پژوهش‌های فرسایش محیطی
journal homepage: http://magazine.hormozgan.ac.ir

بررسی تغییرات کاربری اراضی و مدل‌سازی بارش - رواناب با استفاده از مدل HEC-HM مطالعه موردی : حوزه آبخیز بابلرود

خه‌بات درفشی[1*]، شهریار خالدی[1]، **حسن شعبانی‌نیا**[2]، **اکبر مهرجونژاد**[3]

[1] *گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران*
[2] *گروه جغرافیا، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد نور*
[3] *گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران*

تاریخچه مقاله:
دریافت:
۱۳۹٤/۰۲/۰٤
اصلاح:
۱۳۹٤/۱۱/۱۵
پذیرش:
۱۳۹٤/۱۲/۰۷

واژگان کلیدی:
کاربری اراضی
بارش – رواناب
HEC-HMS
بابلرود

چکیده

تغییر در الگوی کاربری اراضی فرآیندهای هیدرولوژیکی را در حوضه‌ها متأثر ساخته و تعادل طبیعی جریان آب را مختل می‌کند. در پژوهش حاضر، تغییر مؤلفه‌های هیدرولوژیکی حوزه آبخیز بابلرود در نتیجه تغییرات کاربری اراضی در سال‌های ۱۹۸۸ و ۲۰۰۹ مورد بررسی قرار گرفته است. جهت تعیین تغییرات کاربری اراضی حوزه آبخیز بابلرود، تصاویر ماهواره‌ای TM سال ۱۹۸۸ (۱۳٦۷) و ETM+ سال ۲۰۰۹ (۱۳۸۸) با ضریب تفکیک مکانی ۳۰ متر و با بهره‌گیری از نرم‌افزار ERDAS Imagine به‌کار گرفته شدند که با استفاده از طبقه‌بندی نظارت شده به چهار نوع کاربری شهری، اراضی ترکیبی، جنگل و اراضی بایر طبقه‌بندی گردیدند. با توجه به این طبقه‌بندی، اراضی جنگلی و ترکیبی (کشاورزی، باغی) حوضه بابلرود با کاهش مساحت و کاربری‌های مرتع و شهری (ساخته شده) با افزایش مساحت مواجه بوده‌اند. جهت بررسی تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر سیکل هیدرولوژی و کمیت مؤلفه‌های بیلان هیدرولوژیکی حوزه آبخیز مورد بررسی و تحلیل این ارتباط‌ها، از مدل HEC-HMS استفاده شد؛ نتایج این مدل به‌صورت کاهش تلفات بارش، افزایش ارتفاع و ضریب رواناب، افزایش دبی حداکثر و افزایش دبی متوسط بوده که تأثیر تغییرات مورفولوژیکی رودخانه بابلرود و کاربری اراضی محدوده آن را بر مؤلفه‌های سیلاب به خوبی روشن نمود.

۱- مقدمه

آرایش طبیعی فرآیندهای انتقال آب و رسوب از حوضه‌های کوهستانی نیمه خشک به سمت پایین دست، متأثر از دخالت‌های انسانی است. مهم‌ترین مداخله انسانی در چنین حوضه‌هایی، تغییرات کاربری اراضی است. نتایج این تغییرات در حوضه‌های تحت تأثیر شهرسازی تخریب خطوط تقسیم آب، قطع کردن مسیل‌های زهکشی طبیعی و افزایش سطوح نفوذناپذیر می‌باشد (۲). تغییر در مشخصه‌های رواناب از طریق تغییر الگوی کاربری اراضی، جهت فهم تأثیرات تغییر کاربری و یا پوشش اراضی

* نویسنده مسئول رایانامه: khabat.derafshi@gmail.com

بر روی فرآیندهای هیدرولوژیکی سطح زمین ضروری می‌باشد (۱۵). با توسعه اراضی شهری، سطوح زمین غیر قابل نفوذ به سرعت گسترش یافته، ظرفیت نگهداشت بارش کم و ضریب رواناب افزایش می‌یابد. ناحیه شهری شده در شرایط بارش‌های با شدت بالا، مستعد خطر سیلاب بیشتری می‌شود.

تغییر کاربری اراضی و گسترش شهرسازی به سمت حوضه‌های کوهستانی مجاور شهرها، خطر سیلاب را به علت افزایش اوج و حجم دبی بیشتر کرده و زمان رسیدن دبی به اوج را نیز کاهش می‌دهد (۱۳، ۱۲، ۸، ۱۱). در نتیجه‌ی دست‌اندازی در محیط‌های طبیعی، حضور ساختارهای متعدد و نبود مقررات مناسب جهت محافظت از این محیط‌ها، شرایط رویداد سیلاب فراهم می‌شود. تأثیر تغییرات انسان‌ساخت بر هیدرولوژی سطحی می‌تواند از طریق نسبت دبی سیلاب پس از ایجاد این تغییرات به دبی سیلاب پیش از آن‌ها طی دورهای بازگشت اندازه‌گیری شود (۹). ولی با وجود این، تحلیل تأثیرات تغییر کاربری بر فراوانی سیلاب مسأله‌ای سخت به‌نظر می‌رسد، که این بخاطر کمبود داده‌های سیل و هم‌چنین فرآیند توسعه غیر ایستا یا پویا به ویژه در نواحی شهری می‌باشد (۱٦). ارزیابی اثرات تغییر کاربری اراضی بر روی فرآیندهای سیل در زمین با کاربری‌های مختلط بوسیله GIS و دیدگاه مدل‌سازی در سال ۲۰۰٤ توسط Liu انجام شد؛ وی به بررسی پتانسیل کلاس‌های مختلف کاربری اراضی در تولید رواناب پرداخته و از طریق مدل شبیه‌سازی، تغییرات معناداری در حجم، دبی و زمان اوج در ارتباط با کاربری‌های مختلف اراضی پیدا کرد. شهرسازی حوضه‌ای و تغییر رفتار سیل در ناحیه متروپلیتن لس آنجلس (Shang و Wilson) در سال ۲۰۰۸ انجام گرفت که با استفاده از داده‌های تمرکز جمعیت، کاربری اراضی و اندازه‌گیری جریان رودخانه‌های منطقه مورد مطالعه، آزمون‌های آماری و ArcGIS تغییرپذیری فضایی و زمانی هیدرلوژی سیل ۲۰ حوضه انتخابی را ارزیابی کردند. در پژوهش Suriya و Mudgal با عنوان تأثیر شهرسازی بر سیلاب: مطالعه موردی حوزه آبخیز تیروسولام" در سال ۲۰۱۱ نمونه‌ای از پژوهش انجام گرفته در ارتباط با بررسی اثرات تغییر کاربری اراضی و توسعه شهر بر روی تغییرات الگوی سیلاب می‌باشد؛ این پژوهش در چهار سناریو انجام گرفته است؛ در ابتدا با استفاده از تکنیک سنجش از دور و روش طبقه‌بندی، کاربری‌های اراضی حوضه مورد نظر در دو سال ۱۹۷٦ و ۲۰۰۵ میلادی استخراج شده تا آشکارسازی تغییرات انجام می‌گیرد. در سناریوی دوم، مدل‌سازی بارش ـ رواناب با استفاده از مدل HEC-HMS انجام گرفته و سناریوی سوم شامل تهیه نقشه خطر سیل محدوده مورد مطالعه با استفاده از RS و GIS می‌باشد. در نهایت نقشه پهنه‌بندی سیل با بکارگیری مدل ۱ بعدی (HEC-RAS) تهیه شده است.

