

ارزیابی روش شماره منحنی رواناب به کمک سنجش از دور و مدل HEC_HMS (مطالعه موردی: حوضه آبخیز منصورآباد بیرجند)

مصطفی یعقوب زاده^{۱*}، ابوالفضل اکبرپور^۲، غلامعباس بارانی^۳ و بهروز اعتباری^۴

*- نویسنده مسئول، کارشناسی ارشد، سازه های آبی، دانشکده فنی، دانشگاه شهید باهنر، کرمان

پست الکترونیکی: Mostafa.yaghoobzadeh@gmail.com

۲- استادیار، گروه مهندسی آب، دانشکده فنی، دانشگاه بیرجند

۳- استاد، بخش مهندسی عمران، دانشکده فنی، دانشگاه شهید باهنر، کرمان

۴- کارشناس ارشد، شرکت آب منطقه ای خراسان جنوبی

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۳/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۱۲/۱۷

چکیده

روش شماره منحنی رواناب، ساده و دارای کاربرد فراوان و مؤثر در تعیین رواناب می باشد. در این مطالعه، نقشه شماره منحنی رواناب حوضه آبخیز منصورآباد بیرجند با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و تصاویر ماهواره لندست (ETM+) و براساس فاکتورهایی مانند گروه هیدرولوژی خاک، کاربری اراضی و پوشش گیاهی تعیین شده است. نقشه وضعیت پوشش زمین با کمک شاخصهای NDVI و VI تهیه شده و حوضه به سه کلاس مرتع خوب، نسبتاً فقیر و فقیر تقسیم بندی گردید. نقشه کاربری اراضی حوضه با استفاده از داده های ماهواره لندست و نقشه گروه هیدرولوژیکی خاک به کمک نقشه های خاک، شیب، کاربری اراضی، تشکیلات زمین شناسی و بازدیدهای صحرائی تهیه گردید. از تلفیق نقشه های تهیه شده در GIS و با استفاده از جدول SCS، نقشه شماره منحنی رواناب و بعد نقشه ضریب نگهداشت سطحی حوضه تعیین گردید. به طوری که برای ارزیابی صحت نتایج به دست آمده، دبی حداکثر سیلاب به کمک مدل HEC-HMS محاسبه و با مقدار اندازه گیری شده مقایسه گردید. صحت ۸۵٪ نتایج نشان داد که می توان به دقت و صحت شماره منحنی به دست آمده از روش RS و GIS در حوضه های فاقد آمار و یا دارای آمار محدود اندازه گیری اعتماد نمود.

واژه های کلیدی: شماره منحنی رواناب، سنجش از دور، GIS، شاخص پوشش گیاهی، HEC_HMS.

مقدمه

داده های دقیق، استفاده از فرمولهای تجربی در این گونه موارد می تواند یکی از راههای معقول و مفید برای نیل به اهداف یادشده باشد (ملکیان و همکاران، ۲۰۰۳). ولی این امر ممکن است در حوضه های آبخیز بزرگ، سبب هدر رفتن وقت و هزینه های بسیار شود که جبران آن مقدور

برآورد دبی اوج و رواناب در مناطق دارای آمار محدود یا فاقد آمار مانند اکثر حوضه های آبخیز ایران یکی از مهم ترین مسائل در تصمیم گیریهای مربوط به منابع آب است. از طرف دیگر با توجه به نبود یا کمبود آمار و

INTA مشخص و با استفاده از نرم‌افزار Arc View GIS رقومی و به گروه‌های هیدرولوژی خاک تبدیل گردید. در نهایت CN منطقه با استفاده از عملگرهای ریاضی موجود در GIS مشخص شده و می‌تواند به‌عنوان ورودی مدل‌های بارش-رواناب به‌کار رود. در ایران نیز در سال ۱۳۸۵ قهرودی تالی مدل وزنی را در حوضه آبخیز سد کرج توسط سیستم اطلاعات جغرافیایی اجرا نمود. وی با استفاده از تصاویر ماهواره IRS-LISS III ادغام شده با باند PAN، شاخص پوشش گیاهی (NDVI) منطقه را استخراج نموده و بعد بر اساس این شاخص، حوضه را به چهار کلاس تراکم پوشش گیاهی تقسیم‌بندی کرده است. در نهایت با استفاده از نقشه پوشش و گروه هیدرولوژیکی خاک و مدل وزنی، نقشه شماره منحنی و رواناب حوضه تهیه گردید. نتایج نشان داد که استفاده از مدل وزنی در محاسبه شماره منحنی، این امکان را فراهم می‌سازد که تمام عوامل مؤثر در تولید رواناب در نظر گرفته شود و در نتیجه تخمین درست‌تری از رواناب ناشی از بارندگی به‌دست‌آید. همچنین اکبرپور و شریفی (۱۳۸۵)، با استفاده از داده‌های ماهواره لندست ETM+، نقشه کاربری اراضی حوضه آبریز کامه را به روشهای فازی دو و سه لایه و همچنین روش حداکثر احتمال تهیه کرده و نتایج آن را با هم مقایسه نمودند. در نهایت از روش حداکثر احتمال برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای و تهیه نقشه کاربری اراضی و نقشه شماره منحنی رواناب حوضه آبریز استفاده نمودند.

در این مطالعه، ابتدا با استفاده از نقشه‌های کاربری اراضی، گروه هیدرولوژی خاک و پوشش گیاهی و به‌کمک جدول SCS، نقشه‌های شماره منحنی رواناب و ضریب نگهداشت سطحی خاک حوضه آبخیز منصورآباد بیرجند

نباشد. پیشرفت تکنیک‌های سنجش از دور از یک طرف و استفاده از دستگاه‌های اندازه‌گیری در زمینه‌های مختلف کمیت و کیفیت آب از طرف دیگر، امکان دسترسی به حجم عظیمی از داده‌ها را در زمینه‌های مختلف مهندسی آب در مناطق مختلف جهان مهیا کرده است. در زمینه تهیه نقشه شماره منحنی و برآورد دبی اوج رواناب مطالعات مختلفی در سطح جهان انجام شده است که در زیر به برخی از آنها اشاره شده است.

