جغرافیا و توسعه شماره ۲۶ بهار ۱۳۹۱
وصول مقاله : ۱۳۸۹/۲/۱۳
تأیید نهایی : ۱۳۹۰/۹/۲۷
صفحات : ۱۳۴- ۱۲۵

ارزیابی درازمدت اثرات هیدرولوژیک (L-THIA) تغییر کاربری بر رواناب سالانه در مقیاس حوضه آبخیز

دکتر عبدالرسول سلمان ماهینی[۱]، اکرم حسین‌نیا[۲]، سیدمحمود قاسم‌پوری[۳]، احد توسلی[۴]، مهری رضایی[۵]

چکیده

تغییرات رواناب به واسطه‌ی تغییر کاربری بسیار زیاد می‌باشد و اغلب مدل‌سازی، تنها راه بررسی احتمال بالقوه هر منطقه نسبت به سیلاب است. در این تحقیق از مدل L-THIA برای تخمین رواناب ناشی از تغییر کاربری در چالوس و نوشهر استفاده شد. L-THIA یک ابزار مناسب برای کمک به سنجش اثرات بالقوه‌ی تغییر کاربری بر رواناب سطحی و آلودگی آب می‌باشد.

نتایج مدل‌سازی رواناب با استفاده از L-THIA افزایش ۱۷/۳ میلی‌متر رواناب متوسط سالانه تنها در طی ۱۴ سال را نشان می‌دهد که بیان‌گر افزایش ۹/۷۹ میلیون متر مکعب رواناب طی این مدّت در منطقه مورد مطالعه است. همان‌طور که از نتایج این تحقیق بر می‌آید مدل L-THIA قابلیت قابل قبولی در بیان نحوه‌ی اثر تغییر کاربری بر مقادیر حجم و عمق رواناب، طبق سناریوهای مختلف دارد.

این مدل با ارایه‌ی نقشه‌ی توزیع مکانی رواناب، امکان شناسایی مناطق حادثه‌خیز، پهنه‌بندی سیل و همچنین مدیریت سیلاب را فراهم می‌سازد. اولویّت‌بندی زیرحوضه‌های آبخیز برای انجام اقدامات کنترل سیلاب از دیگر قابلیت‌های روش مدل‌سازی به کار گرفته در این پژوهش می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: تغییر کاربری، مدل‌سازی رواناب، L-THIA، چالوس و نوشهر.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

۱- دانشیار محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان mahini@gau.ac.ir
۲- کارشناس ارشد محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس (نویسنده مسؤول) a_hoseinnia@modares.ac.ir
۳- دانشجوی دکتری محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس
۴- کارشناس ارشد آبخیزداری، دانشگاه تربیت مدرس ahad_tavasoli@modares.ac.ir
۵- کارشناس ارشد محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس mehrirezaei@modares.ac.ir

مقدمه

تغییر کاربری و مخصوصاً شهرسازی یکی از مهم‌ترین فرایندهای اقتصادی-اجتماعی ایجادکننده اثرات اکولوژیکی بلندمدت است *(Deal&choi,2008:119)*. یکی از مستقیم‌ترین اثرات محیط‌زیستی توسعه، تخریب منابع آبی و کیفیت آب است *(Tang&othes,2005:35)*. تغییرات رواناب به واسطه تغییر کاربری بسیار زیاد می‌باشد و اغلب مدل‌سازی تنها راه بررسی احتمال بالقوه هر منطقه نسبت به سیلاب است.

افزایش رواناب به واسطه تغییر کاربری می‌تواند شاخص خوبی برای تعیین احتمال بالقوه افزایش سیلاب در یک حوضه آبخیز باشد*(Nawaz & perry, 2008:4)*

امروزه سامانه اطلاعات جغرافیایی[1] (GIS) به‌طور فزاینده‌ای به‌عنوان یک ماشین یا فن ابزار تصمیم‌گیری در محیط زیست به کار گرفته می‌شود. در واقع در سال‌های اخیر، گسترش سامانه‌های پشتیبان تصمیم[2] (DSS) در قالب مدل‌ها باعث روی آوردن دوباره به GIS به عنوان ابزار تصمیم‌گیری گردیده است *(غلامعلی‌فرد، ۱۳۸۵: ۴)*. در سامانه‌های پشتیبان تصمیم (DSS) زمینه اولیه تصمیم‌گیری تغییر کاربری، ارزیابی اثرات آب‌شناختی[3] است که می‌تواند شامل تغییر در کاربری کشاورزی یک منطقه یا تبدیل به کاربری‌های غیرکشاورزی باشد. برای شبیه‌سازی آثار تغییر کاربری حوزه‌ی آبخیز، مدل‌های آب‌شناسی[4] و کیفیت آب زیادی توسعه یافته است که معمولاً با یک سامانه اطلاعات جغرافیایی ادغام شده‌اند. مدل شبیه‌سازی پاسخ محیط زیستی منبع غیر نقطه‌ای حوزه‌ی آبخیز[5] (ANSWERS)، ابزار ارزیابی آب و خاک[6] (SWAT)، منابع غیر نقطه‌ای کشاورزی[7] (AGNPS)، مدل حفاظت محیط طبیعی آمریکا (NRCS) و مدل ارزیابی اثرات آب‌شناختی بلندمدت[8] (L-THIA) مثال‌هایی از این مدل‌ها هستند.این مدل‌ها می‌توانند برای ارزیابی اثرات مدیریت کاربری اراضی و تغییرات دیگر روی آب‌شناسی و کیفیت آب مورد استفاده قرار گیرند *(Lim & others, 2006:35)*. از مهم‌ترین مطالعات مدل‌سازی اثرات آب‌شناختی ناشی از تغییر کاربری در داخل کشور می‌توان تحقیقات ذیل را نام برد. خلیقی و همکاران (۱۳۸۴) در تحقیقی اثر تغییر کاربری اراضی بر سیل‌خیزی حوضه باراندوزچای آذربایجان غربی با استفاده از مدل NRCS را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که سیلاب در دوره‌ی جدید (سال ۱۳۷۹) در بعضی از زیرحوضه‌ها تا ۷۰ درصد نسبت به دوره قدیم (سال ۱۳۳۴) افزایش یافته، ولی این افزایش دبی پیک در دوره بازگشت بزرگتر، کمتر است.