هادیانی (۱۳۸۵) در پژوهشی با عنوان نقش تغییر کاربری اراضی بر دبی سیلاب‌های منطقه‌ای حوضه‌ی آبخیز مادرسو، با استفاده از روش SCS دبی حداکثر لحظه‌ای سیلاب را در دو وضعیت کاربری فعلی اراضی و کاربری اراضی بر اساس قابلیت برآورد نمود؛ نشاط و صدقی نیز در سال ۱۳۸۵ میزان رواناب حوزه آبخیز باغ ملک استان خوزستان را با استفاده از روش SCS و مدل HEC-HMS بدست آوردند. مدل‌سازی سیلاب در حوضه آبریز رودخانه کن به وسیله‌ی مدل توزیعی ADHM توسط الوانکار و همکاران (۱۳۸۸) انجام گرفت که با استفاده از مدل هیدرولوژیک ADHM1 مدل‌سازی هیدرولوژیک را برای حوضه کن با وسعت ۲۰۰ کیلومتر مربع انجام داده، از اطلاعات همزمان بارش و رواناب ۷ سیل برای کالیبراسیون و از اطلاعات ۲ سیل دیگر برای اعتبار سنجی استفاده کرده‌اند. روزخش و همکاران (۱۳۸۹) نیز، در پژوهشی تحت عنوان بررسی وضعیت سیل‌گذری رودخانه‌ی کن در غرب تهران تحت تأثیر احداث پل، برداشت شن و ماسه و تجاوز به حریم رودخانه، اثرات ناشی

از دست یازی به حریم رودخانه با ایجاد تراس مصنوعی و محدودیت برای جریان طبیعی رودخانه و تأثیر آن بر مورفولوژی رودخانه کن را ارزیابی کرده‌اند.بر مبنای مطالب ذکر شده و با توجه به تمرکز فعالیت‌های اقتصادی ـ اجتماعی در مجاورت بابلرود و دشت‌های سیلابی آن و هم‌چنین آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب‌های این رودخانه در شهر بابل، هدف پژوهش حاضر بررسی تغییرات کاربری اراضی در محدوده مورد مطالعه، تهیه نقشه تغییرات و تحلیل ارتباط بین این متغیر با مدل‌سازی بارش – رواناب در محدوده جغرافیایی حوزه آبخیز بابلرود می‌باشد.

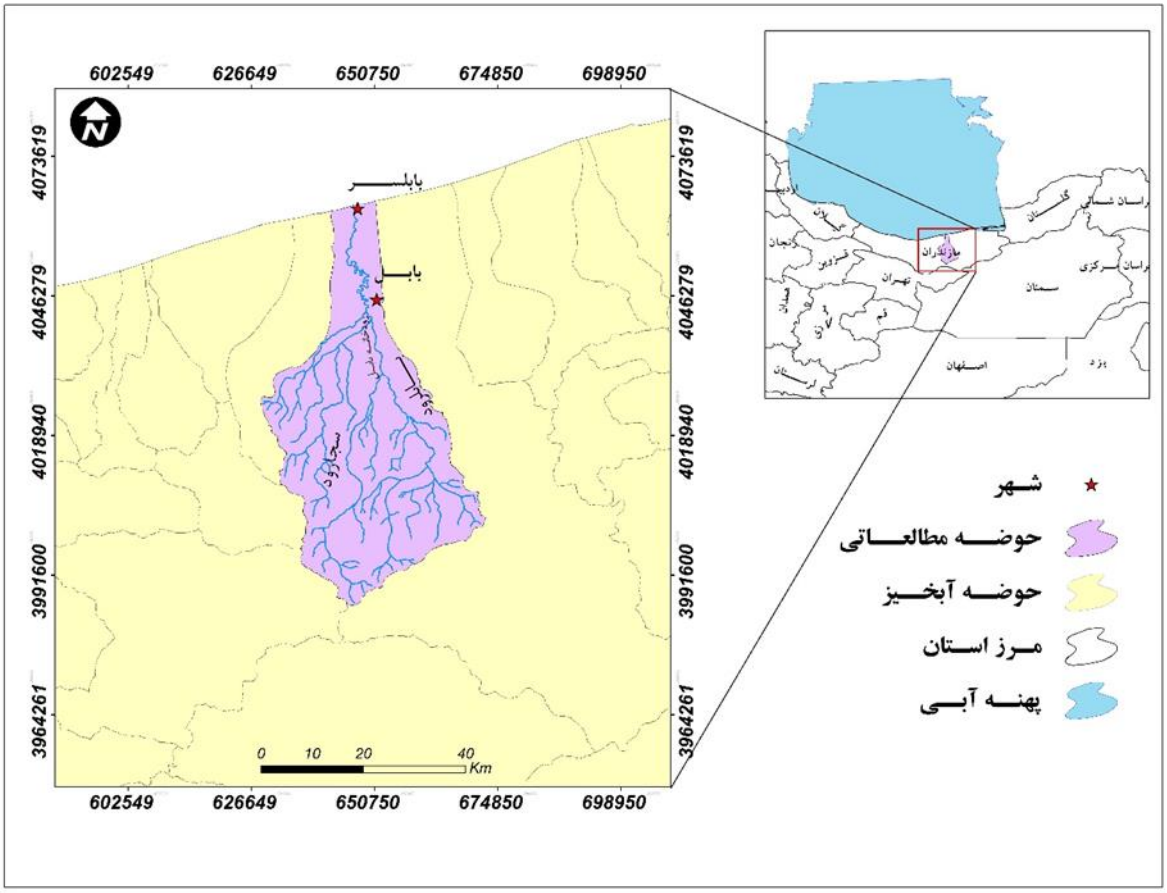
۲- مواد و روش

۲- ۱- منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد بررسی در این پژوهش، حوزه آبخیز بابلرود می‌باشد که با مساحتی معادل ۱٦۷۸ کیلومتر مربع بین ۳٦ درجه تا ۳٦ درجه و ۳۳ دقیقه عرض شمالی و درجه و ۳۱ دقیقه تا ۵۳ درجه و ۱۵ دقیقه طول شرقی قرار گرفته است (شکل ۱). با توجه به اینکه در محدوده مورد مطالعه رودخانه‌های بابلرود و سجارود به یکدیگر می‌رسند، در ادامه به تشریح خصوصیات این دو رودخانه پرداخته می‌شود.

الف) رودخانه بابلرود؛ این رودخانه از رودخانه‌های اصلی حوزه آبریز دریای مازندران می‌باشد که حوزه آبخیز آن از شمال به دریای مازندران، از شرق به حوضه رودخانه تالار، از جنوب به دامنه شمالی سلسله جبال البرز و از غرب به حوضه آبریز رودخانه هراز محدود می‌گردد. طول رودخانه ۸۷ کیلومتر بوده و سرشاخه‌های مهم آن رودخانه‌های آذر، اسکلیم، بابلک، سجارود، کلارود، کارسنگ، کاری و سنبلرود می‌باشد. مساحت حوزه آبخیز بابلرود ۱٤۳۰ کیلومتر مربع در ایستگاه کشتارگاه بابل بوده و دارای رژیم رودخانه برفی – بارانی می‌باشد (افشین، ۱۳۷۳).

ب) رودخانه سجارود؛ این رودخانه نیز جزء حوضه بابلرود و یکی از شاخه‌های مهم رودخانه‌های بابلرود می‌باشد که از دامنه شمالی و غربی کوه نارگیلی واقع در سرچشمه بابلک و هم‌چنین از قله ۳۷۰۱ متری واقع در ٤ کیلومتری جنوب کوه نارگیلی سرچشمه گرفته و شاخه فرعی آن به نام آبندان می‌باشد (آب منطقه‌ای استان مازندران، ۱۳۷۹).