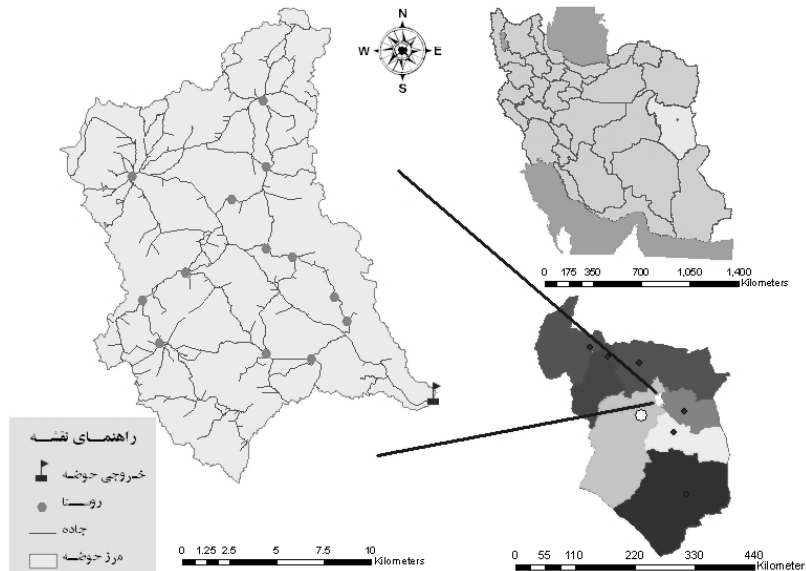
Melesse و همکاران (2003) برای تعیین عمق رواناب در زیر حوضه S-65A از حوضه Kissimmee در آمریکا، از روش شماره منحنی سازمان حفاظت خاک آمریکا استفاده کردند. آنها برای شناسایی بهتر، اثر تغییرات کاربری زمین را در سالهای ۱۹۸۰، ۱۹۹۰ و ۲۰۰۰ بر روی رواناب بررسی کردند. در تحقیق آنها از تصاویر ماهواره لندست TM، MSS، ETM+ برای تعیین نقشه کاربری زمین و پوشش گیاهی استفاده شد و نقشه پوشش گیاهی منطقه نیز با استفاده از تصاویر ماهواره و به‌کمک شاخص NDVI تهیه گردید. در این تحقیق همچنین مشخص شد که تغییر کاربری اراضی در طی دوره زمانی ۲۰ ساله، سبب تغییر در توزیع مکانی CN و حجم رواناب خواهد شد. همچنین Gandini و Usunoff (2004) جهت تعیین دامنه‌ای از تغییرات مقادیر شماره منحنی برای زیر حوضه‌های رودخانه Azul Creek در کشور آرژانتین از روش شماره منحنی SCS استفاده نمودند. آنها با استفاده از تصاویر سنجش از دور SAC-C، نقشه کاربری اراضی را تهیه نموده و شاخص NDVI نیز تراکم پوشش گیاهی حوضه را با استفاده از تصاویر SAC مشخص کرده است. نرم‌افزارهای ERDAS و IDRISI عمل تقسیم‌بندی پوشش گیاهی را انجام دادند. نقشه خاک منطقه توسط

جغرافیایی $6^{\circ}33'$ تا $53^{\circ}38'33''$ شمالی قرار گرفته است. مساحت حوضه $252/823$ کیلومتر مربع و محیط آن $96/914$ کیلومتر می باشد. ارتفاع متوسط حوضه 2111 متر و شیب متوسط حوضه $16/25$ درصد می باشد. همچنین متوسط بارش و زمان تمرکز حوضه نیز به ترتیب 204 میلیمتر و $4/05$ ساعت است. شکل ۱ موقعیت حوضه آبخیز را بر روی نقشه ایران و استان نمایش می دهد.

تهیه شد و بعد به منظور ارزیابی نتایج از مدل بارش رواناب HEC-HMS استفاده گردید.

مواد و روشها

منطقه مورد مطالعه: حوضه آبخیز معرف منصورآباد، در شرق استان خراسان جنوبی و 50 کیلومتری شهرستان بیرجند واقع شده است. این حوضه آبخیز در طول جغرافیایی $10^{\circ}14'59''$ تا $17^{\circ}36'59''$ شرقی و عرض



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در کشور و استان.

صحت کلی^۲ و ضریب کاپا^۳ را برای بیان صحت محاسبه نمود.

۱- **صحت کاربر:** صحت کاربر برابر است با تعداد پیکسل های درست طبقه بندی شده در طبقه X به تعداد پیکسل های طبقه X در طبقه بندی. در محاسبه صحت کاربر، پیکسلهایی که به طبقه واقعی خود اختصاص داده

برآورد صحت نقشه های موضوعی: به منظور بیان

صحت یک نقشه طبقه بندی شده به صورت کمی می توان آن را به صورت پیکسل به پیکسل با واقعیت زمینی مقایسه و نتایج را در جدولی به نام جدول خطا درج نمود. بر پایه این جدول می توان معیارهای کمی نظیر صحت کاربر^۱،

2- Overall Accuracy
3- Kappa Coefficient

1 - User accuracy

نادرست طبقه‌بندی شده‌اند نیز دخالت داده می‌شوند، از این رو معیار مناسبی برای مقایسه نتایج طبقه‌بندی‌های مختلف می‌باشد.

رواناب: مسئله برآورد رواناب سطحی در حوضه آبخیز رودخانه موضوع پیچیده‌ایست و دستیابی به میزان کمی و کیفی آن، پایه و مبنای مطالعات طرح‌های مختلف توسعه، بهره‌برداری از منابع آب و سازه‌های آبی را تشکیل می‌دهد. روش‌های مختلفی برای برآورد رواناب وجود دارد که یکی از این روش‌ها، روش شماره منحنی رواناب^۵ SCS است. در روش SCS، تعیین شماره منحنی رواناب که تابعی از ویژگی‌های خاک، کاربری اراضی، پوشش گیاهی می‌باشد، ضروری است. این روش بیشتر برای حوضه‌های آبخیزی که در آنها داده‌های اندازه‌گیری دبی رواناب وجود ندارد، به کار می‌رود (Inci Tekeli et al., 2006). در روش SCS ارتفاع بدست‌آمده از یک بارندگی به صورت زیر محاسبه می‌شود (Mishra et al., 2006).

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

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (3)$$

در این روابط، S: ضریب نگهداشت سطحی، Q: ارتفاع رواناب (میلی‌متر)، ρ: ارتفاع بارندگی (میلی‌متر) و CN: شماره منحنی رواناب است که بین صفر تا صد متغیر بوده و با توجه به جدولی که توسط سازمان حفاظت خاک ایالات متحده (SCS) براساس کاربری اراضی، گروه‌های هیدرولوژیکی، پوشش گیاهی و شرایط رطوبت پیشین تهیه شده است، محاسبه می‌گردد.

CN به دست‌آمده برای شرایطی است که خاک در وضعیت رطوبتی متوسط باشد یا بارندگی در زمانی

نشده‌اند، لحاظ نمی‌شود. صحت کاربر در واقع بیانگر میزان احتمالی است که یک پیکسل در نقشه طبقه‌بندی شده، در عمل نیز به آن طبقه تعلق داشته باشد.

۲- صحت کلی: عبارت است از مجموع پیکسل‌هایی که درست طبقه‌بندی شده‌اند به مجموع پیکسل‌های مورد طبقه‌بندی. این معیار بسیار ساده و متداول می‌باشد، اما از قدرت بیان‌کنندگی پایینی برخوردار است. به طوری که در محاسبه آن پیکسل‌هایی که به خطا به طبقات اختصاص یافته‌اند پیکسل‌هایی که به عنوان طبقه واقعی خود شناسایی و طبقه‌بندی نشده‌اند، لحاظ نمی‌شوند. بروز توافق اتفاقی^۴ نیز در آن ممکن است. بنابراین یک صحت کلی بالا، زمانی با ارزش و قابل اعتماد می‌باشد که صحت هر یک از طبقات نیز حتی‌الامکان بالا باشند (مخدوم و همکاران، ۱۳۸۳).

۳- ضریب کاپا: به منظور حذف توافق اتفاقی از صحت کلی و فراهم آوردن امکان مقایسه طبقه‌بندی‌های مختلف با یکدیگر، Congalton و همکاران در سال ۱۹۸۳ ضریب کاپا را به عنوان یک معیار مناسب بشرح زیر پیشنهاد داده‌اند (مخدوم و همکاران، ۱۳۸۳).

$$K = \frac{\theta_1 - \theta_2}{1 - \theta_2} \quad (1)$$

در این رابطه، K = ضریب کاپا، θ_1 = صحت کلی و θ_2 = توافق اتفاقی می‌باشد.

