تعیین شماره منحنی رواناب در دو اقلیم خشک و مرطوب ایران به کمک RS و GIS

(مطالعه موردی: حوضه‌های آبریز منصورآباد و ناورود)

مصطفی یعقوب زاده*[۱]، بهروز اعتباری[۲]، علی شهیدی[۳] و علی محمد نوفرستی[۴]

۱) کارشناسی ارشد،گروه سازه‌های آبی، دانشکده کشاورزی، واحد بیرجند.

۲) کارشناس ارشد شرکت آب منطقه ای خراسان جنوبی.

۳) استادیار، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، واحد بیرجند.

۴) مربی ،گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، واحد بیرجند.

*نویسنده مسئول مکاتبات: Mostafa.yaghoobzadeh@gmail.com

تاریخ دریافت:۱۳۹۰/۰۵/۹ تاریخ پذیرش:۱۳۹۰/۰۷/۱۳

چکیده

استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور به منظور تخمین رواناب حوضه آبریز در سال‌های اخیر افزایش یافته است. این پژوهش به منظور مشخص نمودن وضعیت هیدرولوژیکی و رواناب دو حوضه آبریز با دو اقلیم متفاوت (خشک و مرطوب) در کشور انجام شد. در این تحقیق، نقشه شماره منحنی رواناب با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و تصاویر ماهواره لندست (ETM+) برای دو حوضه آبریز، منصورآباد خراسان جنوبی و ناورود گیلان و بر اساس فاکتورهایی مانند گروه هیدرولوژی خاک، کاربری اراضی و پوشش گیاهی تعیین شده است. نقشه وضعیت پوشش زمین برای دو حوضه آبریز با کمک شاخص NDVI، نقشه کاربری اراضی حوضه‌ها با استفاده از داده‌های ماهواره لندست و نقشه گروه هیدرولوژیکی خاک به کمک نقشه‌های خاک، شیب، کاربری اراضی، تشکیلات زمین شناسی و بازدیدهای صحرائی تهیه گردید. از تلفیق نقشه‌های تهیه شده در GIS و با استفاده از جدول SCS، نقشه شماره منحنی رواناب برای هر دو حوضه تعیین گردید. سپس برای ارزیابی صحت شماره منحنی به دست آمده، دبی حداکثر سیلاب در هر دو حوضه آبریز به کمک مدل HEC-HMS محاسبه و با مقدار مشاهده ای مقایسه گردید. عدم اختلاف معنی دار بین دبی محاسبه ای و مشاهده ای، نشان داد شماره منحنی هر دو حوضه آبریز با صحت زیاد محاسبه شده است. هم چنین نتایج نشان داد که متوسط وزنی شماره منحنی رواناب حوضه منصورآباد خیلی بیشتر از حوضه ناورود می باشد که این امر می تواند سبب بروز سیلاب‌های مخرب در هنگام وقوع رگبارهای فراوان شود.

واژه‌های کلیدی: شماره منحنی رواناب، سنجش از دور، سیستم اطلاعات جغرافیایی، شاخصNDVI، مدل HEC- HMS.

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

یکی از مهم ترین عوامل موثر در تشدید فرسایش، تغییر کاربری اراضی، بدون درنظر گرفتن پتانسیل و قابلیت اراضی است که تاثیرات بسیار منفی و غیر قابل جبرانی مانند: تغییر در پوشش گیاهی، افزایش زمین‌های بایر و شخم زده، قطع درختان جنگلی، تخریب اراضی، افزایش فرآیند بیابان زایی، آلودگی آب‌ها و منابع زیستی به همراه داشته است. نکته حائز اهمیت این است که تغییر کاربری اراضی تاثیر مستقیمی روی فرآیندهای هیدرولوژیک حوضه، به واسطه ارتباط مستقیم آن با رژیم تبخیر و تعرق از یک طرف، و درجه، نوع و پوشش زمین از طرف دیگر دارد و گرایش زیادی به کاهش نفوذ عمقی و ایجاد رواناب و افزایش فرسایش آبی و بادی، با افزایش تغییرات زمین وجود دارد(Foher *et al.*, 2001). به عنوان مثال، چرای بیش از حد دام در مراتع، باعث لگدکوبی و فشردگی خاک شده و کاهش نفوذپذیری و در نتیجه افزایش میزان رواناب سطحی را در پی دارد. هم چنین قطع درختان جنگلی، باعث افزایش جریان روی سطح زمین، به علت برداشت پوشش گیاهی و افزایش سرعت رواناب شده است. بنابراین یکی از مناسب ترین روش‌ها برای مطالعه تاثیر تغییر کاربری اراضی و کمی کردن اثرات تغییر کاربری اراضی، بررسی تغییرات پارامترهای هیدرولوژیک حوضه به دنبال تغییر کاربری اراضی است(Symeonahis *et al.*, 2005). امروزه تکنیک‌های جدیدی مثل RS و GIS کمک شایانی در نشان دادن تغییر کاربری اراضی و تغییر وضعیت هیدرولوژیکی حوضه‌های آبریز نموده است. مطالعات زیادی در مورد استفاده از GIS و RS در تحقیقات هیدرولوژیکی حوضه‌های آبریز انجام شده است. از آن جمله Titmarsh و همکاران در سال ۱۹۹۵ روش شماره منحنی و استدلالی را در ۱۰۵ حوضه آبخیز کوچک در ایالت کوئینزلند استرالیا مورد ارزیابی قرار دادند و باتوجه به ویژگی‌های حوضه آبریز، نظیر نحوه استفاده از زمین و تیپ خاک، مقادیر شماره منحنی را به صورت منطقه ای، بازنگری و اصلاح نمودند (Nayak and Jaiswal, 2003). برای پیش بینی حجم سیلاب در محل سد Rajghat در کشور هندوستان از مدل شماره منحنی رواناب SCS استفاده نمودند. داده‌های پوشش و کاربری اراضی منطقه، توسط ماهواره‌های IRS-LISS II تعیین شد. بسته نرم افزاری ILWIS ۲/۲ نیز عمل تولید، ذخیره، اجرا و یکپارچگی داده‌ها را برای حصول نتیجه مطلوب انجام داد. نتایج نشان داد که هم بستگی بالایی (۰/۹۴-۰/۹۲) بین حجم رواناب محاسباتی و مشاهده ای وجود دارد (French *et al.*, 2006). برای مشخص نمودن دوره سیل گرفتگی و آستانه سیلاب بر روی دریاچه Risamoned در آمریکا، روش شماره منحنی سازمان حفاظت خاک آمریکا را برای تخمین نسبت جذب اولیه، نفوذ، رواناب و تخمین عمق آستانه بارش به کار بردند. آنها از داده‌های سنجش از دور و تصاویر به دست آمده از ماهواره لندست TM، برای به دست آوردن فاکتورهای تعیین کننده شماره منحنی و عمق رواناب استفاده کردند (Inci Tekeli *et al.*, 2006). اعداد شماره منحنی را برای حوضه Guvence در هندوستان با استفاده از ابزارهای GIS وRS مشخص کردند. آنها در تعیین کاربری اراضی، از نقشه‌های ماهواره لندست TM و برای تعیین تراکم پوشش گیاهی نیز از شاخص NDVI استفاده نمودند. مقادیر بارش و رواناب اندازه گیری شده از سال ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۵ حوضه آبریز به منظور محاسبه دبی سیلاب برای دوره‌های بازگشت گوناگون استفاده شده است. آنها هم چنین اعداد شماره منحنی که با استفاده از تکنیک‌های GIS و RS تعیین شده است با شماره منحنی را که با روش تناوبی (فراوانی S) به دست آمده است، مقایسه نموده و اثر تغییرات بین این شماره منحنی‌ها را روی دبی سیلاب حوضه آبریز مشخص کردند. در ایران نیز به تازگی محققان زیادی در این زمینه شروع به فعالیت کرده اند. از آن جمله می توان به اکبرپور و شریفی(۱۳۸۵) اشاره کرد. آنها با استفاده از داده‌های ماهواره لندست