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی حوزه آبخیز بابلرود.

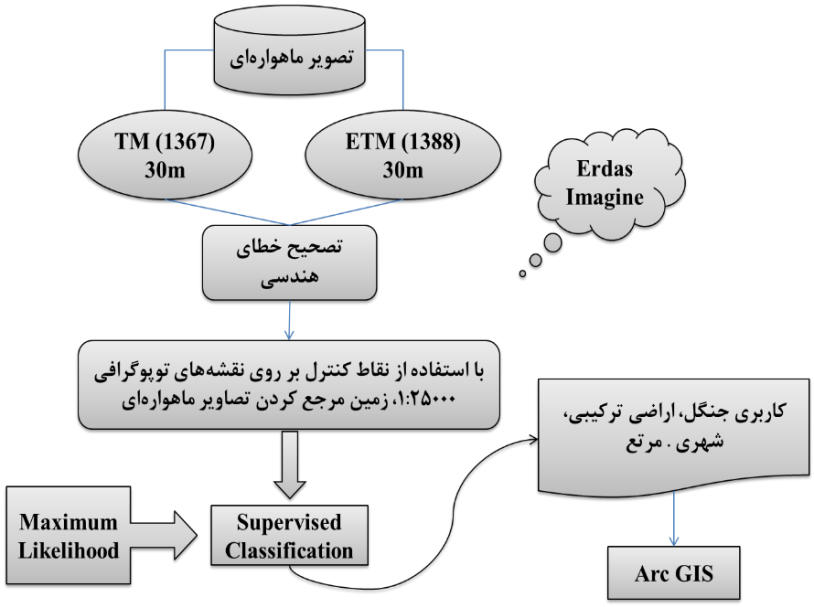
۲- ۲- روش

۲. ۲. ۱ آشکار سازی تغییرات کاربری اراضی

در پژوهش حاضر، برای تعیین تغییرات کاربری اراضی حوزه آبخیز بابلرود از تصویر ماهواره‌ای TM[1] سال ۱۹۸۸ (۱۳٦۷) و ETM[2] سال ۲۰۰۹ (۱۳۸۸) با ضریب تفکیک مکانی[3] ۳۰ متر استفاده شد. به‌منظور تعیین کاربری اراضی حوضه مورد مطالعه طی این دوره زمانی ۲۱ ساله (۱۳٦۷– ۱۳۸۸)، تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از نقاط کنترل زمینی استخراج شده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰، زمین‌مرجع[4] گردیدند تا خطای هندسی آن‌ها تصحیح شود. این تصاویر در محیط ERDAS Imagine پردازش شدند؛ آنگاه طبقه‌بندی کاربری اراضی با الگوریتم حداکثر احتمال[5] در طبقه‌بندی نظارت شده[6] صورت گرفت. هرکدام از تصاویر به چهار نوع کاربری جنگل، مرتع، شهری (سازه‌های انسانی) و اراضی ترکیبی (کشاورزی – شهری) طبقه‌بندی

1. Thematic Mapper
2. Enhanced Thematic Mapper
3. Spatial Resolution
4. Geo-reference
5. Maximum Likelihood
6. Supervised Classification

گردیدند. این روش طبقه‌بندی از داده‌هایی مانند میانگین متوسط‌های برآورد[1] و واریانس‌های طبقات استفاده می‌کند که بعداً به‌منظور احتمال‌های برآورد بکار برده می‌شوند. الگوریتم حداکثر احتمال فرض می‌کند که احتمال‌های برآورد برای همه طبقات برابر هستند و هیستوگرام باندهای ورودی جهت بدست دادن یک خروجی دقیق، دارای توزیع نرمالی می‌باشند. این روش متوسط، واریانس‌ها و تغییرپذیری در ارزش‌های طیفی هر کلاس را به‌عنوان مجموعه‌ای از داده‌های زمینی به‌دست می‌دهد؛ بنابراین، نیازمند داده‌های زمینی دقیق است. مزیت اصلی این روش آمار مبنا بودن آن است که برآوردی از هم‌پوشانی نواحی را فراهم می‌کند (١٦). پس از این فرآیند، طبقه‌بندی‌های بدست آمده در محیط ArcMap رقومی شدند تا نقشه کاربری اراضی حوضه مورد مطالعه برای سال‌های مورد بررسی بدست آید. شمایی از روش‌شناسی این مرحله‌ی پژوهش در شکل ۲ آورده شده است.



شکل ۲: فلوچارت مراحل آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی.

۲. ۲. ۲ مدل HEC-HMS

جهت بررسی تأثیر مشخصه‌های مورفولوژی و هندسی یک رودخانه به‌همراه تغییرات کاربری اراضی (که یکی از علت‌های تغییر مورفولوژی بستر رودخانه بوده) بر سیکل هیدرولوژی و کمیت مؤلفه‌های بیلان هیدرولوژیکی یک حوزه آبخیز و تحلیل این ارتباط‌ها، نیاز به استفاده از مدلی می‌باشد (٤) که قابلیت اجرای این تحلیل را داشته باشد (Azagra, 1998; Knenl, 2005; MCCol and Aggett, 2006)؛ که در این پژوهش از مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS استفاده گردید.

مدل HEC-HMS با استفاده از تکنولوژی "Object Oriented" ایجاد شد. این تکنولوژی راهی طبیعی را جهت بیان مسأله، تجزیه پیچیدگی‌های آن به اجزاء قابل فهم و بکارگیری کد برنامه جهت حل مسأله فراهم نمود (۱۷). این مدل حوزه آبخیز را به عنوان سیستمی یکپارچه با مؤلفه‌های هیدرولوژیکی و هیدرولیکی نمایش می‌دهد. هر جزء مدل یک جنبه از فرآیند

[1]. Means of Estimating Averages

بارش – رواناب را در داخل بخشی از حوضه شبیه‌سازی می‌کند. بعبارتی، اجزاء مختلفی برای شبیه‌سازی سیستم فیزیکی حوضه ترکیب می‌شوند و هر جزء نماینده‌ی یکی از عوامل تبدیل بارش به رواناب در حوضه می‌باشد؛ از ترکیب اثر همزمان عوامل ذکر شده، هیدروگراف نهایی سیلاب حاصل خواهد شد. جهت مدل‌سازی مؤلفه‌های حوزه آبخیز[1] یا حوضه هیدرولوژیک شهری با استفاده از مدل HEC-HMS از سه مؤلفه استفاده می‌گردد که هر یک وظیفه‌ی خاص خود را در ارتباط با فرآیند تبدیل بارش به رواناب و روندیابی آن دارند.

جهت شبیه‌سازی رواناب حوضه مورد مطالعه از طریق بکارگیری مدل ریاضی، استفاده از داده‌های همزمان بارش – رواناب برای صحت‌یابی مدل ضروری است. به این ترتیب، داده‌های دبی، مقدار بارندگی و متوسط دمای روزانه برای سال‌های ۱۳۶۷ و ۱۳۸۸ جمع‌آوری شد؛ داده‌های دبی روزانه از ایستگاه هیدرومتری کشتارگاه بابل و داده‌های بارش و دمای روازنه از ایستگاه محوطه اداره بابل (با توجه به کامل‌تر بودن داده‌ها) بدست آمد. میزان تبخیر و تعرق نیز به صورت میانگین ماهانه برای سال‌های ذکر شده در مدل استفاده گردید.

