پتانسیل‌یابی و اولویت‌بندی مکانی تولید رواناب حوزه آبخیز ایوانکی جهت استحصال آب باران

حمیدرضا پیروان *[۱]، رضا بیات[۲]، افشین پرتوی[۳]

۱*-دانشیار سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، *hrpeyrowan@yahoo.com*

۲- استادیار سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

۳- عضو هیات علمی سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

چکیده

میزان آب قابل دسترس ناشی از رواناب در سطح حوضه‌ها و زیرحوضه‌ها، گام اساسی برای تصمیم نهایی در زمینه مدیریت آب و استحصال آن است. اندازه‌گیری میزان رواناب در محل، کاربرد قابل توجهی دارد ولی عملاً در سطح وسیع، با وقت و هزینه زیاد امکان‌پذیر نیست. به همین دلیل، مدل‌های برآورد رواناب – بارندگی معمولاً به کار گرفته می‌شود. سامانه اطلاعات جغرافیایی نیز به ما این امکان را می‌دهد تا از طریق تولید لایه‌های اطلاعات پایه و تلفیق آن‌ها بتوان در مکان‌یابی مناطق مستعد تولید رواناب در سطح وسیع اقدام کرد. در این تحقیق در محیط GIS، نقشه‌های طبقه‌بندی‌شده نفوذپذیری سازندها و خاک حوضه، شیب، میانگین بارش بلند مدت حوضه، کاربری اراضی، ضریب پوشش سطح زمین و تراکم آبراهه و شبکه زهکشی تهیه شد. میانگین سالانه ضریب پوشش سطح زمین (NDVI) در دوره بلند مدت از فوریه سال ۲۰۰۰ تا دسامبر ۲۰۱۸ بر اساس داده‌های ماهواره‌ای MODIS شانزده روزه با دقت مکانی ۲۵۰ متر تهیه شده است. با امتیازدهی به طبقات مرتبط با هر نقشه و از طریق روی‌هم‌گذاری لایه‌ها، در نهایت پتانسیل مکانی حوضه برای تولید آب قابل دسترس برای احداث سامانه‌های سطوح آبگیر باران بدست آمد. عمده طبقات مرتبط با تولید رواناب در رده‌های متوسط و زیاد قرار دارند. مناطق رده زیاد منطبق بر مناطق کوهستانی و رده متوسط در دشت‌های بین کوهستانی و مناطق کوهپایه‌ای ناحیه آبسرد و ایوانکی قرار دارد. این موضوع بیانگر این است که حوضه دارای پتانسیل بسیار بالایی برای تولید رواناب دارد و در نتیجه اجرای سازه‌های استحصال آب باران و آب‌های سطحی در این حوضه، کاملاً توجیه اقتصادی دارد.

واژه‌های کلیدی: نفوذپذیری، آب قابل دسترس، بارش، رطوبت پیشین خاک، آبسرد، جابان

مقدمه

با رشد روز افزون جمعیت و تداوم خشکسالی‌های پی در پی، نیاز به منابع آب، یک امر حیاتی است. با توجه به محدودیت دسترسی به منابع آب سطحی از طریق رودخانه‌ها، راهکارهای نو در زمینه استحصال آب باران می‌تواند شرایط نامناسب کنونی را به شرایط قابل تحمل تغییر دهد. در تحقیق حاضر سعی شده است که پتانسیل حوضه از طریق از لایه‌های مکانی و تلفیق آن‌ها بررسی شود. یکی از پارامترهای مهم در اولویت‌بندی مکانی احداث سازه‌های جمع‌آوری آب باران، پتانسیل حوضه از نظر تولید رواناب است.

رواناب تابعی است از عوامل موثر مانند: لیتولوژی و نفوذپذیری واحدهای سنگی، شیب، آب و هوا، بارش، رطوبت اولیه خاک، پوشش گیاهی و زمان است. در این خصوص تحقیقات مختلفی در سطح کشور انجام شده است. برای مثال خیرخواه و همکاران(۱۳۹۴) از طریق لایه‌های مکانی فاکتورهای موثر بر میزان نفوذ و تولید رواناب، شامل شش فاکتور کاربری اراضی، شیب، نفوذپذیری خاک، بافت و ضخامت خاک و بارندگی در حوزه آبخیز رود سراب استان خراسان رضوی از طریق فرآیند سلسله مراتبی، ظرفیت حوضه را از نظر میزان تولید رواناب و ذخیره و استحصال آب باران بررسی نموده‌اند. Deepak Khare و همکاران (۲۰۱۷) اثر کاربری اراضی و پوشش سطح زمین را در تغییرات رواناب حوضه Narmada را در هندوستان بررسی کرده و در سناریوهای مختلف، میزان رواناب حوضه را پیش‌بینی نموده‌اند.

حسین‌زاده و همکاران (۱۳۹۷) بر اساس محاسبه شماره منحنی CN نسبت به برآورد پتانسیل رواناب حوضه حصارک اقدام نموده و از این طریق مخاطرات سیل در سطح حوضه را بررسی نموده است. Gomes و Lins (۲۰۰۲) اشاره دارند که استفاده از سیستم تصمیم‌گیری چند معیاره در شناسایی مکان‌های مناسب برای پروژه تغذیه آبخوان‌ها مناسب است. Winnaar و همکاران(۲۰۰۷) با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و با در نظر گرفتن لایه‌های اطلاعاتی خاک، کاربری اراضی، بارش و شیب، محل‌های مناسب جمع‌آوری رواناب در حوضه پوتیشینی رودخانه توکلار در آفریقای جنوبی را به صورت نقشه ارائه نموده‌اند.

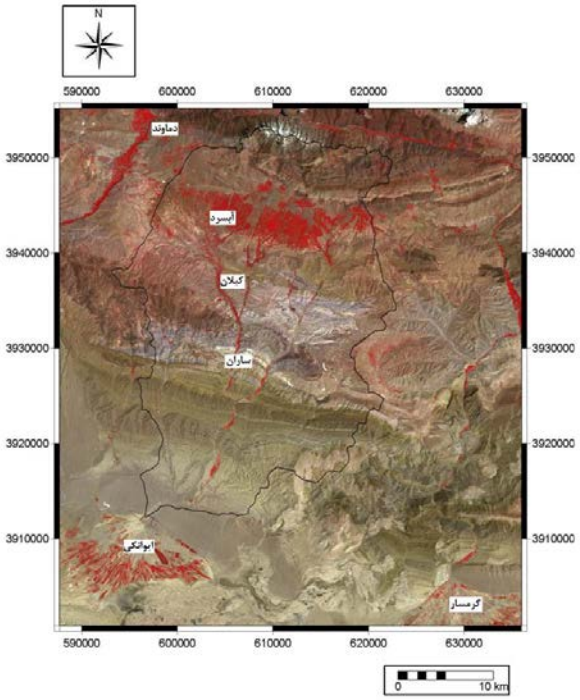
استفاده از لایه‌های مکانی داده‌های اثرگذار بر میزان رواناب و تولید آب قابل دسترس در سطح حوضه در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی موضوعی است که مورد توافق محققان مختلف در سطح کشور و بین‌المللی است. در تحقیق حاضر نیز سعی شده است تا از طریق این تکنیک، با استفاده از لایه‌های اطلاعاتی حوضه ایوانکی، نسبت به برآورد پتانسیل حوضه از نظر آب قابل دسترس برای احداث سامانه‌های سطوح آبگیر اقدام شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز ایوانکی که یکی از زیرحوضه‌های دشت کویر می‌باشد که در شمال – شمال شرق شهر ایوانکی واقع شده است. مساحت آن ۸۴۳ کیلومترمربع و محیط آن ۱۴۵/۵ کیلومتر است. ارتفاع نقطه خروجی حوضه ۱۰۸۱ متر و بلندترین نقطه آن در کوه زرین با فرازای ۳۸۵۲ متر از سطح دریا می‌باشد. شهرهای آبسرد و سربندان و روستاهای آئینه‌ورزان، جابان، سیدآباد، سربندان، مقانک، ویرانه، کیلان و ساران در این حوضه واقع شده‌اند. در شرق آن حوضه حبله‌رود، در غرب، حوضه لتیان، در شمال، حوضه فولادچشمه و در جنوب آن حوضه رودشور قرار دارد. موقعیت حوزه آبخیز ایوانکی درتصویر رنگی ماهواره‌ای (باندهای 2-3-4) سال ۲۰۰۴ ماهواره لندست ETM+ نمایش داده شده است (شکل۱).

میانگین دمای حداقل، متوسط و حداکثر سالانه بر اساس دوره آماری۱۷ ساله ایستگاه گرمسار نزدیکترین ایستگاه سینوپتیک به حوضه نیز به ترتیب ۷/۴ - ۱۸/۶، و ۴۳/۵ درجه سانتی گراد می‌باشد.



شکل ۱: تصویر ماهواره‌ای حوزه آبخیز ایوانکی

نقشه‌های پایه توپوگرافی، زمین‌شناسی، اقلیم و تصاویر ماهواره‌ای دوره‌ای منطقه به صورت رقومی تهیه شد. در محیط GIS نقشه‌های طبقه‌بندی‌شده نفوذپذیری سازندها و خاک حوضه، شیب، میانگین بارش بلند مدت حوضه، کاربری اراضی، ضریب پوشش سطح زمین و تراکم آبراهه و شبکه زهکشی تهیه شد. NDVI میانگین سالانه دوره بلند مدت از فوریه سال ۲۰۰۰ تا دسامبر ۲۰۱۸ بر اساس داده‌های ماهواره‌ای MODIS شانزده روزه با دقت مکانی ۲۵۰ متر تهیه شده است. با امتیازدهی به طبقات مرتبط با هر نقشه و از طریق روی‌هم‌گذاری لایه‌ها، در نهایت پتانسیل مکانی حوضه برای تولید آب قابل دسترس برای احداث سامانه‌های سطوح آبگیر باران بدست‌آمد.

نتایج

شیب و توپوگرافی

یکی از عوامل اصلی تولید رواناب در سطح حوضه‌ها مقدار شیب است. با افزایش شیب، ماندگاری آب در سطح زمین و نفوذ آن به عمق خاک کاهش می‌یابد. ابتدا از نقشه‌های توپوگرافی منطقه، نقشه DEM تهیه و سپس نقشه شیب در ۵ رده تولید شد (جدول ۱). به شیب‌های کمتر برای تولید رواناب، امتیاز کمتر و شیب‌های بالاتر، امتیاز بیشتر تعلق گرفت.

لیتولوژی و خاک

مواد متخلل مانند ماسه، گراول و سنگ‌های قابل حل، آب را جذب کرده و نسبت به مواد ریزدانه مانند رس‌های متراکم یا سنگ‌های فاقد شکستگی، بیشترین نفوذ آب و کمترین پتانسیل تولید رواناب را دارا هستند. ابتدا نقشه لیتولوژی حوضه تهیه و بر اساس روش پیروان و شریفی (۱۳۹۷) به پنج رده تراوایی خیلی کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد طبقه‌بندی شدند (جدول ۱). در این طبقه‌بندی، تراوایی از بیشترین تا کمترین میزان، به ترتیب از یک تا صفر امتیازدهی شد.

دانسیته شبکه زهکشی

یکی از پارامترهای مهم در تولید رواناب، حضور شبکه آبراهه‌ای و تراکم آن است. مواد متخلل که کمترین پتانسیل تولید

رواناب و بیشترین مقدار نفوذ آب را دارا هستند، دارای کمترین تراکم آبراهه‌ای می‌باشند. به عکس، دانسیته زهکشی بالا، نشانه حرکت بیشتر آب در سطح زمین است. در محیط GIS، تراکم آبراهه‌ای درسطح حوضه و زیرحوضه‌های آن در پنج کلاس تهیه شد (جدول ۱). مبنای محاسبه، نسبت طول آبراهه در واحد سطح است.

آب و هوا

نوع اقلیم منطقه یکی از فاکتورهای کلیدی برای بررسی پتانسیل رواناب حوضه محسوب می‌شود. اقلیم دومارتن منطقه با رده‌های خشک، نیمه خشک، مدیترانه‌ای، نیمه مرطوب و مرطوب تهیه و سپس امتیاز مربوطه داده شد (جدول ۱). مسلم است که اقلیم مرطوب بیشترین امتیاز و اقلیم خشک کمترین امتیاز را برای تولید رواناب به خود اختصاص داده است.

کاربری اراضی

کاربری اراضی در زمینه میزان نفوذ آب و تولید رواناب نقش اساسی دارد. کاربری‌های مسکونی، سطوح راه‌ها و شبکه معابر منطقه، کمترین نفوذ آب و بیشترین تولید رواناب را به عهده دارند. در جدول ۲، نوع کاربری‌ها و امتیازات متعلقه ارائه شده است.

بارندگی حوضه

بی‌شک بارندگی حوضه، نقش اساسی در مکان‌یابی مناطق مستعد تولید رواناب و جمع‌آوری آب باران دارد. بدیهی است که بارندگی از یک حد پایین‌تر، احداث سازه‌های جمع‌آوری آب باران را از نظر اقتصادی توجیه نمی‌کند. نقشه هم‌باران حوضه با اعمال گرادیان بارش بر روی مدل رقومی ارتفاعی منطقه به دست آمد. نقشه بارش در ۵ کلاس طبقه‌بندی و امتیاز لازم داده شد (جدول ۱).

پوشش سطح زمین (NDVI)

از بین رفتن پوشش سطح زمین بوسیله آتش و یا چرای بیش از حد دام سبب فرسایش خاک می‌شود. مواد فرسوده شده وارد رودخانه شده و به بار رسوبی آن می‌افزاید. بررسی‌های انجام شده توسط محققان مختلف نشان داده که بین NDVI با بارندگی و رطوبت خاک منطقه ارتباط تنگاتنگی وجود دارد. البته در برخی از بررسی‌ها مشخص شده که در یک سال کم بارش ممکن است مقدار آب کافی و قابل دسترس برای رشد گیاه در حوضه وجود داشته باشد و لذا یک تاخیر زمانی در ارتباط بین میزان بارندگی منطقه با مقادیر NDVI مشاهده می‌شود. نتایج برخی از محققان نیز نشان داده که بین NDVI و بارندگی یک تاخیر زمانی وجود دارد. در زمان کم بارش، حضور آفتاب بیشتر باعث فتوسنتز بیشتر و در نتیجه NDVI بالاتر می‌شود. براساس مطالب ذکر شده می‌توان استنباط کرد که NDVI به میزان قابل توجهی به رطوبت خاک قابل دسترس گیاه بستگی دارد و به همین خاطر در این تحقیق، پس از تهیه NDVI بلندمدت منطقه، هر طبقه از آن امتیازدهی شد و به عنوان نشانگر رطوبت قابل دسترس گیاه و رطوبت پیشین خاک در نظر گرفته شد. مسلم است که در زمان بارش، خاک مرطوب‌تر، نفوذ کمتر و رواناب بیشتر تولید می‌کند. در این تحقیق NDVI میانگین سالانه دوره بلند مدت از فوریه سال ۲۰۰۰ تا دسامبر ۲۰۱۸ بر اساس داده‌های ماهواره‌ای MODIS شانزده روزه با دقت مکانی ۲۵۰ متر تهیه شد (پرتوی و همکاران، ۱۳۹۷). در جدول ۱، مقادیر ضریب پوشش سطح زمین ارائه شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود حداکثر میزان تغییرات این فاکتور در حوضه تا ضریب ۰٫۶ در نوسان است.

جدول۱: امتیازات هفت عامل موثر بر تولید رواناب حوضه

شیب٪					
رده	۰-۵	۵-۱۵	۱۵-۳۰	۳۰-۶۰	٦٠<
امتیاز	۱	۲	۳	۴	۵
نفوذپذیری خاک و سنگ					
رده	۰-۰,۲۵	۰,۲۵-۰,۳۷۵	۰,۳۷۵-۰,۶۲۵	۰,۶۲۵-۰,۸۲۵	۰,۸۲۵-۱
امتیاز	۱	۲	۳	۴	۵
اقلیم					
رده	خشک	نیمه خشک	مدیترانه‌ای	نیمه مرطوب	مرطوب
امتیاز	۱	۲	۳	۴	۵
کاربری اراضی					
رده	مسکونی و راه	مرتع	زراعت دیم	زراعت آبی	باغ
امتیاز	۱	۲	۳	۴	۵
بارندگی (میانگین سالانه به میلی‌متر در سال)					
رده	۲۰۰	۲۵۰	۳۰۰	۳۵۰	۳۵۰<
امتیاز	۱	۲	۳	۴	۵
NDVI (نشانگر رطوبت پیشین خاک)					
رده	۰-۰,۲	۰,۲-۰,۴	۰,۴-۰,۶	۰,۶ -۰,۸	۰,۸-۱
امتیاز	۱	۲	۳	-	-
دانسیته شبکه زهکشی (طول آبراهه km به مساحت هکتار)					
رده	<۱	۱-۲	۲-۳	۳-۴	٤<
امتیاز	۱	۲	۳	۴	۵

بحث و نتیجه‌گیری

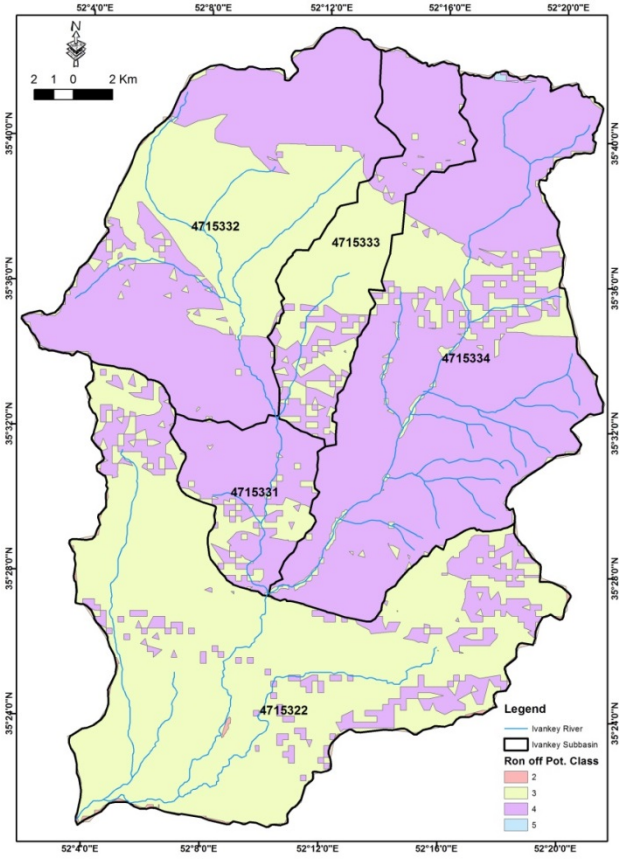
آب قابل دسترس در سطح حوضه‌ها و زیرحوضه‌ها قدم اساسی برای تصمیم نهایی در زمینه مدیریت آب و استحصال آن است. میزان رواناب یک حوضه، نشانگر آب قابل دسترس است. اندازه‌گیری مستقیم میزان رواناب در محل پروژه‌ها، کاربرد خوبی دارد ولی عملاً صرف وقت و هزینه زیاد در سطح وسیع امکان‌پذیر نیست. به همین دلیل، مدل‌های برآورد رواناب – بارندگی معمولاً به کار گرفته می‌شود. سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی به ما این امکان را می‌دهد که از طریق تولید لایه‌های اطلاعات پایه و تلفیق آن‌ها بتوان در مکان‌یابی مناطق مستعد تولید رواناب در سطح وسیع اقدام کرد. این مهم با روی هم-گذاری لایه‌ها به شرح زیر انجام شد.

روی هم‌گذاری لایه‌ها

تمام نقشه‌های مرحله اول همراه با موقعیت‌های ارزشی آنها تهیه گردید و استعداد محدوده‌های مناسب تولید رواناب بر روی نقشه‌ها همراه با عملیات همپوشانی لایه‌ها بدست آمد. پس از روی‌هم‌گذاری لایه‌ها و محاسبه جمع امتیازات بدست‌آمده، پهنه‌های مختلف حوضه از نظر پتانسیل تولید رواناب به قرار زیر دسته‌بندی شدند:

۱- اولویت اول: امتیاز ۳۵-۲۸ ، ۲- اولویت دوم: امتیاز ۲۸-۲۱ ، ۳- اولویت سوم: امتیاز ۲۱-۱۴، **۴- اولوییت چهارم: امتیاز ۱۴-۷ و نهایتاً اولویت پنجم: ۷>.**

شکل ۲، طبقات مرتبط با پتانسیل تولید رواناب حوضه ایوانکی را نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود، عمده طبقات مرتبط با تولید رواناب در رده‌های متوسط و زیاد (رده ۳ و ۴) قرار دارند. مناطق رده ۴ منطبق بر مناطق کوهستانی و رده ۳ در دشت‌های بین کوهستانی و مناطق کوهپایه‌ای قرار دارد. این موضوع بیانگر این است که حوضه، پتانسیل بسیار بالایی برای تولید رواناب دارد و در نتیجه اجرای سازه‌های استحصال آب باران و آب‌های سطحی کاملاً توجیه اقتصادی دارد.



شکل ۲: نقشه طبقه‌بندی‌شده پتانسیل تولید رواناب در حوضه ایوانکی

جدول ۲: مساحت و درصد فراوانی مناطق مختلف با پتانسیل تولید رواناب در حوضه

رتبه تولید رواناب	امتیاز	مساحت (هکتار)	درصد فراوانی
خیلی کم	۱	۰,۰	۰,۰
کم	۲	۴۲۵,۷۳	۰,۵۱
متوسط	۳	۳۹۱۳۶,۶۴	۴۶,۷۸
زیاد	۴	۴۴۰۷۳,۹۷	۵۲,۶۸
خیلی زیاد	۵	۲۷,۵۰	۰,۰۳
مساحت کل حوضه		۸۳۶۶۳,۸۶	

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

بطور کلی نتایج نشان داد حوضه به لحاظ شرایط اقلیمی و فیزیوگرافی قابلیت لازم را برای اجرای سازه‌های استحصال آب باران خصوصاً از طریق رواناب تولیدی دارد. با توجه به این که اقلیم‌های خشک و نیمه خشک در پاییاب حوضه و اقلیم‌های مرطوب در سراب حوضه پراکندگی دارند، لذا بر اساس این تنوع اقلیمی می‌توان برای احداث سازه‌های جمع‌آوری آب باران اقدام کرد. به لحاظ شرایط ژئومورفولوژی، از سراب تا پایاب حوضه دو منطقه دشتی ناحیه آبسرد و ایوانکی در بین ارتفاعات منطقه وجود دارد که مکان‌های مناسبی برای استحصال آب باران می‌باشند.

در ضمن، برای بهبود بکارگیری نتایج این تحقیق، لازم است که کیفیت رواناب تولیدی بسته به شرایط زمین‌شناسی و تنوع لیتولوژیی منطقه، در جانمایی بهینه سازه‌های استحصال آب باران مد نظر قرار گیرد.

منابع

- پیروان، ح . ر.، شریفی، ف. (۱۳۹۷)، گزارش رده‌بندی تراوایی سازندهای زمین‌شناسی کشور، پروژه تهیه و یکپارچه‌سازی نقشه‌ها و داده‌های رقومی حوضه‌های رده هفت کشور و توسعه پایگاه داده‌های مکانی زمانی و موضوعی مرتبط با ظرفیت آبی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری
- پرتوی، ا.، فاتحی مرج، ا.، کمالی، ک.، (۱۳۹۷)، توسعه مدل اطلاعاتی تعیین و پیش‌بینی دوره‌های خشکسالی با استفاده از داده‌های سنجنده MODIS ، گزارش نهایی طرح تحقیقاتی (در دست داوری)، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری
- خیرخواه، آ.، محمدی، ف.، و معماریان، ه.، (۱۳۹۴)، تعیین مناطق مستعد استحصال و ذخیره‌سازی آب باران با استفاد از تحلیل سلسله مراتبی در محیطGIS، مطالعه موردی: حوزه آبخیز رود سراب، شهرستان خوشاب، استان خراسان رضوی مجله علمی ترویجی سامانه‌های سطوح آبگیر باران،، سال سوم، جلد ۸،
- *Deepak Khare, Diptendu Patra, Arun Mondal, Sananda Kundu, (2017), Impact of land use/land cover change on run-off in the catchment of a hydro power project, Appl Water Sci (2017) 7:787–800*
- *Gomes E.G. and Lins M. P. E. (2002). Integrating geographical information systems and multi criteria Methods) A case study, Annals of Operations Research, 116(1-4): 243-269.*
- *Winnaar G., Jewitt G.P.W. and Horan M. (2007). A GIS-based approach for identifying potentialRunoff harvesting sites in the Thukela River basin, South Africa. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, 32(15): 1058-1067.*