ضریب کاپا می‌تواند بین صفر و یک متغیر باشد و معادل یک مفهوم توافق و هم‌سوئی صددرصد بین حاصل طبقه‌بندی و واقعیت زمینی و صحت کامل حاصل طبقه‌بندی باشد. به طوری که در محاسبه ضریب کاپا علاوه بر پیکسل‌هایی که درست طبقه‌بندی شده، پیکسل‌هایی که

تاریخ ۶ آگوست سال ۲۰۰۲ میلادی استفاده شده است. همچنین جهت تجزیه و تحلیل تصاویر و جمع‌آوری اطلاعات لازم برای تهیه نقشه شماره منحنی از نرم افزارهای ARC GIS 9.2, ARC VIEW, ERDAS 8.4 و 3.1 و 3.0 ILWIS استفاده گردیده است. شکل ۲ نمودار گردش مراحل انجام تحقیق را نشان می‌دهد.

۱- نقشه کاربری اراضی

کاربری اراضی یک خصوصیت مهم در فرایند رواناب می‌باشد که بر روی نفوذ، فرسایش و تبخیر و تعرق اثر می‌گذارد. مدل‌های هیدرولوژیکی توزیعی به داده‌های مکانی کاربری اراضی حوضه که به‌طور گسترده توسط تکنیک‌های GIS و RS تعیین می‌شوند، احتیاج دارند (Melesse & Shih, 2002). برای تهیه نقشه کاربری اراضی ابتدا به‌کمک نقشه توپوگرافی، نقشه اولیه کاربری اراضی یا نقشه راهنمای بازدید میدانی تهیه شد. این نقشه شامل لایه‌های رقومی مناطق مسکونی، پوشش گیاهی، مسیل و جاده می‌باشد که باید در بازدید از منطقه صحت این نقشه تایید شود. شکل ۳ نمودار گردش مراحل تهیه نقشه کاربری اراضی را نشان می‌دهد.

صورت گیرد که قبل از آن باران دیگری باریده و خاک حوضه مرطوب باشد. در غیر این صورت باید CN با استفاده از فرمولهای (۴) و (۵) به ترتیب برای وضعیت رطوبت خشک و مرطوب تصحیح شود (Melesse *et al.*, 2003).

$$CN_{(I)} = \frac{4.2CN_{(II)}}{10 - 0.058CN_{(II)}} \quad (4)$$

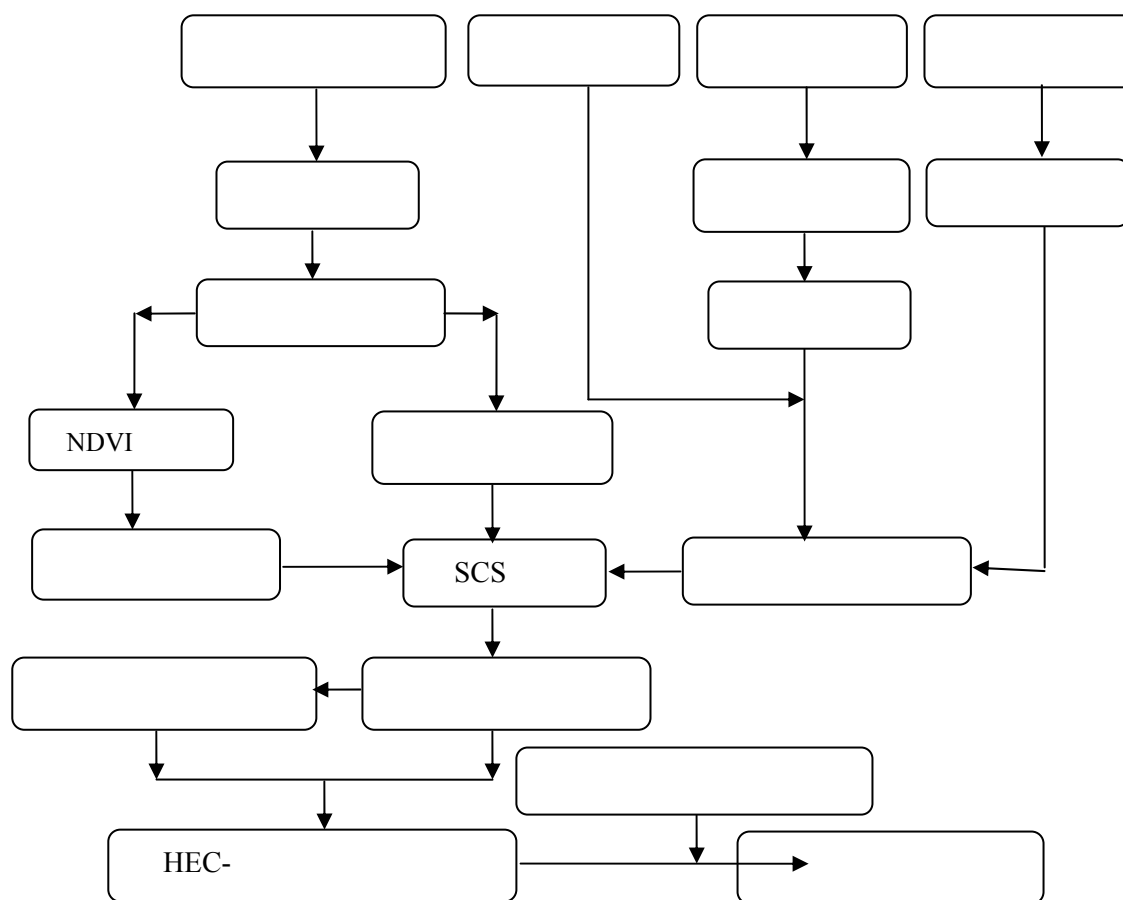
$$CN_{(III)} = \frac{23CN_{(II)}}{10 + 0.13CN_{(II)}} \quad (5)$$

در این روابط، $CN_{(I)}$ ، $CN_{(II)}$ و $CN_{(III)}$ به ترتیب، شماره منحنی برای شرایط رطوبت پیشین خشک، متوسط و مرطوب خاک است. در صورتی که شرایط حوضه از نظر عوامل مؤثر بر CN یکنواخت نباشد باید مقدار میانگین وزنی CN برای کل حوضه محاسبه گردد. بدین ترتیب که:

$$\overline{CN} = \left[\sum \left(\frac{A_i}{100} \right) (CN_i) \right] \quad (6)$$

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} باشد.

روش تحقیق: به منظور تهیه نقشه شماره منحنی حوضه از اطلاعات سنجنده ETM+ ماهواره لندست به



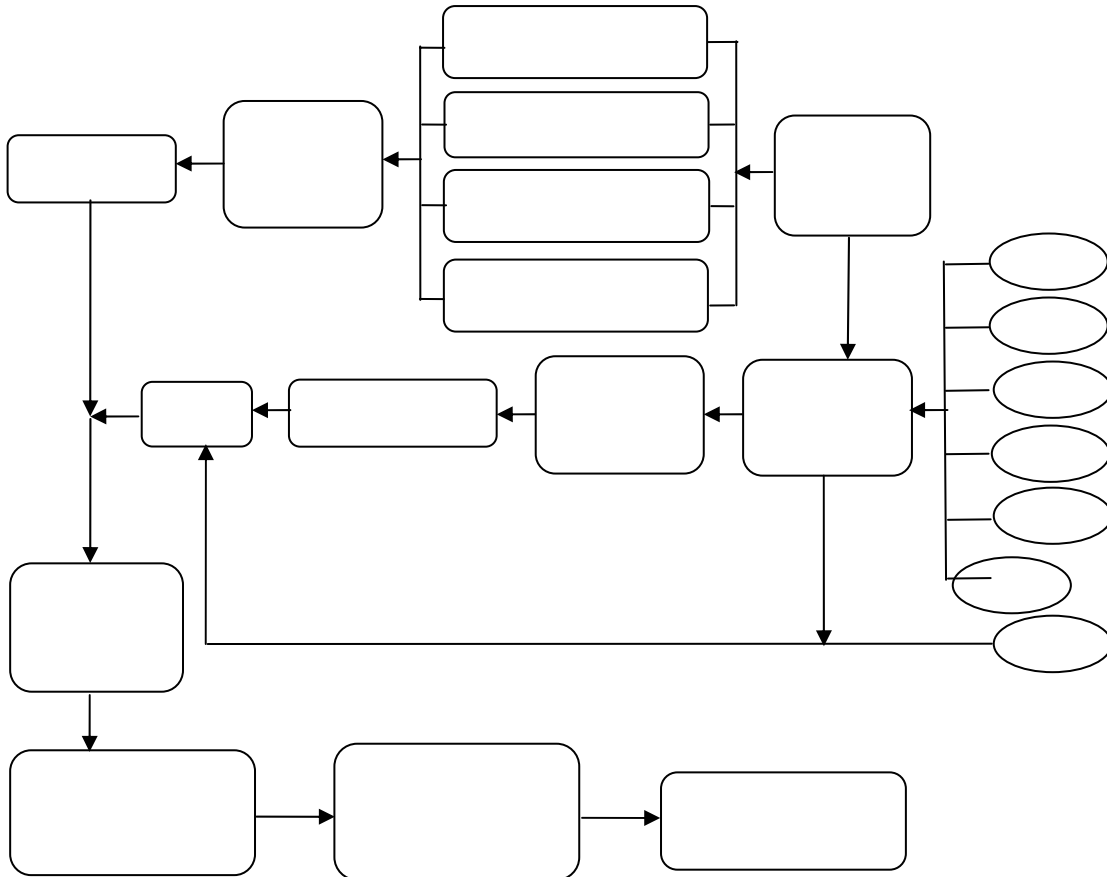
شکل ۲- نمودار گردش مراحل انجام تحقیق

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 (باند ۸)، قابلیت تفکیک تصویر به ۱۴ متر افزایش یافت. بدلیل دقت پایین کلاسهای طبقه بندی شده مناطق مسکونی و جاده، این کلاسها از فرایند طبقه بندی حذف و برای وارد کردن این طبقات در نقشه نهائی شماره منحنی از دیگر لایه های اطلاعاتی سیستم جغرافیائی استفاده گردید. طبقه بندی تصاویر، نظارت شده و با استفاده از روش حداکثر احتمال انجام گردید که پس از آن برای بهبود نتایج به دست آمده و حذف پیکسلهای منفرد، فیلترنما به ابعاد 5×5 پیکسل آزمون شد (یعقوب

برای تهیه نقشه نهائی کاربری اراضی از داده ها و اطلاعات تصاویر ماهواره لندست استفاده گردیده است. تصحیح هندسی تصاویر ماهواره ای نیز به کمک نقشه های توپوگرافی $1:25000$ و ۶ نقطه کنترل زمینی با پراکنش مناسب در سطح منطقه انجام شده است. همچنین تطبیق هندسی تصاویر با معادله چند جمله ای درجه دو انجام شد و RMS حاصل از تصحیح هندسی، کمتر از ۰/۱ بدست آمد. نقاط کنترل زمینی بیشتر در محل اتصال جاده ها و آبراهه ها به هم انتخاب شده است. سپس باندهای ماهواره بجز باندهای ۶ و ۸ جهت تهیه تصویر رنگی با هم ادغام شدند و عملیات بهبود کنتراست و بارسازی بر روی تصویر رنگی انجام

نقشه کاربری اراضی حوضه آبخیز منصورآباد و جدول ۱ نتایج طبقه‌بندی تصاویر لندست با استفاده از روش حداکثر احتمال را نشان می‌دهد.

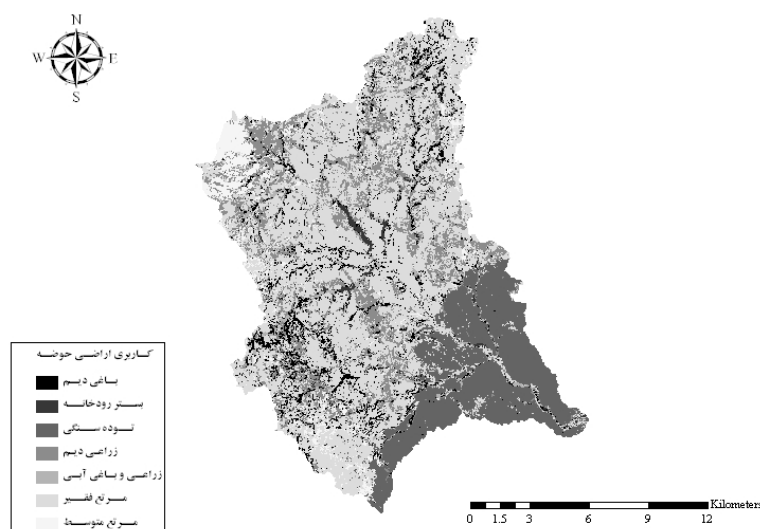
زاده، ۱۳۸۷). کاربریهای منطقه شامل اراضی باغی دیم، اراضی بستر رودخانه، توده سنگی، زراعی دیم، زراعی و باغی آبی، مرتع فقیر و مرتع متوسط می‌باشد. شکل ۴



شکل ۳ - نمودار گردش تهیه نقشه کاربری اراضی

جدول ۱- نتایج طبقه‌بندی تصاویر لندست برای تهیه نقشه کاربری اراضی با کمک روش حداکثر احتمال.

صحت	کاربری	مرتع متوسط	مرتع فقیر	زراعی و باغی آبی	زراعی دیم	اراضی توده سنگی	بستر رودخانه	باغی دیم
صحت کاربر (%)	۵۷	۸۳/۳۳	۱۰۰	۴۰	۸۳/۳۳	۱۰۰	۷۵	
صحت کلی (%)				۷۸/۱۳				
ضریب کاپا				۰/۷				



شکل ۴- نقشه کاربری اراضی حوضه آبخیز منصورآباد

شماره منحنی رواناب انتخاب گردید. این شاخصها عبارتند از:

- شاخص پوشش گیاهی ساده^۶ (VI)

این شاخص که از نسبت مادون قرمز نزدیک به قرمز حاصل می شود برای تمایز بین نواحی پوشش گیاهی متراکم و غیر متراکم مفید می باشد و از طریق فرمول زیر بدست می آید.

$$VI = \frac{NIR}{RED} \quad (6)$$

در این رابطه NIR: تشعشع ثبت شده در باند مادون قرمز و RED: تشعشع ثبت شده در باند قرمز می باشد. مقادیر حاصل از این نسبت، بین صفر و یک قرار می گیرند و هر چه پوشش گیاهی و درجه سرسبزی منطقه بیشتر باشد، مقادیر این شاخص نیز به یک نزدیک تر می شود.