Archive of SID

www.SID.ir

+ETM، نقشه کاربری اراضی حوضه آبریز کامه که در شمال شهرستان تربت حیدریه واقع شده است را به روش‌های فازی، دولایه و سه لایه و هم چنین روش حداکثر احتمال، تهیه کرده و نتایج آن را با هم مقایسه نمودند. نقشه شیب با استفاده از مدل رقومی ارتفاع و توانایی‌های ERDAS و نقشه وضعیت مراتع را با کمک شاخص تسلدکپ تعیین و مراتع را به سه کلاس متوسط، فقیر و خیلی فقیر تقسیم بندی نمودند. در نهایت به کمک نقشه‌های خاک، شیب، تشکیلات زمین شناسی و بازدیدهای صحرائی، نقشه گروه‌های هیدرولوژی خاک تهیه و با استفاده از جدول SCS و نرم افزار Arc View، نقشه شماره منحنی رواناب حوضه آبریز کامه تعیین گردید.

در این مطالعه، نقشه شماره منحنی رواناب برای دو حوضه آبریز با اقلیم متفاوت به کمک GIS و RS تهیه شده است و سپس برای ارزیابی شماره منحنی محاسبه شده، به کمک مدل بارش رواناب HEC_HMS دبی حداکثر سیلاب، شبیه سازی شد و با دبی حداکثر سیلاب مشاهده ای، مقایسه گردید.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

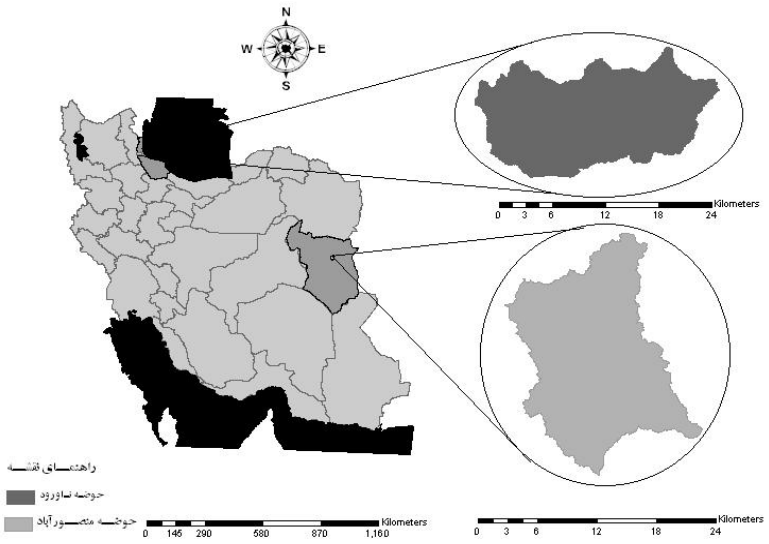
مناطقی که در این بررسی مورد مطالعه قرار گرفتند، حوضه‌های آبریز منصورآباد و ناورود می باشند که حوضه‌های معرف استان‌های خراسان جنوبی و گیلان می باشند. حوضه آبریز منصورآباد در طول جغرافیایی ′۱۴-°۵۹ تا ′۳۶-°۵۹ شرقی و عرض جغرافیایی ′۰-°۳۳ تا ′۳۸-°۳۳ شمالی و حوضه آبریز ناورود در طول جغرافیایی ′۳۴-°۴۸ تا ′۵۴-°۴۸ شرقی و عرض جغرافیایی ′۳۶-°۳۷ تا ′۴۵-°۳۷ شمالی واقع شده است. مشخصات فیزیوگرافی حوضه‌های آبریز در جدول ۱ نشان داده شده است. هم چنین شکل ۱ موقعیت مناطق مورد مطالعه را در استان مربوطه و کشور نشان می دهد.

جدول۱: مشخصات فیزیوگرافی مناطق مورد مطالعه

حوضه آبریز	مساحت حوضه(km^2)	محیط حوضه (km)	متوسط بارش حوضه(mm)	ارتفاع متوسط حوضه(m)	شیب متوسط حوضه(٪)	نوع اقلیم حوضه
منصورآباد	۲۵۲/۲۸۲	۹۶/۹۱۴	۲۰۴	۲۱۲۱	۱۶	نیمه خشک
ناورود	۲۶۵/۲۳	۱۱۷/۹۴	۸۵۲/۷	۱۳۸۹/۶	۴۳/۲۸	مرطوب

Archive of SID

www.SID.ir



شکل۱: موقعیت مناطق مورد مطالعه در کشور و استان مربوطه

رواناب

یکی از روش‌های تخمین رواناب، روش شماره منحنی رواناب SCS است که توسط سازمان حفاظت خاک آمریکا تهیه شده است. در روش SCS، تعیین شماره منحنی که تابعی از ویژگی‌های خاک، کاربری اراضی، و خصوصیات هیدرولوژیکی، مانند رطوبت پیشین خاک می باشد، ضروری است. این روش بیشتر برای حوضه‌هایی که در آنها داده‌های اندازه گیری دبی رواناب وجود ندارد، به کار می رود. در روش SCS ارتفاع حاصله از یک بارندگی، به صورت زیر محاسبه می شود(Mishra *et al.*, 2006).

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{(P + 0.8S)} \qquad (۱)$$

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \qquad (۲)$$

در این روابط، S: ضریب نگه داشت سطحی، Q: ارتفاع رواناب (میلی متر)، ρ : ارتفاع بارندگی (میلی متر)، CN: شماره منحنی رواناب است.

در صورتی که شرایط حوضه از نظر عوامل موثر بر CN یکنواخت نباشد باید مقدار میانگین وزنی CN برای کل حوضه محاسبه گردد. بدین ترتیب که:

$$\overline{CN} = \left[\sum \left(\frac{A_i}{100} \right) (CN_i) \right] \qquad (۳)$$

در این رابطه نیز $\overline{CN}$ = میانگین وزنی CN در سطح حوضه و A_i = درصد مساحتی از حوضه است که شماره منحنی آن $\overline{CN}$ است.

Archive of SID

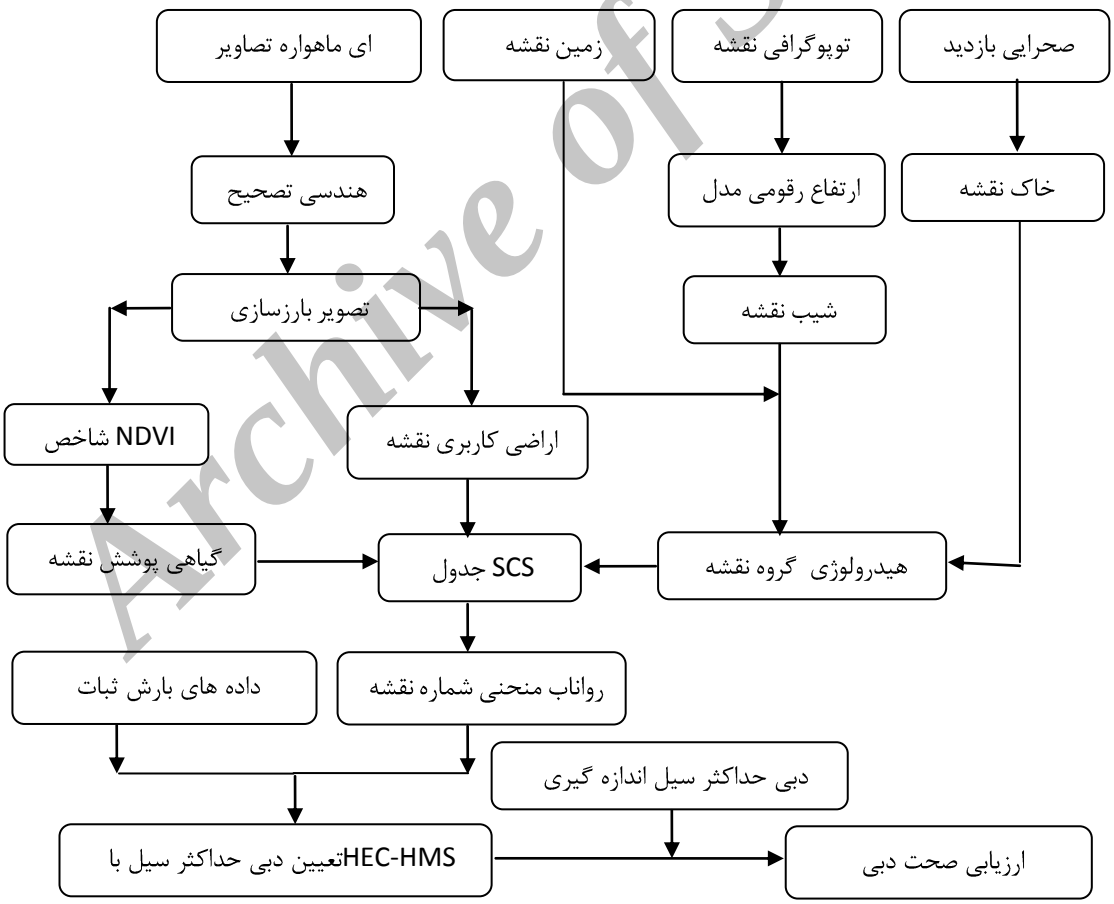
www.SID.ir

مدل بارش رواناب HEC_HMS یکی از مدل‌هایی است که از شماره منحنی محاسبه شده برای تعیین هیدروگراف سیل و یا دبی حداکثر سیلاب استفاده می کند. برای ارزیابی مدل HEC_HMS از معیار آماری استفاده می شود. معیاری را برای ارزیابی مدل پیشنهاد نمودند که نرخ‌های جریان ماکزیمم، بوسیله درصدی از خطا در پیک، ارزیابی شود(ASCE, 1993).

$$PEP = \frac{Q_{PS} - Q_{PO}}{Q_{PO}} \cdot 100 \qquad (۴)$$

که دراین رابطه Q_{PS}: دبی ماکزیمم شبیه سازی شده، Q_{PO}: دبی ماکزیمم مشاهده ای است.

به منظور تهیه نقشه شماره منحنی رواناب برای حوضه آبریز منصورآباد از اطلاعات سنجنده +ETM ماهواره لندست به تاریخ ۶ آگوست سال ۲۰۰۳ میلادی و برای حوضه آبریز ناورود از اطلاعات سنجنده +ETM ماهواره لندست به تاریخ ۶ می سال ۲۰۰۳ میلادی استفاده شده است. به دلیل اینکه گیاهان در ماه‌های می و آگوست تقریباً به حد نهایی سبزی خود رسیده اند، تغییری در نتایج، ایجاد نخواهد شد. شکل ۲ نمودار گردشی یا اسلوب شناسی تهیه نقشه شماره منحنی را نشان می دهد.



شکل ۲: نمودار گردشی تهیه نقشه شماره منحنی رواناب

Archive of SID

www.SID.ir

در این مطالعه از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ رقومی و کاغذی سازمان نقشه برداری و دیگر اطلاعات رقومی و چاپ شده موجود مناطق و همچنین جهت تجزیه و تحلیل تصاویر و جمع آوری اطلاعات لازم برای تهیه نقشه شماره منحنی، از نرم افزارهای ERDAS 8.4، ARC VIEW 3.1 ARC GIS 9.2 و ILWIS 3.0 استفاده گردیده است.

نقشه کاربری اراضی

برای تهیه نقشه کاربری اراضی هر دو حوضه آبریز، ابتدا به کمک نقشه توپوگرافی، نقشه اولیه کاربری اراضی یا نقشه راهنمای بازدید میدانی تهیه شد. این نقشه شامل لایه‌های رقومی مناطق مسکونی، پوشش گیاهی، مسیل و یا جاده می باشد که باید در بازدید از منطقه صحت این نقشه تأیید شود. برای تهیه نقشه نهایی کاربری اراضی از داده‌ها و اطلاعات تصاویر ماهواره لندست استفاده گردیده است. برای تصحیح هندسی تصاویر ماهواره ای حوضه‌های آبریز از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ و ۶ نقطه کنترل زمینی با پراکنش مناسب در سطح منطقه استفاده گردید. تطبیق هندسی تصاویر با معادله چند جمله ای درجه دو انجام شد و RMSE حاصل از تصحیح هندسی، کمتر از ۰/۱ بدست آمد. سپس باندهای ماهواره بجز باندهای ۶ و ۸ جهت تهیه تصویر رنگی با هم ادغام شدند و عملیات بهبود کنتراست و بارزسازی بر روی تصویر رنگی انجام گردید. تصویری که از ادغام باندهای ماهواره لندست حاصل شده است، دارای قدرت تفکیک پایین ۳۰ متر می باشد. به همین منظور با استفاده از باند PAN ماهواره(باند۸)، قابلیت تفکیک تصویر به ۱۴ متر افزایش یافت (یعقوب زاده، ۱۳۸۷). سپس حوضه منصورآباد به ۷ کلاس کاربری و حوضه ناورود به ۵ کلاس طبقه بندی شد. طبقه بندی تصاویر، نظارت شده و با استفاده از روش حداکثر احتمال انجام گردید که پس از آن برای بهبود نتایج حاصله و حذف پیکسل‌های منفرد، فیلتر نما به ابعاد ۵*۵ پیکسل آزمون شد.

برای برآورد صحت نقشه‌های کاربری تهیه شده به کمک نرم افزار ERDAS، بر روی نقشه طبقه بندی شده حوضه منصورآباد، ۵۰ نمونه تصادفی انتخاب گردید. همچنین برای اینکه همه کاربری‌ها مورد ارزیابی قرارگیرند، ۱۴ نمونه دیگر طوری انتخاب شدند که از هر یک از کاربری‌ها ۲ نمونه تصادفی انتخاب شده باشد تا صحت این نمونه‌ها که با واقعیت‌های زمینی مقایسه می شوند، تایید گردد. برای حوضه ناورود نیز ۵۰ نمونه کاملاً تصادفی انتخاب شد. ولی به دلیل ۵ کلاسه بودن طبقه بندی این حوضه، ۱۰ نمونه تصادفی دیگر طوری انتخاب شد که در مجموع از هر کاربری، حداقل دو نمونه تصادفی انتخاب شده باشد. بدین ترتیب به کمک نرم افزار ERDAS معیارهای صحت کاربر، صحت کلی و ضریب کاپا محاسبه شدند. ضریب کاپا (K) به منظور خلاصه کردن اطلاعات ایجاد شده بوسیله ماتریس خطا، بکار برده می شود. این ضریب با استفاده از فرمول زیر محاسبه می شود. (Mather, 1999).

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^{r} x_{ii} - \sum_{i=1}^{r} x_{i+} . x_{+i}}{N^{2} - \sum_{i=1}^{r} x_{i+} . x_{+i}} \qquad (۵)$$

که در این رابطه، X_{ii} : ورودی‌های قطری ماتریس خطا، X_{i+} : مجموع ردیف i ماتریس خطا، X_{+i} : مجموع ستون i ماتریس خطا، N : تعداد عناصر در ماتریس خطا می باشند. ارزش یک معیار کاپا نشان دهنده مطابقت کامل بین اطلاعات حاصل از طبقه بندی و اطلاعات

Archive of SID

www.SID.ir

واقعیت زمینی است.

کاربری‌های حوضه منصورآباد شامل اراضی باغی دیم، اراضی بستر رودخانه، توده سنگی، زراعی دیم، زراعی و باغی آبی، مرتع فقیر و مرتع متوسط بوده و کاربری‌های حوضه ناورود شامل جنگل پر تراکم، جنگل نسبتاً پرتراکم، جنگل کم تراکم، مرتع خوب و مرتع متوسط می باشد. جدول۲ و ۳ نتایج طبقه بندی تصاویر لندست با استفاده از روش حداکثر احتمال و مساحت تحت پوشش کاربری‌های حوضه‌های منصورآباد و ناورود را نشان می دهد.

جدول۲: نتایج طبقه بندی تصاویر لندست به روش حداکثر احتمال و مساحت‌های کاربری حوضه آبریز منصورآباد

کاربری صحت	مرتع متوسط	مرتع فقیر	زراعی و باغی آبی	زراعی دیم	اراضی توده سنگی	بستر رودخانه	باغی دیم
مساحت(٪)	۶/۱۱	۴۹/۶۹	۱/۹۲	۱۶/۴۳	۱۷/۷۶	۰/۸۸	۷/۲
صحت کاربر(٪)	۵۷	۸۳/۳۳	۱۰۰	۴۰	۸۳/۳۳	۱۰۰	۷۵
صحت کلی(٪)	۷۸/۱۳						
ضریب کاپا	۰/۷						

جدول۳:نتایج طبقه بندی تصاویر لندست به روش حداکثر احتمال و مساحت‌های کاربری حوضه آبریز ناورود

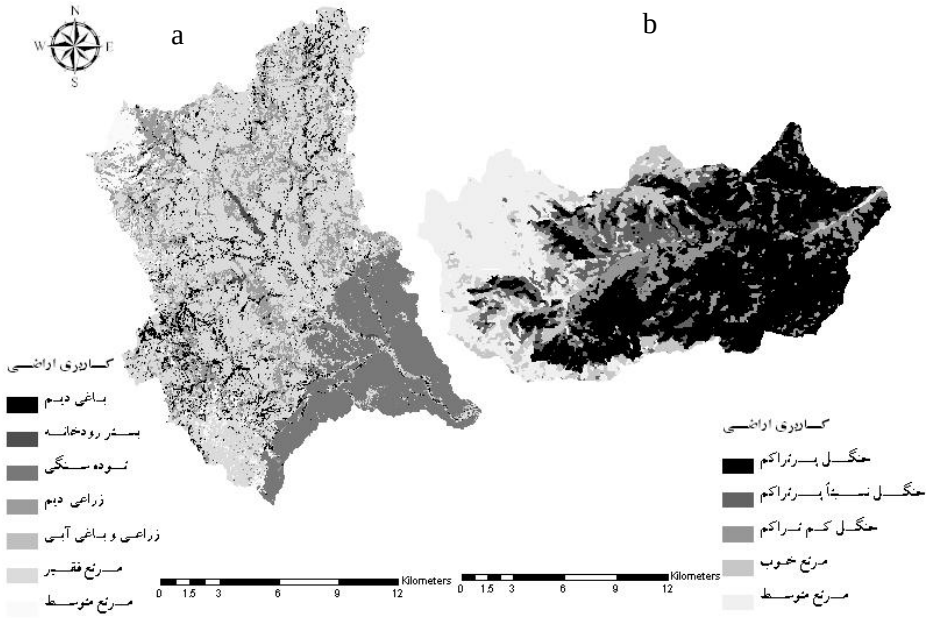
کاربری صحت	جنگل پر تراکم	جنگل نسبتاً پرتراکم	جنگل کم تراکم	مرتع خوب	مرتع متوسط
مساحت(٪)	۴۵/۹	۱۲/۱	۸/۷	۱۱/۳	۲۲
صحت کاربر(٪)	۷۱/۴۳	۵۷/۱۴	۱۰۰	۹۰/۹۱	۷۱/۴۳
صحت کلی(٪)	۷۶				
ضریب کاپا	۰/۷				

نتایج طبقه بندی نشان می دهد که صحت کلی و ضریب کاپای حاصل از برآورد صحت، در نقشه کاربری اراضی حوضه منصورآباد به ترتیب برابر ۷۸/۱۳٪ و ۷/ و در نقشه کاربری حوضه ناورود، صحت کلی و ضریب کاپا به ترتیب برابر ۷۶٪ و ۰/۷می باشد. پایین بودن صحت کاربری‌های زراعی دیم و مرتع متوسط در نقشه منصورآباد و جنگل نسبتاً پرتراکم در نقشه ناورود، سبب کاهش برآورد صحت طبقه بندی و ضریب کاپای تصاویر شده است. هم چنین صحت ۱۰۰٪ کاربری اراضی زراعی و باغی آبی در نقشه منصورآباد و جنگل کم تراکم در نقشه ناورود مشخص می کند مناطقی که به عنوان اراضی زراعی و باغی آبی و جنگل کم تراکم شناخته شده اند، با احتمال زیادتری

Archive of SID

www.SID.ir

نسبت به سایر کاربری‌ها در واقعیت زمینی صدق می کنند. درصد مساحت تحت پوشش کاربری‌های دو حوضه نشان دهنده اقلیم و پوشش گیاهی منطقه نیز می باشد. حوضه منصورآباد را حدود ۵۰٪ مرتع فقیر و ۲٪ پوشش خوب و حوضه ناورود را حدود ۴۶٪ جنگل پرتراکم و ۸۰ ٪ پوشش خوب پوشانده است که این امر در نتایج شماره منحنی و رواناب، تاثیر بالقوه ای خواهد گذاشت. شکل ۳نقشه کاربری اراضی را برای دو حوضه آبریز مورد مطالعه نشان می دهد.



شکل۳: نقشه کاربری اراضی حوضه‌های آبریز منصور آباد و ناورود

Archive

نقشه وضعیت پوشش گیاهی حوضه

وضعیت هیدرولوژیکی، بیانگر توان ایجاد رواناب در یک منطقه بوده و چنانچه این توان کم باشد، شرایط هیدرولوژیکی خوب است. در این مطالعه از شاخص NDVI بر روی داده‌های لندست استفاده شده است. فرمول NDVI به شکل زیر می باشد (Gandini and Usunoff, 2004).

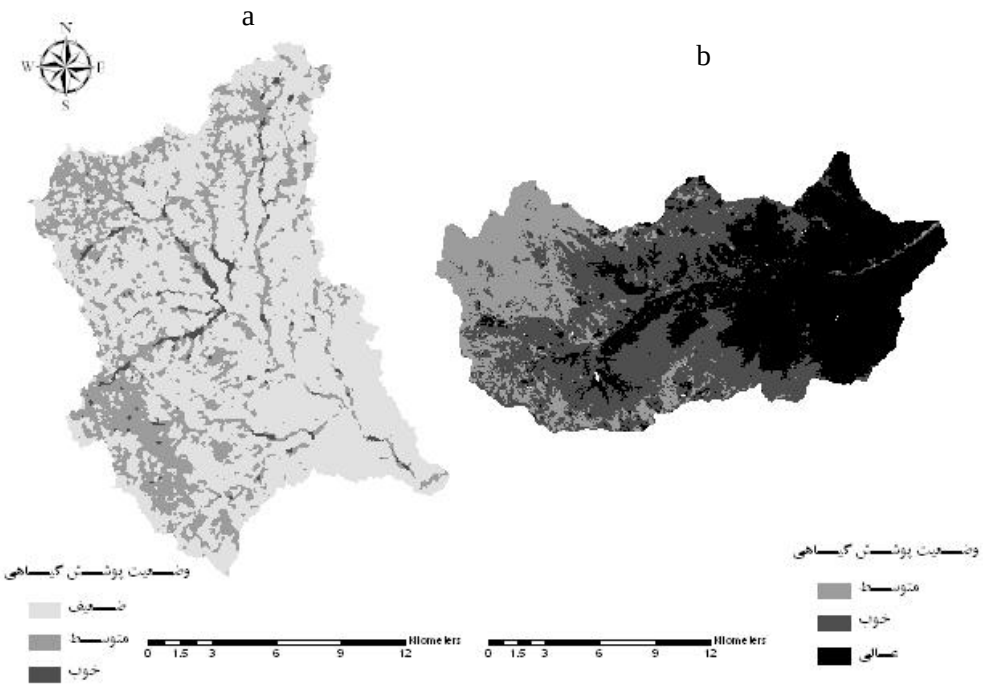
$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \qquad (۶)$$

RED و NIR به ترتیب، طول موج باند قرمز و باند مادون قرمز نزدیک است. دامنه مقادیر NDVI بین ۱- و۱+ تغییر می کند. باندهای سوم و چهارم در ماهواره لندست به ترتیب منعکس کننده باندهای قرمز و مادون قرمز می باشند.

نقشه پوشش گیاهی به دست آمده با نرم افزار ILWIS نشان داد که مقادیر شاخص NDVI در تصاویر لندست حوضه منصورآباد، بین ۰/۲۸- و ۰/۴۳+ و در تصاویر حوضه ناورود، بین ۰/۱۵- و ۰/۵۷+ تغییر می کند. پس از اینکه نقشه پوشش گیاهی به کمک شاخص NDVI و نرم افزار ILWIS 3.0 تهیه شد، برای ورود به محیط ARC GIS باید تبدیل به فایل رقومی شود که این موضوع، نیازمند

www.SID.ir

یک طبقه بندی می باشد. این طبقه بندی، نظارت شده و به روش حداکثر احتمال و با نرم افزار ERDAS 8.4 انجام شد. در طبقه بندی نقشه پوشش منصورآباد، حوضه به سه کلاس خوب، متوسط و ضعیف و در طبقه بندی نقشه پوشش ناورود، حوضه به سه کلاس عالی، خوب و متوسط تقسیم بندی شده است. برای اطمینان از درستی نقشه حاصله، بر روی نقشه‌ها، برآورد صحت، انجام گردید و میزان صحت و دقت نقشه‌های تهیه شده و عمل طبقه بندی مورد ارزیابی قرار گرفت. درصد مساحت تحت پوشش مرتع خوب برای حوضه منصورآباد کمتر از ۵ درصد و برای حوضه ناورود، حدود ۴۰ درصد می باشد. همچنین بیش از ۷۰ درصد حوضه منصورآباد، را مراتع ضعیف پوشانده اند. این در حالی است که حوضه ناورود مرتع ضعیف ندارد و بیش از ۴۰درصد حوضه دارای وضعیت پوشش گیاهی عالی می باشند (جدول۴). شکل ۴ وضعیت پوشش گیاهی برای حوضه‌های آبریز منصورآباد و ناورود را نشان می دهد.



شکل۴: نقشه وضعیت پوشش گیاهی حوضه‌های آبریز منصور آباد و ناورود

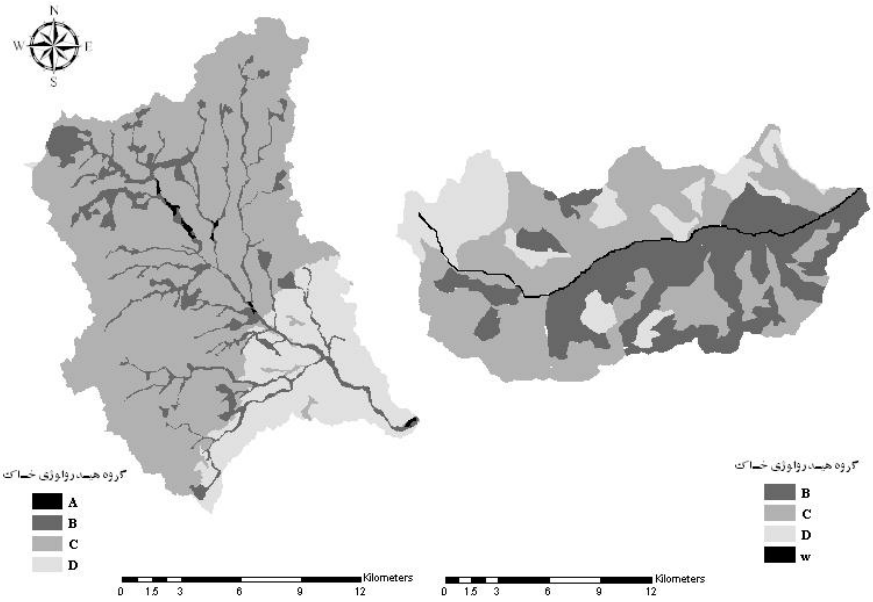
جدول۴: درصد مساحت وضعیت‌های پوشش حاصل از شاخص NDVI و تصاویر لندست

وضعیت پوشش گیاهی	حوضه منصورآباد	حوضه ناورود
عالی	-	۴۱/۵۶
خوب	۴/۶	۳۸/۳۴
متوسط	۲۱/۰۵	۲۰/۰۹
ضعیف	۷۴/۶۵	-

www.SID.ir

نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی خاک

گروه هیدرولوژی خاک، اثر مهمی بر روی تخمین ارتفاع رواناب می گذارد و خاک‌های مختلف، توانایی ایجاد رواناب متفاوتی دارند. بر اساس تقسیم بندی روش SCS گروه‌های هیدرولوژی خاک شامل چهار گروه A، B، C و D می باشد که گروه A توانایی تولید رواناب ضعیف و گروه D پتانسیل زیادی در تولید رواناب دارد. برای تهیه نقشه گروه هیدرولوژی خاک در هر دو حوضه آبریز، ابتدا با استفاده از نقشه‌های شیب و توپوگرافی، نقشه اراضی با شیب بسیار پایین تهیه گردید. سپس از تلفیق نقشه اراضی کم شیب با نقشه‌های زمین شناسی و کاربری اراضی با توجه به توزیع بافت خاک، نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی خاک حوضه آبریز تعیین شد. همان طور که در شکل ۵ و جدول۵ نشان داده شده است، کمتر از ۰/۵٪ و حدود ۷۰٪ مساحت حوضه منصورآباد دارای گروه‌های هیدرولوژیکی A و C می باشند که این نشان دهنده توانایی زیاد حوضه برای تولید رواناب در هنگام بروز رگبارهای فراوان می باشد. در مقابل، بیش از ۳۰ درصد حوضه ناورود دارای گروه هیدرولوژیکی B می باشد که توانایی متوسطی در تولید رواناب دارد. رودخانه دائمی حوضه، ۲درصد مساحت حوضه ناورود را در بر می گیرد.



شکل۵: نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی خاک حوضه‌های آبریز منصورآباد و ناورود

جدول۵: مساحت تحت پوشش گروه‌های هیدرولوژیکی خاک حوضه‌های آبریز

گروه هیدرولوژی / حوضه آبریز	A	B	C	D	WATER
منصورآباد	۰/۳۷	۱۱/۷۹	۶۹/۶۳	۱۸/۲۱	-
ناورود	-	۳۲	۴۹	۱۷	۲

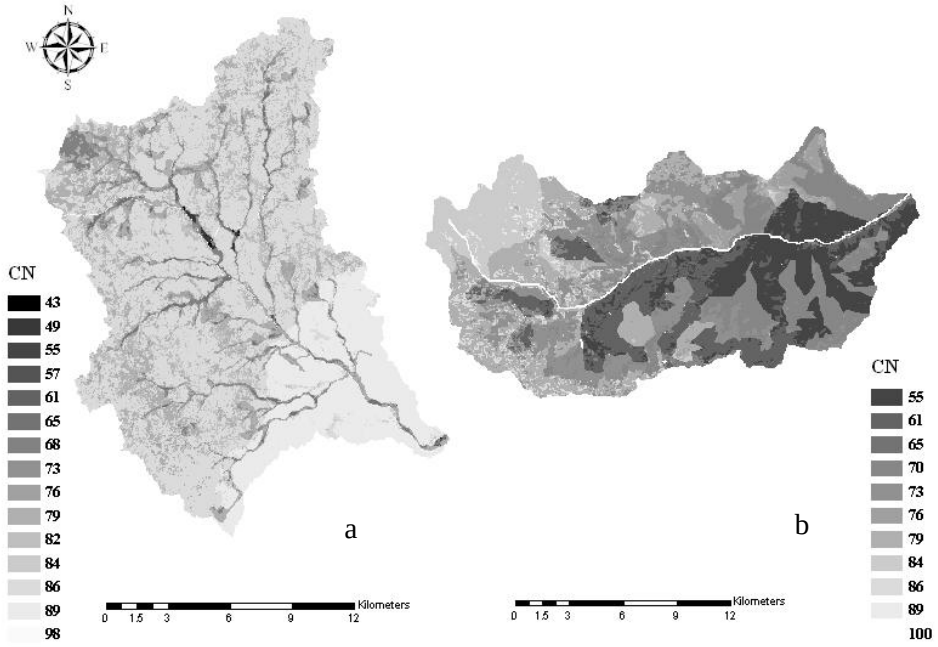
www.SID.ir

نتایج و بحث

به کمک جدول SCS که به صورت برنامه ویژوال بیسیک در نرم افزار اکسل نوشته شده است و نقشه‌های کاربری اراضی، پوشش گیاهی و گروه هیدرولوژیکی خاک حوضه‌های آبریز که در مراحل پیش تهیه شد، می توان شماره منحنی را برای هر تعداد پیکسل حوضه تعیین کرد. به این ترتیب هر پیکسل حوضه، دارای شماره منحنی مخصوص به خود می شود. شماره منحنی متوسط وزنی حوضه نیز با استفاده از معادله (۳) به دست می آید. متوسط وزنی شماره منحنی حوضه آبریز منصورآباد از متوسط شماره منحنی‌های این حوضه بیشتر، ولی متوسط وزنی شماره منحنی حوضه آبریز ناورود از متوسط شماره منحنی‌های این حوضه، کمتر می باشد (جدول۶). این امر به دلیل این است که در حوضه آبریز منصورآباد، شماره منحنی‌های با مقادیر زیاد، مانند ۸۶ ، حدود ۵۰درصد مساحت حوضه را به خود اختصاص داده است ولی در حوضه ناورود، شماره منحنی‌های پایین، مانند ۵۵ و ۶۱ ، حدود ۳۰ درصد مساحت حوضه را اشغال کردند. شکل ۶ ، نقشه شماره منحنی رواناب حوضه‌های آبریز منصورآباد و ناورود را در شرایط رطوبتی متوسط نشان می دهد.

جدول۶: میانگین و میانگین وزنی CN حاصل از تصاویر لندست برای حوضه‌های آبریز در وضعیت رطوبت متوسط

حوضه آبریز	میانگین	میانگین وزنی
منصورآباد	۸۱/۴۶	۸۳/۹۰
ناورود	۷۳/۲۳	۷۱/۱۸



شکل ۶: نقشه شماره منحنی رواناب حوضه‌های آبریز منصورآباد و ناورود

Archive of SID

www.SID.ir

برای تعیین صحت شماره منحنی بدست آمده نیاز به اندازه گیری مقادیر دبی سیلاب و میزان رگبار حوضه مورد مطالعه می‌باشد. به عبارت دیگر باید آمار ایستگاه‌های هیدرومتری و بارش ثبات مناطق مورد مطالعه، در اختیار باشد. بدین منظور برای هر دو حوضه آبریز، از ۴ سیلاب بوقوع پیوسته، استفاده شده است که دارای آمار دقیق بارندگی و رواناب می باشد. این آمار از ایستگاه‌های هیدرومتری منصورآباد و باران سنج ثبات نقنج در حوضه منصورآبادو ایستگاه هیدرومتری و باران سنج ثبات ناورود در حوضه ناورود گیلان و توسط شرکت‌های آب منطقه ای خراسان جنوبی و گیلان در اختیار قرار داده شده است. عمل صحت سنجی شماره منحنی با مقایسه دبی حداکثر سیلاب مشاهده ای با حداکثر دبی سیلابی به دست می آید که مدل، با داده‌های بارش و شماره منحنی شبیه سازی شده با GIS و RS تعیین می نماید. بدین منظور در این تحقیق از مدل بارش رواناب HEC_HMS استفاده شده است. در نهایت برای ارزیابی دبی‌های شبیه سازی شده با GIS و RS و مدل HEC_HMS و مقایسه آن با دبی‌های مشاهده ای به کمک معادله (۴)، درصد خطا بین دبی مشاهده ای و محاسبه ای تعیین شد. جداول ۷ و ۸ نتایج به دست آمده از مقایسه دبی حداکثر سیلاب اندازه گیری شده درخروجی حوضه و محاسبه شده با مدل HEC-HMS را برای هر دو حوضه آبریز نشان می دهد.

جدول۷: مقایسه دبی حداکثر شبیه سازی شده و مشاهده ای برای حوضه منصورآباد

پارامتر	۱۳۷۷/۱۱/۱۷	۱۳۷۷/۱۲/۱۲	۱۳۸۴/۲/۱۲	۱۳۸۶/۱/۹
حداکثر دبی سیلاب مشاهده ای (m^3/s)	۳/۹۳	۳/۵	۶/۳	۷/۲۹
حداکثر دبی سیلاب شبیه سازی (m^3/s)	۳/۶	۳/۱	۷/۵	۵/۷۲
درصد خطا	۸/۴	۱۱/۴	۱۹	۲۱/۵

جدول۸: مقایسه دبی حداکثر شبیه سازی شده و مشاهده ای برای حوضه ناورود

پارامتر	۱۳۷۹/۸/۱۰	۱۳۸۰/۷/۹	۱۳۸۱/۹/۴	۱۳۸۴/۲/۲۵
حداکثر دبی سیلاب مشاهده ای (m^3/s)	۴۷/۷۶	۱۱۴/۶۴	۴۳/۵۰	۱۰/۱۱
حداکثر دبی سیلاب محاسبه ای (m^3/s)	۴۴/۳	۱۲۶/۳۵	۳۲/۵۳	۸/۹
درصد خطا	۷/۳	۱۰/۲	۲۵/۲	۱۲

Archive of SID

www.SID.ir

نتیجه گیری

این تحقیق برای مشخص نمودن وضعیت هیدرولوژیکی و رواناب دو حوضه آبریز با دو اقلیم متفاوت کشور انجام شده است. همانطور که در اشکال و جداول نشان داده شد، در حوضه منصورآباد، سطح تحت پوشش کاربری‌های مرتع فقیر و اراضی توده سنگی، حدود ۶۷ درصد، وسطح گروه هیدرولوژیکی Cو D حدود ۸۸ درصد و سطح تحت پوشش وضعیت ضعیف پوشش گیاهی، حدود ۷۵ درصد می باشد. وجود این مقادیر سبب شد تا شماره منحنی‌های با مقادیر بزرگ، مانند ۸۶، حدود ۵۰درصد حوضه را به خود اختصاص دهند و این موجب گردید تا متوسط وزنی شماره منحنی، نسبت به متوسط شماره منحنی‌ها بیشتر شود و توان هیدرولوژیکی رواناب حوضه آبریز منصورآباد افزایش یابد. در مقابل، حوضه ناورود با ۶۰ درصد سطح تحت پوشش جنگل پرتراکم و نسبتاً پرتراکم ، ۳۲درصد گروه هیدرولوژیکی B و ۸۰ درصد سطح تحت پوشش وضعیت‌های عالی و خوب پوشش گیاهی سبب شد تا شماره منحنی‌های پایین، مانند ۵۵ و ۶۱، حدود ۳۰درصد مساحت حوضه را به خود اختصاص دهند و متوسط وزنی شماره منحنی‌های حوضه از متوسط شماره منحنی‌های حوضه کمتر شود. این در حالی است که شماره منحنی‌های کمتر از ۶۵، در مجموع، کمتر از۰/۳ درصد حوضه منصورآباد را اشغال کرده اند. هم چنین بیشتربودن متوسط وزنی شماره منحنی‌های حوضه آبریز منصورآباد نسبت به حوضه ناورود، در شرایط یکسان بارش و زمان بارش، حاکی از مستعد بودن حوضه آبریز منصورآباد برای بروز سیلاب‌های مخرب می باشد که باید تدابیر امنیتی و حفاظتی لازم به هنگام وقوع رگبارهای سیل آسا اتخاذ شود.

وجود درصد خطای پایین در نتایج شبیه سازی شده با GIS، RS و مدل HEC_HMS با نتایج مشاهده ای، نشان می دهد که امروزه می توان به کمک تکنیک‌های پیشرفته، مثل GIS و RS برای بیشتر حوضه‌های آبریز به خصوص حوضه‌های دارای فقدان آمار صحیح یا آمار کم اندازه گیری(مانند بیشتر حوضه‌های ایران) ، شماره منحنی رواناب را تعیین نمود و حجم رواناب را تخمین زد. نتایجی که اکبرپور و شریفی در حوضه کامه برای تعیین شماره منحنی رواناب به کمک تصاویر لندست و میریعقوب زاده و قنبرپور در حوزه آبخیز سدکرج برای تهیه نقشه پوشش برف در مدلسازی رواناب به کمک تصاویر MODIS انجام دادند نیز گواهی بر کارآمد بودن GIS و RS می باشد. هم چنین این تحقیق مشخص کرد که برای مناطق یا حوضه‌هایی که امکان بازدید میدانی برای آنها مقدور نیست، می توان به کمک تصاویر ماهواره ای و GIS بدون بازدید منطقه، از وضعیت پوشش گیاهی، کاربری‌های منطقه و استعداد منطقه برای بروز سیلاب‌های مخرب اطلاع حاصل نمود.

منابع

- **اکبرپور، ا، و شریفی، م.ب. (۱۳۸۵)**. تخمین شماره منحنی رواناب با استفاده از سنجش از دور وسیستم اطلاعات جغرافیایی(مطالعه موردی: حوضه آبریز کامه)، در مجموعه مقالات هفتمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه، دانشگاه شهید چمران اهواز، ۳۵۷-۳۶۵.

-**یعقوب زاده، م. (۱۳۸۷)**. تعیین شماره منحنی حوضه آبریز با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و سنجش از دور (RS) (مطالعه موردی: حوضه آبریز منصورآباد بیرجند)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ص۱۵۰.

Archive of SID

www.SID.ir

-**ASCE, (1993).** Criteria for evaluation of watershed models, J. Irrig.drain. Engrg, 119(3): 425-449.

-**Foher, N., Haverkamp, S,**. **Eckhardt, K and Frede, G. (2001).** Hydrologic response to land use change on the catchment scale, physics and chemistry of earth, part B: Hydrology, oceans and Atmosphere, 26, pp.577-582.

-**French, R.M., Miller, J.J., Dettling, CH and Carr, J.R. (2006).** "Use of remotely sensed data to estimate the flow of water to a playa lake", Journal of Hydrology, pp. 62-81.

-**Gandini, M.L and Usunoff, E.J. (2004).** SCS curve number estimation using remote sensing NDVI in a GIS environmental, Journal of Environmental Hydrology, 12, pp.168-179.

-**InciTekeli, Y., Akguül, O., Dengiz. A and Aküzüm ,T. (2006).** Estimation of flood discharge for small watershed using SCS curve number and geographic information system, River Basin Flood Management Journal, pp. 527-538.

- **Mather, P.M. (1999).** Computer Processing of Remotely-sensed Images, John Wiley and Sons.NewYork, p. 332

- **Mishra, S.K., Tyagi, J.V., Singh, V.P., Ranvir Singh,D. (2006).** SCS-CN-based modeling of sediment yield, Journal of Hydrology, pp. 301-322.

-**Nayak, R.T and Jaiswal, R.K. (2003).** Rainfall-Runoff modeling using satellite data and GIS for Bebas river in Madhta Pradesh, Journal-CV, 47-50.

-**Symeonahis, E., Koukoulas, S., Calvo-Case, A., Aruau-Rosalen, E and Makris, I. (2005).** A land use change and land degradation study in Spain and Greece using remote sensing and GIS. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, XXth ISPRS Congress, Istambul, 16-23 July.

-**Titmarsh, G.W., Cordery, I and Pilgrim,F. (1995).** Calibration procedures for the Rational and USSCS design flood methods, Journ. Hydraulic Engg., Amer. Soc. Civ. Engrs., 121, pp. 61-70

Archive of SID

www.SID.ir