جغرافیا و توسعه شماره ۲۲ اردیبهشت ۱۳۹۰
وصول مقاله : ۱۳۸۸/۲/۳۰
تأیید نهایی : ۱۳۸۸/۹/۳۰
صفحات : ۲۲- ۵

بررسی تأثیر الگوریتم‌های طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای بر شماره منحنی رواناب و دبی حداکثر سیلاب به کمک GIS و RS

مصطفی یعقوب‌زاده
کارشناس ارشد سازه‌های آبی دانشگاه شهید باهنر کرمان

دکتر ابوالفضل اکبرپور
استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه بیرجند

چکیده

کاربری اراضی یک خصوصیت مهم در فرآیند رواناب می‌باشد که بر روی نفوذ، فرسایش و تبخیر و تعرق اثر می‌گذارد. در این مطالعه، تأثیر الگوریتم‌های طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای بر نقشه‌های کاربری اراضی و شماره منحنی رواناب و همچنین دبی سیلاب به‌کمک GIS وRS بررسی شده است. این تحقیق بر روی حوضه‌ی آبریز منصورآباد بیرجند و به کمک تصاویر ماهواره لندست ۷ (+ETM) انجام گردیده است. نقشه‌ی کاربری اراضی به کمک الگوریتم‌های حداکثر احتمال، حداقل فاصله و فاصله‌ی ماهالانوبیس با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای تعیین شد. سپس نقشه‌ی پوشش گیاهی به کمک شاخص NDVI و نقشه‌ی گروه هیدرولوژی خاک با استفاده از نقشه‌های خاک، زمین‌شناسی و توپوگرافی تهیه گردید. با تلفیق نقشه‌های کاربری اراضی، پوشش گیاهی و گروه هیدرولوژی خاک در GIS و به کمک جدول SCS، نقشه شماره منحنی رواناب برای هر یک از الگوریتم‌ها تعیین شد. همچنین برای ارزیابی صحت شماره‌ی منحنی به دست آمده از هر یک از الگوریتم‌ها، دبی حداکثر سیلاب به‌کمک مدل HEC-HMS محاسبه و با مقدار اندازه‌گیری شده، مقایسه گردید. نتایج نشان داد که الگوریتم‌های حداکثر احتمال و فاصله ماهالانوبیس به ترتیب با ضریب کاپای طبقه‌بندی ۰/۷و ۰/۶۵ و صحت دبی ۸۰٪ و ۷۲٪ با نتایج اندازه‌گیری شده، بهترین روش‌ها برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای هستند. این تحقیق همچنین مشخص کرد که تغییر الگوریتم طبقه‌بندی، اثر بسیار زیادی بر روی شماره منحنی و دبی سیلاب می‌گذارد.

کلیدواژه‌ها: الگوریتم طبقه‌بندی، GIS،تصاویر ماهواره لندست (+ETM)، شماره منحنی‌رواناب، HEC-HMS .

مقدمه

نقشه‌های پوشش سطح زمین، نمایی واقعی از پدیده‌های زیستی و فیزیکی موجود در سطح زمین مثل پوشش گیاهی، آب، بیابان، یخ، برف و پدیده‌های ایجاد شده توسط انسان است. به روز بودن و صحت این نقشه‌ها، می‌تواند نقش چشمگیری در مدیریت و برنامه‌ریزی محیطی

داشته باشد. در اغلب مطالعات سنجش از دور، طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای تنها بر اساس بازتاب طیفی پیکسل‌های تصویر در محدوده امواج الکترومغناطیسی صورت می‌گیرد. به همین دلیل، مشکل اساسی که در تولید نقشه‌های مناسب کاربری با استفاده از تصاویر سنجش از دور ایجاد می‌شود، آن است که ممکن است مناطق شامل ترکیب‌های پیچیده‌ای از نوع پوشش زمین باشند که هر کدام مشخصات طیفی مختلفی دارند. همچنین متأسفانه الگوریتم‌های طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای بر مبنای پیکسل عمل می‌نمایند و این الگوریتم‌ها هر پیکسل را بر اساس مشخصه پاسخ طیفی آن پیکسل به کلاس‌های نماینده هر طبقه اختصاص می‌دهند. در زمینه طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای و تعیین کاربری اراضی، روش‌های گوناگونی ارایه شده و مطالعات متعددی توسط متخصصان سنجش از دور درکشورهای مختلف به‌عمل آمده است.

Labe et al (1990) تغییرات پوشش سطح زمین را برای حوضه‌ی آبریز رودخانه یاتا با استفاده از تصاویر ماهواره لندست (MSS) و (TM) مورد تجزیه و تحلیل و طبقه‌بندی قرار دادند. نتایج حاصل از طبقه‌بندی توسط آنها صحت کلی معادل ۷۷/۳ و ۸۱/۳ درصد را نشان داد.

Tiwari et al (1991) و Ragan et al (1980) در مطالعات خود از روش حداکثر احتمال برای تهیه‌ی نقشه‌ی کاربری اراضی و از شاخص DVI نیز جهت تهیه‌ی نقشه‌ی پوشش‌گیاهی منطقه استفاده کردند. در نهایت به‌کمک این نقشه‌ها، شماره‌ی منحنی رواناب را برای منطقه‌ی مورد مطالعه‌شان مشخص نمودند.

Stefanov et al (2006) به‌منظور طبقه‌بندی تغییرات پوشش زمین یک نظریه‌ی کارشناسی (آزمایش فرض) با استفاده از داده‌های TM پیشنهاد دادند. نتایج حاصل، صحت کلی را برابر ۸۵ درصد و صحت کاربر را در محدوده‌ی ۷۳ تا ۹۹ درصد نشان داد.

Barreto-Neto and de Souza Fillo (2007) برای پیش‌بینی رواناب حوضه‌های گرمسیری روش منطق فازی را برای به دست آوردن شماره منحنی رواناب به کار گرفتند و شماره منحنی‌های حاصل از تصاویر ماهواره ASTER و شاخص LEF (شاخص پوشش گیاهی) را نیز با هم مقایسه کردند. نتایج آنها نشان داد که مدل براساس منطق فازی، مقادیر رواناب محاسبه شده را نزدیک به مقدار اندازه‌گیری شده نشان می‌دهد.

علوی‌پناه و همکاران *(۱۳۸۰)*، برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره لندست TM، جهت تهیه‌ی نقشه‌ی کاربری اراضی منطقه‌ی موک استان فارس از روش حداکثر احتمال استفاده نمودند. نتایج حاصل از ارزیابی طبقه‌بندی، کارایی روش مذکور را درتولید نقشه‌ی کاربری اراضی نشان

داد. بر اساس تحقیقات آنها با توجه به کوهستانی بودن منطقه، انتخاب استراتژی مناسب برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای ضروری می‌باشد.

اکبرپور و شریفی (۱۳۸۵)، با استفاده از داده‌های ماهواره لندست +ETM، نقشه‌ی کاربری اراضی حوضه‌ی 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 تهیه‌ی نقشه‌ی کاربری اراضی و نقشه‌ی شماره منحنی رواناب حوضه‌ی آبریز استفاده نمودند.

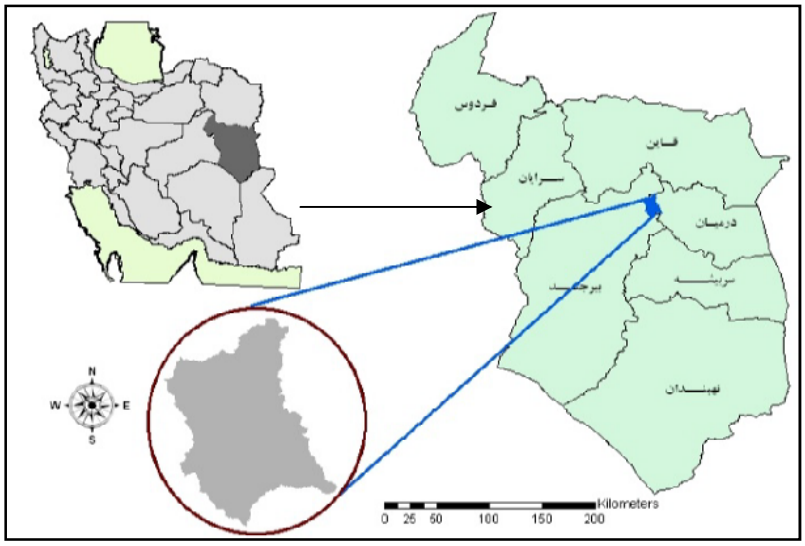
در این مطالعه، برای نخستین بار مقایسه‌ای بین سه الگوریتم متداول طبقه‌بندی به کمک تصاویر ماهواره لندست +ETM انجام گردید و تأثیر هر کدام از الگوریتم‌ها بر شماره‌ی منحنی رواناب و دبی حداکثر سیلاب مورد ارزیابی قرار گرفت. همچنین با کمک مدل HEC-HMS و شماره منحنی‌های محاسبه شده، دبی حداکثر سیلاب برآورد گردید و با دبی حداکثر سیلاب اندازه‌گیری شده، مقایسه گردید.

مواد و روش‌ها

به منظور تهیه‌ی نقشه‌ی کاربری اراضی و شماره‌ی منحنی رواناب حوضه‌ی آبریز از اطلاعات سنجنده +ETM ماهواره لندست به تاریخ ۶ آگوست سال ۲۰۰۲ استفاده شده است. نقشه‌ی زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ از شرکت آب منطقه‌ای استان خراسان‌جنوبی و نقشه‌ی خاک به کمک اندازه‌گیری‌های بافت خاک در ۱۲ نقطه‌ی حوضه تهیه شده است. همچنین در این مطالعه جهت تجزیه و تحلیل تصاویر ماهواره‌ای و جمع‌آوری اطلاعات لازم از نرم‌افزارهای ERDAS 8.4، ARC GIS 9.2 ، ARC VIEW 3.1 و ILWIS 3.0 استفاده گردیده است.

منطقه‌ی مورد مطالعه

حوضه‌ی آبریز معرف منصورآباد در شرق استان خراسان جنوبی و ۵۰ کیلومتری شهرستان بیرجند و در طول جغرافیایی "۱۰-′۱۴-°۵۹ تا "۱۷-′۳۶-°۵۹ شرقی و عرض جغرافیایی "۶-°۳۳ تا "۵۳-′۳۸-°۳۳ شمالی واقع شده است (شکل ۱). مساحت حوضه ۲۵۲/۸۲۳ کیلومترمربع و محیط آن ۹۶/۹۱۴ کیلومتر می‌باشد. همچنین متوسط بارش و زمان تمرکز حوضه به ترتیب ۲۰۴ میلیمتر و ۴/۰۵ ساعت است.

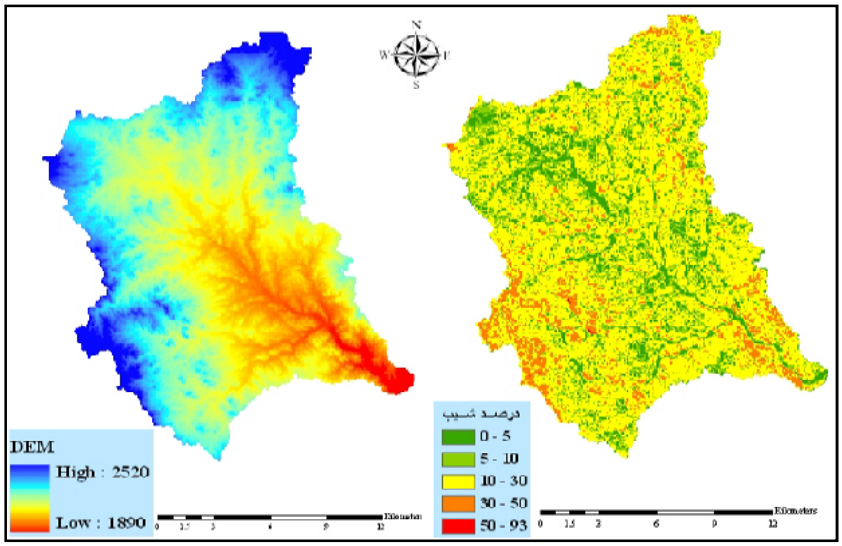


شکل ۱: موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه در کشور و استان

مأخذ: نگارندگان

نقشه‌ی مدل رقومی ارتفاع و شیب

برای تهیه‌ی این دو نقشه، ابتدا نقشه کاغذی توپوگرافی منطقه با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ را با استفاده از نرم‌افزار ARC GIS 9.2 رقومی کرده، تا لایه‌های توپوگرافی، رودخانه،جاده و مناطق مسکونی تفکیک شوند. پس با استفاده از لایه‌ی رقومی توپوگرافی و رودخانه، شبکه‌ی نامنظم مثلثی (TIN) و سپس مدل رقومی ارتفاع (DEM) منطقه تهیه می‌گردد. مدل رقومی ارتفاع بر اساس به‌کارگیری توابع درون‌یابی موجود در GIS بر روی نقشه‌های برداری تهیه می‌شود. با کمک مدل رقومی ارتفاع و توانایی‌های Arc view نقشه‌ی رستری شیب تهیه شده و سپس در ۵ کلاس، دوباره کلاسه‌بندی مجدد شده است. شکل ۲ نقشه‌ی مدل رقومی ارتفاع و شیب منطقه را نشان می‌دهد.

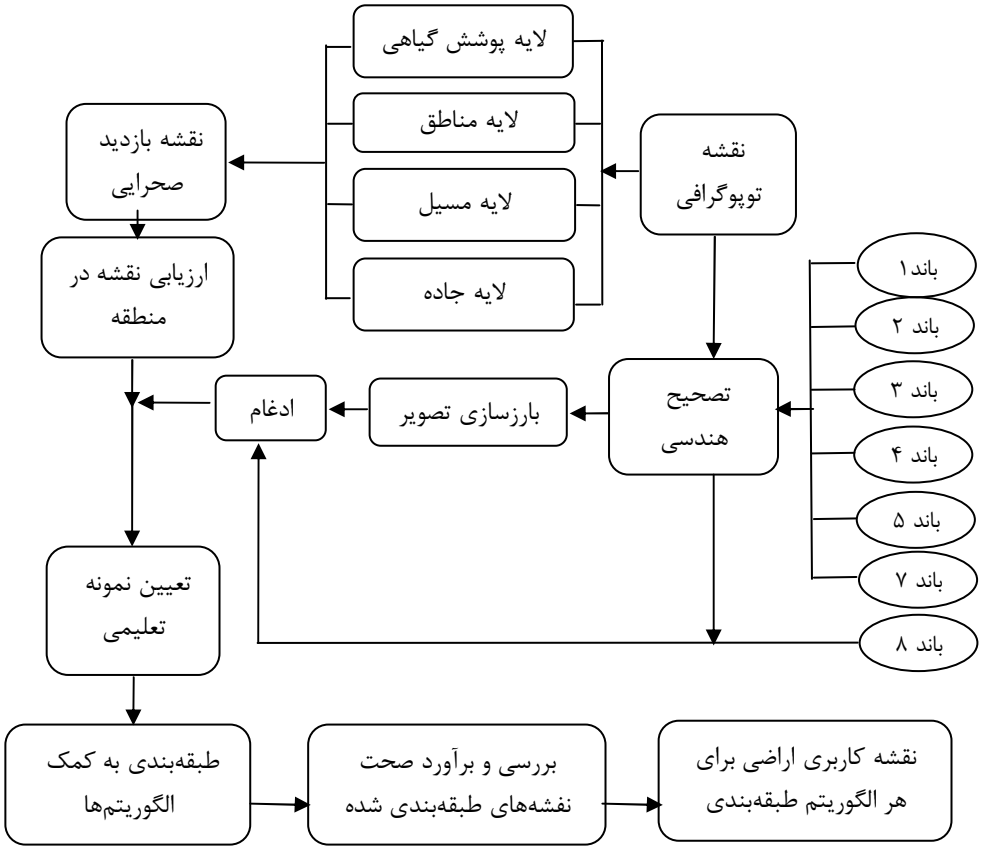


شکل ۲: نقشه‌ی مدل رقومی ارتفاع (DEM) و شیب حوضه‌ی آبریز منصورآباد

مأخذ: نگارندگان

نقشه‌ی کاربری اراضی حوضه‌ی آبریز

برای تهیه‌ی نقشه‌ی کاربری اراضی ابتدا به کمک نقشه‌ی توپوگرافی، نقشه‌ی اولیه کاربری اراضی یا نقشه‌ی راهنمای بازدیدی 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 تأیید شود. برای تهیه‌ی نقشه‌ی نهایی کاربری اراضی از داده‌ها و اطلاعات تصاویر ماهواره لندست استفاده گردیده است. برای تصحیح هندسی تصاویر ماهواره‌ای از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ و ۶ نقطه کنترل زمینی با پراکنش مناسب در سطح منطقه استفاده گردید. تطبیق هندسی تصاویر بامعادله‌ی چندجمله‌ای درجه دو انجام شد و RMS حاصل از تصحیح هندسی، کمتر از ۰/۱ به دست آمد. همچنین جهت تهیه‌ی تصویر رنگی و بالا بردن توان تفکیک از ۳۰ به ۱۴ متر، عملیات بارزسازی و ادغام بر روی باندهای ماهواره لندست انجام شد. شکل ۳ مراحل تهیه‌ی نقشه‌ی کاربری اراضی را نشان می‌دهد.



شکل۳: مراحل تهیه نقشه کاربری اراضی

مأخذ: نگارندگان

برای انجام طبقه‌بندی با توجه به بازدیدهای صورت گرفته از منطقه و کلاس‌های مورد نیاز برای تهیه‌ی نقشه‌ی شماره منحنی رواناب، برای هر یک از تصاویر لندست، هفت کلاس مراتع فقیر و مراتع متوسط، اراضی توده سنگی، اراضی زراعی و باغی آبی، اراضی زراعی دیم، اراضی باغی دیم و اراضی بستر رودخانه تعیین شده و نمونه‌های تعلیمی با پراکنش و اندازه‌ی مناسب در سطح تصویر انتخاب و مشخص گردیدند. الگوریتم‌های مختلفی عمل طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای را انجام می‌دهند.

حداکثر احتمال[1]: در این شیوه که متداول‌ترین شیوه‌ی طبقه‌بندی نظارت شده در سنجش از دور می‌باشد، در مرحله‌ی اول بر اساس نمونه‌های تعلیمی طبقات، میانگین و جدول کواریانس

1- Maximum Likelihood

برای باندهای مورد استفاده در طبقه‌بندی محاسبه می‌شود. در مرحله‌ی دوم، میزان احتمال تعلق پیکسل‌ها به هر یک از طبقه‌ها محاسبه می‌شود و بر اساس بالاترین میزان احتمال، عمل طبقه‌بندی و اختصاص پیکسل‌ها به طبقات مختلف صورت می‌گیرد. معادله‌ی روش حداکثر احتمال به شکل زیر است *(ERDAS, 1999:250)*.

$$D = \ln(a_c) - [0.5 \ln(|Cov_c|)] - [0.5(X - M_c)T(Cov_c^{-1})(X - M_c)] \qquad (۱)$$

در این رابطه D = فاصله‌ی وزنی(احتمال)، c =کلاس مخصوص، X = بردار اندازه‌گیری پیکسل مورد نظر، M_c = مرکز بردار کلاس c، a_c = درصد احتمالی که پیکسل مورد نظر عضو کلاس c باشد. Cov_c^{-1} = معکوس ماتریس کواریانس پیکسل‌ها در کلاس c، T = تابع تقدم و تأخر (ماتریس‌الجبرا) می‌باشد.

حداقل فاصله[1]: این الگوریتم که با نام فاصله‌ی طیفی نیز به‌کار می‌رود، به‌عنوان یکی از طبقه-بندی‌کننده‌های نظارت شده می‌باشد که در آن میانگین DN هر طبقه بر اساس نمونه‌های تعلیمی تعیین و مرزهای بین طبقات به فواصل مساوی از میانگین‌ها و بدون توجه به واریانس DN طبقات تعیین می‌شوند. روش حداقل فاصله نیز بر اساس معادله‌ی زیر به دست می‌آید : *(ERDAS, 1999:248)*

$$SD_{xyc} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (\mu_{ci} - X_{xyi})^2} \qquad (۲)$$

در این رابطه n = تعداد باندها، X_{xyi} = مقادیر فایل داده پیکسل xy در باند i، μ_{ci} = متوسط مقادیر فایل داده در باند i برای کلاس c SD_{xyc} = فاصله‌ی طیفی پیکسل xy تا مرکز کلاس c می‌باشد. زمانی‌که فاصله‌ی طیفی برای همه‌ی مقادیر ممکن c محاسبه شد، طبقه‌ی پیکسل مورد نظر در طبقه‌ای قرار می‌گیرد که SD آن پایین‌ترین باشد.

فاصله ماهالانوبیس[2]: این فاصله نوعی الگوریتم طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای است که در آن فرض شده، هیستوگرام باندها دارای توزیع نرمال باشند. واریانس و کواریانس، بیشتر در مواقعی در طبقه‌بندی لحاظ می‌گردند که کلاس‌های کاربری دارای تغییرات زیادی باشند که این تغییرات منجر به‌ایجاد طبقه‌های متغیّر مشابه شود*(ERDAS,1999:249)* فاصله‌ی ماهالانوبیس بر اساس معادله‌ی زیر به دست می‌آید:

$$D = (X - M_C)^T (Cov_c^{-1})(X - M_C) \qquad (۳)$$

1- Minimum Distance
2- Mahalanobis Distance

پیکسل به طبقه‌ی c تعلق پیدا می‌کند اگر D (فاصله ماهالانوبیس) برای طبقه‌ی c پایین‌ترین باشد. بقیه‌ی پارامترهای معادله‌ی مشابه دو روش دیگر می‌باشند.

برای برآورد صحت نقشه‌های تهیه شده به کمک نرم‌افزار ERDAS، ۵۰ نمونه‌ی تصادفی بر روی نقشه‌ی طبقه‌بندی شده، انتخاب گردیده است. همچنین برای اینکه همه کاربری‌ها مورد ارزیابی قرار گیرند، ۱۴ نمونه‌ی دیگر طوری انتخاب می‌شوند که از هر یک از کاربری‌ها ۲ نمونه‌ی تصادفی انتخاب شده باشد تا صحت این نمونه‌ها که با واقعیت‌های زمینی مقایسه می‌شوند، تأیید گردد *(یعقوب‌زاده، ۱۳۸۷: ۹۱)*. بدین ترتیب به کمک نرم‌افزار ERDAS معیارهای صحت کلی و ضریب کاپا محاسبه شدند. ضریب کاپا (K) به منظور خلاصه کردن اطلاعات ایجاد شده به‌وسیله‌ی ماتریس خطا به‌کار برده می‌شود. این ضریب با استفاده از فرمول زیر محاسبه می‌شود *(Mather,1999: 123)*:

$$K = \frac{N\sum_{i=1}^{r} x_{ii} - \sum_{i=1}^{r} x_{i+} x_{+i}}{N^2 - \sum_{i=1}^{r} x_{i+} x_{+i}} \qquad (۴)$$

که در این رابطه، x_{ii} = ورودی‌های قطری ماتریس خطا، x_{i+} = مجموع ردیف i ماتریس خطا، x_{+i} = مجموع ستون i ماتریس خطا، N = تعداد عناصر در ماتریس خطا می‌باشند.

ارزش یک معیار کاپا نشان‌دهنده‌ی مطابقت کامل بین اطلاعات حاصل از طبقه‌بندی و اطلاعات واقعیت زمینی است *(Mather,1999 :126)*. جدول ۱، نتایج طبقه‌بندی با سه الگوریتم و مشخص نمودن صحت کلی و ضریب کاپا را نشان می‌دهد.

جدول ۱: مقایسه‌ی نتایج الگوریتم‌های طبقه‌بندی تصاویر ماهواره لندست+ETM

الگوریتم‌های طبقه‌بندی	صحت کلی (٪)	ضریب کاپا
حداکثر احتمال	۷۸/۱۳	۰/۷۰
فاصله ماهالانوبیس	۷۳/۴۴	۰/۶۵
حداقل فاصله	۴۳/۷۵	۰/۳۴

مأخذ: نگارندگان

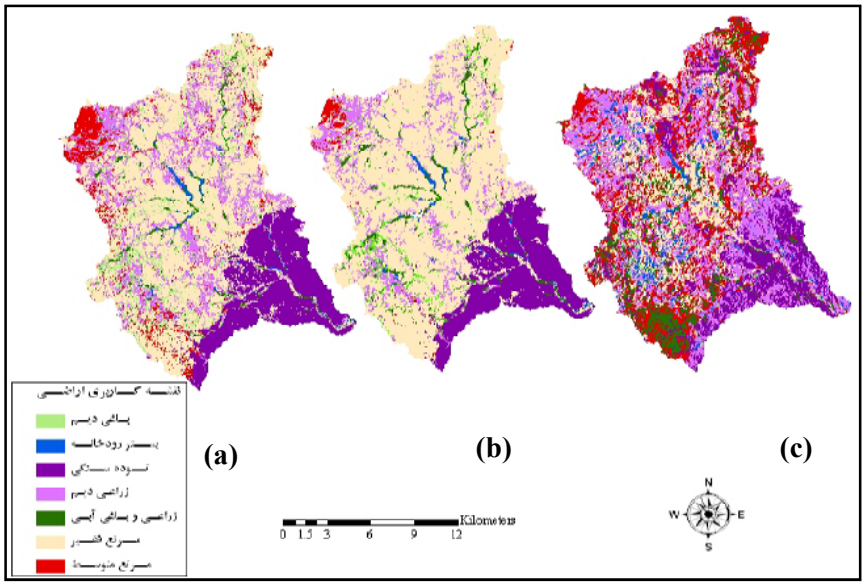
جدول ۲: درصد مساحت کاربری اراضی حاصل از طبقه‌بندی با الگوریتم‌های مختلف

کاربری اراضی	حداقل فاصله	فاصله ماهالانوبیس	حداکثر احتمال
باغی دیم	۲/۵۶	۲/۸۴	۷/۱۳
بستر رودخانه	۳/۹۶	۰/۹۸	۰/۸۶
توده سنگی	۱۵/۵۶	۱۷/۷۹	۱۷/۷۶
زراعی دیم	۲۹/۰۲	۱۱/۱۳	۱۶/۳۵
زراعی و باغی آبی	۸	۳/۰۸	۱/۹
مرتع فقیر	۱۹/۳۵	۶۲/۸۹	۴۹/۹۲
مرتع متوسط	۲۱/۵۵	۱/۳	۶/۰۸

مأخذ: نگارندگان

همان‌طورکه در جدول نیز مشخص است، الگوریتم‌های حداکثر احتمال و فاصله ماهالانوبیس، طبقه‌بندی تصاویر لندست را با دقت قابل قبول و خیلی بهتر از روش حداقل فاصله نشان می‌دهند. صحت کلی و ضریب کاپای حاصل طبقه‌بندی به روش فاصله‌ی ماهالانوبیس بسیار نزدیک به روش حداکثر احتمال و در حد قابل قبول می‌باشد. در روش ماهالانوبیس، فقط طبقه‌بندی کلاس مرتع متوسط با صحت حدود ۵۰٪ سبب کاهش‌دقت نتایج آن شده است که در شکل۴ نیز نادرستی طبقه‌بندی این‌کلاس را می‌توان مشاهده نمود و بقیه‌ی کلاس‌ها دارای صحت بالای۶۵٪ می‌باشند و نتایج‌آنها قابل قبول می‌باشد. در روش حداقل فاصله، تنها کاربری اراضی توده‌ی سنگی دارای‌صحت بالای ۵۰٪ است که درشکل نیز به‌وضوح قابل رویت می‌باشد.

با بازدیدهای صحرایی صورت گرفته از منطقه، مشخص شد به دلیل قرار گرفتن حوضه در منطقه‌ی نیمه‌بیابانی مراتع فقیر بیشتر مساحت‌حوضه را به‌خود اختصاص داده است که این مورد در نتایج الگوریتم حداقل فاصله صدق نمی‌کند و در روش حداقل فاصله، اراضی زراعی دیم بیشترین مساحت حوضه را در برگرفته‌اند. همچنین سطح تحت پوشش اراضی زراعی و باغی آبی و توده‌ی سنگی با نتایج روش حداقل فاصله مطابقت ندارد و به دو روش دیگر طبقه-بندی بسیار نزدیک می‌باشد.



شکل۴ : نقشه کاربری اراضی تهیه شده از روی تصاویر ماهواره لندست و بازدید میدانی با کمک روش‌های حداکثر احتمال (a)، فاصله ماهالانوبیس (b) و حداقل فاصله (c)

مأخذ: نگارندگان

شکل ۴ و جدول ۲ نشان می‌دهد که نتایج به دست آمده از روش‌های حداکثر احتمال و فاصله‌ی ماهالانوبیس بسیار نزدیک به هم می‌باشند، بجز در کاربری‌های مرتع متوسط و زراعت دیم که نتایج بازدیدهای صحرایی، صحت بیشتر نتایج روش حداکثر احتمال نسبت به فاصله‌ی ماهالانوبیس را نشان می‌دهد.

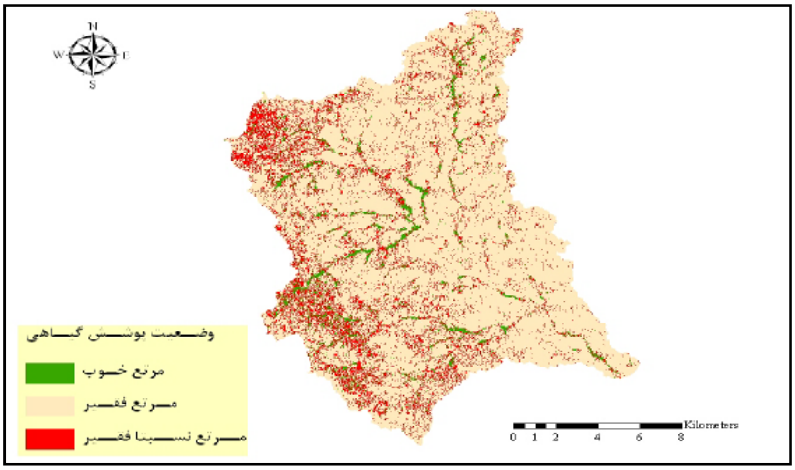
نقشه‌ی وضعیت پوشش گیاهی حوضه

وضعیت هیدرولوژیکی، بیانگر توان ایجاد رواناب در یک منطقه بوده و چنانچه این توان کم باشد، شرایط هیدرولوژیکی خوب است. در این مطالعه از شاخص NDVI بر روی داده‌های لندست استفاده شده است. فرمول NDVI به شکل زیر می‌باشد:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \qquad (۵)$$

RED و NIR به ترتیب طول موج باند قرمز و باند مادون قرمز نزدیک است. دامنه‌ی مقادیر NDVI بین ۱- و۱+ تغییر می‌کند. مقادیر شاخص NDVI در نقشه‌ی پوشش گیاهی حوضه بین ۰/۲۵- و ۰/۵۱ تغییر می‌کند و این نشان‌دهنده‌ی تراکم پایین و پوشش ضعیف

منطقه‌ی مورد مطالعه می‌باشد *(یعقوب‌زاده و همکاران، ۱۳۸۸)*. برای کاهش پیکسل‌های منفرد، فیلتر نما با ابعاد ۵×۵ آزمون شد. به دلیل نیاز به تفکیک سطوح پوشش گیاهی منطقه، حوضه‌ی آبریز به سه طبقه‌ی خوب، نسبتاً فقیر و فقیر طبقه‌بندی شده است. مساحت حدود ۷۲٪ مراتع فقیر نشان می‌دهد که کل حوضه دارای پوشش ضعیف می‌باشد که در شکل ۵ نیز این تراکم ضعیف پوشش گیاهی به وضوح قابل مشاهده است.

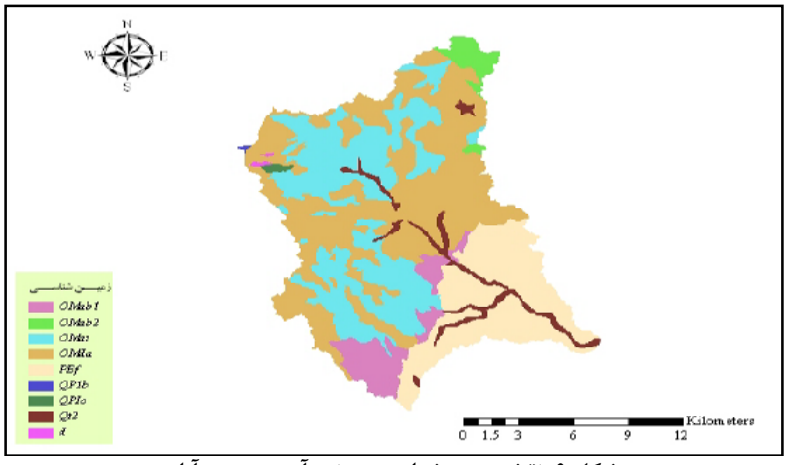


شکل ۵: نقشه‌ی وضعیت پوشش گیاهی تهیه شده از روی تصویر لندست حوضه‌ی آبریز

مأخذ: نگارندگان

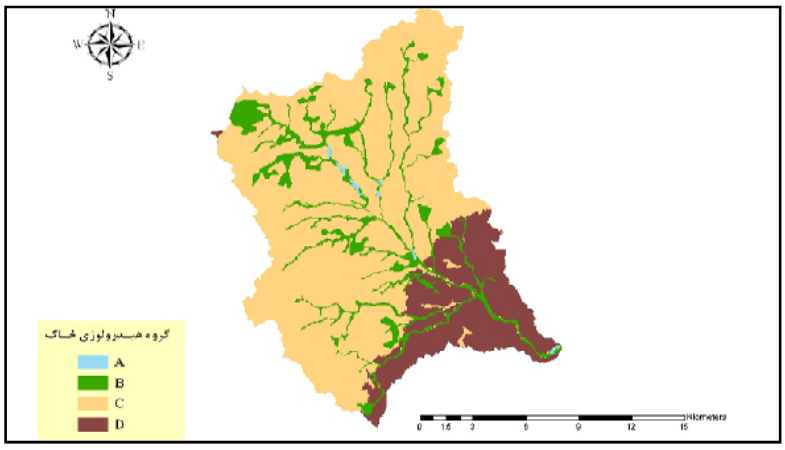
نقشه‌ی گروه هیدرولوژیک خاک

خصوصیات خاک روی تحول و پیدایش رواناب اثر داشته و باید در محاسبات مربوط به آن در نظر گرفته شوند. خصوصیات خاک می‌تواند با یک عامل هیدرولوژیکی بیان گردد که آن، حداقل سرعت نفوذپذیری در حالت مرطوب طولانی‌مدت خاک می‌باشد *(مهدوی، ۱۳۸۴: ۱۴۸)*. در این مطالعه، نقشه‌ی گروههای هیدرولوژیکی براساس نقشه‌ی تشکیلات زمین‌شناسی رقومی شده و همچنین نقشه‌های خاک،شیب و کاربری اراضی حوضه که درمراحل فوق تهیه گردیده، به‌دست می‌آید. رخساره‌های واقع در قسمت خروجی حوضه نقشه‌ی زمین‌شناسی، بیشتر ماسه سنگ و شیل (با علامت اختصاریPEF) می‌باشند و اراضی غیرقابل نفوذ ایجاد می‌کنند که سبب می‌شود این مناطق با گروه هیدرولوژیکیD مشخص شوند. شکل ۶ و ۷ به‌ترتیب نقشه‌ی زمین‌شناسی و گروههای هیدرولوژیکی خاک منطقه‌ی مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۶: نقشه زمین‌شناسی حوضه آبریز منصورآباد

مأخذ: نگارندگان



شکل ۷: نقشه گروههای هیدرولوژیکی خاک حوضه

مأخذ: نگارندگان

رواناب

رواناب یکی از متغیّرهای هیدرولوژیکی بسیار مهم و مورد استفاده در اکثر کاربردهای منابع آب می‌باشد. یکی از روش‌های تخمین رواناب، روش شماره منحنی رواناب SCS است که توسط سازمان حفاظت خاک آمریکا تهیه شده است. در روش SCS، تعیین شماره منحنی که تابعی از ویژگی‌های خاک، کاربری اراضی، خصوصیات هیدرولوژیکی مانند رطوبت پیشین خاک می‌باشد، ضروری است. این‌روش بیشتر برای حوضه‌هایی که در آنها داده‌های اندازه‌گیری دبی رواناب وجود ندارد، به‌کار می‌رود *(Inci Tekeli et al. 2006:528)*. در روش SCS ارتفاع حاصله از یک بارندگی به‌صورت زیر محاسبه می‌شود *(Mishra et al, 2006:302)*:

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{(P + 0.8S)} \quad (۶)$$

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (۷)$$

در این روابط، S: ضریب نگهداشت سطحی، Q: ارتفاع رواناب (میلیمتر)، ρ: ارتفاع بارندگی (میلیمتر)، CN: شماره منحنی رواناب است.

در صورتی‌که شرایط حوضه از نظر عوامل مؤثر بر CN یکنواخت نباشد باید مقدار میانگین وزنی CN برای کل حوضه محاسبه گردد *(علیزاده،۱۳۸۰: ۴۳۰)*. بدین ترتیب که:

$$\overline{CN} = \left[\sum \left(\frac{A_i}{100} \right) (CN_i) \right] \quad (۸)$$

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

برای ارزیابی مدل HEC_HMS از معیار آماری استفاده می‌شود. گرین و استیونسن (۱۹۸۶) معیاری برای ارزیابی مدل پیشنهاد نمودند که نرخ‌های جریان ماکزیمم به‌وسیله‌ی درصدی از خطا در پیک ارزیابی شود *(ASCE, 1993)*.

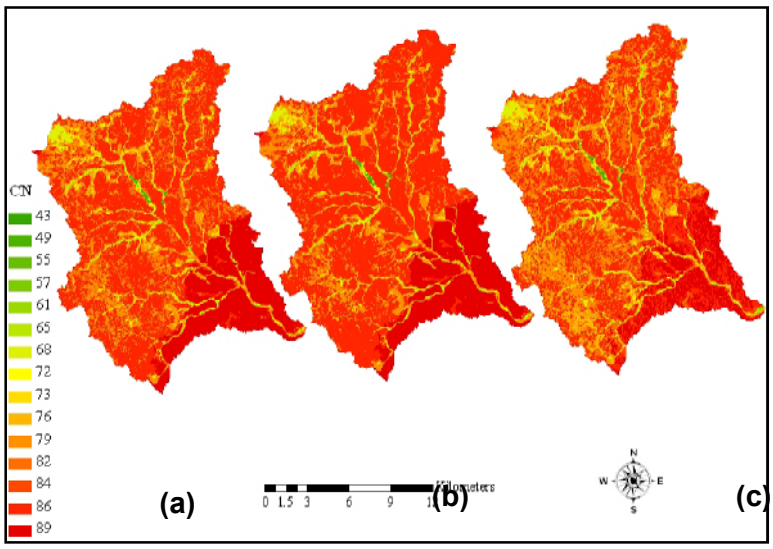
$$PEP = \frac{Q_{PS} - Q_{PO}}{Q_{PO}} \cdot 100 \quad (۹)$$

که در آن Q_{PS}: دبی ماکزیمم شبیه‌سازی شده، Q_{PO}: دبی ماکزیمم مشاهده‌ای است.

نتایج

بعد از تهیه‌ی همه نقشه‌ها، با استفاده از جدول SCS (سازمان حفاظت خاک آمریکا) که به صورت برنامه ویژوال بیسیک در نرم‌افزار اکسل نوشته شده است، شماره منحنی رواناب برای هر پیکسل حوضه تعیین می‌شود. با روی هم‌گذاری نقشه‌های پوشش گیاهی،گروه هیدرولوژی خاک و نقشه‌ی کاربری اراضی که با کمک الگوریتم‌های طبقه‌بندی تهیه شده است در محیط GIS و با استفاده از برنامه SCS، نقشه‌ی شماره منحنی رواناب حوضه و مقادیر میانگین و میانگین وزنی شماره منحنی کل حوضه براساس روابط فوق تعیین گردید. همانطورکه در جدول ۳ مشاهده می‌کنید، مقدار میانگین وزنی بیشتر از میانگین شماره منحنی‌ها می‌باشد و این به دلیل آنست که مقادیر شماره منحنی بالا، مساحت زیادتری از حوضه را در برگرفته‌اند.

این امر بخصوص در نتایج روش فاصله‌ی ماهالانوبیس، به دلیل اینکه مراتع فقیر بیشتر مساحت حوضه را به خود اختصاص داده‌اند، بیشتر نمایان است و مقدار میانگین وزنی شماره‌ی منحنی، فاصله‌ی معنی‌داری با میانگین شماره منحنی‌های رواناب دارد. شکل ۸ نقشه‌ی شماره‌ی منحنی رواناب حاصل از روش‌های حداکثر احتمال (a)، فاصله ماهالانوبیس (b)، حداقل فاصله (c) در شرایط رطوبت متوسط و جدول ۴ مساحت هریک از شماره منحنی‌های رواناب در الگوریتم‌های طبقه‌بندی را نشان می‌دهد.



شکل ۸ : نقشه‌ی شماره منحنی رواناب حاصل از روش‌های حداکثر احتمال (a)، فاصله ماهالانوبیس (b)، حداقل فاصله (c)

مأخذ: نگارندگان

جدول ۳: میانگین و میانگین وزنی شماره منحنی در هر یک از الگوریتم‌های طبقه‌بندی

شماره منحنی	حداقل فاصله	فاصله ماهالانوبیس	حداکثر احتمال
میانگین وزنی	۸۲/۷۸	۸۴/۳۵	۸۳/۸۵
میانگین	۸۱/۲	۷۹/۶۵	۸۰/۴۷

مأخذ: نگارندگان

جدول ۴: درصد مساحت هر یک از شماره منحنی‌ها در الگوریتم‌های طبقه‌بندی

شماره منحنی رواناب	حداقل فاصله	فاصله ماهالانوبیس	حداکثر احتمال
۴۳	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۳
۴۹	۰/۱۶	۰/۱۷	۰/۱۶
۵۵	۰/۰۱	۰/۰۰۳	۰/۰۰۴
۵۷	۰/۰۰۴	۰/۰۰۷	۰/۰۲
۶۱	۰/۰۷	۰/۰۲	۰/۰۴
۶۵	۱/۱۵	۱/۴۱	۱/۱۴
۶۸	۲/۳۵	۱/۱۸	۱/۵۶
۷۲	۰/۲۳	۰/۰۶	۰/۰۵
۷۳	۲/۹۷	۲/۲۴	۳/۱۱
۷۶	۴/۳۴	۱/۵۲	۱/۵۷
۷۹	۱۶/۰۴	۱۲/۶۴	۱۳/۷۸
۸۲	۱۹/۴۲	۶/۱۸	۱۳/۰۹
۸۴	۰/۷	۰/۱۷	۰/۲۵
۸۶	۴۲/۰۶	۵۶/۶۸	۴۷/۸۳
۸۹	۱۰/۴۶	۱۷/۶۹	۱۷/۳۷

مأخذ: نگارندگان

همان‌طورکه در جدول ۴ مشاهده می‌کنید، شماره منحنی‌هایی با مقادیر پایین در هر سه الگوریتم، مساحت کمتری از حوضه‌ی آبریز را به خود اختصاص داده‌اند. در روش‌های حداکثر احتمال و فاصله ماهالانوبیس، مرتع فقیر به دلیل دارا بودن بیشترین مساحت حوضه سبب شده است شماره منحنی‌های بزرگ مثل ۸۶ مساحت زیادتری از دیگر شماره منحنی‌ها را در برگیرد و بین میانگین و میانگین وزنی شماره منحنی‌ها اختلاف به وجود آید.

برای مقایسه‌ی نتایج الگوریتم‌های طبقه‌بندی و تأثیر آن در مقدار رواناب از مدل HEC-HMS استفاده شده است. بدین منظور، مقدار متوسط وزنی شماره منحنی رواناب به همراه بارش و سیلاب اندازه‌گیری شده به مدل HEC-HMS داده شده و دبی حداکثر سیلاب در خروجی حوضه تعیین گردید. مقدار دبی حداکثر برای سیلاب فروردین ۱۳۸۶، $۷/۲۹M^3/S$ اندازه‌گیری شده است. برای ارزیابی دبی‌های محاسبه شده با الگوریتم‌های طبقه‌بندی مختلف و مقایسه آن با دبی‌های مشاهده‌ای با استفاده از فرمول ۹٪ خطا بین دبی اندازه‌گیری شده و مشاهده شده محاسبه شده است.

جدول ۵ نتایج به‌دست آمده از مقایسه‌ی دبی حداکثر سیلاب اندازه‌گیری شده در خروجی حوضه و محاسبه شده با HEC-HMS را نشان می‌دهد.

جدول ۵: مقایسه‌ی دبی حداکثر سیلاب محاسبه شده و اندازه‌گیری شده

الگوریتم / صحت	حداقل فاصله	فاصله ماهالانوبیس	حداکثر احتمال
دبی محاسبه شده	۱۴/۸۸	۱۰/۱۲	۹/۱۱
درصد خطا	۱۰۴	۳۸	۲۵

مأخذ: نگارندگان

بحث و نتیجه‌گیری

الگوریتم حداکثر احتمال متداول‌ترین روش طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای بوده و تقریباً تمام عمل طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای با این روش انجام می‌پذیرد. در این مطالعه سعی شده است تا از الگوریتم‌های دیگری نیز برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای استفاده شود تا بدین طریق علاوه بر اینکه مقایسه‌ای بین الگوریتم‌ها انجام گیرد، تأثیر تغییر الگوریتم طبقه‌بندی نیز مشخص شود. بدین منظور، علاوه بر روش حداکثر احتمال، از روش‌های حداقل فاصله و فاصله ماهالانوبیس نیز برای تهیه‌ی نقشه‌ی کاربری اراضی استفاده شده و تأثیر این الگوریتم‌ها بر شماره‌ی منحنی رواناب و دبی سیلاب بررسی گردیده است.

میزان خطای به‌دست آمده با الگوریتم حداکثر احتمال نشان می‌دهد که این روش در تهیه‌ی نقشه‌های کاربری اراضی و شماره منحنی رواناب نسبت به روش‌های فاصله‌ی ماهالانوبیس و حداقل فاصله از صحت بیشتری برخوردار می‌باشد و به صحت شماره‌ی منحنی رواناب به دست آمده از این روش، بیشتر می‌توان اعتماد نمود. نتایج روش فاصله ماهالانوبیس بسیار نزدیک به روش حداکثر احتمال بوده و ۱۳٪ پایین‌تر بودن نتایج آن به مشابه بودن پیکسل‌های مرتع فقیر، مرتع متوسط و زراعت دیم برمی‌گردد. به همین دلیل، از این روش نیز می‌توان برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای به‌خصوص درمکان‌هایی که کاربری‌های مرتع فقیر، مرتع متوسط و زراعت دیم درمجاورت هم وجود ندارند، استفاده نمود. این سه کاربری، تشابه طیفی پیکسلی دارند و تمایز آنها از هم مشکل می‌باشد. بیشتر بودن ضریب کاپا و صحت کلی نتایج روش حداکثر احتمال برای تهیه‌ی نقشه‌ی کاربری اراضی، نشان‌دهنده‌ی دقت بیشتر الگوریتم حداکثر احتمال نسبت به دیگر روش‌های طبقه‌بندی می‌باشد. ولی این مطالعه مشخص نمود که الگوریتم فاصله ماهالانوبیس با دقت نزدیک به حداکثر احتمال، می‌تواند به عنوان یک

روش طبقه‌بندی مناسب برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای استفاده شود، به خصوص در مکان‌هایی که کاربری‌های مرتع فقیر، مرتع متوسط و زراعت دیم که ارزش طیفی پیکسل نسبتا مشابهی دارند، با همدیگر وجود نداشته باشند. همچنین این مطالعه مشخص نمود که الگوریتم طبقه‌بندی فاکتور مهم و تأثیرگذار بر نقشه کاربری اراضی و همچنین نقشه شماره منحنی رواناب و دبی سیلاب است، به‌طوری‌که با تغییر الگوریتم از حداکثر احتمال به حداقل فاصله، ضریب کاپای حاصل از طبقه‌بندی ۱۰۵٪ کاهش و درصد خطا بین نتایج مقایسه دبی حداکثر محاسبه شده و اندازه‌گیری شده ۷۹٪ افزایش می‌یابد.

منابع

۱- اکبرپور، ابوالفضل؛ محمدباقر شریفی و هادی معماریان‌خلیل‌آباد (۱۳۸۵). مقایسه روش‌های فازی و حداکثر احتمال در تهیه‌ی لایه‌ی کاربری اراضی به کمک داده‌های +ETM (مطالعه‌ی موردی: حوزه آبریز کامه)، فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان. شماره ۱۳. ۳۲-۱۳.

۲- اکبرپور، ابوالفضل و محمدباقر شریفی (۱۳۸۵). تخمین شماره منحنی رواناب با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: حوضه آبریز کامه)، [مجموعه مقالات هفتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه]، دانشگاه شهید چمران اهواز. ۳۶۵-۳۵۷.

۳- درویش‌صفت، علی‌اصغر (۱۳۸۲). ادغام داده‌های ماهواره‌ای،[مجموعه مقالات کنفرانس ژئوماتیک ۸۱]. سازمان نقشه برداری کشور، ۱۳-۱.

۴- علوی‌پناه، سیدکاظم و مسعود مسعودی (۱۳۸۰). تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از داده‌های رقومی ماهواره لندست TM و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: منطقه موک استان فارس). مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. شماره اول، ۷۶- ۶۵.

۵- علیزاده، امین (۱۳۸۰). اصول هیدرولوژی کاربردی، چاپ سیزدهم. مشهد. انتشارات دانشگاه امام رضا (ع).

۶- مخدوم، مجید؛ علی‌اصغر درویش‌صفت؛ هورفر جعفرزاده و عبدالرضا مخدوم (۱۳۸۳). ارزیابی و برنامه‌ریزی محیط زیست با سامانه‌های اطلاعات‌جغرافیایی(GIS)، انتشارات دانشگاه تهران.

۷- مهدوی، محمد (۱۳۸۴). هیدرولوژی کاربردی، چاپ چهارم. تهران. انتشارات دانشگاه تهران.

۸- یعقوب‌زاده، مصطفی؛ غلام‌عباس بارانی؛ ابوالفضل اکبرپور و مجتبی رضایی‌مناوند (۱۳۸۷). بررسی الگوریتم‌های طبقه‌بندی تهیه‌ی نقشه‌ی کاربری اراضی به کمک RS و GIS (مطالعه موردی: حوضه‌ی آبریز منصورآباد بیرجند)، سمینار سراسری مدیریت بهره‌برداری آب. دانشگاه شهید باهنر کرمان.

۹- یعقوب‌زاده،مصطفی؛ غلام‌عباس بارانی؛ ابوالفضل اکبرپور و حسین امامی (۱۳۸۸). بررسی نقشه‌ی شماره منحنی رواناب تهیه شده از تصاویر لندست (۲۰۰۲) و IRS (۲۰۰۶) با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور، هشتمین کنگره بین‌المللی مهندسی عمران شیراز.

۱۰- یعقوب‌زاده، مصطفی (۱۳۸۷). تعیین شماره منحنی حوضه‌ی آبریز با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و سنجش از دور (RS) (مطالعه موردی: حوضه‌ی آبریز منصورآباد بیرجند)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شهید باهنر کرمان.

11- ASCE (1993). Criteria for evaluation of watershed models, J. Irrig.drain. Engrg, Vol.119, No.3.

12- Barreto-Neto, A.A. and de Souza Fillo, C.R (2007). Application of fuzzy logic to the elevation of runoff tropical watershed, Environmental Modeling & Software Journal.

13- ERDAS (1999). ERDAS Filed Guide, Fifth Edition,ERDAS@, Inc.

14- Inci Tekeli, Y and Akguül, S and 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.

15- Laba, M, smith S.D. and Degloria S.D (1997). Landsat based land cover mapping in the DomenicanRepublic in the Lower Yuna River Watershed in theDomenican Republic, Int. J. Remote sensing, 18(4): 3011-3025.

16- Mather, P.M (1999). Computer Processing of Remotely- sensed Images, John Wiley & Sons. NewYork.

17- Melesse, A. M. and Graham, W. D and Jordan D (2003). Spatially distributed watershed mapping and modeling: GISرذد-based storm runoff response and hydrograph analysis: part 2, Journal of Spatial Hydrology, Vol 3, No 2.

18- 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.

19- Mishra, S. K. and Singh, V.P (2006). SCS-CN-based modeling of sediment yield, Journal of Hydrology, 324.

20- Ragan, R. M. and Jackson, T. J (1980). Runoff synthesis using Landsat and SCS model, Journal of Hydrology, Vol.106.

21- Stefanov, W. L, and Ramsey M.S and Christensen, P.R (2001). Monitoring urban land cover change; An approach to land cover classification of semiarid to arid urban centers. Remote sensing of Environment, 77.

22- Tiwari, K.N and Kumar, P and Sibastian, M and Paul, K (1991). Hydrological modeling for runoff determination: Remote sensing Technique, Journal of Water Resources Planning and Management,Vol.7, No.3.