

توسعه نواحی سکونتگاهی منطقه نورآباد به سمت مناطق سیل خیز و افزایش مخاطرات سیلاب در حال و آینده (مورد مطالعه: محدوده شهری نورآباد، استان لرستان)

محمد رستمی فتح‌آبادی - دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

ابراهیم مقیمی^۱ - استاد ژئومورفولوژی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

منصور جعفر بگلو - دانشیار ژئومورفولوژی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۶/۲۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۴/۱۹

چکیده

سیلاب‌ها به عنوان یکی از مخاطرات محیطی محسوب می‌شوند که می‌توانند با خسارات زیادی همراه باشند. یکی از عوامل وقوع سیلاب‌ها تغییرات کاربری اراضی و روند توسعه نواحی سکونتگاهی به سمت حریم رودخانه‌ها و نواحی مستعد وقوع سیلاب است. یکی از مناطقی که طی سال‌های اخیر با مخاطره سیلاب مواجه شده، شهر نورآباد واقع در استان لرستان است. بر این اساس در این پژوهش مناطق مستعد وقوع سیلاب و همچنین روند توسعه نواحی سکونتگاهی به سمت مناطق سیل خیز در این شهر مورد بررسی قرار گرفته است. در این تحقیق ابتدا به منظور شناسایی مناطق مستعد وقوع سیلاب از مدل تلفیقی WLC و AHP استفاده شد. سپس به منظور ارزیابی روند توسعه نواحی سکونتگاهی به سمت مناطق مستعد وقوع سیلاب، نقشه‌های کاربری اراضی محدوده شهری نورآباد مربوط به سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۹ تهیه و در نهایت با استفاده از مدل LCM، به آنالیز تغییرات و روند توسعه نواحی سکونتگاهی به سمت مناطق سیل خیز پرداخته شد. نتایج تحقیق مشخص نمود در طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۹، سکونتگاه‌های زیادی در مناطق مجاور رودخانه بادآورد و گچینه که در معرض وقوع سیلاب هستند، استقرار یافته‌اند. در این تحقیق به منظور ارزیابی روند توسعه نواحی سکونتگاهی به سمت مناطق مستعد وقوع سیلاب، روند توسعه نواحی سکونتگاهی به سمت کلاس پتانسیل خیلی زیاد در وقوع سیلاب در نظر گرفته شده است. نتایج ارزیابی‌ها بیانگر این است که در سال ۱۹۹۰، ۲/۴۲ کیلومترمربع از نواحی

سکونتگاهی در معرض وقوع سیلاب قرار داشته است که این میزان در سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۹ به ترتیب به ۳/۳۳، ۴/۶۷ و ۵/۲۸ کیلومتر مربع افزایش یافته است.

کلیدواژه‌ها: سیلاب، تغییرات کاربری اراضی، نورآباد.

۱- مقدمه

یکی از مخاطراتی که جوامع بشری را تحت تأثیر خود قرار داده است، مخاطرات محیطی است (موگاگا^۱ و همکاران، ۲۰۱۲) و از مهم‌ترین مخاطرات محیطی، مخاطره سیل است. سیل عبارت است از بالا آمدن ناگهانی آب رودخانه‌ها و یا جریان آبی تند و معمولاً ویرانگر که به‌طور ناگهانی اتفاق می‌افتد. این پدیده هنگامی رخ می‌دهد که ظرفیت آب جاری در مجرای یک رودخانه افزایش می‌یابد. در واقع در طی روابط پیچیده بین بارش و وضعیت ژئومورفولوژیکی حوضه‌ها، روانابی تولید می‌شود که میزان آن تحت تأثیر شرایط مختلفی قرار دارد و در صورتی که این میزان بیش از ظرفیت بستر رودخانه باشد، سیل شکل می‌گیرد (رینات^۲ و همکاران، ۲۰۱۸). سیل یکی از مخاطراتی است که در همه جا بر روی انسان تأثیر می‌گذارد، چراکه اغلب انسان‌ها در مناطق مستعد وقوع سیل ساکن شده‌اند. در واقع طغیان آب سیلاب یک پدیده طبیعی گسترده و فراگیر می‌باشد و مشکلی است برای مکان‌هایی که مستعد سیل خیزی هستند و انسان از آن نواحی استفاده می‌کند (ثروتی و همکاران، ۱۳۹۳). سیل پدیده‌های طبیعی است که جوامع بشری آن را به عنوان واقعه‌ای اجتناب‌ناپذیر پذیرفته‌اند، اما رویداد، اندازه و تکرار سیل ناشی از عوامل متعددی است که بسته به شرایط اقلیمی، طبیعی و جغرافیایی هر منطقه تغییر می‌کند (عابدینی و بهشتی جاوید، ۱۳۹۵). بررسی‌های بین‌المللی سازمان ملل متحد حاکی از آن است که سیل را باید یکی از جدی‌ترین بلایای طبیعی به شمار آورد و تنها تعداد معدودی از کشورهای جهان را می‌توان یافت که فارغ از مسائل و ضایعات سیل و سیل‌زدگی باشد (شکوهی و همکاران، ۱۳۹۷).

در ایران نیز با توجه به نوع بارش و وضعیت ژئومورفولوژیکی حوضه‌های آبریز، بیشتر مناطق و شهرها در معرض وقوع سیلاب قرار دارند. برخی از شهرها به دلیل موقعیت مکانی‌شان نسبت به سایر شهرها در برابر مخاطرات بیشتر صدمه می‌بینند. رشد ضعیف از نظر برنامه‌ریزی، تراکم جمعیت، زیرساخت‌های ضعیف، جنگل زدایی و ... از جمله عواملی هستند که موجب افزایش احتمال تبدیل مخاطره به مصیبت می‌شوند (مقیمی، ۱۳۹۴). در این میان حوضه رودخانه بادآورد در استان لرستان به دلیل وضعیت ژئومورفولوژی و فیزیوگرافی حوضه و همچنین دارا بودن بارش زیاد (میانگین بیش از ۴۵۰ میلی‌متر در سال) پتانسیل زیادی از نظر سیل‌خیزی دارد، بر این اساس یکی از شهرهایی که در معرض مخاطرات ژئومورفولوژیکی از جمله مخاطره ناشی از وقوع سیلاب قرار دارد، شهر نورآباد در

1 Mugagga

2 Rinat

شهرستان نورآباد است که در طی سال‌های اخیر با توسعه فیزیکی قابل توجهی مواجه بوده است و با توجه به وضعیت مورفولوژی حاکم بر منطقه پیش‌بینی می‌شود که در طی سال‌های اخیر روند توسعه به سمت مناطق جنوبی و همچنین حاشیه رودخانه‌ای این شهر باشد (مقیم و رستمی فتح‌آبادی، ۱۳۹۸).

در مورد موضوع مورد مطالعه، تحقیقات مختلفی صورت گرفته است که از جمله آن‌ها می‌توان به سیلوا^۱ و همکاران (۲۰۱۴) اشاره کرد که پهنه بندی سیل در رودخانه سدروس برزیل را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داده است که جاده‌ها و ساختمان‌ها در اطراف پل و بالادست رودخانه بیشتر در معرض خطر سیل هستند. خاتاک^۲ و همکاران (۲۰۱۶) به پهنه بندی وقوع سیل در رودخانه کابل پاکستان پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داده است که حدود ۴۰ درصد از سطح منطقه در معرض وقوع سیلاب قرار دارد. سره^۳ و همکاران (۲۰۱۶) راهکارهای وقوع، مدیریت و مقابله با سیلاب را مورد ارزیابی قرار داده‌اند. آزواق^۴ و همکاران (۲۰۱۸) به ارزیابی مناطق مستعد وقوع سیلاب در رودخانه مارتی^۵ در شمال مراکش پرداختند. در این تحقیق از مدل هیدرولیکی HEC-RAS و HEC-GEORAS استفاده شده است نتایج تحقیق بیانگر این است که بخش زیادی از محدوده در معرض وقوع سیلاب قرار دارد که به منظور مدیریت سیلاب در منطقه باید از اطلاعات سنجش از دور و ژئومورفولوژی استفاده کرد. دنداپات و پاندا^۶ (۲۰۱۸) با استفاده از مدل سیستم اطلاعات جغرافیایی به مدل‌سازی مناطق در معرض سیلاب در بنگال غربی پرداختند. نتایج تحقیق بیانگر این است که در محدوده مطالعاتی ۲۴ درصد از جمعیت در مناطقی با پتانسیل سیل‌خیزی بالا قرار دارند که ۳۹ درصد از نواحی سکونتگاهی را شامل می‌شود. پارهی^۷ (۲۰۱۸) پهنه‌های سیل‌گیر حوضه ماهانادی^۸ در هندوستان را شناسایی کرده است. در این تحقیق از مدل هیدرودینامیک HEC-RAS استفاده شده است و پهنه‌های سیل‌گیر برای دوره‌های بازگشت ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله محاسبه شده است. در این تحقیق از ۳۶ مقطع عرضی در ۳۱۰ کیلومتر رودخانه استفاده شده است و نتایج به دست آمده بیانگر این است که در ۲۳ بخش خطر وقوع سیلاب وجود دارد. مقیمی و صفاری (۱۳۸۹) به ارزیابی ژئومورفولوژیکی توسعه شهری در قلمروی حوضه‌های زهکشی سطحی شهر تهران پرداختند. نتایج تحقیق بیانگر این است که تلفیق حوضه‌ها، تغییر مسیر آب‌های سطحی و تبدیل آن‌ها به کانال‌های مصنوعی باعث افزایش آبدهی، به خصوص در دوره‌های بازگشت بالاتر شده و در نتیجه افزایش میزان مخاطره سیلاب‌های شهری را به دنبال دارد. قطع مسیر آبراهه‌های اولیه و ایجاد الگوی جدید آبراه‌های در قلمروی کلان‌شهر تهران بدون توجه به اصول و معیارهای

1 Silva

2 Khattak

3 Serre

4 Azouagh

5 Martil

6 Dandapat & Panda

7 Parhi

8 Mahanadi

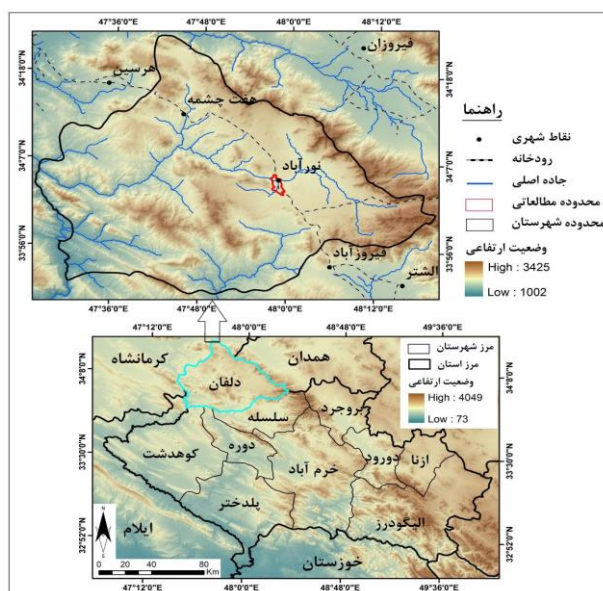
ژئومورفولوژیکی انجام شده است. جمالی و همکاران (۱۳۹۴) به تحلیل فضایی مخاطرات ژئومورفولوژیکی توسعه شهر در حریم رودخانه خشک کلان‌شهر شیراز پرداختند. نتایج تحقیق بیانگر این است که بخش شرقی کلان‌شهر شیراز به دلیل قرارگیری بر روی دشت سیلابی از روی آبراهه‌ها و رودخانه خشک و از طرف دیگر با تعارض به حریم رودخانه، ابعاد و ارتفاع نامناسب پل‌ها، احداث کنار گذرها و ... در معرض مخاطرات محیطی ناشی از فرایندهای رودخانه‌ای و عوامل انسان ساخت قرار دارد. محمودزاده و باکویی (۱۳۹۷) مناطق مستعد وقوع سیلاب در شهر ساری را بررسی کرده‌اند. در این تحقیق به منظور پهنه بندی خطر سیل در شهر ساری از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و ۹ فاکتور فاصله از رودخانه، ضریب رواناب، ضریب CN، تراکم جمعیت، تراکم مسکونی، شیب، کاربری اراضی، قدمت ابنیه و فضای باز استفاده شده است. نتایج این تحقیق نشان داده است که خطر سیل در مرکز و جنوب شهر از بیش‌ترین مقدار برخوردار بوده است به طوری ۲۴/۱۲ درصد از محدوده نقشه در پهنه بندی خطر خیلی زیاد قرار دارد. مددی و همکاران (۱۳۹۷) به پهنه بندی مناطق مستعد وقوع سیل در حوضه خیاو چای مشگین شهر پرداختند. در این تحقیق ابتدا، ۱۰ عامل شیب، ارتفاع، بارش، CN، ارتفاع رواناب، فاصله از رودخانه، خاک، لیتولوژی، پوشش گیاهی و کاربری اراضی، به عنوان عوامل مؤثر برای ایجاد سیلاب در منطقه شناسایی شده است. نتایج این تحقیق نشان داده است که عوامل ارتفاع، لیتولوژی، شیب و بارش بیش‌ترین تأثیر را بر ایجاد سیل در حوضه داشته است و همچنین با توجه به نتایج به دست آمده به ترتیب ۴۱/۴۵۷ و ۷۵/۸۷۵ کیلومتر مربع از مساحت محدوده، در طبقه‌ی بسیار پرخطر وقوع سیلاب قرار دارند. غلامی و احمدی (۱۳۹۸) به ریز پهنه بندی خطر وقوع سیلاب در شهر لامرد با استفاده از AHP، GIS و منطق فازی پرداختند. بر اساس نتایج حاصل از پژوهش، پهنه مستعد وقوع سیل به صورت نواری وسیع در امتداد شمال غربی-جنوب شرقی کشیده شده و بخش عمده‌ای از شهر لامرد را در برمی‌گیرد. با توجه به موارد مذکور، هدف از تحقیق حاضر شناسایی مناطق مستعد وقوع سیلاب در حوضه بادآورد و همچنین ارزیابی روند توسعه نواحی سکونتگاهی به سمت مناطق سیل خیز می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

شهر نورآباد از نظر تقسیمات سیاسی در شهرستان نورآباد و در شمال غرب استان لرستان قرار دارد. شهرستان نورآباد از اطراف به شهرستان‌های سلسله، دوره و کوه دشت در استان لرستان، شیروان و چرداول در استان ایلام، کرمانشاه، هرسین، صحنه و کنگاور در استان کرمانشاه و نهاوند در استان همدان منتهی می‌شود. شهرستان نورآباد بین ارتفاع حدود ۱۰۰۰ متر تا ۳۵۰۰ متر از سطح دریا قرار دارد و از نظر ژئومورفولوژی چشم اندازه عمده منطقه را واحد کوهستان در بر گرفته است. از نظر آب و هوایی نیز این شهرستان دارای زمستان‌ها سرد و برفگیر و تابستان‌های تقریباً معتدل است. با توجه به وضعیت ژئومورفولوژی و اقلیمی منطقه، این شهرستان دارای رودهای فصلی و دائمی

فراوانی است که از سرشاخه‌های اصلی کشکان و سیمره (کرخه) به شمار می‌روند. از جمله رودخانه‌های مهم این شهرستان رودخانه‌های بادآورد و گچینه هستند که از شهر نورآباد عبور می‌کند. در شکل ۱ نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است.