استخراج پارامترهای ورودی مدل؛ از آنجا که اندازه‌گیری پارامترهای مورد نیاز روش‌ها در بخش‌های مختلف مدل HEC-HMS در حوزه آبخیز انجام نشده و یا در دسترس نمی‌باشد، بهتر است روش‌هایی انتخاب گردد که علاوه بر کارآیی بالا، حداقل پارامتر را داشته باشد. به عبارتی اصل امساک رعایت شود؛ این اصل دلالت بر این مسأله دارد که از بین چند مدل برای انتخاب، علاوه بر کارآیی و راندمان (شبیه‌سازی بهتر رواناب) بایستی به عدم قطعیتی که توأم با هر پارامتر بوده نیز توجه داشت. به بیان ساده‌تر، مدل با تعداد پارامتر کم‌تر ارجحیت دارد.

شمایی از حوضه و نمایش فیزیکی و هندسی آن در مؤلفه‌ی مدل حوضه تعریف می‌شود. در این پژوهش از روش SCS[2] Curve Number در قسمت تلفات[3] بارش استفاده شد. پارامترهای مورد نیاز این روش گیرش اولیه[4]، شماره منحنی و درصد سطح غیر قابل نفوذ حوضه می‌باشد. با تلفیق نقشه تهیه شده از گروه‌های هیدرولوژیکی خاک (بر مبنای بافت خاک) و کاربری اراضی، مقادیر متوسط CN در شرایط رطوبتی متوسط برای دو سال مورد بررسی در حوزه آبخیز بابلرود بدست آمد. پس از تهیه مقدار متوسط CN، امکان محاسبه ذخیره سطحی خاک (**S**) از طریق رابطه ۱ فراهم شد. تخمین میزان تجربی گیرش اولیه با استفاده از رابطه ۲ صورت می‌گیرد که در مطالعه‌های زیادی استفاده شده است (۷، ۱۰).

$$S = (25400/CN) - 254 \quad (۱)$$

$$Ia = 0.2S \quad (۲)$$

در رابطه ۱، CN یک عدد بدون بعد بوده و بین صفر تا ۱۰۰ متغیر است؛ در CN برابر ۱۰۰ خاک توان جذب بارندگی را ندارد و در نتیجه ارتفاع رواناب با بارندگی مساوی است (۲). در رابطه ۲، Ia گیرش اولیه (میلیمتر) و S (میلیمتر) مقدار ذخیره

---

[1]. Modeling Basin components
[2]. Soil Curve Number
[3]. Loss
[4]. Initial Abstraction

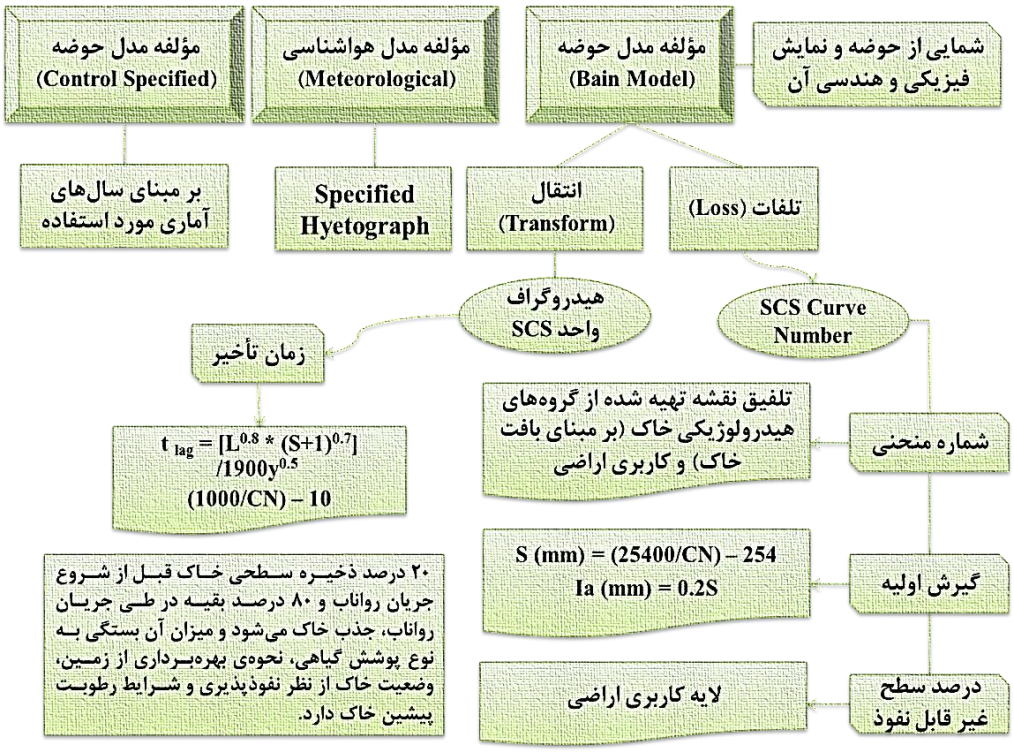
سطحی خاک می‌باشد. درصد سطح غیر قابل نفوذ حوضه نیز به عنوان پارامتر دیگر روش SCS Curve Number از لایه کاربری اراضی تهیه شده در دو سال ۱۳٦۷ و ۱۳۸۸ بدست آمد.

در بخش "تبدیل یا انتقال"[1] مؤلفه مدل حوضه از روش هیدروگراف واحد[2] SCS استفاده گردید. پارامتر مورد نیاز این روش، زمان تأخیر[3] می‌باشد که از رابطه ۳ بدست آمد؛ با توجه به هدف پژوهش و اهمیت میزان S و CN در شبیه‌سازی رواناب حوضه مطالعاتی، از این رابطه استفاده گردید.

$$t_{lag} = [L^{0.8} * (S+1)^{0.7}] / 1900y^{0.5} \qquad S = (1000/CN) - 10 \qquad (۳)$$

در این رابطه L طول رودخانه اصلی بر حسب فوت، **y** شیب رودخانه اصلی بر حسب درصد، CN شماره منحنی، t_{lag} زمان تأخیر بر حسب ساعت و S نگهداشت آب در سطح حوضه می‌باشد.

در مؤلفه مدل هواشناسی، روش Specified Hyetograph بکار گرفته شد و مدیریت سال‌های شبیه‌سازی در نرم‌افزار با عنوان دوره‌های کنترل[4]، بر مبنای سال‌های آماری مورد استفاده در این پژوهش تعیین گردید. در ادامه واسنجی مدل اجرا شده از طریق روش خودکار و با فرض انتخاب بهترین پارامترها بر کم بودن درصد خطای پیک صورت گرفت. فلوچارت مراحل اجرای مدل HEC-HMS در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳: فلوچارت اجرای مدل شبیه‌سازی بارش ـ رواناب HEC-HMS.

---

[1]. Transformation
[2]. Hyetograph Unit SCS
[3]. Lag Time
[4]. Control Specified

۳- یافته‌ها (نتایج)

تغییرات کاربری اراضی حوزه آبخیز بابلرود در جدول ۱ آورده شده است؛ با توجه به جدول، بیش‌ترین مساحت حوضه مطالعاتی را در هر دو سال مورد بررسی اراضی جنگلی تشکیل داده است. الگوی تغییرات کاربری‌ها در ادامه تشریح می‌گردد.

