جغرافیا و آمایش شهری - منطقه‌ای، شماره ۲۰، پاییز ۱۳۹۵
وصول مقاله : ۱۳۹۴/۱۰/۲۵
تأیید نهایی : ۱۳۹۵/۵/۱۶
صفحات : ۷۴ - ۵۷

تدوین نقشهٔ برنامه‌ریزی استراتژیک محیطی بر پایهٔ تغییرات کاربری اراضی و پهنه‌های سیل‌گیری مورد شناسی: نکارود

پیام ابراهیمی [۱]، دکتر کریم سلیمانی [۲]، دکتر کاکا شاهدی [۳]

چکیده

ارائهٔ راه حل مناسب در کوتاه‌ترین زمان ممکن، هدفی است که یک برنامه‌ریزی استراتژیک از بین عوامل خطرآفرین محیطی دنبال می کند. تغییر کاربری اراضی، از جمله خطرهای نامحسوس و خطرآفرینی است که پهنهٔ سیلاب و دورهٔ بازگشت آن را افزایش می‌دهد. در این پژوهش، با بهره‌گیری از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده ETM^+ سال ۲۰۰۰ و سنجنده IRS-1D سال ۲۰۱۲، درصد تغییرات کاربری اراضی حوضهٔ آبریز «نکا» در استان مازندران و سطح وقوع سیل‌گیری با دورهٔ بازگشت ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ ساله در محیط نرم‌افزار HEC-RAS و ENVI تعیین شد. سپس نتایج حاصل به محیط GIS انتقال یافت و مشاهده شد در دههٔ گذشته، علاوه بر تغییر کاربری اراضی، پهنهٔ سیل‌گیری در دورهٔ بازگشت‌های مشخص شده نیز افزایش یافته است و در اثر این تغییرات، نتایج نشان داد کاربری اراضی کشاورزی ۲/۲۷ درصد، اراضی غیرقابل استفاده ۷/۳۱، شهری ۱/۹۱ افزایش و در مقابل جنگل ۱۰/۲۲ درصد و مرتع ۱/۲۷ درصد کاهش یافته است. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد HEC-RAS و HEC-GeoRAS با استفاده از ARC GIS می‌تواند مقادیر عددی و گرافیکی مناسبی را جهت مطالعهٔ خصوصیات هیدرولیکی جریان در رودخانه‌ها و نیز کارایی تلفیق مدل‌های مذکور را جهت پهنه‌بندی سیلاب با دقت بالا توصیه می‌کند.

کلید واژگان: برنامه‌ریزی، سیلاب، کاربری اراضی، نکارود، HEC-RAS.

۱- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیز، دانشکده منابع طبیعی، گروه احیا مناطق خشک و کوهستانی، دانشگاه تهران (نویسنده مسؤول) ebrahimi1393@ut.ac.ir
۲- استاد تمام گروه آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری k.solaimani@sanru.ac.ir
۳- استادیار گروه آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری k.shahedi@sanru.ac.ir

مقدمه

تعیین کاربری اراضی و نقش آن بر پهنه‌های سیل‌گیری، از دهۀ اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است و برنامه‌ریزان سعی بر آن دارند تا با استفاده از نقشه‌های مختلف مطالعات محیطی و طبیعی، علاوه بر شبیه‌سازی، اقدامات پیش‌گیرانه و مقابله با سیل را نیز انجام دهند. برنامه‌ریزی استراتژیک و ارزیابی اثربخشی آن، یکی از مهمترین و اساسی‌ترین وظایف مدیران نوین است و تمامی سازمان‌ها برای بقای خود ناگزیرند دیر یا زود به این مهم بپردازند (آسیان و همکاران، ۱۳۸۸: ۱۲). بهبود، ارزیابی و پایش اثربخشی فرایند برنامه‌ریزی نیز، همواره یکی از کلیدی‌ترین وظایف مدیران سازمان‌ها و نهادها شمرده می‌شود (فیلیپس و موتینهو[1]، ۱۹۹۹: ۳۵۲).

اگر چه متدهای ریاضی و آماری به‌ویژه در بخش هیدرولوژی مانند سیلاب نمی‌توانند دقیقاً زمان وقوع را تعیین کنند؛ اما با وجود این، تعیین احتمال وقوع حوادث قبلی فرایند برنامه‌ریزی را برای ما امکان‌پذیر می‌سازند (مهدوی،۱۳۸۸: ۲۱)؛ بنابراین، پیش‌بینی و برنامه‌ریزی خطرات سیل، آتش‌سوزی و یخبندان در برنامه‌ریزی‌های روستایی و محیطی بدون مطالعۀ داده‌ها و متغیّرها امکان‌پذیر نخواهد بود (قربانیان، ۱۳۸۸: ۹۶). در فرایند برنامه‌ریزی استراتژیک، زمان و عدم قطعیت نقش مهمی ایفا می‌کنند (باریسلی و همکاران[2]، ۱۹۹۶: ۳۶۴). تغییراتی که در محیط وجود دارد، نظیر تغییر کاربری اراضی، برنامه‌ریزی در مورد آینده را با شکست روبرو ساخته است. این تغییرات در آینده نیز افزایش خواهد یافت و عامل مهمی خواهد بود؛ زیرا که تغییرات تکنولوژیکی، اقتصادی و اجتماعی همچنان رو به گسترش است (حنفی‌زاده و همکاران،۱۳۸۵: ۱۴۲).

عدم قطعیت‌ها در پروژه‌های عمرانی تأثیر شگرفی بر کارآمدی و اثربخشی هر یک از استراتژی‌های تدوین شده می‌گذارد. برنامه‌ریزی سناریو، یکی از روش‌های متداول مقابله با عدم قطعیت در محیط است که به دلیل قابلیت‌هایش در به تصویر کشیدن آینده محتمل، از محبوبیت روزافزونی در نزد برنامه‌ریزان و مدیران برخوردار گردیده است. به‌منظور تعیین سناریوهای لازم جهت پیشبرد اهدافی نظیر اکوسیستم‌های پایدار محیطی، توسعۀ پایدار منابع و اقداماتی نظیر حفظ انسان از بلایای طبیعی، می‌بایست از عوامل وقوع یا زمینه‌ساز آن (کاربری اراضی) و بحران یا خطر پدیده (سیل) مدل‌سازی انجام داد. تئوری‌های مختلفی نظیر برنامه‌ریزی استوکستیک[3]، برنامه‌ریزی سناریو[4]، آنالیز تصمیم‌گیری[5] و تئوری بازی[6] از همین نوع هستند (بلت و باشور[7]،۲۰۰۰: ۴۰). تهیۀ نقشۀ کاربری اراضی در مدیریت منابع طبیعی، محیط زیست، شناخت توان و استعداد اراضی امری لازم است و به‌عنوان یک منبع مهم اطلاعاتی برای اتخاذ سیاست‌های اصولی و تدوین برنامه‌های توسعه به‌شمار می‌آید. تغییرات کاربری اراضی، یکی از عوامل مهم در تغییر جریان هیدرولوژیک، فرسایش حوضه و انهدام تنوع زیستی است؛ بنابراین، می‌توان با اطلاع از روند تغییرات کاربری اراضی در راستای هدایت اکوسیستم، به سمت تعادل گام برداشت (پلترو[8]، ۲۰۰۵: ۳۴۴).

یکی از پیش‌شرط‌های اصلی برای استفادۀ بهینه از زمین، اطلاع از الگوهای کاربری و ارزیابی تغییرات هرکدام از کاربردها در طول زمان است. مفهوم مدیریت یکپارچه فرایندی است که به‌صورت گسترده در مدیریت منابع آب و محیط زیست پذیرفته شده است و مهمتر اینکه تخریب زمین و تغییر کاربری، کیفیت آب را تحت تأثیر قرار می‌دهد (میشل و شروبلو[9]، ۱۹۹۴: ۳۵۴؛ ویسمن[10]، ۱۹۹۶: ۲؛ باراگا[11]، ۲۰۰۱: ۵۸؛ گریگ[12]، ۱۹۹۹: ۵۲۷؛ مارگروم و هوفر[13]، ۲۰۰۱: ۱۲؛

1. Phillips and Moutinho
2. Baricelli
3. Stochastic programming
4. Scenario planning
5. Decision analysis
6. Game theory
7. Belt and Bashore
8. Pelletreau
9. Mitchell and Shrubsole
10. Viessman
11. Braga
12. Grigg
13. Margerum and Hooper

بوسیو و همکاران[1]، ۲۰۱۰: ۵۳۸). در مورد تعیین کاربری و تعیین پوشش اراضی، تاکنون مطالعات زیادی در ایران صورت گرفته و استفاده از داده‌های ماهواره‌ای مانند: ETM، SPOT و IRS در تهیهٔ اینگونه نقشه‌ها توسط بسیاری از متخصصین مورد تأیید قرار گرفته است (علوی‌پناه،۱۳۹۲: ۱۱۱).

در سال‌های اخیر رشد شهرهایی که در حاشیهٔ رودخانه‌ها قرار دارد، رو به فزونی گذاشته است و عدم توجه به ظرفیت‌های محیط و استفادهٔ نامناسب از منابع، باعث گسترش خسارات به جوامع مذکور شده و همین مسأله لزوم اعمال مدیریت در سیلاب‌دشت‌ها را آشکار می‌سازد (مس و همکاران[2]،۲۰۰۴: ۲۵۳). نقشه‌های پهنه‌بندی سیلاب در مطالعات مدیریت سیلاب‌دشت کاربرد وسیعی دارد و پژوهشگران از آن بهره‌گیری نموده‌اند (حمزه‌دوست، ۱۳۷۹: ۸؛ امامی، ۱۳۷۹: ۵۰؛ تقی‌خان، ۱۳۷۹: ۲؛ حیدری، ۱۳۷۹: ۱۱۲). با توجه به تحقیقات محققان و طرح‌های مطالعاتی، نرم‌افزار HEC–RAS با استفاده از GIS و تصاویر ماهواره‌ای توانایی آن را دارد تا با استفاده از دورهٔ بازگشت‌های مختلف، تراز سطح آب را در کانال‌های طبیعی، مصنوعی و همچنین اثر سازه‌های رودخانه‌ای نظیر پل، کالورت و سرریز را شبیه‌سازی نماید تا پهنه‌بندی سیل به‌صورت دو بُعدی امکان‌پذیر گردد (دهخوارقانی، ۱۳۹۰: ۴؛ علیشاهی و همکاران، ۱۳۹۰: ۴؛ فریادی، ۱۳۹۰: ۳۲).