شکل ۱- نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه

در این تحقیق به منظور شناسایی مناطق مستعد وقوع سیلاب و همچنین ارزیابی روند توسعه نواحی سکونتگاهی، از روش‌های توصیفی-تحلیلی استفاده شده است. اطلاعات مورد استفاده شامل مدل رقومی ارتفاعی ۳۰ متر، لایه‌های اطلاعاتی مختلف تهیه شده از سازمان‌ها و تصاویر ماهواره لندست محدوده مطالعاتی است. ابزارهای مورد استفاده نیز شامل نرم‌افزارهای ARCGIS، ENVI و IDRISI می‌باشد. روش انجام کار در این تحقیق در ۳ مرحله بوده است که در ادامه به تشریح مراحل کار پرداخته شده است:

۲-۲- شناسایی مناطق مستعد وقوع سیلاب

در این تحقیق به منظور شناسایی مناطق مستعد وقوع سیلاب، از ۶ معیار فاصله از رودخانه، نوع لیتولوژی، نوع کاربری اراضی، ارتفاع، شیب و جهت شیب استفاده شده که بر اساس نظر کارشناسان و با توجه به ویژگی‌های منطقه انتخاب شده است. روش کار به این صورت است که پس از تهیه لایه‌های اطلاعاتی در محیط ARCGIS، لایه‌های اطلاعاتی وارد نرم‌افزار IDRISI شده است و کار پهنه بندی در این نرم‌افزار صورت گرفته است. پس از تهیه و وارد کردن اطلاعات، لایه‌های اطلاعاتی به روش منطق فازی استانداردسازی شده‌اند و بعد از طریق مدل AHP لایه‌های

اطلاعاتی وزندهی شده‌اند و سپس با استفاده روش ترکیب خطی وزنی (WLC)^۱ باهم تلفیق شده‌اند و در نتیجه مناطق مستعد وقوع سیلاب با استفاده از این روش شناسایی شده‌اند. روش ترکیب خطی وزنی یکی از رایج‌ترین تکنیک‌های ارزیابی چند معیاره محسوب می‌شود که روش وزندهی جمع‌پذیر یا و روش امتیازدهی نیز نامیده می‌شود. اساس این روش بر مبنای میانگین وزنی است و تصمیم‌گیرنده‌ها مستقیماً بر مبنای اهمیت نسبی معیارها، وزن‌هایی به آن‌ها می‌دهد، سپس با ضرب وزن نسبی در مقدار آن معیار، یک وزن نهایی برای آن معیار به دست می‌آید. پس از به‌دست‌آمدن وزن نهایی گزینه‌ها، گزینه‌ای که بیش‌ترین مقدار را داشته باشد، مناسب‌ترین گزینه برای هدف مورد نظر خواهد بود (رسولی و همکاران، ۱۳۹۱: ۴۵).

۲-۳- تهیه نقشه‌های کاربری اراضی

در این تحقیق به منظور ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی و توسعه نواحی سکونتگاهی به سمت مناطق سیل‌خیز در حوضه مطالعاتی، نقشه‌های کاربری اراضی از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۹ تهیه شده است. به منظور تهیه نقشه‌های کاربری اراضی، از تصاویر سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۹ استفاده شده که در جدول ۱ مشخصات تصاویر نشان داده شده است. پس از تهیه تصاویر مورد نظر، قبل از هرگونه تجزیه و تحلیل و پردازش، ابتدا تصحیحات اتمسفری، هندسی و رادیومتریک بر روی تصاویر اعمال شده است و پس از انجام تصحیحات و پیش‌پردازش‌های لازم، نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه تهیه شده است. از آنجاکه تفکیک و شناسایی پدیده‌ها به لحاظ رنگ نتایج بهتری ارائه می‌دهد ولی نمایش داده‌های حاصل از اسکنرها در تک باندها با استفاده از گام‌های خاکستری است، تصویر رنگی کاذب هر ۴ تاریخ تولید شده است که این تصاویر به تجسم انواع کاربری‌ها در منطقه کمک می‌کنند (کوهی و موریاما، ۲۰۱۰). پس تهیه تصاویر رنگی کاذب، برای تهیه نقشه‌های کاربری اراضی، از روش طبقه‌بندی نظارت شده (روش حداکثر احتمال) استفاده شده است. اولین گام در انجام دادن یک طبقه‌بندی نظارت شده تعریف مناطقی است که به‌مثابه نمونه‌های تعلیمی برای هر کلاس استفاده می‌شوند (استمن^۳، ۲۰۰۶). نمونه‌های تعلیمی در ۴ کلاس نواحی سکونتگاهی، باغات، اراضی کشاورزی و مراتع و اراضی بایر تعریف شده‌اند. سپس نمونه‌های تعلیمی به شیوه رقومی کردن روی صفحه تولید و تفکیک شدند. با تعیین نمونه‌های تعلیمی با استفاده از روش حداکثر احتمال، نقشه‌های کاربری اراضی محدوده مورد مطالعه در سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۹ تهیه شده است.

1 Weighted Linear Combination

2 Khoi & Murayama

3 Eastman

جدول ۱- مشخصات تصاویر مورد استفاده

ردیف	تاریخ	ماهواره	سنجنده
۱	۱۹۹۰/۰۶/۲۷	لندست ۵	TM
۲	۲۰۰۰/۰۶/۰۶	لندست ۵	TM
۳	۲۰۱۰/۰۶/۱۵	لندست ۷	ETM
۴	۲۰۱۹/۰۶/۱۱	لندست ۸	OLI

۲-۴- آنالیز تغییرات کاربری اراضی و ارزیابی روند تغییرات نواحی سکونتگاهی

در این تحقیق به منظور آنالیز و تجزیه و تحلیل تغییرات، از مدل تغییرات کاربری اراضی (LCM)^۱ استفاده شده است. مدل ساز تغییر کاربری زمین، تجزیه و تحلیل کاملی از تغییرات زمین با ایجاد نقشه‌های تغییرات کاربری، نمودار، انتقال طبقه کاربری و روند آن‌ها را فراهم می‌کند. با استفاده از این مدل، روند تغییرات کاربری اراضی و توسعه نواحی سکونتگاهی به سمت مناطق مستعد وقوع سیلاب ارزیابی شده است.

۳- نتایج و بحث

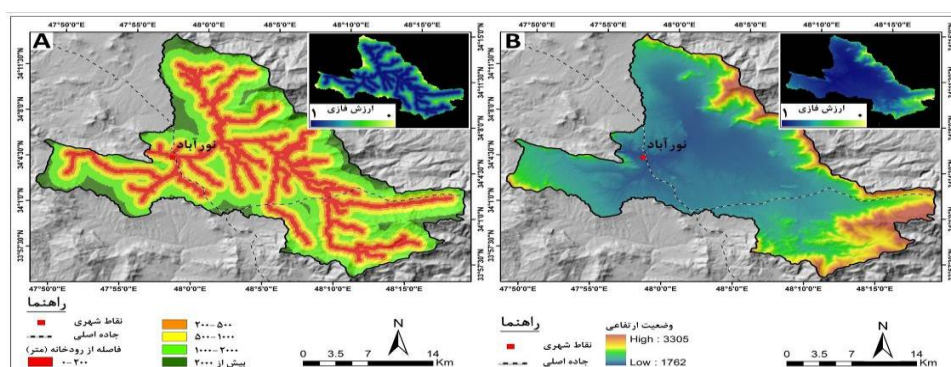
۳-۱- پتانسیل سنجی مناطق مستعد وقوع سیلاب در حوضه بادآورد

در این بخش به منظور شناسایی عوامل مؤثر در وقوع سیلاب از ۶ پارامتر شیب، جهت شیب، ارتفاع، کاربری اراضی، لیتولوژی و فاصله از رودخانه استفاده شده است. انتخاب پارامترها بر حسب نظر کارشناسان و وضعیت محیطی حوضه انتخاب شده است. روش کار در این بخش به این صورت است که ابتدا لایه اطلاعاتی مربوط به پارامترهای مورد نظر تهیه شده است و سپس لایه‌ها وارد نرم‌افزار IDRISI شده است. پس از وارد کردن لایه‌ها به نرم‌افزار IDRISI، لایه‌های اطلاعاتی استانداردسازی شده‌اند. سپس به منظور وزندهی به پارامترها از مدل AHP استفاده شده است و در نهایت وزن به دست آمده بر روی لایه‌ها اعمال شده و سپس با استفاده از مدل WLC با هم تلفیق شده‌اند و نقشه نهایی حاصل شده است. در ادامه به تشریح موارد مذکور پرداخته شده است:

-فاصله از رودخانه و ارتفاع: فاصله از رودخانه یکی از مهم‌ترین عوامل در پتانسیل سیل‌خیزی مناطق محسوب می‌شود. مناطقی که در نزدیکی جریان و رودخانه واقع شده‌اند، بیشتر در معرض خطر سیل هستند. سرریز آب در زمان سیل باعث می‌شود که مناطق مجاور رودخانه بسیار آسیب‌پذیر باشند (یگانه و همکاران، ۲۰۱۴). با توجه به اینکه در محدوده مطالعاتی رودخانه‌های بادآورد و گچینه از داخل شهر نورآباد عبور می‌کنند، پارامتر رودخانه بسیار حائز اهمیت خواهد بود، درواقع طغیان رودخانه می‌تواند به‌طور مستقیم سبب بروز آسیب و خسارات به نواحی

1 Land Change Modeler

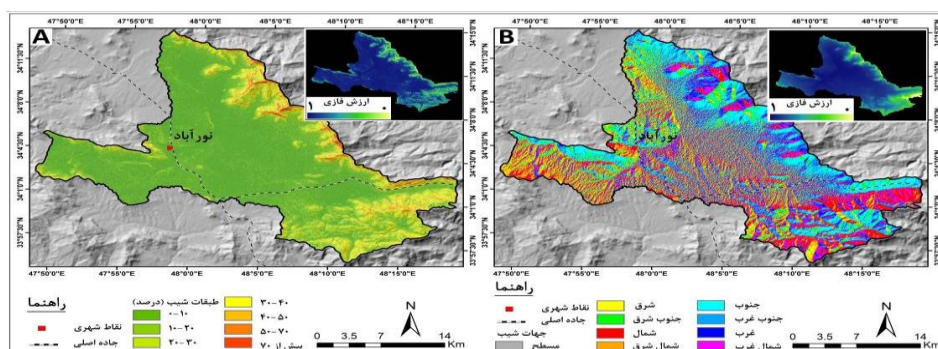
سکونتگاهی شود که نمونه آن در سیلاب فروردین سال ۱۳۹۸ رخ داده است. در شکل ۲ (A) نقشه فاصله از رودخانه در حوضه بادآورد و همچنین نقشه استانداردسازی شده آن نشان داده شده است که بر اساس آن، مناطقی که نزدیک به رودخانه هستند، دارای ارزش نزدیک به ۱ و مناطق دورتر دارای ارزش نزدیک به صفر هستند. پارامتر دیگر، ارتفاع است. ارتفاع حوضه نسبت به سطح دریا نشان‌دهنده موقعیت اقلیمی آن حوضه است. در حوضه‌های مناطق مرتفع نه تنها بارندگی بیش از حوضه‌های پست است بلکه در قله ارتفاعات غالباً نزولات جوی به صورت برف می‌باشد که هیدرولوژی آن متفاوت با رگبارهاست (علیزاده، ۱۳۸۶). ارتفاع حوضه نقش مهمی در مقدار بارندگی، دما، میزان تبخیر و تعرق، تشعشعات خورشیدی، تشکیل و توسعه خاک، نوع و تراکم پوشش گیاهی داشته و در نتیجه در ضریب رواناب اثر می‌گذارد. به طور معمول مناطقی که در ارتفاع پایین‌تری هستند نسبت به مناطق بالاتر، بیشتر تحت تأثیر سیل قرار دارند. در شکل ۲ (B) نقشه وضعیت ارتفاعی و استانداردسازی شده آن نشان داده شده است که بر اساس آن مناطق حاشیه‌ای حوضه دارای بالاترین ارتفاع و کمترین امتیاز و همچنین مناطق میانی و مناطق منطبق بر خروجی حوضه دارای کمترین ارتفاع و بالاترین امتیاز هستند.



شکل ۲- نقشه طبقاتی فاصله از رودخانه و ارتفاع حوضه و استانداردسازی شده آن‌ها

شیب و جهت شیب: به طور معمول با افزایش شیب عمومی سطح حوضه، فرصت لازم برای نفوذ کاهش یافته و با افزایش شیب حوضه، زمان تمرکز کاهش می‌یابد. شیب زیاد باعث تسریع جریان آب می‌شود و به همان نسبت، میزان فرسایش و هدر رفتن آب، افزایش پیدا می‌کند. طول دامنه نیز اهمیت دارد؛ چون هر قدر دامنه شیب، طول بیشتری داشته باشد، بر مقدار سیلاب و فرسایش افزوده خواهد شد (علیزاده، ۱۳۸۶). در مناطق مسطح مقدار زیادی آب در زمان طولانی‌تری حفظ شده و باعث افزایش خسارت می‌شوند. در دامنه‌ها با جریان‌های سریع‌تری روبرو هستیم (یگانه و همکاران، ۲۰۱۴: ۱۷۹۵). شیب‌های کمتر اگرچه برای توسعه شهری مناسب‌اند اما در سیل‌گیری به خصوص در جایی که در پای مخروط افکنه قرار می‌گیرند در معرض خطر بیشتری قرار دارند. در شیب‌های بالاتر با حجم کمتر و جریان‌های سریع‌تری از سیلاب روبرو هستیم. هرچه شیب کمتر باشد میزان رسوبگذاری و ارتفاع

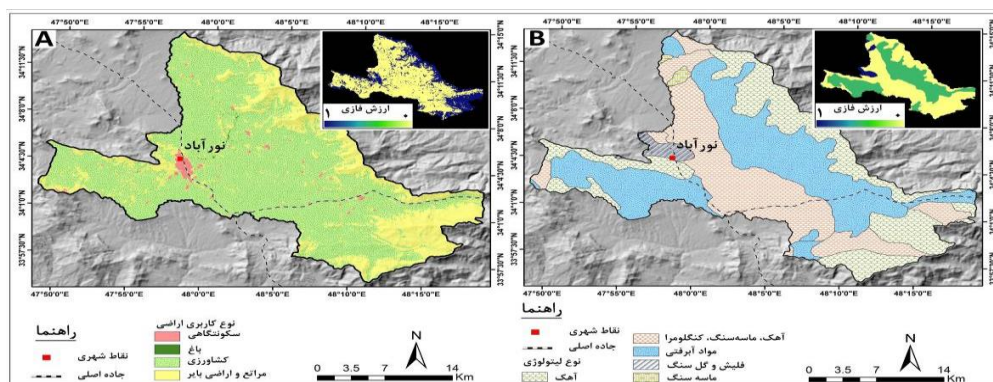
رواناب ناشی از سیل افزایش می‌یابد که میزان خسارت را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد (آبروش، ۱۳۹۵). در شکل ۳ (A) نقشه طبقات شیب و استانداردسازی شده آن نشان داده شده است که بر اساس آن، مناطقی که دارای شیب کمتری هستند ارزش نزدیک به ۱ و مناطق دارای شیب بیشتر هستند ارزش نزدیک به صفر دارند. در کنار شیب، جهت شیب نیز نقش مهمی در تشدید سیلاب دارد. عامل جهت شیب از نظر تأثیر آن بر بعضی فرآیندهای هیدرولوژیک مانند ذوب برف‌ها و تنوع پوشش گیاهی در حوضه‌های آبریز حائز اهمیت است (علیزاده، ۱۳۸۶: ۴۸). با توجه به اهمیت کیفیت تابشی خورشید در تأمین انرژی موردنیاز زمین‌ها، جهت‌گیری شیب‌ها نقش به‌سزایی در این رابطه دارند که با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی، نقشه مربوطه تهیه شده است. شیب‌های هم‌درجه ولی با جهات متفاوت معمولاً دارای وضعیت متفاوتی از نظر عوامل مختلف هستند. اثر عمده جهت شیب در میزان آبدوی در فرسایش به علت اختلاف میکروکلیمای موجود در شیب‌های مختلف است (رفاهی، ۱۳۸۸: ۶۹). با توجه به اینکه پتانسیل وقوع سیلاب در جهات مختلف متفاوت است، لایه جهت شیب نیز از نظر پتانسیل سیل‌خیزی ارزش‌گذاری و سپس استانداردسازی شده است. با توجه به اینکه جهات رو به شمال پتانسیل بالاتری جهت وقوع سیلاب دارند، تابع عضویت برای لایه جهت شیب به‌گونه‌ای تعریف شده است که جهات شیب دارای ارزش نزدیک به ۱ و مناطق جنوبی دارای ارزش نزدیک به صفر هستند (شکل ۳)(B)



شکل ۳- نقشه طبقاتی شیب و جهت شیب و استانداردسازی شده آن‌ها

-کاربری اراضی و لیتولوژی: کاربری اراضی و تغییرات آن در طی دوره‌های مختلف می‌تواند در تشدید و یا تضعیف سیلاب نقش حیاتی داشته باشد. حوادث زمین تحت تأثیر نوع استفاده از زمین و کاربری زمین است. سطوح غیر قابل نفوذ از جمله پوشش مناطق شهری ظرفیت نفوذ کمتری دارند. با توجه به سطح غیرقابل نفوذ، تغییر در وضعیت هیدرولوژیکی و عدم پوشش گیاهی در منطقه شهرنشین، مقدار رواناب و دبی اوج و خطر جاری شدن سیل را تحت تأثیر قرار می‌دهد (یگانه و همکاران، ۲۰۱۴: ۱۷۹۵). بنابراین، می‌توان گفت که کاربری اراضی دارای نقش مستقیمی در وقوع و یا عدم وقوع سیلاب است. در شکل ۴ (A) نقشه کاربری اراضی محدوده مطالعاتی که بر اساس

تصویر ماهواره‌ای لندست ۸، تاریخ ۲۰۱۹/۰۶/۱۱ تهیه شده، نشان داده شده است. بر اساس نقشه مذکور بخش‌های شرقی حوضه را مراتع با پوشش متوسط در بر گرفته است که با توجه به میزان پوششی که دارد نسبت به باغات و اراضی کشاورزی دارای پتانسیل بیشتری جهت وقوع سیلاب است. همچنین کاربری نواحی شهری نیز به دلیل نفوذپذیری کمی که دارند، دارای بالاترین امتیاز می‌باشد. نوع سنگ و پوشش خاک، ظرفیت نفوذ را تحت تأثیر قرار می‌دهد. خاک یا سنگ قابل نفوذ، شرایط نفوذ آب به داخل زمین را فراهم می‌کند و تخلیه آن را به داخل آبراهه اصلی به تأخیر می‌اندازد (خیری زاده و همکاران، ۱۳۸۸: ۱۳۹۱). حوضه‌هایی با سنگ بستر یا خاک به نسبت غیر قابل نفوذ، حجم بالایی از رواناب سطحی را ایجاد می‌کنند (گارد، ۲۰۰۶: ۲۱). در بحث زمین‌شناسی و سنگ‌شناسی میزان نفوذپذیری سازندها مورد نظر است. در شکل ۴ (B) نقشه زمین‌شناسی محدوده مطالعاتی و نقشه استانداردسازی شده آن نشان داده شده است. بر اساس شکل مذکور، بخش زیادی از ارتفاعات شرقی حوضه را مناطق آهکی در بر گرفته است که دارای نفوذپذیری بالایی است، بنابراین سیل‌خیزی کمتری دارد و بر این اساس امتیاز کمتری دارد. همچنین بخش‌هایی از حوضه نیز از فیلیش و گلسنگ تشکیل شده، که نسبت به آهک نفوذپذیری کمتری دارند، بنابراین امتیاز بیشتری دارند.



شکل ۴- نقشه طبقاتی کاربری اراضی و لیتولوژی و استانداردسازی شده آنها

وزندهی و تلفیق لایه‌های اطلاعاتی: با توجه به اینکه ارزش و اهمیت لایه‌های اطلاعاتی یکسان نیست، پس از به دست آوردن لایه‌های اطلاعاتی برای وزندهی به آنها از مدل تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده شده است. به منظور امتیازدهی به معیارها از طریق پرسشنامه و دیدگاه‌های کارشناسان امر استفاده شده است. برای انجام محاسبات از نرم‌افزار expert choice استفاده شد و پس از به دست آوردن وزن‌های نهایی هر کدام از معیارها (شکل ۵) در نرم‌افزار IDRISI بر روی داده‌ها اعمال شده است.



شکل ۵- ارزش‌گذاری لایه‌های اطلاعاتی بر اساس مدل AHP

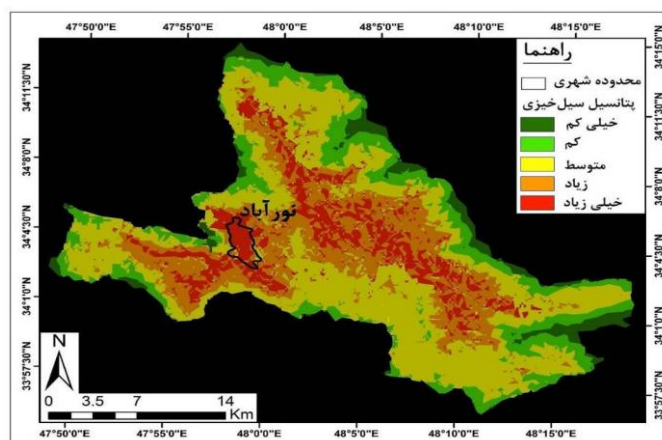
تلفیق و ترکیب لایه‌های اطلاعاتی

پس از اینکه وزن لایه‌های اطلاعاتی به دست آمد، وزن به دست آمده بر روی لایه‌های اطلاعاتی اعمال شده است و سپس به منظور ترکیب لایه‌های اطلاعاتی از روش WLC استفاده شده است. تکنیک WLC یکی از روش‌های ارزیابی چندمعیاره MCE است که مطابق رابطه ۱ محاسبه می‌شود (تقی زاده دیوا و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۳۲):

$$S = \sum W_i X_i$$

رابطه ۱- معادله WLC

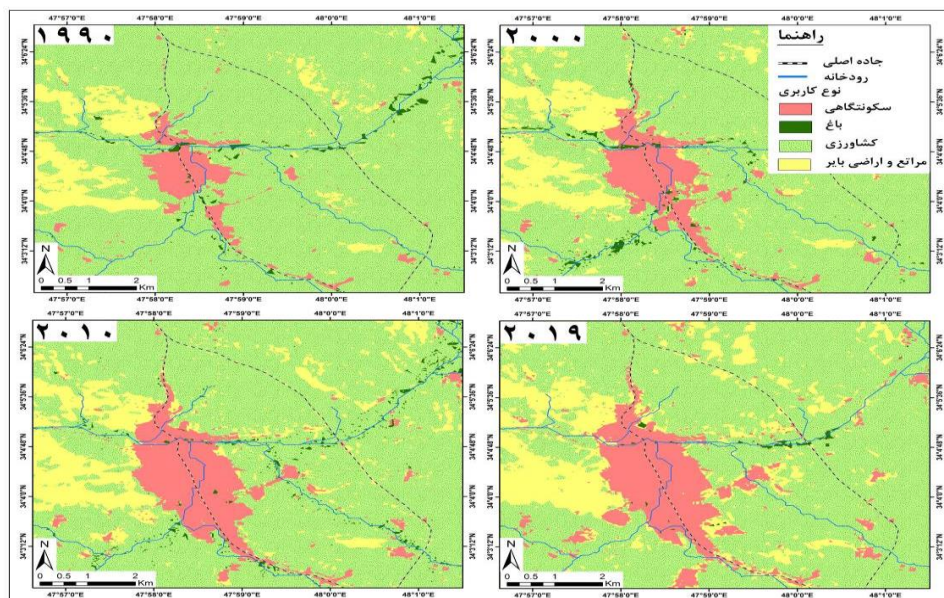
در این معادله S معرف، X_i تناسب زمین، W_i وزن فاکتور i ام و X_i معرف محدودیت i ام است. برای تهیه نقشه به روش ترکیب خطی وزنی پس از استانداردسازی لایه‌ها در نرم‌افزار IDRISI با اعمال وزن به دست آمده از طریق مدل AHP لایه‌های اطلاعاتی با هم تلفیق شده‌اند و در نهایت نقشه نهایی با استفاده از مدل WLC تهیه شده است (شکل ۶). بر اساس نقشه نهایی مناطق مستعد وقوع سیلاب، بخش‌های زیادی از حوضه مطالعاتی در محدوده و خطر سیلاب قرار دارند. در واقع با توجه به پارامترهایی که مدنظر بوده‌اند، نقشه نهایی مناطق مستعد وقوع سیلاب تهیه شده است که نقشه نهایی تهیه شده به ۵ کلاس تقسیم شده است. بر اساس نقشه تهیه شده، کلاس خیلی زیاد عمدتاً شامل نواحی مجاور رودخانه، مناطق کم شیب و کم ارتفاع است که مهم‌ترین ویژگی این کلاس، قرار گرفتن بخش زیادی از محدوده شهری نورآباد در این کلاس است.



شکل ۶- نقشه مناطق مستعد وقوع سیلاب با استفاده از روش تلفیقی AHP و WLC

۳-۲- ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی در محدوده مطالعاتی

توسعه روند و ساخت‌وسازها تغییرات کاربری اراضی در اغلب موارد منجر به تخریب منابع طبیعی نظیر از بین رفتن جنگل‌ها و کاهش سطح مراتع شده و در نتیجه محدوده‌های شهری همراه با مناطق صنعتی به زیان اراضی کشاورزی و منابع طبیعی گسترش پیدا می‌کنند. از بین رفتن فضای سبز، باغات و زمین‌های کشاورزی، آلودگی هوا، آلودگی منابع آب سطحی و زیرزمینی، تجاوز به حریم رودخانه‌ها و آبراهه‌ها در حین ساخت‌وساز از جمله مهم‌ترین و معمول‌ترین مشکلات زیست‌محیطی نواحی مسکونی هستند (امانی‌پور و همکاران، ۱۳۹۴). با توجه به اینکه یکی از عوامل مهم در تشدید سیلاب‌ها، تغییرات کاربری اراضی و توسعه نواحی سکونتگاهی به سمت مناطق سیل‌خیز است، در این تحقیق نقشه کاربری اراضی محدوده مطالعاتی مربوط به سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۱۰، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۹ تهیه شده است (شکل ۷).



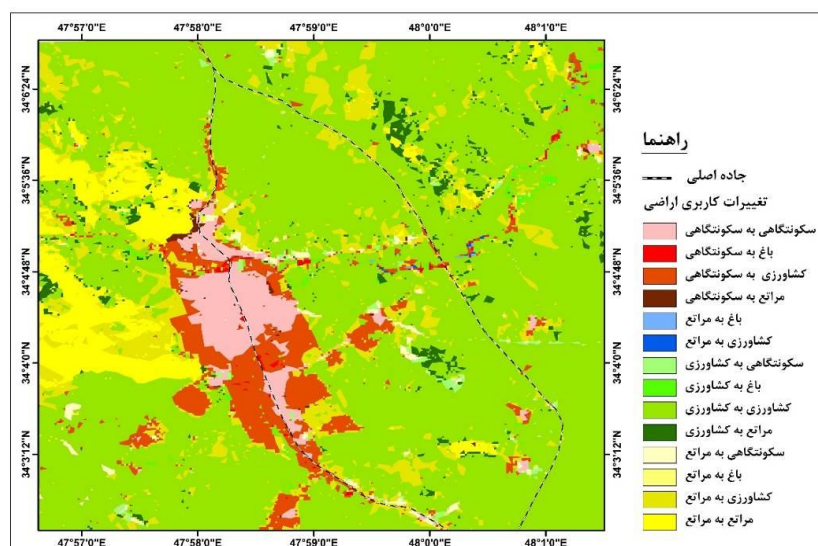
شکل ۷- نقشه کاربری اراضی حوضه مطالعاتی طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۹

-آنالیز تغییرات کاربری اراضی از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۹: ارزیابی تغییرات کاربری اراضی محدوده مطالعاتی بیانگر است که متناسب با روند افزایشی جمعیت، کاربری نواحی سکونتگاهی نیز با تغییرات قابل توجهی مواجه شده است. در شکل ۱ نحوه تغییرات کاربری نواحی سکونتگاهی در محدوده مطالعاتی نشان داده شده است. نتایج ارزیابی روند توسعه کاربری نواحی سکونتگاهی بیانگر این است که این کاربری در سال ۱۹۹۰ حدود ۲/۹۴ کیلومترمربع وسعت داشته است که این میزان در سال ۲۰۰۰ به ۳/۳۸ کیلومترمربع، در سال ۲۰۱۰ به ۵/۳۴ کیلومترمربع و در سال ۲۰۱۹ به ۶/۳۶ کیلومترمربع افزایش یافته است. ارزیابی محاسبات صورت گرفته بیانگر این است که در بین کاربری‌های

محدوده مطالعاتی که به کاربری سکونتگاهی تبدیل شده‌اند، $۰/۲۳$ کیلومترمربع مربوط به کاربری باغات، $۳/۹$ کیلومترمربع مربوط به کاربری اراضی کشاورزی و همچنین $۱/۱$ کیلومترمربع مربوط به کاربری مراتع و اراضی بایر می‌باشد. علاوه بر تغییرات صورت گرفته در کاربری نواحی سکونتگاهی، سایر کاربری‌های نیز با تغییرات قابل توجهی مواجه شده‌اند. ارزیابی تغییرات صورت گرفته بیانگر این است که بیش‌ترین میزان تغییرات صورت گرفته مربوط به تبدیل کاربری اراضی کشاورزی به کاربری مراتع و اراضی بایر بوده که $۶/۹۱$ کیلومترمربع وسعت داشته است. همچنین میزان تغییر از کاربری اراضی کشاورزی به کاربری مراتع و اراضی بایر نیز $۱/۳۲$ کیلومترمربع بوده است. در جدول ۲ و شکل ۸ میزان تغییرات هر کاربری به کاربری دیگر از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۹ نشان داده شده است.

جدول ۲- ارزیابی تغییرات هر کاربری به کاربری دیگر از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۹ (کیلومترمربع)