جدول ۱: تغییرات کاربری اراضی حوزه آبخیز بابلرود طی سال‌های ۱۳٦۷ و ۱۳۸۸

نوع کاربری	۱۳٦۷		۱۳۸۸	
	مساحت (km^2)	٪	مساحت (km^2)	٪
جنگل	۹۵۳/۵	۵٦/۹	۹۰٤/۳	۵٤/۱
مرتع	۱۸۵/۵	۱۱/۰٦	۱۸٦/۱	۱۱/۱
شهری (سازه‌های انسانی)	٦۷/٦	٤/۰۳	۱۳۲/۳	۷/۹
اراضی ترکیبی (کشاورزی ـ باغی)	٤٦۸/۹	۲۷/۹	٤٤۷/۵	۲٦/۸

- کاربری جنگل در سال ۱۳٦۷ دارای ۹۵۳/۵ کیلومتر مربع مساحت است که ۵٦/۹ درصد از مجموع مساحت حوضه را تشکیل می‌دهد؛ این میزان در سال ۱۳۸۸ به ۹۰٤/۳ کیلومتر مربع معادل ۵٤/۱ درصد از مجموع مساحت حوضه می‌رسد که نشانگر کاهش ۵۰ کیلومتر مربع از مساحت گستره جنگلی محدوده مطالعاتی طی ۲۱ سال می‌باشد.
- اراضی مرتعی طی ۲۱ سال مورد مطالعه، از ۱۸۵/۵ کیلومتر مربع (معادل ۱۱/۰٦ درصد) در سال ۱۳٦۷ به ۱۸٦/۱ کیلومتر مربع (۱۱/۱ درصد مساحت حوضه) در سال ۱۳۸۸ رسیده که با اندکی افزایش مساحت (۰/٦ کیلومتر مربع) همراه بوده است.
- اراضی شهری (سازه‌های انسانی) با افزایش چشمگیر مساحت از ٦۷/٦ کیلومتر مربع معادل٤/۰۳ درصد در سال ۱۳٦۷ به ۱۳۲/۳ کیلومتر مربع معادل ۷/۹ درصد در سال ۱۳۸۸ می‌رسد که بیانگر افزایش دو برابر مساحت این کاربری نسبت به دوره قبل بوده و عمده آن از گسترش شهر بابل ناشی می‌شود.
- اراضی ترکیبی (کشاورزی – باغی) ٤٦۸/۹ کیلومتر مربع در سال ۱۳٦۷ مساحت داشته که ۲۷/۹ درصد از مجموع مساحت آبخیز است؛ مساحت این کاربری در سال ۱۳۸۸ به ٤٤۷/۵ کیلومتر مربع مساحت یعنی معادل ۲٦/۸ درصد می‌رسد.

آنچه که در بحث آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی مطرح است، تأثیر این تغییرات در بستر و حریم رودخانه و تأثیر آن بر تغییرات مورفولوژیکی بابلرود می‌باشد. البته ذکر این نکته ضروری است که الگوی تغییرات کاربری اراضی حوزه آبخیز بابلرود طی ۲۱ سال گذشته به‌گونه‌ای اتفاق افتاده که با افزایش سطوح نفوذناپذیر و به تبع آن افزایش رواناب‌های سطحی آبخیز همراه بوده است که این امر افزایش آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب را در نواحی مسکونی به‌ویژه در شهر بابل درپی دارد. نقشه کاربری اراضی حوضه بابلرود برای سال‌های ۱۳٦۷ و ۱۳۸۸ به‌ترتیب در شکل‌های ٤ و ۵ آورده شده است. علاوه بر تأثیر تغییرات

کاربری بر سیکل هیدرولوژیکی حوزه آبخیز، آنچه در این بحث قابل توجه بوده، این است که بیش‌ترین تغییرات کاربری حوضه مطالعاتی در محدوده رودخانه اتفاق افتاده که خود یکی از علت‌های اصلی تغییرات مورفولوژی رودخانه بابلرود می‌باشد. تغییرپذیری کاربری اراضی از طریق هم‌پوشانی و تحلیل سلولی[1] به صورت پهنه‌هایی با دامنه ۱و ۲ بدست آمد؛ عدد یک نشان‌دهنده‌ی پهنه‌های بدون تغییر و عدد دو نشان‌دهنده‌ی پهنه‌های با تغییر کاربری اراضی در سطح حوزه آبخیز طی دوره ۲۱ ساله می‌باشد (شکل ٦).

جدول ۲ مشخصه‌های فیزیکی حوزه آبخیز بابلرود (محدوده مطالعاتی) و پارامترهای وارد شده در مدل HEC-HMS را برای دو سال ۱۳٦۷ و ۱۳۸۸ نشان می‌دهد. بر مبنای تلفیق لایه‌های کاربری اراضی و بافت خاک (گروه هیدرولوژیکی)، متوسط وزنی CN بدست آمده برای حوضه در دو سال ۱۳٦۷ و ۱۳۸۸ بترتیب ٦۷ و ٦۹ می‌باشد. با استفاده از این CNها و از طریق رابطه ۱، S محاسبه شده در سال ۱۳٦۷، ۱۳۰/۸ میلیمتر و در سال ۱۳۸۸، ۱۱۹/۵ میلیمتر بوده که ۰/۲ از میزان آن‌ها به عنوان گیرش اولیه در نظر گرفته شد؛ زمان تأخیر نیز برای دو سال ذکر شده، بترتیب ۱۰۰/٤ و ۷٦/۹ ساعت محاسبه گردید که اثرگذاری گسترش سطوح غیر قابل نفوذ حوضه مورد بررسی طی دو سال بر همه این پارامترها مشهود می‌باشد. افزایش مقدار شماره منحنی، کاهش ذخیره سطحی، گیرش اولیه و زمان تأخیر و در نهایت افزایش درصد سطوح غیر قابل نفوذ حوزه آبخیز از سال ۱۳٦۷ به سال ۱۳۸۸ گویای تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر سیکل هیدرولوژی حوضه است؛ تغییرات کاربری اراضی به نوبه خود یکی از عامل‌های تغییرات مورفولوژیکی رودخانه بابلرود است. در کنار این مؤلفه‌های تغییر کاربری اراضی، شیب و طول آبراهه به‌عنوان دو متغییر مهم ژئومورفولوژیکی بابلرود نیز که طی ۲۱ سال مورد بررسی دستخوش تغییر بوده‌اند، در مدل‌سازی بارش – رواناب استفاده گردید تا اثر همزمان این متغییرها بر مؤلفه‌های هیدرولوژیکی و به‌تبع آن آسیب‌پذیری سیلاب حوزه آبخیز به‌ویژه در محدوده شهر بابل تحلیل شود.

