌های مربوط به کارشناسان امکان‌پذیر است. این روش یک ساختار قابل درک بین تصمیم‌گیری چندمعیاره با مجموعه‌ای از داده‌های کمی و کیفی، وجود ساختار مرتبه‌ای و مستقل قابل فهم و تولید اشکال دارای اولویّت را ارائه و در نهایت ضریب ناسازگاری را کاهش می‌دهد. منطق Fuzzy-AHP تفکرات بشری را در استفاده از اطّلاعات تقریبی و نامطمئن برای تصمیم‌گیری بازتاب داده و می‌تواند بیشترین انعطاف در قضاوت و واقعی‌ترین و بهترین رابطه بین معیارها و متغیّرها را ارائه کند. استفاده از مجموعه‌های فازی در

ترکیب با مدل سلسله‌مراتبی علاوه بر اینکه ابهام به عنوان بخشی از سیستم مدل می‌شود، بلکه میزان خطای تورش ناشی از مقایسه دو به دو لایه‌ها نیز کاهش خواهد یافت. معمولاً هرچه لایه‌های اطّلاعاتی یا به عبارتی تعداد فاکتور در داخل مدل افزایش یابد، دقّت مدل بیشتر خواهد شد؛ امّا از طرفی افزایش تعداد فاکتورها، هزینه ارائه مدل را بیشتر کرده و مدل را پیچیده‌تر می‌کند؛ بنابراین بهترین مدل، مدلی است که با کمترین تعداد فاکتور بهترین نتیجه را ارائه دهد.

منابع

آل شیخ، علی‌اصغر (۱۳۸۰) کاربرد GIS در مکان‌یابی عرصه‌های پخش سیلاب، **فصلنامهٔ تحقیقات جغرافیایی**، ۵۱، صص. ۲۸-۱۳.

اشقلی فراهانی، عقیل (۱۳۸۰) **ارزیابی خطر ناپایداری دامنه‌های طبیعی در منطقه رودبار با استفاده از تئوری فازی**، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد گروه جغرافیا، استاد راهنما: منیژه قهرودی تالی، دانشگاه تربیت‌معلم تهران.

انجمن تخصّصی محیط‌زیست،۱۳۸۹، **تأثیر افزایش جمعیّت بر محیط‌زیست**، www.mohit-zist.com.

بدری فریمان، مهدی؛ صفائیان، علیرضا؛ شریفان، حمیدرضا (۱۳۸۸) تالاب‌های مصنوعی: بازیافت پساب و سیلاب و حمایت از تنوع زیستی، **دوّمین همایش ملی اثرات خشکسالی و راهکارهای مدیریت آن**، اصفهان، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان و ستاد حوادث غیرمترقبه استانداری اصفهان.

بهباش، روشنا؛ کبابی، بهرام؛ امینی، اردشیر؛ الوندی، رحیم (۱۳۸۷)، اهمّیّت تالاب‌های مصنوعی (مطالعهٔ موردی: تالاب ناصری)، **اوّلین کنفرانس بین‌المللی آب**، زابل، دانشگاه زابل، پژوهشکدهٔ تالاب بین‌المللی هامون، ص. ۳۶.

بیاتانی، علی (۱۳۸۶) **تهیّهٔ نقشه پتانسیل معدنی ذخایر مس پرفیری با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطّلاعات جغرافیایی**، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد گروه سنجش از دور، استاد راهنما: علی‌اکبر متکان، دانشگاه شهید بهشتی.

تشنه‌لب محمد؛ صفارپور؛ نیما (۱۳۷۸) **سیستم‌های فازی و کنترلی فازی**، چاپ دوّم، انتشارات خواجه نصیرالدین طوسی، تهران.

جباری، ندا (۱۳۸۸) **مطالعه عوامل ژئومورفیک تأثیرگذار بر گسترش بی‌رویه شهر تهران (مطالعهٔ موردی: شمال غرب تهران)**، پایان‌نامه کارشناسی ارشد گروه جغرافیا، اساتید راهنما: محمدرضا ثروتی و محمد مهدی حسین‌زاده، دانشگاه شهید بهشتی.

خسروی، سمیه (۱۳۸۹) **مدل‌سازی شاخص‌های مورفونئوتکتونیک مؤثّر بر کالبد شهر (شهرداری منطقهٔ یک تهران)**، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد گروه جغرافیا، استاد راهنما: منیژه قهرودی تالی، دانشگاه تربیت‌معلم تهران.

رستمی، فرض‌الله (۱۳۸۷) **اصلاح مدل برآورد رسوب ام پسیاک با به کارگیری تکنیک فازی در حوضه سد زاگرس**، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد گروه جغرافیا، استاد راهنما: دکتر منیژه قهرودی تالی، دانشگاه تربیت‌معلم تهران.

زیاری، کرامت الله؛ شادمان رودپشتی، مجید؛ حسن‌پور، سیروس؛ مصطفایی، ابوالفضل (۱۳۹۲) مکان‌یابی عرصه‌های مناسب فضای سبز شهری با استفاده از روش ترکیبی AHP و فازی در محیط GIS (مطالعهٔ موردی: منطقه ۱۴ شهرداری کلانشهر تهران)، **فصلنامهٔ فضای جغرافیایی**، ۴۳ (۱۳)، صص. ۳۸-۱۹.

شریفی، مظفر؛ چهاردولی، اعظم (۱۳۸۹) مزیت‌ها و محدودیت‌ها در استفاده از تالاب‌های مصنوعی به منظور تصفیهٔ آب‌های آلوده، **چهارمین همایش تخصّصی مهندسی محیط‌زیست**، تهران، دانشکدهٔ محیط‌زیست دانشگاه تهران.