صحت کلی و ضریب کاپا حاصل از برآورد صحت در نقشه کاربری اراضی به ترتیب برابر ۰/۷ و ۷۸/۱۳٪ می باشد. پایین بودن صحت کاربریهای زراعی دیم و مرتع متوسط در طبقه بندی تصاویر سبب کاهش برآورد صحت طبقه بندی و ضریب کاپای تصاویر شده است. همچنین صحت ۱۰۰٪ کاربری اراضی زراعی و باغی آبی مشخص می کند، مناطقی که به عنوان اراضی زراعی و باغی آبی شناخته شده اند، با احتمال زیادتری نسبت به سایر کاربریها در واقعیت زمینی صدق می کنند.

۲- نقشه وضعیت پوشش گیاهی

به منظور محاسبه CN با توجه به جدول استاندارد SCS نیاز است که وضعیت مرتع به لحاظ تراکم پوشش مشخص شود. در این مطالعه، مقایسه ای بین نقشه های پوشش گیاهی تهیه شده به کمک دو شاخص متداول پوشش گیاهی انجام گردید و بهترین نقشه برای تهیه نقشه

به دست آمده با نرم افزار ILWIS نشان داد که مقادیر شاخص NDVI بین ۰/۲۸- و ۰/۴۳+ تغییر می کند و این نشان دهنده تراکم پایین و پوشش گیاهی ضعیف منطقه مورد مطالعه می باشد. شکل ۵ نمودار گردشی تهیه نقشه پوشش را نشان می دهد.

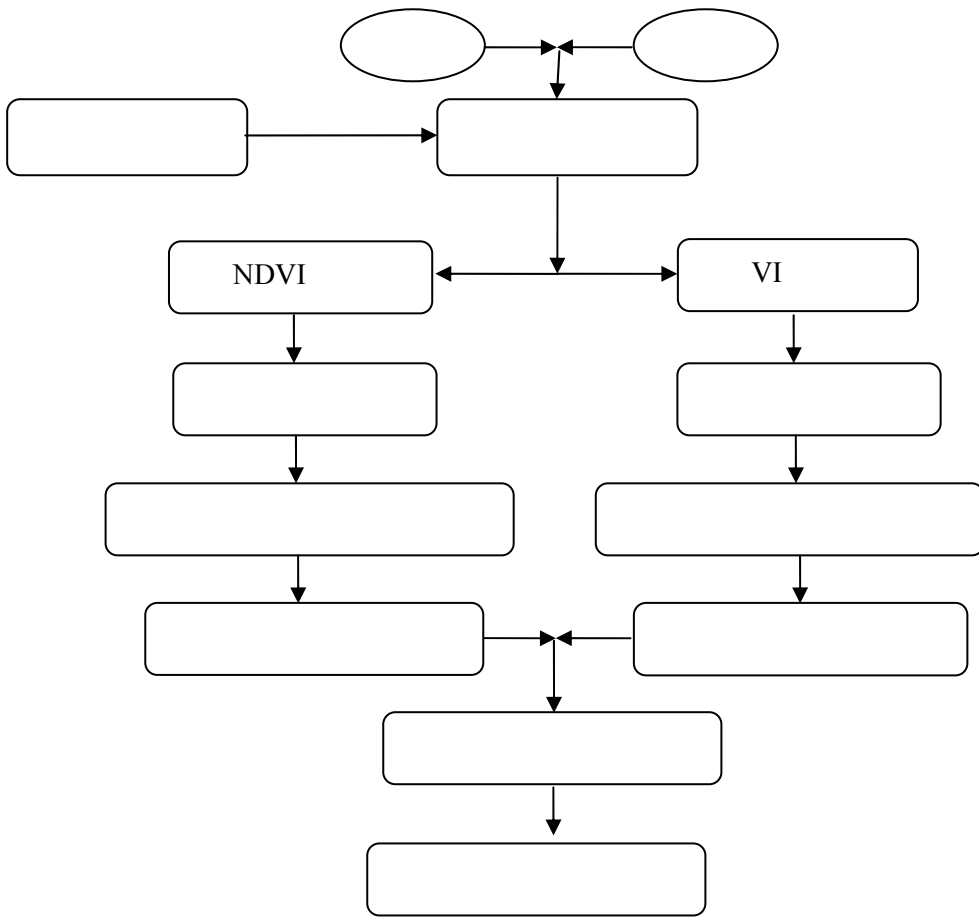
به منظور تعیین طبقات پوشش از جدولهای استاندارد SCS استفاده شد و با توجه به وضعیت مراتع، حوضه به سه طبقه خوب، نسبتاً فقیر و فقیر طبقه بندی شده است. طبقه بندی به روش نظارت شده و با الگوریتم حداکثر احتمال در نرم افزار ERDAS انجام شده است. شکل ۶ نقشه وضعیت پوشش گیاهی با استفاده از شاخص های گیاهی و جدول ۲ نتایج طبقه بندی تصاویر لندست با کمک الگوریتم حداکثر احتمال را نشان می دهد.

- شاخص اختلاف پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI)^۷ یکی از شاخصهایی است که به طور گسترده در بازیابی خصوصیات زیستی- فیزیکی پوشش گیاهی مورد استفاده قرار گرفته و به عنوان یک برآورد کننده لایه پوشش گیاهی شناخته شده است (Gandini & Usunoff, 2004).

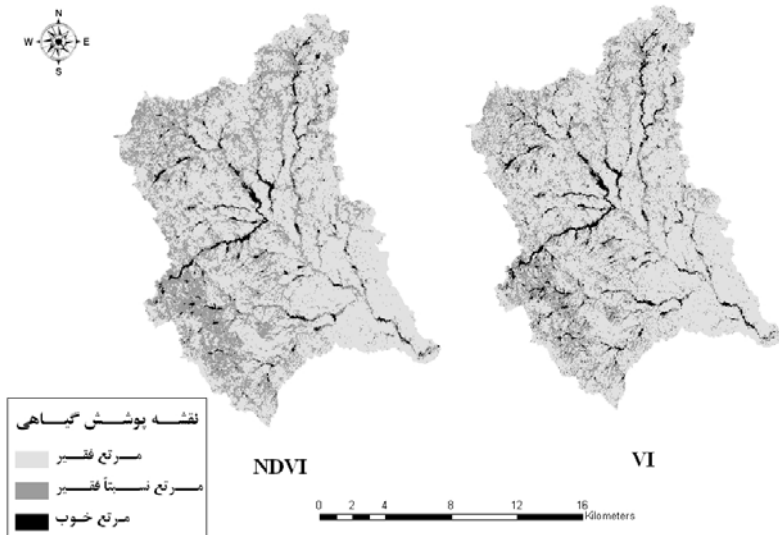
فرمول NDVI به شکل زیر می باشد.

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (7)$$

دامنه تغییرات این شاخص بین ۱ و -۱ می باشد. گیاهان سبز، مقادیر شاخص بالای ۱ از NDVI را خواهند داد و در مقابل آب، مقادیر منفی و خاک برهنه، مقادیری نزدیک به صفر دارد. باندهای سوم و چهارم در ماهواره لندست به ترتیب منعکس کننده باندهای قرمز و مادون قرمز می باشند. به طوری که نقشه پوشش گیاهی



شکل ۵- نمودار گردشی تهیه نقشه پوشش گیاهی



شکل ۶- نقشه پوشش گیاهی با استفاده از شاخص های گیاهی

جدول ۲- مقایسه نتایج شاخص های پوشش گیاهی

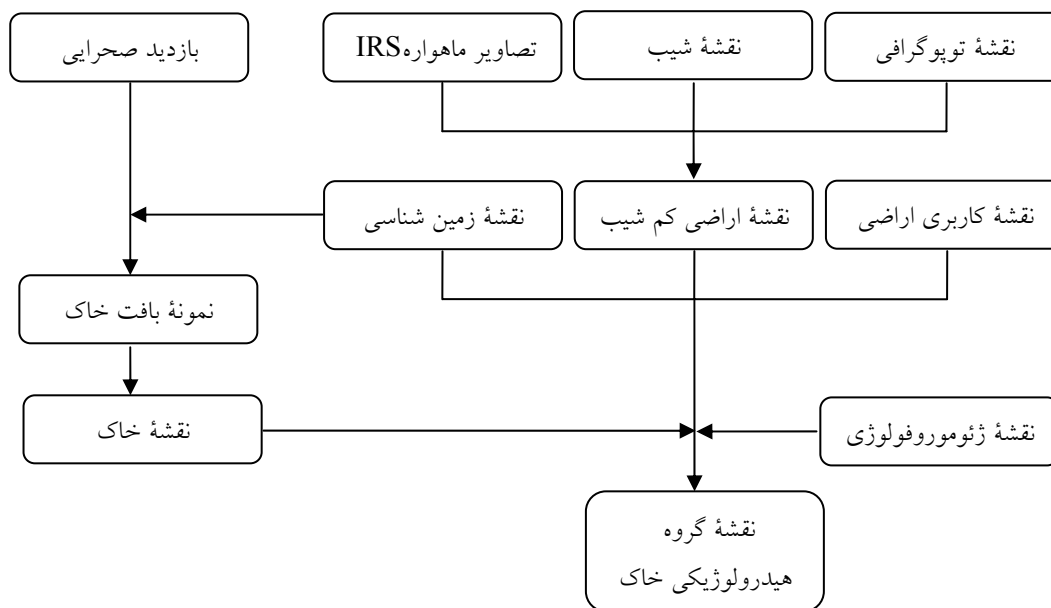
شاخص پوشش گیاهی	ضریب کاپا	صحت کلی (%)	طبقات مراتع	صحت کاربر (%)
VI	۰/۷۷	۹۳	فقیر	۹۵/۱۸
			نسبتاً فقیر	۷۷/۷۸
			خوب	۸۷/۵
NDVI	۰/۸۵	۹۳	فقیر	۹۸/۴۸
			نسبتاً فقیر	۸۱/۴۸
			خوب	۸۵/۷۱

می باشند که گروه A توانایی تولید رواناب ضعیف و گروه D توان زیادی در تولید رواناب دارد. در این مطالعه، ابتدا با بازدید صحرایی و به کمک نقشه زمین شناسی، ۱۲ نمونه بافت خاک از سطح حوضه تهیه شد و به این ترتیب از توزیع نوع بافت خاک منطقه اطلاع حاصل گردید. سپس با استفاده از نقشه های شیب، توپوگرافی و تصاویر ماهواره IRS (توان تفکیک ۵/۸ متر)، نقشه اراضی با شیب بسیار پایین تهیه گردید. از تلفیق نقشه اراضی کم شیب با نقشه های زمین شناسی و کاربری اراضی و با توجه به توزیع بافت خاک و نقشه ژئومورفولوژی حوضه، نقشه گروه های هیدرولوژیکی خاک حوضه آبخیز تعیین شد. شکل ۷ نمودار گردشی تهیه نقشه گروه های هیدرولوژیکی خاک و شکل ۸ نقشه گروه هیدرولوژیکی خاک منطقه مورد مطالعه را نشان می دهد.

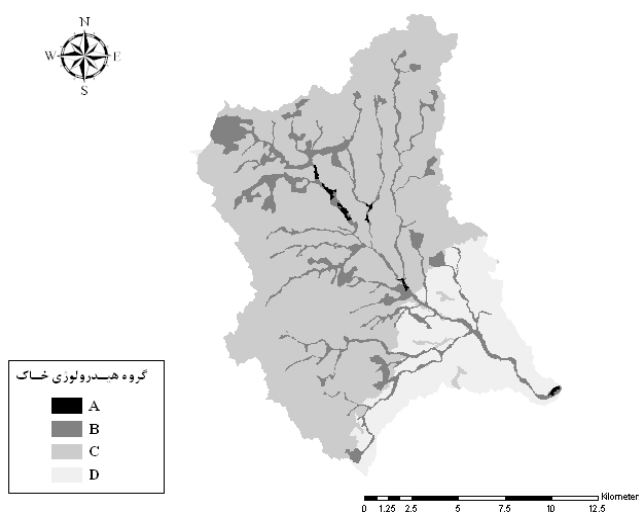
در نقشه پوشش گیاهی به دست آمده از هر دو شاخص، صحت طبقه بندی مراتع نسبتاً فقیر نسبت به مراتع فقیر و خوب پایین تر می باشد. همچنین زیاد بودن صحت کاربر مراتع فقیر نیز نشان دهنده افزایش دقت و سهولت طبقه بندی آنها نسبت به دیگر مراتع حوضه دارد. بیشتر بودن ضریب کاپا به دست آمده از شاخص NDVI نسبت به VI نیز نشان می دهد که نقشه حاصل از شاخص NDVI نسبت به VI از صحت و دقت بیشتری در ارتباط با واقعیت زمینی برخوردار می باشد. بنابراین برای تهیه نقشه شماره منحنی حوضه آبخیز از نقشه پوشش گیاهی حاصل از شاخص NDVI استفاده خواهد شد.

۳- نقشه گروه های هیدرولوژیکی خاک

بر اساس تقسیم بندی روش SCS گروه های هیدرولوژیکی خاک شامل چهار گروه A، B، C و D



شکل ۷- نمودار گردش تهیه نقشه گروه هیدرولوژیکی خاک



شکل ۸- نقشه گروههای هیدرولوژیکی حوضه آبخیز منصورآباد

نتایج

افزار اکسل نوشته شده است، 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. ضریب نگهداشت سطحی حوضه به کمک معادله

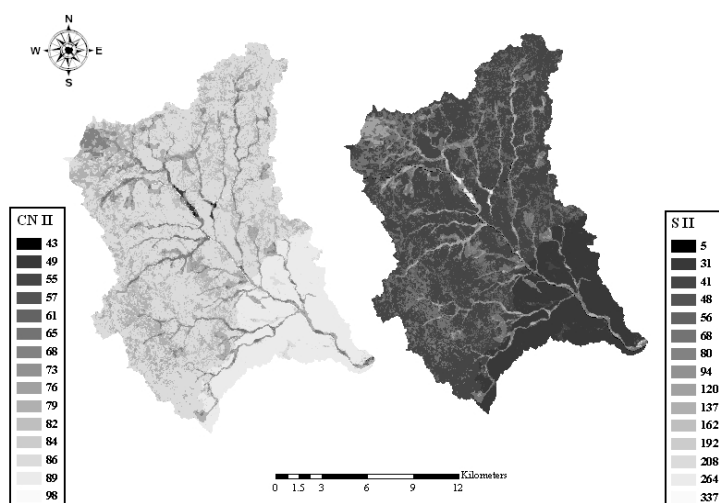
پس از اینکه نقشه های کاربری اراضی، پوشش گیاهی و گروه هیدرولوژیکی خاک حوضه آبخیز تهیه شد، به کمک جدول SCS که به صورت برنامه ویتوال بیسیک در نرم-

