شبیه‌سازی اثرات سناریوهای بهینه توسعه مناطق مسکونی بر هیدروگراف جریان و غلظت رسوب (مطالعه موردی: حوزه آبخیز زیارت استان گلستان)

مهتاب فروتن*: *دانشجوی دکتری آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری*
احسان الوندی: *دانشجوی دکتری آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان*
عبدالرضا بهره‌مند: *دانشیار گروه آبخیزداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان*
حسین زینی‌وند: *دانشیار گروه مهندسی مرتع و آبخیزداری دانشگاه لرستان*
قاسم میرزایی: *هیأت علمی دانشکده‌ی کشاورزی مشکین‌شهر، دانشگاه محقق اردبیلی.*

تاریخچه مقاله (تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۴/۲۷)

چکیده

تغییرات کاربری اراضی در اثر فعالیت‌های انسانی یکی از موضوعات مهم در برنامه‌ریزی‌های منطقه‌ای است. بدین منظور، در این تحقیق به شبیه‌سازی اثرات سناریوهای بهینه‌ی توسعه مناطق مسکونی بر هیدروگراف جریان و غلظت رسوب در حوزه‌ی آبخیز زیارت پرداخته شد. این امر با استفاده از مدل WetSpa صورت گرفت. همچنین با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و GIS، به مدل‌سازی تناسب زمین برای توسعه‌ی مناطق مسکونی و تهیه‌ی سناریوهای بهینه پرداخته شده‌است. ورودی‌های مدل Wetspa، کاربری اراضی، بافت خاک، مدل رقومی ارتفاع، سری‌های زمانی بارش، تبخیر، دما، دبی و رسوب است. پس از مدل‌سازی، تناسب زمین برای توسعه‌ی مناطق مسکونی با روش TOPSIS و GIS به‌منظور بررسی اثرات سناریو بهینه توسعه مناطق مسکونی بر هیدروگراف جریان و غلظت رسوب، با توجه به نظر کارشناسی‌ها سه سناریو وضعیت فعلی مناطق مسکونی حوضه، توسعه‌ی مناطق مسکونی با جایگزینی جنگل با تاج پوشش کم و توسعه‌ی مناطق مسکونی با جایگزینی زراعت در نظر گرفته و مدل با نقشه‌ی کاربری این سه سناریو اجرا شد. با اجرای مدل WetSpa، نتایج ارزیابی مدل، صحت شبیه‌سازی دبی جریان و غلظت رسوب را براساس معیار نش- ساتکلیف به ترتیب ۰/۶۷ و ۰/۶۳ در دوره‌ی واسنجی نشان می‌دهد. با توجه به معیارهای ارزیابی در نظر گرفته‌شده در تحقیق و استفاده از روش TOPSIS، ۳۷ هکتار از کل مساحت حوزه‌ی آبخیز زیارت از شرایط ایجاد مناطق مسکونی برخوردار است، اما اینک وسعت مناطق مسکونی این حوضه به ۱۴۱/۳ هکتار می‌رسد. نتایج نشان داد با اجرای مدل WetSpa با سناریوهای بهینه، ضریب زبری حوضه افزایش یافته که به کاهش سرعت جریان، ضریب رواناب و دبی حداکثر حوضه منجر شده‌است. همچنین مقدار غلظت رسوب معلق و انتقال رسوب نسبت به سناریو وضعیت فعلی مناطق مسکونی کاهش‌یافت؛ بنابراین با اعمال سناریوهای بهینه توسعه مناطق مسکونی، هیدروگراف جریان و غلظت رسوب نسبت به سناریو فعلی مناطق مسکونی وضعیت مناسب‌تری یافته‌است.

واژگان کلیدی: سناریوهای بهینه، مدل WetSpa، تصمیم‌گیری چند معیاره، حوزه‌ی آبخیز زیارت.

* نویسنده مسئول: mahtab.forootan@yahoo.com

۱- مقدمه

برای حفظ منابع به منظور استفاده‌ی نسل‌های آینده، باید بین استعداد ذاتی و بهره‌برداری از آن توازنی برقرار باشد که این توازن از طریق ارزیابی تناسب اراضی میسر می‌شود (Shahrokh and Ayoubi, 2014). ارزیابی تناسب اراضی از روش‌هایی است که برای تعیین سازگاری اراضی برای نوع خاصی از انواع استفاده‌ها به کار می‌رود و از اراضی با توجه به استعداد و توان تولیدی‌شان استفاده می‌شود (Shahrokh et al, 2012). از دهه‌ی ۱۹۹۰، راهبرد یکپارچه کردن تصمیم‌گیری چند معیاره با GIS برای حل مسائل برنامه‌ریزی فضایی، توجه چشمگیری در میان برنامه‌ریزان یافته‌است. سیستم اطلاعات مکانی به‌عنوان ابزاری که به راحتی می‌تواند با حجم انبوهی از داده کار و آنها را تجزیه و تحلیل کند، بستری مناسب برای تلفیق با روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره به نظر می‌رسد (Nasiri, 2009). شناسایی عوامل مؤثر بر پتانسیل سیل‌خیزی حوضه‌ها و پهنه‌بندی آنها از نظر قابلیت تولیدی رواناب، امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر است. برای این منظور از داده‌های سنجش از دور و سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی (GIS)، برای شناسایی عوامل مؤثر بر پتانسیل سیل‌خیزی و پهنه‌بندی حوضه از نظر این پتانسیل استفاده می‌شود.