صادقی زادگان، صادق (۱۳۸۲) **کنوانسیون تالاب‌ها**، چاپ اوّل، انتشارات سازمان حفاظت محیط‌زیست، تهران.

صفاری، امیر (۱۳۸۷) **قابلیّت‌ها و محدودیت‌های ژئومورفولوژی کلانشهر تهران به منظور توسعه و ایمنی**، پایان‌نامهٔ دکتری گروه جغرافیا، دانشگاه تهران.

ضرغام، شریفه (۱۳۷۷) **بررسی مسائل تهران بزرگ با تأکید بر نیاز شهروندان تهرانی به فضای سبز**، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد گروه جغرافیا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی.

عیسوی، وحید؛ کرمی، جلال؛ علیمحمدی، عباس؛ نیک‌نژاد، سید علی (۱۳۹۱) مقایسه دو روش تصمیم‌گیری AHP و Fuzzy-AHP در مکان‌یابی اوّلیهٔ سدهای زیرزمینی در منطقهٔ طالقان، **فصلنامهٔ علوم زمین**، ۸۵ (۲۲)، صص. ۳۴-۲۷.

قدسی‌پور، سید حسن (۱۳۸۵) **فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی**، چاپ پنجم، تهران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

کاسکو، بارت (۱۳۸۶) **تفکّر فازی**، ترجمه غفاری، علی؛ مقصودپور، عادل؛ ممتاز، علیرضاپور؛ قسیمی، جمشید، چاپ اوّل، تهران، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدّین طوسی.

کوثر، سیدآهنگ (۱۳۷۴)، مقدّمه‌ای بر مهار سیلاب‌ها و بهره‌وری بهینه از آنها - آبیاری سیلابی - تغذیه مصنوعی - بندهای کوتاه خاکی، **مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع**، ۱۵۰، صص.۶۰-۴۴.

کوره‌پزان دزفولی، امین (۱۳۸۷) **اصول تئوری مجموعه‌های فازی و کاربرد آن در مدل‌سازی مسائل مهندسی آب**، چاپ دوّم، جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر، تهران.

متکان، علی‌اکبر؛ شکیبا، علیرضا؛ پورعلی، سید حسین؛ نظم‌فر، حسین (۱۳۸۶)، مکان‌یابی مناطق مناسب جهت دفن پسماند با استفاده از GIS (ناحیه مورد مطالعه: شهر تبریز)، **فصلنامه علوم محیطی**، ۲ (۶)، صص. ۱۳۲-۱۲۱.

معاضد، هادی؛ امیرسلطانی، محمد؛ زینال‌زاده، کامران؛ کریمی، غلامحسین (۱۳۸۶) استفاده از تالاب‌های مصنوعی در تصفیه فاضلاب‌های شهری، **اوّلین همایش سازگاری با کم‌آبی**، تهران، معاونت صنایع و امور زیربنایی وزارت جهاد کشاورزی و شرکت مدیریت منابع آب، ص. ۳۳.

مؤمنی، منصور (۱۳۷۸) **مباحث نوین تحقیق در عملیّات**، چاپ دوّم، دانشگاه تهران، تهران.

Boutilier, L., Jamieson, R., Gordon, R., Lake, C., Hart, W. (2009) Adsorption, sedimentation, and inactivation coli within wastewater treatment wetlands, **Water research**, 43, pp. 4370 – 4380.

Cheng, C. H., Yang, K. L., Hwang, C. L. (1999) Evaluating Attack Helicopters by AHP Based on Linguistic Variable Weight, **European Journal of Operational Research**, 116, pp. 423-435.

Dalu, J. M., Ndamba, J. (2003) Duckweed based wastewater stabilization ponds for wastewater treatment (a low cost technology for small urban areas in Zimbabwe), **Physics and Chemistry of the Earth**, 28, pp.1147–1160.

Deng, H. (1999) Multicriteria analysis with fuzzy pairwise comparisons, **International Journal of Approximate Reasoning**, 21, pp. 215-231.

Freimuth, P., Bass, D. (1994) Physicochemical Conditions and Larval Chironomidae (Diptera) of an Urban Pond, **Proc. Okla. Acad. Sci**, 74, pp.11-16.

Gemitzi, A., Tsihrintzis, V. A., Chirstou, O., Patalas, C. (2007) Use of GIS In Siting stabilization pounds, facilities for domestic wastewater treatment, **Journal of Environmental Management**, 82, pp.152-160.

Güngör, Z., Serhadlıoğlu, G., Kesen, S. E. (2009) A fuzzy AHP approach to personnel selection problem**, Applied Soft Computing**, 2, pp. 641-646.

Gledhill, D. G., James, P., Davies, D. H. (2004) Urban Pond: A Landscape of Multiple Meanings, **International conference of the Pond Life Project Vaeshartlet Conference centre**, England.

Satty, T. L. (1980) **Theanalytic hierarchy process**, McGraw-Hill, New York, pp. 68-86.

UnitedStates Departement of Agriculture (1982) Ponds, Planing, Design, Construction, **Agriculture Handbook**, 590, pp.1-96.

Van Alphen B. J., Stoorvogel, J. J. (2000) A FunctionalApprouch to Soil Characterizationin SupportofPrecisionagricalture, **Agric Syst**, 64, pp.1706-1713.

Zhao, Y. W., Qin, Y., Chen, B., Zhao, X., Li, Y., Yin, X. A., Chen, G. Q. (2009) GIS-based optimization for the locations of sewage treatment plants and sewage outfalls – A case study of Nansha District in Guangzhou City, China, **Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation**, 14, pp. 1746–1757.