

## تخمین ارتفاع رواناب با استفاده از GIS (مطالعه موردی محدوده پسکوه قاین)

• علی افزلی<sup>۱</sup>، آرش ملکیان<sup>۲</sup>، کامران رضایی توابع<sup>۳</sup>  
• ut.ac.ir@aliafzali۶۱

### چکیده

استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و سنجش از دور، در تسهیل تخمین رواناب حوزه و زمین‌های کشاورزی در قرن اخیر رواج یافته است. این عمل با استفاده از مدل بارش رواناب که شامل تغییرات اقلیمی و ژئومورفولوژیکی است انجام می‌گیرد. روش سازمان کشاورزی ایالت متحده آمریکا و سرویس حفاظت از منابع ملی و شماره منحنی (USDA-NRCS-CN)، برای تعیین عمق رواناب در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است، شماره منحنی با استفاده از عامل هیدرولوژیکی خاک، کاربری زمین، شکل زمین و شرایط هیدرولوژیکی مشخص گردید. سامانه اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور برای کمی کردن اطلاعات مورفولوژی حوزه که جزء ورودی مدل می‌باشد مورد استفاده قرار گرفتند. این تحقیق در محدوده پسکوه شهرستان قاین انجام شد. کاربری زمین از تصاویر لندست ۲۰۰۰ استخراج گردید. توزیع مکانی رواناب در این تحقیق با استفاده از GIS و فرآیندهای تصویر ماهواره‌ای مشخص گردید. توزیع مکانی شماره منحنی و عمق رواناب در کلاس‌های مختلف کاربری اراضی مشخص گردید. نتایج تحقیق نشان داد که نوع کاربری که با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای بدست آمده بود در عکس‌العمل هیدرولوژیکی حوزه موثر بوده است. این نکته بیانگر این بود که مناطقی از حوزه که گروه هیدروژیک خاک D می‌باشد (مناطق کوهستانی) شماره منحنی بالاتر و در نتیجه رواناب بیشتری تولید می‌کند.

**واژه‌های کلیدی:** رواناب، شماره منحنی، سامانه اطلاعات جغرافیایی، لندست، پسکوه قاین.

۱. کارشناس پژوهشی مرکز تحقیقات بین‌المللی بیابان دانشگاه تهران، ایستگاه سمنان  
۲. عضو هیات علمی مرکز تحقیقات بین‌المللی بیابان دانشگاه تهران  
۳. مرکز تحقیقات بین‌المللی بیابان دانشگاه تهران، سرپرست ایستگاه پژوهشی سمنان

در معادله NRCS مقدار ذخیره واقعی حوزه آبخیز، بستگی دارد به رواناب مستقیم حوزه که از بارش موثر بدست می آید (کل بارش منهای هدر رفت و توسط معادله زیر بیان می شود) (۱۹۷۲, USDA)

$$\frac{F}{S} = \frac{Q}{P - I} \quad (1)$$

F: مقدار کل نفوذ به میلی متر  
S: مقدار ذخیره حوزه به میلی متر  
Q: ارتفاع آب جاری شده به میلی متر  
P: ارتفاع باران به میلی متر  
I: کل نگهداشت سطحی به میلی متر  
با توجه به معادله بیان آب، نفوذ می تواند به مقدار زیر باشد:

$$F = (P - I) - Q \quad (2)$$

برای تخمین دو پارامتر I و S در معادله بالا رابطه بین این دو پارامتر در تعدادی حوزه آبخیز کوچک مورد بررسی قرار گرفت که نتیجه به صورت زیر است:

$$I = 0.2S \quad (3)$$

که از معادلات فوق معادله زیر به دست می آید:

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad (4)$$

که معادله (۴) معادله بارش - رواناب است که توسط NRCS برای تخمین عمق رواناب مستقیم در بارانهای شدید ارائه شد. پارامتر S در این معادله بستگی دارد به CN که توسط فرمول زیر محاسبه میگردد:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (5)$$

CN شاخص رواناب است که بدون بعد است و با توجه به گروه هیدرولوژیکی خاک، کاربری اراضی و رفتار زمین، شرایط هیدرولوژیکی و وضعیت رطوبت پیشین خاک (AMC) مشخص می گردد. روش CN می تواند اثر تغییر کاربری را روی رواناب نشان دهد. مقدار CN از بین ۱ تا ۱۰۰ متغیر است که عدد ۱۰۰ نشانگر بیشترین رواناب است. روش NRCS در تخمین رواناب مستقیم به دلیل سادگی، انعطاف پذیری و تنوع آن گسترش زیادی یافت.

خاکها در این روش به چهار کلاس (D, C, B, A) با توجه به سرعت نفوذ پذیری آنها تقسیم می شوند. خاک گروه A

مقدمه:

کاربری اراضی روی رواناب بسیار موثر است که بر روی نفوذ، فرسایش و تبخیر و تعرق اثر می گذارد. مدل های توزیعی هیدرولوژیکی به داده های خاصی احتیاج دارند که کاربری اراضی منطقه یکی از آنهاست. سنجش از دور می تواند در اندازه گیری بسیاری از پارامترهای هیدرولوژیکی مربوط به توزیع های هیدرولوژیکی به ما کمک کرده به جای اندازه گیری مستقیم استفاده شود.

فرمت تصاویر ماهواره ای پیکسلی است که مناسب برای GIS است. بیشترین کاربرد سنجش از دور در مدل های هیدرولوژیکی توسط سرویس حفاظت منابع ملی امریکا (NRCS) و مدل شماره منحنی رواناب (CN) و سازمان کشاورزی ایالت متحده امریکا (۱۹۷۲) صورت گرفت که شامل تهیه نقشه پوشش زمین با استفاده از سنجش از دور بود (Jackson et al., ۱۹۷۷, Bondelid et al., ۱۹۸۲).

با استفاده از تصاویر لندست و پهناوی حوزه عمق رواناب را مشخص کردند و مقدار رواناب را در اثر تغییر کاربری تعیین کردند. GIS یک وسیله کامپیوتری برای نمایش، ذخیره کردن، آنالیز، بازیابی و تولید داده های فضایی و مکانی می باشد. تکنولوژی GIS مدیریت داده های زیاد را آسان میکند که در مدل سازی هیدرولوژیکی برای تسهیل فرایندها، مدیریت و تغییر داده های هیدرولوژیکی مورد استفاده قرار می گیرد. چندین روش برای ترکیب داده های هیدرولوژیکی در GIS وجود دارد که همه آنها احتیاج به داده هایی به عنوان ورودی مدل دارند.

مدل های هیدرولوژیکی احتیاج به داده های مکانی زیادی دارند که می تواند با استفاده از GIS بدست آید. ارزیابی هیدرولوژیکی بستگی به نقشه و نمایش عوامل هیدرولوژیکی در GIS دارد که متعلق به مکان خاصی است. اندازه گیری متغیرهای هیدرولوژیکی از روی نقشه های کاغذی ممکن است خسته کننده، کاربر و با خطا صورت گیرد. نقشه واحدهای حوزه آبخیز با استفاده از مدل رقومی ارتفاع و اطلاعات جغرافیایی در GIS بسیار با پاسخ هیدرولوژیکی حوزه شباهت دارد.

روش معمولی تعیین CN در حوزه ای کوچک، مشاهده صحرایی و تطبیق آن با عکس هوایی است. برای حوزه های بزرگ مشاهده صحرایی هزینه بالایی دارد و به تعداد زیادی عکس نیاز هست و برای بالا بردن دقت، احتیاج به تطبیق پوشش گیاهی و کاربری اراضی است. هدف از این تحقیق به کارگیری تصاویر لندست و GIS برای مشخص کردن عمق رواناب و تغییرات آن با استفاده از GIS است.

روش شناسی تحقیق.

برآورد ارتفاع رواناب در روش شماره منحنی و سازمان حفاظت منابع ملی

وجود دارد AMCI برای خشک AMCI برای نرمال و AMCI برای شرایط مرطوب.

#### منطقه مورد مطالعه:

منطقه پستکوه قائن به مساحت ۲۰۰۹۸/۵۲ هکتار در ۹۵ کیلومتری جاده آسفالتی بیرجند - سرایان (شمال غرب بیرجند) و ۵۰ کیلومتری جنوب غربی قائن با مختصات جغرافیایی ۳۳°۱۸'۳۹" تا ۳۳°۲۷'۴۶" عرض شمالی و ۵۸°۵۵' تا ۵۹°۰۸'۱۷" طول شرقی و مختصات UTM بین ۳۶۸۷۳۹۸ تا ۳۷۰۴۶۶۵ عرض شمالی و ۶۷۸۴۵۳ تا ۶۹۸۶۹۷ طول شرقی واقع شده است.

اغلب سطح منطقه باستثنای اینسلیبرگ‌های تپه ماهوری و ناهمواری‌های کوه‌های مزاروآسیک واقع در جنوب و شرق روستای آفریز به صورت دشت‌های دامن‌های و کم شیب است. مهم‌ترین روستای واقع در این محدوده شامل: آفریز، اسماعیل آباد، نصرت آباد، چاه حسن و چاه یوسف می باشد. شکل ۱ موقعیت محدوده پستکوه قائن را در کشور و استان نشان می‌دهد.

#### تصاویر لندست MSS:

تصاویر لندست در سال ۱۹۷۲ به وجود آمد که عکس العمل تابش خورشید، توسط زمین را در چهار باند امواج رادیویی با M-۷۶ نشان می‌دهد (USGS ۲۰۰۰).

TM در سال ۱۹۸۲ ابداع گردید و انعکاس امواج مادون قرمز را از سطح زمین دریافت می‌کند و دارای ۷ باند است که اطلاعات بیشتری را نسبت به MSS نشان می‌دهد. بازه مورد استفاده توسط TM از وسط مادون قرمز است که توان جدا سازی فضایی آن ۳۰ متر است ETM+ در سال ۲۰۰۰ ساخته شد و شبیه به TM می‌باشد و تنها تفاوت آن، این است که دارای باند پانکروماتیک نیز است که قدرت تفکیک فضایی آن



شکل ۲. گروه‌های هیدرولوژیکی خاک در محدوده پستکوه (نگارنده)

پتانسیل تولید رواناب کمی دارد. خاک گروه B پتانسیل تولید رواناب متوسط تا کم می‌باشد. پتانسیل تولید رواناب خاک گروه C متوسط تا زیاد بوده و پتانسیل تولید رواناب خاک گروه D زیاد است. پوشش سطح زمین به سه کلاس تقسیم می‌شود که عبارتند از کاربری اراضی رفتار و وضعیت هیدرولوژیکی.

کاربری عبارت است از پوشش حوزه که شامل زمینهای کشاورزی و غیر کشاورزی است. رفتار بر می‌گردد به کارهای مکانیکی (مثل کنتور فارو تراس) و روش مدیریت (مثل کنترل چرا، برداشت محصول یا محافظت شخم). وضعیت هیدرولوژیکی به رفتار زمین بستگی دارد و به سه کلاس تقسیم می‌شود که عبارتند از فقیر، متوسط و خوب AMC عبارت است از رطوبت پیشین خاک که نشان‌دهنده تاثیر رواناب قبلی بر نفوذ فعلی است. سه سطح برای AMC



شکل ۱. موقعیت محدوده پستکوه در کشور و استان

مساحت هر یک از پلیگن‌های تشکیل شده و انتقال اطلاعات توصیفی از نرم‌افزار Arc GIS به محیط نرم‌افزار Excel میانگین وزنی از سطح شماره منحنی‌های مختلف در هر زیرحوزه به دست آمد. شکل ۳ نقشه کاربری اراضی را در منطقه پسکوه قاین نشان می‌دهد.

با استفاده از مساحت متوسط وزنی شماره منحنی در محدوده پسکوه مقدار عددی شماره منحنی در سه حالت شرایط پیشین رطوبت متوسط (II)، شرایط پیشین رطوبت کم (I) و شرایط پیشین رطوبت زیاد (III) طبق روابط زیر بدست آمده که در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۲ مقادیر نگهداشت سطحی آب به میلیمتر در منطقه پسکوه

کد شناسائی	CN(II)	S(mm)	0.2S	0.8S
پسکوه قائن	۷۹.۳	۶۶.۳	۱۳.۳	۵۳.۰

مأخذ: نگارنده

آنگاه مقدار تلفات کل یا S که مربوط به انترسپشن (Interception) و نفوذ در خاک و ذخیره سطحی است، توسط رابطه ۵ با توجه به اینکه بارندگی‌های متوالی، مقدار S را کاهش داده و فرصتی به خاک برای هوا خوردن و زه‌کشی و تبخیر و تعرق نمی‌دهند و در نتیجه برای S یک مقدار حداقل و یک مقدار حداکثر وجود داشته که بستگی به رطوبت قبلی خاک دارد. نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌ها در حوزه‌های مختلف نشان داده که از کل تلفات بالقوه حوزه S یا S<sub>۰</sub>، به طور متوسط، حدود ۰/۲ آن قبل از شروع جریان یافتن هرز آب به صورت تلفات اولیه عمل کرده و ۰/۸ بقیه آن در طول بارش، صرف نفوذ سطحی و عمقی در خاک می‌گردد. بنابراین در هر مورد، چنانچه ارتفاع بارندگی کمتر از S<sub>۰</sub> باشد فرض می‌شود که رواناب به وجود نخواهد آمد. مقادیر S<sub>۰</sub>، ۰/۲S و ۰/۸S برای منطقه مورد مطالعه محاسبه و در جدول ۲ ارائه شده است.

#### نتیجه:

نتایج این تحقیق نشان داد که تصاویر لندست برای تشخیص عکس العمل رواناب حوزه آبخیز مفید است.

تصاویر لندست برای بررسی تغییرات کاربری در طی دوره‌های متوالی مفید می‌باشد، وقتی که رفتار حوزه آبخیز بحرانی است. همچنین در این تحقیق مشخص شد که با استفاده از GIS و RS می‌توان نقشه‌های منابع طبیعی در سطح زیاد و با دقت بالا و زمان کم تهیه نمود.

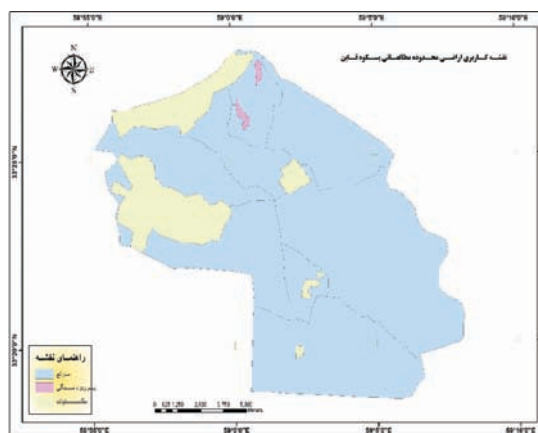
آنالیز تغییرات کاربری در حوزه‌های شهری که مقدار رواناب با کاهش زمان تا اوج و افزایش دبی اوج افزایش می‌یابد.

تهیه نقشه‌های گروه هیدرولوژیک خاک و کاربری اراضی به صورت دستی با خطای زیاد انجام می‌شود که این موضوع در زمان روی هم‌اندازی لایه‌ها مشخص می‌گردد. مثلاً در مناطقی

به مراتب بیشتر است.

#### بحث و نتیجه‌گیری

پوشش سطح زمین در سال ۲۰۰۰ توسط تصاویر ETM تهیه گردید. سپس تحلیل بر روی این تصاویر صورت گرفت و طبقه‌بندی شد و به فرمت وکتور درآمد. در اولین طبقه‌بندی تصویر به ۳۰ کلاس تبدیل شد که قابل تفکیک نبود. در صورتی که این تصویر دارای ۴ بانده می‌باشد، برای



شکل ۳. نقشه کاربری اراضی محدوده پسکوه (نگارنده)

بهبود طبقه‌بندی شاخص (NDVI) ساخته شد و به تصویر اضافه شد. برای تشخیص بهتر مناطق دارای پوشش از غیر پوشش از دیگرام پراکنش باند مادون قرمز در مقابل NDVI استفاده شد.

نتیجه طبقه‌بندی کاربردی در این تصویر نشان داد که اراضی کشاورزی ۳/۸ درصد و مرتع ۷۳/۳ درصد و مثنسینات

$$CN_{(I)} = \frac{4.2CN(II)}{10 - 0.058CN(II)} \quad (6)$$

(۷)

جدول ۱ مقادیر شماره منحنی در حالت‌های مختلف در محدوده پسکوه

کد شناسائی	CN(I)	CN(II)	CN(III)
پسکوه قائن	۶۱،۷	۷۹،۳	۸۹،۸

مأخذ: نگارنده

۲۲/۹ درصد از سطح حوزه را تشکیل می‌دهند. در مرحله بعد از ترکیب لایه‌های کاربری اراضی و گروه‌های هیدرولوژیک خاک در محیط نرم‌افزار Arc GIS ۹،۳ نقشه CN منطقه تهیه و با انجام عمل Intersect با مرز زیرحوزه‌ها و محاسبه

- 8 – A.M. Melesse, S.F. Shih / Computers and Electronics in Agriculture 182 183/\_173 (2002) 37
- 9 – Downey, D., 1999. Hydrologic Report on S65A and S65B Sub-basins in the lower Kissimmee River water management basin. Technical memorandum WRE No. 369, South Florida Water Management District, West Palm Beach,.
- 10 – Jackson, T.J., Ragan, R.M., Fitch, W.N., 1977. Test of Landsat-based urban hydrologic modeling. ASCE J. Water Resources Planning and Management Div. V 103. No. WR1, Proc. Papers 12950. pp. 158/\_141.
- 11 – Kuyper, W.H., Becker, J.E., Shopmyer, A., 1981. Land use, cover and forms classification system A Technical Manual, Florida Department of Transportation, Tallahassee, Florida.
- 12 – Moeller, R.A., 1991. Application of geographic information system to hydrologic modeling using HEC1-. In: Stafford, D.B. (Ed.), Civil Engineering
- 13 – Applications of Remote Sensing and Geographic Information Systems. ASCE, New York, NY, pp. 277/\_269.
- 14 – Muzik, I., Pomeroy, S.J., 1990. A geographic information system for prediction of design flood hydrographs. Can. J. Civil Eng. 973/\_965, (6) 17.
- 15 – Olivera, F., Maidment, D., 1999. Geographic Information Systems (GIS)-based spatially distributed model for runoff routing. Water Resour. Res. 1164/\_1155, (4) 35.
- 16 – Ragan, R.M., Kossicki, A.J., 1991. A geographic information system to support statewide hydrologic modeling with SCS-TR20-. In: Stafford, D.B. (Ed.),

که برونزدگی وجود دارد مرزهای مشخص شده در دو لایه بر هم منطبق نمی شود که دلایل زیادی وجود دارد که یکی از آنها تهیه لایه ها از منابع مختلف با مقیاس های متفاوت است، ولی در روش کامپیوتری و استفاده از نرم افزار چون منبع استخراج لایه ها فایل های رقومی و تصاویر ماهواره ای است احتمال خطا کمتر است.

### پیشنهادها

در نهایت پیشنهاد می گردد که در پروژه های اجرایی منابع طبیعی پس از استخراج اولیه لایه ها با تطبیق صحرائی، لایه های مورد استفاده اصلاح گردد.

دستگاه های اجرایی در جهت تهیه بانک های اطلاعاتی به صورت دیجیتال تلاش کنند که با دقت بیشتر و حجم اطلاعات بیشتر بتوان اطلاعات را مدیریت کرد.

متصدیان اطلاعات و بانک های اطلاعاتی، لایه های مورد نیاز و موجود را در دسترس کاربران قرار دهند.

### منابع

- ۱- طاهری، م. ولندی، ا. (۱۳۸۵)، کاربرد تکنیک های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در تهیه شماره منحنی، همایش ملی مدیریت شبکه های آبیاری و زه کشی.
- ۲- پریشانی فروشانی، س. و برهانی داریان، ع. و فاتحی، ا. (۱۳۸۱)، استخراج اتوماتیک هیدروگراف سیل حوضه های در GIS، ششمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه.
- ۳- مهدوی، م. (۱۳۸۶). هیدرولوژی کاربردی، موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، جلد دوم.

- 4 – Anderson, J.R., Hardy, E.E., Roach, T.J., Whitmer, R.E., 1976. A land use and land cover classification system for use with remote sensor data. US Geol. Surv. Prof. Pap. 964, US Gov. Print. Office, Washington. DC.
- 5 – Band, L.E., 1989. A Terrain-based watershed information with digital elevation models. Water Resour. Bull. 24/\_15, (1) 22.
- 6 – Bondelid, T.R., Jackson, T.J., McCuen, R.H., 1982. Estimating runoff curve numbers using remote sensing data. Proceeding of the International Symposium on Rainfall-Runoff Modeling. Applied Modeling in Catchment Hydrology, Water Resources Publications, Littleton, CO, pp. 528/\_519.
- 7 – Djokic, D., Maidment, D.R., 1991. Terrain analysis for storm water modeling. Hydrologic Processes 124/\_115, (1) 5. Fig. 9. Map of runoff depth in mm for 2000 land cover.