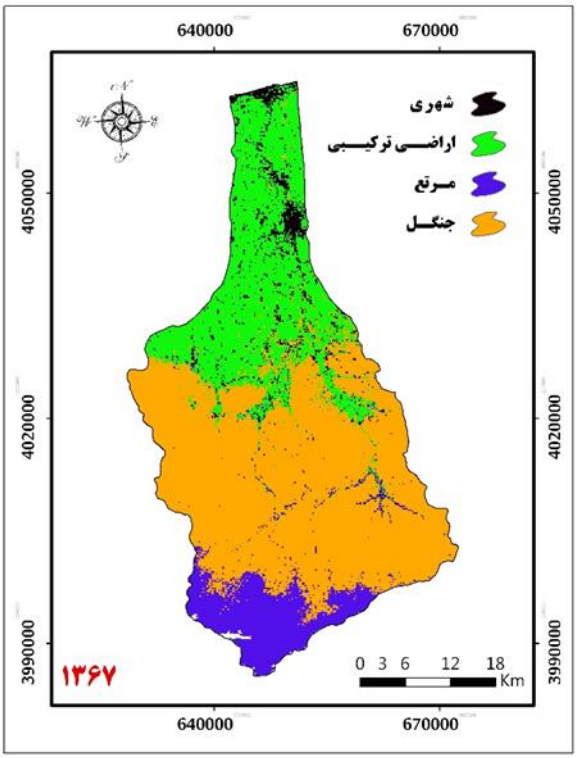
جدول ۲. مشخصه‌های فیزیکی حوزه آبخیز بابلرود و پارامترهای وارد شده در مدل HEC-HMS

سال	طول آبراهه اصلی (فوت)	شیب ناخالص آبراهه (٪)	شماره منحنی	ذخیره سطحی (*mm*)	گیرش اولیه (*mm*)	زمان تأخیر (ساعت)	سطح غیر قابل نفوذ (٪)
۱۳٦۷	۲۹۷٤۷٤	۰/۲	٦۷	۱۰۰/٤	۲٦/۲	۱۰۰/٤	۷
۱۳۸۸	۲۹۳۱۲٤	۰/۳	٦۹	۷٦/۹	۲۳/۹	۷٦/۹	۱۰

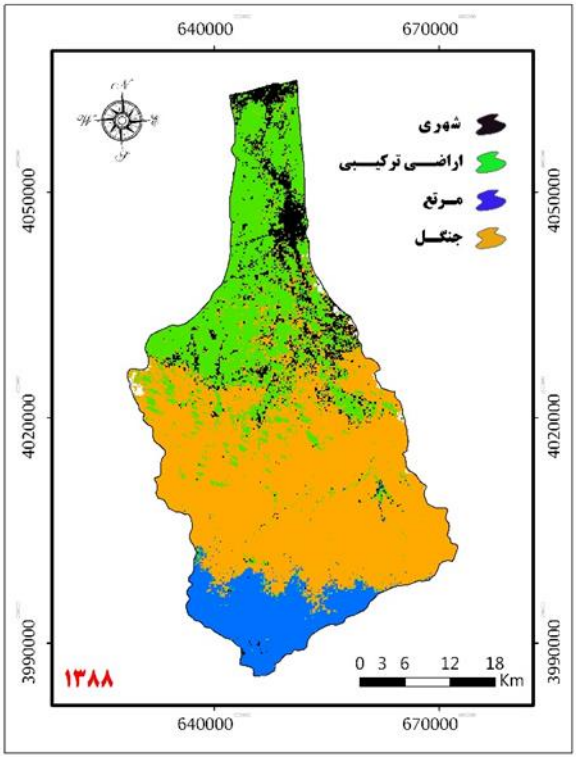
با توجه به پارامترهای وارد شده در مدل هیدرولوژیکی، هیدروگراف حاصل از شبیه‌سازی بارش ـ رواناب حوزه آبخیز بابلرود با مدل HEC-HMS بدست آمد (شکل ۷). یافته‌های شبیه‌سازی در جدول ۳ آورده شده است؛ بر مبنای این یافته‌ها، تلفات بارش از ۱۱۸/۱ میلیمتر در سال ۱۳٦۷ به ۱۰۹/۸ میلیمتر در سال ۱۳۸۸ کاهش پیدا کرده است. ضریب رواناب در سال ۱۳٦۷، ۷۸/۳ درصد بوده که در سال ۱۳۸۸ به ۸٤/۸ درصد افزایش پیدا می‌کند. با توجه به این تغییر کمیت در مؤلفه‌های بیلان هیدرولوژیکی، میزان تبدیل بارش به رواناب در سال ۱۳۸۸ نسبت به سال ۱۳٦۷ بیش‌تر شده که علت آن به تغییرات

[1]. Cell Statistics

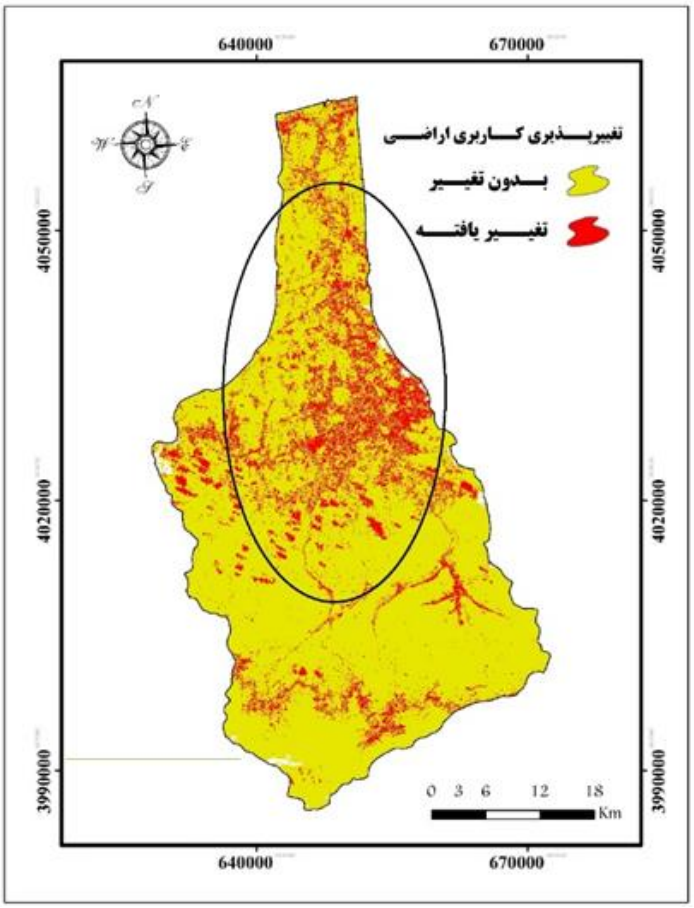
مورفولوژیکی رودخانه بابلرود (شیب بستر، طول، کاهش انحناء و ...) به‌همراه تغییرات کاربری اراضی محدوده رودخانه برمی-گردد.