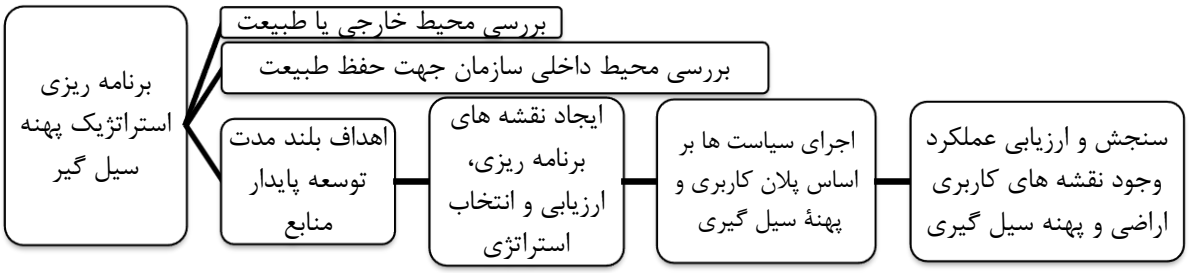
در مطالعاتی که با استفاده از سنجندهٔ حرارتی ماهواره ASTER در بخشی از رودخانهٔ تیسزا در کشور مجارستان و با استفاده از نرم‌افزار HEC-RAS و الحاقیه آن HEC-GeoRAS انجام شده است، به شبیه‌سازی پهنهٔ سیلاب پرداخته شد. شواهد نشان می‌دهد که استفاده از سنجنده ماهوارهٔ مورد نظر، نتایج قابل قبولی را پس از ارزیابی توسط مدل HEC-RAS نشان می‌دهد (گیچامو و همکاران[3]، ۲۰۱۲: ۴۳). شهرنشینی و تغییر کاربری اراضی تأثیری منفی بر فرایندهای هیدرولوژیک داشته و مدیریت یکپارچهٔ سیل (IFM) نیز به همراه شبیه‌سازی مدل هیدرولوژیکی HEC-RAS برای کاهش خطرات سیل، لازم و ضروری است (سوریا و مادگال[4]، ۲۰۱۲: ۲۱۱). رودخانهٔ طالقان در بازهٔ ۶/۵ کیلومتری از نظر سیل‌خیزی توسط HEC-RAS و GIS مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد، از کل مساحت سیل‌گیری ۸۸/۱۶ درصد توسط سیل‌های با دوره‌بازگشت ۲۵سال پوشیده می‌شود (یمانی و همکاران، ۱۳۹۱: ۱۳). در رودخانهٔ بابلرود استان مازندران نیز، پهنهٔ سیلاب از طریق HEC-GeoRAS برای ۷ دوره‌بازگشت مشخص، محاسبه و مشاهده شد. ۸۹/۵۳ درصد از سیل‌ها مربوط به دوره‌بازگشت ۲۵ سال است (غفاری و همکاران، ۱۳۸۶: ۴۴۱). همچنین، آمار ۳۲ ساله دبی‌های سیلاب رودخانهٔ دویرج در جنوب استان ایلام با توزیع دوپارامتری لوگ‌نرمال و نرم‌افزار DISTRIB مورد بررسی قرار گرفت و حداکثر سیلاب لحظه‌ای در دوره‌بازگشت‌های مختلف تعیین شد، سپس تمام اطلاعات به‌دست آمده در نرم‌افزار HEC-RAS وارد شد و دقت ۹۵ درصدی مدل و با انتقال نتایج آن به محیط ARCview مساحت، مختصات و رقوم سطح آب، حدود پهنه‌های سیل‌گیر کم‌خطر، متوسط، پرخطر و حریم رودخانه و بستر آن جهت تدوین طرح مقابله با سیلاب، شناسایی گردید (مرادخانی و همکاران، ۱۳۸۹: ۴).

با وجود این، باید اذعان نمود که سیل و برنامه‌ریزی استراتژیکی حوضهٔ آبریز نکا بر اساس سیل، یکی از مسائل مهم و حیاتی در رهیافت مقابله با بحران‌های محیطی و طبیعی است. برنامه‌ریزی استراتژیکی بدون توجه به شبیه‌سازی حوادث پیش‌رو، عملاً امری غیرممکن است؛ بر این اساس، شبیه‌سازی وقوع سیلاب و رابطهٔ آن با تغییرات کاربری اراضی در رودخانهٔ پراهمیت نکا صورت گرفت تا پایش و ارزیابی محیطی را در امر برنامه‌ریزی استراتژیکی یاری دهد.

1. Bossio et al.
2. Mas et al.
3. Gichamo et al.
4. Suriya and Mudgal

داده‌ها و روش‌شناسی

ابتدا مفاهیم و تعاریف مرتبط با برنامه‌ریزی استراتژیک و هیدرولوژیک بیان می‌شود. برنامه‌ریزی راهبردی یا استراتژیک، هنر و علم تدوین، اجرا و ارزیابی تصمیمات، وظیفه‌ای چندگانه است که سازمان را قادر می‌سازد به هدف‌های بلند مدت خود دست یابد. برنامه‌ریزی راهبردی عبارت است از؛ بررسی محیطی (هم محیط خارجی و هم محیط داخلی)، تدوین راهبرد، اجرای راهبرد، ارزیابی و کنترل؛ بنابراین، برنامه‌ریزی راهبردی بر نظارت و ارزیابی بر فرصت‌ها و تهدیدهای خارجی در سایهٔ توجه به نقاط قوّت و ضعف یک محیط تأکید دارد (سیستم آماری برنامه ریزی استراتژیک، ۱۳۹۰: ۳). شکل ۱ فرایند تدوین برنامه‌ریزی در پژوهش صورت گرفته نسبت به مراحل قبل و بعد برنامه‌ریزی استراتژیک را نشان می‌دهد.



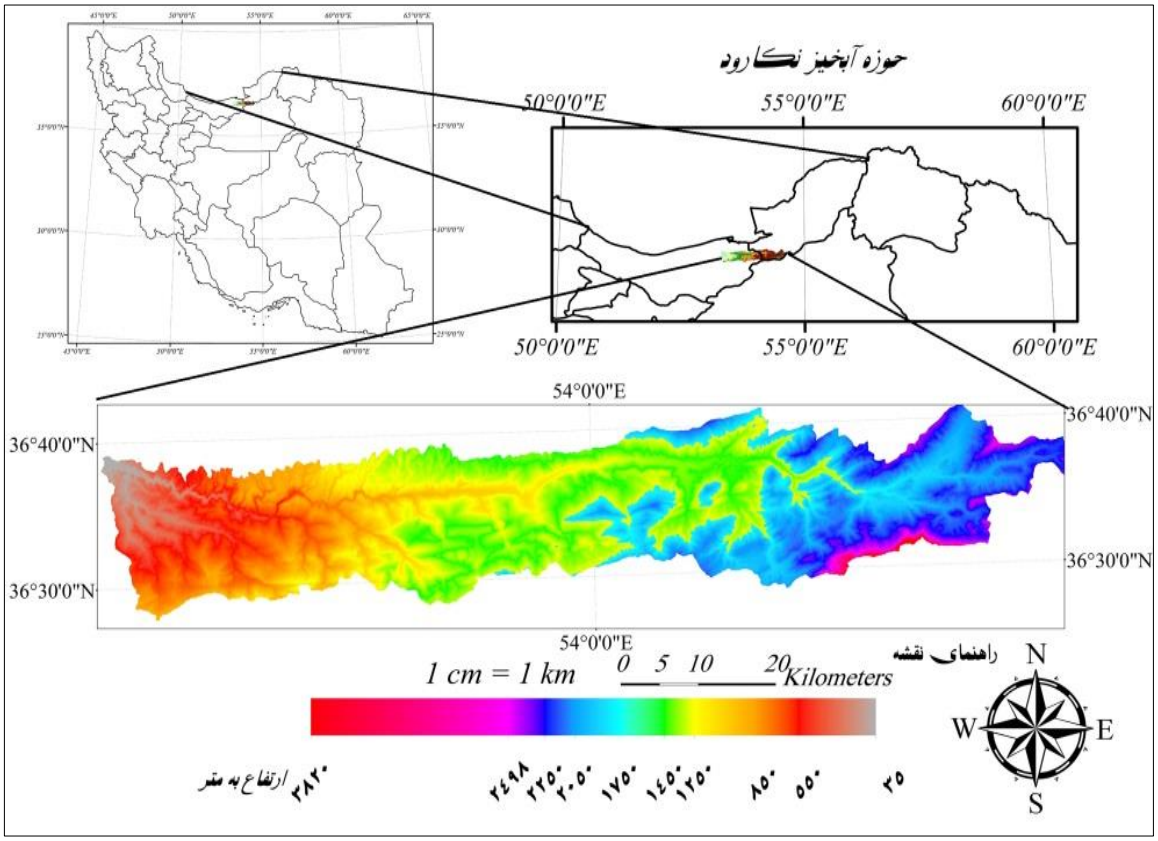
شکل ۱. فرایند کلی برنامه‌ریزی استراتژیک بر پایهٔ نقشه‌های کاربری اراضی و پهنه‌های سیل‌گیر
(منبع: رهنما و همکاران، ۱۳۹۱: ۱۹۸)