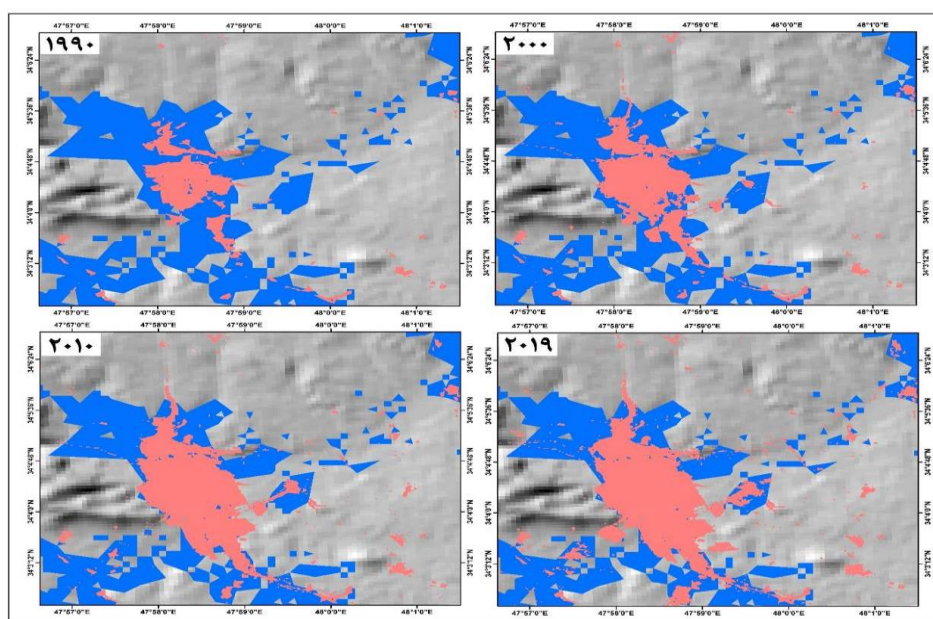
ردیف	تغییر کاربری	مساحت
۱	باغ به سکونتگاهی	$۰/۲۳$
۲	کشاورزی به سکونتگاهی	$۳/۹$
۳	مراتع به سکونتگاهی	$۱/۱$
۴	کشاورزی به باغ	$۰/۰۳$
۵	باغ به کشاورزی	$۰/۳۳$
۶	مراتع به کشاورزی	$۱/۳۲$
۷	باغ به مراتع	$۰/۰۴$
۸	کشاورزی به مراتع	$۶/۹۱$



شکل ۸- نقشه تغییرات کاربری اراضی محدوده مطالعاتی از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۹

۳-۳- ارزیابی روند توسعه نواحی سکونتگاهی به سمت مناطق سیل خیز

ارزیابی روند توسعه نواحی سکونتگاهی بیانگر این است که در طی سال‌های اخیر، نواحی سکونتگاهی توسعه زیادی به سمت مناطق مستعد وقوع سیلاب داشته است. در شکل ۹ نقشه روند توسعه نواحی سکونتگاهی به سمت مناطق مستعد وقوع سیلاب نشان داده شده است که بر اساس آن، در طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۹، سکونتگاه‌های زیادی در مناطق مجاور رودخانه بادآورد و گچینه که در معرض وقوع سیلاب هستند، استقرار یافته‌اند. در این تحقیق به منظور ارزیابی روند توسعه نواحی سکونتگاهی به سمت مناطق مستعد وقوع سیلاب، روند توسعه نواحی سکونتگاهی به سمت کلاس پتانسیل خیلی زیاد در وقوع سیلاب در نظر گرفته شده است. نتایج ارزیابی‌ها (جدول ۳) بیانگر این است که در سال ۱۹۹۰، ۲/۴۲ کیلومترمربع از نواحی سکونتگاهی در معرض وقوع سیلاب قرار داشته است که این میزان در سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۹ به ترتیب به ۳/۳۳، ۴/۶۷ و ۵/۲۸ کیلومترمربع افزایش یافته است.



شکل ۹- روند توسعه نواحی سکونتگاهی به سمت مناطق مستعد وقوع سیلاب در طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۹

جدول ۳- مساحت نواحی سکونتگاهی در کلاس با پتانسیل سیل خیزی خیلی زیاد در طی سال‌های ۱۹۹۰ تا

۲۰۱۹

سال	۱۹۹۰	۲۰۰۰	۲۰۱۰	۲۰۱۹
مساحت	۲/۴۲	۳/۳۳	۴/۶۷	۵/۲۸

۴- نتیجه‌گیری

با توجه به اهمیت بررسی و مطالعه در مورد سیلاب‌ها، تحقیقات مختلفی در این زمینه صورت گرفته است. تحقیقات پیشین صورت گرفته عمدتاً در مورد شناسایی مناطق مستعد وقوع سیلاب بوده است، اما در این تحقیق علاوه بر شناسایی مناطق مستعد وقوع سیلاب، سعی بر آن شده است تا با استفاده از نقشه‌های کاربری اراضی در طی دوره زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۹، روند توسعه نواحی سکونتگاهی به سمت مناطق سیل خیز نیز مورد ارزیابی قرار گیرد. در این تحقیق به منظور شناسایی مناطق مستعد وقوع سیلاب، از مدل تلفیقی WLC و AHP استفاده شده است. نتایج تحقیق بیانگر این است که بخش‌های زیادی از حوضه مطالعاتی در محدوده و خطر سیلاب قرار دارند. در واقع با توجه به پارامترهایی که مد نظر بوده‌اند، نقشه نهایی مناطق مستعد وقوع سیلاب، در ۵ کلاس تهیه شده است. بر اساس نقشه تهیه شده، کلاس خیلی زیاد عمدتاً شامل نواحی مجاور رودخانه، مناطق کم شیب و کم ارتفاع است که مهم‌ترین ویژگی این کلاس، قرار گرفتن بخش زیادی از محدوده شهری نورآباد در این کلاس است. این کلاس با ۷۱/۳ کیلومترمربع وسعت، ۳/۱۲ درصد از حوضه را دربر گرفته است. کلاس با پتانسیل زیاد نیز عمدتاً شامل نواحی میانی حوضه و مجاور رودخانه است و دارای ارتفاع و شیب کمی است. این کلاس با ۸/۱۴۵ کیلومترمربع وسعت، ۵/۲۳ درصد از حوضه را شامل می‌شود. کلاس متوسط بخش‌های زیادی از حوضه را دربر گرفته است، این کلاس با ۸/۲۵۱ کیلومترمربع، ۷/۴۰ درصد از حوضه را شامل می‌شود که عمدتاً شامل نواحی کم ارتفاع و کم شیب و دور از رودخانه می‌شود. کلاس با پتانسیل کم ۷/۱۰۸ کیلومترمربع وسعت دارد که شامل ۴/۱۷ درصد از حوضه می‌شود. این کلاس عمدتاً شامل مناطق پایکوهی و دور از رودخانه است. همچنین کلاس با پتانسیل خیلی کم نیز با ۷/۳۷ کیلومترمربع وسعت، ۹۷/۵ درصد از حوضه را دربر گرفته است که شامل نواحی با ارتفاع و شیب زیاد و همچنین مناطق دور از رودخانه می‌شود. ارزیابی طبقات و موقعیت قرارگیری آن‌ها بیانگر این است که حوضه مطالعاتی، پتانسیل زیادی جهت وقوع سیلاب دارد و با توجه به اینکه نواحی سکونتگاهی از جمله شهر نورآباد در طبقات با پتانسیل بالای وقوع سیلاب قرار دارد، بنابراین توجه به این مناطق و اقدامات پیشگیرانه ضروری است. در این راستا، ارزیابی تغییرات کاربری اراضی محدوده مطالعاتی بیانگر است که متناسب با روند افزایشی جمعیت، کاربری نواحی سکونتگاهی نیز با تغییرات قابل توجهی مواجه شده است. نتایج ارزیابی روند توسعه کاربری نواحی سکونتگاهی بیانگر این است که این کاربری در سال ۱۹۹۰ حدود ۹۴/۲ کیلومترمربع وسعت داشته است که این میزان در سال ۲۰۰۰ به ۶۸/۳ کیلومترمربع، در سال ۲۰۱۰ به ۳۴/۵ کیلومترمربع و در سال ۲۰۱۹ به ۳۶/۶ کیلومترمربع افزایش یافته است. ارزیابی محاسبات صورت گرفته بیانگر این است که در بین کاربری‌های محدوده مطالعاتی که به کاربری سکونتگاهی تبدیل شده‌اند، ۲۳/۰ کیلومترمربع مربوط به کاربری باغات، ۹/۳ کیلومترمربع مربوط به کاربری اراضی کشاورزی و همچنین ۱/۱ کیلومترمربع مربوط به کاربری مراتع و اراضی بایر می‌باشد. مجموع نتایج حاصله از تحقیق بیانگر این است که

شهر نورآباد با توسعه فیزیکی فزاینده‌ای مواجه است که بخشی از این توسعه فیزیکی، به سمت مناطق مستعد وقوع سیلاب است. بنابراین می‌توان گفت که یکی از مخاطرات طبیعی پیشروی شهر نورآباد، مخاطره سیلاب است.

کتابنامه

- امانپور، سعید؛ بهمینی، حجت؛ کاملی فر، محمدجواد؛ ۱۳۹۴. تحلیلی بر تغییرات کاربری اراضی در کلان‌شهرها با استفاده از آنالیز تصاویر ماهواره‌ای در ENVI (مطالعه موردی: کلان‌شهر اهواز). مجله سپهر، دوره بیست و ششم، شماره ۱۰۲، صص ۱۳۹-۱۵۰.
- آبروش، زهره؛ ۱۳۹۵. پهنه بندی خطر سیل در منطقه پردیسان قم با رویکرد مکان‌گزینی پایگاه‌های امداد و نجات، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، دانشکده جغرافیا
- تقی زاده دیوا، سیدعلی؛ سلمان ماهینی، عبدالرسول؛ خیرخواه زرکش، میرمسعود؛ ۱۳۹۲. مکان‌یابی چندمعیاری محل دفن مواد زائد ساختمانی با استفاده از رویکرد ترکیبی تحلیل سلسله مراتبی و فازی (مطالعه موردی: شهر گرگان). مجله آمایش جغرافیایی فضا، سال سوم، شماره ۱۰، صص ۱۳۷-۱۲۱.
- ثروتی، محمدرضا؛ آزاد، فریبا؛ منصوری، رضا؛ ۱۳۹۳. مخاطرات محیطی، مجله سپهر، دوره بیست و سوم، شماره ۹۰، صص ۹۴-۱۰۵.
- جمالی، میثم؛ مقیمی، ابراهیم؛ جعفرپور، زین‌العابدین؛ کردوانی، پرویز؛ ۱۳۹۴. تحلیل فضایی مخاطرات ژئومورفولوژیکی توسعه‌ی شهر در حریم رودخانه‌ی خشک کلان‌شهر شیراز. نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال دوم، شماره ۳، صص ۶۱-۵۱.
- رسولی، علی‌اکبر؛ محمودزاده، حسن؛ یزدچی، سعید؛ زرین‌بال، محمد؛ ۱۳۹۱. ارزیابی روش‌های تحلیل سلسله مراتبی و ترکیب خطی وزنی در مکان‌یابی محل دفن مواد زائد شهری (مطالعه موردی: شهر مرند). مجله جغرافیا و آمایش شهری و منطقه‌ای، شماره ۴، صص ۵۲-۴۱.
- رفاهی، حسینقلی؛ ۱۳۸۸. فرسایش آبی و کنترل آن، چاپ ششم، انتشارات تهران
- شکوهی، علیرضا؛ حسینی، نازگل؛ بختیاری، افشین؛ ۱۳۹۷. پیش‌بینی سیل با استفاده از شاخص بارش استاندارد (SPI) در مقیاس روزانه. نشریه مهندسی عمران و محیط‌زیست، جلد چهل و هشتم، شماره ۲، صص ۳۷-۲۵.
- عابدینی، موسی؛ بهشتی جاوید، ابراهیم؛ ۱۳۹۵. پهنه بندی خطر وقوع سیلاب حوضه آبخیز ليقوان چای با استفاده از مدل فرآیند تحلیل شبکه و سیستم اطلاعات جغرافیایی. فصلنامه علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی، سال شانزدهم، شماره ۵۵، صص ۲۹۳-۳۱۲.
- علیزاده، امین؛ ۱۳۸۶، اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، مشهد، چاپ بیستم.
- غلامی، محمد؛ احمدی، مهدی؛ ۱۳۹۸. ریز پهنه بندی خطر وقوع سیلاب در شهر لامرد با استفاده از GIS، AHP و منطق فازی. مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره هشتم، شماره ۲۰، صص ۱۱۴-۱۰۱.

- محمودزاده، حسن؛ باکویی، مائده؛ ۱۳۹۷. پهنه بندی سیلاب با استفاده از تحلیل فازی (مطالعه موردی: شهر ساری). مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره هفتم، شماره ۱۸، صص ۶۸-۵۱.
- مددی، عقیل؛ پیروزی، الناز؛ آقایی، لیلا؛ ۱۳۹۷. پهنه بندی خطر سیلاب با استفاده از تلفیق روش‌های SCS-CN و WLC (مطالعه موردی: حوضه خیاو چای مشکین شهر). مجله هیدروژئومورفولوژی، دوره پنجم، شماره ۱۷، صص ۱۰۲-۸۵.
- مقیم، ابراهیم؛ ۱۳۹۴. دانش مخاطرات (برای زندگی با کیفیت بهتر)، انتشارات دانشگاه تهران، ۲۶۰ صفحه.
- مقیم، ابراهیم؛ رستمی فتح‌آبادی، محمد؛ ۱۳۹۸. تعیین مناطق مستعد وقوع سیلاب با استفاده از مدل FAHP (مطالعه موردی: حوضه رودخانه بادآور، نورآباد)، کنفرانس ملی "سیلاب ۹۸-۹۷، اگر تکرار شود، اهواز.
- مقیم، ابراهیم؛ صفاری، امیر؛ ۱۳۸۹. ارزیابی ژئومورفولوژیکی توسعه شهری در قلمروی حوضه‌های زهکشی سطحی (مطالعه موردی: کلان‌شهر تهران). مجله برنامه‌ریزی و آمایش فضا، دوره چهاردهم، شماره ۱، صص ۳۱-۱.

- Azouagh, A., El Bardai, R., Hilal, I., Messari, J., 2018. Integration of GIS and HEC-RAS in Floods Modeling of Martil River (Northern Morocco), *European Scientific Journal*, 14 (12).
- Dandapat, K., Panda, G., 2018. A geographic information system-based approach of flood hazards modelling, Paschim Medinipur district, West Bengal, India. *Jurnal of Jamba*, 10 (1): 518.
- Eastman, J. R. 2006. IDRISI Andes. Guide to GIS and Image Processing. Clark Labs, Clark University, Worcester, MA.
- Garde, R. J., 2006. River Morphology, Published by New Age International (P) Ltd, Publishers, New Delhi.
- Khattak, M. S., Anwar, F., Usman Saeed, T., Sharif, M., Sheraz, K., Ahmed, A., 2016. Floodplain Mapping Using HEC-RAS and ArcGIS: A Case Study of Kabul River, *Research Article – Civil engineering*, 40: 1375-1390.
- Khoi, D. D., Murayama, Y., 2010. Forecasting Areas Vulnerable to Forest Conversion in the Tam Dao National Park Region, Vietnam. *Remote Sensing* 2 (5): 1249–1272.
- Mugagga, F., Kakembo, V., Buyinza, M., 2012. Land use changes on the slopes of Mount Elgon and the implications for the occurrence of landslides. *Catena* 90: 39–46.
- Parhi, P. K., 2018. Flood Management in Mahanadi Basin using HEC-RAS and Gumbel's Extreme Value Distribution, *Journal of The Institution of Engineers (India)*, 99 (4): 751–755.
- Rinat, Y., Marra, F., Zocatelli, D., Morin, E., 2018. Controls of flash flood peak discharge in Mediterranean basins and the special role of runoff-contributing areas, *Journal of Hydrology*, 565: 846-860.
- Serre, D., Barroca, B., Balsells, M., Becue, V., 2016. Contributing to urban resilience to floods with neighbourhood design: the case of Am Sandtorkai/Dalmannkai in Hamburg, *Journal of Flood Risk Management*, 11: 69-83.
- Silva, F. V., Bonuma, N. B., Uda, P. K., 2014. Flood Mapping In Urban Area Using Hec-Ras Model Supported By GIS, *International Conference on Flood Management*, 9pp.
- Yeganeh, N., Sabri, S., 2014. Flood Vulnerability Assessment in Iskandar Malaysia Using Multi-criteria Evaluation and Fuzzy Logic. *Journal of Applied Sciences. Engineering and Technology* 8 (16): 1794-1806.