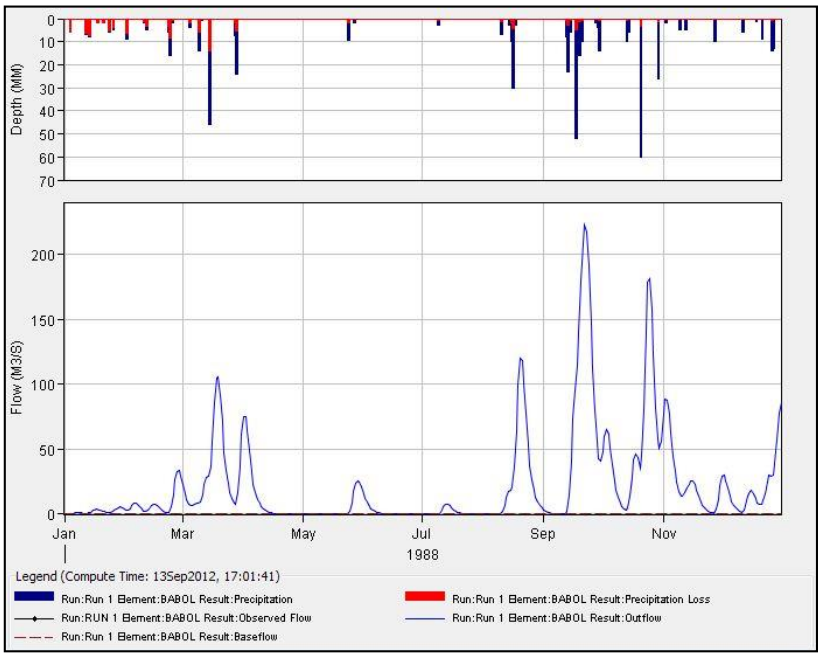
شکل ٤: نقشه کاربری اراضی در سال ١٣٦٧



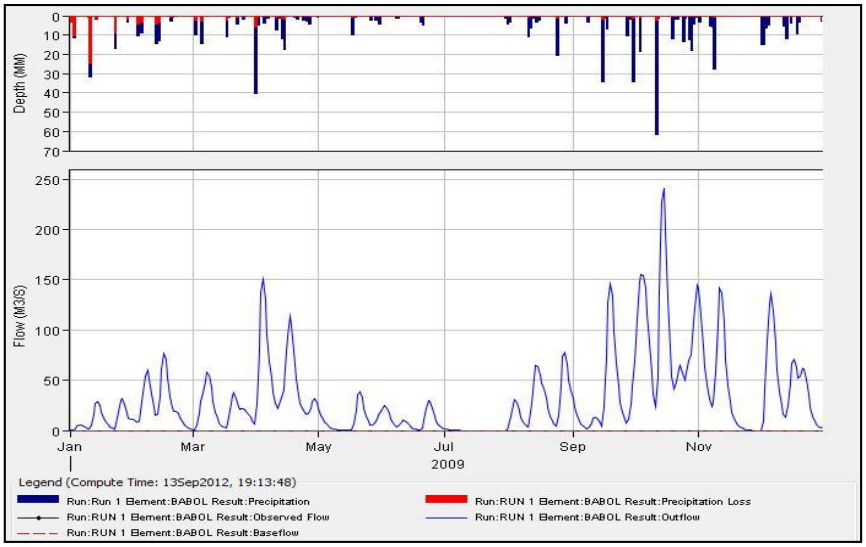
شکل ٥: نقشه کاربری اراضی در سال ١٣٨٨ (حوزه آبخیز بابلرود)



شکل ٦: نقشه تغییرپذیری کاربری اراضی حوزه آبخیز بابلرود طی سال‌های ۱۳٦۷ و ۱۳۸۸.



شکل ۷ الف: هیدروگراف دبی روزانه ایستگاه کشتارگاه بابل حوضه بابلرود در سال ۱۳٦۷.



شکل ۷ ب: هیدروگراف دبی روزانه ایستگاه کشتارگاه بابل حوضه بابلرود در سال ۱۳۸۸.

جدول ۳: کمیت مؤلفه‌های بیلان هیدرولوژیکی بدست آمده از مدل HEC-HMS

سال	مجموع بارش (*mm*)	تلفات بارش (*mm*)	ارتفاع رواناب (*mm*)	ضریب رواناب (%)	حجم آبدهی سالانه (میلیون متر مکعب)	دبی متوسط سالانه m^3/s
۱۳۶۷	٥٤٥/٥	۱۱۸/۱	٤۲۷/۳	۷۸/۳	۷۱٦/۰۲	۲۲/۷
۱۳۸۸	۷۲۳/۹	۱۰۹/۸	٦۱٤/۰۸	۸٤/۸	۱۰۲۹/۰۲	۳۲/٦

٤. نتیجه‌گیری

فهم تأثیرات هیدرولوژیکی توسعه کاربری‌های شهری در حوضه‌های آبخیز بالادست برای برنامه‌ریزان و مسؤولان شهری ضروری است. فرآیند برنامه‌ریزی شهری نیاز به اطلاعات دقیق از الگوی تغییرات کاربری اراضی و رواناب و هم‌چنین پیش‌بینی سیلاب دارد که منتج از توسعه ساخت و ساز شهری در سطح حوضه‌های آبخیز است. مدیریت موفق سیلاب شهری به فهم بهتر رفتار سیلاب بستگی دارد؛ در این ارتباط، ترکیب تکنیک‌های GIS و سنجش از دور ابزاری بسیار مؤثر برای تحلیل توسعه شهری، تغییر کاربری اراضی و مدل‌سازی رواناب سطحی است.

با توجه به هدف پژوهش که در نظر گرفتن نقش و تأثیر تغییر کاربری اراضی در حجم رواناب محدوده بود، مدل HEC-HMS جهت تحلیل این ارتباطات مورد استفاده قرار گرفت. علت انتخاب این مدل‌ها، امکان وارد نمودن ویژگی‌های کاربری اراضی، بارش، خصوصیات فیزیکی و فیزیوگرافی حوزه آبخیز بابلرود بود. نتایج حاصل از بحث طبقه‌بندی و یا آشکار سازی تغییرات کاربری اراضی به همراه رواناب برآورده شده، بحث ارتباط این دو متغیر را بخوبی نشان می‌دهد.

در مجموع، پردازش تصاویر ماهواره‌ای محدوده طرح طی دوره زمانی ۱۳٦۷ و ۱۳۸۸ با استفاده از طبقه‌بندی نظارت شده، بخوبی الگوی تغییرات حوزه آبخیز مطالعاتی را منعکس ساخت و مشاهده گردید که کاربری‌های شهری به ویژه مسکونی و

ویلایی در سطح حوضه در حال گسترش سریع است. مسلماً این تغییرات بر سیکل هیدرولوژی این حوضه تأثیر گذاشته و سیلاب‌های سطح حوضه و مناطق شهری پایین دست آن را نیز متأثر می‌سازد. نتایج حاصل از بحث طبقه‌بندی و یا آشکار سازی تغییرات کاربری اراضی به همراه رواناب برآورده شده و کمیت مؤلفه‌های بیلان هیدرولوژیکی از روش HEC-HMS، بحث ارتباط این دو متغیر را بخوبی نشان داد و ملاحظه گردید که به موازات تغییر کاربری اراضی دو سال ۱۳٦۷ و ۱۳۸۸، کمیت مؤلفه‌های هیدرولوژیکی حوزه آبخیز نیز دچار تغییر شده است.

آنچه که در بحث آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی مطرح است، تأثیر این تغییرات در بستر و حریم رودخانه و تأثیر آن بر تغییرات مورفولوژیکی بابلرود می‌باشد. البته ذکر این نکته ضروری است که الگوی تغییرات کاربری اراضی حوزه آبخیز بابلرود طی ۲۱ سال گذشته به‌گونه‌ای اتفاق افتاده که با افزایش سطوح نفوذناپذیر و به تبع آن افزایش رواناب‌های سطحی آبخیز همراه بوده است که این امر افزایش آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب را در نواحی مسکونی به‌ویژه در شهر بابل درپی دارد. علاوه بر تأثیر تغییرات کاربری بر سیکل هیدرولوژیکی حوزه آبخیز، آنچه در این بحث قابل توجه بوده، این است که بیش‌ترین تغییرات کاربری حوضه مطالعاتی در محدوده رودخانه اتفاق افتاده که خود یکی از علت‌های اصلی تغییرات مورفولوژی رودخانه بابلرود می‌باشد. با توجه به روش‌شناسی پژوهش حاضر، تغییرات مورفولوژی بستر رودخانه بابلرود در سطح وسیعی اتفاق می‌افتد که بهره‌گیری از تکنیک‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌تواند به پایش با دقت بالایی از تغییرات مورفولوژیکی منجر شود. فهم تأثیر تغییرات مورفولوژیکی در بستر رودخانه‌های شهری برای برنامه‌ریزان و مسؤولان شهری ضروری است. فرآیند برنامه‌ریزی شهری نیاز به اطلاعات دقیق از الگوی تغییرات مورفولوژیکی رودخانه‌ها و ارزیابی آسیب‌پذیری سیلاب دارد که منتج از توسعه ساخت و ساز شهری، تغییرات کاربری اراضی، تغییر طول رودخانه، تغییر شیب بستر، تغییر پارامترهای هندسی رودخانه و ... در سطح حوزه‌های آبخیز است. مدیریت موفق سیلاب شهری به فهم بهتر رفتار سیلاب و میزان آسیب-پذیری ناشی از آن بستگی دارد؛ در این ارتباط، ترکیب تکنیک‌های GIS و سنجش از دور ابزاری بسیار مؤثر برای تحلیل تغییرات مورفولوژیکی، تغییر کاربری اراضی و مدل‌سازی رواناب سطحی و آسیب‌پذیری سیلاب است.