در خلال یا پس از یک بارندگی شدید و ممتد یا آب شدن برف‌ها و تکه یخ‌های بزرگ و یا طغیان رودخانه‌ها مقدار دبی رودخانه به‌سرعت افزایش یافته و یا مقدار آب جاری در حوضه از ظرفیت نگه‌داری آب در یک حوضهٔ آبریز تجاوز می‌کند و در نتیجه آب از بستر عادی خود به‌صورت رواناب سرریز کرده و به مناطق پایاب انتقال می‌یابد و زمین‌های پست و مناطق اطراف را در بر می‌گیرد که به این جریان عظیم سیلاب گفته می‌شود (دفتر مهندسی و معیارهای فنی آب و آبفا، ۱۳۹۰: ۸). عوامل متعددی در بروز سیلاب دخالت دارند؛ مانند: تجاوز به حریم و بستر رودخانه‌ها، نبود یا کمبود پوشش گیاهی در نتیجهٔ تغییر الگوی کاربری اراضی، تبدیل مراتع به اراضی کشاورزی، شخم اراضی کشاورزی در جهت شیب که باعث عدم نفوذ آب به داخل خاک شده و سیلاب جاری می‌شود. هدف از پیش‌بینی سیل برآورد دبی جریان و سطح سیلابی است که در یک دوره‌بازگشت مشخص (به‌طور مثال در یک دورهٔ ۲۵، ۵۰ یا ۱۰۰ ساله) احتمال وقوع آن وجود دارد (دفتر مهندسی و معیارهای فنی آب و آبفا، ۱۳۹۰: ۵۵). نتایج این پیش‌بینی که سیلاب طراحی نام دارد، برای انتخاب روش‌های مقابله با سیل مورد استفاده قرار می‌گیرد. سیلاب طراحی معمولاً بر مبنای هزینهٔ لازم برای کنترل آن و میزان ریسک و خطری که تخریب سیستم کنترل سیلاب پیشنهادی برای جان انسان‌ها دارد، انتخاب می‌شود. اطلاع از چگونگی جریان، حجم، شدت، مدت، مکان و زمان وقوع سیل‌ها اهمیت ویژه‌ای در طراحی و نگه‌داری سازه‌های مهندسی، تأسیسات آبی و پیش‌بینی خطرات و زیان‌های احتمالی ناشی از سیل دارد. با توجه به شرایط آب و هوایی ایران سیلاب‌ها، چه از نوع بهاره و ناشی از ذوب برف باشند و چه از نوع ناگهانی ناشی از رگبار، بخش عمده‌ای از جریان سطحی اغلب رودهای ایران را تشکیل می‌دهد.

محدودهٔ مورد مطالعه

حوضهٔ آبریز رودخانهٔ نکا واقع در استان مازندران، از حوضه‌های آبریز دریای خزر است و در محدودهٔ جغرافیایی 17ْ۵۳ الی 44ْ۵۴ طول شرقی و 28ْ۳۶

الی ۳۶°۴۲َ عرض شمالی واقع است. این حوضه از شمال به حوضهٔ قره‌سو و حوضه‌های کوچک خلیج گرگان، از غرب به حوضه‌آبریز تجن، از شرق حوضه به حوضه آبریز قره‌سو گرگان و از جنوب به حوضه‌آبریز تجن و حوضه‌های آبریز استان سمنان منتهی می‌شود. مساحت این حوضه معادل ۱۹۲۲ کیلومتر مربع و محیط آن ۴۰۶ کیلومتر است. ارتفاع بلندترین نقطهٔ حوضه ۳۵۰۰متر (ارتفاعات شاه کوه) و ارتفاع پست‌ترین نقطه آن در منطقهٔ خروجی (ایستگاه آبلو) حدود ۵۰ متر و در محل اتصال به دریای خزر (۲۰-) متر است (ابراهیمی و همکاران،۱۳۹۲: ۶۸). امتداد و روند عمومی ساختمان‌های منطقه عمدتاً شمال غرب-جنوب شرق است (شکل ۲).



شکل ۲. حوزه‌آبخیز نکارود

(منبع: نتایج پژوهش)

به‌منظور بررسی تغییرات کاربری اراضی از دو تصویر ماهواره‌ای لندست ۲۰۰۰ ETM^+ و تصویر ماهواره IRS-1D ۲۰۱۲ استفاده شد. هریک از مراحل پیش‌پردازش آن نظیر: تصحیحات اتمسفری، ارتفاعی و هندسی در تیم کاربر ENVI و نیز تهیه لایه‌های GIS و پردازش در محیط HEC-GeoRAS جهت ورود به نرم‌افزارHEC-RAS در گروهGISموردپردازش‌قرار گرفت.

روش تصحیح تصاویر ماهواره‌ای در این پژوهش

۱- **اتمسفری:** حذف آثار سوء جوّ، زمانی بیش‌تر احساس می‌شود که هدف مقایسهٔ تصاویر چندزمانه باشد (مسگری،۱۳۸۱: ۲). در پژوهش حاضر برای تصحیحات اتمسفری از متد چاوز که عبارت از روش کم کردن ارزش پیکسل‌های تیره است، استفاده شد.

۲- **رادیومتریک:** با توجه به اینکه تصاویر، مربوط به زمان‌های مختلف هستند و با زاویه ارتفاعی و با تصحیحات و طرق مختلف تهیه می‌شوند. برای این کار

نیاز است، ارزش رقومی (DN) ثبت شده از یک پیکسل معین در سال‌های مختلف از طریق ضرایب کالیبراسیون شود که براساس معادلهٔ زیر است (فرزادمهر و همکاران،۱۳۸۴: ۳۴۲):

معادلهٔ ۱ $L= Gain\times DN+Offset$

که در آن L تابش طیفی ($Wem^{-1}\ Ster^{-1}\ \mu m^{-1}$)، DN ارزش رقومی پیکسل (۰ تا ۲۵۵) و Gain و Offset ضرایب کالیبراسیون سنجنده هستند. سپس از طریق معادلهٔ زیر بازتاب طیفی بدون واحد بین صفر تا یک را محاسبه می‌کنیم:

معادلهٔ ۲ $$P = \frac{\pi L d^2}{ESUN.COS(SZ)}$$

P: بازتاب طیفی بدون واحد بین صفر تا یک، π: ۳/۱۴، L: تابش طیفی در دریچهٔ سنجنده، d^2: مجذور فاصلهٔ زمین و خورشید بر اساس واحده ستاره‌شناسی، ESUN: ارتفاع خورشید و SZ: زاویه خورشید در هنگام تابش در زمان ضبط تصویر ماهواره‌ای است.

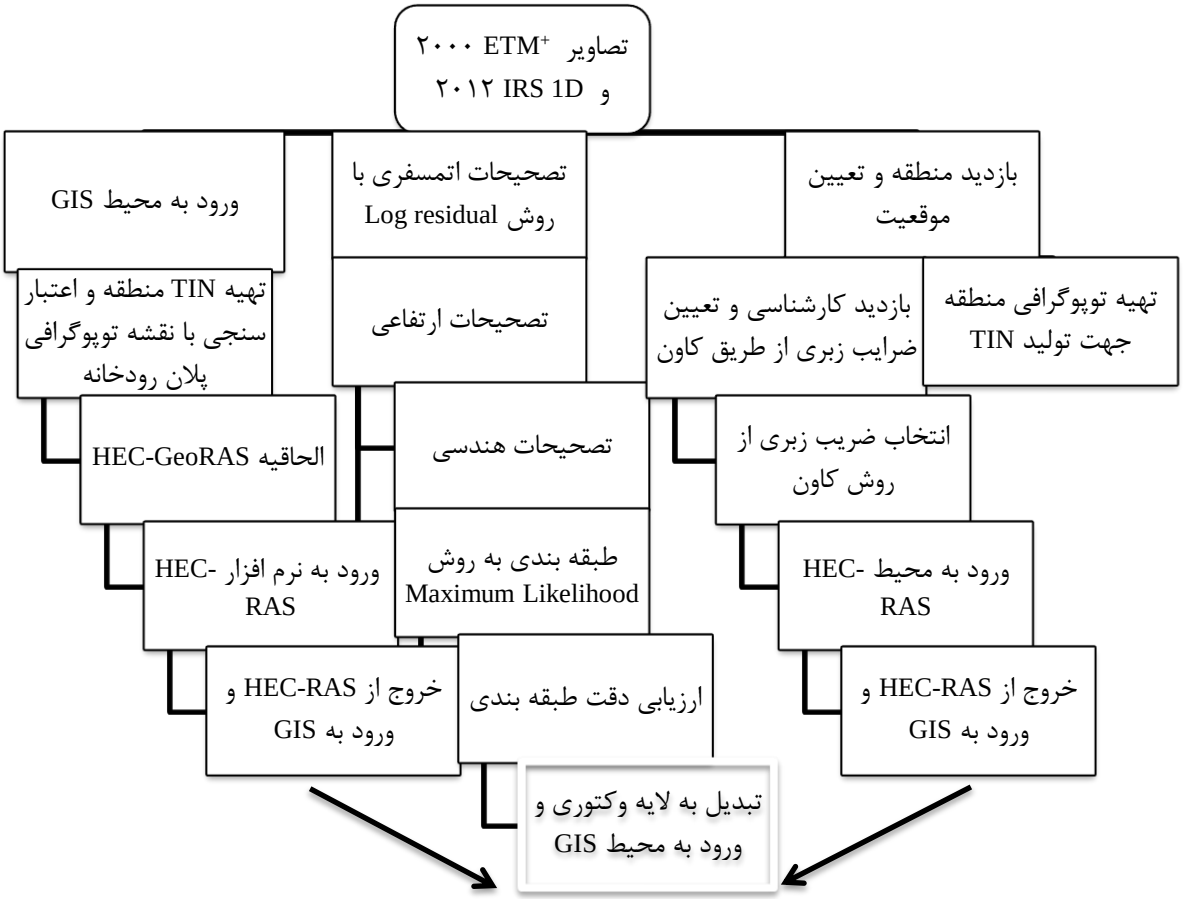
۳- **هندسی**: در این مرحله اقدام به اعمال تصحیحات هندسی بر روی تصاویر شد و تصاویر ماهواره‌ای IRS و ETM با استفاده از روش تصویر به تصویر، زمین مرجع شدند (رضایی‌بنفشه و همکاران، ۱۳۸۶: ۱۴۵). برای این کار نقاط کنترل زمینی با پراکنش مناسب از سطح دو تصویر جمع‌آوری شد تا مدل ریاضی که برای پیدا کردن ضرایب مجهول در معادله مورد استفاده قرار می‌گیرد، خطای کمتری داشته باشد. برای این تبدیل از تابع درجه اول استفاده شد و برای نمونه‌گیری مجدد ارزش پیکسل‌های تصویر تصحیح نشده، از روش نزدیک‌ترین همسایه استفاده گردید. در نهایت تصویر ETM با خطای RMS معادل ۰/۳۷ و IRS با خطای ۰/۳۲ زمین مرجع شد. هم‌زمان با این گروه، عملیات میدانی عرصه جهت تعیین ضرایب زبری مورد نیاز در محیط نرم‌افزاری HEC-RAS و کالیبراسیون مقادیر مورد نیاز دبی با دوره‌بازگشت ۲، ۳، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ سال تعیین و زبری نمونه‌برداری شد که شکل ۳ مراحل صورت گرفته را بیان می‌کند.