از جمله روش‌هایی که با فراهم شدن امکان دسترسی به تصاویر ماهواره‌ای و کاربرد سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی برای پردازش، نگهداری و به روز کردن لایه‌های اطلاعات منابع زمینی، می‌تواند در محاسبه‌ی سیل ناشی از یک بارش معین به کار رود، مدل‌های هیدرولوژیکی است. این مدل‌ها می‌تواند با در نظر گرفتن توزیع مکانی خصوصیات بارش و حوزه‌ی آبخیز، برآوردهای قابل قبولی را نشان دهند (Dovonce, 2000 & Azizi et al, 2012). مدل پیوسته و توزیعی- مکانی WetSpa، مدلی برای پیش‌بینی سیلاب و شبیه‌سازی بیلان آبی در مقیاس حوزه‌ی آبخیز است که از قابلیت پیش‌بینی هیدروگراف سیل در نقطه‌ی خروجی یا هر نقطه از یک آبخیز، با گام‌های زمانی متفاوت دقیقه-ای، ساعتی، روزانه و غیره برخوردار است (Wang et al, 1997). Bahremand و همکاران (2006)، شبیه‌سازی جریان رودخانه را با استفاده از مدل WetSpa در رودخانه‌ی هورناد کشور اسلواکی بررسی کردند. نتایج نشان داد که در خروجی حوزه و در زیرحوزه‌های اصلی، بین هیدروگراف ناشی از مدل با هیدروگراف مشاهداتی ، انطباق خوبی وجود دارد و مدل با استفاده از معیار نش- ساتکلیف، هیدروگراف‌های روزانه را با دقت خوب ۸۵- ۷۵ درصد پیش‌بینی می‌کند. Azinmehr (2012) به شبیه‌سازی اثر سناریوهای تغییر کاربری اراضی بر هیدروگراف جریان در حوزه‌ی آبخیز دینور با مساحت ۱۷۱۷ کیلومترمربع در استان کرمانشاه پرداخت. نتایج شبیه‌سازی ناشی از کاربرد مدل در حوزه، براساس معیار ضریب ناش- ساتکلیف دقتی معادل ۶۱ درصد نشان می‌دهد. Moradipour (2010)، شبیه-سازی توزیعی- مکانی رواناب را با مدل هیدرولوژیک WetSpa در حوزه‌ی کوهستانی طالقان بررسی کرد. دقت ۸۴/۸۵ درصد در شبیه‌سازی‌ها بر اساس ضریب نش- ساتکلیف، کارایی بالای مدل را نشان می‌دهد. با توجه به خروجی مدل و فاکتورهای هیدرولوژیک با توزیع مکانی در گام زمانی روزانه، مدل از قابلیت آنالیز اثرات توپوگرافی، بافت خاک و کاربری اراضی در رفتار هیدرولوژیک حوزه برخوردار است.

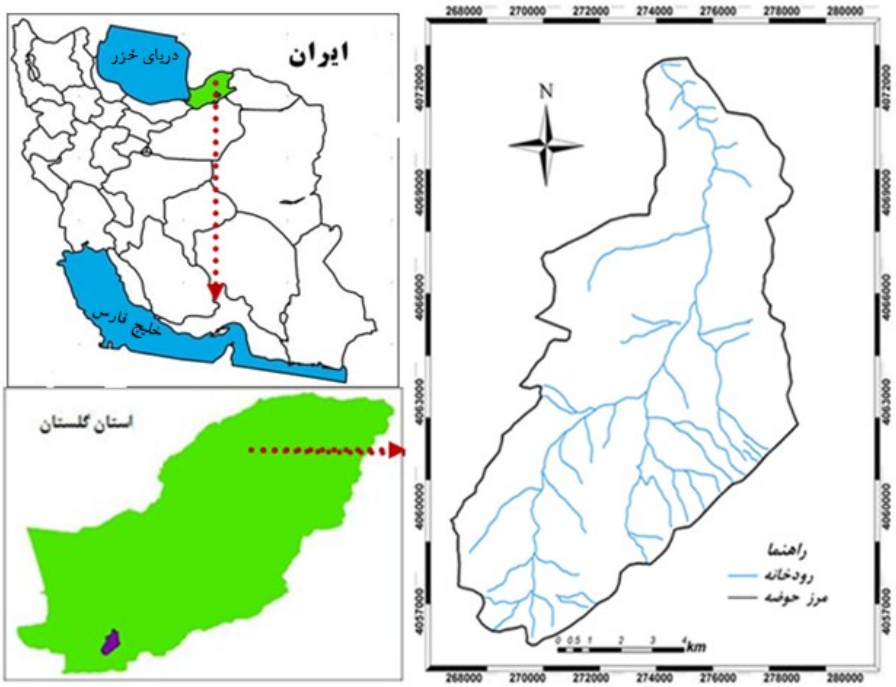
Bayat (2009) با استفاده از مدل WetSpa به شبیه‌سازی جریان رودخانه و تحلیل اثرات تغییر کاربری روی

آن در آبخیز مرکز استان کرمانشاه پرداخت. نتایج شبیه‌سازی حاصل از کاربرد مدل در حوزه، براساس ضریب نش-ساتکلیف دقتی معادل ۷۷ درصد نشان می‌دهد. شبیه‌سازی جریان رودخانه تحت سناریوی کاربری بهینه نشان داد که هیدروگراف جریان رودخانه اندکی با تأخیر به اوج خود رسیده و از سوی دیگر، این مقدار در مقایسه با هیدروگراف کاربری فعلی دیرتر فروکش کرده‌است. همچنین دبی اوج هیدروگراف نیز بعد از تغییر کاربری بهینه، کمتر شده‌است. Pishdad و همکاران (2010)، نقش کاربری نامناسب اراضی در ایجاد فرسایش و تولید رسوب و پیش‌بینی تأثیر بهره‌برداری مناسب در کاهش فرسایش را با استفاده از مدل EPM در حوزه‌ی آبخیز چراغ ویس در شهرستان سقز بررسی کردند. نتایج نشان داد که اعمال مدیریت مناسب و آمایش، می‌تواند به طورکلی میزان فرسایش و رسوب آبخیز مذکور را حدود ۷۱۳۳ هزار تن در سال کاهش دهد. Leh و همکاران (2011) به بررسی اثرات تغییر کاربری اراضی بر فرسایش و رسوب با استفاده از مدل USPED [1]، در حوزه‌ی آبخیز ازارک در آمریکا پرداختند. برای بررسی این موضوع، پنج سناریوی تغییر کاربری اراضی در حوزه تهیه و با استفاده از مدل USPED، فرسایش حوزه شبیه‌سازی شد. نتایج نشان داد که با افزایش مناطق مسکونی، مقدار غلظت رسوب و انتقال آن افزایش می‌یابد. حوزه‌ی آبخیز زیارت استان گلستان از حوضه‌های مهم و درعین‌حال بحرانی از نظر تغییر کاربری (توسعه مناطق مسکونی)، فرسایش و سیل‌خیزی در این استان به شمار می‌رود. این حوضه در سال‌های اخیر بدون توجه به توان اکولوژیکی سرزمین برای توسعه‌ی مناطق مسکونی، بیشتر اراضی آن به صورت نامناسب و نامعقول استفاده می‌شود که این استفاده‌ی نادرست از حوزه‌ی آبخیز، به کاهش پوشش‌گیاهی و افزایش سرعت جریان و ضریب رواناب و در نهایت افزایش فرسایش و رسوب منجر شده‌است. با توجه به تحقیقات اجرا شده و از آنجایی‌که در تحقیقات قبلی از تلفیق روش تصمیم‌گیری چند معیاره و مدل هیدرولوژیکی WetSpa استفاده نشده است؛ در این تحقیق پس از مدل‌سازی توسعه‌ی مناطق مسکونی و تهیه سناریوهای بهینه با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM) و GIS، با استفاده از مدل هیدرولوژیکی- توزیعی WetSpa به بررسی اثرات سناریوی بهینه توسعه مناطق مسکونی بر هیدروگراف جریان و غلظت رسوب پرداخته‌شده است.

۲- منطقه موردمطالعه

محدوده‌ی موردمطالعه، حوزه‌ی آبخیز زیارت است که با مساحت ۹۷ کیلومترمربع و محیط ۵۱/۴۰ کیلومتر در استان گلستان، در شهرستان گرگان و بین طول جغرافیایی ″۵۳ ′۲۳ °۵۴ تا ″۱۱ ′۳۱ °۵۴ شرقی و عرض جغرافیایی″۵۱ ′۳۶ °۳۶ تا ″۵۹ ′۴۳ °۳۶ شمالی قرارگرفته‌است. حداکثر ارتفاع حوضه ۳۰۳۰ متر، حداقل آن ۵۷۰ متر و بارندگی متوسط سالانه، ۷۵۰ میلی‌متر است (شکل ۱).

[1]-Unit Stream Power based Erosion/Deposition

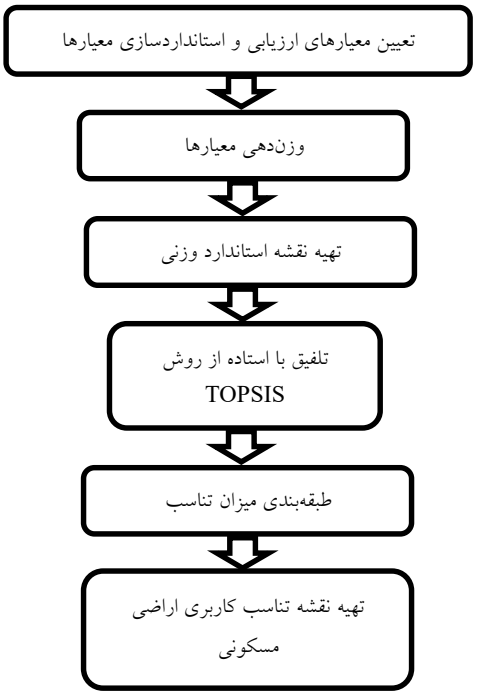


شکل ۱: نقشه‌ی موقعیت جغرافیایی حوزه‌ی آبخیز زیارت استان گلستان- ایران

۳- مواد و روش

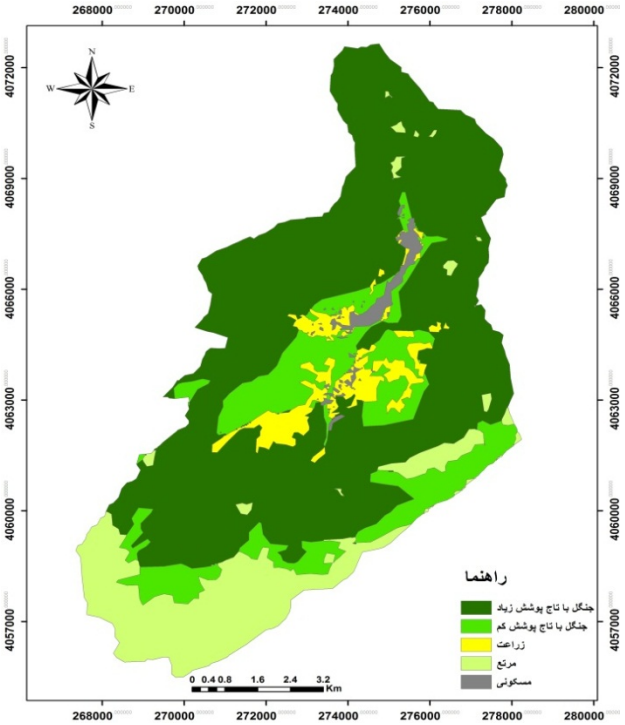
در این تحقیق به‌منظور بررسی اثرات سناریوی بهینه توسعه مناطق مسکونی بر هیدروگراف جریان و غلظت رسوب، با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM[1]) و GIS به مدل‌سازی توسعه مناطق مسکونی در حوزه‌ی آبخیز زیارت استان گلستان پرداخته شد. این مدل، از طریق ترکیب روش‌ها و ابزارهایی همچون GIS و روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره توسعه می‌یابد (Nasiri, 2009). به منظور مدل‌سازی تناسب زمین برای توسعه‌ی مناطق مسکونی، از تکنیک TOPSIS استفاده شده‌است. این تکنیک بر این مفهوم بنا شده‌است که بهترین واحد مکانی، به طور همزمان باید کمترین فاصله را با واحد ایده‌آل مثبت (بهترین حالت ممکن، A_i^+) و بیشترین فاصله را با واحد ایده‌آل منفی (بدترین حالت ممکن، A_i^-) داشته باشد (Azar and Rajabzadeh, 2010). واحد ایده‌آل، معرف گزینه‌ی فرضی است که مطلوب‌ترین سطح استاندارد شده‌ی وزنی را از هر معیار، در میان گزینه‌های موردنظر دارد و همین‌طور واحد ایده‌آل منفی شامل بدترین سطح استاندارد شده‌ی وزنی در میان گزینه‌هاست (Asgharpoor, 2006). مراحل توسعه و عملی کردن مدل‌سازی تناسب زمین برای توسعه‌ی مناطق مسکونی در حوزه‌ی آبخیز زیارت استان گلستان، در شکل ۲ ارائه شده‌است.

[1] Multiple Criteria Decision Making



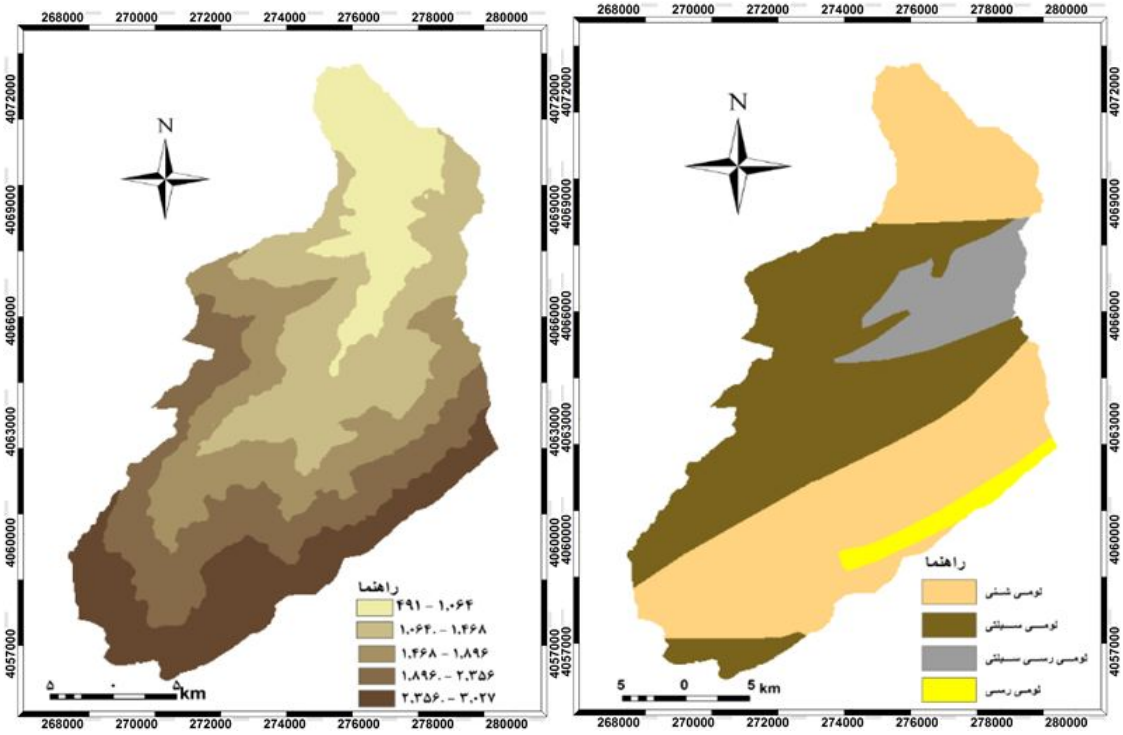
شکل ۲: مدل مفهومی تناسب زمین برای توسعه مناطق مسکونی در حوزه‌ی آبخیز زیارت (نگارندگان مقاله)

در این تحقیق، مدل‌سازی تناسب زمین برای توسعه‌ی مناطق مسکونی با روش TOPSIS و GIS صورت گرفت. سپس به منظور بررسی اثرات سناریوی بهینه توسعه مناطق مسکونی بر هیدروگراف جریان و غلظت رسوب با استفاده از مدل WetSpa، با توجه به نظر کارشناسی‌ها سه سناریو وضعیت فعلی مناطق مسکونی حوضه، توسعه‌ی مناطق مسکونی با جایگزینی جنگل با تاج پوشش کم و توسعه‌ی مناطق مسکونی با جایگزینی زراعت در نظر گرفته و مدل WetSpa با نقشه‌ی کاربری این سه سناریو اجرا شد (شکل‌های ۳ ، ۶ و ۷).



شکل ۳: وضعیت فعلی مناطق مسکونی حوزه‌ی آبخیز زیارت

همان‌طور که اشاره شد، در این تحقیق برای شبیه‌سازی مؤلفه‌های هیدرولوژیکی، از مدل توزیعی - مکانی WetSpa استفاده شده‌است. مدل WetSpa نخستین بار توسط Wang و همکاران (1997) ارائه، سپس توسط De Smedt و همکاران (2000) و Liu و همکاران (2003) برای پیش‌بینی سیل توسعه داده شد. در این مدل برای هر شبکه سلولی ۴ لایه در نظر گرفته می‌شود: منطقه‌ی ریشه، منطقه‌ی انتقال، لایه‌ی تاج پوشش و منطقه‌ی اشباع (سفره آب زیرزمینی). فرآیندهای هیدرولوژیکی مدل نیز شامل بارش، برف، ذخیره‌ی برگابی، ذخیره‌ی چالابی، رواناب سطحی، نفوذپذیری، تبخیر و تعرق، نفوذ عمقی، جریان زیرسطحی، جریان آب زیرزمینی و بیلان آب است. در مدل ترکیبی از روابط فیزیکی و تجربی برای شرح فرآیندهای پایه استفاده می‌شود. رواناب در شبکه سلولی حاصل، مجموع رواناب سطحی، جریان زیر قشری و دبی آب‌های زیرزمینی است. تعادل آب در منطقه‌ی ریشه، مهم‌ترین بخش در نگهداشت آب محسوب می‌شود؛ زیرا این بخش کنترل‌کننده‌ی حجم رواناب سطحی، رواناب زیرسطحی، تبخیر و تعرق و دبی آب زیرزمینی است. این مدل می‌تواند کلیه‌ی شبیه‌سازی‌ها و پدیده‌های مختلف هیدرولوژیکی را در پایه‌های زمانی متفاوت (ساعت/ روز) برآورد سازد. تغییرات گام زمانی مدل با تغییر گام زمانی در فایل ورودی به راحتی قابل اجراست. ورودی‌های مدل Wetspa کاربری اراضی، بافت خاک و مدل رقومی ارتفاع (DEM)، (شکل ۳ و ۴ و ۵)، سری‌های زمانی بارش، تبخیر، دما، دبی و رسوب است.



شکل ۴: نقشه بافت خاک حوزه‌ی آبخیز زیارت

شکل ۵: مدل رقومی ارتفاعی حوزه‌ی آبخیز زیارت (متر)

در محیط نرم‌افزار Arc GIS با استفاده از نقشه‌های ورودی مدل، نقشه‌های توزیعی موردنیاز آن استخراج می‌شود. سپس مدل با استفاده از این نقشه‌ها و داده‌های بارندگی، تبخیر و تعرق، درجه حرارت، دبی اندازه‌گیری شده با گام زمانی ساعتی با کمک جداول مرجع و اسکریپ‌های مختلف نوشته شده به زبان Avenu، در محیط نرم‌افزار ArcView مدل اجرا و پارامترهای مکانی مدل نیز در هر شبکه سلولی تعیین می‌شود.

۴- یافته‌ها (نتایج)

با استفاده از نقشه‌های توزیعی- مکانی پارامترهای هیدرولوژیک و سری زمانی ۱۳۹۰- ۱۳۸۶ مربوط به ۲ ایستگاه باران-سنجی و یک ایستگاه هواشناسی، مدل اجرا شد. در این تحقیق برای شبیه‌سازی دبی جریان، دوره‌ی آماری سه ساله ۱۳۸۶-۱۳۸۹ برای واسنجی و دوره‌ی یک ساله ۱۳۸۹-۱۳۹۰ برای اعتبارسنجی مدل انتخاب شد. برای واسنجی ماژول فرسایش مدل Wetspa، از غلظت رسوب معلق و انتقال رسوب (۱۳۸۶-۱۳۸۹) و برای اعتبارسنجی مدل، از غلظت رسوب معلق و انتقال رسوب اندازه‌گیری شده استفاده شد.

همچنین نتایج آماری ارزیابی مدل در شبیه‌سازی دبی جریان و غلظت رسوب و انتقال رسوب مدل در جداول ۱ و ۲ ارائه شده‌است. با توجه به اینکه معیار نش - ساتکلیف برای جریان ساعتی در کل دوره‌ی واسنجی و برای دبی‌های حداقل و حداکثر به ترتیب ۰/۷۱، ۰/۶۱ است، همچنین میزان معیار نش– ساتکلیف برای غلظت رسوب و انتقال رسوب به ترتیب ۰/۶۳ و ۰/۷۲ است، می‌توان برداشت کرد که این مدل در شبیه‌سازی سیل، فرسایش و رسوب کارایی خوبی دارد که با نتایج

Bahremand (2006)، Yaghubi (2010) و Moradipour (2010) همخوانی دارد.

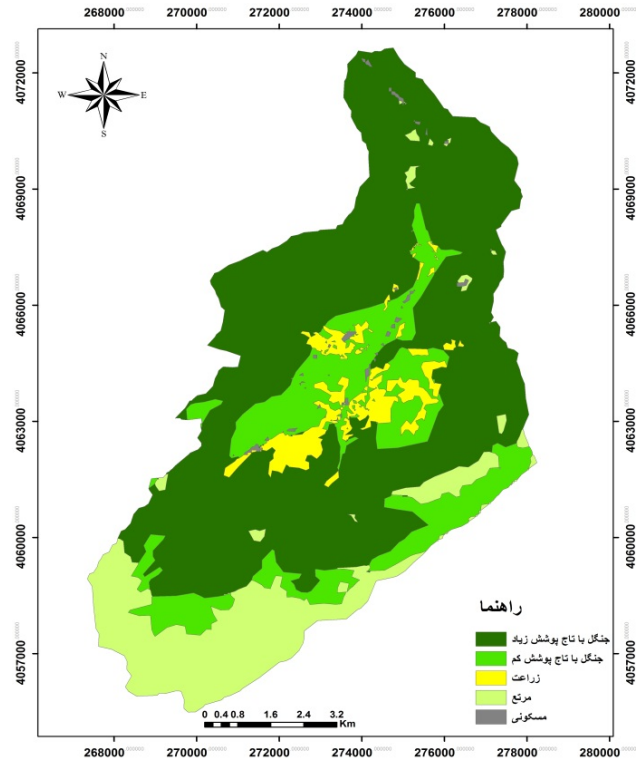
جدول ۱: مقادیر معیارهای کارایی مدل در دوره‌ی واسنجی (۱۳۸۶ تا ۱۳۸۹) و اعتبارسنجی (۱۳۸۹ تا ۱۳۹۰)

فرآیند / معیار	واسنجی	اعتبارسنجی
قابلیت اعتماد	۰/۶۷	۰/۷۷
نش- ساتکلیف	۰/۶۷	۰/۷۴
نش- ساتکلیف جریان کم	۰/۶۱	۰/۷۲
نش- ساتکلیف جریان زیاد	۰/۷۱	۰/۷۳

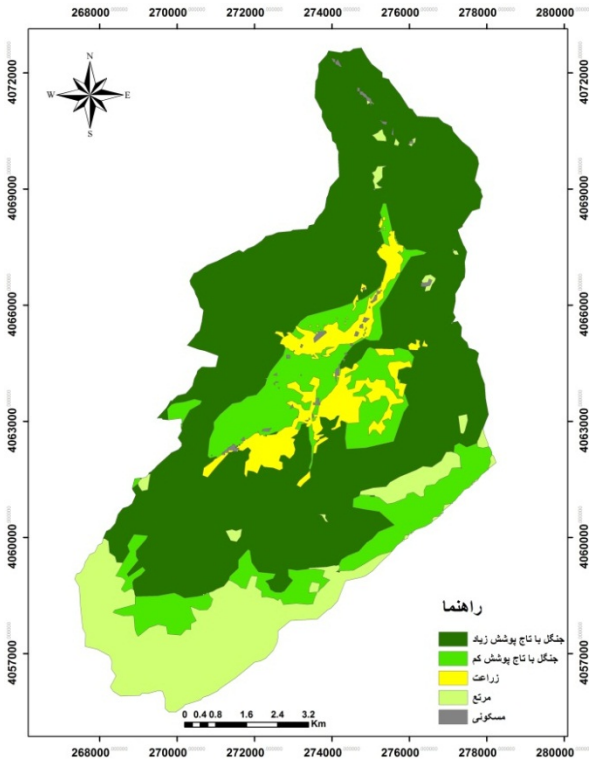
جدول ۲: نتایج ارزیابی مدل در شبیه‌سازی غلظت رسوب و انتقال رسوب در دوره‌ی (۱۳۸۶-۱۳۹۰)

مؤلفه / معیار٪	غلظت رسوب		انتقال رسوب	
	واسنجی	اعتبارسنجی	واسنجی	اعتبارسنجی
قابلیت اعتماد مدل	۷۴/۶۴	۵۲/۲۵	۸۵/۳۵	۵۸/۲۸
انحراف مدل	-۱۱/۷۸	-۱۲/۲۶	۳/۱	-۱۰
نش- ساتکلیف	۶۳/۰۸	۵۱/۶۸	۷۲/۲۲	۴۱/۷۸

مدل‌سازی تناسب زمین برای توسعه‌ی مناطق مسکونی با روش TOPSIS و GIS، همراه با سناریوهای بهینه توسعه مناطق مسکونی در شکل‌های ۶ و ۷ ارائه شده‌است. شکل ۶، مکان‌های مناسب برای توسعه‌ی مناطق مسکونی با روش TOPSIS همراه با جایگزینی جنگل با تاج پوشش کم به جای مناطق مسکونی فعلی را نشان می‌دهد. شکل ۷ نیز مکان‌های مناسب برای توسعه‌ی مناطق مسکونی با روش TOPSIS همراه با جایگزینی زراعت به جای مناطق مسکونی فعلی را در حوزه‌ی آبخیز زیارت نشان می‌دهد. با توجه به معیارهای ارزیابی در نظر گرفته شده در این تحقیق و استفاده از روش TOPSIS، ۳۷ هکتار از کل مساحت حوزه‌ی آبخیز زیارت از شرایط ایجاد مناطق مسکونی برخوردار است، اما اینک وسعت مناطق مسکونی در این حوضه ۱۴۱/۳ هکتار است.



شکل ۶: سناریو بهینه توسعه مناطق مسکونی با روش TOPSIS همراه با جایگزینی جنگل با تاج پوشش کم



شکل ۷: سناریو بهینه توسعه مناطق مسکونی با روش TOPSIS همراه با جایگزینی زراعت

بعد از واسنجی مدل WetSpa برای دبی جریان و غلظت رسوب، به منظور بررسی اثرات سناریو بهینه توسعه مناطق مسکونی بر هیدروگراف جریان و غلظت رسوب، مدل با نقشه‌های سناریو بهینه اجرا شده‌است. جدول ۳ نتایج شبیه‌سازی مدل WetSpa با سناریوهای بهینه توسعه مناطق مسکونی را برای حوزه‌ی آبخیز زیارت نشان می‌دهد.

جدول ۳: نتایج شبیه‌سازی مدل WetSpa با سناریوهای بهینه توسعه مناطق مسکونی

		وضعیت فعلی مناطق مسکونی	توسعه مناطق مسکونی همراه با جایگزینی جنگل با تاج پوشش کم	توسعه مناطق مسکونی همراه با جایگزینی زراعت
پارامترهای هیدرولوژیکی	متوسط ضریب رواناب	۰/۵۴۵۶	۰/۵۴۲۱	۰/۵۴۴۴
	زمان تمرکز (h)	۵/۲۳۵	۵/۲۴۳	۵/۲۴۱۵
	متوسط سرعت جریان (m/s)	۰/۰۸۱۸	۰/۰۷۹۶	۰/۰۷۹۶
	متوسط ضریب مانینگ	۰/۵۹۳۵	۰/۵۹۶۵	۰/۵۹۵۹
	دبی حداکثر (m^3/s)	۳/۱۳	۳/۰۹	۳/۱
مؤلفه‌های بیلان آبی	جریان سطحی (mm)	۴	۲/۴	۲/۷
	ارتفاع بارندگی (mm)	۱۰۲۷	۱۰۲۷	۱۰۲۷
	تبخیر و تعرق (mm)	۷۵۱	۷۵۳/۲	۷۵۳
	نفوذ (mm)	۱۵۷	۱۵۸	۱۵۸
فرسایش و رسوب	غلظت رسوب معلق (g/l)	۰/۲۶	۰/۱۷	۰/۱۸
	انتقال رسوب (g/s)	۲۵۷/۵۹	۲۲۳/۷	۲۲۹/۲

۵- بحث و نتیجه‌گیری

همان طور که در جدول ۳ نشان داده شده‌است، تغییرات پارامترهای هیدروگراف جریان در بین سناریوها ناچیز است. پس از اعمال سناریوهای بهینه، وسعت مناطق مسکونی کاهش یافته که این امر به کاهش اندک رواناب سطحی و دبی حداکثر حوزه‌ی آبخیز زیارت منجر شده‌است. با اعمال سناریو بهینه، مقدار ضریب رواناب به مقدار کم کاهش یافته که این کاهش اندک ضریب رواناب نیز به دلیل افزایش اندک نفوذ و تبخیر است. همچنین پارامتر ضریب زبری با اعمال سناریوهای بهینه، اندکی افزایش یافته که این به دلیل کاهش وسعت مناطق مسکونی در سناریوهای بهینه است. پس از اعمال سناریوهای بهینه، پارامتر سرعت جریان اندکی کاهش یافته که این کاهش اندک سرعت جریان، به دلیل کاهش اندک ضریب رواناب و افزایش اندک ضریب زبری است. همان‌طور که مشخص است با اعمال سناریوهای بهینه، پارامتر زمان تمرکز اندکی افزایش یافته‌است. این افزایش زمان تمرکز به دلیل کاهش اندک ضریب رواناب، افزایش اندک ضریب زبری و کاهش اندک سرعت جریان است که با نتایج Bayat (2009) و Azinmehr (2012) مبنی بر اثر سناریوهای تغییر کاربری بر هیدروگراف جریان همخوانی دارد. با اعمال سناریوهای بهینه توسعه مناطق مسکونی، مقدار غلظت رسوب معلق و انتقال رسوب نسبت به سناریو وضعیت فعلی مناطق مسکونی کاهش یافته‌است که با نتایج Leh و همکاران (2011) و Pishdad و همکاران (2010) مبنی بر افزایش غلظت رسوب و انتقال رسوب با افزایش مناطق مسکونی همخوانی دارد. بنابراین می‌توان گفت اعمال سناریوهای بهینه توسعه مناطق مسکونی، باعث شده‌است که هیدروگراف جریان و غلظت رسوب نسبت به سناریو وضعیت فعلی مناطق مسکونی وضعیت مناسب‌تری داشته باشد. نتایج مدل‌سازی سناریوهای بهینه نشان داد که اینک در مناطق نامناسبی از این حوضه به ساخت‌وسازهای غیراصولی پرداخته شده‌است که به تبع آن، این امر به افزایش حجم جریان و غلظت رسوب ورودی به

رودخانه‌ی زیارت منجر شده‌است. ذکر این امر لازم است این ساخت و سازهای غیراصولی، هم برای ساکنین اطراف رودخانه و هم مناطق پایین‌دست حوضه خطرات جدی را در پی خواهد داشت.

با توجه به نتایج به دست‌آمده با اعمال سناریوهای بهینه، ضریب زبری حوضه افزایش یافته که به کاهش سرعت جریان، ضریب رواناب و دبی حداکثر حوضه منجر شده‌است. این تغییرات موجب افزایش زمان تمرکز حوزه‌ی آبخیز زیارت شده‌است. همچنین با اعمال سناریوهای بهینه توسعه مناطق مسکونی، مقدار غلظت رسوب معلق و انتقال رسوب نسبت به سناریوی وضعیت فعلی مناطق مسکونی کاهش یافته‌است؛ بنابراین با اعمال این سناریوها، هیدروگراف جریان و غلظت رسوب نسبت به سناریوی وضعیت فعلی مناطق مسکونی وضعیت مناسب‌تری یافته‌است. با این وجود، تغییرات ایجاد شده در نتیجه‌ی شبیه‌سازی مقادیر پارامترها در بین سناریوهای پیشنهادی اندک است، این تغییرات اندک در شبیه‌سازی به دلیل وسعت کم حوزه‌ی آبخیز زیارت است. همچنین منطقه‌ی مسکونی، سطح کمی از این حوضه را شامل می‌شود که این امر به تغییرات کم در مقادیر شبیه‌سازی پارامترها منجر شده‌است؛ بنابراین با توجه به نتایج این تحقیق و تحقیقات مشابه در حوزه‌ی آبخیز زیارت، امید می‌رود مسئولان هر چه سریع‌تر به وجود بحران در این حوزه‌ی آبخیز توجه بیشتری نشان دهند و از افزایش بی‌رویه و غیراصولی مناطق مسکونی در این حوزه‌ی جلوگیری کنند تا از پیامد-های نامنتظره‌ی تغییر کاربری، پیش از وقوع آن جلوگیری شود.

فهرست منابع

1. Asgharpoor, M., 2006. Multi-criteria decisions, *Tehran University Publishing*, 399p. (in Persian)

2. Azar, A., & A. Rajabzadeh, (2010). Applied Decision Making MADM Approach. Tehran. *Look Knowledge Publishing*. 230p.(in Persian)

3. Azinmehr, M., 2012. Analytical study of the efficiency and application of the WetSpa hydrologic model to simulate the effect of land use change on the hydrograph of the Dinour watershed, International desert convention, *Tehran University*, pp8. (in Persian)

4. Azizi, M.; Bahremand, A.; & V. Sheikh, 2012. Analytical review of the effect of urbanization scenarios on the coefficient of runoff potential of Ziarat watershed using the WetSpa model, *Eighth National Conference on Watershed Engineering Sciences*, Pp8. (in Persian)

5. Bahremand, A., 2006. Stream flow simulation by WetSpa model in Hornad river basin, Slovakia. In: J. van Beek, M. Taal (eds.), Floods, from Defence to Management, Toylor & Francis Group, *London*, pp. 415-422.

6. Bakhtiari Far, B., 2011. Modeling land use change using multi-criteria decision making and GIS, *Journal of Ecology*, 58, 43-52. (in Persian)

7. Bayat, B., 2009. Simulated river flow and analysis Use change effects on river flow using WetSpa models in GIS environment, A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of M.Sc Remote sensing and GIS. Shahid Beheshti university, *School of Geosciences*, 142p. (in Persian)

8. De Smedt, 2000. Hydrological modelling a catchment scale using GIS and remote sensed land use information, in: C.A. Brebbia (ed), Risk AnalysisII, WTI , *press*, *Boston*, pp. 295-304.

9. Dovonce, E., 2000. A physically based distributed hydrologic model, MSC Thesis, *the Pennsylvania State University*.
10. Engineering Advisory Runoff company, 2005. Multifunctional forest management plan for Ziarat watershed, Forestry, Rangeland and Watershed Organization of the country, *Natural Resources Office of Golestan Province*, 109 p. (in Persian)
11. Kabir, A.; Bahremand, A.; & M. Azinmehr, 2013. WetSpa model, *Aristotle Publishing*, 178p. (in Persian)
12. Leh, M., 2011. Impact of land use change on erosion risk: An integrated remot sensing, Geographic information system and modeling methodology, Land degrad develop, *Published online in wiley online library (wileyonlinelibrary.com)*, DOI: 10.1002/ldr.1137.
13. Liu, J., 2003. A diffusive transport approach for flow routing in GIS-based modeling, *Journal of Hydrology*, 283, 91- 106.
14. Moradipour, Sh., 2010. Erosion and suspended sediment yield simulation using spatially distributed WetSpa model, Case study Taleghan watershed in Tehran province, A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of M.Sc, in watershed management, *Gorgan university of agricultural sciences and natural resources*, 149p. (in Persian)
15. Moradipour, Sh., 2011. Distributed-spatial simulation of flood with WetSpa hydrologic model in Taleghan watershed, Conference on Watershed Engineering Sciences, *University of Esfahan*, Pp8. (in Persian)
16. Nasiri, A., 2009. Application of Multi-criteria Decision-Making Methods (SMCDM) with GIS in Urban Land Use, *Geomatical conference*, (in Persian)
17. Pishdad, L., 2010. A Study on the effects of changing land use on soil erosion in Cheraghveis watershed using geographical information systems (GIS), *J. Agric. Sci. Natur. resour*, 1, 142-149. (in Persian)
18. Shahrokh, V.; Ayoubi, Sh.; & A. Jalalian, 2012. Evaluation of land suitability for greenhouse cultivation of cucumber in comparison with other uses in Mobarakeh and Zarrinshahr area by means of a hierarchical process analysis technique, *Journal of Crop Science and Technology*, 9, 13-20. (in Persian)
19. Shahrokh, V., & Sh. Ayoubi, (2014). Land suitability assessment using hierarchical analysis process technique in Zarin Shahr and Mobarakeh (Isfahan). *Journal of Agricultural Engineering*. 1, 16-23. (in Persian)
20. Wang., 1997. Adistributed model for water and energy transfer between soil, plants and atmosphere(WetSpa), *physics and chemistry of the earth*, (21), 189-193.
21. Yaghubi, F., 2010. Simulated river flow using WetSpa models . Case study Chehe Chai watershed in Golestan province, *Journal of Soil and Water Conservation*, Gorgan university of agricultural sciences and natural resources, 3, 185-207. (in Persian)

Simulating Optimal Scenarios of Urbanization Impacts on Flow Hydrograph and Sediment Concentration in Ziarat Watershed, Iran

Mahtab Forootan1[1] : ***Ph.D . Student of Watershed Management, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources***

Ehsan Alvandi: ***Ph.D. Student of Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources***

Abdolreza Bahremand: ***Associate Prof., Department of Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources***

Hosein Zeinivand: ***Associate Prof., Department of Range and Watershed Management Engineering, Lorestan University***

Ghasem Mirzaei: ***Agriculture Faculty of meshghin shahr. University of Mohaghegh, Ardabili. Iran***

Article History (Received: 2017/03/07 Accepted: 2017/07/18)

Extended abstract

1- INTRODUCTION

Landuse change due to human activities is one of the important issues in regional planning. Considering the advantages and capabilities of the distributed hydrological models, they are appropriate for the survey of landuse changes as well as their quantitative estimates. Land evaluation methods are used to determine the compatibility of the land according to land capability, identification of effective factors on the floodwaters potential of the basins and zoning of the basins which are essential for runoff capability. The land is used according to their potential. For this purpose, the remote sensing data and geographic information system (GIS) were used to identify the factors affecting the flood potential and zoning of the basin in terms of flood potential.

2- THEORETICAL FRAMEWORK

In this research, a hydrological distribution model of WetSpa is used to simulate the hydrological components. This study examines the Simulation of optimal scenarios of urbanization impacts on flow hydrograph and sediment concentration using WetSpa model in Ziarat watershed in Iran. In this study, TOPSIS method and GIS were used to model the suitability of land for urbanization, providing optimal scenarios.

3- METHODOLOGY

In this study, the basic WetSpa model inputs were the maps of a digital elevation model (DEM), land use and soil type in GIS raster format, and hydrometeorological data including hourly precipitation, evapotranspiration, temperature and sediment. In ArcGIS software, the distributed required maps for the model were extracted using the model input maps. Then, the model was implemented using these maps and data on rainfall, evapotranspiration, temperature, flow rate, sediment. With the help of the reference tables in the ArcView software environment, the spatial parameters of the model were determined in each cellular network. After modeling the suitability of land for residential development through TOPSIS and GIS methods, the effects of the optimal scenario of residential development on the hydrograph and sediment were assessed. According to expert opinions, three scenarios including the current state of the residential areas of the basin, the development of residential areas with alternative

[1] **Corresponding Author:** mahtab.forootan@yahoo.com

low forest cover, and the residential development with alternative crops were considered, and also WetSpa model was implemented through mapping the three scenarios.

4- RESULTS

The accuracy of flow simulations based on the Nash-Sutcliffe model efficiency was 0.67.The evaluation of suspended sediment simulations for the calibration period based on the Nash–Sutcliffe criteria was 0.63 for the suspended sediment concentration. According to the assessment criteria considered in this study and using TOPSIS, 37 hectares of Ziarat watershed area conditions are to create residential area. After running WetSpa model with the optimal scenarios, increased roughness coefficient reduced the flow velocity and runoff coefficient as well as the peak discharge watershed. Also, the amount of suspended sediment concentration and sediment transport was reduced to the current land use scenario. Thus, by applying the optimal scenarios, urbanization, flow hydrograph and sediment density showed better conditions in comparison to the current land use scenario.

5- CONCLUSIONS & SUGGESTIONS

Changes in the flow hydrograph parameters are insignificant among the scenarios. After applying optimal scenarios, the extent of residential areas has decreased, which has led to a slight decrease in surface runoff and peak discharge in Ziarat watershed. By applying the optimal scenario, the amount of runoff coefficient has decreased slightly, which is a slight decrease in runoff coefficient due to a slight increase in penetration and evaporation. Also, the coefficient of roughness has increased slightly with the application of optimal scenarios, which is due to the reduction of the size of residential areas in the optimal scenarios. After applying the optimal scenarios, the flow velocity has been reduced slightly, which is a slight decrease in flow velocity due to a small decrease in the runoff coefficient and a slight increase in roughness coefficient. So, with the implementation of the optimal scenarios for the development of residential areas, hydrograph and sediment had better conditions than the scenario of the current state of residential areas. According to the results of this study and similar studies in Ziarat watershed, it is hoped that the authorities pay more attention to the crisis in the watershed and the increase in the indiscriminate and unprincipled residential areas in the watershed so as to prevent the unexpected consequences of the change before it can be prevented.

Key Words: Multi-Criteria Decision-Making, Optimal Scenarios, WetSpa Model, Ziarat Watershed.