فهرست منابع

۱) روزخش، پ.، حبیبی، م. و غریب رضا، م.ر. (۱۳۸۹). بررسی وضعیت سیل‌گذری رودخانه‌ی کن در غرب تهران تحت تأثیر احداث پل، برداشت شن و ماسه و تجاوز به حریم رودخانه. اولین ***کنفرانس ملی مدیریت سیلاب‌های شهری***، تهران.

۲) قهرودی تالی، منیژه. (۱۳۸۵). ارزیابی مدل SCS-CN در تخمین رواناب مطالعه موردی: حوزه آبخیز سد امیرکبیر (کرج). ***جغرافیا و توسعه***، شمارهٔ ۷، پژوهشکده‌ی علوم زمین.

۳) قهرودی تالی، منیژه. (۱۳۸۹). تأثیر حوضه‌های بالادست تهران بر رخداد سیلاب در مناطق مسکونی تهران مطالعه موردی: تأثیر حوضه فرحزاد در منطقه ۲ تهران. اولین ***کنفرانس ملی مدیریت سیلاب‌های شهری***، تهران.

٤) نشاط، ع. و صدقی، ح. (۱۳۸۵). برآورد میزان رواناب با استفاده از روش سازمان حفاظت خاک (SCS) و مدل HEC-HMS در حوزه آبخیز باغ ملک ـ استان خوزستان. ***مجله علوم کشاورزی***، ۱۲(٤): ۷۸۷–۷۹۸.

۵) الوانکار، ر. و ثقفی، ب. (۱۳۸۵). مدل‌سازی سیلاب در حوزه آبخیز کن بوسیله مدل توزیعی ADHM. پنجمین ***همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری***. انجمن آبخیزداری ایران، کرج.

٦) هادیانی، م. ا. (۱۳۸٦). نقش تغییر کاربری اراضی بر دبی سیلاب‌های منطقه‌ای (مطالعه موردی در حوزه‌ی آبخیز مادرسو)، ***محیط شناسی***، ۳۳ (٤۲): ۹-۱٦.

7) Baltas, E.A., Dervos, N.A., and Mimikou, M.A. (2007). Technical note: Determination of SCS initial abstraction ratio in an experimental watershed in Greece. ***Hydrology and Earth System Sciences***, v.11, p: 1825-1829.
8) Campainas, N.A., and Tucci, E.M., (2001). Predicting floods from urban development scenarios: Case study of the Diluvio basin, Porto Alegre, Brazil. ***Urban Water***, 3:113-124.
9) Kilbler, D.F., Froelich, C.D., and Aron, G., (2007). Analyzing urbanization impacts on Pennsylvania flood peak. **Journal of American Water Resources Association**, Volume 17. Issue 2:270-274.
10) Lim, K.J., Bernard, A., Suresh, E. and Horbor, J. (2006). Effects of initial abstraction and urbanization on estimated runoff using CN technology. **American Water Resource Association**, p: 629-643.
11) Liu, Y.B., Smedt, F., Hoffmann F., and Pfister, L., (2004). Assessing land use impact on flood processes in complex terrain by using GIS and modeling approach. **Environmental modeling and assessment**, 9:227-235.
12) Nirupama, N., and Simonovic, S.P., (2007). Increase of flood risk due to urbanization: A Canadian example. **Natural Hazards**, 40:25-41.
13) Saghafian, B., Farzjoo, H. Bozorgy, B., and Yazdandoost, F., (2008). Flood intensification due to changes in land use. **Water Resource Management**. 22, pp. 1051-1067.
14) Shang, J., and Wilson, P., (2008). Watershed urbanization and changing flood behavior across the Los Angeles metropolitan region. **Natural Hazard**, 48:41-57.
15) Shi, P.J., Yuan, Y., Zheng, J., Wang, J.A., Ge, Y. and Qiu, G.Y., (2007). The effect of land use/cover change on surface runoff in Shenzhen region, China. **Catena**, 69:31-35.
16) Suriya, S., and Mudgal, B.V., (2011). Impact of urbanization on flooding: the Thirusoolam sub watershed – a case study. **Hydrology Journal** doi 10.1016/j.jhydrol.2011.05.008.
17) US Army Corps of Engineers. (1994). HEC models for urban hydrologic analysis. **Hydrologic Engineering Center**, p: 12-14.
18) Azagra, E., (1998). Rainfall runoff in the Guadalupe river basin-CE 397 GIS in Water Resources, Austin, Texas. www.ce.utexas.edu.
19) Knebl, M.R., Yang, Z.L., Hutchison, K., and Maidment, D.R., (2005). Regional Scale Flood Modeling using NEXRAD, Rainfall, GIS, and HEC-HMS\RAS: A Case Study for the San Antonio River Basin Summer 2002 Storm Event, Journal of **Environmental Management**, 75: 325-336.
20) McColl, Ch. and Aggett, G., (2006). Land use forecasting and hydrologic model integration for improved land use decision support. Journal of **Environmental Management**, September 2007, pages 494-512.

Hormozgan University

Environmental Erosion Research

journal homepage: http://magazine.hormozgan.ac.ir

The study of land use changes and modeling of precipitation-runoff using HEC-HMS model, Case Study: Babolrood basin

Derafshi, Kh.[1*], Khaledi, Sh[1]. Shaebaninia, H[2]. Mehrjoonezhad, A.[3]

[1] Earth Science Faculty, Shahid Beheshti University, Tehran
[2] Department of Geography, Islamic Azad University, Noor Branch
[2] Department of Geography, Tehran University, Tehran

Article History:
Received:
April 24, 2014
Revised:
February 04, 2016
Accepted:
February 26, 2016

Keywords:
Land use Change
Precipitation-Runoff
HEC-HMS
Babolrood

Abstract

Change in the pattern of land use affects hydrological processes in basins and disrupts the natural balance of water flow. In this study, changes in the hydrological components of Babolrood basin as a result of land use changes has been investigated in 1988 and 2009. To determine the land use changes of Babolrood basin, Landsat TM (1998) and ETM+ (2009) satellite images with spatial resolution of 30 meters were used which classified into four land types with supervised classification method: urban, combined lands, forest and bare lands. According to the classification, forest and combined lands (agriculture, orchard) of Babolrood basin have encountered with reducing the area while pasture and urban lands have encountered with increasing the area. The HEC-HMS model was used to investigate the impact of land use changes on the hydrological cycle and quantity of hydrological Balance components of Babolrood basin then analysis of their relationships. The results of the model are reducing in precipitation losses, increasing in elevation and runoff coefficient and increasing in maximum and mean discharge that well detected the impacts of Babolrood river morphological changes and its land use on flood factors.

*** Corresponding Author Email: khabat.derafshi@gmail.com**