همچنین از ایستگاه آبلو واقع در منطقه، جهت کالیبراسیون و مقایسه و ارزیابی ضرایب زبری و دبی مشاهداتی استفاده گردید تا نتایج این پژوهش با آن مقایسه گردد (جدول ۱).

جدول ۱. موقعیت جغرافیایی ایستگاه آبلو

ایستگاه	رودخانه	کد	ارتفاع	X	Y
آبلو	نکا	۱۵۰۳۲۱۰۲۵	۵۰متر	17۵۳° ◌َ 41◌ً	38 ۳۶° ◌َ 54◌ً

(منبع: ابراهیمی و همکاران،۱۳۹۲)



شکل۳. کلیه مراحل و روش کار تعیین کاربری اراضی و پهنهٔ سیلاب

(منبع: نتایج پژوهش)

نتایج حاصل از نرم‌افزار ENVI نشان می‌دهد، صحت کلی تصاویر به‌دست آمده به نسبت میزان ضریب کاپا، بیشتر است و بیانگر آن است که تصاویر ماهواره‌ای با دقت قابل قبولی قادر به تهیه نقشه‌های کاربری اراضی است. معمولاً مقادیر حاصل از صحت کلی بیشتر از مقدار واقعی به‌دست می‌آید؛ این در حالی است که مقادیر ضریب کاپا میزان دقت را نسبت به یک طبقه‌بندی تصادفی در تصویر محاسبه می‌نماید (لیو و ماسون[1]، ۲۰۰۹: ۲۳۴). یکی از روش‌های تصمیم‌گیری دربارهٔ تعیین کلاس هر پیکسل، روش بیشینهٔ احتمال است که از روش‌های دیگر دقیق‌تر است. در این روش، میزان کمّی واریانس و هم‌بستگی ارزش‌های طیفی نوارهای مختلف برای مناطق نمونه محاسبه می‌شود و از همین ویژگی برای ارتباط یک پیکسل طبقه‌بندی نشده در تصویر به یکی از گروه‌های تعیین شده استفاده می‌شود. در این روش برای بررسی نحوهٔ توزیع ارزش‌های طیفی و احتمال آماری یک پیکسل با یکی از گروه‌های نمونه، از ماتریس واریانس و بردار میانگین (معادله ۱) استفاده می‌شود (رضایی بنفشه و همکاران،۱۳۸۶: ۱۴۵؛ ربیعی،۱۳۷۳: ۲۳۴).

معادلهٔ ۳

$$P(X/W_i) = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{n}{2}}|\sum_i|^{\frac{1}{2}}} \exp\left[-\frac{1}{2}(X-\mu_i)^T \sum_i^{-1}(X-\mu_i)\right]$$

$P(X/W_i)$: احتمال تعلق به طبقه w_i، Σ_i: ماتریس کوواریانس برای طبقه i، μ_i: بردار میانگین برای طبقه i، $(x-\mu_i)$: بردار اختلاف است. پس از ایجاد تابع انتقال،

1. Liu and Mason

فرایند به‌دست آمده، نمونه‌برداری مجدد[1] نامیده می‌شود. این فرایند برای تعیین ارزش‌های پیکسل ماتریس خروجی با استفاده از ماتریس تصویر اصلی به‌کار برده می‌شود. در این تابع از روش حداقل مربعات استفاده می‌شود. هر یک از x و y نقاط را با استفاده از این تابع و ضرایب a_o و a_1 آن که همان ضرایب حداقل مربعات هستند، می‌توان معین نمود. این ضرایب با استفاده از ارزش‌های s(x,y) و t(x,y) نقاط کنترل قابل محاسبه می‌باشند. با توجه به میزان خطای جزئی باقیمانده e، می‌توان معادله را به‌صورت زیر نوشت:

معادلهٔ ۴ $$S = a_0 + a_1 t + e$$

خطای باقیمانده تبدیل مختصات در نقاط کنترل با استفاده از معادلهٔ خطای کمترین مربعات محاسبه می‌شود:

معادلهٔ ۵ $$RMSE = \frac{1}{n}\sqrt{\sum (X_i - \overline{X})^2 + (Y_i - \overline{Y})^2}$$

Y_i و X_i: موقعیت واقعی نقاط کنترل، $\overline{YX}$: موقعیت محاسبه شده نقاط کنترل، n: تعداد نقاط کنترل و بردار $(x-\mu_i)^T$: بردار $(x-\mu_i)$ به‌صورت منتقل شده از طرف دیگر رابطه است (نکوآمال کرمانی و همکاران، ۱۳۹۱: ۴).

ضریب کاپا و صحت کلی با کل طبقه‌بندی ارتباط دارند و اطلاعاتی در مورد توزیع مکانی کلاس‌ها بیان نمی‌کنند. بدین نحو که به هر کلاس پوشش اراضی براساس اهمیت آن، وزن خاصی داده می‌شود. ارزش دقت تولیدکننده احتمال مشروط به اینکه یک منطقه کاربری دارای نوع پوشش اراضی J باشد، توسط نقشه‌ای به‌عنوان کلاس J طبقه بندی می شود که از روش زیر حاصل می‌شود:

معادلهٔ ۶ $$P_{Aj} = \frac{P_{jj}}{P_{+j}}$$

سپس ارزش نقشه براساس دقت کاربر با Vu نشان داده می‌شود. جمع وزنی دقت‌های کاربر برای q کلاس پوشش اراضی است. Vu یک وزن (wi) است که توسط استفاده‌کننده برای بیان ارزش یا وزن‌ها برابر یک خواهد بود؛ به‌عبارتی، لازم نیست شرط $\sum_{i=1}^{q} w_i = 1$ تأمین شود. تصویر کلی V_u یک وزن سطحی را در تصویر دخالت می‌دهد و P_i نسبت مساحت در کلاس پوشش اراضی i است، به‌طوری که ارزش نقشه بستگی به نسبت مساحتی دارد که در کلاس‌های مختلف پوشش اراضی صحیح طبقه‌بندی شده‌اند؛ بنابراین، ارزش نقشه به شرح زیر تعریف می‌شود:

معادلهٔ ۷ $$V_u = \sum_{i=1}^{q} W_i P_i + P_{ui}$$

از آنجا که $P_{ui} = \frac{P_{ii}}{P_{it}}$ ؛ از این‌رو:

معادلهٔ ۸ $$V_u = \sum_{i=1}^{q} W_i P_{ii}$$

در معادلهٔ ۸، V_u مجموع مقادیر قطری ماتریس خطاست. چندین نتیجه از معادله ۸ قابل اسخراج است. اگر تمامی کلاس‌های تصویر اهمیت یکسانی داشته باشند، به‌طوری که وزن‌ها کاملاً مساوی باشند ($W=W_i$ برای q و ....i=1)؛ پس:

معادلهٔ ۹ $$V_u = W \sum_{i=1}^{q} P_{i+1} P_{ui} = w.P_c$$

ارزش نقشه متناسب با P_c بوده و کل نسبتی است که صحیح طبقه‌بندی شده است. اگر وزن مساحت لحاظ نشود، پس Pi می‌تواند با $\frac{1}{q}$ آزمون شود تا یک مقیاس صحیح به دست آید و وقتی همهٔ کلاس‌های پوشش اراضی اهمیت یکسانی داشته باشند (Wi=W)، معادله به‌صورت زیر ساده می‌شود:

معادلهٔ ۱۰ $$V_u = \frac{1}{q}\sum_{i=1}^{q} W_i P_{ui}$$

1 .Resampling

$$V_u = \frac{w}{q}\sum_{i=1}^{q} P_{ui} = w.P_u$$ معادلهٔ ۱۱

که P_u میانگین دقت استفاده کننده است؛ بنابراین، ارزش نقشه متناسب با میانگین دقت استفاده‌کننده برای کلاس خاص است.

نتایج و بحث

در نهایت از میان پیکسل‌ها، داده‌های دورسنجی و تجهیزات سنجش از دور، ابزار بسیار سودمندی در شناخت خطرات محیطی به‌ویژه سیلاب‌دشت‌ها شمرده می‌شوند. نتایج حاصل از تغییرات کاربری اراضی در یک دورهٔ ۱۲ساله نشان می‌دهد، پهنه‌سیلاب با توجه به سرعت حاصله و میزان دبی در دوره‌بازگشت‌های ۲ تا ۲۰۰ سال به میزان ۱۱ تا ۱۶ درصد و به‌طور میانگین ۱۴/۶۰ درصد نسبت به سال ۲۰۰۰ با افزایش دبی و سطح سیلاب همراه خواهد بود. در این پژوهش، تحقیقاتی که در درهٔ اوستروی[1] در تعیین پهنه‌های سیلابی انجام شده بود، مورد بررسی قرار گرفت (ناپارادین و چیرا[2]، ۲۰۰۶: ۵۳). همچون تحقیقات ایشان، سطح سیلابی در دههٔ اخیر روند افزایشی را به‌دنبال دارد؛ اما نکتهٔ مهم و قابل توجه عدم در نظر گرفتن تغییرات کاربری اراضی و توجه صرف به نوع کاربری‌های اراضی است که این پژوهش مکمل تحقیقات آنها بوده و گامی جلوتر برداشته است. از نقاط ضعف تحقیق حاضر، کوتاهی بازهٔ مورد نظر و طول تقریباً ۲ کیلومتری است. در صورتی که نیاز است تا طول بازهٔ بیشتری در نظر گرفته شود و نقش تغییرات کاربری با وضوح بیشتری قابل بررسی و مشاهده گردد. این پژوهش نیاز دارد تا با استفاده از نرم‌افزار HEC-HMS نقش بارندگی و پتانسیل تولید رواناب حوضهٔ آبریز و خروجی آن در محل رودخانهٔ نکارود در نظر گرفته شود تا نتایج دقیقتری از پاسخ هیدرولوژیکی حوزه در دسترس باشد. درتحقیقات دیگر محققین هم پهنه‌های سیلابی تعیین شده و نتایج حاکی از تعیین دقیقتر پهنه‌های سیلابی توسط HEC-RAS نسبت به WetSpa است (کنبل و همکاران[3]، ۲۰۰۵: ۳۳۰)؛ اما در پژوهش مذکور نیز نقش تغییرات کاربری لحاظ نگردیده بود. تحقیق حاضر پیشنهاد می‌کند از این پس علاوه بر افزایش دقت و بازهٔ طولانی‌تر نسبت به این تحقیق، نقش تغییرات کاربری اراضی علاوه بر نوع کاربری اراضی مورد نظر قرار بگیرد و با بررسی بارش حوزه توسط NEXRAD rainfall و نتایج آن در HEC-HMS پاسخ هیدرولوژیکی ناشی از تغییرات کاربری اراضی مشخص گردد. کلاس‌های طبقه‌بندی شدهٔ صحیح در هر تصویر، صحت کلی تصاویر و ضریب کاپا در جدول ۲ و دقت کاربر و دقت تصویر هر طبقه در جدول ۳ نشان داده شده است.

