جغرافیا و توسعه شماره ۳۹ تابستان ۱۳۹۴
وصول مقاله : ۱۳۹۱/۰۴/۲۴
تأیید نهایی : ۱۳۹۲/۰۳/۲۶
صفحات : ۱۶۴-۱۴۷

مقایسه‌ی روش‌های مکان‌یابی مناطق مستعد جمع‌آوری باران به کمک سیستم پشتیبانی تصمیم (DSS) مبتنی بر GIS

دکتر ابوالفضل اکبرپور[۱]، شهرزاد صادقی[۲]، دکتر حامد فروغی‌فر[۳]، دکتر علی شهیدی[۴]

چکیده

برداشت‌های بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی باعث افت شدید سطوح ایستابی گردیده است. از طرفی میزان هدررفت رواناب حاصل از بارندگی در جهان و بالاخص در کشور ما بسیار زیاد و قابل توجه می‌باشد. بنابراین تمایل به سمت استفاده‌ی بهینه از رواناب‌ها و منابع آب سطحی کنترل نشده به جای برداشت‌های بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی امری لازم و ضروری است.

این مقاله دو روش مختلف را برای تعیین مکان‌های مستعد جمع‌آوری آب باران؛ در قالب دوسیستم پشتیبانی تصمیم (DSS) مبتنی بر GIS ارائه می‌کند که به تصمیم‌گیرندگان، در انتخاب مکان‌های مناسب جمع‌آوری آب باران در دشت بیرجند واقع در استان خراسان جنوبی یاری می‌رساند. جهت انجام این تحقیق از شش معیار بارندگی، شیب حوضه آبریز، عمق و بافت خاک، شبکه آبراهه‌های دشت و کاربری اراضی منطقه استفاده شد. روش اول خصوصیات مختلف حوضه را مستقیماً در تصمیم‌گیری دخیل می‌سازد و روش دوم بر اساس ظرفیت منطقه در تولید رواناب و نیز فاکتورهای اجتماعی- اقتصادی عمل می‌کند. نتایج به دست آمده از هر روش، منطقه را از لحاظ استعداد جمع‌آوری باران در۴ گروه ضعیف، متوسط، خوب و بسیار خوب طبقه‌بندی می‌کند. مقایسه‌ی دو روش، نشان می‌دهد که در دشت بیرجند، به‌کارگیری روش اول مناسب‌تر است و بطور کلی از غرب به سمت شرق دشت بر استعداد آن در جمع‌آوری آب باران افزوده می‌شود.

کلیدواژه‌ها : جمع‌آوری آب باران، سیستم‌های پشتیبانی تصمیم‌گیری، سامانه اطلاعات جغرافیایی، دشت بیرجند.

۱- دانشیار عمران، دانشگاه بیرجند (نویسنده مسؤول) Akbarpour@Birjand.ac.ir
۲- دانشجوی ارشد منابع آب، دانشگاه بیرجند sh.sadeghi.09@gmail.com
۳- استادیار خاک‌شناسی، دانشگاه بیرجند hfroghifar@Birjand.ac.ir
۴- استادیار آب، دانشگاه بیرجند Shahidi@Birjand.ac.ir

مقدمه

کشورهای کم‌آب عمدتاً با محدودیت‌های هیدرولوژیکی فراوانی مواجه هستند و این مسأله در اجتماعات کشاورزی فقیر که متکی بر کشت دیم می‌باشند، نمود بیشتری می‌یابد. در مناطق خشک و نیمه‌خشک الگوهای بارندگی از لحاظ مقدار و زمان پیش‌بینی نشده هستند *(Mbilinyi et al,2005:793;Hamlett & Vorhauer, 1996: 435)*. از این رو تقسیم نامناسب زمانی و مکانی بارندگی و حوادث تکرار شونده‌ی میان فصل خشک از جمله مشکل‌سازترین محدودیت‌های هیدرولوژیکی در این مناطق است، که پیامدهایی چون فقر خاک از نظر آب در دسترس در طول فصل رشد، کاهش پتانسیل بازدهی محصولات و گاه شکست محصولات را به دنبال دارد *(Rockstrom, 2000: 275)*.

کشور ایران به دلیل کمبود ریزش‌های جوی و نامناسب بودن پراکنش زمانی و مکانی آن، در زمره‌ی کشورهای خشک و نیمه‌خشک جهان قرار دارد، و به جز حاشیه‌ی دریای خزر و دامنه‌ی کوههای البرز و زاگرس، اغلب دارای آب و هوای خشک با نزولات آسمانی اندک می‌باشد. از طرفی به دلیل رشد جمعیّت، گسترش شهرنشینی و توسعه‌ی بخش‌های کشاورزی و صنعت، پیوسته با افزایش تقاضای آب مواجه است. تداوم افزایش میزان تقاضا برای آب باعث افزایش شکاف میان عرضه و تقاضای آب در آینده خواهد شد. افزایش این شکاف، توجه جدی به مبانی برنامه‌ریزی اقتصادی منابع آب و تخصیص بهینه آن را ضروری می‌نماید. در مناطق خشک، آب و نه زمین، مهمترین عامل محدودکننده در تولید محصولات کشاورزی است. از این‌رو بیشینه‌ی ساختن بازدهی آب در واحدسطح زمین،بهترین استراتژی برای سیستم‌های کشاورزی در مناطق خشک است. تحت چنین شرایطی تکنیک‌های کارآمد مدیریت آب باید به کار برده شود *(Oweis & Hachum, 2005: 57)*. توجه به محدودیت منابع آب‌های زیرزمینی و افت سطح ایستابی و گاه شور شدن آب سفره‌ها بویژه در مناطق نیمه‌خشک، ما را به سمت بهره‌برداری از آب‌های سطحی ترغیب می‌کند. آب سطحی که نتیجه‌ی پاسخ‌های بارش-رواناب در یک حوضه است، منبع آب بالقوه‌ای است که اگر بطور صحیح مدیریت شود می‌تواند برای تأمین تقاضا مفید واقع گردد.

جمع‌آوری آب باران (RWH)[1] گزینه‌ای مناسب است برای انحصار و ذخیره رواناب سطحی جهت کاربردهای بعدی بویژه در طول دوره‌هایی که محدودیت دسترسی به آب داریم *(Winnaar et al, 2007: 1058)*.

RWH در برگیرنده‌ی تمام روش‌هایی است که برای تمرکز، جمع‌آوری و ذخیره رواناب حاصل از بارندگی به کار می‌روند. در این روش‌ها رواناب حاصل از باران می‌تواند از سقف منازل، سطح زمین و جویبارها (به عبارتی هم در سطح شهری و هم در گستره‌ی غیرشهری) جمع‌آوری شده و در سازه‌های فیزیکی و یا در پروفیل خاک ذخیره شود.

آب جمع‌آوری شده قادر است ذخیره‌ی رطوبتی خاک را بهبود بخشیده و باعث تغذیه‌ی سفره‌های آب زیرزمینی گردد و همچنین به کمک آن می‌توان آب مورد نیاز مصارف خانگی، کشاورزی و دامداری را در زمان‌های کم‌آبی تأمین کرد *(Rockstrom,2000: 278; Sutherland & Fenn, 2000: 200)*. در کنار تمام این آثار باید تأثیرRWH را در کاهش‌وجلوگیری از خسارات سیل نیز مدّ نظر قرار داد. در سطوح وسیع چون سطح حوضه‌ها و دشت‌ها پیش از پرداختن به انتخاب نوع تکنولوژی RWH باید در پی یافتن مکان‌هایی بوده که از لحاظ هیدرولوژیکی، بیوفیزیکی‌واقتصادی و اجتماعی پتانسیل بالایی برای استقرار سازه‌های RWH داشته باشند. برای این‌منظور سیستم‌پشتیبانی تصمیم (DSS) مبتنی بر GIS ارائه می‌شود که از داده‌های سنجش از

1- RainWater Harvesting

دور و نقشه‌برداری‌های محدود استفاده می‌کند و در این راستا سعی می‌گردد تا با در نظر گرفتن فاکتورهای فیزیکی، هیدرولوژیکی و اقتصادی و اجتماعی دخیل درانتخاب مکان‌های‌مستعد RWH، و با تکیه بر سیستم مذکور تاحد زیادی در وقت وهزینه صرفه‌جویی کرده و روندتصمیم‌گیری تسهیل‌شود.DSSها ابزارهای مدیریتی هستند که به توسعه‌دهندگان استراتژی‌ها در تصمیم-گیری کمک می‌کنند *(Mbilinyi et al, 2007: 1075)*.