خشک نسبت به حالت رطوبت متوسط بیشتر است و این امر می تواند به دلیل نفوذپذیری زیاد خاکها در وضعیت رطوبتی خشک باشد. نکته دیگری که در مقادیر ضریب نگهداشت سطحی قابل توجه می باشد، دامنه تغییرات بسیار زیاد اعداد ضریب نگهداشت سطحی به خصوص در شرایط رطوبت خشک است. مقادیر ضریب نگهداشت در شرایط متوسط از ۵ تا ۳۳۷ و در شرایط خشک از ۱۳ تا ۸۰۴ تغییر می کند. این تفاوت بسیار زیاد می تواند به دلیل وجود جاده های آسفالتی که کمترین توان نگهداشت سطحی و اراضی زراعی و باغی آبی در شرایط هیدرولوژیکی خوب و نفوذ زیاد که بیشترین توان ذخیره را دارند، باشد. جدول ۳ میانگین و میانگین وزنی شماره منحنی رواناب و ضریب نگهداشت سطحی خاک را در شرایط رطوبتی متوسط و خشک نشان می دهد.

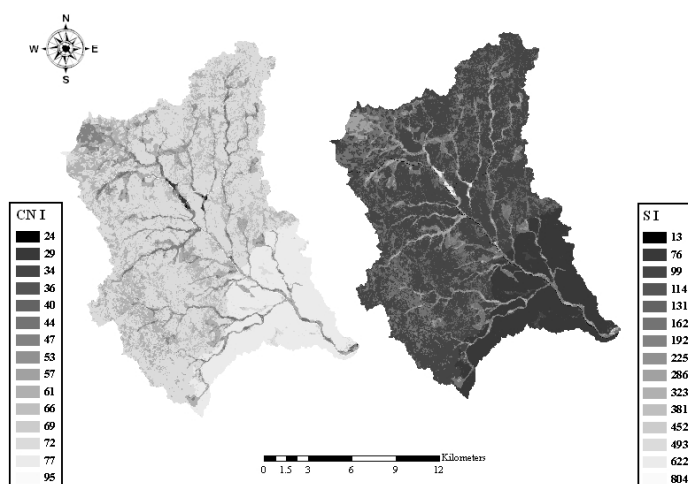
۳ و از روی شماره منحنی رواناب به دست می آید. به دلیل اینکه در بعضی از نقاط حوضه، رطوبت خاک در زمان نمونه برداری بافت، از شرایط رطوبتی پایین تر از حد متوسط برخوردار بود، شماره منحنی و ضریب نگهداشت سطحی در شرایط رطوبتی خشک نیز محاسبه و با شرایط رطوبتی متوسط مقایسه شد. با توجه به شکل های ۹ و ۱۰ مشخص است که مناطق با شماره منحنی زیاد به دلیل پایین بودن توان ذخیره آب، دارای ضریب نگهداشت سطحی کم و توان تولید رواناب زیاد می باشند. به عکس در مناطق جنگلی با گروه هیدرولوژی A و قابلیت نفوذ زیاد، شماره منحنی و حجم رواناب ایجاد شده توسط بارش به کمترین و ضریب نگهداشت سطحی به بیشترین مقدار خود می رسد. مقادیر ضریب نگهداشت سطحی خاک برخلاف شماره منحنی در حالت شرایط رطوبتی

جدول ۳- میانگین و میانگین وزنی شماره منحنی (CN) و ضریب نگهداشت سطحی (S) در شرایط خشک و متوسط

CN & S		میانگین وزنی	میانگین
شماره منحنی رواناب	وضعیت رطوبتی خشک	۶۸/۹۹	۶۵/۵۴
	وضعیت رطوبتی متوسط	۸۳/۹۰	۸۱/۴۶
ضریب نگهداشت سطحی	وضعیت رطوبتی خشک	۱۱۹/۶۸	۱۴۲/۸۴
	وضعیت رطوبتی متوسط	۴۹/۹۴	۶۰



شکل ۹- نقشه شماره منحنی (CN) و ضریب نگهداشت سطحی خاک (S) در شرایط رطوبتی متوسط



شکل ۱۰- نقشه شماره منحنی (CN) و ضریب نگهداشت سطحی خاک (S) در شرایط رطوبتی خشک

که با کاهش مساحت تحت پوشش اراضی آبی و افزایش سطح مراتع فقیر، شماره منحنی افزایش و ضریب نگهداشت سطحی کم می‌شود که این کاهش ضریب نگهداشت در شرایط رطوبتی خشک چشمگیر می‌باشد. پایین بودن ضریب نگهداشت سطحی حوضه حکایت از توان کم حوضه برای ذخیره و نفوذ آب دارد.

مقادیر میانگین ضریب نگهداشت سطحی خاک، به دلیل اینکه ضریب‌های پایین نگهداشت سطحی مساحت زیادتری از حوضه را به خود اختصاص داده‌اند از مقادیر میانگین وزنی بیشتر است که این امر در شرایط رطوبتی خشک چشمگیرتر است. میانگین وزنی ضریب نگهداشت سطحی خاک در شرایط رطوبت متوسط ۴۹/۹۴ و در شرایط خشک ۱۱۹/۶۸ می‌باشد. این مقادیر نشان می‌دهد

استفاده شده است. بدین منظور میانگین وزنی شماره منحنی و دیگر عوامل مورد نیاز به مدل داده شده و دبی حداکثر سیلاب محاسبه شده است. جدول ۴ مقایسه بین نتایج محاسبه شده با مدل HEC_HMS و اندازه‌گیری شده در خروجی حوضه را نشان می‌دهد.

بنابراین متوسط تطابق دبی محاسبه شده و اندازه‌گیری شده در این سه سیلاب ۸۵٪ می‌باشد. این نشان می‌دهد با احتمال ۸۵٪ در تعیین دبی حداکثر سیلاب، نتایج به دست آمده به کمک GIS و RS با نتایج اندازه‌گیری شده مطابقت دارد.

شرط لازم برای ارزیابی اعتبار یک روش این است که نتایج به دست آمده از آن روش با نتایج مشاهدات واقعی و اندازه‌گیری‌های انجام شده، مقایسه گردد. به همین دلیل باید از نتایج ایستگاههای ثبت‌کننده برای ثبت بارش لحظه‌ای و ایستگاه هیدرومتری برای ثبت ارتفاع سیل و تعیین دبی رواناب در هنگام وقوع سیلابها استفاده نمود. ایستگاه ثبت‌کننده حوضه آبخیز منصورآباد در سال ۱۳۷۷ تأسیس شده است و طی این ۱۰ سال، تنها ۳ سیلاب با آمار دقیق اندازه‌گیری بارش موجود می‌باشد که برای استفاده از آمار این سیلابها از مدل بارش رواناب HEC_HMS

جدول ۴- مقایسه نتایج دبی حداکثر محاسبه شده با مدل HEC-HMS با دبی اندازه‌گیری شده

تاریخ وقوع سیلاب	دبی حداکثر اندازه‌گیری شده	دبی حداکثر محاسبه شده با مدل HEC-HMS	درصد تطابق دبی محاسبه شده با دبی اندازه‌گیری شده
بهمن ۱۳۷۷	۳/۹۳	۳/۶	۹۲
اردیبهشت ۱۳۸۴	۶/۳	۷/۵	۸۴
فروردین ۱۳۸۶	۷/۲۹	۵/۷۲	۷۹

بحث

در مقاله حاضر سعی شده است روش شماره منحنی رواناب در یک حوضه آبخیز از کشور اجرا و نتایج به دست آمده از آن به کمک مدل HEC-HMS با نتایج مشاهده‌ای مقایسه گردد. نتایج برآورد صحت طبقه‌بندی تصاویر به روش نظارت شده و با الگوریتم حداکثر احتمال برای تهیه نقشه کاربری اراضی حوضه مشخص کرد که مناطقی که به عنوان مراتع فقیر و اراضی زراعی و باغی آبی در سطح حوضه نشان داده شده است، در طبقه‌بندی بیشترین صحت کاربری را داشته و در واقعیت زمینی نیز صدق می‌کنند و به عکس مراتع متوسط نسبت به دیگر

کاربریهای اراضی، کمترین صحت کاربری را در طبقه بندی داشته است.

بررسی نقشه‌های پوشش تهیه شده با شاخص‌های NDVI و VI دلالت بر صحت بیشتر نتایج NDVI داشته و از این شاخص برای تهیه نقشه پوشش گیاهی استفاده گردید. برآورد صحت نقشه‌های پوشش گیاهی نیز حکایت از دقت پایین طبقه‌بندی مراتع نسبتاً فقیر نسبت به مراتع خوب و فقیر دارد.

متوسط شماره منحنی رواناب کل حوضه (۸۳/۹) دلالت بر توانایی بالای تولید رواناب منطقه مورد مطالعه داشته که این امر می‌تواند سبب وارد آمدن خسارتهای

- مخدوم، م.، درویش صفت، ع. ا.، جعفرزاده، ه. و مخدوم، ع.، ۱۳۸۳. ارزیابی و برنامه ریزی محیط زیست با سامانه های اطلاعات جغرافیایی (GIS). انتشارات دانشگاه تهران، ۳۰۹ صفحه.
- ملکیان، ا.، محسنی ساروی، م. و مهدوی، م.، ۱۳۸۳. بررسی و کارآیی و واسنجی روش شماره منحنی در برآورد عمق رواناب. مجله منابع طبیعی ایران، ۵۷(۴): ۶۳۳-۶۲۱.
- 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، ۱۵۰ صفحه.
- 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): 168-179
- Inci Tekel, Y., Akgüül, S., Dengiz, O. and Aküzüm, T., 2006. Estimation of flood discharge for small watershed using SCS curve number and geographic information system. *River Basin Flood Management Journal*, 527-538.
- Melesse, A. M. and Shih, S. F., 2002. Spatially distributed storm runoff depth estimation using Landsat image and GIS. *Computer and Electronic in Agriculture Journal*, 172-183.
- Melesse, A. M., Graham, W. D. and Jordan, J. D., 2003. Spatially distributed watershed mapping and modeling: GIS-based storm runoff response and hydrograph analysis: part 2. *Journal of Spatial Hydrology*, 3 (2): 325-338.
- Mishra, S. K., Tyagi, J.V., Singh, V.P. and Singh, R., 2006. SCS-CN-based modeling of sediment yield. *Journal of Hydrology*, 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. *Commission V II/4*,

جبران ناپذیر مالی و جانی در هنگام بروز بارانهای سیل آسا گردد. به طوری که نقشه و مقادیر میانگین ضریب نگهداشت سطحی حوضه نیز برخلاف شماره منحنی، نشان دهنده توان پایین ذخیره آب حوضه دارد که این وضعیت در شرایط رطوبت خشک بسیار چشمگیر است. مقایسه نتایج مشاهده های واقعی و اندازه گیری شده در منطقه با نتایج به دست آمده از مدل HEC-HMS نشان داد که میزان دقت برآورد CN در تعیین دبی حداکثر سیلاب از طریق RS و GIS حدود ۸۵ درصد می باشد و به این ترتیب می توان به دقت و صحت نتایج حاصل از روش RS و GIS در حوضه های آبخیز فاقد و یا دارای آمار محدود اندازه گیری اعتماد کرد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از مسئولان شرکت آب منطقه ای استان خراسان جنوبی و کارشناسان محترم این شرکت (جناب آقای مهندس امامی، مهندس رضایی مناوند و مهندس شهابی فرد) به جهت همکاری و مساعدت فراوان در انجام تحقیق، صمیمانه قدردانی می شود.

منابع مورد استفاده

- اکبرپور، ا.، شریفی، م. ب. و معماریان خلیل آباد، ه.، ۱۳۸۵. مقایسه روشهای فازی و حداکثر احتمال در تهیه لایه کاربری اراضی به کمک داده های ETM+ (مطالعه موردی: حوضه آبریز کامه). فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان، ۱۳: ۳۲-۱۳.
- قهرودی تالی، م.، ۱۳۸۵. ارزیابی مدل SCS-CN در تخمین رواناب مطالعه موردی: حوضه آبخیز سد امیرکبیر (کرج). مجله جغرافیا و توسعه، ۱۹۸-۱۸۵.

Evaluation of runoff curve number method by Remote Sensing and HEC_HMS model (Case study: Birjand Mansourabad watershed)

M. Yaghoobzadeh^{1*}, A. Akbarpour², Gh.A. Barani³ and B. Etebari⁴

1*- Corresponding Author, MSc., Hydraulic Structures, Faculty of Eng., Shahid Bahonar University Kerman, Iran.

E-Mail: Mostafa.yaghoobzadh@yahoo.com

2- Assistant Professor, Department of Water Eng., Faculty of Eng. Birjand University. Birjand, Iran.

3- Professor, Department of Civil Eng., Faculty of Eng. Shahid Bahonar University, Kerman, Iran.

4- MSc. Research Expert, Southern Khorasan Regional Water Corporation Stock, Birjand, Iran.

Received: 7 June 2009

Accepted: 8 March 2010

Abstract

The runoff curve number method is a simple, widely used and efficient procedure for determining the expected amount of runoff from rainfall. In this study, runoff curve number map of Birjand Mansourabad watershed was prepared by geographic information system (GIS) data and Landsat ETM+ satellite images based on the factors of hydrologic soil group, land use and land cover. The land cover map was determined using Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and VI Index and classified to three groups: good, fair and poor. The watershed land use map was produced by Landsat satellite data and hydrologic soil group map was produced using field survey, watershed soil, slope, geology and land use maps. The combination of these maps in GIS and using SCS table, runoff curve number and soil surface store^{Coefficient} maps was obtained. To assess the accuracy of each curve number map, runoff peak discharges computed by HEC_HMS model were compared to measured amounts. The accuracy of 85% of the results showed that it can be reliable according to the exactness and precision of the curve number calculated by GIS and RS data in basins with limited or lack of data.

Keywords: Runoff curve number, Remote Sensing, GIS, Vegetation Indexes, HEC_HMS