1. Usturoi
2.Napradean and Chira
3.Knebl et al.

جدول ۲. نتایج کلی دقت طبقه‌بندی در تصاویر IRS (۲۰۱۲) و Landsat (۲۰۰۰)

ردیف	تصویر	سال	صحت کلی به درصد	ضریب کاپا
۱	Landsat	۲۰۰۰	۹۰/۸۱۲۱	۰/۸۴۷۰
۲	IRS	۲۰۱۲	۹۴/۰۰۲۷	۰/۸۹۰۸

(منبع: نتایج پژوهش)

جدول۳. دقت تصاویر و دقت کاربر در تصاویر IRS (۲۰۱۲) و Landsat (۲۰۰۰) به درصد

IRS			Landsat		
دقت کاربر	دقت تصاویر	کلاس	دقت کاربر	دقت تصاویر	کلاس
۸۱/۳۴	۸۲/۸۷	کشاورزی	۸۹/۷۹	۸۷/۵۵	کشاورزی
۸۵/۲۷	۹۱/۴۹	غیر قابل استفاده	۹۱/۷۲	۹۲/۹۷	غیر قابل استفاده
۸۶/۵۴	۸۶/۰۹	مرتع	۸۹/۰۹	۹۳/۶۵	مرتع
۹۲/۹۱	۹۷/۴۲	جنگل	۹۰/۹۶	۹۷/۵۶	جنگل
۷۶/۹۰	۸۳/۵۸	شهر	۸۲/۵۱	۸۶/۱۴	شهر

(منبع: نتایج پژوهش)

نتایج حاصل از جدول ۲ و ۳ نشان می‌دهد در مجموع دقت نتایج حاصل از تصاویر IRS نسبت به Landsat ETM^+ به‌میزان ۳/۱۹ درصد بالاتر است. درصد تغییرات کاربری اراضی نیز در جدول ۴ مشاهده می‌شود که تصاویر سال ۲۰۱۲ در بخش کشاورزی، مناطق شهری و اراضی غیرقابل استفادهٔ روند افزایشی و در قسمت جنگل و مرتع روند کاهشی را نسبت به تصویر سال ۲۰۰۰ نشان می‌دهد.

جدول ۴. روند تغییرات کاربری اراضی در تصاویر IRS (۲۰۱۲) و Landsat (۲۰۰۰)

تفاضل تغییرات به درصد (*افزایش)	۲۰۱۲IRS		۲۰۰۰Landsat	
	مساحت به درصد	کلاس	مساحت به درصد	کلاس
*۲/۲۷	۵/۰۰	کشاورزی	۲/۷۳	کشاورزی
*۷/۳۱	۴۳/۶۲	غیر قابل استفاده	۳۶/۳۱	غیر قابل استفاده
-۱/۲۷	۱/۷۵	مرتع	۳/۰۲	مرتع
-۱۰/۲۲	۴۴/۷۴	جنگل	۵۴/۹۶	جنگل
*۱/۹۱	۴/۸۹	شهر	۲/۹۸	شهر

(منبع: نتایج پژوهش)

براساس نتایج به‌دست آمده از نقشهٔ کاربری اراضی در محیط GIS مربوط به سال ۲۰۰۰ و ۲۰۱۲، اراضی کشاورزی ۲/۲۷ درصد، اراضی غیرقابل استفاده ۷/۳۱، شهر ۱/۹۱ افزایش و در مقابل جنگل ۱۰/۲۲ درصد و مرتع ۱/۲۷ درصد کاهش از تغییرات را به خود اختصاص داد. پس از بررسی ضرایب زبری و نقشهٔ حاصل از کاربری، نتایج شبیه‌سازی سیلاب با روش کاون حاکی از دقت بالاتری نسبت به دیگر روش‌ها بود و این پارامتر نیز وارد محیط GIS گردید تا پهنهٔ سیل تعیین گردد (جدول ۵). پس از تکمیل آمار دبی حداکثر لحظه‌ای، مقادیر حداکثر سیلاب محتمل با دوره‌های بازگشت ۲، ۳، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ ساله براساس توزیع‌های آماری نرمال، لوگ نرمال، لوگ نرمال دو پارامتری، لوگ نرمال سه پارامتری، گامای دو

پارامتری، پیرسون تیپ ۳، لوگ پیرسون تیپ ۳ و گامبل با استفاده از نرم افزار SMADA محاسبه گردید و مناسبترین توزیع آماری به دو روش گشتاورها و حداکثر درستنمایی مشخص گردید که برازش منحنی بهترین توزیع آماری در ایستگاه مورد مطالعه در شکل ۴ آورده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، بیشترین فراوانی مربوط به توزیع لوگ پیرسون تیپ سه است.

در نهایت، مقادیر پیش‌بینی شده حداکثر دبی لحظه‌ای ۳۴سالهٔ ایستگاه براساس مناسب‌ترین توزیع آماری برای هر یک از دوره‌بازگشت‌های مورد مطالعه در جدول ۶ ارائه گردیده است.

جدول ۵. برآورد ضریب زبری به روش‌های مختلف و مقایسه با دبی مشاهداتی ۳۴ساله ایستگاه آبلو

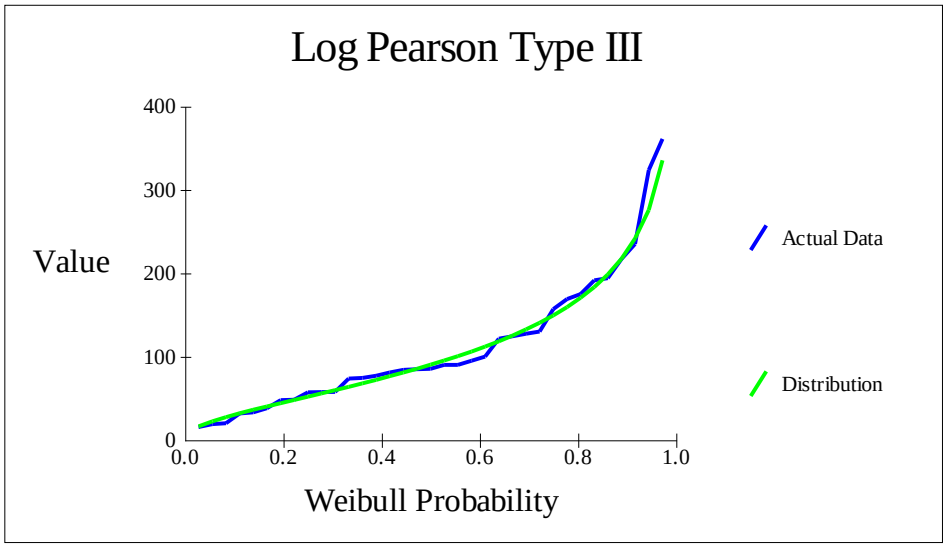
RMSE						
دوره بازگشت	چاو	کاون	سرعت بی‌بُعد	شزی	ویسباخ	دبی مشاهداتی
۲	۰/۶۴۵۷۶	۰/۴۶۴۴۴	۰/۸۹۸۷۵	۰/۵۷۲۳۴	۰/۸۹۶۶۵	۰
۳	۰/۸۷۵۴۳	۰/۵۸۵۶۵	۰/۹۸۵۳۵	۰/۸۹۶۵۴	۰/۹۲۴۳۲	۰
۵	۰/۹۵۵۶۵۴	۰/۶۲۵۴۴	۱/۰۱۳۴۲	۱/۳۳۷۶۵	۰/۹۹۹۵۳	۰
۱۰	۰/۹۹۷۸۶	۰/۶۷۲۳۴	۱/۳۴۸۷۶	۱/۶۷۷۶۵	۱/۵۱۶۳۱۴	۰
۲۵	۱/۲۳۸۷۸	۰/۶۹۷۶۷	۱/۴۴۷۶۵	۱/۸۹۰۹	۱/۷۸۸۹۳	۰
۵۰	۱/۴۰۸۷۶	۰/۷۵۹۰۹	۱/۵۶۷۵۷	۲/۳۳۰۹۸	۱/۹۶۲۴۱	۰
۱۰۰	۱/۷۴۳۵	۰/۸۹۷۶۵	۱/۷۹۷۸۷	۲/۵۶۰۹۹	۲/۱۲۵۲۹	۰
۲۰۰	۲/۱۵۴۳	۱/۳۲۶۵۵	۱/۹۹۹۰۸	۲/۸۶۸۷۹	۲/۳۷۷۴۰	۰

(منبع: نتایج پژوهش)

جدول ۶. نتایج بازسازی دبی‌های احتمالی با توزیع لوگ پیرسون تیپ ۳ به مترمکعب بر ثانیه

نام ایستگاه	۲ ساله	۳ ساله	۵ ساله	۱۰ ساله	۲۵ ساله	۵۰ ساله	۱۰۰ ساله	۲۰۰ ساله
آبلو (متر مکعب بر ثانیه)	۹۰/۲۷	۱۲۵/۲۸	۱۶۸/۸	۲۲۶/۱۴	۳۰۹/۹	۳۶۳/۷۸	۴۲۴/۵۸	۴۸۶/۲۳

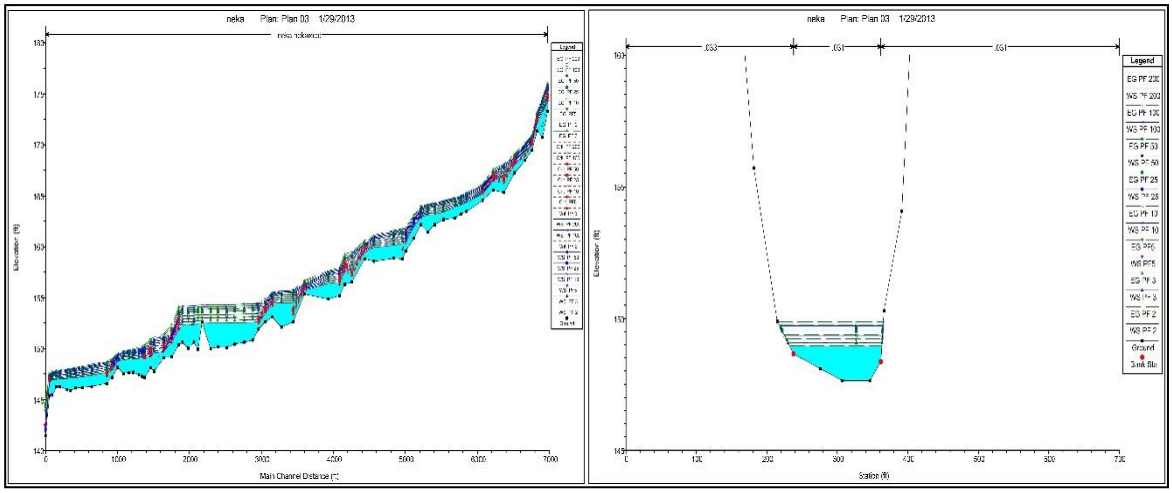
(منبع: نتایج پژوهش)



شکل ۴. توزیع لوگ پیرسون تیپ سه مربوط به حداکثر دبی لحظه‌ای ایستگاه آبلو

(منبع: نتایج پژوهش)

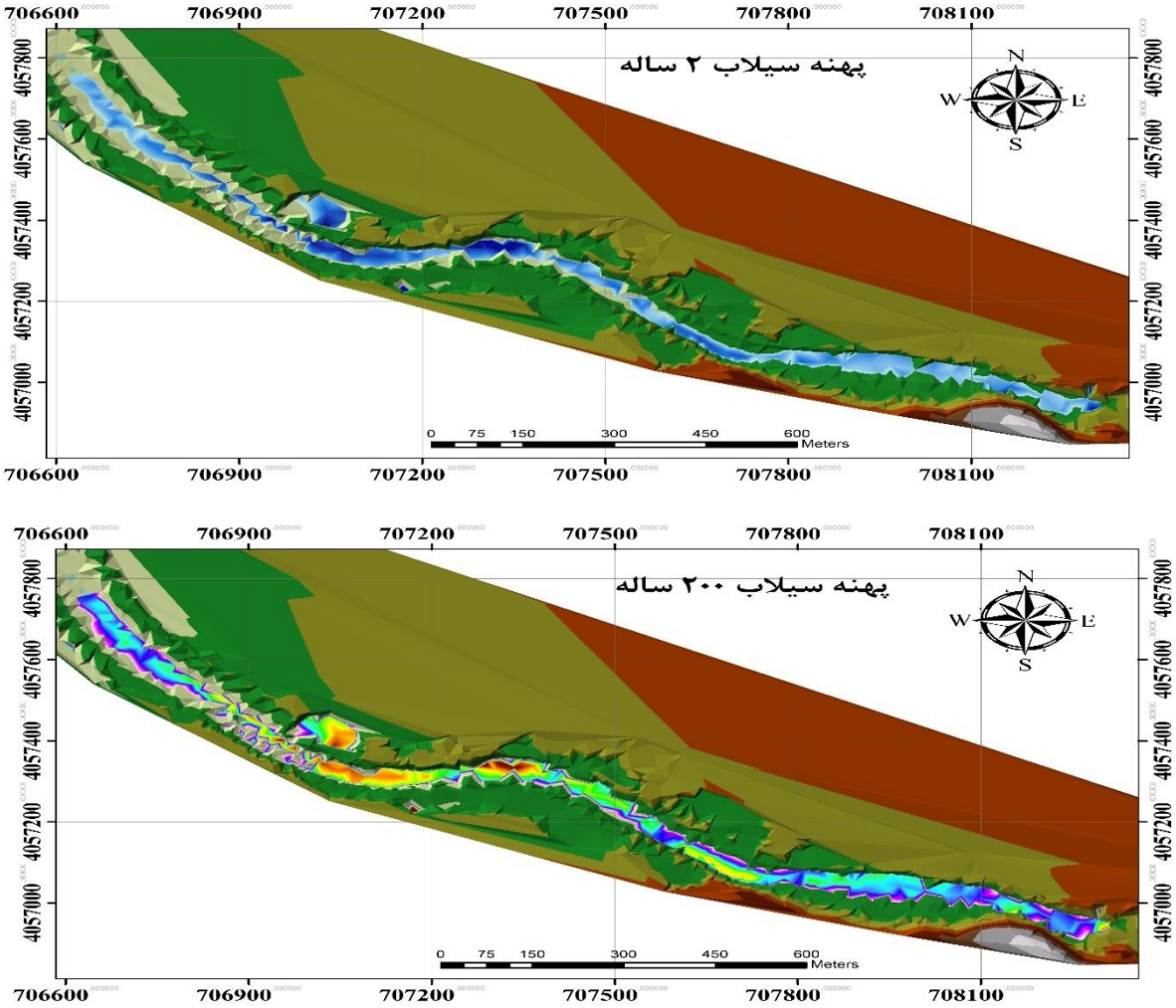
با استفاده از ضرایب معادله کاون و داده‌های الحاقیه HEC-GeoRAS پروفیل رودخانه نکا شبیه‌سازی گردید (شکل ۵). پس از تعیین پروفیل و مقاطع، نتایج حاصل از نرم افزار HEC-RAS با دوره بازگشت ۲، ۳، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ سال مشخص شده و دبی بحرانی، زیر بحرانی و فوق‌بحرانی لحاظ گردید که در شکل ۵ یک مقطع به‌صورت نمونه نشان داده شده است.



شکل ۵. پروفیل عرضی و طولی مقطعی از رودخانه نکارود با دوره‌بازگشت‌های مشخص شده

(منبع: نتایج پژوهش)

نتایج حاصل از محاسبات سطوح آب هر یک از مقاطع در دوره‌بازگشت‌های مختلف مجدداً به محیط GIS انتقال پیدا کرد و پهنهٔ سیلابی در هر دوره تعیین گردید که دو دورهٔ آن در شکل ۶ نمایش داده شده است. با استفاده از نتایج به‌دست آمده پهنهٔ سیل در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۲ همراه با تغییرات کاربری اراضی در دوره‌بازگشت‌های ۲ تا ۲۰۰ سال مشخص شد. با استفاده از نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی خروجی‌های جداول و پردازش سیستم تحلیل رودخانه به‌صورت شماتیک ترسیم و نتایج این نقشه‌ها به‌صورت نمونه در دوره‌بازگشت ۲ و ۲۰۰ سال مربوط به سال ۲۰۱۲ در شکل ۶ نشان داده شده است. نتایج حاصل از تغییرات کاربری اراضی در یک دورهٔ ۱۲ ساله نشان می‌دهد، پهنه سیلاب با توجه به سرعت حاصله و میزان دبی‌های مختلف در دوره‌بازگشت‌های ۲ تا ۲۰۰ سال به میزان ۱۱ تا ۱۶ درصد و به‌طور میانگین ۱۴/۶۰ درصد نسبت به سال ۲۰۰۰ با افزایش دبی و سطح سیلاب همراه بوده است.



شکل ۶. پهنه‌های سیل‌گیر در دوره‌بازگشت‌های ۲ و ۲۰۰ ساله در سال ۲۰۱۲

(منبع: نتایج پژوهش)

نتایج نشان می‌دهد، از کل مساحت تحت پوشش سیل ۲۰۰ ساله، حدود ۷۳ درصد تحت تأثیر سیل ۲۵ سال و کمتر قرار می‌گیرد. در این میان ۵۶۳ متر مربع از اراضی با سیلاب ۲ ساله، ۵۹۰ متر مربع با سیلاب ۵ ساله، ۱۲۳۶ متر مربع با سیلاب ۲۵ ساله، ۱۶۰۲ متر مربع با سیلاب ۵۰ ساله، ۱۶۵۰ متر مربع با سیلاب ۱۰۰ ساله و ۱۸۰۴ متر مربع با سیلاب ۲۰۰ ساله به زیر آب خواهند رفت. یافته‌های تحقیق بیان می‌دارد، بخش اعظم تغییرات کاربری اراضی در زمینهٔ کاهش درصد مناطق جنگلی و تبدیل اراضی قابل استفاده به مناطق غیرقابل استفاده و بایر است. از سوی دیگر، پهنه‌های سیل‌گیری با دوره‌بازگشت‌های مختلف، روند افزایشی را نشان می‌دهند. برنامه‌ریزی‌های استراتژیکی با درون‌مایهٔ تمرکز سازمان برای رسیدن به هدف غایی و نهایی می‌توانند با بهره‌گیری از نقشه‌ها و اطلاعات تغییر کاربری اراضی و پهنه‌های سیل و دوره‌بازگشت آنها از اتلاف هزینه و فرصت‌ها جلوگیری نمایند. کاربری‌های اراضی و تغییرات آنها زنگ خطری برای مدیریت‌های با هدف توسعهٔ پایدار است؛ از این‌رو، تعیین راهبردهای برنامه‌ریزی استراتژیک بدون توجه به تغییرات محیطی امکان‌پذیر نخواهد بود (یمانی و همکاران، ۱۳۹۱: ۸). توجه به تغییرات و برنامه‌ریزی پویا براساس آن، جایگاه برنامه‌ریزی استراتژیک را مهم و یک ضرورت در تصمیم‌گیری دانسته و اطلاعات برنامه‌ریزی عملیاتی و تأثیرات محیطی درونی و بیرونی را به‌عنوان ورودی مدل تشریح می‌نماید

(مبینی‌دهکردی و سلمان‌پورخویی،۱۳۸۵: ۱۹۱؛ مانیان و همکاران،۱۳۸۶: ۱۱۸)؛ از این‌رو، می‌توان تصمیم‌گیری براساس تغییرات کاربری اراضی و تأثیر آن بر پهنهٔ سیل را جهت‌دهنده استراتژیک محیطی دانست که این نتایج در تحقیقات دیگر نیز کاملاً مشهود است (فاضلی،۱۳۹۰: ۲۵۶).

براساس نتایج به‌دست آمده از این پژوهش برنامه‌ریزی استراتژیک در تحقق اهداف ملی به روش گردآوری اطلاعات سیل و سنجش تغییرات محیط سهل‌الوصول می‌شود. این پژوهش، در راستای تهیه نقشه پهنهٔ سیلاب و ایجاد پلان استراتژیک و تصمیم‌گیری بر اساس آن نتایج بسیاری از محققان را که اقدام به شبیه‌سازی نموده و پس از آن نقشه ایجاد شده را در مطالعات خود به‌کار برده‌اند، تأیید می‌نماید (مساعدی و همکاران،۱۳۸۴: ۱۴۰؛ جلالی‌راد،۱۳۸۱: ۸۲؛ شعبانلو و همکاران،۱۳۸۷: ۱۴؛ صادقی و همکاران،۱۳۸۲: ۳۸؛ عبقری،۱۳۸۳: ۳۸؛ غریب و همکاران،۱۳۸۶: ۷۹۰؛ غفاری،۱۳۹۲: ۱۲۰؛ تیت و همکاران[1]،۱۹۹۹، ۲۳۲؛ ناپارادین و چیرا[2]،۲۰۰۶: ۵۸؛ کنبل و همکاران[3]،۲۰۰۵: ۳۳۰؛ هیل[4]،۲۰۰۱: ۴۵).

نتیجه‌گیری

از میان روش‌های تعیین ضریب زبری میزان RMSE کاون نسبت به سایر روش‌ها پایین‌تر بوده و دارای صحت بالاتری است. دو تصویر بررسی شده در این پژوهش بیان می‌کند، تصویر IRS با ضریب کاپای ۰/۸۹ نسبت به تصویر +ETM از دقت بالاتری برخوردار است و همچنین پیشنهاد می‌شود، بررسی‌های بعدی در این بازه از رودخانه با روش کاون و تصاویر IRS انجام گیرد؛ اما باید توجه داشت این پژوهش مختص به محدودهٔ مورد مطالعه است و ممکن است در مقاطع بالاتر یا پایین‌تر از محدوده به‌دلیل تغییرات فیزیولوژیکی و یا ژئولوژیکی قابل تعمیم به کل رودخانه نباشد. از میان کاربری‌های تعیین شدهٔ مناطق شهری، زمین‌های کشاورزی و اراضی که قابل استفاده نیستند، روند رو به رشد را نشان می‌دهند و اراضی جنگلی و مرتعی روند کاهشی در این محدوده را نشان می‌دهد. این تغییرات روند تخریبی اراضی را نشان داده و قابل تأمل است. تغییرات کاربری‌ها نشان می‌دهد، اراضی جنگلی در محدودهٔ مورد مطالعه نسبت به دیگر اراضی تغییر قابل توجهی نشان می‌دهد و سهم مهمی در تولید رواناب و افزایش پهنه‌های سیلابی و نیز سرعت، خواهد داشت. در بسیاری از مطالعاتی که توسط سیستم تحلیل رودخانه صورت می‌گیرد، متأسفانه نقش تغییرات کاربری اراضی را در نظر نگرفته و تنها کاربری اراضی را در نظر می‌گیرند؛ در صورتی که با توجه به نتایج این پژوهش سهم ۱۴/۶۰ درصد پهنه سیلاب در صورت عدم توجه به تغییرات کاربری‌ها کمتر محاسبه خواهد شد. امروزه بهره‌گیری از روش‌های سنجش از دور را به‌عنوان پایه و اساس تمامی برنامه‌ریزی‌های استراتژیک قرار می‌دهند و با اطلاعات به‌دست آمده در پروژه‌هایی نظیر مهار سیلاب از خطرات و بحران آن جلوگیری می‌کنند. همچنین آستانهٔ سیل‌خیزی را با روش‌های مستقیم و غیرمستقیم می‌توان تخمین و شبیه‌سازی نمود.

تلفیق داده‌های سنجش از دور و نیز عملیات میدانی و نرم‌افزاری نظیر شبیه‌سازی سیلاب توسط برنامهٔ HEC-RAS این قابلیت را ایجاد می‌کند تا مناطق دشت‌سیلابی، همچنین حریم مجاز ساخت و ساز ساختمان‌ها را تعیین نماید و معیاری برای تعیین و پهنه‌بندی مناطق تحت تأثیر سیل و بیمه سیل گردد. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و شبیه‌سازی سیلاب می‌توان نقشه‌های پهنهٔ سیل‌گیری، دوره‌بازگشت و تأثیر تغییر کاربری اراضی را نشان داد. برنامه‌ریزی محیطی نیاز به کاهش عدم قطعیت و کاهش شکست پروژه‌ها و طرح‌های کلان زیست محیطی دارد. از این‌رو، پیشنهاد می شود، مدیران در بخش تصمیم‌گیری، برنامه‌ریزی و ارزیابی، شبیه‌سازی فرایندهای محیطی به‌ویژه تهیهٔ

1. Tate et al.
2. NapradeanI and Chira
3. Knebl et al.
4. Hill

نقشه‌های سیلاب، پهنه‌های سیل‌گیری و عملیات سنجش از دور را مورد توجه قرار دهند تا بخش مدیریتی و اجرای موفق پروژه‌ها و طرح‌ها را تضمین نمایند.

منابع

ابراهیمی، پیام؛ سلیمانی، کریم؛ شاهدی، کاکا (۱۳۹۲). بررسی تغییر کاربری اراضی و نقش آن بر پهنه‌های سیلابی در محیط RS و GIS، مطالعه موردی: نکارود، نشریه مهندسی و مدیریت آبخیز، سال پنجم. صص ۷۳-۶۷.

آسیان، سبحان؛ همتی، محمد؛ سمندی‌زاده، کوروش (۱۳۸۸). ارزیابی برنامه‌ریزی استراتژیک در شرکت‌های تولیدی با استفاده از AHP فازی، مجله مدیریت صنعتی دانشکده علوم انسانی دانشگاه آزاد واحد سنندج. دوره چهارم. صص ۲۰-۱.

امامی، کامران (۱۳۷۹). روش‌های غیرسازه‌ای مدیریت سیلاب. مجموعه مقالات کارگاه فنی روش‌های غیرسازه‌ای مدیریت سیلاب. نشریه کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. دوره چهل و یکم. صص ۱۲۶-۶۷.

تقی‌خان، شهیندخت (۱۳۷۹). پیش‌بینی بارش و کاربرد آن در پیش‌بینی سیل. نشریه کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. دوره چهل و یکم.صص ۳۱۱-۱۲۱.

جلالی‌راد، رامین (۱۳۸۱). پهنه‌بندی سیل در بخشی از حوزهٔ آبخیزشهری تهران با استفاده از GIS. دانشگاه تربیت مدرس. دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، مازندران، صص ۹۳-۱.

حمزه‌دوست، محمد (۱۳۷۹). کاربرد روش‌های مدیریت یکپارچهٔ مدل‌های هیدرولوژیکی در سیستم هشدار سیل رودخانه کر. نشریه کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، دورهٔ چهل و یکم. صص ۸۴-۷۰.

حنفی‌زاده، پیام؛ اعرابی، سید محمد؛ هاشمی، علی (۱۳۸۵). برنامه‌ریزی استراتژیک استوار با استفاده از برنامه‌ریزی سناریو و سیستم استنتاج فازی، فصلنامه مدرس علوم انسانی، دورهٔ ۴۶. صص ۱۷۰-۱۳۷.

حیدری، علی (۱۳۷۹). مدیریت کنترل سیل مخازن رودخانه‌های دز و کارون. مجموعه مقالات کارگاه فنی روش‌های غیرسازه‌ای مدیریت سیلاب. نشریه کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. دورهٔ چهل و یکم. صص ۳۲-۱.

دفتر مهندسی و معیارهای فنی آب و آبفا (۱۳۹۰). راهنمای تعیین ضریب زبری هیدرولیکی رودخانه‌ها. نشریه آب و آبفا. دوره ۳۳۱. صص ۱۰۶-۱

دهخوارقانی، علی (۱۳۹۰). پهنه‌بندی سیلاب با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC-RAS و سیستم ساماندهی جغرافیایی GIS (مطالعهٔ موردی: قسمتی از رودخانه شهر چای در استان آذربایجان غربی). چهارمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران. صص ۸-۱.

رضایی‌بنفشه، مجید؛ رستم‌زاده، هاشم و فیضی‌زاده، بختیار (۱۳۸۶). بررسی و ارزیابی روند تغییر سطوح جنگل با استفاده از سنجش از دور و GIS؛ مطالعه موردی: جنگل‌های ارسباران ۱۹۸۷-۲۰۰۵. مجله پژوهش‌های جغرافیایی، دوره ۶۲. صص ۱۵۹-۱۴۳.

رهنما، محمدرحیم؛ خاکپور، براتعلی؛ صادقی، مجتبی (۱۳۹۱). تحلیل مدیریت استراتژیک در کلانشهر مشهد با مدل SWOT. نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی، دوره ۱۶. صص ۱۹۸-۱۷۳.

سیستم آماری برنامه‌ریزی استراتژیک (۱۳۹۰). برنامه‌ریزی استراتژیک. بخش تکنولوژی و تحقیقات. صص ۱۲-۸.

شعبانلو، سعید؛ صدقی، حسین؛ ثقفیان، بهرام؛ موسوی جهرمی، سید حبیب (۱۳۸۷). پهنه‌بندی سیلاب در شبکهٔ رودخانه‌های استان گلستان با استفاده از GIS. مجله پژوهش آب ایران. دوره ۲. صص ۲۲-۱۱.

شیخ علیشاهی، نجمه؛ جمالی، علی‌اکبر. حسن‌زاده نفوتی، محمدحسن (۱۳۹۰). مروری بر پهنه‌بندی خطر سیل با استفاده از مدل هیدرولیکی تحلیل رودخانه (HEC- RAS) و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS). هفتمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران. صص ۸-۱.

صادقی، سیدحمیدرضا، رامین جلالی راد و عباس علیمحمدی سراب (۱۳۸۲). پهنه‌بندی سیل با استفاده از نرم‌افزار HEC-RASو سامانه اطلاعات جغرافیایی؛مطالعه موردی: حوزه‌آبخیز شهری دارآباد. پژوهشنامه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خزر، دوره اول. صص ۴۶-۳۴.

عبقری، هیراد (۱۳۸۳). پهنه‌بندی سیلاب با استفاده از مدل ریاضی و GIS؛ مطالعهموردی: رودخانه جاجرود، تهران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده منابع طبیعی. صص ۷۹-۱.

علوی‌پناه، سید کاظم (۱۳۹۲). کاربرد سنجش از دور در علوم زمین (علوم خاک). چاپ چهارم، انتشارات دانشگاه تهران.

علیزاده‌ربیعی، حسن (۱۳۷۳). کتاب سنجش از دور، انتشارات سمت، تهران.

غریب، معصومه؛ مساعدی، ابوالفضل؛ نجفی‌نژاد، علی؛ یخکشی، محمد ابراهیم (۱۳۸۶). پهنه‌بندی خطر و ارزیابی خسارت سیل؛ مطالعه موردی: محدوده رودخانه قره‌چای در حومه شهر رامیان. نشریه منابع طبیعی ایران. دوره ۶۰،صص ۷۹۷-۷۸۵.

غفاری، گلاله؛ امینی، عطاالله (۱۳۹۲). مدیریت دشت‌های سیلابی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی(GIS) ؛ مطالعه موردی رودخانه قزل اوزن. فصلنامه فضای جغرافیایی، دوره ۱۰. صص ۱۳۴-۱۱۷.

غفاری، گلاله؛ سلیمانی، کریم؛ مساعدی، ابوالفضل (۱۳۸۶). پهنه‌بندی خطر و ارزیابی خسارت سیل با استفاده از HEC-GeoRas؛ مطالعه موردی: رودخانه بابلرود. نشریه دانشکده منابع طبیعی، دوره دوم. صص ۴۵۱-۴۳۹.

فاضلی، عبدالرضا (۱۳۹۰). درآمدی بر نقش برنامه‌ریزی استراتژیک در تحقق چشم‌انداز ملی؛ مطالعه‌موردی: چشم‌انداز ۱۴۰۴ جمهوری اسلامی ایران. نشریه مجلس و راهبرد ۶۷. صص ۲۸۷-۲۵۳.

فرزادمهر، جلیل؛ ارزانی، حسین؛ درویش صفت، علی اصغر؛ جعفری، محمد (۱۳۸۴). بررسی قابلیت داده‌های ماهواره لندست ۷ در برآورد تاج‌پوشش و تولید گیاهی؛ مطالعه موردی: منطقه نیمه استپی حنا- سمیرم. مجله منابع طبیعی ایران، دوره ۵۷. صص ۳۳۹-۳۲۹.

فریادی، سعید (۱۳۹۰). بررسی تغییرات زمانی و مکانی پارامتر-های کیفیت آب با استفاده از روش‌های آماری؛ مطالعه موردی رودخانه نکا، استان مازندران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری. صص ۹۹-۱.

قربانیان، جبرائیل (۱۳۸۸). کاربرد توزیع آماری گاما در برنامه‌ریزی محیطی و هیدروژئومورفولوژی؛ مطالعه موردی: ایستگاه مسجد سلیمان. فصلنامه جغرافیایی آمایش محیط. دوره هفتم. صص ۸۸-۷۷.

مانیان، امیر؛ موسی‌خانی، محمد؛ حاکی، محمدکاظم (۱۳۸۶). استفاده از مدل معادلات ساختاری در ارائه مدلی برای موفقیت برنامه‌ریزی استراتژیک فناوری اطلاعات. نشریه دانش مدیریت، دوره ۷۶. صص ۱۳۸-۱۱۷.

مبینی‌دهکردی، علی؛ سلمان‌پور خویی، مجید (۱۳۸۵). درآمدی بر برنامه‌ریزی استراتژیک و عملیاتی. نشریه راهبرد توسعه. دوره ۶. صص ۲۰۲-۱۸۷.

مرادخانی، علی‌محمد؛ دریکوند، احسان؛ معاضد، هادی (۱۳۸۹). پهنه‌بندی سیلاب رودخانه دویرج استان ایلام با تلفیق GIS & HEC-RAS، سومین همایش ملی مدیریت شبکه های آبیاری و زهکشی. صص ۹-۱.

مساعدی، ابوالفضل؛ خلیل‌زاده، مجتبی ؛ نجفی‌نژاد، علی (۱۳۸۴). پهنه‌بندی خطر سیل در بخشی از محدودهٔ رودخانه زیارت در حوزه‌آبخیز شهری گرگان. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. دوره ۱۲. صص ۱۴۶-۱۳۸.

مسگری، سعید (۱۳۸۱). بررسی روند تغییر سطوح جنگل‌ها با استفاده از GIS و سنجش از دور. طرح پژوهشی. دانشکده فنی. دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی. صص ۲۴۱-۱.

مهدوی، محمد (۱۳۸۸)، هیدرولوژی کاربردی. جلد دوم، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تهران.

نکوآمال کرمانی، محمد؛ پور اصغریان، آرزو؛ نحوی، منا؛ دهقانی، علی (۱۳۹۱). ارزیابی دقت روش‌های درون‌یابی سیستم اطلاعات جغرافیای (GIS) در تخمین سطح آب زمینی؛ مطالعه موردی: دشت سرخون. اولین همایش ملی بیابان. مرکز تحقیقات بین‌المللی بیابان دانشگاه تهران. صص ۱۲-۱.

یمانی، مجتبی؛ تورانی، مریم؛ چزغه، سمیرا (۱۳۹۱). تعیین پهنه‌های سیل‌گیر با استفاده از مدل HEC-RAS؛ مطالعه موردی: بالادست سد طالقان از پل گلینک تا پل وشته. مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی، دوره اول. صص ۱۶-۱.

Baricelli, P., Lucas, C., Messina, E and Mitra, G. (1996). A model for strategic planning under uncertainty. Sociadad Estadisticae Investigacion Operativa, (4): 361-384.

Belt, J. E and Bashore, E. (2000). Managed care strategic planning: the reality of uncertainty. Healthcare Financial Management, (54): 38-42.

Bossio, D., K. Geheb. and William, C. (2010). Critchley Managing water by managing land: Addressing land degradation to improve water productivity and rural livelihoods. Agricultural Water Management, (97): 536–542.

Braga, B. P. F. (2001). Integrated urban water resources management: a challenge into the 21st century. Water Resources Development, (17): 581–599.

Gichamo, T. Z ., Popescu, I., Jonoski, A and Solomatine, D. (2012). River cross extraction from the ASTER global DEM for flood modeling. Environmental section Modelling & Software, (31): 37-46.

Grigg, N. S. (1999). Integrated water resources management: who should lead, who should pay?. Journal of the American Water Resources Association, (35): 527–534.

Hill, M. (2001). Flood Plain Delineation Using the HEC-geo-RAS Extension for Arc View. Hawaii, Brigham Young University.

Knebl, M. R., Yang, Z. L., Hutchison, K and Maidment, D. R. (2005). Regional Scale Flood Modelling using (NEXRAD). Rainfall.GIS, and HEC-HMS/RAS:A Case study for the San Antonio River Basin Summer 2002 storm Event. Journal of Environment Management, (75): 325-336.

Liu, J.G and Mason, P. M. (2009). Essential image processing and GIS for Remote Sensing. New York, Wiley-Blackwell publications, New Jersey.

Margerum, R. D and Hooper, B. P. (2001). Integrated environmental management: improving implementation through leverage point mapping. Society and Natural Resources, (14): 1-19.

Mas, J. F., Velazquez, A., Gallegos, J. D., Saucedo, R. M,. Alcantara, C., Bocco, G., Castro, R., Fernandez, T and Perez Vega, A. (2004). Assessing land use/cover changes: a nationwide multidate spatial database for Mexico. International Journal of Applied Earth observation and geoinformation, (5): 249-261.

Mitchell, B and Shrubsole D. A. (1994). Reorienting to achieve sustainability in Canadian water management. Canadian Water Resources Journal, (19): 335–348.

Napradean, I and Chira, R. (2006). The hydrological modeling of the Usturoi Valley - Using two modeling programs - WetSpa And HecRas. Carpathian journal of earth and environmental sciencesn, (1842-4090): 53-62.

Pelletreau, A. (2005). Pricing soil degradation in uplands, the case of the Houay Pano catchment, Lao PDR. Internship Report. IRD-IWMI-NAFRI, Vientiane. Laos, Laos append, (1), 344-378.

Phillips, P.A and Moutinho, L. (1999). Measuring Strategic Planning Effectiveness in Hotels. Journal of Contemporary Hospitality, (11): 349-358.

Suriya, S and Mudgal B. V. (2012). Impact of urbanization on flooding : The Thirusoolam sub watershed- A case study. Journal of Hydrology, (412-413): 210-219.

Tate, E.C., Olivera, F and Madement, D.(1999). Floodplain Mapping Using HEC-RAS and ARC View GIS. Texas: Center for Research (CRWR). www.crwr.utexas.edu.

Viessman, J. W. (1996). Integrated water management . Water Resources Update, (106): 2–12.