بر اساس تعریف DSS عبارت است از برنامه‌های کامپیوتری واکنشی، که روش‌هایی تحلیلی مثل آنالیزهای تصمیم‌گیری و الگوریتم‌های بهینه‌سازی و برنامه زمان‌بندی روزمره را برای توسعه مدل‌ها مورد استفاده قرار می‌دهند و با فرموله‌کردن گزینه‌ها، تحلیل کردن تأثیرات آنها و تفسیر و انتخاب گزینه‌های مناسب برای اجرا، تصمیم‌گیرندگان را یاری می‌نمایند *(Adelman, 1992 : 53)*. DSS را می‌توان این‌گونه تعریف کرد: یک برنامه واکنشی‌کامپیوتری مبتنی بر گرافیک که با بهینه‌سازی ریاضی مناسب و یا مدل‌های شبیه‌ساز آمیخته می‌شود و گاهی اوقات قوانین پایه کیفی و الگوریتم‌های زبانی به آن افزوده می‌گردد و هدف آن مسیردهی به پرسش‌ها و موضوعاتی است که به مسائل خاص و مکان‌های خاص وابسته‌اند *(Georgakakos et al, 2002: 29)*

در سیستم DSS، GIS به عنوان ابزاری کامل برای ذخیره، آنالیز و مدیریت اطلاعات مکانی سودمند است و وسیله‌ای منطقی را برای تصمیم‌گیری در زمینه‌ی انتخاب مکان‌های مناسب RWH فراهم می‌کند. تکنیک‌های GIS به واسطه‌ی امکانات فوق‌العاده‌ای که در ذخیره‌سازی، تحلیل و نمایش داده‌های مکانی توصیف شده توسط کاربر، دارند برای این مطالعات بسیار مفید هستند.

امبیلینی و همکاران در تانزانیا کاربرد DSS مبتنی بر GIS را در حوضه ماکانیا جهت شناخت استعداد RWH نشان دادند *(Mbilinyi et al, 2007: 22)*.

مونگ کاهیندا و همکاران در آفریقای جنوبی یک سیستم‌پشتیبانی تصمیم مبتنی بر GIS را به کار بردند که به بررسی برازندگی RWH در مناطق مشخص و اندازه‌گیری اثرات‌پذیرش این کار در مقیاس حوضه‌ی آبریز می‌پردازد *(Mwenge Kahinda et al, 2009: 15)*

حکمت‌پور و همکاران با استفاده از سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری و قابلیت‌های GIS به مکان‌یابی مناطق مناسب جهت اجرای طرح تغذیه مصنوعی در دشت ورامین پرداختند *(حکمت‌پور و همکاران، ۱۳۸۴:۷۵)*.

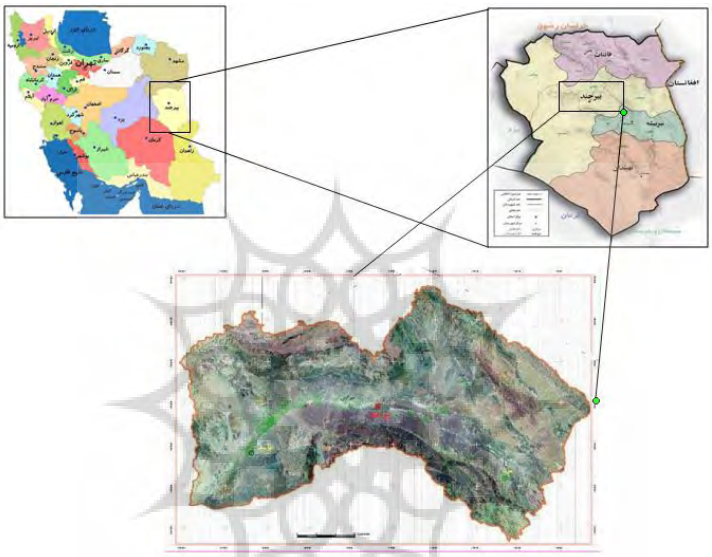
ناصری و همکاران با تلفیق سیستم‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و سامانه اطلاعات جغرافیایی مکان‌های مناسب پخش‌سیلاب جهت تغذیه مصنوعی را تشخیص دادند*(ناصری‌وهمکاران ۱۳۸۸:۹۸)*. همچنین حبیب‌آبادی و همکاران با استفاده از GIS مناطق مستعد جمع‌آوری باران را در استان تهران مکان‌یابی کردند.در این‌تحقیق سیستم پشتیبانی تصمیم با تکیه بر قابلیت‌های GIS تعریف شده و سپس با در نظر گرفتن دو استراتژی متفاوت که یکی بر پایه‌ی خصوصیات مختلف حوضه و دیگری بر اساس ظرفیت تولید رواناب در حوضه بنا شده‌اند، اقدام به مکان‌یابی مناطق مستعد جمع‌آوری باران شد و سپس نتایج این دو روش با یکدیگر مقایسه گردید *(حبیب‌آبادی، ۱۳۸۹:۱۱۰)*.

مواد و روش‌ها

- مشخصات منطقه مورد مطالعه

دشت بیرجند به عنوان مهم‌ترین دشت جنوب خراسان از نظر تمرکز جمعیّت، موقعیت شهرنشینی، تمرکز فعالیّت‌های اقتصادی و نظامی؛ با جمعیّتی

حدود ۲۱۰۰۰۰ نفر، ۳۳ درصد جمعیّت خراسان جنوبی را در خود جای داده است. این دشت در قسمت شمالی ارتفاعات باقران با مختصات ´۳۴ و °۳۲ تا ´۸ و °۳۳ عرض شمالی و ´۴۱ و °۵۸ تا ´۴۴ و °۵۹ طول شرقی واقع شده است. وسعت کل حوضه‌ی آبریز در حدود ۳۴۳۵ کیلومتر مربع است که ۹۸۰ کیلومتر مربع آن را دشت و مابقی را ارتفاعات تشکیل داده‌است. دشت بیرجند با میانگین بارش سالانه ۱۴۰میلیمتر و متوسط درجه حرارت ۱۶/۵ درجه سانتیگراد، بر اساس طبقه‌بندی‌های اقلیمی جزء مناطق خشک محسوب می‌شود *(میرعربی و نخعی، ۱۳۸۷: ۱)*. موقعیت این دشت در شکل ۱ نمایش داده شده است.



شکل۱: موقعیت دشت بیرجند واقع در استان خراسان جنوبی

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱

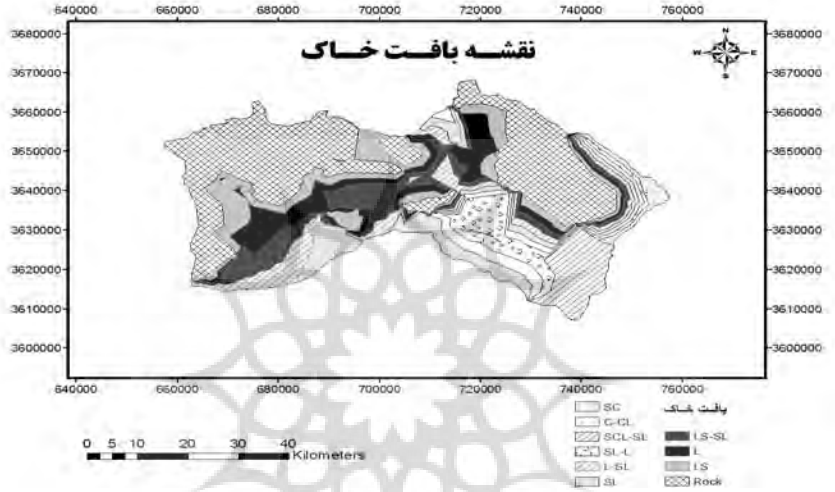
– سیستم پشتیبانی تصمیم و چارچوب طرح

برای تعیین مکان‌های مستعد جمع‌آوری باران چارچوب‌سیستم‌پشتیبانی تصمیم در نرم‌افزارArcGIS۹,۳ تعریف می‌شود. هر DSS سه جزء عمده دارد: ورود داده و پیش پردازش، پردازش عمده و خروجی که در اینجا نقشه نشان‌دهنده مناطق مستعد جمع‌آوری باران است. اولین مؤلفه بیانگر داده‌های خام جمع‌آوری شده و پیش‌پردازش آنها است. داده‌های جمع‌آوری شده وارد سامانه‌ی GIS شده و پس از طیّ مرحله‌ی پیش‌پردازش تبدیل به نقشه‌های برداری اولیّه و آماده برای پردازش‌اصلی می‌گردند. مرحله‌ی پردازش اصلی مهمترین مؤلفه DSS است که با استفاده از برنامه‌ی جانبی Model Builder انجام می‌گیرد. در این مرحله ابتدا تمامی نقشه‌ها به فرمت رستری تبدیل شده و هر کدام بر اساس طبقات خود که در تصمیم‌گیری مؤثر هستند؛ کلاسه‌بندی می‌شوند. فرآیند جایگذاشت وزن‌دار به ترکیب نقشه‌های مذکور پرداخته و در نهایت نقشه‌ی هدف حاصل می‌شود. در فرآیند جایگذاشت وزن‌دار به هر لایه‌ای که مورد استفاده قرار می‌گیرد وزن اهمیت نسبی (RIW) بر اساس درصد اختصاص داده می‌شود. مقدار این وزن بستگی به میزان نقش هر لایه در جمع‌آوری باران دارد. علاوه بر این برای طبقات موجود در هر لایه باید سطح برازندگی (S) از بین مقادیر ۱ تا ۹ انتخاب شود. استفاده از مقادیر ۱ تا ۹ بر اساس روش تحلیل سلسله مراتبی است که توسط ساعتی در ۱۹۸۰ ابداع گردیده و انتخاب هر کدام از

این اعداد بستگی به نظر کارشناسان دارد. پس از انجام فرآیند فوق نقشه استعداد جمع‌آوری باران حاصل می‌شود.

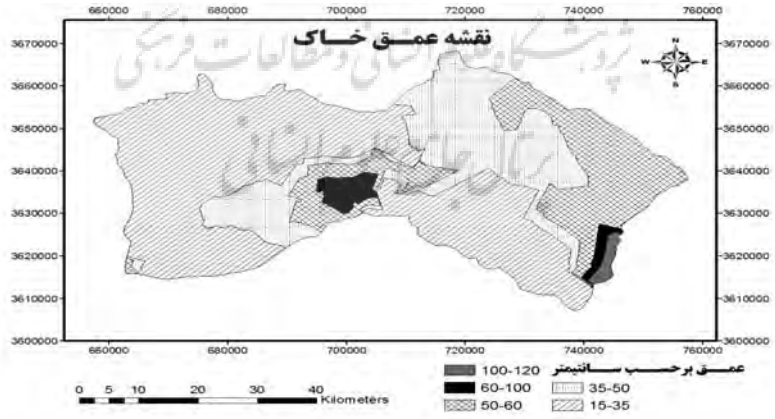
چارچوب طرح در روش اول

داده‌های ورودی لازم در این روش شامل بارندگی، نمونه‌های خاک که بیانگر بافت و عمق خاک می‌باشند، نقاط مکانی زمینی که دارای طول و عرض و ارتفاع هستند، تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌ی توپوگرافیک است. با استفاده از اطلاعات به دست آمده از نمونه گیری‌های خاک در منطقه نقشه‌های بافت خاک و عمق خاک با استفاده از نرم‌افزارهای GIS تهیه گردید. که در شکل ۲ و ۳ آمده است.



شکل۲: نقشه‌ی طبقه‌بندی شده بافت خاک در دشت بیرجند

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱

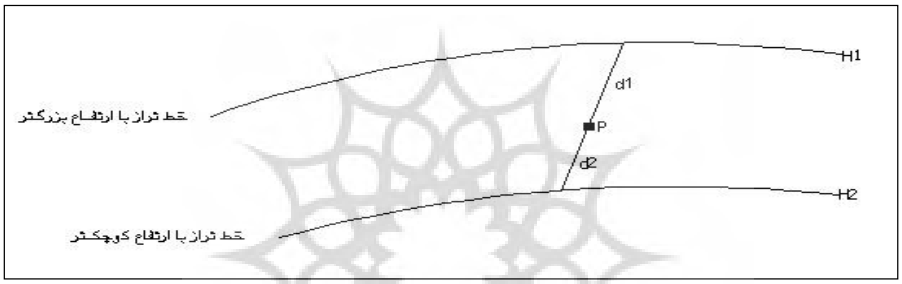


شکل۳: نقشه‌ی طبقه‌بندی شده عمق خاک دشت بیرجند

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱

نقشه‌ی فوق نشان می‌دهد که از مرکزدشت به سمت شرق و شمال شرقی عمق خاک زیاد می‌شود که می‌تواند در جمع‌آوری آب باران در این مناطق حایز اهمیت باشد.

نقشه‌ی توپوگرافی با مقیاس ۲۵۰۰۰: ۱ با کمک سازمان آب منطقه‌ای استان خراسان جنوبی گردآوری شد که به عنوان مبنایی برای تهیه‌ی نقشه‌ی شیب و نقشه‌ی شبکه‌ی آبراهه‌ها مورد استفاده قرار گرفت. برای نقشه‌ی شیب ابتدا خطوط تراز نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ منطقه با کمک نرم‌افزار R2V رقومی گردید. سپس مدل‌رقومی ارتفاع (DEM) بر اساس به کارگیری توابع درون‌یابی موجود در GIS بر روی نقشه‌های برداری تهیه شد لیکن DEM حاصله با توجه به پیچیدگی توپوگرافی حوضه، فاصله خطوط تراز ارتفاعی، میزان پستی و بلندی حوضه، اندازه سلول انتخابی،دقت اولیه در رقومی‌سازی نقشه‌های‌توپوگرافی و نیز روش‌های درون‌یابی دارای انواع خطای نسبی در مقایسه با توپوگرافی واقعی زمین است که باید تا حدودی رفع گردد. در این تحقیق بر اساس فاصله بورگفورس عملیات میانه‌یابی در فرمت رستری برای هر پیکسل بین دو خط تراز ارتفاعی مطابق شکل ۴ صورت گرفت *(ثقفیان و همکاران، ۱۳۷۹: ۱۴۴)*.



شکل ۴: روش میانه‌یابی برای تهیه‌ی مدل رقومی ارتفاع از روی توپوگرافی
مأخذ: ثقفیان و همکاران، ۱۳۷۹

خروجی عملیات فوق به صورت یک نقشه رستری خواهد بود که فرمول مورد استفاده برای محاسبه‌ی ارتفاع مختص پیکسل (H_P) به صورت زیر است *(ثقفیان و همکاران، ۱۳۷۹: ۱۴۲)*.

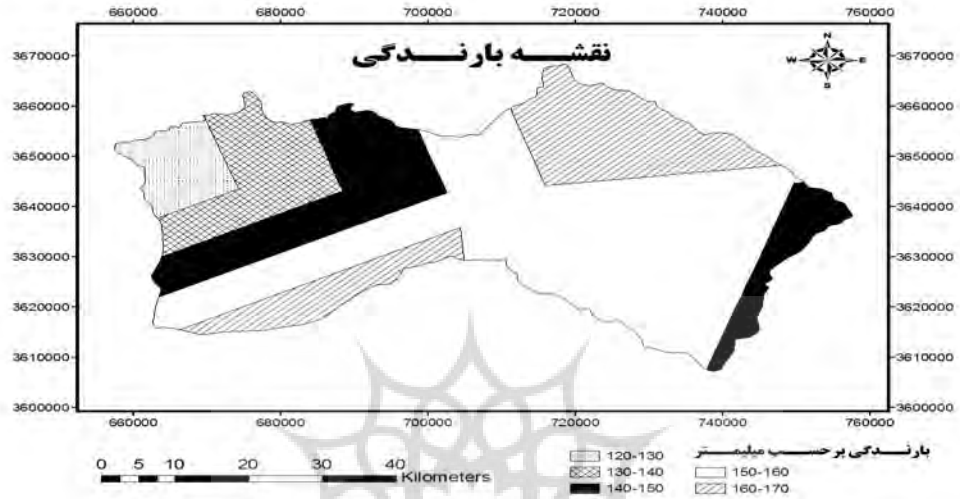
معادله ۱:

$$H_P = H_2 + \left(\frac{d_2}{d_1 + d_2}\right) \times (H_1 - H_2)$$

که فاصله d_1 وd_{1} از خط ارتفاعی بزرگتر و کوچکتر است و H_1 وH_2 به ترتیب ارتفاع خط بزرگتر و کوچکتر می‌باشد. با کمک مدل رقومی ارتفاع و توانایی‌های ERDAS نقشه رستری شیب تهیه شد. نقشه‌ی شبکه‌ی آبراهه‌ها بر اساس نقشه‌ی شیب و نقشه‌ی جهت جریان و نقشه‌ی تجمعی جریان تهیه گردید. اطلاعات موجود از ایستگاه‌های هواشناسی مستقر در منطقه و نقاط پیرامون آن توانست با ارائه‌ی میانگین ۲۰ساله بارندگی در مناطق مختلف منجر به ایجاد نقشه‌ی بارندگی گردد. همچنین با استفاده از تصاویر ماهواره Landsat و بازدیدهای میدانی، نقشه‌ی کاربری اراضی حاصل شد. جهت تهیه‌ی نقشه‌ی کاربری اراضی از تصاویر ماهواره Landsat استفاده گردید. قبل از استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ابتدا تصحیحات‌رادیومتری و هندسی بر روی باندهای ETM+ صورت گرفت سپس با استفاده از فنون ادغام[1]، عملیات ادغام بر روی باندهای طیفی انجام شد. جهت تطابق هندسی تصاویر از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ و نقاط کنترل زمینی با پراکنش مناسب در سطح منطقه استفاده گردید. در نهایت تطابق هندسی با استفاده از نقاط کنترل و معادله چند جمله‌ای درجه دو انجام‌شدکه RMS[2] حاصل از تصحیح هندسی برابر ۰/۵۲ به دست آمد.

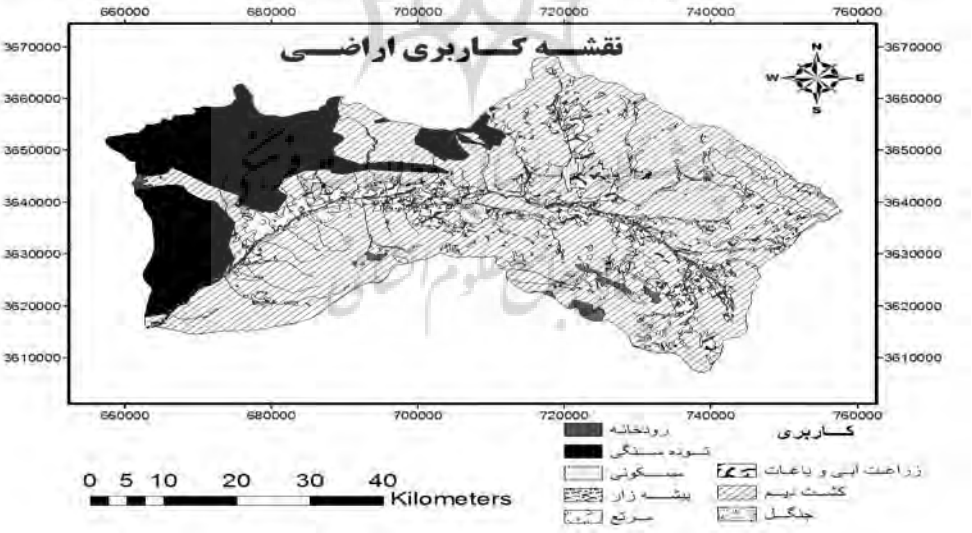
1-Merging
2-Root Mean of Square

از کلیه‌ی باندها بجز باند ۶ برای طبقه‌بندی استفاده شد. به دلیل دقت پایین کلاس‌های طبقه‌بندی شده مناطق‌مسکونی و جاده این‌کلاس‌ها ازفرآیندطبقه‌بندی حذف و جهت وارد کردن این طبقات در نقشه‌ی نهایی از دیگر لایه‌های اطلاعاتی در سیستم جغرافیایی استفاده گردید. که در شکل زیر آمده است:



شکل۵: نقشه‌ی طبقه‌بندی شده بارندگی در دشت بیرجند

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱



شکل۶: نقشه کاربری اراضی دشت بیرجند

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱

بنابراین نقشه‌های اولیه‌ی حاصل که شامل نقشه بارندگی، عمق خاک، بافت خاک، شیب، کاربری اراضی و نقشه‌ی زهکشی منطقه می‌باشند؛ وارد مرحله‌ی پردازش اصلی می‌شوند. همانطور که ذکر شد در این مرحله نقشه‌ها به فرمت رستری تبدیل گشته و کلاسه‌بندی می‌شوند. وزن‌های اهمیت نسبی و سطوح برازندگی طبقات با توجه به تحقیقات امبیلینی و همکاران در سال ۲۰۰۷ و شناخت از منطقه و نظرات کارشناسی در جداول ۱ و ۲ ارائه شده است.

جدول۱: وزن‌های اهمیت نسبی برای لایه‌های اطلاعاتی

فاکتورها	بارندگی	بافت خاک	عمق خاک	زهکشی	کاربری اراضی	شیب
وزن نسبی	٪۵	٪۳۵	٪۲۵	٪۱۰	٪۱۵	٪۱۰

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱

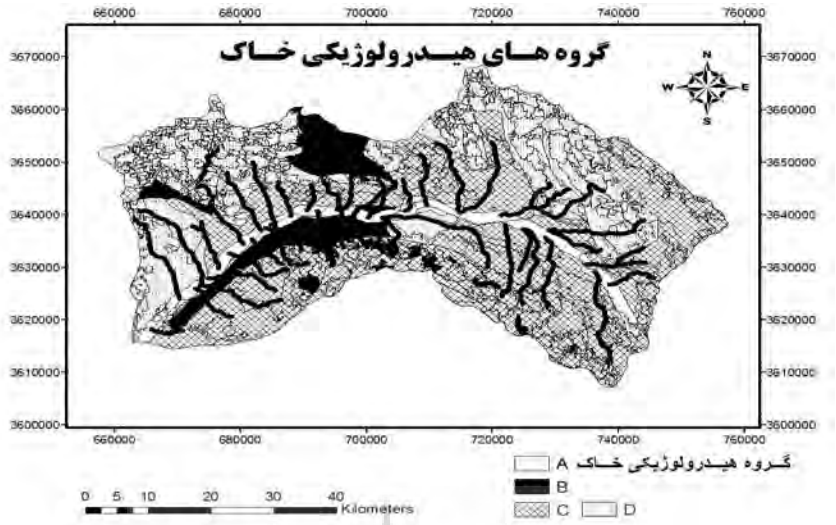
جدول۲: سطوح برازندگی طبقات مختلف در هر لایه اطلاعاتی ورودی به سیستم

سطح تناسب	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
بارندگی mm	-	۱۳۰-۱۴۰	۱۴۰-۱۵۰	۱۲۰-۱۳۰ ۱۵۰-۱۶۰	۱۶۰-۱۸۰	-	-	-	-
بافت خاک	rock	-	c-cl	L	Sc	L-LS	SCL-SL	SL-L	SL
عمق خاک cm	۰-۱۰	-	۱۰-۳۰	-	-	۳۰-۵۰	۵۰-۱۰۰	-	۱۰۰-۱۵۰
آبراهه	رده ۱ و ۲	-	-	-	رده ۳	رده ۴	رده ۵	رده ۶	رده ۷
کاربری	توده سنگی- مسکونی	جنگل	رودخانه	بیشه‌زار	-	-	-	دیم- مرتع	کشت آبی
شیب	٪۰-۲	٪۳۰-۴۸	٪۱۰-۱۸	-	٪۵-۱۰	-	-	٪۲-۵	٪۳۰-۴۸

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱

- چارچوب طرح در روش دوم

در این روش و در مرحله‌ی پیش‌پردازش، هدف، تهیه‌ی نقشه‌ی استعداد تولید رواناب با استفاده از داده‌های خام موجود و نیز تهیه‌ی نقشه‌های فاصله از مناطق مسکونی و کشاورزی است. نقشه‌ی گروههای هیدرولوژیکی یک روش جمع‌بندی و ذخیره‌ی اطلاعات برای برقراری روابط بین تشکیلات زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی و خاک می‌باشد. نقشه‌ی گروههای هیدرولوژیکی بر اساس نقشه‌ی تشکیلات زمین‌شناسی که رقومی شده است و همچنین نقشه‌ی خاک و شیب که در مراحل فوق تهیه گردیده است، تهیه می‌شود. این نقشه‌ی طبقه‌بندی وضعیت خاک را از نظر ظرفیت نفوذپذیری نشان می‌دهد. شکل ۷ نقشه‌ی گروههای هیدرولوژیکی منطقه‌ی مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل۷: طبقه‌بندی دشت بیرجند بر اساس گروه‌های هیدرولوژیکی خاک

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱

روش شماره منحنی رواناب (SCS-CN) استفاده‌های زیادی در تخمین حجم مستقیم رواناب جهت طراحی زهکش‌ها و نیز سازه‌های ذخیره آب در حوضه‌های فاقد آمار دارد. داده‌های این روش از تعداد زیادی حوضه دارای آمار که در ایالات متحده توزیع شده‌اند، تهیه شده است *(نیک‌محضری، ۱۳۸۱: ۱۴۳۴)*. این روش از سه بخش که اولین قسمت، نسبت مقدار نگهداشت واقعی (F) به ماکزیمم پتانسیل ذخیره حوضه (S) که معادل نسبت حجم واقعی رواناب مستقیم به باران مؤثر است تشکیل شده است *(نیک‌محضری، ۱۳۸۱: ۱۴۳)*.

معادله ۲ :

$$\frac{F}{S}=\frac{Q}{(P-I_a)}$$

$$F=P-I_a-Q$$

دومین قسمت

معادله ۳ :

$$I_a=0.2S$$

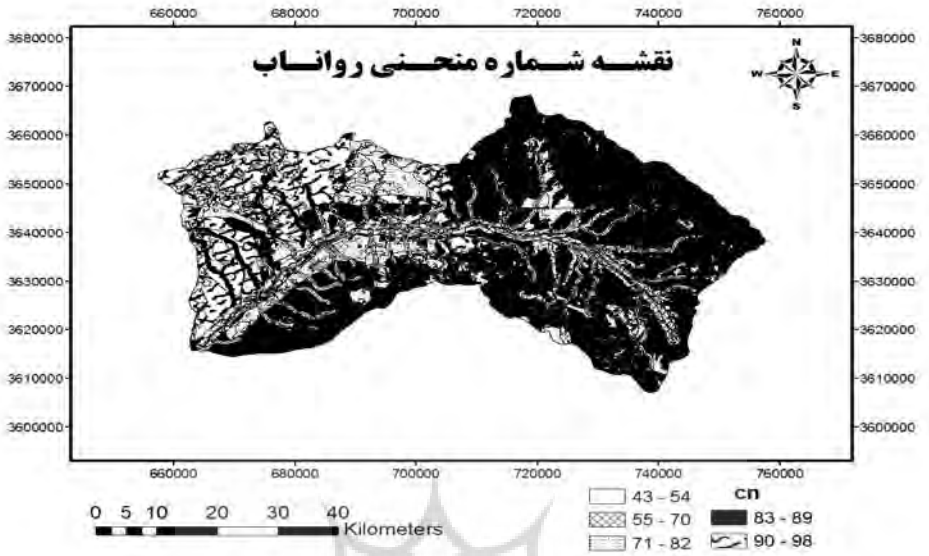
که I_a بخشی از بارندگی است که در رواناب ظاهر نمی شود. با جایگزینی معادله (۳) در معادله (۲) و حل کردن آن بخش سوم این روش که مقدار رواناب است محاسبه می‌گردد.

معادله ۴:

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

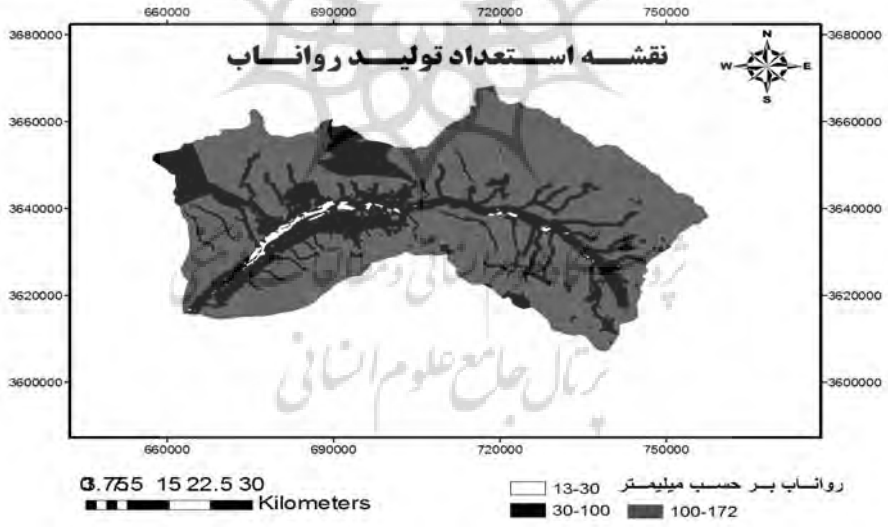
$$S=\frac{25400}{CN}-254$$

که CN شماره منحنی رواناب است که بین صفر تا صد متغیّر و با توجه به جدولی که توسط سازمان حفاظت خاک ایالات متحده (SCS) بر اساس کاربری اراضی،پوشش،گروههای هیدرولوژیکی و شرایط رطوبت پیشین تهیه شده است، محاسبه می گردد. نقشه‌ی شماره منحنی رواناب با توجه به نقشه‌های فوق و با کمک نرم‌افزار GIS به صورت زیر تهیه می‌گردد که شکل (۸) نقشه شماره منحنی رواناب حوضه دشت بیرجند را نشان می‌دهد.



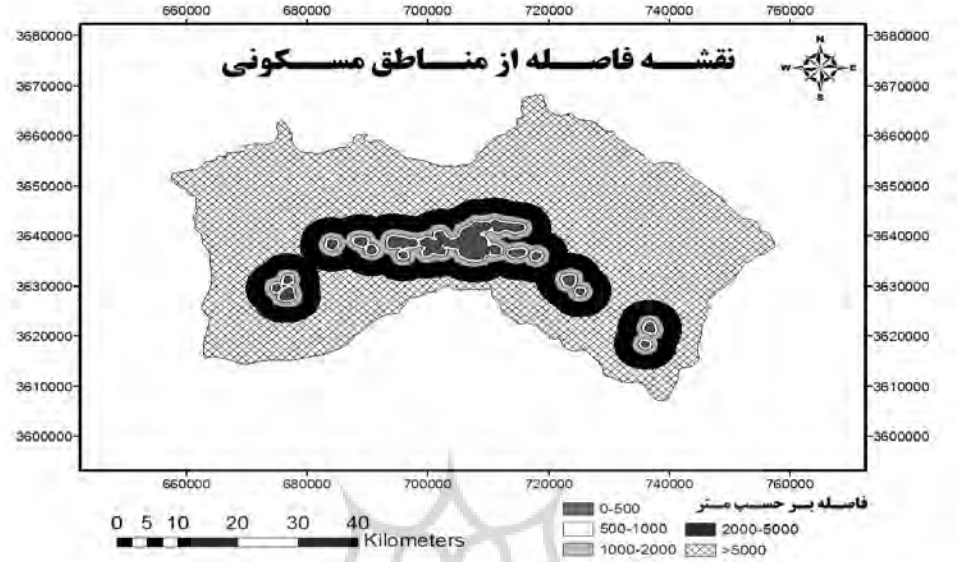
شکل۸: نقشه‌ی شماره منحنی رواناب دشت بیرجند

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱



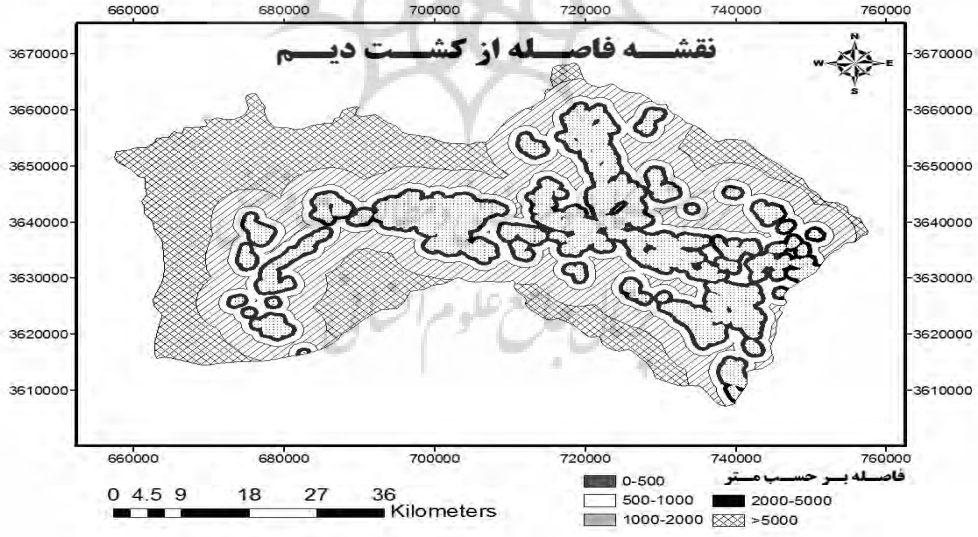
شکل ۹: نقشه‌ی طبقه‌بندی شده استعداد دشت بیرجند در تولید رواناب

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱



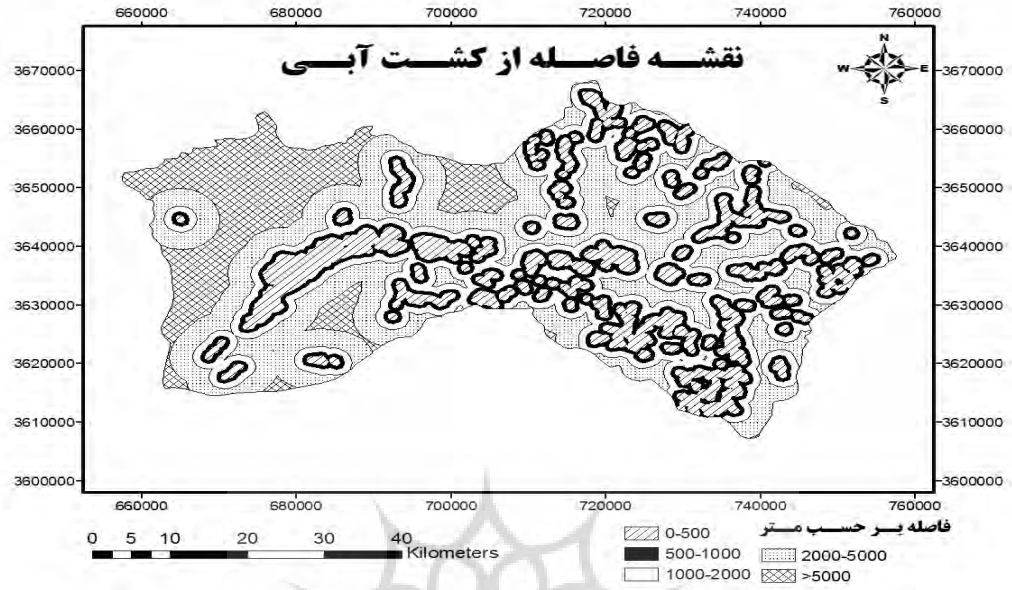
شکل ۱۰: نقشه‌ی کلاسه‌بندی شده فاصله از مناطق مسکونی

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱



شکل ۱۱: نقشه‌ی کلاسه‌بندی شده فاصله از کشت‌های دیم

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱



شکل۱۲: نقشه کلاسه‌بندی شده فاصله از کشت‌های آبی

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱

با داشتن اطلاعات بارندگی منطقه می‌توان نقشه‌ی بارش را تهیه نمود و پس از آن با ترکیب نقشه‌ی مذکور و نقشه‌ی شماره منحنی رواناب، بر اساس روابط هیدرولوژیکی تعریف شده در این زمینه، به نقشه‌ی طبقه‌بندی استعداد منطقه در تولید رواناب دست یافت. این استعداد در قالب سه طبقه کم، متوسط و زیاد تعریف می‌شود که به ترتیب مقادیر (۳۰-۱۳)، (۱۰۰-۳۰) و (۱۷۲-۱۰۰) میلیمتر را بیان می‌کنند. به منظور دخیل ساختن شرایط اقتصادی اجتماعی در تصمیم‌گیری، فاکتور فاصله از مناطق مسکونی وکشاورزی نیز در نظر گرفته می‌شود، که در قالب نقشه‌های فاصله و به کمک قابلیت‌ها GIS تهیه می‌گردند. پس از طیّ مراحل فوق، مرحله‌ی پردازش اصلی که مهمترین مؤلفه‌ی DSS است؛ آغاز می‌شود.

نقشه‌های تهیه شده پس از تبدیل به فرمت رستری و کلاسه‌بندی، در فرآیند جای‌گذاشت وزن‌دار با دریافت وزن‌های اهمیت نسبی و سطوح برازندگی، با یکدیگر ترکیب شده و نقشه‌ی مناطق مستعد جمع‌آوری باران به دست می‌آید. وزن‌های اهمیت نسبی و سطوح برازندگی طبقات در جداول ۳ و ۴ ارائه شده است.

جدول۳: وزن‌های اهمیت نسبی برای لایه‌های اطلاعاتی

فاکتورها	استعداد تولید رواناب	فاصله از مناطق مسکونی	فاصله از کشت دیم	فاصله از کشت آبی
وزن‌های اهمیت نسبی	٪۴۰	٪۲۰	٪۲۰	٪۲۰

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱

جدول۴: سطوح برازندگی طبقات مختلف در هر لایه‌ی اطلاعاتی ورودی به سیستم

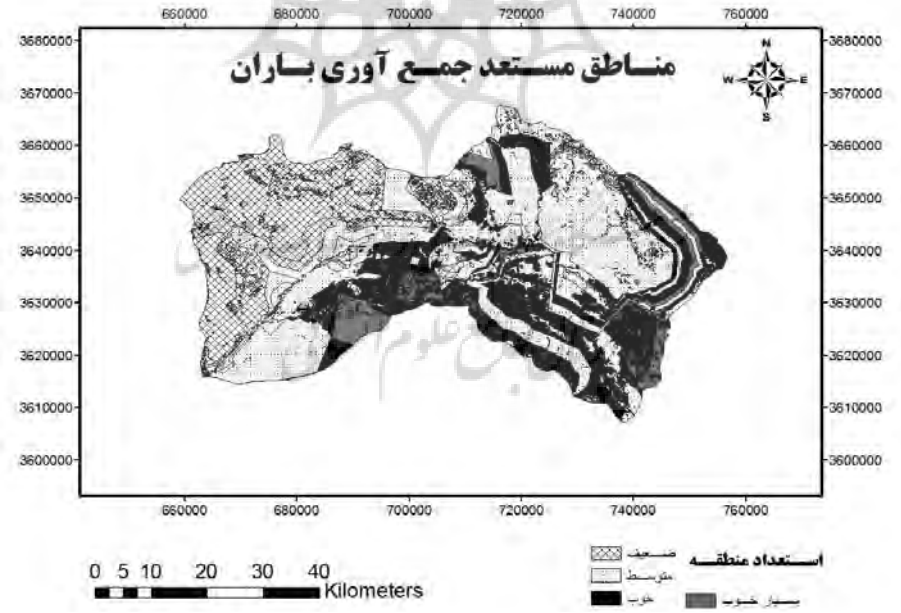
سطح تناسب	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
استعداد رواناب	–	کم (۱۳-۳۰)	زیاد (۱۰۰-۱۷۲)	–	–	–	–	–	متوسط (۳۰-۱۰۰)
فاصله ازمناطق مسکونی mm	۰-۵۰۰	۵۰۰-۱۰۰۰	۱۰۰۰-۲۰۰۰	۲۰۰۰-۵۰۰۰	–	–	–	–	–
فاصله از کشت دیم mm	>۵۰۰۰	۲۰۰۰-۵۰۰۰	۵۰۰-۱۰۰۰ ۱۰۰۰-۲۰۰۰	۰-۵۰۰	–	–	–	–	–
فاصله از کشت آبی mm	>۵۰۰۰	۲۰۰۰-۵۰۰۰	۵۰۰-۱۰۰۰ ۱۰۰۰-۲۰۰۰	۰-۵۰۰	–	–	–	–	–

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱

نتایج

- نتایج روش اول

نقشه‌های تهیه شده برای ورود به سیستم پشتیبانی تصمیم در روش اول و نیز نتیجه‌ی نهایی این روش در شکل ۱۳ مشاهده می‌شود



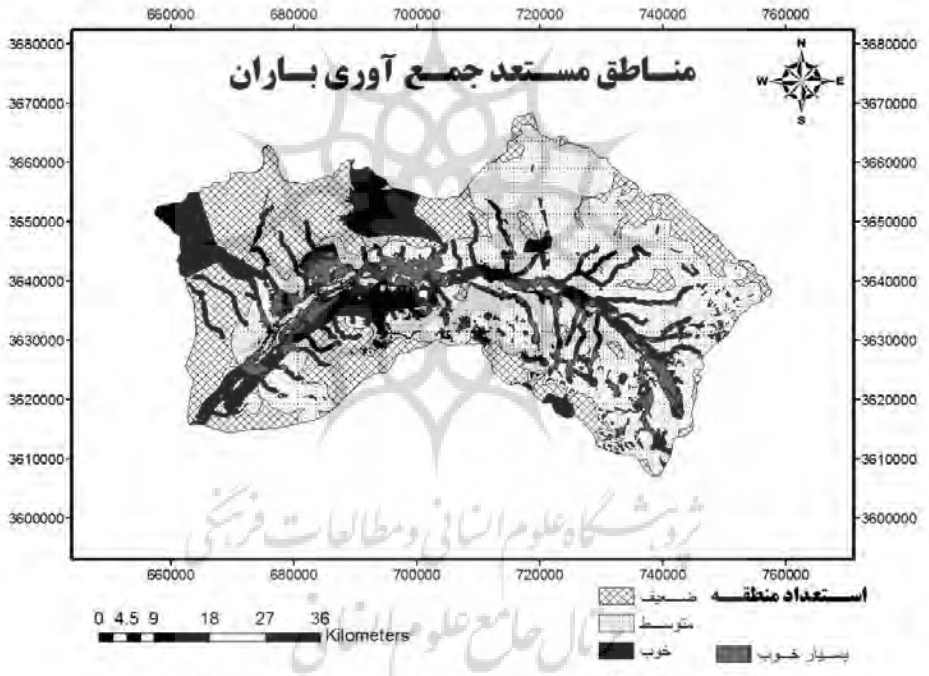
شکل۱۳: طبقه‌بندی استعداد دشت بیرجند به منظور جمع‌آوری باران

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱

ملاحظه می‌شود که در قسمت غرب و شمال غرب منطقه که عمدتاً از جنس صخره با عمق خاک کم و شیب زیاد بوده خاک ظرفیت پایینی برای جمع‌آوری و نفوذ آب دارد. این ناحیه ۲۳/۶ درصد از مساحت حوضه را به خود اختصاص می‌دهد. بخش اعظم منطقه که ۴۵/۹ درصد کل مساحت دشت است در طبقه‌ی متوسط قرار می‌گیرد و بیشتر در قسمت‌های مرکز، شمال شرق و جنوب غرب مشاهده می‌شود. طبقه‌های خوب و بسیار خوب که به ترتیب ۲۳/۵ و ۶/۹ درصد مساحت حوضه هستند در نواحی شرقی و جنوبی واقع شده‌اند، و برای توسعه‌ی طرح‌های آبخوان‌داری در اولویّت قرار می‌گیرند.

نتایج روش دوم

نقشه‌های به‌کار رفته در تهیه‌ی نقشه‌ی پتانسیل رواناب که خود با استفاده از داده‌های خام معرفی شده به‌دست آمده‌اند و نهایتاً نقشه مناطق‌مستعد جمع‌آوری باران مطابق شکل ۱۴ را به دست آمد.



شکل۱۴: طبقه‌بندی استعداد دشت بیرجند به منظور جمع‌آوری باران

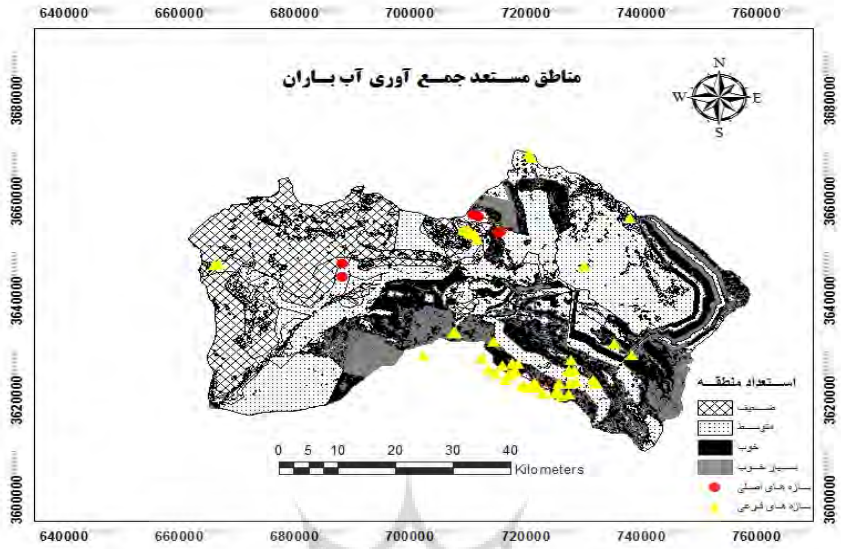
مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱

ملاحظه می‌شود که بطور عمده در قسمت‌های شمال غرب و غرب منطقه و نیز چند ناحیه‌ی کوچک در شمال و جنوب به دلیل داشتن بافت خاک نامناسب و شیب زیاد اگرچه در تولید رواناب سهم زیادی دارند اما برای انحصار و جمع‌آوری باران، مناطق مناسبی نیستند و در طبقه، ضعیف قرار می‌گیرند که ۲۸/۳۸ درصد از مساحت دشت است. مناطقی که دارای استعداد متوسط هستند، بیشتر در نواحی مرکزی و نیمه شرقی دشت مشاهده می‌شوند و دارای درصد مساحت۴۳/۹ می‌باشند. طبقه‌بندی خوب و بسیارخوب بیشتر در نواحی مرکزی دشت که دارای شیب کمتر و خاک مناسب‌تر هستند و نیز با فاصله‌ی مناسب از

مناطق مسکونی و کشاورزی قرار گرفته‌اند؛ مشاهده می‌شوند. در این طبقه‌بندی مسیر آبراهه‌ها و نقاط پیرامون آنها مکان‌های مناسبی برای اجرای طرح تشخیص داده شده است؛ که به نظر می‌رسد تشخیصی منطقی باشد. دو طبقه‌ی خوب و بسیارخوب به ترتیب ۲۰/۹۱ و ۷/۳ درصد از مساحت کل دشت را تشکیل می‌دهند. طبق محاسبات، دو نقشه‌ی نهایی، ۴۴/۴ درصد با یکدیگر تطابق دارند. در توضیح تفاوت‌های مشاهده شده بین این دو روش و نتایج حاصل، می‌توان دلایل زیر را بیان کرد.

در روش اول پارامترهای مهم در این تصمیم‌گیری، بطور مستقیم وارد سیستم پشتیبانی تصمیم می‌شوند و وزن دهی‌ها و اعمال نظرات مدیریتی جداگانه در مورد هر کدام از لایه‌های اطلاعاتی اجرا می‌شود. در حالی که در روش دوم فاکتورهای مؤثر، اعم از شیب، بافت و عمق خاک، کاربری اراضی، بارندگی و غیره با اعمال روابط هیدرولوژیکی؛ نقش خود را در تعیین ظرفیت تولید رواناب ایفا می‌کنند و بطور مستقیم در پردازش اصلی سیستم پشتیبان وارد نمی‌شوند. عملاً نقش مستقیم این لایه‌ها در انتخاب مکان‌های مستعد جمع‌آوری باران نادیده گرفته می‌شود و تنها قادرند به تقسیم‌بندی ناحیه از لحاظ ظرفیت تولید رواناب بپردازند. روش دوم فاکتور اقتصادی- اجتماعی را در قالب فاصله از مناطق مسکونی و کشاورزی، در روند تصمیم‌گیری دخیل می‌کند و این ایده‌ی خوبی است البته به شرط این که هدف عمده از اجرای طرح، تأمین آب مورد نیاز مزارع، دامداری‌ها و گاه منازل باشد. در چنین شرایطی میزان فاصله‌ی طرح از این مناطق اهمیّت می‌یابد تا شرایط اجتماعی و اقتصادی در وضعیت مطلوبی قرار گیرند. اما اگر هدف عمده از جمع آوری باران بهبود وضعیت رطوبتی خاک، تغذیه‌ی مصنوعی و کنترل سیلاب باشد؛ این روش توصیه نمی‌گردد. زیرا تصمیم‌گیری بر این اساس که وضعیت تولید رواناب در یک منطقه به چه شکل باشد به نظر می‌رسد که با دقت کافی انجام نمی‌گیرد.

نتایج این تحقیق با نتایج امبیلینی و همکاران که در سال ۲۰۰۷ بر اساس خصوصیات فیزیکی و اکولوژیکی حوضه و مبتنی بر DSS و GIS انجام شد مطابقت دارد و می‌توان بیان نمود که این ابزار می‌تواند به‌میزان قابل‌اعتمادی برای پیش‌بینی مکان‌های مستعد جمع‌آوری آب باران در نواحی خشک و نیمه خشک استفاده شود. همچنین نتایج با موقعیت سازه‌های آبخیزداری فعلی احداث شده در سطح دشت جهت برآورد اهداف مورد نظر تحقیق انطباق خوبی با نقشه‌ی نهایی دارد و تقریباً اکثر سازه‌ها در طبقه‌ی خوب واقع شده‌اند. سازه‌هایی که با نقاط قرمز رنگ مشخص شده‌اند سرریز انحرافی و بند خاکی شورآب سیوجان هستند که با هدف آبخوان‌داری و تغذیه‌ی سفره‌های زیرزمینی احداث شده‌اند و اهداف این پژوهش را دنبال نمی‌کنند به همین دلیل بیشتر در کلاس متوسط واقع شده‌اند.



شکل۱۵: موقعیت سازه‌های آبخیزداری در دشت بیرجند

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱

نتیجه

در این تحقیق، مکان‌یابی مناطق مستعد جمع‌آوری باران در قالب روش‌های غیر خانگی، با استفاده از امکانات GIS و در محیط Model Builder در نرم‌افزار ArcGIS9.3 انجام گرفت. برای این مکان‌یابی دو روش عمده در نظر گرفته شد که روش اول بر خصوصیات فیزیکی و هیدرولوژیکی حوضه از جمله شیب، بافت خاک، کاربری اراضی، شبکه‌ی زهکشی، عمق خاک و بارندگی تکیه داشت و روش دوم با استفاده از خصوصیاتی چون بارندگی، کاربری اراضی، شیب و بافت خاک؛ نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی حوضه و سپس به کمک روش شماره منحنی رواناب، نقشه‌ی استعداد منطقه در پتانسیل رواناب حاصل شد و پس از انجام عملیات مشابه نقشه‌ی نهایی مناطق مستعد جمع‌آوری باران تهیه گردید.

در نهایت دو روش با یکدیگر مقایسه شدند که میزان تطابق این دو روش ۴۴/۴ درصد است اما با توجه به وسعت منطقه به نظر می‌رسد که روش اول مناسب‌تر باشد. هر چند تصمیم‌گیری نهایی بر عهده‌ی مدیران است که کدام روش را انتخاب نمایند.

منابع

- ثقفیان، بهرام؛ علی محمد حسنوند؛ محمد خسروشاهی (۱۳۷۹). بررسی‌خطاهای مدل رقومی ارتفاع حوضه‌های آبخیز، مجموعه مقالات همایش ملّی فرسایش و رسوب، خرم‌آباد.
- حبیب‌آبادی، علی (۱۳۸۹). مکان‌یابی مناطق مستعد برای جمع‌آوری باران در استان تهران با استفاده از GIS، پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی. دانشگاه تربیت مدرس.
- حکمت‌پور، محمد؛ سامان فیض‌نیا؛ حسن احمدی؛ احمد خلیل‌پور (۱۳۸۴). پهنه‌بندی مناطق مناسب برای تغذیه مصنوعی در دشت ورامین به‌کمک GIS و سامانه‌ی پشتیبانی تصمیم‌گیری (DSS)، مجله محیط‌شناسی. سال سی و سوم. شماره ۴۲. صفحات ۳۵-۴۴.
- میرعربی، علی؛ محمد نخعی (۱۳۸۷). پیش‌بینی نوسانات سطح آب زیرزمینی دشت بیرجند با استفاده از شبکه عصب مصنوعی، مجموعه مقالات دوازدهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران. اهواز. شرکت ملی مناطق نفت‌خیز جنوب.

- ناصری، حمید؛ محمد عزیزخانی؛ جواد مکنونی‌سلیم (۱۳۸۸). تلفیق سیستم‌های تصمیم‌گیری چندمعیاری و اطلاعات جغرافیایی در مکان‌یابی محل‌های مناسب پخش سیلاب جهت تغذیه مصنوعی (مطالعه موردی: شتچاه دراز- سیرجان)، فصلنامه زمین‌شناسی ایران. سال سوم. شماره ۱۰. صفحات ۱۰۵-۹۷.
- نیک‌محضری،رضا (۱۳۸۱). تعیین ضریب زبری مانینگ در رودخانه‌ها با روابط تجربی با استفاده از روش Grid-by-Number، مجموعه مقالات ششمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه. دانشگاه شهید چمران اهواز. جلد دوم.
- Adelman,L (1992). Evaluating Decision Support and Expert systems, John Wiley and sons, NewYork.
- Georgakakos, A., Yao, H., Brumbelow, K., Demarchi,.C.,Bourne, S., Tidwell, A., Visone,L., (2002). Nile DST overview. The Georgia water Resources Institute/Georgia Tech.Atlanta,PP:29.
- Mbilinyi, B.P., Tumbo, S.D., Mahoo, H.F., Senkondo, E.M., Hatibu, N (2005). Indigeous Knowledege as decision Support tool in rainwater harvesting. Physics and Chemistry of the Earth 30, 792-798.
- Mbilinyi, B. P., Tumbo, S.D., Mahoo, H.F., Mkiramwinyi, F.O (2007). GIS- based decision support system for identifying potential sites for rainwater harvesting, Physics and Chemistry of the Earth 32. 1074-1081.
- Mwenge Kahinda,J.,Taigbenu,A.E., Sejamoholo, B.B.P., Lillie, E.S.B., Boroto, R.J (2009). A GIS-based decision support system for rainwater harvesting (RHADESS). Physics and Chemistry of the Earth 34, 767-775.
- Oweis, T., Hachum, A (2005). Water harvesting and supplemental irrigation for improved water productivity of dry farming systems in West Asia and North Africa, Agricultural Water Management 80. 57-73
- Roch strom, J (2000). Water resources management in small holder farms in Eastern and Southern Africa: An overview. Physics and Chemistry of the Earth 25 (3), 275-283.
- Sutherland, D. C., Fenn, C.R (2000). Assessment of water supply options.Prepared for the world commission on dams, CapeTown.
- Vorhauer, G. F., Hamlett, J.M (1996). GIS: A tool for sitting farm ponds. Journal of soil and water conservation 51(5), 434-438.
- Winnaar, G. de., Jewitt, G. P. W., Horan, M (2007) . A GIS – based approach for identifying potential run off harvesting sites in the Thukela River basin, South Africa, Physics and Chemistry of the Earth 32. 1058-1067.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی