

برآورد شماره منحنی رواناب (CN) به کمک منطق فازی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و GIS (منطقه موردی: استان لرستان - حوزه الشتر)

زهرا پورحسین قادی¹، مهسا رحیمزاده کیوی²، مهرداد پورحسین^{3*}، حمید کاردان
مقدم⁴

1- کارشناسی مهندسی عمران-کارشناس شهرداری منطقه 5 تهران، Zpgh1360@gmail.com

2- کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر،

Mahsa.rahimzadeh89@gmail.com

3- دانشجوی دکتری گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

Poorhoseinm@yahoo.com

4- استادیار پژوهشکده مطالعات و تحقیقات منابع آب، موسسه تحقیقات آب تهران، h_kardan64@yahoo.com

چکیده

امروزه به دلیل اهمیت یافتن مسئله منابع آب، محاسبه مقدار رواناب، توسعه و اجرای روشهای مناسب برای تسهیل تخمین رواناب با استفاده از اطلاعات جغرافیایی و فن آوری سنجش از دور گسترش یافته است. یکی از روشهای کارآمد استفاده از محاسبات نرم نظیر منطق فازی است. در این تحقیق، نقشه کاربری اراضی با کمک شاخص پوشش گیاهی (NDVI) برداشت شده از روی تصاویر ماهواره لندست سنجنده ETM+ بدست آمد. به این ترتیب، برای فازی سازی NDVI براساس دو تابع عضویت گوسین و دوزنقهای در نرم افزار Matlab به 8 واحد کاری طبقه بندی شد. نقشه گروه هیدرولوژیکی خاک به کمک نقشههای خاک، کاربری اراضی و بازدید صحرایی بدست آمد. شماره منحنی رواناب از تلفیق دو لایه گروه های هیدرولوژیکی خاک و شاخص پوشش گیاهی براساس قوانین فازی تهیه شده، برای دو تابع عضویت گوسین و دوزنقه ای در نرم افزار Matlab و با استفاده از جدول SCS بدست آمد که در نهایت پهنه بندی CN در محیط نرم افزار Arc Map 9.3 در سطح حوزه الشتر انجام شد. برای ارزیابی دقت اندازه گیری نتایج به دست آمده از داده های اندازه گیری بارندگی در حوضه مورد مطالعه استفاده شد. نتایج نشان داد که شماره منحنی رواناب تخمین زده برای تابع عضویت گوسین به نسبت تابع عضویت دوزنقهای تا حد زیادی با واقعیت تطابق دارد.

واژه های کلیدی: شماره منحنی رواناب (CN)، NDVI، منطق فازی، Arc GIS، RS

مقدمه

فرسایش ناشی از بارندگیهای شدید و سیلابهای ناشی از آن هر ساله سبب از دست رفتن حجم بالای خاک حاصلخیز مناطق مستعد و انتقال آنها به پایین دست اراضی و مناطق بی ارزش می-شود. تداوم این روند، صدمه های جبران ناپذیری بر منابع آب و خاک کشور وارد میکند. از این رو، کنترل و مبارزه با این پدیده شناخت عوامل و پارامترهای موثر بر سیلاب اهمیت بسیار زیادی پیدا کرده است. پیشبینی رواناب حاصل از بارشهای جوی و درک کمی فرایندهای مختلف تولید آن به عنوان یکی از مباحث مهم و بنیادی در علم هیدرولوژی به شمار میرود. تحلیل کمی و کیفی رواناب به عنوان مبنای مطالعاتی طرحهای عمرانی به منظور توسعه و بهره برداری از منابع آب در حوضه های آبریز می باشد. به همین علت، در دهه های اخیر سعی شده است روشهایی مورد استفاده قرار گیرند که بتوانند شرایط طبیعی را تا حدودی درک کنند و نتایج حاصل از آنها از دقت و صحت مناسبی برخوردار باشند. یکی از روشهایی که در بسیاری از علوم از جمله هیدرولوژی توسعه یافته است، استفاده از روشهای محاسباتی با استفاده از روشهای نوین مثل

منطق فازی به همراه فناوری سنجش از دور بوده است. در میان سایر ابزارهای پیشبینی سیل ، منطق فازی یکی از روشهای ساده و انعطاف پذیر است که می تواند در حوضه های رودخانه که در آن داده های هیدرولوژیکی کافی در دسترس است و به اندازه کافی برای استفاده در مدل پیچیده تر مناسب نیست ، اجرا

شود[1]. استفاده از فناوری سنجش از دور در تخمین و برآورد رواناب حوضه و تهیه نقشه‌های کاربری اراضی و در سطوح کشاورزی، دوره‌های زمانی مختلف و مقایسه آن با برآوردهای زمینی، برای محاسبه سطح زیر کشت آبی و دیم، رویکردی واقعی در اختیار ما قرار می‌دهد. شماره منحنی رواناب (CN) نشان دهنده نفوذ رواناب برآورد شده است. روش حفاظت خاک- شماره منحنی (SCSCN) که توسط حفاظت منابع ملی (NRSC) و وزارت کشاورزی ایالات متحده آمریکا (USDA) در سال 1969 توسعه یافته است، یک روش مفهومی ساده، قابل پیش بینی و پایدار برای برآورد عمق رواناب مستقیم بر اساس عمق بارش می‌باشد [2].

تراپی پوده و آورند در سال 1390 در برآورد بارش رواناب و تهیه نقشه‌های کاربری اراضی و سطوح کشاورزی از فن آوری سنجش از دور در حوضه آبریز رود زرد در استان خوزستان استفاده شد که نتایج به دست آمده نشان داد که سنجش از دور و تکنولوژی GIS، برای تجزیه و تحلیل توزیع عمق رواناب، زیر حوضه‌های مورد مطالعه، مناسب می‌باشد[3].

بارتو- نتو و دی سوزا فیلو (2007) برای پیش‌بینی رواناب حوضه‌های گرمسیری، روش منطق فازی را برای بدست آوردن شماره منحنی رواناب به کار گرفتند و برای اجرای این کار از مدل شماره منحنی سازمان حفاظت خاک آمریکا و زبان مدلسازی PC Raster استفاده کردند. شماره منحنی‌های به دست آمده از تصاویر ماهواره ASTER و شاخص LEF (شاخص پوشش گیاهی) را نیز با هم مقایسه کردند. نتایج آنها نشان داد که مقادیر رواناب محاسبه شده مدل براساس منطق فازی، نزدیک به مقدار اندازه‌گیری شده نشان می‌دهد[4]. یعقوب زاده و همکاران در سال 1387 نقشه شماره منحنی رواناب حوضه آبریز منصورآباد بیرجند را با استفاده از تصاویر ماهواره لندست ETM⁺ و IRS مربوط به سالهای 2002 و 2006 تهیه کردند. نقشه کاربری اراضی به کمک تصاویر ماهواره‌های و نقشه پوشش گیاهی را به کمک شاخصهای VI و NDVI تهیه نمود. نقشه هیدرولوژیکی خاک به صورت میدانی و براساس نقشه‌های شیب، زمین شناسی، ژئومورفولوژی، کاربری اراضی و بافت خاک تعیین شد. با تلفیق نقشه‌های تهیه شده در GIS و با کمک جدول استاندارد، شماره منحنی رواناب برای سالهای 2002 و 2006 حوضه آبریز تهیه گردید. برای ارزیابی CN به دست آمده، دبی حداکثر با مدل HEC-HMS تعیین و با نتایج اندازه‌گیری شده در خروجی حوضه مقایسه گردید. نتایج نشان داد که دبی حداکثر سیلاب محاسبه شده به کمک شماره منحنی تخمین زده شده و مدل HEC-HMS با دبی مشاهده‌ای تا حدود زیادی تطابق دارد و این امر نشان دهنده صحت کافی محاسبه شماره منحنی تخمین زده شده است[5].

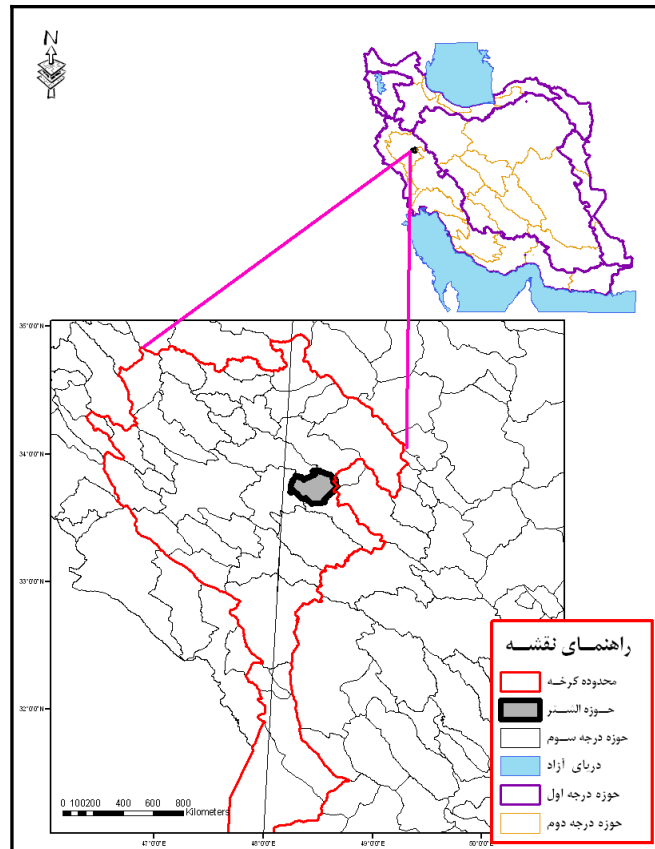
آیانا و همکاران در سال 2012 با بررسی تکنیک‌های سنجش از دور و مدل مارکو برای استفاده از تغییر کاربری زمین به این نتیجه رسیدند که ترکیب این دو، در تشخیص دقیق تغییر کاربری زمین مفید است[6]. شاخص (NDVI)، که در شاخصهای سنجش از دور بسیار استفاده می‌شود، می‌تواند به عنوان برآورد کننده پوشش گیاهی روی زمین استفاده شود[7]. .. NDVI به استاندارد برای کاربردهای نسبت باند تبدیل شده است و دارای سابقه طولانی در استفاده از سنجش از دور، اکولوژی و جغرافیا برای مطالعه ویژگی‌های پوشش گیاهی از جمله زیست بوم، نوع و شرایط آن است [8]. اینرسی تکی و همکاران در سال 2006 اعداد شماره منحنی را برای حوضه گیوبن در هندوستان با استفاده از ابزارهای RS و GIS 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 اندازه‌گیری شده از سال 1987 تا 2005 حوضه آبریز به منظور محاسبه دبی سیلاب برای دوره‌های بازگشت گوناگون استفاده شده است. آنها همچنین اعداد شماره منحنی که با روش تناوبی (فراوانی S) به دست آمده، مقایسه نموده و اثر تغییرات بین این شماره منحنیها را روی دبی حوضه آبریز مشخص کردند[9].

رواناب حوزه آبخیز جهت مدیریت جامع یکی از مهمترین اهداف در برنامه‌های کلان مدیریت سیلاب می‌باشد. لذا برآورد دقیق میزان رواناب بستگی به شماره منحنی رواناب در سطح یک حوزه دارد. در این مطالعه به منظور بررسی و ارزیابی شماره منحنی رواناب در سطح حوزه الشتر با استفاده از روش فازی و تصاویر ماهواره ای پهنه بندی CN را جهت ارزیابی مقدار رواناب در سطح حوزه انجام می‌دهیم.

مواد و روشها

منطقه مورد مطالعه

حوزه الشتر یکی از زیرحوزه‌های کرخه در استان لرستان واقع است. این محدوده مطالعاتی در بخش شمالی استان لرستان واقع شده که قسمت کوچکی از رشته کوه بزرگ زاگرس را در بر میگیرد. موقعیت جغرافیایی آن بین 33 درجه و 39 دقیقه و 7 ثانیه تا 34 درجه و 0 دقیقه و 55 ثانیه عرض شمالی و 47 درجه و 31 دقیقه و 1 ثانیه تا 48 درجه و 31 دقیقه و 9 ثانیه طول جغرافیایی شرقی می باشد و ارتفاع آن از سطح دریا 1600 متر است. میزان بارندگی سالانه نیز حدود 450 میلیمتر است. قسمت عمده رخنمون منطقه در حوضه الشتر را کوهها و تپهها تشکیل داده است. شکل (1) موقعیت منطقه مورد مطالعه را در سطح کشور و حوزه کرخه نشان میدهد.



شکل (1)- موقعیت حوزه الشتر در حوزه کرخه و ایران

داده‌های مورد استفاده

استفاده از فن آوری سنجش از دور بطور گسترده ای در علوم زمینی گسترش یافته و با توجه به سرعت بالا و حداقل خطای آن مورد اقبال زیادی قرار گرفته است. در این مطالعه از تصاویر ماهواره‌های لندست 8 به تاریخ 2014 میلادی جهت ارزیابی کاربری اراضی با استفاده از سنجنده ETM⁺ با استفاده از نرم افزارهای ArcGIS و ENVI v.4 استفاده شد. جهت برآورد شماره منحنی رواناب علاوه بر داده‌های ماهواره‌ای از نتایج آزمایشات نفوذپذیر انجام شده در منطقه جهت برآورد نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی خاک نیز استفاده و در نهایت با استفاده از آمار حوادث بارش رواناب میزان دقت برآوردی شماره منحنی رواناب را بدست میآوریم. به منظور برآورد شماره منحنی رواناب با استفاده از نرم افزار Matlab 2012 توابع فازی استخراج و با استفاده از دو تابع عضویت گوسین و دوزنقه ای برآورد و با استفاده از نرم افزار Arc GIS دو نقشه شماره منحنی رواناب تهیه شد. روشهای مختلفی برای محاسبه رواناب وجود دارد، یکی از روشهای معمول در تخمین رواناب، در هیدرولوژی روش پیشنهادی سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) برای حوزه‌هایی که در آنها داده‌های اندازه‌گیری دبی

رواناب وجود ندارد بکار میرود. در روش SCS ارتفاع رواناب حاصله از یک بارندگی به صورت رابطه (1) محاسبه میشود [10]:

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{(P - 0.8S)} \quad (1)$$

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (2)$$

در این روابط، S ضریب نگهداشت سطحی، Q ارتفاع رواناب (میلیمتر)، P ارتفاع بارندگی (میلیمتر) و CN شماره منحنی رواناب است. در صورتیکه که شرایط حوضه از نظر عوامل موثر بر CN یکنواخت نباشد باید مقدار میانگین وزنی CN برای کل حوضه به صورت رابطه (3) محاسبه میشود:

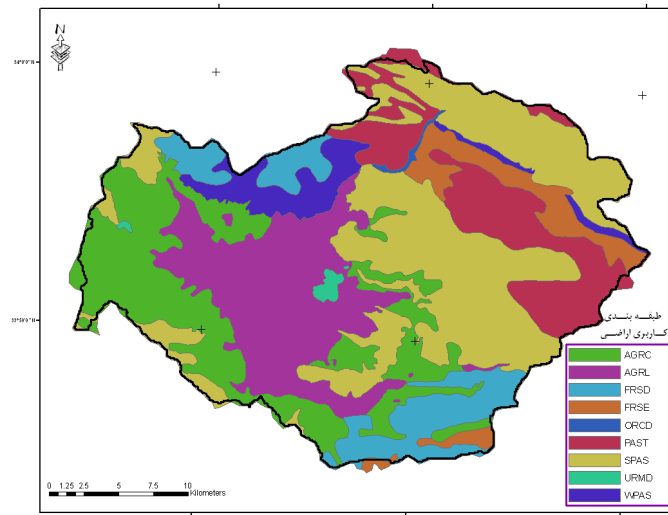
$$\overline{CN} = \left[\sum \left(\frac{A_i}{100} \right) (CN_i) \right] \quad (3)$$

در این معادله $\overline{CN}$ = میانگین وزنی CN در سطح حوضه و A_i = درصد مساحتی از حوضه است که شماره منحنی آن $\overline{CN}$ باشد [10].

کاربری اراضی

کاربری اراضی یک خصوصیت مهم در پروسه تشکیل رواناب میباشد که بر روی نفوذ، فرسایش، تبخیر و تعرق و بسیاری از فرایندهای چرخه هیدرولوژی اثر مستقیم و غیرمستقیم دارد. امروزه با استفاده از تکنیک های مختلف و بکارگیری علوم و فنون مختلف جهت افزایش دقت و کارایی علوم زمینی استفاده می شود. سنجش از دور مدرن با اولین سیستم اسکنر چند طیفی در لندست (MSS) در سال 1972 شروع شد. این سری ماهواره ها متعلق به سازمان فضایی آمریکا بوده که برای اولین بار مجموعه کاملی از تصاویر با توان تفکیک زیاد از زمین به جامعه علمی ارائه کرد. امروزه تکنیک سنجش از دور امکاناتی فراهم میآورد که از طریق آن میتوان در مقیاسهای زمانی مورد نیاز، تغییرات حاصله در کاربری اراضی را بازیابی و سرعت و وسعت آنها را مشخص نماید. نقشه کاربری اراضی حوضه آبریز نقش بسیار مهمی در تعیین نقشه شماره منحنی رواناب ایفا میکند.

در این مطالعه، نقشه کاربری اراضی حوضه با استفاده از تصاویر ETM+ سال 2014 ماهواره لندست 8 با قدرت تفکیک زمینی 30 متر با استفاده از نرم افزار ENVI v.4 تهیه شد. بدین منظور در مرحله پیش پردازش، تصحیحات هندسی و اتمسفری مورد نیاز بر روی تصاویر ماهواره های صورت گرفته است. سطح کاربری مورد استفاده، کلاسهای کاربری و پوشش اراضی در نظر گرفته شده (شکل 2) نشان میدهد. در تصاویر رقومی سنجش از دور هر پیکسل دارای ارزش عددی است، که بازگو کننده رفتار طیفی پدیده متناظر آن در سطح زمین است. با تجزیه و تحلیل ارزشهای عددی تصاویر رقومی سنجش از دور امکان شناسایی پدیده های زمینی بر روی تصویر فراهم شده و میتوان نسبت به طبقه بندی آنها اقدام نمود. این طبقه بندی براساس ارزش عددی پیکسلها میباشد که در آن پدیده های دارای ارزش عددی یکسان، در یک گروه قرار می گیرند. مراحل انجام طبقه بندی شامل نمونه آموزشی، پیاده سازی نمونه های آموزشی بر سطح تصویر، طبقه بندی تصویر، تشکیل پایگاه اطلاعات زمینی میباشد [11].



شکل (2)- نقشه کاربری اراضی حوضه الشتر

شاخص اختلاف پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI)

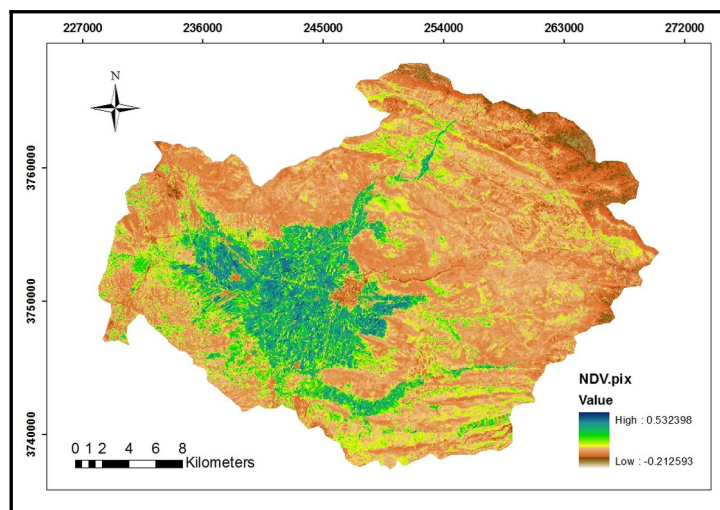
به منظور محاسبه CN بایستی وضعیت مراتع و جنگلها از لحاظ پوشش گیاهی به دست آید. بدین منظور از شاخص NDVI بر روی داده‌های سال 2014، ETM⁺ استفاده شده است. یکی از شاخص‌هایی است که به طور گسترده در بازایی خصوصیات زیستی-فیزیکی پوشش گیاهی مورد استفاده قرار گرفته است، شاخص NDVI است که می‌تواند به عنوان یک برآوردکننده لایه پوشش گیاهی شناخته شود. NDVI سابقه طولانی استفاده در سنجش از دور، اکولوژی و ژئوگرافی داشته و توانسته، خصوصیات پوشش گیاهی شامل تنوع زیستی، نوع و شرایط پوشش گیاهی را بررسی نماید [12]. که مطابق رابطه (4) این شاخص برای سطح حوضه الشتر در نرم افزار ENVI محاسبه گردید.

(4)

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

در این رابطه NIR: باند نزدیک مادون قرمز، RED: باند قرمز دامنه تغییرات این شاخص بین 1 و 1- میباشد. ابرها، برف و آب کمترین مقدار و پوشش گیاهی سبز بیشترین مقدار شاخص NDVI را در پدیده نشان میدهند. گیاهان سبز، مقادیر شاخص بالایی را خواهند داد و در مقابل، آب مقادیر منفی و خاک برهنه مقادیری نزدیک به صفر دارد [13].

ابتدا با استفاده از تصویر ماهواره‌ای منطقه مورد مطالعه در محیط نرم افزار ENVI، مقدار NDVI از رابطه (4) برای هر پیکسل محاسبه گردید، سپس در محیط نرم افزار Arc Gis به 8 کلاس تفکیک گردید. شکل (3) شاخص NDVI برای سطح حوضه الشتر در GIS را نشان میدهد که دامنه تغییرات NDVI محاسبه شده بین 53/0 تا -21/0 است.



شکل (3)- شاخص گیاهی طبقه بندی شده NDVI در حوزه الشتر

گروه هیدرولوژیکی خاک (HSG)¹

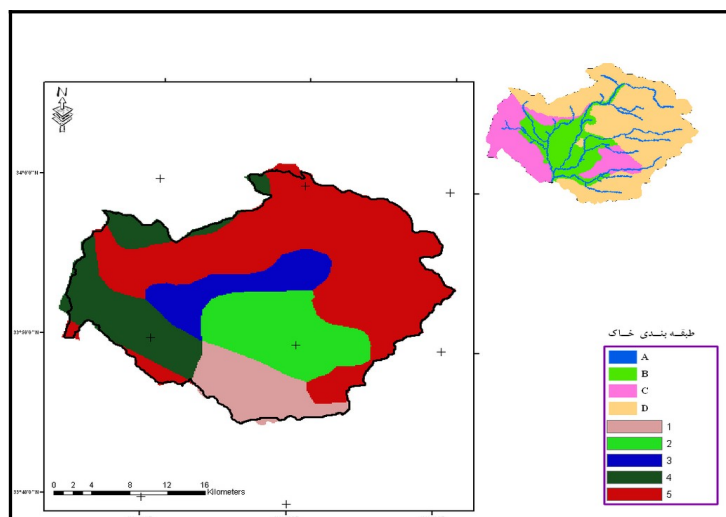
خاک و فعل و انفعالات ناشی از آن یکی از موثرترین مولفه ها در چرخه گردش آب بوده و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن نقش مستقیمی روی میزان آب در حالات مختلف دارد. خصوصیات هیدرولوژیکی خاک بطور مستقیم در فرایند بارش- رواناب موثر بوده و می تواند در خطرپذیری منطقه نقش مهمی داشته باشد. تمام خاکها براساس پتانسیل ایجاد رواناب و میزان نفوذپذیری ذاتی در چهارگروه تقسیم بندی میشوند. گروههای اصلی خاک توسط SCS معرفی و بشرح زیر هستند.

گروه A پتانسیل تولید رواناب کم، گروه B پتانسیل تولید روانابش متوسط تا کم، پتانسیل تولید رواناب خاک گروه C متوسط تا زیاد و پتانسیل تولید رواناب خاک گروه D زیاد است. در این مطالعه نقشه هیدرولوژیکی خاک حوزه الشتر بر اساس آمار و اطلاعات بدست آمده از سازمان جهادکشاورزی استان، مطالعات میدانی آب منطقه ای استان، آزمایشات نفوذپذیری و بازدید صحرایی انجام شده توسط کارشناسان استخراج شده است. به منظور تهیه یک نقشه گروه های هیدرولوژیکی خاک با استفاده از روش درون یابی کریجینگ با واریوگرام فضایی توسط نرم افزار Arc GIS مطابق شکل (4) بدست آمد. جدول (1) وضعیت پهنه بندی خاک در حوزه الشتر را نشان میدهد.

جدول(1)- وضعیت پهنه بندی خاک در سطح حوزه الشتر

کلاس بندی خاک	هدایت هیدرولیکی (cm/hr)	چگالی ظاهری (gr/cm ³)	بافت خاک	رس %	سیلت %	شن %
کلاس 1	62/1	47/1	Loam	14	38	48
کلاس 2	06/1	43/1	Loam	18	40	42
کلاس 3	84/0	41/1	Loam	20	37	43
کلاس 4	59/1	48/1	Sandy Loam	14	38	52
کلاس 5	94/3	6/1	Sandy Loam	7	33	60

¹ - Hydrologic Soil Group



شکل (4)- نقشه خاک و گروه هیدرولوژیکی محدوده الشتر

طبقه بندی فازی نقشه کاربری اراضی

استفاده از روشهای فازی، جهت کاهش عدم قطعیت ناشی از ذات برخی مولفه ها سبب تحولات بزرگی در صنعت شده است. پیشینه منطق فازی تئوری مجموعه های فازی و منطق فازی را اولین بار پرفسور لطفی زاده در رساله ای به نام (مجموعه های فازی - اطلاعات و کنترل) در سال 1965 معرفی نمود. هدف اولیه او در آن زمان، توسعه مدلی کارآمدتر برای توصیف فرآیند پردازش زبان های طبیعی بود. او مفاهیم و اصلاحاتی همچون مجموعه های فازی، رویدادهای فازی، اعداد فازی و فازی سازی را وارد علوم ریاضیات و مهندسی نمود [14].

براساس مطالعات میدانی صورت گرفته در سطح حوزه و براساس شاخص پوشش گیاهی (NDVI) برداشت شده از روی تصاویر ماهواره لندست سنجنده ETM⁺، شاخص NDVI در سطح حوزه براساس مقدار این شاخص بصورت فازی ارائه شد. این فازی سازی به منظور ترکیب کردن مناطقی که دارای پوشش گیاهی خاص بوده بسیار حائز اهمیت است. براین اساس جدول (2) هشت واحد کاری در حوزه آبخیز الشتر را نشان میدهد که میزان حد بالا و پایین این شاخص در آن منظور شده است. تعیین مقادیر حد بالا و پایین جهت فازی سازی و استفاده از توابع عضویت مختلف براساس مطالعات انجام شده و بازدید میدانی و کنترل آن صورت گرفته است.

جدول (2)- طبقه بندی فازی شاخص NDVI در سطح حوزه الشتر

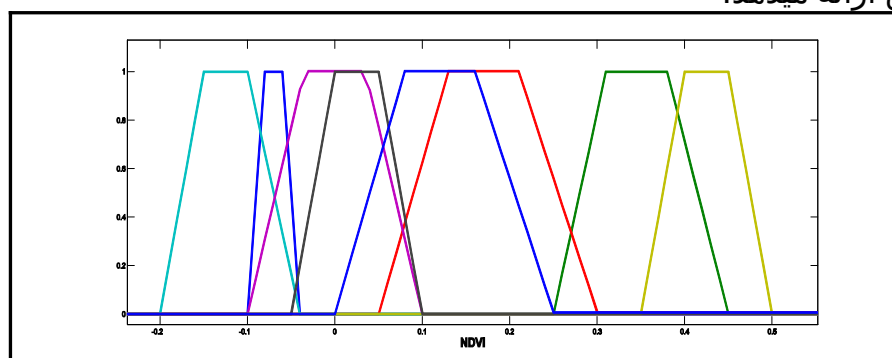
نوع واحد کاری	حد بالا شاخص	حد پایین شاخص
مناطق مسکونی	-01/0	-03/0
زراعت آبی	45/0	30/0
زراعت دیم	3/0	07/0
رودخانه	-04/0	-20/0
مناطق کوهستانی	07/0	- 10/0
باغات	53/0	35/0
مرتفع متوسط	1/0	- 04/0
مرتفع قوی	21/0	0

نتایج و بحث

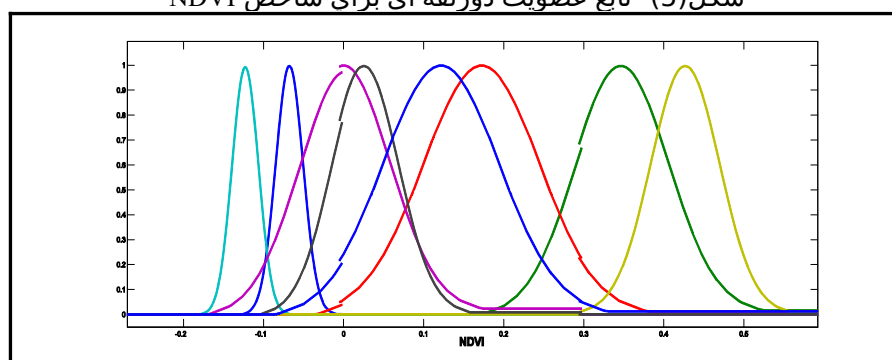
تهیه دیاگرام فازی نقشه کاربری اراضی

پس از تعریف کرانه های بالا و پایین در بخش فازی کردن شاخص NDVI جهت ارزیابی کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه، با استفاده از نرم افزار Matlab v.2012 با استفاده از جعبه ابزار Fuzzy، تعریف کرانه ها انجام پذیرفت. در این مطالعه از دو تابع عضویت دوزنقهای و گوسین با توجه به کارایی این دو تابع عضویت در مطالعات مهندسی آب در بخش فازی استفاده شد.

شکل (5) هشت کاربری فازی شده با استفاده از تابع عضویت دوزنقهای و شکل (6) با استفاده از تابع گوسین ارائه میدهد.



شکل (5)- تابع عضویت دوزنقه ای برای شاخص NDVI

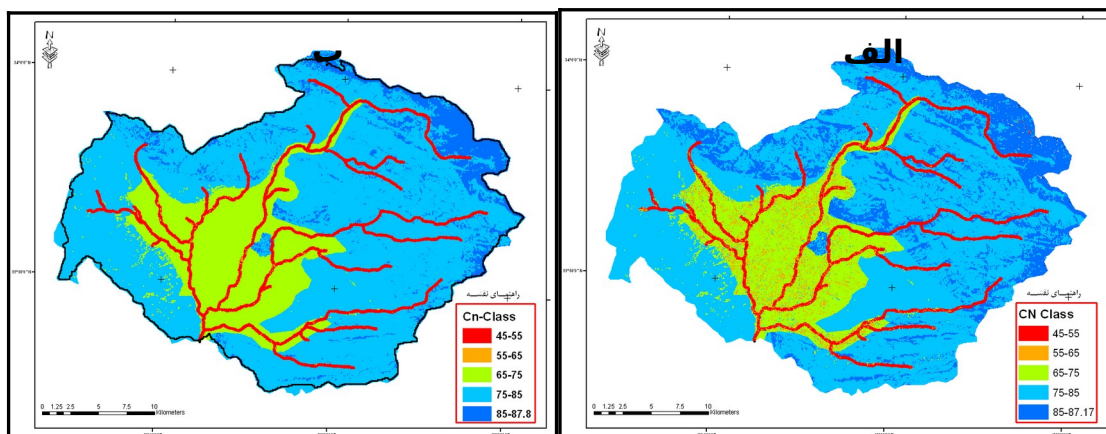


شکل (6)- تابع عضویت گوسین برای شاخص NDVI

نرمی خطوط تابع عضویت Gaussmf سبب می‌گردد منطقه اشتراک بیشتری جهت هر یک از انواع پوششهای گیاهی حاصل گردد و این تابع عضویت جهت همخوانی بهتر با سطح حوزه کارایی بهتری دارد.

تهیه قوانین فازی در تلفیق لایه های HSG و NDVI

سیستمهای فازی، سیستمهای مبتنی بر دانش یا قواعد میباشند؛ قلب یک سیستم فازی یک پایگاه دانش است که از قواعد اگر- آنگاه فازی تشکیل شده است. یک قاعده اگر- آنگاه فازی، یک عبارت اگر- آنگاه است که بعضی کلمات آن به وسیله توابع تعلق پیوسته مشخص شده اند. به کمک جعبه ابزار Fuzzy در نرم افزار Matlab مجموعه قوانین جهت تلفیق دو لایه گروه های هیدرولوژیکی خاک و شاخص پوشش گیاهی بصورت دستورات if-then گردآوری گردید. مجموعه ی این قوانین براساس قوانین هیدرولوژی حاکم استوار میباشد. براین اساس کمترین میزان CN به مسیل ها با گروه هیدرولوژیکی A و بیشترین میزان CN به مراتع خیلی فقیر و اراضی توده سنگی با گروه هیدرولوژی D تعلق گرفت. براساس قوانین فازی تهیه شده و تلفیق این قوانین در محیط نرم افزار Matlab و ارائه گزارش مربوط به شماره منحنی رواناب در سطح منطقه، به کمک Spatial Analyst در محیط نرم افزار Arc Map پهنبندی CN در سطح حوضه الشتر مطابق شکل (7) انجام گرفت.



شکل (7)- نقشه CN تهیه شده توسط منطق فازی به کمک تابع عضویت الف) گوسین، ب) دوزنقه ای

ارزیابی نقشه CN فازی

به منظور ارزیابی نقش فازی سازی جهت برآورد شماره منحنی رواناب در حوزه الشتر با استفاده از حوادث بارش و رواناب ثبت شده در منطقه بررسی ها با استفاده از روابط SCS که در بخش (2-2) ارائه شد، مورد سنجش قرار گرفت. بدین منظور با استفاده از CN وزنی حاصل از دو روش فازی سازی با تابع عضویت گوسین و دوزنقه ای و مقدار CN ارزیابی شده توسط کارشناسان منطقه براساس جدول (3) مورد ارزیابی قرار گرفت. در این مطالعه از 4 واقعه حادثه بارش-رواناب در سالهای 2008، 2010، 2011 و 2013 استفاده شد.

جدول (2)- مقایسه عملکرد منطق فازی و دادههای مشاهداتی

تاریخ	روش	CN وزنی	بارندگی*	رواناب ثبت شده*	رواناب* SCS
2008	تابع عضویت دوزنقه ای	78	4/15	35/12	46/12
	تابع عضویت گوسین	1/77			33/12
	روش منطقه	75			12
2010	تابع عضویت دوزنقه ای	5/78	2/26	02/23	17/23
	تابع عضویت گوسین	77			9/22
	روش منطقه	75			58/22
2011	تابع عضویت دوزنقه ای	7/78	8/19	74/16	88/16
	تابع عضویت گوسین	4/77			68/16
	روش منطقه	75			29/16
2013	تابع عضویت دوزنقه ای	79	2/34	1/31	2/31
	تابع عضویت گوسین	78			31
	روش منطقه	75			5/30

* واحد اندازه گیری بارندگی و رواناب میلیمتر می باشد.

نتیجه گیری

با توجه به استفاده روز افزون منابع اطلاعاتی از سیستم های نوین و مقایسه این سیستمها با عملیاتیهای میدانی، استفاده از منطق فازی در برآورد میزان رواناب در حوزه های آبخیز بسیار حائز اهمیت میباشد. در این مطالعه سعی بر آن شده است تا با استفاده از قوانین فازی اقدام به پهنه بندی و شناسایی مناطق مستعد برای انجام عملیات پیشگیری از سیلابهای مخرب شود.

با توجه به دو تابع عضویت خطی و زنگوله‌ای شکل که قوانین و کرانه‌های این دو تابع در نرم افزار Matlab گردآوری گردیده است. در برآورد میزان CN که نقش مهمی را در رابطه SCS ایفا می‌نماید اقدام به پهنه‌بندی کلاسه‌های CN ایجاد شده نمودیم. بر اساس انحناي زنگوله‌ای شکل تابع عضویت Gaussmf نتایج بدست آمده بسیار نزدیک تر به واقعیت بوده تا تابع عضویت Trapmf. بنابراین استفاده از تابع عضویت Gaussmf در برآورد پارامترهای نزدیک بهم دارای کلاس بندی کمتر و هم دقت بیشتر خواهد بود.

منابع

- [1] Lahat L. Fuzzy logic based flood forecasting model for the Kelantan River basin. 2015; 9(4):542–553.
- [2] Ishtiyag A, Vivek V. Application of Curve Number Method for Estimation of Runoff Potential in GIS Environment. 2nd International Conference on Geological and Civil Engineering. 2015; 80:IACSIT Press, Singapore.
- [3] Torabi Podeh H, Avarand R. Estimation of runoff precipitation and preparation of land use maps of lands and agricultural areas using remote sensing technology in the Yellow River watershed in Khuzestan province. 2011; 1(2):17 - 29. (Persian)
- [4] Barreto-Neto AA, de Souza filllo CR Application of fuzzy logic to the elevation of runoff tropical watershed. Environmental Modeling & Software Journal. 2007; 23(2):244-253.
- [5] Yaghoubzadeh, Mostafa, Determining the Curve Basin Number Using Geographic Information System (GIS) and RS Remote Sensing: A Case Study (Mansourabad Birjand Basin). Master Thesis. Shahid Bahonar University of Kerman. Department of Water Engineering. 1999. P150. (Persian)
- [6] Ayana AB, Kositsakulchai E. Land Use Change Analysis Using Remote Sensing and Markov Modeling in Fincha Watershed, Ethiopia, Kasetsart J.(Nat.Sci.). 2012; (46):135-149.
- [7] Tucker CJ, Sellers C. Satellite remote sensing of primary production. International Journal of Journal of Remote Sensing. 1986; (7): 1395-1416.
- [8] Griffith JA, Martinko EA, Whistler JL, Price KP. Interrelationship among landscapes, NDVI, and stream water Quality in the U.S. Central Plains. Ecological Applications. 2002; 12(6): 1702-1718.
- [9] Inci Tekeli Y, Akgu UIS, Dengiz O, Ak ü z ü m T. Estimation of flood discharge for small watershed using SCS curve number and geographic information system. River Basin Flood Management Journal. 2006. p527-538.
- [10] Alizadeh A. The principles applied hydrology, the twentieth edition. 2010. P539. (Persian)
- [11] Fayzizadeh B. comparing and object-oriented methods based pixel mapping land use. master's thesis, Faculty of Literature and Human Sciences Faculty of Tabriz University. 2006. (Persian)
- [12] Gandini M.L, Usunoff EJ. SCS curve number estimation using remote sensing NDVI in a GIS environmental, Journal of Environmental Hydrology. 2004; (12):168-179.
- [13] Potters CS, Brooks V. Global analysis of empirical relations between annual climate and seasonality of NDVI. Int. J. Remote Sens. 1998; (19):2921–2948.
- [14] Jensen JR. Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective. 2d ed. Englewood Cliffs. New Jersey: Prentice-Hall. 1996.

Estimation of runoff curve number (CN) with the Fuzzy Logic from satellite imagery and GIS (Region :Iran -Lorestan Province- Alshtar basin)

Zahra Pourhossein Ghadi ¹, Mahsa Rahimzadeh Kivi ², Mehrdad pourhosein ^{*3}, Hamid Kardan Moghadam ⁴

1- Undergraduate of Civil Engineering - Expert of Tehran Municipality, District 5

2- Master of water resources engineering, Faculty of Agriculture, Malayer University. Malayer

3* - PhD student, Department of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan

4- Assistant Professor, Research Institute for Water Resources Studies and Research, Tehran Water Research Institute, Tehran

Abstract

Today, because of the issue water resources importance, to be expanded calculate the amount of runoff, development and implementation of appropriate methods to facilitate runoff estimation using remote sensing technology and geographical information. One of the effective ways of using soft computing, is fuzzy logic. In this study, land use map with the help of vegetation index (NDVI) Taken from the Landsat satellite images

Landsat ETM⁺ Was obtained. Thus, the fuzzy of NDVI, based on Gaussian and trapezoidal membership functions in MATLAB were classified into 8 units. Hydrological soil Group Map Was obtained by the soil maps, land use and field inspection. Runoff curve number combining two layers of hydrologic soil groups and vegetation index developed based on fuzzy rules, for both Gaussian and trapezoidal membership functions Was obtained in Matlab And Tables SCS, Then Was conducted zoning CN at software environment Arc Map 9.3 in the basin area Elshter. To assess the accuracy results obtained were used from measuring rainfall data in the study basin Elshter. Results showed that runoff curve number Estimates, for Gaussian membership function of a trapezoidal membership function largely corresponds with reality.

Keywords: Runoff curve number (CN), NDVI, Fuzzy Logic, RS , Arc GIS, basin Alshtar