سعادتی و همکاران (۱۳۸۵) اثرات تغییر کاربری اراضی در شبیه‌سازی رواناب سطحی با استفاده از مدل ریاضی SWAT را مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که شاخص‌های چرخه آبشناختی در مدیریت کاربری‌های مختلف متفاوت بوده و در کاربری زراعی به شکل بهتری در مدل مربوطه شناسایی می‌شوند. غفاری و همکاران (۱۳۸۸) در تحقیقی اثرات آب‌شناختی تغییر کاربری اراضی در ۴۰ سال اخیر در حوضه‌ی آبخیز زنجان رود را مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه جهت شبیه‌سازی بیلان آبی حوضه از مدل SWAT (۲۰۰۵) استفاده گردید.

نتایج تحقیق نشان‌دهنده‌ی تأثیرات قابل توجه تغییر کاربری اراضی روی جریان رودخانه‌ای و بار آبی حوضه است، به‌طوری‌که تغییر در کاربری اراضی از سال۱۳۴۶ تا ۱۳۸۶منجر به افزایش مقدار رواناب‌سطحی در حدود

1-Geographic Information System
2-Decision Support System
3-Hydrological
4-Hydrology
5-Areal Nonpoint Source Watershed Environment Response Simulation
6-Soil and Water Assessment Tool
7-Agricultural Nonpoint Source
8-Long-Term Hydrologic Impact Assessment

۳۳ درصد و کاهش سطح سفره آب‌های زیرزمینی در حدود ۲۲ درصد شده است. علوی‌نیا و نصیری صالح (۱۳۸۹) بر اساس نتایج شبیه‌سازی رواناب با استفاده از مدل SWAT، نقشه CN خاک برای حوضه‌ی آبریز رودخانه ابرو در بالادست سد اکباتان همدان تهیه کردند. از مطالعات انجام شده در این رابطه در خارج از کشور می‌توان به تحقیق تانگ[1] و چن[2] (۲۰۰۲) اشاره کرد. ایشان اثرات تغییر کاربری آینده روی کیفیت آب در یک حوزه‌ی آبخیز شهرسازی شده را با استفاده از مدل ارزیابی آب و خاک (SWAT) تعیین نمودند. نتایج نشان داد که در یک حوضه‌ی آبخیز با تغییر کاربری از کشاورزی به مسکونی جریان آب پایه، رسوب و مواد مغذی کاهش می‌یابد. ونگ[3] و همکاران (۲۰۰۵) مدل ارزیابی اثرات آب‌شناختی بلندمدت (L-THIA) را همراه با یک سری سناریوی کاربری آینده که برگرفته از یک مدل تغییر کاربری پویا (LEAM) می‌باشد به کار بردند تا تغییرات مکانی رواناب و بار آلودگی NPS در کلان‌شهر Lovis آمریکا را بررسی نمایند. کادن[4] و همکاران (۲۰۰۶) تأثیر تغییر تغییر کاربری روی رواناب حوضه‌آبخیز Clinton در میشیگان آمریکا را با استفاده از مدل رواناب توزیعی حوضه‌های آبخیز بزرگ (DLBRM) بررسی نمودند. همچنین چوی[5] و دیل[6] (۲۰۰۸) اثرات آب‌شناختی تغییر کاربری اراضی را با استفاده از مدل‌سازی تغییرات آب‌شناختی و کاربری اراضی برای حوضه رودخانه Kishwaukee در نیمه‌ی غربی آمریکا ارزیابی نمودند. نتایج نشان داد که مدل‌سازی شبیه‌سازی پویا به وسیله‌ی الحاق یک مدل تغییر کاربری اراضی توزیعی و یک مدل آب‌شناختی نیمه‌توزیعی می‌تواند یک ابزار پشتیبان تصمیم‌گیری مفید باشد.

یانگ[7] و همکاران (۲۰۰۸) برای تعیین اثرات بلندمدت بلندمدت شهرسازی منطقه‌ای روی رواناب و آلودگی منابع غیرنقطه‌ای از L-THIA استفاده کردند.

نتایج تحقیقات ایشان نشان داد که در دوره‌ی زمانی ۲۰۰۳-۱۹۸۷ اراضی مسکونی ۳۰/۴٪ افزایش یافته است. همچنین ترکیب یک مدل رگرسیون و L-THIA یک ابزار پشتیبان مفید برای برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای فراهم می‌کند.

از جمع‌بندی تحقیقات محدود صورت پذیرفته در رابطه با تغییر کاربری و کاربرد مدل L-THIA در نقاط مختلف دنیا چنین استنباط می‌شود که این مدل رویکردی نوین در بررسی نحوه‌ی اثر تغییر کاربری بر مقادیر رواناب و برآورد رواناب سالانه در مقیاس حوضه آبخیز می‌باشد. استفاده از این مدل در سراسر جهان به میزان قابل توجهی رو به رشد است؛ این در حالی است که در داخل کشور تاکنون هیچ‌گونه تحقیقی مشخصاً در رابطه با کاربرد مدل L-THIA صورت نپذیرفته است. از این‌رو لزوم انجام تحقیقات بیشتر در داخل کشور و بررسی کارآیی و کاربرد این مدل ضروری به نظر می‌رسد.

