صص ۸۴-۶۷

مدیریت و دفع رواناب‌های شهری با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS (مطالعه موردی: بندر ماهشهر)

مصطفی قنواتی
کارشناس ارشد جغرافیا، واحد ماهشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، ماهشهر، ایران
مریم ایلانلو*
استادیار گروه جغرافیا، واحد ماهشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، ماهشهر، ایران
صادق بشارتی فرد
استادیار گروه جغرافیا، واحد ماهشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، ماهشهر، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۵/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۸/۵

چکیده
سطوح خیابان‌ها و پشت‌بام ساختمان‌ها در شهرها همانند مانعی در برابر نفوذ آب باران به داخل خاک عمل کرده و درنتیجه افزایش رواناب در سطح شهر را به دنبال خواهند داشت. یکی از راهکارهای عملی که علاوه بر تأمین بخشی از نیاز غیرشرب ساکنین، در کاهش رواناب سطح شهرها و آسیب‌های ناشی از آن نیز می‌تواند مؤثر باشد، احداث کانال‌ها و حتی جوی‌های انتقال است. هدف از این پژوهش، مدیریت و دفع رواناب‌ها با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در بندر ماهشهر باشد. بدین منظور با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در ابتدا لایه‌های رقومی منطقه شامل ارتفاع، شیب، جهت شیب و شبکه زهکشی شهر تهیه گردید. سپس با استفاده از روش منطق فازی فضاهای دارای پتانسیل تجمع رواناب در منطقه مورد شناسایی قرار گرفتند. یافته‌های پژوهش بیانگر این می‌باشند که تمرکز این فضاها در شرق، مرکز و شمال شرق و جنوب شرق منطقه است. سپس با استفاده از تکنیک River Tools و با توجه به نقشه شبکه زهکشی شهر، بهترین مسیرها برای احداث کانال‌های پیشنهادی شامل کانال‌های فرعی، کانال‌های اصلی درجه یک و کانال‌های اصلی درجه دو تهیه گردید می‌باشند.

واژگان کلیدی: رواناب، آب‌گرفتگی، سیستم اطلاعات جغرافیایی، بندر ماهشهر.

مقدمه

با تغییرات جهانی در وضعیت آب و هوا و گسترش فرآیند شهری شدن، فراوانی و شدت بحران‌های طبیعی و آسیب‌های ناشی از آن افزایش یافته است. سیل و آب‌گرفتگی یکی از بحران‌های طبیعی در بسیاری از شهرها است که به علت شدت و وجود زمان کم برای واکنش، چالش‌های زیادی را ایجاد کرده است (Apel et al, 2018:78). سیلاب شهری حجم آبی است که خارج از ظرفیت زهکشی شهر است و منجر به بروز یکسری از مشکلات و خسارات در شهر می‌گردد.

* نویسنده مسئول: Email: m.ilanlou@mhriau.ac.ir

نقشه‌های منتشر شده از طرف سازمان‌های بین‌المللی حاکی از افزایش سیلاب‌های شهری است (Sourisseau et al, 2017: 1128). در دنیای امروز ما که زندگی شهری خسارات جبران ناپذیری را به طبیعت وارد آورده و منابع طبیعی را در معرض قرار داده است، مدیریت و ارزیابی آسیب‌پذیری مناطق شهری در برابر آب‌های سطحی به‌خصوص در شهرهای بزرگ و پرجمعیت، مناطق پست و جلگه‌ای از اهمیت خاصی برخوردار است. تخریب حوزه آبخیز بالادست نواحی شهری به صورت‌های مختلف از جمله تخریب پوشش گیاهی و جاده سازی، هم‌چنین گسترش بی‌رویه اراضی شهری و صنعتی، سبب کاهش نفوذ و افزایش رواناب می‌شود (Kling et al, 2012: 268). از سوی دیگر بارش غالب در کشور به‌صورت رگبارهای شدید و کوتاه مدت است که فرصت نفوذ باران به داخل خاک را کاهش می‌دهد و در نتیجه بخش قابل توجه‌ای از بارش به رواناب‌های سطحی تبدیل می‌شود، از این‌رو رودخانه‌ها و مسیل‌های حوزه‌های آبخیز شهری از درجه ریسک زیادی برای سیل‌خیزی و خسارات ناشی از آن برخوردارند و دستیابی به توسعه پایدار شهری نیازمند طراحی مدل‌های مناسب مدیریت و حفاظت رودخانه‌ها و مسیل‌ها در حوزه‌های آبخیز شهری است (رضایی و همکاران، ۱۳۹۷: ۱۳۸). در شرایطی که میزان بارندگی و رواناب حاصله بیش از ظرفیت شبکه جمع‌آوری باشد، خیابان‌ها فعال گردیده و انتظار می‌رود هم انباشت و هم انتقال آب توسط خیابان‌ها انجام شود. از طرف دیگر جاری شدن رواناب بر روی خیابان‌های شهر باعث بروز اختلال در ترافیک می‌شود و ممکن است خطراتی را نیز همراه داشته باشد (Tsihrintzis et al, 2018:318). در همین راستا یکی از مهم‌ترین چالش‌های پیشروی تصمیم گیران و برنامه‌ریزان، چگونگی انتخاب ترکیب بهینه اقدامات نوین در مدیریت سیلاب است. به‌طوری که علاوه بر کنترل کمیت و کیفیت سیلاب، از حجم قابل ملاحظه رواناب نیز به‌عنوان یک نوع منبع تأمین آب در مصارف شهری استفاده شود. اهمیت این موضـــوع، در مناطقی که با بحران‌های آبی روبرو هستند و بـــه منابع جـــدیـد آب نیازمند هستند، بیش از پیش نمایان می‌گردد (Jia et al. 2015). بنا بر آنچه بیان شد، مهم‌ترین هدف در مدیریت رواناب سطحی، جمع‌آوری آن‌ها در سطح شهر و در مراحل بعدی استفاده مجدد از این رواناب‌ها و کاهش اثرات مخرب آن بر محیطزیست است (Karamouz et al. 2014.). به‌طور مرسوم، پژوهش‌های پیرامون بررسی بار سیلاب و خطر آب‌گرفتگی سیستم‌های زهکشی شهری در چهار نوع رویکرد عمده مطرح می‌شود که یکی از این رویکردها استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و فناوری سنجش از راه دور است. از GIS و روش RS به‌منظور ارزیابی خطر سیلاب در مناطق شهری و تأمین پشتیبانی فنی برای بررسی خطر سیلاب استفاده می‌شود (Tanavud et al, 2014: 4). با توجه به اهمیت موضوع، تاکنون مطالعات چندی توسط محققین مختلف انجام شده است؛

Lai و همکاران (۲۰۱۹) طرح جانمایی و انتخاب LID-BMP ها (روش‌های بهینه مدیریتی و روش‌های توسعه با حـــداقل اثرات جانبی) را توسط SUSTAIN6 بررسی نمودنـــد. در این پژوهش، میـــزان کمیت و کیفیت رواناب در حوضه‌های شهری با هدف کنترل آلـــودگی و سیلاب مورد بررسی قرار گرفت. Abi Aad و همکاران (۲۰۱۸) به مطالعه تأثیر باغچه‌های باران زاد و بشکه‌های ذخیره آب در کنترل رواناب‌های شهری با استفاده از مدل‌سازی در فضای

SWMM1 پرداختند. نتایج نشان داد، باغچه باران زاد در کنترل رواناب شهری در مقایسه با دیگر LID-BMP ها عملکرد بهتری داشته است. Oraei و همکاران (۲۰۱۷) با تعریف دو تابع هدف، به بررسی تأثیر عملکرد روش‌های نوین به‌طور مجزا در کنترل رواناب‌های سطحی با استفاده از الگوریتم NSGAII پرداختند. نتایج نشان داد که راه‌حل‌های ارائه شده توسط الگوریتم مذکور در میزان مساحت سازه‌ها، تأثیر به سزایی دارد.

مافی و همکاران (۱۳۹۸) به مدیریت و دفع رواناب‌های شهری با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS و تکنیک River Tools در منطقه یک اهواز پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد در این منطقه به علت شیب کم امکان تخلیهٔ ثقلی و به علت هزینهٔ زیاد امکان پمپاژ آب به رودخانه کارون وجود نداشته است، ولی با استفاده از تحلیل‌های GIS بهترین مسیر طبیعی منطبق بر خیابان‌ها برای تخلیهٔ رواناب، مشخص شده است و در نهایت، نقشهٔ شبکهٔ پیشنهادی دفع آب‌های سطحی از منطقه مورد مطالعه ارائه شده است. غضنفری و همکاران (۱۳۹۸) به سنجش واکنش مدیران شهری در رویارویی با مخاطرهٔ محیطی سیل با تأکید بر تاب‌آوری در شهر جیرفت پرداختند. نتایج حاصل از تی تک نمونه‌ای در راستای سنجش واکنش مدیریت شهری جیرفت در برابر سیلاب نشان می‌دهد بین حد مبنا (۳) و مقدار محاسبه شده ۳/۱۷ اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. شوکتی و همکاران (۱۳۹۸) به بررسی مدیریت رواناب شهری در توسعه پایدار و محیط‌زیست در شهرهای کرج و اهواز پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که علیرغم اینکه متوسط بارندگی سالانه اهواز از کرج کمتر می‌باشد، ولی نسبت سرریز از مخزن در اهواز به دلیل نامنظم و رگباری بودن روند بارش در این شهر بیشتر بوده و درصد تبدیل بارش به رواناب بیشتر است. رضایی و همکاران (۱۳۹۷) به تعیین مهم‌ترین پارامترهای تأثیرگذار بر میزان رواناب شهری با استفاده از مدل SWMM در منطقه ۹ مشهد پرداختند. نتایج پژوهش آنان نشان داد که مدل SWMM دقت مورد نیاز برای شبیه‌سازی رواناب شهری را دارد و می‌توان از این مدل برای طرح‌های مدیریت رواناب شهری و طراحی شبکه زهکشی رواناب شهری با تعیین اثرات مهم‌ترین پارامترهای تأثیرگذار بر میزان بر رواناب شهری در منطقه مورد مطالعه استفاده نمود.

در مناطقی همچون بندر ماهشهر که به لحاظ توپوگرافی جزء مناطق پست و جلگه‌ای با شیب بسیار کم محسوب می‌شوند این مسئله بیشتر مشاهده می‌شود. در سال جاری، کشور موارد متعددی از جاری شدن سیل را در شهرها و روستاها (شیراز، استان خوزستان، استان گلستان و غیره) تجربه کرد. نکتهٔ قابل توجه در این زمینه، نزول حجم بالایی از بارش نبود، بلکه طولانی شدن زمان آب‌گرفتگی معابر و جاری شدن سیلاب و درنهایت خساراتی جانی و مالی بود که بی‌تردید علّت این امر ضعف مدیریت شهری و انسجام بین سازمانی در رویارویی با بحران‌ها است که چنین مشکلاتی را به وجود آورده است. در طی بارندگی‌ها در آذر ماه ۱۳۹۸ در ماهشهر به دلیل نبود کانال‌ها و حتی جوی‌های انتقال روان آب‌های سطحی تمامی معابر و خیابان‌ها دچار آب‌گرفتگی شدیدی شدند که آسیب‌های عمده‌ای به زیرساخت‌ها منطقه وارد شده است. با توجه به مسائل ذکر شده مدیریت و دفع رواناب‌ها در بندر ماهشهر بسیاری ضروری و پراهمیت می باشد. هدف این پژوهش مدیریت و دفع رواناب‌ها با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در بندر ماهشهر باشد.

مبانی نظری

طراحی سیستم‌های جمع‌آوری آب‌های سطحی در شهرها ارتباط بسیار نزدیکی با برنامه‌ریزی شهری دارد و بخشی از آن تلقی می‌شود. طبعاً هرگونه سهل‌انگاری در این زمینه، مستقیماً در طرح شهرسازی اثرگذار است و می‌تواند برای جوامع و کانون‌های شهری مشکل‌آفرین باشد.

مناسب‌ترین زمان برای تهیه طرح سیستم دفع آب‌های سطحی شهری، هنگامی است که مطالعات شهرسازی در جریان است و انعطاف‌پذیری در طرح‌ریزی شهری امکان دارد. مسئله دفع آب‌های سطحی از مسائل عمده ایمن‌سازی مناطق مسکونی از خطر وقوع سیلاب و نهایتاً رفع خسارات احتمالی از مناطق شهری است. مطالعه سیلاب در یک حوضه، مستلزم به‌کارگیری حجم بالایی از اطلاعات و داده‌های متنوع در مورد خصوصیات فیزیکی حوضه، کاربری اراضی، نوع خاک حوضه و وضعیت هیدرولیکی مسیر جریان بوده و از این‌رو، مدیریت سیلاب در یک حوضه نیازمند نگرش یکجا و سیستمی به سیکل هیدرولوژی در آن حوضه است (رادمهر و عراقی‌نژاد، ۱۳۹۵).

مدیریت جامع شهر در رویکرد سیستمی و اصولی زمانی محقق می‌شود که به کلیه جوانب کاربری زمین و خدماتی توجه گردد. در طرح‌های جامع جمع‌آوری و دفع سیلاب‌های شهری، ضروری است که تمامی سیستم زهکش مشتمل بر سیستم فرعی و اصلی اتصالات و ارتباطات آن‌ها جمیعاً مورد توجه قرار گیرند. در این راستا حوضه بندی شهری و دستیابی به سطوح با مقیاس مناسب جهت جمع‌آوری و هدایت آب‌های سطحی شهرها به‌منظور استفاده در فصول کم آب با هدف آبیاری فضای سبز شهری و اطراف صورت می‌گیرد.

سیستم جمع‌آوری آب‌های سطحی هر شهر که به کلیه فعالیت‌های شهری خدمات می‌دهد خود موضوع قابل توجهی است و جزئی از روند برنامه‌ریزی شهری محسوب می‌گردد. روند توسعه شهر و نگرش جامع‌نگر در برنامه‌ریزی مدیریت شهری از جمله مسائل شهرسازی، خدمات رسانی، توریستی و ... این مهم را طلب می‌کند که اقداماتی با مطالعه و برنامه صورت گیرد. چرا که روند توسعه شهری در گذشته و حال بیانگر آن است که اقدامات صورت گرفته کاملاً بر اساس مطالعه و برنامه نبوده به‌طوری که در بررسی سیستم هدایت و دفع آب‌های سطحی، کانال‌های احداثی بعضاً دارای مقاطع هندسی با ابعاد نامناسب بوده به‌طوری که در اجرا نیز ملاحظات اجرایی از جمله وضعیت توپوگرافی، هیدرولیک جریان و ... مورد توجه قرار نگرفته است.

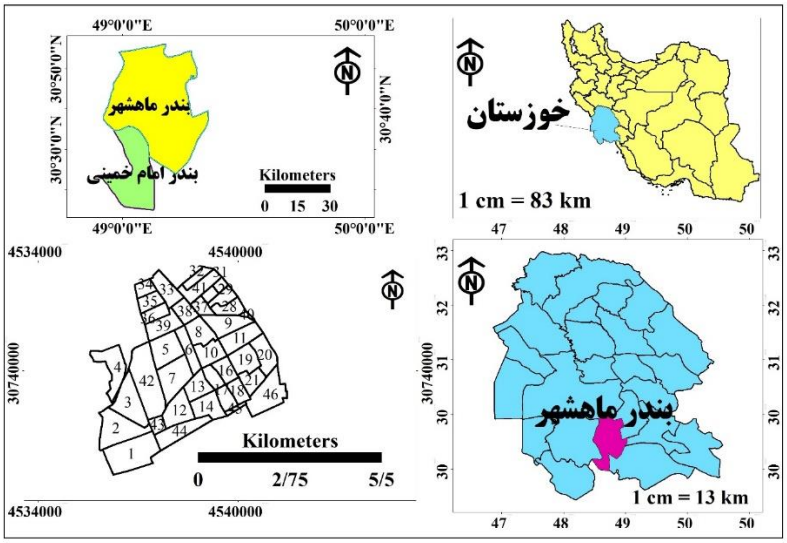
داده‌ها و روش‌ها

موقعیت منطقه مورد مطالعه

شهرستان ماهشهر بین ۴۸ درجه و ۵۴ دقیقه و ۵۰ درجه و ۱۲ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ و ۳۰ درجه و ۱ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۳ دقیقه عرض شمالی از خط استوا در جنوب استان خوزستان واقع گردیده است. این شهرستان از شمال به شهرستان اهواز، از شمال شرق به شهرستان رامهرمز، از شرق به شهرستان امیدیه، از جنوب شرق به شهرستان

هندیجان، از جنوب به خلیج فارس و از غرب به شهرستان شادگان محدود می‌گردد. مساحت این شهرستان ۵۶۱۸,۷ کیلومترمربع است که ۷,۱۱ درصد از مساحت استان را شامل می‌شود و ازنظر وسعت دومین شهرستان استان خوزستان است. در سال ۱۳۹۵ جمعیت شهرستان ماهشهر ۲۹۶ هزار نفر بوده است. (مرکز آمار ایران)، شکل ۱ موقعیت این شهرستان را در استان خوزستان نشان می‌دهد. شهرستان ماهشهر از نظر زمین‌شناسی شامل رسوبات و آبرفت‌های دوران جدید است که در پهنه دشت خوزستان گسترده است. منشأ این رسوب‌ها از تشکیلات آغاجاری و بختیاری بوده که در اثر دوره‌های زمانی متعدد فرسایش یافته و به‌صورت رسوبات ریزدانه دشتی و تبخیری در آمده است این تشکیلات شامل خاک‌هایی مملو از ترکیبات سیلتی، رسی، شن ریزه‌های ماسه‌ای همراه با مقادیری از مواد گچی و نمکی می‌باشد (نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰، بندر ماهشهر).

بخش عمده‌ای از اراضی شهرستان توسط رسوبات سست و سخت نشده پوشیده شده و از سوی دیگر وجود عوامل طبیعی چون رژیم سیلابی رودخانه‌های جراحی و زهره، بی‌نظمی و نوع خاص بارش‌های تند کوتاه‌مدت، بالا بودن میزان شدت تبخیر، کمی شیب، نفوذپذیری نسبتاً اندک لایه‌های سطحی و بالا بودن سطوح ایستابی باعث شده تا رسوبات چند لایه‌ای در منطقه تشکیل گردد که فاقد کانسارهای فلزی بوده و ازنظر منابع معدنی مذکور فقیر می‌باشند (اکبر نژاد، ۱۳۹۴). مقدار بارندگی ماهانه در این منطقه بسیار کم، عمده بارندگی در فصل سرد سال است. بیشترین میزان بارندگی در ماه‌های بهمن و اسفند و کمترین میزان در ماه‌های گرم خرداد تا آبان بوده است. البته میزان باران نازل شده در ماه‌های بهمن و اسفند کفاف نیاز تبخیر و تعرق را نمی‌کند. بر اساس آمار سازمان هواشناسی استان خوزستان و ایستگاه هواشناسی استان خوزستان، میزان بارندگی از سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۵ مطابق جدول ۱ بوده است (آمار هواشناسی ایستگاه ماهشهر)



مأخذ: نگارندگان (۱۳۹۹)

شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه

بر اساس جدول ۱ حداکثر بارندگی در آذرماه برابر ۶۳ میلی‌متر است. بارندگی تنها در فصل سرد سال اتفاق می‌افتد مفصل گرم فاقد بارندگی می‌باشد. مجموع بارندگی در طی این سال‌ها برابر با ۲۴۰ میلی‌متر بوده است که البته باید ذکر کرد که در طی ده سال اخیر میزان بارش بسیار کاهش یافته است و به کمتر از ۱۶۰ میلی‌متر رسیده است. تفاوت میزان بارش در خشک‌ترین و مرطوب‌ترین ماه سال ۶۳ میلی‌متر است.

جدول ۱: میزان بارندگی ماهانه از سال‌های (۱۳۷۰–۱۳۹۵) برحسب میلی‌متر

مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مجموع
۳	۳۸	۶۳	۴۸	۳۳	۳۴	۱۵	۵	۰	۰	۱	۰	۲۴۰

مأخذ: آمار هواشناسی ایستگاه ماهشهر

با توجه به جدول ۱ نتایج زیر به‌دست‌آمده است:

- در طی سال‌های گذشته میانگین بارندگی در طی ۱۸ سال گذشته مدام تغییر یافته است و از روند منظمی برخوردار نبوده است؛
- سال ۱۳۸۹ خشک‌ترین سال در منطقه بوده است به‌طوری که میانگین بارندگی در طی این سال تنها ۴۱ میلی‌متر بوده است. در طی این سال میزان گرد و غبار و طوفان‌ها بسیار شدت یافته است؛
- در طی فصل‌های بهار و تابستان تنها در ماه فروردین و اوایل اردیبهشت منطقه دارای بارندگی است که بعضی از سال‌ها به‌مانند سال ۱۳۹۲ علی‌رغم بارندگی کم در فصل پاییز و زمستان در طی اردیبهشت میزان بارندگی با آذر ماه برابر است (۳۱,۲ میلی‌متر)؛
- در طی سال‌های ۱۳۸۹ الی ۱۳۹۵ میزان بارندگی در منطقه کمتر از ۲۰۰ میلی‌متر می‌باشند که بیانگر وقوع خشک‌سالی در منطقه است؛
- عمده بارندگی در طی فصول پاییز و زمستان رخ می‌دهد؛
- نکته حائز اهمیت وقوع بارش‌های سنگین یا ۲۴ ساعته در منطقه است که سبب جمع شدن رواناب در شهر شده است. بر اساس منحنی آمبروتیک بیش از ۷ ماه سال منطقه خشک و گرم است.

شهرستان ماهشهر جزء حوضه آبریز زاگرس و خلیج‌فارس، زیر حوضه رودخانه جراحی و زهره و زیر حوضه شادگان می‌باشد. حوضه آبریز رودخانه جراحی– هندیجان دارای مساحتی حدود ۴۰۸۰۵ کیلومتر مربع، طول متوسط ۳۶۵ کیلومتر و عرض متوسط ۱۳۷ کیلومتر است. در طی سال ۱۳۹۷ با توجه به بارندگی مناسب در منطقه رودخانه جراحی دوباره در منطقه پرآب شده است (آمار و ارقام وزارت نیرو، ۱۳۹۸).

روش پژوهش

روش این پژوهش توصیفی – تحلیلی است. اطلاعات و داده‌های آن با استفاده از اسناد و نقشه‌های موجود در سازمان‌های مربوط جمع‌آوری شده و با استفاده از نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS و تکنیک River tools تحلیل شده است (شکل ۲). برای ترکیب لایه‌های از ابزار منطق فازی در محیط ARC/MAP استفاده شده است. بدین منظور پرسش‌نامه‌ای تهیه گردید و بین ۵ متخصص در این زمینه توزیع گردید تا وزن متغیرها مشخص گردد. سپس وزن بر روی لایه‌ها در محیط جی‌ای اس اعمال گردید و در نهایت مسیرها برای انتقال رواناب در بندر ماهشهر مشخص شد.

مأخذ: نگارندگان (۱۳۹۹)

شکل ۲: فلوچارت مراحل پژوهش

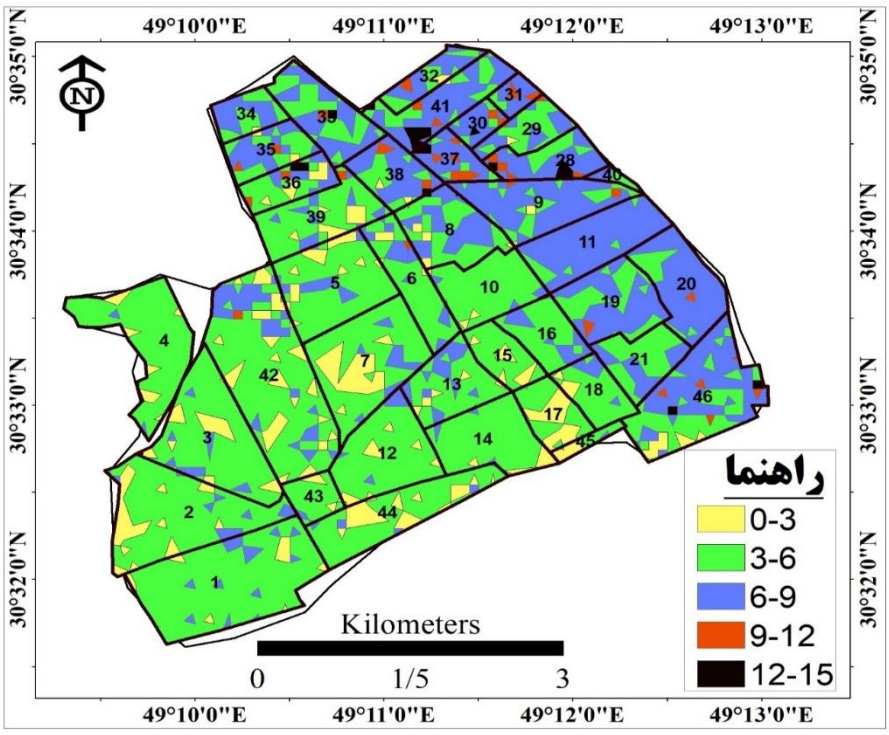
بحث

آماده‌سازی لایه

۱. تهیه لایه DEM منطقه و استخراج لایه ارتفاع

پس از تهیه نقشه توپوگرافی منطقه در محیط ARC/ MAP 10.2 نقشه ژئو رفرنس گردید و لایه ارتفاع منطقه تهیه شد. بر این اساس حداکثر ارتفاع در شهرستان ماهشهر ۱۳۲ متر است که در شمال شرق منطقه این مناطق پر ارتفاع واقع شده‌اند. در حالی‌که در قسمت‌های جنوبی به نزدیکی به دریا جزء مناطق پست محسوب می‌شوند. پس از تهیه لایه رقومی منطقه با استفاده از دستور Spstial Analyst Tools → Re class →Re Classify به طبقه‌بندی لایه ارتفاع پرداخته شد. با توجه به اهمیت لایه ارتفاع فاصله طبقات ۳ متر در نظر گرفته شده است. در این قسمت بعد از تهیه لایه طبقه‌بندی شده شهرستان، با استفاده از دستور Clip لایه طبقه‌بندی ارتفاع بندر ماهشهر نیز به‌طور جداگانه تهیه گردید (شکل ۳). برای افزایش دقت شهر به طبقاتی با ارتفاع حداکثر سه متر فاصله تقسیم شده است. با توجه به جدول

۲ طبقه ارتفاعی ۳–۶ متر حداکثر مساحت منطقه را در برگرفته است که حدود ۶۱,۵ درصد مساحت منطقه را در برگرفته است؛ یعنی بیش از نیمی از منطقه دارای مساحتی بین ۳ تا ۶ متر می‌باشند. سپس طبقه ارتفاعی ۹–۶ متر با مساحت ۵۸۶,۳ هکتار ۲۸,۴ درصد منطقه را در برگرفته‌اند. کمترین مساحت منطقه را طبقه ارتفاعی ۱۵–۱۲ متر در حدود ۰,۶ درصد در برگرفته است. پس از تهیه لایه طبقات ارتفاع منطقه لایه را با لایه محلات شهر تلفیق داده تا مناطق پر ارتفاع شهر در هر محله مشخص گردد.



مأخذ: نگارندگان (۱۳۹۹)

شکل ۳: نقشه طبقه‌بندی ارتفاع شهر ماهشهر

بر این اساس در محلات ۱۱، ۱۹، ۲۰، ۲۱، ۳۳، ۴۱، ۳۱، ۳۰، ۳۷، ۲۸ و ۴۰ محدوده ارتفاعی ۰–۳ متر مشاهده نمی شود درحالیکه در حدود ۵۶ درصد محله ۴۵ دارای ارتفاعی ۳–۰ متر است. محلات مرکزی و غربی منطقه بیش از ۸۰ درصد مساحتشان محدوده ارتفاعی ۳ تا ۶ متر در برگرفته است. محدوده ۳–۶ متر عمدتاً در محلات مرکزی و غربی و جنوب غرب را در بر می‌گرفت. محدوده ۹–۱۲ و ۱۲ تا ۱۵ متر وسعت کمی در منطقه دارند. این محدوده در محلات ۴۶، ۹، ۲۸، ۳۰،۳۱، ۳۸،۳۳،۳۶،۳۵ و ۴۲ است. ارتفاع ۱۲–۱۵ متر بیشترین وسعت را در محله ۳۷ و ۲۸ دارد. به‌طور کلی ارتفاع از شمال به جنوب، از شرق به غرب، از شمال شرق به جنوب شرق در شهر ماهشهر کاهش می‌یابد. (جدول ۲)

جدول ۲: مساحت و درصد طبقات ارتفاعی در شهر ماهشهر

ردیف	طبقه	مساحت به هکتار	درصد
۱	۳-۰	۱۶۸٫۶	۸٫۴
۲	۶-۳	۱۲۶۹٫۱	۶۱٫۵
۳	۹-۶	۵۸۶٫۳	۲۸٫۴
۴	۱۲-۹	۲۳٫۷	۱٫۱
۵	۱۵-۱۲	۱۳٫۲	۰٫۶
جمع		**۲۰۶۰٫۹**	**۱۰۰**

مأخذ: محاسبات نگارندگان (۱۳۹۹)

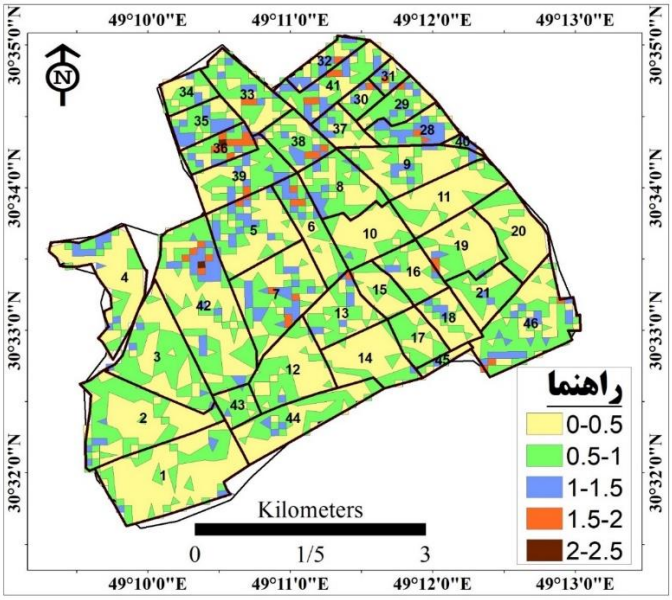
۲. تهیه لایه شیب منطقه

برای تهیه شیب منطقه، از لایه رقومی DEM استفاده شده است. با استفاده از دستور Spatial Analyst Tools ← Surface ← Slope تهیه شد (شکل ۴). سپس با استفاده از دستور Clip نقشه بندر ماهشهر تهیه گردید. بر اساس نقشه شیب شهرستان حداکثر شیب منطقه ۳۵ درجه می‌باشد؛ اما همان‌طور که بر روی نقشه مشخص است بیشتر وسعت منطقه دارای شیبی کمتر از ۲ درجه دارند. برای افزایش دقت کار و همچنین اهمیت زیاد شیب شهر به ۶ طبقه تقسیم شد.

جدول ۳: مساحت و درصد طبقات شیب در شهر ماهشهر

ردیف	طبقه	مساحت به هکتار	درصد
۱	۰٫۵-۰	۱۰۱۱٫۴	۴۹٫۱
۲	۱-۰٫۵	۸۱۰٫۳	۳۹٫۳
۳	۱٫۵-۱	۲۰۰٫۳	۹٫۷
۴	۲-۱٫۵	۳۴٫۱	۱٫۶
۵	۲٫۵-۲	۱٫۵	۰٫۰۷
جمع		**۲۰۵۷٫۶**	**۱۰۰**

مأخذ: محاسبات نگارندگان (۱۳۹۹)



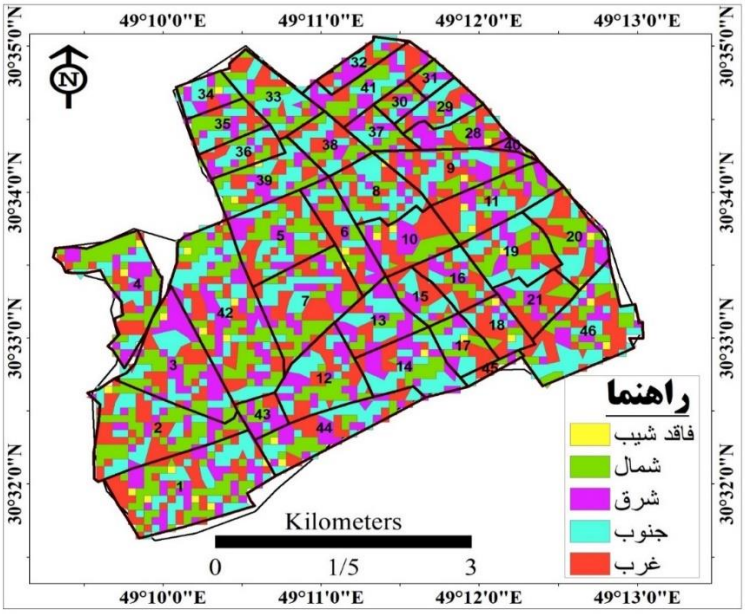
مأخذ: نگارندگان (۱۳۹۹)

شکل ۴: نقشه شیب شهر ماهشهر

با توجه به نقشه به دست آمده شهر به ۵ طبقه ۰–۰,۵، ۰,۵–۱، ۱–۱,۵، ۱,۵–۲، ۲–۲,۵ به لحاظ شیب تقسیم شده است. بدین ترتیب کمترین شیب منطقه ۲,۵ می‌باشد؛ که این مسئله در تجمع رواناب‌ها و انتقال آن بسیار نقش دارد. جدول ۳: مساحت و درصد طبقات شیب در بندر ماهشهر را نشان می‌دهد. بدین ترتیب ۴۹,۱ درصد منطقه معادل ۱۰۱۱,۴ هکتار دارای شیبی بین ۰,۵–۰ می‌باشند. ۳۹,۳ درصد مساحت منطقه دارای شیبی بین ۱–۰,۵ درجه می‌باشند. به عبارتی ۸۸ درصد منطقه دارای شیبی کمتر از ۱ درجه می‌باشند؛ و تنها ۱۲ درصد مساحت منطقه دارای شیبی بین ۱ تا ۲,۵ درجه می‌باشند. این طبقه وسعت کمتری در منطقه دارد. در برخی محلات به‌مانند ۱۱ و ۱۷، ۲۰ این طبقه وجود ندارد. در بعضی از محلات به‌مانند ۱، ۲، ۳، ۱۹، ۲۱، ۱۴، ۱۲، مساحت بسیار کمی دارند. عمده پراکندگی این طبقه شیب در محلات شمال شرق و شمال و محله ۴۶ در جنوب شرق شهر است. بدین ترتیب وسعت این دو طبقه بسیار کم است و عمده پراکندگی این طبقه شیب ۲,۵–۱ درجه در شمال و شمال شرق و محلات ۴۶، ۷ و ۴۲ شهر می‌باشد. طبقه ۲–۲,۵ تنها در محلات ۳۶ و ۴۲ مشاهده می‌شود. با توجه به نقشه شیب و ارتفاع منطقه محلاتی که ارتفاع بیشتری دارند شیب بیشتری نیز دارا می‌باشند. شیب به‌طور کلی به‌مانند ارتفاع در شهر از شمال به جنوب، از شرق به غرب و از شمال شرق به جنوب غرب روند کاهشی دارد.

۳. تهیه لایه جهت شیب

پس از تهیه نقشه جهت شیب شهرستان با استفاده از دستور Clip نقشه جهت شیب بندر ماهشهر جدا گردید و برای شناخت بهتر به ۵ طبقه فاقد شیب، شمال، غرب، شرق و جنوب تقسیم گردید (شکل ۵).



مأخذ: نگارندگان (۱۳۹۹)

شکل ۵: نقشه جهت شیب شهر ماهشهر

جدول ۴: مساحت و درصد طبقات جهت شیب در شهر ماهشهر

ردیف	طبقه	تعداد پیکسل	درصد
۱	فاقد شیب	۱۲۵	۴,۴
۲	شمال	۶۰۶	۲۱,۶
۳	شرق	۵۹۷	۲۱,۳
۴	جنوب	۷۵۵	۲۷,۳
۵	غرب	۷۱۲	۲۵,۴
جمع		**۲۷۹۵**	**۱۰۰**

مأخذ: محاسبات نگارندگان (۱۳۹۹)

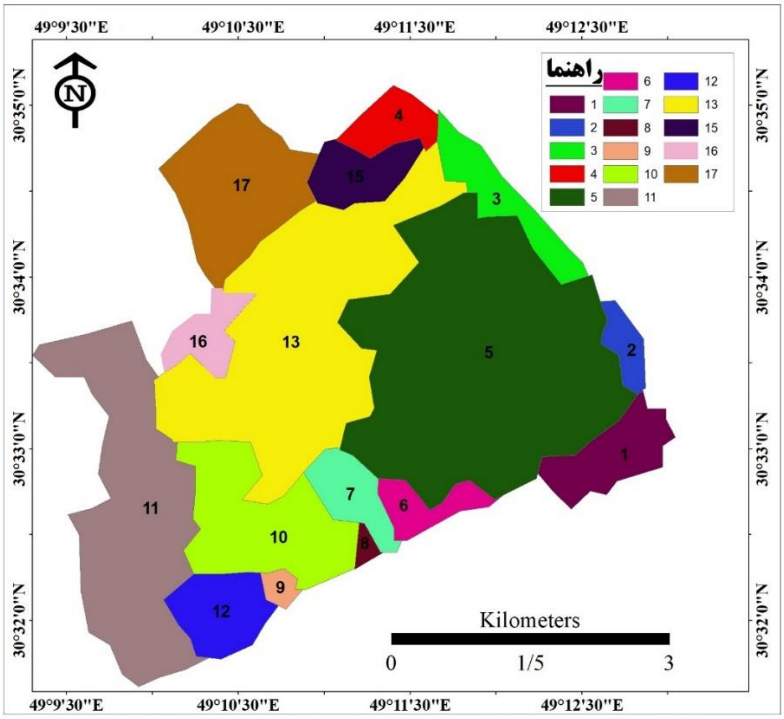
شکل ۵ نقشه جهت شیب بندر ماهشهر را نشان می‌دهد که به ۵ طبقه تقسیم شده است. جدول ۴ مساحت و درصد هریک از طبقات جهت شیب را در منطقه نشان می‌دهد. با توجه به جدول ۴ طبقه جنوب ۲۷,۳ درصد، غرب، ۲۵,۴ درصد، شمال ۲۱,۶، شرق ۲۱,۶ و مناطق فاقد شیب ۴,۴ درصد منطقه را در برگرفته‌اند.

با توجه به شکل ۵ تمامی جهت‌های شیب در تمامی محلات مشاهده می‌شود تنها محدوده‌های فاقد شیب عمدتاً در محلات ۱۰، ۳۴، ۳۶، ۳۹، ۱۹، ۱۱، ۹، ۲۸، ۲۰، ۱۷،۱۴، ۱۸، ۴۴، ۳، ۴۶ و ۱ می‌باشد.

۴. تهیه لایه آبراهه

برای تهیه لایه آبراهه‌ها و حوضه‌های آبریز در بندر ماهشهر از دستور Spatial Anaalyst Tools ⟶ Hydrology استفاده گردید. در ابتدا جهت جریان آب‌ها با استفاده از دستور Flow Direction در منطقه تهیه گردید. سپس با استفاده

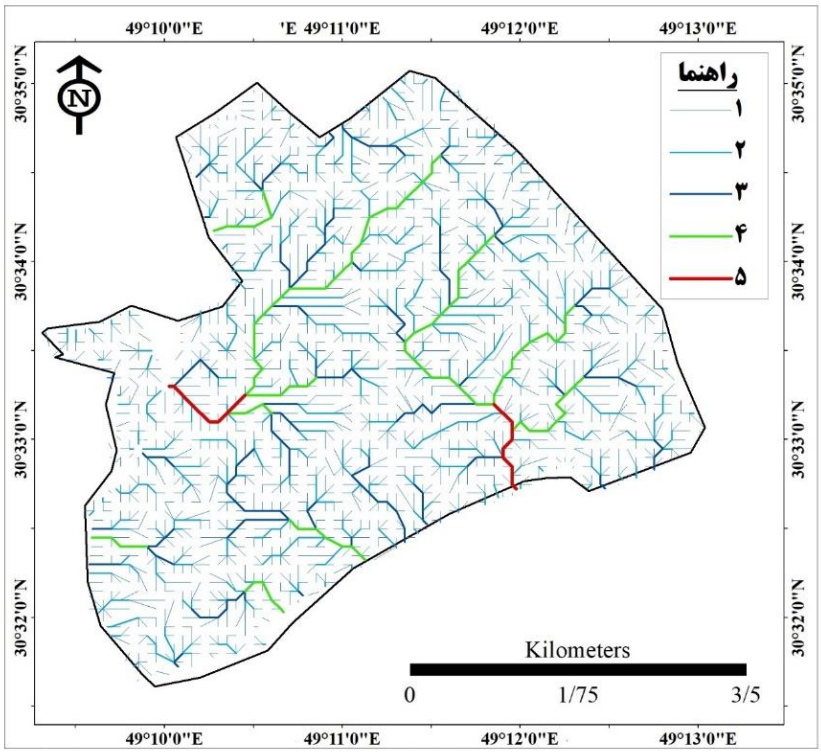
از دستور Flow Accumulation مناطق متراکم تهیه گردید و در مرحله بعد با استفاده از دستور Basin زیر حوضه‌های بندر ماهشهر تهیه گردید (شکل ۶). بدین ترتیب شهر دارای ۱۷ زیر حوضه است؛ که بزرگ‌ترین زیر حوضه، زیر حوضه شماره ۵ می‌باشد و در مناطق مرکزی شهر واقع شده است. کوچک‌ترین زیر حوضه نیز شماره ۹ می‌باشد که در جنوب شهر واقع شده است. پس از تهیه لایه زیر حوضه‌های شهری، لایه آبراهه بندر ماهشهر با استفاده از دستور Stream→ to Feature Spatial Anaalyst Tools → Hydrology تهیه گردید.



مأخذ: نگارندگان (۱۳۹۹)

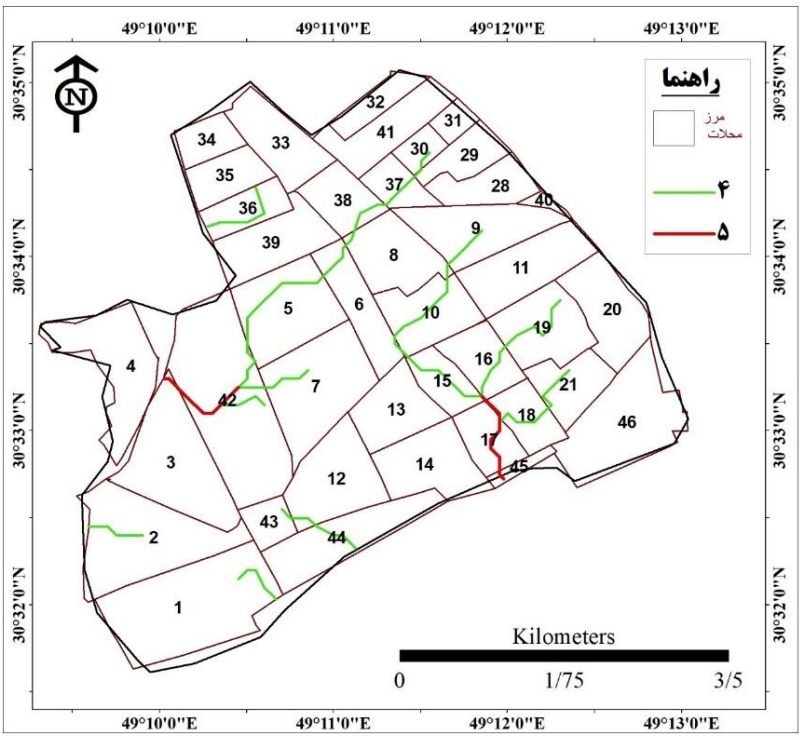
شکل ۶: نقشه زیر حوضه‌های آبریز در بندر ماهشهر

شکل ۷ نقشه آبراهه‌ها در بندر ماهشهر را نشان می‌دهد. همان‌طور که بر روی نقشه مشخص است. تقریباً بیشتر جهت رودخانه‌ها از شمال به جنوب می‌باشد. به جزء برخی از آن‌ها مثلاً در حوضه ۴ و ۱۵ جهت حرکت آبراهه‌ها از جنوب به شمال و در حوضه ۱۳ از شمال شرق به شمال غرب است. در حوضه آبریز ۱۷ در قسمت شمالی منطقه نیز جهت از شمال به جنوب می‌باشد ولی آبراهه‌ها ادامه پیدا نمی‌کنند و در نیزارهای قسمت شمالی تجمع می‌یابند. نکته قابل توجه دیگر تجمع آبراهه‌ها در محلات ۱۷، ۱۸ است که شماره آبراهه‌ها در این محلات ۵ می‌باشد. همچنین در محلات ۴۲، ۳ و ۴ است که بر روی شکل ۸ نشان داده‌شده است.



مأخذ: نگارندگان (۱۳۹۹)

شکل ۷: نقشه آبراهه‌ها در شهر ماهشهر



مأخذ: نگارندگان (۱۳۹۹)

شکل ۸: مسیر تجمع آبراهه‌ها در محلات مختلف شهر ماهشهر

۵. تهیه لایه مسکونی:

برای تهیه لایه مسکونی بندر ماهشهر از تصویر ماهواره‌ای لندست سال ۲۰۱۹ استفاده شده است. پس از انجام تصحیحات هندسی بر روی تصویر نقشه مراکز مسکونی بندر ماهشهر در محیط نرم‌افزار ARC/MAP 10.2تهیه گردید.

مرحله دوم: تهیه نقاط تجمع و آب‌گرفتگی

بعد از تهیه لایه‌ها شیب، ارتفاع، جهت شیب، آبراهه و مسکونی با استفاده از منطق فازی به شناسایی نقاط تجمع رواناب‌ها در محلات پرداخته شد. در ابتدا لایه‌های به‌کاررفته شامل جهت شیب، ارتفاع، شیب بین ۰ تا ۱ وزن دهی شده‌اند که در جدول ۵ نشان داده شده است.

بعد از وزن دهی لایه‌ها با استفاده از دستور ذیل تلفیق گردیدند. (شکل ۹)

Spatial Analyst Tools →Overlay→ Fuzzy Overlay→ Gamma 0.9

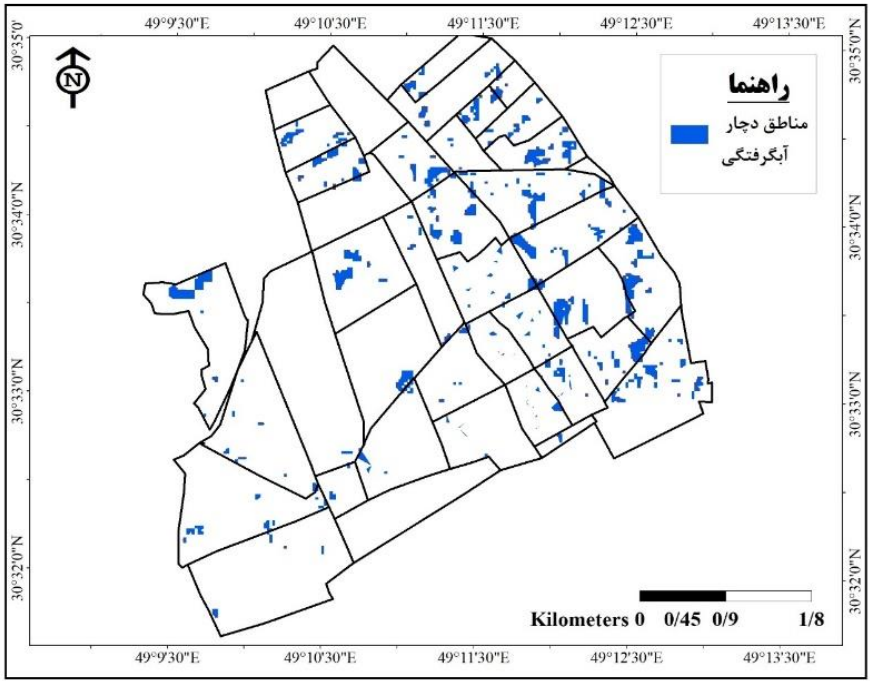
جدول ۵: وزن متغیرهای به کار رفته بر اساس منطق فازی

لایه	طبقه	وزن
شیب	۰,۵–۰	۱
	۱–۰,۵	۰,۹
	۱,۵–۱	۰,۷
	۲–۱,۵	۰,۴
	۲,۵–۲	۰,۳
ارتفاع	۳–۰	۱
	۶–۳	۰,۷
	۹–۶	۰,۴
	۱۲–۹	۰,۲
	۱۵–۱۲	۰,۱
جهت شیب	پست	۱
	شمال	۰,۳
	جنوب	۰,۷
	شرق	۰,۸
	غرب	۰,۲

مأخذ: محاسبات نگارندگان (۱۳۹۹)

بر این اساس هر چه ارتفاع کمتر باشد میزان وزن آن بیشتر است. بدین ترتیب در مناطق کم ارتفاع جمع شدن رواناب‌ها بیشتر رخ می‌دهد. هر چه شیب کمتر باشد میزان وزن آن بیشتر می‌شود شیب با وقوع رواناب رابطه مستقیم دارد. در مناطق پست امکان آب‌گرفتگی بیشتر است بدین منظور این مناطق وزن بیشتری دریافت می‌کنند. با توجه به

جهت شیب شهر احتمال تجمع رواناب‌ها در مناطق جنوبی و شرقی بیشتر است. بدین منظور این دامنه‌ها وزن بیشتری دریافت می‌کنند.



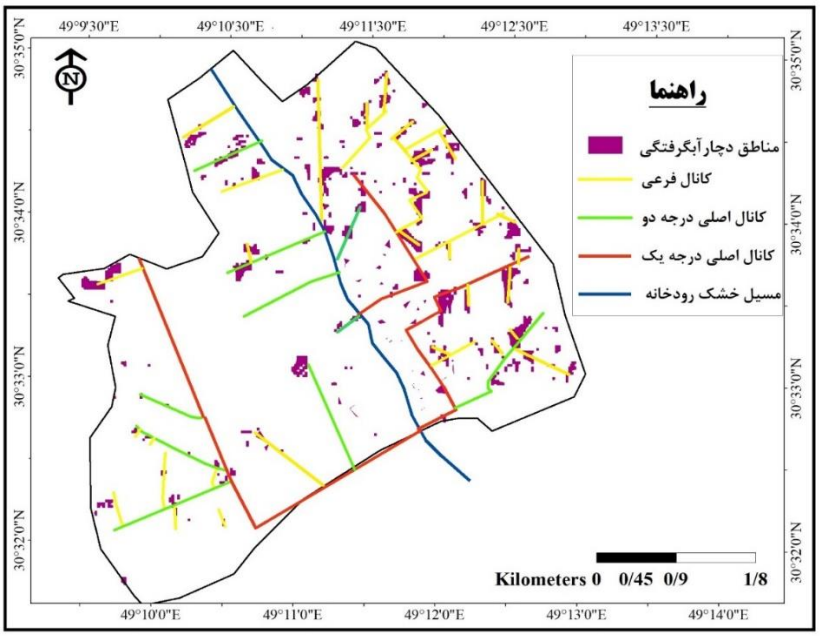
مأخذ: نگارندگان (۱۳۹۹)

شکل ۹: نقشه فضاهای دارای پتانسیل تجمع رواناب‌ها در بندر ماهشهر بر اساس عملگر گاما ۰,۹ فازی

شکل ۹ فضاهای دارای پتانسیل تجمع رواناب‌ها در بندر ماهشهر را نشان می‌دهد که عمده تمرکز آن در مناطق شرقی، جنوبی و شمالی است. یکی از دلایل تجمع این رواناب‌ها پست بودن و فاقد شیب بودن و تجمع آبراهه‌ها در این مناطق می‌باشد.

مرحله سوم: انتخاب مسیر انتقال رواناب با استفاده از تکنیک RiverTools

در ابتدا می‌توان از آبراهه‌ها طبیعی منطقه برای تخلیه رواناب‌ها کمک گرفت؛ که پیشتر نقشه آبراهه‌ها طبیعی شهر تهیه گردید. نقشه فضاهای دارای پتانسیل تجمع رواناب را نقشه آبراهه‌های طبیعی منطقه در ابتدا تلفیق می‌کنیم تا بهترین مسیرهای تخلیه رواناب تهیه گردد (شکل ۱۰).



مأخذ: نگارندگان (۱۳۹۹)

شکل ۱۰: بهترین مسیرهای پیشنهادی برای تخلیه رواناب

نتیجه‌گیری

تحولات هیدرولوژیکی ناشی از شهرسازی و نحوه کاربری اراضی حوضه شهری را می‌توان تأثیر در تغییر کل حجم رواناب ایجاد شده، میزان تغذیه ناشی از بارش، حداکثر آبدهی سیلاب‌ها و نهایتاً تغییرات کیفی آب نام برد که مهم‌ترین عوامل مؤثر آن را می‌توان میزان سطوح و اراضی نفوذ ناپذیر شهری و خصوصیات مسیرهای حرکت جریان آب دانست که تحت تأثیر ساخت و سازهای بی‌رویه قرار گرفته‌اند و یا می‌گیرند. تشدید سیر صعودی خسارات سیل در دو دهه گذشته سبب شده است که آرزوی دیرینه درباره حل قطعی مسئله رواناب‌ها جای خود را به‌واقع گرایی و درک این واقعیت دهد که همیشه و همواره نمی‌توان در مهار سیلاب‌ها موفق بود بلکه باید کوشید تا تبعات زیان‌بار و مخرب آن را کاهش داد.

طراحی سیستم‌های جمع‌آوری آب‌های سطحی در شهرها ارتباط بسیار نزدیکی با برنامه‌ریزی شهری دارد و بخشی از آن تلقی می‌شود. طبعاً هرگونه سهل‌انگاری در این زمینه، مستقیماً در طرح شهرسازی اثرگذار است و می‌تواند برای جوامع و کانون‌های شهری مشکل‌آفرین باشد. مناسب‌ترین زمان برای تهیه طرح سیستم دفع آب‌های سطحی شهری، هنگامی است که مطالعات شهرسازی در جریان است و انعطاف‌پذیری در طرح‌ریزی شهری امکان دارد. مسئله دفع آب‌های سطحی از مسائل عمده ایمن‌سازی مناطق مسکونی از خطر وقوع سیلاب و نهایتاً رفع خسارات احتمالی از مناطق شهری است.

با توجه به نقشه شیب و ارتفاع منطقه محلاتی که ارتفاع بیشتری دارند شیب بیشتری نیز دارا می‌باشند. شیب به‌طور کلی به‌مانند ارتفاع در شهر از شمال به جنوب، از شرق به غرب و از شمال شرق به جنوب غرب روند کاهشی دارد. نکته

قابل توجه در شهر ماهشهر این باشد که به علت ساخت و سازهای مسکونی زیاد در منطقه به‌مانند شکل زیر شیب منطقه از بین رفته است و به‌صورت پست درآمده‌اند. مناطق شرقی و شمالی منطقه جزء مناطق تازه ساخت می‌باشند؛ که بدون در نظر گرفتن مسائل ژئومورفولوژیکی منطقه ساخته شده‌اند. در طی سال‌های اخیر همان‌طور که بر روی شکل ۱۳ نشان داده شده است جزء مناطق تجمع رواناب می‌باشند که این مسئله مشکلات زیادی را در طی سال‌های اخیر برای این محلات به وجود آورده است. پیشنهاد شبکه دفع رواناب با توجه به شیب کم سطح زمین در محدوده موردمطالعه بسیار مشکل است و امکان تخلیه ثقلی به مسیل رودخانه خشک شهر وجود ندارد؛ اما با استفاده از تحلیل‌های GIS بهترین، می‌توان مسیر برای کانال یا لوله اصلی و جمع‌کنندهٔ رواناب را مشخص کرد که بر این اساس بهترین مسیر ممکن برای دفع رواناب از منطقه، مسیرهای است که در شکل ۱۴ نشان داده شده است؛ که منطبق با شیب زمین و جهت آبراهه‌ها در شهر می‌باشد.

در همین راستا می‌توان پیشنهادهای ذیل را ارائه کرد:

- با توجه به اینکه یکی از اصول اولیه مدیریت، اطلاع از اولویت‌های مدیریتی است، از این‌رو این الگو و نتایج حاصل از آن می‌تواند راهکاری مناسب برای اعمال مدیریت سیلاب در حوضه‌های شهری باشد؛
- علم جغرافیا و در متن آن برنامه‌ریزی شهری می‌خواهد ضمن گویا کردن عملکردهای حاکم بر محیط به‌گونه‌ای عمل کند که عملکردهای انسان در مقابل محیط قرار نگیرد و هنر متخصص برنامه‌ریزی شهری آن است که بتواند واکنش محیط را در برابر عملکردهای انسانی پیش‌بینی کند، سپس بر اساس آن و با دیدی جامع به حل مسائل بپردازد. لذا استفاده از متخصصان برنامه‌ریزی شهری و GIS کمک شایانی به حل مسائل شهری می‌کند؛
- در بندر ماهشهر و بافته‌های شکل‌گرفته آن پیشنهاد می‌شود، با استفاده از این ابزار مسیرهای بهینه را مشخص کنند و سپس به حفر کانال و لوله‌گذاری بپردازند.

منابع

۱- آمار و ارقام وزارت نیرو، (۱۳۹۸).

۲- اکبر نژاد، صیاد، (۱۳۹۵): بررسی پتانسیل تغییرات مورفولوژیک رودخانه شهر چای ارومیه، نشریه علمی- پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال دوم، شماره ۷۵، صص ۶۲- ۴۹.

۳- زادمهر، احمد، عراقی نژاد، شهاب، (۱۳۹۵): مدیریت بهینه رواناب شهری با بهره‌گیری از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره مکانی، نشریه علمی- پژوهشی امیرکبیر-مهندسی عمران و محیطزیست، دوره ۴۸، شماره ۳. صص ۲۴۰-۲۲۷.

۴- رضایی، فاطمه، بهره‌مند، عبدالرضا، شیخ، واحد بردی، دستورانی، محمدتقی، تاج‌بخش، سید محمد، (۱۳۹۷): تعیین مهم‌ترین پارامترهای تأثیرگذار بر میزان رواناب شهری با استفاده از مدل SWMM (مطالعه موردی: شهر مشهد، منطقه ۹)، پژوهش‌نامه مدیریت حوزه آبخیز سال نهم، شماره ۱۸. صص ۱۳۵- ۱۵۱.
۵- شوکتی، هادی، کوچک زاده، مهدی، نوروزی، علی‌اکبر، (۱۳۹۸): مدیریت رواناب شهری در توسعه پایدار و محیط‌زیست، مجله مطالعات علوم محیط‌زیست، ۴(۱)، صص ۱۱۰۰-۱۱۰۷
۶- غضنفری، حسین، صداقت کیش، مرضیه، سلیمانی دامنه، مجتبی، صباحی گراغانی، یاسر، (۱۳۹۸): سنجش واکنش مدیران شهری در رویارویی با مخاطرهٔ محیطی سیل با تأکید بر تاب‌آوری (نمونه موردی: شهر جیرفت)، مجله جغرافیا و پایداری محیط، ۳۰(۳)، صص ۱۰۷-۱۲۷
۷- عادلی سار دو، فاطمه، فریادی، شهرزاد، صالحی، اسماعیل، قهرودی تالی، منیژه، (۱۳۹۶)، بررسی پتانسیل تولید رواناب‌های شهری با استفاده از پهنه‌بندی به روش SCS-CN (مطالعه موردی: منطقه ۲ شهرداری تهران)، مجله علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، ۱۹(۵)، صص ۱۳۳-۱۲۳
۸- مافی، عزتا...، مرادی، غلامرضا، حیاتیف سلمان، خیام‌پور، روحا...، (۱۳۹۴)، به مدیریت و دفع رواناب‌های شهری با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS و تکنیک River Tools (نمونه موردی: منطقه یک اهواز)، مجله جغرافیا و توسعهٔ ناحیه‌ای، سال دوازدهم، شمارهٔ بیست و دوم، صص ۱-۱۵.

9- Abi Aad M, Suidan M, Shuster W (2018): Modeling Techniques Of Best Management Practices: Rain.
10- Apel, H. Aronica, G. T. Kreibich, H. & Tieken, A. H. (2018): Flood Risk Analyses How Detailed Do We Need To Be. Natural Hazards, 49(1), Pp. 79-98
11- Jia, H, Yao H, Tang Y, Yu S, Field R, Tafuri A (2015): LID-Bmps Planning For Urban Runoff Control: The Case Study In China. Journal Of Environmental Management 149: Pp. 65-76
12- Karamouz M, Nazif S, Zahmatkesh Z (2014): Self Organizing Gaussian-Based Downscaling Of Climate Data For Simulation Of Urban Drainage Systems. Journal Of Irrigation And Drainage Engineering 139(2): Pp. 98–112
13- Kling, H. M. Fuchs And M. Paulin... Runoff Conditions In The Upper Danube Basin Under Anensemble Of Climate Change Scenarios. Journal Of Hydrology, 424-425(6):Pp. 264-277.
14- Lai F, Dai T, Zhen J, Riverson J, Alvi K, Shoemaker L (2019) Sustain An EPA BMP Process And Placement Tool For Urban Watersheds. Proceedings Of The Water Environment Federation, USA, Pp. 946-968
15- Oraei Zare S, Saghafian B, Shamsai A (2017): Multi Objective Optimization For Combined Quality– Quantity Urban Runoff Control. Journal Of Hydrology And Earth System Sciences 16: Pp. 4531-4542
16- Sourisseau, S.A. S.F. Basser And T. Perie... Calibration, Validation And Sensitivity Analysis Of An Ecosystem Model Applied To Artificial Streams. Water Research, 42(4-5)" Pp. 1167-1181.
17- Tanavud, C. C. Yongchalermchai, A. Bennui And O. Densreeserekul. (2014): Assessment Of Flood Risk In Hat Yai Municipality, Southern Thailand, Using GIS. Journal Of Natural Disaster Science, 26(1): Pp. 1–14
18- Tsihrintzis, V. And R. Hamid... Runoff Quality Prediction From Small Urban Catchments Using SWMM. Hydrol Process, 12(2): Pp. 311-329.