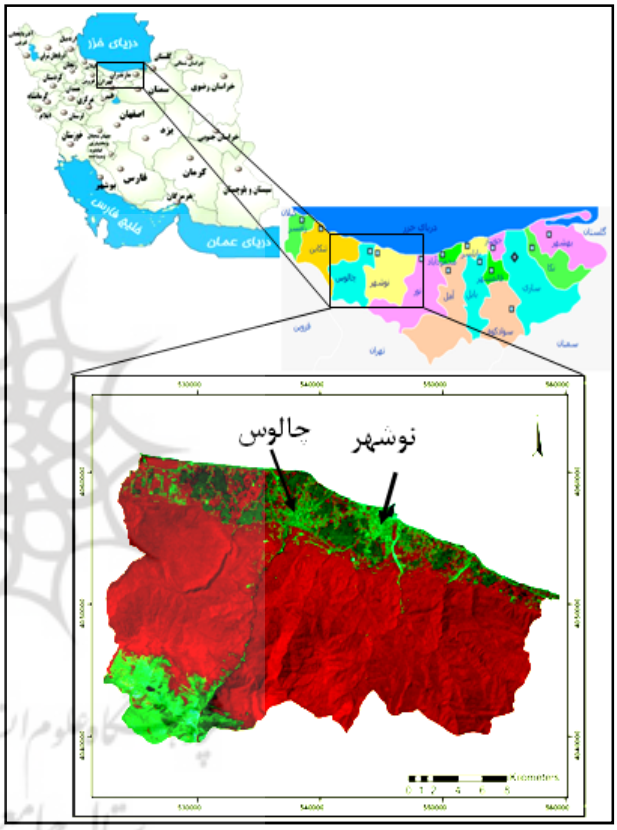
مواد و روش‌ها

معرفی منطقه‌ی مورد مطالعه

منطقه‌ی مورد مطالعه از ´۵۱°۲۳ تا ´۵۱°۶۸ عرض شرقی و از ´۳۶°۴۷ تا ´۳۶°۷۲ طول شمالی گسترش یافته است و مساحت ۵۶۶/۳۱ کیلومتر مربع را در بر می‌گیرد (شکل ۱). این منطقه از شمال به دریای خزر، از شرق به شهرستان نور، از جنوب به رشته کوه‌های البرز و استان تهران و از مغرب به شهرستان تنکابن محدود می‌شود.از نظر توپوگرافی به دو بخش جلگه‌ای-ساحلی و کوهستانی تقسیم می‌شود. اراضی قسمت جلگه‌ای که به دریای خزر منتهی می‌شود بیشتر به کاربری تفریحی و توریستی اختصاص دارد.

1-Tang
2-Chen
3-Wang
4-Cowden
5-Choi
6-Deal
7-Yang

شهرستان نوشهر دارای اقلیم معتدل و مرطوب می‌باشد. آب و هوای شهرستان چالوس به دو نوع جلگه‌ای معتدل و مرطوب و کوهستانی سرد و نیمه-مرطوب تقسیم می‌شود. میانگین بارش سالانه در این منطقه ۶۰۹/۸ میلی‌متر و متوسط دمای سالانه آن از ۰/۴- تا ۳۳/۴ درجه سانتی‌گراد در تغییر است.



شکل ۱: موقعیت منطقه نوشهر و چالوس در کشور و استان
مأخذ: نگارندگان، ۱۳۸۷

عدم رعایت مناسب حریم رودخانه‌ها و برداشت بی‌رویه ماسه از کف این پهنه‌های آبی و سیر صعودی واگذاری زمین‌های جنگلی به بهانه‌ی توسعه‌ی صنعتی در شهرستان‌های نوشهر و چالوس علاوه بر به هم زدن تعادل آبخیزهای طبیعی بالادست و به تبع آن تغییر و نوسان در آب‌های ورودی به رودخانه‌ها خطر سیل را در هر بارندگی نسبتاً شدید به ما گوشزد می‌کند. در کنار این مسائل نداشتن برنامه‌ی مناسب توسعه‌ی شهری و ساخت و سازهای بی‌رویه و ناهمگون علاوه بر زشت نمودن چهره‌ی شهرها، هزینه‌های بسیاری را بر مردم منطقه وارد می‌سازد که از آن جمله هزینه‌های ناشی از ترافیک و تخریب هر چه بیشتر زمین‌های حاصل‌خیز و فشار بیشتر بر محیط زیست را باید نام برد. بر این اساس، در این تحقیق آثار بلندمدت تغییر کاربری و گسترش شهر روی شرایط آب‌شناسی منطقه نوشهر و چالوس مورد بررسی قرار گرفته است.

معرفی L-THIA

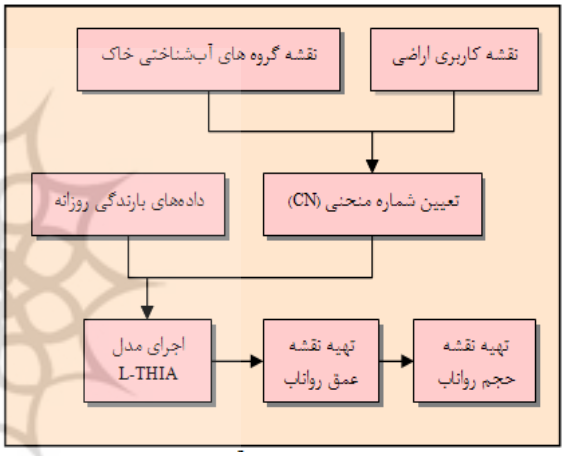
مدل L-THIA یک ابزار مناسب برای کمک به سنجش اثرات بالقوه‌ی تغییر کاربری بر رواناب سطحی و آلودگی آب می‌باشد. با این مدل می‌توان مکان‌های مناسب برای یک کاربری خاص را شناسایی نمود تا بتوان از این طریق اثرات موجود بر محیط زیست طبیعی منطقه را به حداقل ممکن رسانید *(حسین‌نیا، ۱۳۸۷: ۴۵)*. گزارش‌های اخیر درباره‌ی پراکندگی شهرها و تأثیر آن بر برخی از پیامدهای تغییر کاربری، جنبه‌های آب‌شناختی تغییر کاربری نظیر سیل‌خیزی، تخریب رودخانه و از دست رفتن منابع آب زیرزمینی را دربرمی‌گیرد. این مدل به عنوان یک ابزار قابل دسترسی و سریع برای استفاده در ارزیابی آثار بلندمدت تغییر کاربری توسعه یافته است. هسته اصلی این مدل بر مبنای روش شماره منحنی[1] (CN) است که به‌طور گسترده‌ای برای تخمین تغییر رفتار دبی در یک آبخیز شهری به کار رفته است. USDA[2] مقادیر CN را بین ۱۰۰-۰ بیان می‌نماید. مقادیر بالا مربوط به پارکینگ‌ها، سنگ‌فرش خیابان‌ها و مقادیر پایین نشان‌دهنده آب یا تالاب می‌باشد.

استفاده از معادله CN در L-THIA یک جایگزین ساده برای مدل‌های آب‌شناختی پیچیده‌ای است که به داده‌های زیادی نیاز دارند و اغلب برای بیشتر مناطق در دسترس نیست *(Tang & others, 2005: 43)* مدل L-THIA از داده‌های پایه‌ای که به آسانی قابل دسترس هستند استفاده می‌نماید و یک تخمین کلی

1-Curve Number
2-US Department of Agriculture

از اثرات آب‌شناختی بلند مدت به واسطه‌ی تغییر کاربری برآورد می‌کند. بنابراین درمقایسه با تحلیل‌های پیچیده محدودیت‌هایی دارد. مدل L-THIA با استفاده از داده‌های بارندگی روزانه و مقدار CN، رواناب روزانه را برای مقادیر مختلف CN تخمین می‌زند؛ سپس مدل مقادیر روزانه را جمع زده و رواناب سالانه را ارائه می‌نماید که به عنوان خروجی مدل در نظر گرفته می‌شود (شکل ۲).

استفاده از داده‌های رواناب سالانه می‌تواند یک رابطه‌ی خطی بین رواناب و تغییرات کاربری ایجاد کند *(Nawaz & perry, 2008:5)*.



شکل۲ : نگاره جریانی مدل ارزیابی اثرات آب‌شناختی L-THIA GIS *مأخذ : نگارندگان، ۱۳۸۷*

یکی از مهمترین مزایای L-THIA عدم نیاز به کالیبراسیون مدل با داده‌های واقعی منطقه است. در سامانه L-THIA مقادیر CN پیش‌فرض برای کاربری‌ها و ترکیب گروه‌های آب‌شناختی خاک آماده شده است. هم‌چنین دامنه‌ای از مقادیر CN برای هر کاربری و ترکیب گروه آب‌شناختی وجود دارد که وابسته به شرایط رطوبت پیشین خاک، تیپ پوشش و مدیریت سرزمین می‌باشد. کالیبراسیون مدل به صورت خودکار با استفاده از ترکیب‌های مختلف CN پیش‌فرض موجود در L-THIA GIS صورت می‌پذیرد و به این دلیل مورد توجه سیاست‌گذارانی است که می‌خواهند پیامدهای مدیریت بحران و منابع هدف را شناسایی نموده و اثرات نامطلوب آنرا اصلاح نمایند *(Nawaz & perry, 2008: 10)*.

تهیه داده‌های مورد نیاز

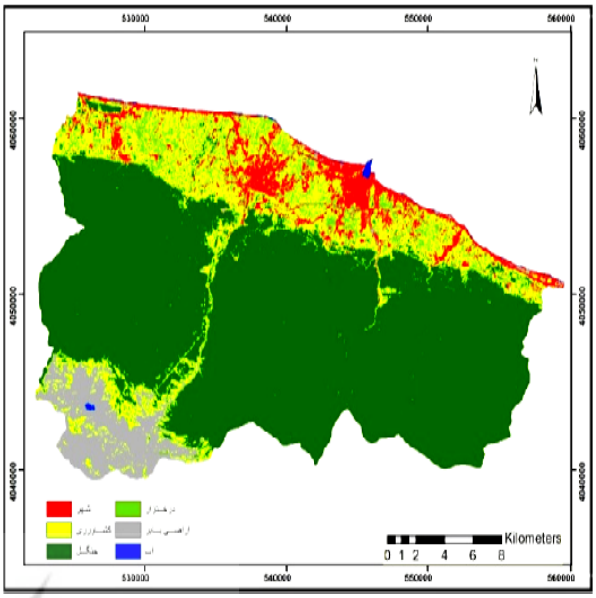
همانطورکه در معرفی مدل L-THIA اشاره گردید، یک تحلیل ارزیابی L-THIA می‌تواند با استفاده از لایه کاربری فعلی و لایه تغییر کاربری گذشته یا پیشنهادی برای آینده صورت پذیرد.

نتایج، میزان اثر تغییر کاربری‌های فعلی و گذشته یا پیشنهادی آینده بر مقدار رواناب تولید شده را تخمین می‌زند *(Engel& others, 2003)*.

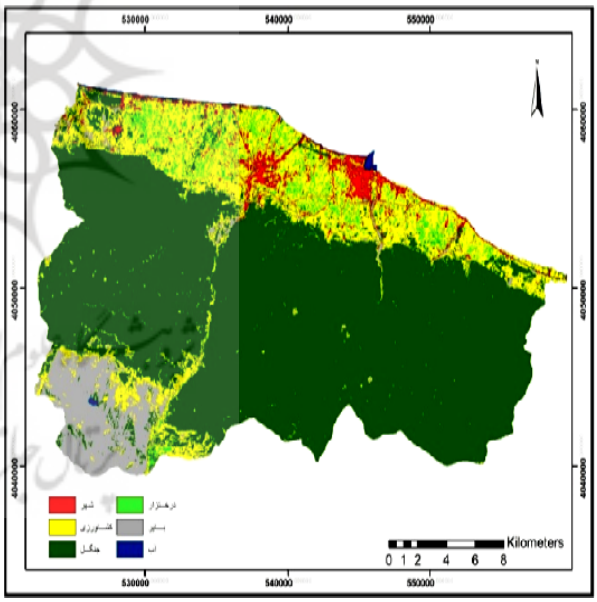
لایه کاربری اراضی

نقشه‌ی کاربری برای دوره‌ی موردمطالعه از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای به دست آمد. برای این منظور ابتدا تصاویر ماهواره Landsat متعلق به سنجنده‌های TM و ETM+ که در تاریخ‌های ۶ مرداد سال ۱۳۶۶ و ۱۲ تیر سال ۱۳۸۰ از منطقه مورد مطالعه اخذ گردیده بود، تهیه شد.

این تصاویر وارد نرم‌افزار ERDAS IMAGINE V9.1 گردیدند. سپس تصویر رنگ مجازی هر یک با استفاده از باندهای ۲، ۳ و ۴ تولید گردید. در مرحله‌ی بعد هر دو تصویر زمین مرجع و از لحاظ سیستم مختصات جغرافیایی (utm_z39n) و بزرگ‌نمایی (۲۸ متر) نیز یکسان و محدوده‌ی مورد مطالعه روی تصاویر جدا گردید. سپس، طبقه‌بندی به روش نظارت نشده با استفاده از طبقه‌بندی‌کننده ISODATA انجام و تصویر به ۶۰ خوشه تقسیم شد. در ادامه، تصویر خوشه‌بندی شده به محیط نرم‌افزار Idrisi Kilimanjaro وارد گردید. بر اساس تصویر رنگی کاذب منطقه و با توجّه به شناخت منطقه، نوع کاربری هر خوشه تشخیص داده شد. در مرحله‌ی آخر نقشه‌ی خوشه‌بندی شده در ۶ طبقه باز طبقه‌بندی گردید. طبقات کاربری شامل ۱- شهر،۲- اراضی کشاورزی، ۳- جنگل، ۴- درخت‌زار، ۵- زمین‌های بایر و ۶- پهنه‌های آبی می‌باشد *(اشکال ۲ و۳)*. برای بالا بردن دقّت طبقه‌بندی، نقشه NDVI منطقه با استفاده از باندهای قرمز و مادون‌قرمز تصویر ماهواره‌ای تهیه شد. پس از باز طبقه‌بندی این نقشه، پهنه‌های آبی، اراضی کشاورزی و زمین‌های بایر از نقشه استخراج گردید.



شکل ۲: نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه مربوط به سال ۱۳۶۶
مأخذ : نگارندگان، ۱۳۸۷



شکل ۳: نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه مربوط به سال ۱۳۸۰
مأخذ : نگارندگان، ۱۳۸۷

لایه گروه‌های هیدرولوژیکی خاک

در L-THIA خاک بر مبنای احتمال بالقوه تولید رواناب به چهار گروه هیدرولوژیکی طبقه‌بندی می‌شود *(Nawaz & perry, 2008:5)*. در این تحقیق، ابتدا نقشه واحد اراضی منطقه با استفاده از نقشه‌ی منابع و قابلیت اراضی استخراج گردید. این نقشه توسط مؤسسه‌ی تحقیقات آب و خاک تهیه شده بود.

با استفاده از این نقشه، ویژگی‌های خاک منطقه مشخص و بر مبنای تعریف سازمان کشاورزی آمریکا *(Web & USDA, 2007)* در جدول ۱، نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی منطقه آماده‌سازی گردید (شکل ۴).

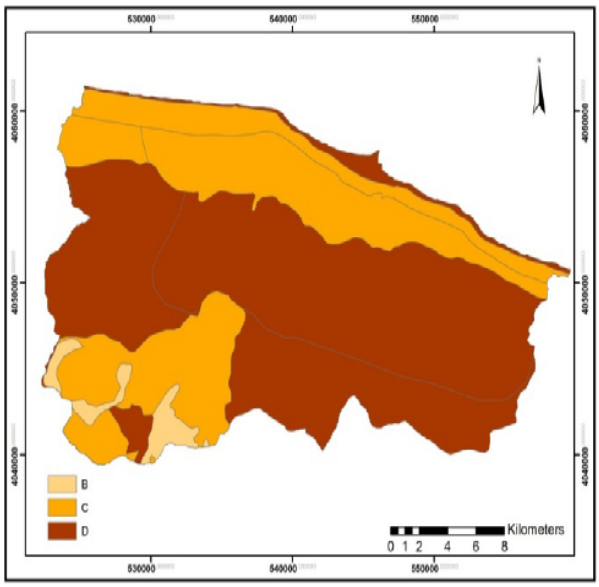
داده‌های اقلیمی

مدل L-THIA برای ارزیابی اثرات هیدرولوژیکی بلندمدت به داده‌های بارندگی ۳۰ ساله به صورت روزانه نیاز دارد. در مدل L-THIA داده‌های بارندگی به صورت فایل متنی با فرمت "txt" مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای تهیه‌ی این لایه، ابتدا داده‌ها در محیط نرم‌افزار Excel به فرمت قابل قبول برای L-THIA تبدیل گردید. در نهایت با ورود داده‌های کاربری، خاک و بارندگی، مدل L-THIA اجرا و نقشه‌های حجم و عمق رواناب سالانه در محیط GIS استخراج گردید.

جدول۱: طبقه‌بندی گروه‌های هیدرولوژیکی خاک برای L-THIA

گروه آب‌شناختی خاک	توصیف	تیپ خاک
A	خاک‌هایی عمیق با نرخ نفوذپذیری بالا حتی زمانی که کاملاً مرطوب هستند.	شن،لومی- شنی، شنی- لومی
B	خاک‌هایی با بافت نسبتاً ریز تا نسبتاً درشت با نفوذپذیری متوسط حتی زمانی‌که مرطوب هستند.	سیلت- لوم یا لوم
C	خاک‌هایی با بافت‌ریز با نرخ نفوذپذیری پایین حتی زمانی که کاملاً مرطوب هستند.	شنی- رسی- لوم
D	خاک‌های با قابلیت انتقال خیلی کم، سفره آب بالا یا یک لایه رس نزدیک یا در سطح نرخ نفوذپذیری خیلی پایین حتی زمانی که کاملاً مرطوب هستند.	رسی‌لومی،سیلتی- رسی- لوم، سیلتی- رسی یا رسی،شنی- رسی

*مأخذ: **USDA,2007***



شکل ۴: نقشه گروه‌های آب‌شناختی خاک منطقه‌ی مورد مطالعه
مأخذ: نگارندگان، ۱۳۸۷

نتایج

بررسی نحوه‌ی اثر تغییر کاربری توسط مدل L-THIA بر اساس نگاره جریانی شکل ۲ صورت پذیرفت. نتایج طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای نشان داد که بیشترین درصد تغییرات مربوط به کاربری مسکونی می‌باشد، بدین ترتیب که مساحت شهر از ۱۴/۴۰ کیلومتر مربع در سال ۱۳۶۶ به ۳۲/۳۸ کیلومتر مربع در سال ۱۳۸۰ افزایش یافته است. افزایش ۱۲۵ درصدی کاربری مسکونی باعث کاهش مساحت سایر کاربری‌ها گردیده است. بیشترین کاهش مساحت به میزان ۳۶/۴۸- مربوط به حریم رودخانه‌ها (پهنه‌های آبی) و کمترین آن مربوط به کاربری جنگل (به میزان ۳/۸۲- ٪) می‌باشد. درصد تغییرات در کاربری‌های کشاورزی، باغ و درختزار و اراضی بایر به ترتیب برابر با ۷/۴۲-، ۲۳/۲۳- و ۲۱/۴۹- می‌باشد. در جدول ۲ مساحت کاربری‌ها و درصد تغییرات در دوره‌ی زمانی ۱۳۸۰-۱۳۶۶ در منطقه‌ی مورد مطالعه ارایه گردیده است.

در ادامه، مدل L-THIA با توجه به نقشه‌های تغییر کاربری اجرا و میزان رواناب تولیدی در طیّ دو دوره به دست آمد. L-THIA نتایج مدل‌سازی رواناب را به صورت نقشه‌های رستری عمق و حجم رواناب ارائه می‌نماید (شکل‌های ۵ و ۶). بررسی نقشه‌های عمق رواناب بیانگر افزایش ۱۷/۳میلیمتری ارتفاع رواناب در حوضه‌ی مورد مطالعه در دوره‌ی زمانی ۱۳۶۶-۱۳۸۰ می‌باشد (جدول۳). نقشه‌های حجم رواناب، بر حسب متر مکعب در هر سلول محاسبه می‌شود، بر مبنای اندازه سلول‌ها (۲۸ متر) حجم رواناب حدود ۱۴۵/۸ مترمکعب به ازای هر سلول افزایش یافته است که با احتساب ۵۶۶/۳۱ کیلومتر مربع مساحت حوضه، حجم کل رواناب تولیدی افزایش یافته در این بازه‌ی زمانی حدود ۹/۷۹ میلیون متر مکعب خواهد بود.

جدول ۲: مساحت کاربری‌های مختلف منطقه چالوس و نوشهر (km^2)

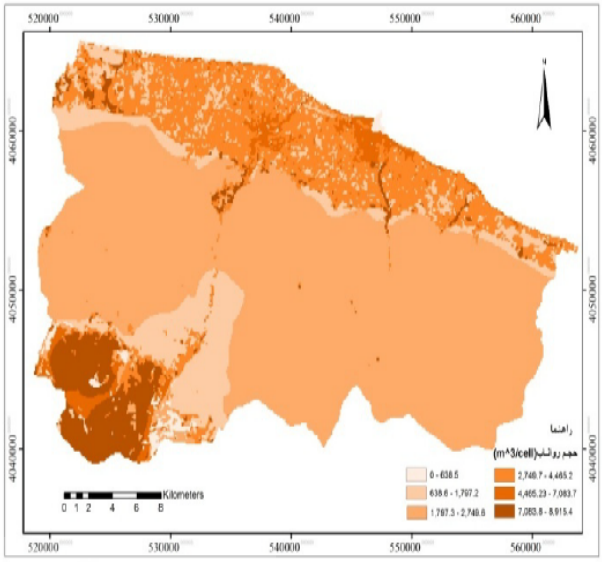
سال / کاربری	۱۳۶۶	۱۳۸۰	درصدتغییرات
مسکونی	۱۴/۴۰	۳۲/۳۸	۱۲۵
کشاورزی	۸۷/۹۸	۸۱/۴۵	-۷/۴۲
جنگل	۴۰۰	۳۸۴/۷	-۳/۸۲
باغ و درختزار	۱۹/۲	۱۴/۷۴	-۲۳/۲۳
زمین‌های بایر	۴۲/۴۸	۵۱/۶۱	۲۱/۴۹
پهنه‌های آبی	۲/۲۲	۱/۴۱	-۳۶/۴۸

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۸۷

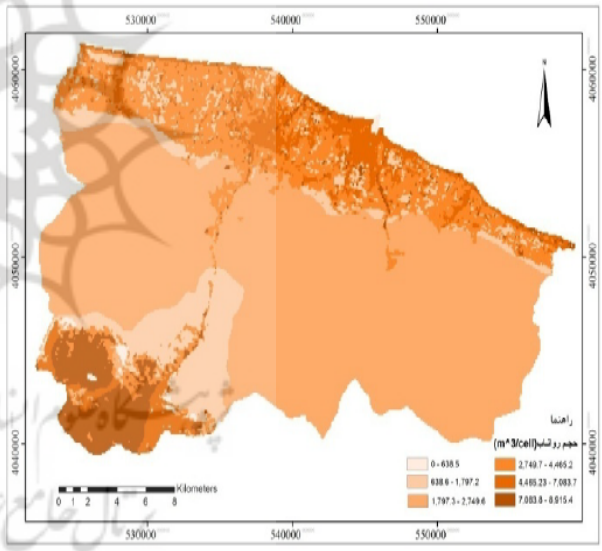
جدول ۳: مقدار حجم و عمق رواناب در منطقه چالوس و نوشهر

سال / رواناب	۱۳۶۶	۱۳۸۰
متوسط عمق رواناب سالانه (cm)	۳۸/۶۱	۴۰/۳۴
متوسط حجم رواناب سالانه (m^3/cell)	۳۲۶۸/۸۵	۳۴۱۴/۶۸

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۸۷



شکل ۵: نقشه حجم تولید رواناب مربوط به سال ۱۳۶۶
مأخذ: نگارندگان، ۱۳۸۷



شکل ۶: نقشه حجم تولید رواناب مربوط به سال ۱۳۸۰
مأخذ: نگارندگان، ۱۳۸۷

بحث و نتیجه

سامانه L-THIA در تحقیقات زیادی برای ارزیابی آثار تغییر کاربری روی آب‌شناسی و کیفیت آب مورد استفاده قرار گرفته است. در مطالعه‌ی پیش رو نیز، مدل L-THIA امکان تعیین عمق و حجم رواناب متناسب با تغییرات کاربری اراضی را در زمان‌های مختلف فراهم نموده است. این قابلیت به مدیران و برنامه‌ریزان این توانایی را می‌دهد تا بتوانند با مدیریت بهینه‌ی کاربری اراضی مانع رشد عمق و حجم سیلاب گردیده و به تبع آن از خسارات ناشی از آن جلوگیری نمایند. همانطورکه از نتایج تحقیق برمی‌آید، تغییرات کاربری صورت پذیرفته طیّ دوره‌ی مورد مطالعه (۱۳۸۰-۱۳۶۶) منجر به افزایش ۱۲۵ درصدی کاربری مسکونی گردیده است که در مقایسه با مطالعات دیگر همچون یانگ و همکاران (۲۰۰۸) با میزان رشد شهری ۳۰/۴٪ طیّ ۱۶ سال، از رشد نسبتاً بالایی برخوردار می‌باشد. رشد فضایی شهر در پی افزایش جمعیّت شهری امری طبیعی است اما این توسعه زمانی تهدید محسوب می‌گردد که بیشترین تجاوز و کاهش مساحت کاربری‌ها در شهرهای چالوس و نوشهر مربوط به حریم رودخانه‌ها با ۳۶/۴۸٪ و پس از آن باغات و درختزارها با ۲۳/۲۳٪ باشد.

نتایج حاصل از مدل L-THIA در شهرهای چالوس و نوشهر با توجه به روند تغییرات شدید تغییر کاربری اراضی طیّ بازه‌ی زمانی مورد مطالعه، با غالبیت تبدیل حریم رودخانه‌ها و اراضی باغات و درختزارها به کاربری مسکونی (جدول ۲) موجب افزایش ۱/۲۳ میلیمتر متوسط عمق رواناب معادل ۷۰۷/۸۹ هزار مترمکعب حجم رواناب در هر سال گردیده است که با نتایج کادن (۲۰۰۶)، انجل[1] و همکاران (۲۰۰۳) مبنی بر افزایش قابل توجه رواناب همراه با توسعه‌ی شهری و نتایج سعادتی و همکاران (۱۳۸۵) و غفاری و همکاران (۱۳۸۸) مبنی بر نقش تغییر کاربری بر تغییرات مؤلفه‌های رواناب همخوانی دارد.

رشد فزاینده‌ی مناطق مسکونی و زمین‌های بایر در کنار کاهش باغات و درختزارها و مناطق کشاورزی طی این مدّت کوتاه، لزوم اعمال مدیریت‌های علمی صحیح و کنترلی، ضمن رعایت اصول توسعه‌ی پایدار در این مناطق را ضروری می‌نماید. از طرف دیگر توجه به این نکته ضروری است که استفاده از داده‌های بارندگی یکسان در اجرای مدل برای وضعیت حوضه‌ی آبخیز در سال‌های ۱۳۶۶ و ۱۳۸۰ مشخصاً بیانگر نقش کاربری

1- Engel

بر تغییرات رواناب پس از حذف نوسانات بارندگی می‌باشد. علاوه بر این، استفاده‌ی ترکیبی از مدل‌های مبتنی بر تغییرات کاربری با مدل‌های آب‌شناختی رویکرد نوینی است که نتایج این تحقیق به خوبی تأییدکننده‌ی قابلیت‌های مدل‌سازی و پشتیبان تصمیم در این نوع مدل‌های ترکیبی می‌باشد، نتایج مطالعات چوی و دیل (۲۰۰۸)، انجل و همکاران (۲۰۰۳) پری و نوز (۲۰۰۸) نیز مؤید کاربرد مدل‌های ترکیبی در این راستا می‌باشند. این مطالعات نشان داد که سامانه L-THIA یک ابزار قوی برای ارزیابی اثرات تغییر کاربری بر روی آب‌شناسی و کیفیت آب می‌باشد *(Lim & others, 2006:36)*. باید توجّه داشت که نتایج L-THIA اتفاقات سال خاصّی را پیش‌بینی نمی‌کند، بلکه یک بینش کلّی نسبت به اثرات آب-شناختی بلندمدت نسبی، حاصل از سناریوهای کاربری مختلف ایجاد می‌نماید*(Pandey & others, 2000:6)*.

استفاده از مدل‌ها برای مدیران و برنامه‌ریزان این فرصت را فراهم می‌آورد تا قبل از وقوع حوادث بتوان آن را کنترل و مدیریت نمود. همان‌طورکه از نتایج این تحقیق بر می‌آید مدل L-THIA قابلیت قابل قبولی در بیان نحوه‌ی اثر تغییر کاربری بر مقادیر حجم و عمق رواناب، طبق سناریوهای مختلف دارد. این مدل با ارائه‌ی نقشه‌ی توزیع مکانی رواناب، امکان شناسایی مناطق حادثه‌خیز، پهنه‌بندی سیل و هم‌چنین مدیریت سیلاب را فراهم می‌سازد. اولویت‌بندی زیرحوضه‌های آبخیز برای انجام اقدامات کنترل سیلاب از دیگر قابلیت‌های این روش مدل‌سازی می‌باشد. همچنین نتایج به دست آمده بیانگر کارایی قابل قبول مدل L-THIA در مدیریت و طرح‌ریزی‌های کاربری و کنترل رواناب در منطقه مورد مطالعه بوده است، ضمن این که استفاده از این مدل برای مناطق دیگر با خصوصیات آب و هوایی و توپوگرافی مختلف کشور توصیه می‌شود. البته در استفاده از نتایج مدل، با توجه به محدودیت‌های آن، لازم است بزرگی اعداد بدست آمده و نه مقدار دقیق آنها مورد توجه قرار گیرد.

منابع

۱- حسین‌نیا، اکرم (۱۳۸۷). بررسی تغییرات کمّی آبهای سطحی با استفاده از مدل‌سازی روند توسعه شهری به روش SLEUTH در شهرهای چالوس و نوشهر، ایران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد محیط‌زیست. دانشگاه تربیت مدرس. دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی.

۲- خلیقی، شهرام؛ محمد مهدوی؛ بهرام ثقفیان (۱۳۸۴). بررسی اثر تغییر کاربری اراضی بر سیل‌خیزی با استفاده از مدل NRCS مطالعه موردی: حوزه باراندوز چای آذربایجان غربی، مجله منابع طبیعی ایران. جلد ۵۸. شماره ۴.

۳- سعادتی، حسین؛ شعبان‌علی غلامی؛ فرود شریفی؛ سیدعلی ایوب‌زاده (۱۳۸۵). بررسی اثرات تغییر کاربری ارضی در شبیه‌سازی رواناب سطحی با استفاده از مدل ریاضی SWAT. مجله منابع طبیعی ایران. جلد ۵۹. شماره ۲.

۴- علوی‌نیا، مرتضی؛ فرزین نصیری‌صالح (۱۳۸۹). تهیه نقشه CNخاک بر اساس نتایج شبیه‌سازی رواناب با استفاده از یک مدل هیدرولوژیکی نیمه توزیعی. پنجمین کنگره ملی مهندسی عمران.

۵- غفاری، گلاله؛ جمال قدوسی؛ حسن احمدی (۱۳۸۸). بررسی تأثیر تغییر کاربری اراضی بر پاسخ‌های هیدرولوژی حوضه آبخیز (مطالعه موردی: حوضه آبخیز زنجان‌رود) مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. جلد شانزدهم. شماره اول.

۶- غلامعلی‌فرد، مهدی (۱۳۸۵). ارائه مدل مکانی- ارزیابی عرضه و تقاضا زمین برای محل‌های دفن مواد جامد شهری با استفاده از مدل‌سازی دینامیک شهری در محیط GIS. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت مدرس. دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی.

7- Choi W (2007). Estimating land-use change impacts on direct runoff and non-point source pollutant loads in the Richland creek basin by applying the L-THIA model. Journal of Spatial Hydrology Vol. 7, No. 1, spring 2007.

8- Chio W and Deal B. M (2008). Assessing Hydrological Impact of Potential Land use Change through Hydrological ang Land use Change Modeling for the Kishwaukee River Basian (USA). Journal of Environmental Management 86 (2008) 1119-1130.

9- Cowden J. R, Watkins D, Croley T. E (2006). Investigating Urban Land Use Effects on Runoff by Using theDistributed Large Basin Runoff Model. The World Environmental and Water Resource Congress 2006 Examining the Confluence of Environmental Water Concerns Environmental and Water Resource Institute American Society of Civil Engineers. Omaha, Nebraska, May 21-25, 2006 (CD).

10- Engel B. A, Choi J. Y, Harbor J, Pandey Sh (2003). Web-based DSS for Hydrologic Impact Evaloation of small Watershed land use changes. Computers and Electronics in Agriculture 39 (2003) 241-249.

11- Lim K. J, Engel B. A, Tang Z, Muthkrishnan s, Choi J, Kim K (2006). Effects of calibration on L-THIA GIS runoff and pollutant estimation. Journal of Environmental Management 78m (2006) 35-43.

12- Pandey S, Gunn R, Lim K, Engel B, Harbor J (2000). Developing a Web-enabled Tool to Assess Long-term Hydrologic impacts of land-use change, information technology issues and a case study. URISA Journal Vol.12,No.4:5-17.

13- Perry P, Nawaz R (2008). An investigation into the extent and impacts of hard surfacing of domestic gardens in an area of Leeds, United kingdom. Landscape and Urban Planning 86(2008) 1-13.

14- Tang Z, Engel B. A, Pijanowski B. C, Lim K. J (2005). Forecasting land use change and its environmental impact at a watershed scale. Journal of Environmental Management 76 (2005) 35-45.

15- Tong S. T. Y. and Chen W (2002). Modelling the relationship between land use and surface water quality. Journal of Environmental Management 66: 377-393.

16- US Department of Agriculture, Natural Resource Conservation Service (2007). National Soil Survey Handbook, title 430-VI, available online: http://soils.usda.gov/technical/handbook/

17- Wang Y, Choi W., Deal B. M (2005). Long-term Impacts Of Land Use Change on Non-point Source Pollutant Loads for St.Louis Metropolitan Area, USA. Environmental Management 35 (2): 194-205.

18- Yang L, Ma K, Guo Q, Bai X (2008). Evaluating long-term hydrological impacts of regional urbanisation in Hanyang, China, using a GIS model and remote sensing. International Journal of Sustainable Development & World Ecology. 15, 350–356.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی