

مقایسه روشهای فازی و حداکثر احتمال در تهیه لایه کاربری اراضی با کمک داده های ETM^+ (مطالعه موردی: حوضه آبریز کامه)

ابوالفضل اکبرپور^۱، محمد باقر شریفی^۲ و هادی معماریان خلیل آباد^۳

۱- دانشجوی دکتری عمران- آب دانشگاه فردوسی مشهد ۲- استادیار دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد

۳- کارشناس ارشد مدیریت مناطق بیابانی

تاریخ دریافت: ۸۴/۵/۴

تاریخ پذیرش: ۸۴/۱۱/۳۰

چکیده

اطلاعات موجود در نقشه های پوشش و کاربری اراضی در مدلسازیهای هیدرولوژیکی به منظور تخمین زبری سطح یا ضریب اصطکاک و غیره می تواند مورد استفاده قرار گیرد. در این مقاله هدف مقایسه دو روش جهت تهیه نقشه کاربری اراضی و پوشش با استفاده از تصاویر ماهواره لندست می باشد. پیش از استفاده از داده های ماهواره ای ابتدا تصحیحات رادیومتری و هندسی بر روی داده های ETM^+ صورت گرفت. سپس با بازدید میدانی، طبقات مختلف کاربری و پوشش اراضی تعریف و نمونه های آموزشی انتخاب گردید. از کلیه باندها به جز باند ۶ برای طبقه بندی استفاده شد. به دلیل دقت پایین کلاسهای طبقه بندی شده مناطق مسکونی و جاده این طبقات از فرآیند طبقه بندی حذف و جهت وارد کردن این طبقات در نقشه نهایی از لایه های اطلاعاتی در سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده گردید. نتایج حاصل از ارزیابی صحت تصاویر طبقه بندی شده نشان داد که روش فازی با استفاده از سه لایه در طبقه بندی با صحت کلی ۷۵/۱۲ درصد و ضریب کاپا ۰/۶۳ دارای بیشترین صحت و پس از آن روش فازی با دو لایه و حداکثر احتمال به ترتیب با صحت کلی ۷۳/۳ و ۷۲/۳۹ درصد و ضریب کاپا ۰/۶ و ۰/۵۹ در رتبه های بعدی از نظر صحت قرار می گیرند.

واژه های کلیدی: سیستم اطلاعات جغرافیایی، سنجش از دور، کاربری اراضی، داده های ETM^+ ، فازی،

مقدمه

نقشه های پوشش سطح زمین، نمایی واقعی از پدیده های زیستی و فیزیکی موجود در سطح زمین مانند پوشش گیاهی، آب، بیابان، یخ، برف و پدیده های ایجاد شده توسط انسان است. به روز بودن و صحت این نقشه ها، می تواند نقش چشمگیری در مدیریت و برنامه ریزی محیطی داشته باشد. تهیه نقشه های کاربری و پوشش اراضی از طریق طبقه بندی اطلاعات ماهواره ای به دو صورت بصری و رقومی انجام می شود.

در اغلب مطالعات سنجش از دور، طبقه بندی تصاویر ماهواره ای تنها بر اساس بازتاب طیفی پیکسلهای تصویر در محدوده امواج الکترومغناطیسی صورت می گیرد. مشکل اساسی که در تولید نقشه های مناسب کاربری با استفاده از تصاویر سنجش از دور ایجاد می شود، آن است

که ممکن است مناطق شامل ترکیبهای پیچیده ای از نوع پوشش زمین باشند که هر کدام مشخصات طیفی مختلفی دارند (علیمحمدی و همکاران، ۱۳۸۳).

متاسفانه الگوریتمهای طبقه بندی تصاویر ماهواره ای بر مبنای پیکسل عمل می نمایند و این الگوریتمها هر پیکسل را بر اساس مشخصه پاسخ طیفی آن پیکسل به طبقات نماینده هر طبقه اختصاص می دهند. از طرفی در طبقه بندی نظارت شده تعیین نمونه های آموزشی مناسب برای بسیاری از طبقات کاربری به دلیل تغییرات زیاد بازتاب طیفی طبقات پوشش زمین، بسیار مشکل است. بنابراین انتخاب یک الگوریتم مناسب جهت طبقه بندی ضروری می باشد.

در زمینه تعیین کاربری و پوشش اراضی مطالعات متعددی توسط متخصصان سنجش از دور در کشورهای

مقایسه روشهای فازی و حداکثر احتمال

در تهیه لایه کاربری اراضی با کمک داده های ETM⁺

اراضی از روش حداکثر احتمال استفاده نمودند. Hutchinson 1982 برای بهبود طبقه بندی تصاویر ماهواره ای و تفکیک پذیری کلاسهای پوشش سطح زمین از داده هایی رقومی غیر از داده های سنجنش از دور استفاده نمود. نتایج نشان داد که استفاده از این روش صحت کلی را پنج تا ده درصد افزایش می دهد. Wilson 1986 استفاده از داده های ماهواره لندست و سیستم اطلاعات جغرافیایی را برای مطالعات پدیده های زمینی ارزشمند دانست. Laba et al 1997 تغییرات پوشش سطح زمین را برای حوضه آبریز رودخانه یانا^۱ مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. آنها برای طبقه بندی، از تصاویر ماهواره لندست (MSS) و (TM) استفاده کردند. در هر دو طبقه بندی تشابه طیفی مراحل مختلف رشد برنج، باغها و چمنزار تفکیک پذیری از این طبقات را مشکل ساخته بود. نتایج حاصل از طبقه بندی توسط آنها صحت کلی معادل ۷۷/۳ درصد و ۸۱/۳ را نشان داد.

هدف از این مقاله مقایسه کارایی دو روش طبقه بندی حداکثر احتمال و فازی جهت تهیه نقشه کاربری اراضی حوضه آبریز کامه می باشد.

مواد و روشها

خصوصیات منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز معرف کامه، سر شاخه رودخانه کال سالار بوده و در شمال شهرستان تربت حیدریه واقع شده است. این حوضه نمونه حوضه های آبریز کوهستانی منطقه میانی خراسان بشمار می رود. رودخانه کال سالار زهکش اصلی این حوضه بوده و در امتداد شمال غرب به جنوب شرق جریان دارد. این حوضه در طول جغرافیایی ۳۲-۰۵ تا ۰۵-۱۳-۴۵ تا ۳۵-۰۵ شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶-۲۷ تا ۳۵-۲۷-۳۰-۳۵ شمالی قرار گرفته است. ارتفاع متوسط حوضه ۱۹۵۲/۵ متر از سطح دریا، مساحت

مختلف بعمل آمده است. از مطالعات صورت گرفته می توان به تحقیقات علوی پناه و مسعودی (۱۳۸۰) اشاره کرد. آنها برای طبقه بندی تصاویر ماهواره لندست TM^۱ جهت تهیه نقشه کاربری اراضی منطقه موک استان فارس از روش حداکثر احتمال استفاده نمودند. نتایج حاصل ارزیابی دقت طبقه بندی کارایی روش مذکور را در تولید نقشه کاربری اراضی نشان داد. براساس تحقیقات آنها با توجه کوهستانی بودن منطقه انتخاب راهبرد مناسب برای طبقه بندی تصاویر ماهواره ای ضروری می باشد.

همچنین Alavipanah and Goossens 1999 و قیاسی ۱۳۷۲ استفاده از داده های ماهواره اسپات و لندست را در تهیه کاربری و پوشش اراضی مفید دانستند. Lambin & Stahler 1994 برای تجزیه و تحلیل طیفی تغییرات پوشش زمین از ابزار قدرتمندی به نام تجزیه و تحلیل تغییر بردار^۲ استفاده نمودند. روش آنها به منظور تهیه شاخصهای سنجنش از دور شرایط سطح زمین از قبیل شاخص پوشش گیاهی و درجه حرارت سطح بکار رفت. آنها برای طبقه بندی و تغییرات پوشش سطح از داده های ماهواره NOAA^۳ استفاده نمودند. شاخصهای بدست آمده درجه کمی از زواید را نشان داد و اختلاف فرآیند تغییرات پوشش سطح را مشخص کرد. Stephanov et al 2001. به منظور طبقه بندی تغییرات پوشش زمین یک نظریه کارشناسی (آزمایش فرض) با استفاده از داده های TM پیشنهاد دادند. در ابتدا داده های ماهواره ای توسط روش حداکثر احتمال طبقه بندی گردید بعد با کمک بافت مکانی از داده های TM از نظریه سیستم کارشناسی به منظور مرحله دوم طبقه بندی استفاده شد. نتایج حاصل صحت کلی برابر ۸۵ درصد و صحت کاربر را در محدوده ۷۳ تا ۹۹ درصد نشان داد. این نظریه می تواند برای طبقه بندی پوشش سطح زمین مفید واقع شود. Melsi & Jordan 2003 نیز برای طبقه بندی تصاویر ماهواره ای جهت تهیه نقشه کاربری

1- Thematic Mapper

2- Change- vector

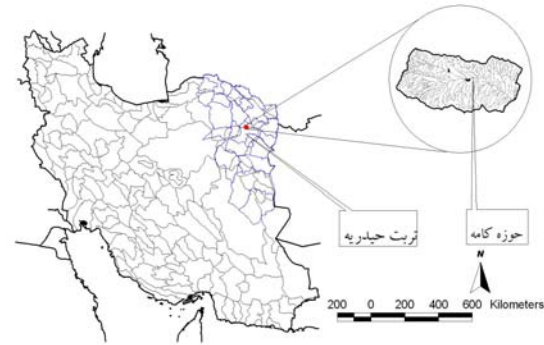
3- Notional Oceanic and atmospheric Administration (NOAA)

صفحه مانیتور از نظر وجود خطاهای هندسی و رادیومتری مانند خطاهای راه راه شدگی^۱ و نیز خطاهای دیگر مانند پیکسلهای تکراری در سطر و ستون و جابه‌جایی دسته‌های ۱۶ تایی خطوط اسکن مورد بررسی قرار گرفتند. به منظور تصحیح اتمسفری داده‌های موجود و بر طرف کردن ناهنجاری‌هایی که ممکن است باعث ایجاد خطا در طبقه‌بندی شود از روش **dark subtraction** استفاده گردید. در این روش کمترین ارزش پیکسلها در کلیه باندها بدست آمده و از تک تک پیکسلهای باندهای مورد استفاده کسر گردید (ENVI, 2003, 529).

ادغام داده‌ها^۲

اگر یک سنجنده ماهواره‌ای از تفکیک مکانی و طیفی بالایی به طور توأم برخوردار باشد بسیار مطلوب خواهد بود. اما تاکنون این امر تحقق نیافته است. بنابراین سعی می‌شود که با استفاده از فنون ادغام، اطلاعات مکانی از یک تصویر تک باندهای به اطلاعات طیفی سنجنده‌های چندباندی وارد گردد (درویش صفت، ۱۳۸۱). داده‌های لندست^۳ ETM⁺ که شامل ۷ باند طیفی با اندازه‌های تفکیک ۳۰ و ۶۰ متری و باند باتفکیک ۱۵ متر می‌باشد، همواره شرایط لازم برای ادغام موفقیت آمیز تصاویر یعنی هم‌زمانی و وضعیت هندسی یکسان را دارا می‌باشند. به منظور ادغام داده‌های ماهواره‌ای منطقه مورد مطالعه از روش مبتنی بر تحلیل مولفه‌های اصلی^۴ استفاده شد. در این روش از باند ۸ که دارای اندازه تفکیک^۴ ۱۵ متر می‌باشد جهت ادغام استفاده شد. جزئیات این روش در شکل (۲) آمده است.

حوضه ۵۲/۰۵ کیلومتر مربع، متوسط حرارت و رطوبت سالیانه آن به ترتیب ۹ / ۱۱ درجه سانتیگراد و ۵۳ / ۹ در صد و متوسط تبخیر و بارش سالیانه به ترتیب ۲۱۱۰ و ۳۶۱ میلیمتر می‌باشد. شکل (۱) موقعیت حوضه را بر روی نقشه ایران و استان نمایش می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

مواد

به منظور تهیه نقشه کاربری و پوشش اراضی حوضه کامه از اطلاعات سنجنده^۱ ETM⁺ ماهواره لندست به تاریخ ۶ آگوست سال ۲۰۰۲ میلادی با پنجره‌ای به ابعاد ۵۱۲×۳۱۵ پیکسل، نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ رقومی و کاغذی سازمان نقشه برداری و دیگر اطلاعات رقومی و چاپ شده موجود منطقه، نرم افزارهای سنجنش از دور ERDAS 8.3.1، ENVI 4.0، و Ilwis 3.0، نرم افزارهای سیستم اطلاعات جغرافیایی ArcGIS 8.01، Arcview 3.2 و نرم افزار رقومی کردن R2V3.0.50 استفاده گردید.

روشها

بررسی کیفیت داده‌های ماهواره‌ای

آگاهی از وضعیت هندسی و رادیومتری داده‌های مورد استفاده بسیار ضروری است. به منظور بررسی کیفیت رادیومتری داده‌ها تصاویر مربوط به صورت تک باند و با ترکیبهای مختلف رنگی و با بزرگ‌نمایی روی

¹ Striping and Banding

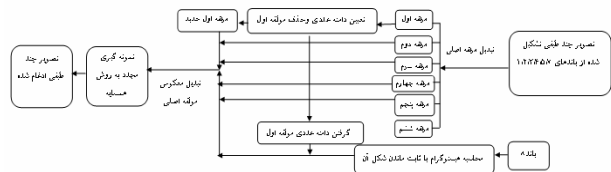
² Merging

³ Principal Component Analysis (PCA)

⁴ Resolution

بارز سازی تصاویر^۶

به منظور تفکیک بهتر پدیده ها و آشکار سازی آنها روشهای مختلفی وجود دارد که در این مطالعه از روش گوس به منظور افزایش مغایرت، از روش تحلیل مولفه های اصلی به منظور ادغام و از روش تسلدکپ^۷ به منظور طبقه بندی پوششهای مرتعی استفاده شد. جزئیات تبدیل تسلد کپ در بخش طبقه بندی پوششهای مرتعی خواهد آمد.



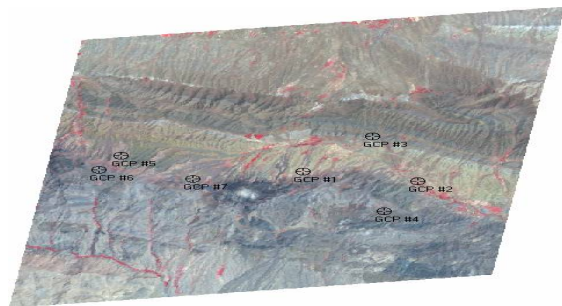
شکل ۲- نمودار جریانی ادغام داده های ماهواره ای بر اساس تحلیل مولفه های اصلی.

تطابق هندسی تصاویر

طبقه بندی تصاویر و برآورد صحت
برای انجام طبقه بندی با توجه به بازدیدهای انجام شده از منطقه و طبقات مورد نیاز به منظور تهیه نقشه منحنی رواناب (CN)، ابتدا هشت طبقه مرتع، زراعت، باغ، مسیل، جاده، مناطق مسکونی، اولنگ (مناطق با سطح ایستابی بالا و بوته تک زارهای نی) و اراضی توده سنگی تعیین و نمونه های تعلیمی با پراکنش و اندازه مناسب در سطح تصویر انتخاب و تعیین گردیدند، بعد نمونه های تعلیمی مورد ارزیابی قرار گرفتند. روشهایی که در ارزیابی نمونه های تعلیمی مورد استفاده واقع شدند شامل استفاده از نمودارهای طیفی طبقات کاربری در باندهای مختلف و تفکیک پذیری^۸ نمونه های تعلیمی بود.

به منظور محاسبه تفکیک پذیری از روشهای محاسبه واگرایی^۹، فاصله اقلیدسی^{۱۰}، فاصله جفریس ماتوسیتا^{۱۱} و واگرایی تبدیل شده^{۱۲} استفاده گردید. در نهایت از روش واگرایی تبدیل شده جهت ارزیابی تفکیک پذیری نمونه ها استفاده شد. پس از محاسبه واگرایی مشخص شد که سه باند ۳، ۴ و ۱ دارای بیشترین تفکیک پذیری با میانگین فاصله طیفی ۱۹۳۶ بودند. به دلیل پایین بودن تفکیک پذیری دو طبقه جاده و مناطق مسکونی این دو طبقه از نمونه های تعلیمی حذف و فرآیند محاسبه واگرایی تبدیل

انجام عمل تطابق هندسی برای تطبیق هندسی داده های ماهواره ای با داده های مینا و زمین مرجع^۱ مانند نقشه واقعی زمینی، لازم و ضروری است. بنابراین فرآیند تطابق هندسی داده ها با استفاده از ۱۰ نقطه کنترل زمینی با استفاده از نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ که دارای پراکنش مناسب در سطح منطقه می باشد انجام گردید. در نهایت ۳ نقطه که دارای خطای بیش از یک پیکسل بودند حذف و ۷ نقطه کنترل برای تصحیح با استفاده از معادله چند جمله ای^۲ درجه دو مورد استفاده قرار گرفتند. خطای RMS^۳ حاصل از تصحیح هندسی برابر با ۰/۵۲ می باشد. در این راستا جهت حفظ اطلاعات موجود در تصاویر اولیه، عمل نمونه گیری مجدد^۴ به روش نزدیکترین همسایه^۵ انجام شد. شکل (۳) پراکنش نقاط جهت تصحیح هندسی را نشان می دهد.



شکل ۳- پراکنش نقاط کنترل برای تصحیح هندسی

6- Contrast Enhancement

7- Tasseled Cap Transformation

8- Separability

9- Divergence

10 - Euclidean Distance

11 - Jefferies- Matusita

12 - Transformed Divergence

¹ Geocoded

² Plonomial

³ Root Mean of Square

⁴ Resampling

⁵ Nearest

که در این فرمول، D فاصله وزنی، C طبقه مورد نظر، x بردار اندازه پیکسل مورد نظر، M_c بردار میانگین نمونه تعلیمی برای طبقه c ، a_c احتمال نشان دهنده تعلق پیکسل مورد نظر به طبقه c ، COV_c ماتریس کوواریانس نمونه تعلیمی طبقه c ، $|COV_c|$ دترمینان ماتریس کوواریانس c معکوس COV_c^{-1} می باشد.

در این مطالعه به منظور طبقه‌بندی تصویر به روش فازی از ترکیب روشهای فازی و حد اکثر احتمال استفاده شد. بر اساس تئوری احتمال اگر رخداد A معرف مجموعه ای از عنا صر در یک مجموعه بزرگ (φ) باشد آنگاه تابع چگالی احتمال A یعنی $P(A)$ بصورت زیر تعریف می‌شود (Branth & Mather, 2001, 154):

$$P(A) = \int_{\varphi} H_A(S) \quad (4)$$

S عنصر موجود در مجموعه φ و H_A تابع عضویت از نوع سخت ($hard$) است.

در طبقه‌بندی تصاویر رخداد A در واقع یک طبقه یا خوشه محسوب می‌شود و S بردار ارزش پدیده در یک پیکسل یعنی همان DN می‌باشد. تابع عضویت H_A بیان کننده این نکته است که آیا S به طبقه A متعلق است (رتبه عضویت^۴ برابر با یک) یا خیر (رتبه عضویت برابر با صفر) (Branth & Mather, 2001, 155).

اگر A یک پیشامد فازی تلقی گردد یعنی مجموعه A زیر مجموعه ای فازی باشد از φ ، بنابر این تابع چگالی احتمال A برابر خواهد بود با (Branth & Mather, 2001, 156):

$$P(A) = \int_{\varphi} \mu_A(S) \quad (5)$$

که در این معادله، μ_A تابع عضویت فازی است. میانگین و واریانس مجموعه فازی A نیز به صورت زیر تعریف می‌شود (Branth & Mather, 2001, 157):

شده برای سایر طبقات دوباره تکرار شد. در نهایت باندهای ۴، ۵ و ۳ به منظور طبقه‌بندی انتخاب گردیدند. واگرایی تبدیل شده بر اساس تابع زیر محاسبه می‌شود (ERDAS, 1999, 238):

(۱)

$$D_{ij} = \sqrt{2} \text{tr} \left[(C_i - C_j)(C_i^{-1} - C_j^{-1}) \right] + \sqrt{2} \text{tr} \left[(C_i^{-1} - C_j^{-1})(\mu_i - \mu_j)(\mu_i - \mu_j)^T \right]$$

$$TD_{ij} = 2000 \left[1 - \exp \left(\frac{-D_{ij}}{\lambda} \right) \right] \quad (2)$$

که در این معادله، D_{ij} واگرایی، i, j دو نمونه تعلیمی مقایسه شده، C_i ماتریس کوواریانس نمونه تعلیمی i ، μ_i بردار میانگین نمونه تعلیمی i ، tr تابع اثر (مجموع عناصر روی قطر)، T همپوشان می باشد.

پس از استخراج نمونه های تعلیمی و محاسبه واگرایی تبدیل شده ماتریس احتمال^۱ نیز برای نمونه های تعلیمی محاسبه گردید. در این ارزیابی یک طبقه‌بندی سریع بر روی پیکسلهای موجود در نمونه های تعلیمی و بر اساس روش حد اکثر درست نمایی^۲ اعمال گردید و صحت کلی^۳ بدست آمده ۶۳ در صد محاسبه شد. با توجه به پایین بودن نسبی صحت بدست آمده سایر باندها نیز در طبقه‌بندی مورد استفاده واقع شد. و در نهایت مشخص گردید که بالاترین صحت کلی در صورتی بدست می‌آید که کلیه باندها در فرآیند طبقه‌بندی دخالت داده شوند (صحت کلی ۷۷ درصد). در نهایت طبقه‌بندی بر اساس روشهای حد اکثر احتمال و فازی^۴ انجام شد.

معادله مورد استفاده برای طبقه‌بندی کننده حداکثر درست نمایی، بر اساس قاعده بیز^۵ بصورت زیر است (ERDAS, 1999, 250):

$$D = \ln(a_c) - [0.5 \ln(|cov_c|)] - [0.5(x - M_c)^T (cov_c^{-1})(x - M_c)] \quad (3)$$

- 1- Contingency Matrix
- 2 - Maximum Likelihood
- 3- Overall Accuracy
- 4- Fuzzy
- 5 - Bayes

6 - Probability Density Function (PDF)

۴- در این نوع توابع عنصر S یا به طبقه A متعلق است و یا متعلق نیست (یک و صفر)

8 - Membership grade

در تهیه لایه کاربری اراضی با کمک داده های ETM^+

که در این فرمول، i, j به ترتیب نمایه ردیف و ستون در پنجره متحرک، d : اندازه پنجره (۳، ۵ و یا ۷)، l نمایه مربوط به لایه در مجموعه فازی، n, w, k به ترتیب تعداد لایه های فازی بکاررفته، W_{ij} جدول یاماتریس وزن و K نمایه مربوط به طبقه، $D[k]$ ماتریس فاصله طبقه k ، $T_{[K]}$ فاصله وزنی طبقه k می باشد.

پیکسل مرکزی پنجره به طبقه ای تعلق می یابد که برای آن طبقه ارزش $T_{[K]}$ حداکثر باشد.

پس از انجام طبقه بندی با هر دو روش ذکر شده، برای بهبود نتایج حاصل و حذف پیکسل های منفرد فیلتر نما^۲ به ابعاد 3×3 پیکسل آزمون شد. سپس به منظور تهیه نقشه واقعیت زمینی^۳ از ۵۰ نمونه تصادفی استفاده شد که از طریق مقایسه پیکسل به پیکسل نقشه های طبقه بندی شده با نقشه واقعیت زمینی، ارزیابی صحت نقشه ها صورت گرفت. در این رابطه به کمک جداول خطا^۴، معیارهای صحت کلی، ضریب کاپا^۵، صحت تولید کننده^۶ و صحت کاربر^۷ محاسبه شدند. ضریب کاپا (K) به منظور خلاصه کردن اطلاعات ایجاد شده به وسیله ماتریس خطا بکار برده می شود.

این ضریب با استفاده از فرمول زیر محاسبه می شود (Mather, 1999, 123):

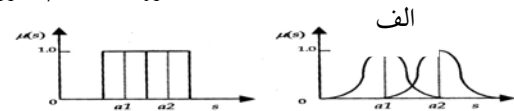
$$K = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r x_{i+} \cdot x_{+i}}{N^2 - \sum_{i=1}^r x_{i+} \cdot x_{+i}} \quad (11)$$

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 می باشند.

ارزش صفر در معیار کاپا نشان دهنده این است که هیچگونه مطابقتی (Agreement) بین اطلاعات حاصل از

$$V_A = \frac{1}{P(A)} \int \varphi^S \mu_A(S) \quad (6)$$

$$\delta_A^V = \int \varphi^{(S-V_A)} \mu_A(S) \quad (7)$$



شکل ۴ - الف) نشان دهنده مجموعه های قطعی^۱ معمول است که رتبه عضویت در خوشه a_1, a_2 در آن یا صفر است یا یک. ب) منطق فازی را بیان می کند که بین دو خوشه همپوشانی وجود دارد (Branth & Mather, 2001).

در عمل میانگین فازی (v_i) و ماتریس کوواریانس فازی (F_i) جهت استفاده در الگوریتم حد اکثر احتمال و برای طبقه i به صورت زیر بیان می شود (Branth & Mather, 2001, 158):

$$v_i = \frac{\sum_j \mu_i(x_j) x_j}{\sum_j \mu_i(x_j)} \quad (8)$$

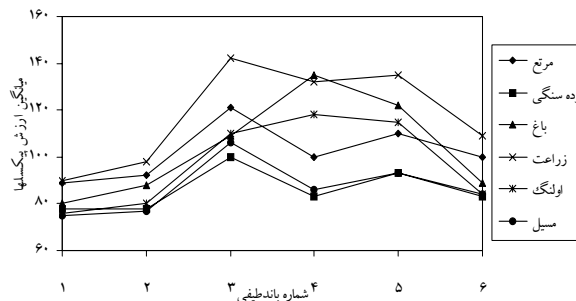
$$F_i = \frac{\sum_j \mu_i(x_j) \cdot (x_j - v_i) \cdot (x_j - v_i)^T}{\sum_j \mu_i(x_j)} \quad (9)$$

که در این فرمولها x_j بردار ارزش پدیده مربوط به پیکسل j می باشد که این میانگین و کوواریانس در نهایت در رابطه با الگوریتم حداکثر احتمال لحاظ می شوند. در نهایت پس از محاسبه ماتریس فاصله برای هر طبقه و با داشتن یک ماتریس وزن و با استفاده از تابع زیر می توان عمل defuzzification یعنی تعلق دادن هر پیکسل به یک طبقه مشخص را انجام داد:

$$T_{[K]} = \sum_{i=0}^d \sum_{j=0}^d \sum_{l=0}^n \frac{W_{ij}}{D_{ijl}[k]} \quad (10)$$

- 2 - Mode
- 3 - Ground Truth
- 4- Error Matrix
- 5 - Kappa Coefficient
- 6 - Producer Accuracy
- 7 - User Accuracy

است که به مناطقی با سطح ایستابی بالا و بوته تک زارهای نی اطلاق می شود.



شکل ۶- نمودار طیفی کلیه باندها برای طبقات نهایی

ارزیابی صحت طبقه‌بندی شده حاکی از پایین بودن صحت کاربر در طبقه توده سنگی است که در روش فازی ۲۲ درصد است. نتایج حاصل از ارزیابی صحت تصاویر طبقه‌بندی شده نشان داد که روش فازی با استفاده از سه لایه در طبقه‌بندی با صحت کلی ۷۵/۱۲ درصد و ضریب کاپای ۶۳ / ۰ دارای بیشترین صحت و پس از آن روش فازی با استفاده از ۲ لایه و حد اکثر احتمال به ترتیب با صحت کلی ۷۳/۱۳ و ۷۲/۳۹ درصد در رتبه های بعدی از نظر صحت قرار می گیرند.

طبقه‌بندی و اطلاعات واقعیت زمینی وجود ندارد، در حالی که ارزش یک معیار کاپا نشان دهنده مطابقت کامل بین اطلاعات حاصل از طبقه‌بندی و اطلاعات واقعیت زمینی است (Mather, 1999, 126).

نتایج

بررسی تفکیک پذیری طبقات کاربری با معیار واگرایی تبدیل شده نشان دهنده تفکیک پذیری پایین طبقه مناطق مسکونی با طبقات دیگر به خصوص اراضی زراعی است به طوری که واگرایی تبدیل شده با استفاده از باندهای ۲ و ۱ بین این طبقات ۱۷۳، با استفاده از باندهای ۵ و ۳ برابر با ۶۷۲ و با استفاده از باندهای ۵ و ۴ برابر با ۷۳۱ می‌باشد. نتایج حاصل از ماتریسهای احتمال در ارزیابی نمونه های تعلیمی نشان داد که صحت کلی در حال استفاده از کلیه باندها و کلیه طبقات کاربری ۶۴ درصد، با استفاده از باندهای ۵، ۴ و ۳ بدست آمده از نتایج واگرایی تبدیل شده ۶۳ درصد و با استفاده از کلیه باندها و با حذف دو طبقه مناطق مسکونی و جاده ۷۷ درصد می‌باشد.

شکل (۶) نمودار طیفی کلیه باندها را برای کلاس نهایی نشان می‌دهد. در شکل کلمه اولنگ نشان داده شده

جدول ۱- نتایج طبقه‌بندی

طبقه‌بندی کننده	صحت کلی (%)	ضریب کاپا	طبقات	صحت تولید کننده (%)	صحت کاربر (%)
حداکثر احتمال	۷۲/۳۹	۰/۵۹	مرتع	۶۷/۹۳	۹۰/۹۶
			زراعت	۸۳/۳۳	۳۴/۰۹
			توده سنگی	۹۲/۸۶	۲۰/۹۷
			باغها	۹۱/۲۵	۹۶/۰۵
			اولنگ	۹۰/۹۱	۷۶/۹۲
			مسیل	۴۵/۲۴	۶۳/۳۳
فازی با استفاده از سه لایه*	۷۵/۱۲	۰/۶۳	مرتع	۷۲/۵۷	۹۱/۴۹
			زراعت	۸۳/۳۳	۳۴/۱
			توده سنگی	۹۲/۸۶	۲۲/۰۳
			باغها	۹۲/۵	۹۷/۳۷
			اولنگ	۹۰/۹۱	۱۰۰
			مسیل	۴۲/۸۶	۷۲
فازی با استفاده از دو لایه**	۷۳/۱۳	۰/۶	مرتع	۶۹/۶۲	۹۱/۱۶
			زراعت	۷۷/۷۸	۳۳/۳۳
			توده سنگی	۹۰	۲۲/۲۲
			باغها	۹۲/۵	۹۴/۸۷
			اولنگ	۸۱/۸۲	۸۱/۸۲
			مسیل	۴۲/۸۶	۶۶/۶۷

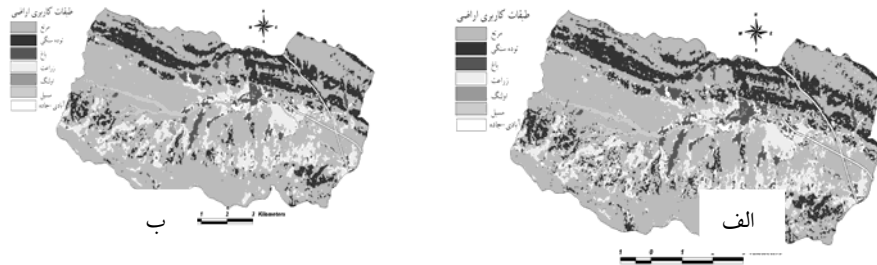
* همان مجموعه هایی که هر یک از پیکسلها می توانند به یکی از این مجموعه ها با درجات عضویت متفاوت تعلق داشته باشند.

مقایسه روشهای فازی و حداکثر احتمال

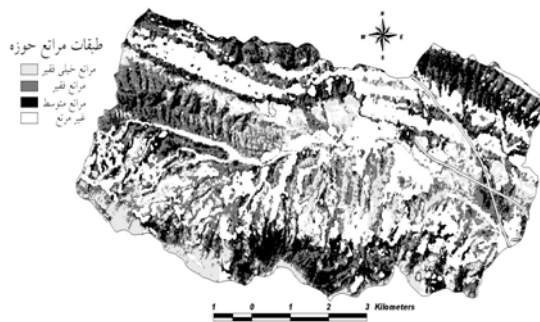
در تهیه لایه کاربری اراضی با کمک داده های ETM⁺

هیستوگرام با توجه به سه طبقه مراتع متوسط، فقیر و خیلی فقیر نشان داده شده است .

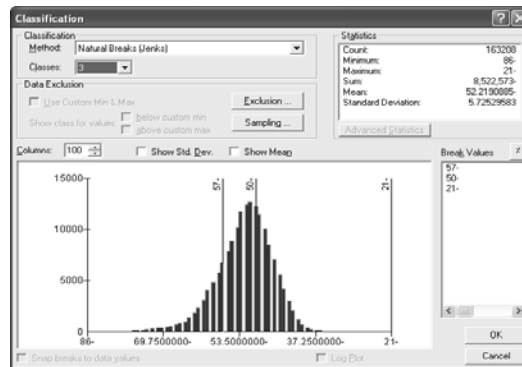
در شکل (۷) نقشه های طبقه بندی با فازی ۳ لایه و با حداکثر احتمال و همچنین در اشکال (۸) و (۹) نقشه وضعیت مراتع حوضه و نمودارهای شکستهای طبیعی



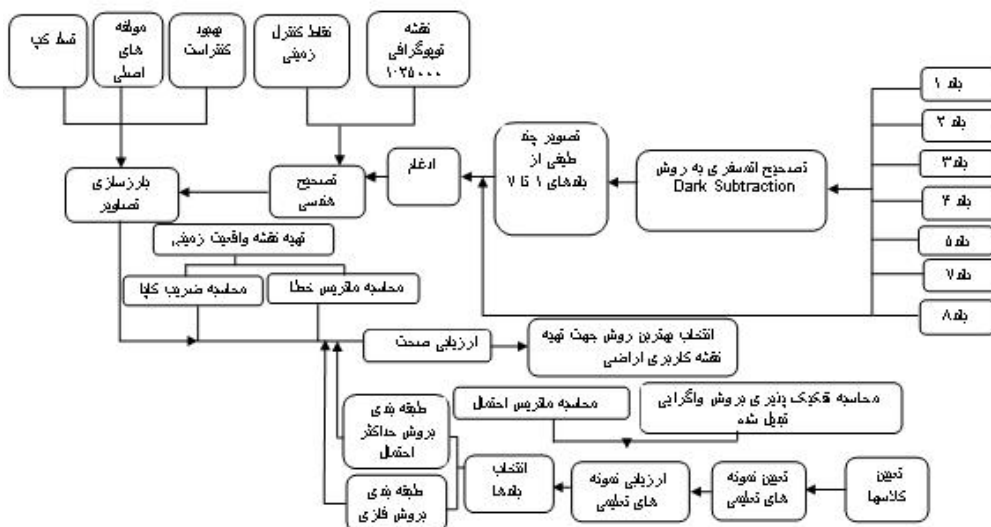
شکل ۷- (الف) نقشه کاربری اراضی با روش حداکثر احتمال
(ب)- نقشه کاربری اراضی با روش فازی



شکل ۸- نقشه وضعیت مراتع حوضه



شکل ۹- نمودار شکستهای طبیعی هیستوگرام



شکل ۱۰- نمودار جریان روش انجام مطالعه

بحث

در انتخاب نمونه های تعلیمی در این بررسی سعی شده است که حد اکثر دقت بعمل آید و بهترین مجموعه نمونه های تعلیمی انتخاب گردد. در این رابطه در نهایت هیستوگرام نمونه های تعلیمی مشاهده و مجموعه نمونه ها اصلاح شدند. واقعیت زمینی نیز در سطح کل منطقه و در پنجاه سایت بصورت تصادفی آماده شد. تطابق هندسی نیز تا دقت مناسب انجام گردید.

یکی از نقاط قوت موجود در این مطالعه همزمانی تاریخ تصویر برداری و تاریخ برداشت اطلاعات زمینی است که می-تواند در دقت طبقه بندی بسیار مفید باشد و یکی از مشکلات موجود در منطقه جهت طبقه بندی، تداخل طبقات زراعت دیم و آبی بود که با توجه به جداول سازمان حفاظت خاک امریکا نیازی به تفکیک این دو طبقه نمی باشد، این دو طبقه با یکدیگر ادغام شده و تحت یک طبقه مورد ارزیابی قرار گرفتند.

نکته دیگری را که می توان به آن اشاره کرد تداخل دو طبقه مناطق مسکونی و به ویژه اراضی زراعی است که این نتیجه با نتایج حاصل از مطالعه علوی پناه و مسعودی در سال ۱۳۸۰ همخوانی دارد. به منظور بر طرف کردن این مشکل طبقه مناطق مسکونی از فرآیند طبقه بندی حذف و جهت وارد کردن این طبقه در نقشه نهایی از نقشه های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه برداری کشور استفاده شد.

همان طور که در جدول (۱) دیده می شود در هر سه روش طبقه بندی، طبقه توده سنگی دارای پایین ترین صحت کاربری می باشد. به عنوان مثال در جدول (۲) کوواریانس بین باندها در نمونه های تعلیمی توده سنگی و باغها آمده است. همان طور که در این جدول مشاهده می شود کوواریانس بین باندها در نمونه تعلیمی باغها در اکثر موارد کمتر از کوواریانس بین باندها در نمونه تعلیمی توده سنگی است که این مورد نیز دال بر تداخل بین باندها در نمونه های تعلیمی مربوط به طبقه توده سنگی می باشد.

جدول ۲- کوواریانس بین باندها در نمونه های تعلیمی توده سنگی و باغ توده سنگی

باند	۱	۲	۳	۴	۵	۷
۱	۱۹/۸۳	۲۳/۶۸	۳۱/۷۲	۲۹/۶۲	۲۹/۸۸	۲۶/۳۸
۲	۲۳/۶۸	۳۲/۲۲	۴۲/۶۹	۳۸/۹۷	۳۹/۴۵	۳۵/۲۱
۳	۳۱/۷۲	۴۲/۶۹	۶۹/۶۴	۵۶/۶۴	۶۰/۹۰	۵۵/۲۸
۴	۲۹/۶۲	۳۸/۹۷	۵۶/۶۴	۵۲/۴۲	۵۴/۲۲	۴۷/۷۴
۵	۲۹/۸۸	۳۹/۴۵	۶۰/۹۰	۵۴/۲۲	۸۵/۶۷	۷۲/۵۹
۷	۲۶/۳۸	۳۵/۲۱	۵۵/۲۸	۴۷/۷۴	۷۲/۵۹	۶۷/۰۶

باغ						
باند	۱	۲	۳	۴	۵	۷
۱	۱۶/۹۲	۲۰/۲۷	۳۵/۶۷	-۳/۲۷	۱۵/۷۶	۱۸/۷۶
۲	۲۰/۲۷	۲۹/۱۲	۴۸/۹۸	۶/۵۲	۲۷/۹۰	۲۷/۹۰
۳	۳۵/۶۷	۴۸/۹۸	۱۰۴/۸۷	-۱۸/۲۳	۴۳/۲۲	۵۶/۵۴
۴	-۳/۲۷	۶/۵۲	-۱۸/۲۳	۱۳۰/۷۶	۴۸/۰۲	۰/۸۹
۵	۱۵/۷۶	۲۷/۹۰	۴۳/۲۲	۴۸/۰۲	۶۸/۸۳	۴۷/۳۸
۷	۱۸/۷۶	۲۷/۹۰	۵۶/۵۴	۰/۸۹	۴۷/۳۸	۵۷/۹۷

خصوص تداخل بین طبقات توده سنگی، اراضی زراعی و مراتع که شکل (۶) نیز موید این نکته است.

Zhang & Foody 2001 از بین دو روش شبکه عصبی مصنوعی و فازی، روش فازی را دارای کارایی بالایی در تهیه نقشه های کاربری اراضی معرفی کردند. Krishna Mohan 2000 نظریه های فازی را جهت تهیه کاربری اراضی بر روی داده های IRS-LA-L2 مورد استفاده قرار داد و توانایی بالای روش فازی را در طبقه بندی تصاویر ماهواره ای جهت تهیه نقشه کاربری مشخص نمود. Tan Li & Farn Chen 2000 و Promcharoen & Rangsanseri 1999 دو روش شبکه عصبی و منطق فازی را برای طبقه بندی تصاویر ماهواره ای بکار بردند و کارایی بالای روش فازی را تأیید نمودند. بنابراین نتیجه این تحقیق موید این مطلب است که روش فازی دارای کارایی بالایی جهت تولید نقشه های کاربری اراضی می باشد.

همچنین با توجه به بازدیدهای صحرائی انجام شده از منطقه و با توجه به نتایج بدست آمده از روش جنکس این روش در طبقه بندی وضعیت مراتع حوضه نتایج

با توجه به تحقیقات Booth and Oldfiel (1989) و Wilson (1992) که از بین سه روش حد اکثر احتمال، حد اقل فاصله از میانگین و روش جعبه ای، روش حد اکثر احتمال را دارای کارایی بیشتری در تهیه نقشه های پوشش اراضی معرفی کرده اند و با توجه به نرمال بودن توزیع داده ها در منطقه مورد مطالعه، روش حداکثر احتمال به عنوان یک طبقه بندی و بعنوان روش طبقه بندی در منطق فازی نیز مورد استفاده قرار گرفت.

همان طور که به عنوان مثال در نمودار فضای پدیده بین باندهای ۳ و ۴ دیده می شود طبقات باغ، اراضی زراعی و مرتع تفکیک پذیری نسبتاً مناسبی را دارا هستند که شکل (۶) نیز موید این نکته است.

با توجه به کم عرض بودن جاده ها و اختلاط آنها با طبقات دیگر بین طبقه نیز از فرآیند طبقه بندی حذف و جهت استخراج این عارضه از نقشه های توپوگرافی ۲۵۰۰۰:۱ استفاده گردید.

استفاده از سه لایه در طبقه بندی کننده فازی توانست صحت کلی و ضریب کاپای بالاتری نسبت به طبقه بندی کننده فازی با دو لایه ایجاد نماید که دلیل آن را می توان تداخل زیاد طبقات در این حوضه آبریز دانست، به

مطلوبی را نیز نشان داده است که تنها بر اساس مشاهدات صحرائی می باشد.

منابع مورد استفاده

- 10- Farn Chen, C. and Tan Li Y. 2000: Supervised Classification of Multi-Temporal Remote Sensing Images. Int: 20th Asian Conference on Remote Sensing, 15-22.
 - 11- Hutchinson, C.F. 1982: Technique for combining landsat and ancillary data for digital classification improvement. Photogrammetric Engineering and Remote sensing, 48(1): 123-130.
 - 12- Krishna Mohan, B., Babu Madhavan B. and Das Gupta U. M. 2000: Integration of IRS-1A- L2 data by fuzzy logic approaches for landuse classification, 21(8):1709-1723.
 - 13- Laba, M., smith S.D. and Degloria S.D. 1997: Landsat based land cover mapping in the Dominican Republic in the Lower Yuna River Watershed in the Dominican Republic. Int. J. Remote sensing, 18(4): 3011-3025.
 - 14- Lambin, E. E., and Strahler A.H. 1994: Indicators of land cover change - vector analysis in Multi-temporal space at coarse spatial scale. Int. J. of Remote sensing, 15, 2099-2119.
 - 15- Mather, P.M. 1999: Computer Processing of Remotely- sensed Images, John Wiley & Sons. New York, 332 p.
 - 16- Melesse, A. M., and Jordan J. D. 2003: Spatially distributed watershed mapping and modeling, Thermal maps and vegetation Indices to enhance land cover and surface microclimate mapping; Part I. Journal of spatial hydrology, 3(2): 325-338.
 - 17- Promcharoen, S. and Rangsanseri Y. 1999: Supervised Classification of Multispectral Satellite Images using Fuzzy Logic and Neural Network.. Int: 21th Asian Confrence on Remote Sensing, 12-17.
 - 18- Stefanov, W.L., Ramsey M.S. and Christensen. P.R. 2001: Monitoring urban land cover change; An expert system approach to land cover classification of semiarid to arid urban centers. Remote sensing of Environment, 77, 173-185.
 - 19- Wilson, J.D. 1992. A comparison of procedures for classifying remotely sensed data using simulated data sets in incorporating autocorrelation between spectral responses. Int. J. Remote Sensing, 13(2): 365-386.
 - 20- Wilson, P.M. 1986: Using landsat data within a geographic information system mapping from modern Imagery. proceeding of a symposium held by commission IV of the International Society for photogrammetry and remote sensing Edin burg, Scotland, 8-12, September, 1986, 491-499.
 - 21- Zhang, J. and Foody. G. M. 2001: Fully-fuzzy supervised classification of sub- urban land cover from remotely sensed imagery: statistical and artificial neural network approaches. Int. J. Remote Sensing, 22(4): 615-628.
- ۱- درویش صفت، ع؛ ۱۳۸۲: ادغام داده های ماهواره ای. کنفرانس ژئوماتیک ۸۱ سازمان نقشه برداری کشور، ۱۳-۱.
 - ۲- علوی پناه، ک؛ مسعودی، م. ۱۳۸۰: تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از داده های رقومی ماهواره لندست TM و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: منطقه موک استان فارس). مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، شماره اول، ۶۵-۷۶.
 - ۳- علیمحمدی، ع؛ نوایی، ا و شیرکوند، م. ۱۳۸۳: بهینه سازی الگوریتم SPARK، برای تهیه نقشه کاربری اراضی از تصاویر ماهواره ای. نقشه برداری، ۱(۶۵): ۱۲-۵.
 - ۴- قیاسی، م؛ ۱۳۷۲: تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از اطلاعات ماهواره ای و GIS منطقه دشت ارومیه و شبه جزیره شاهی. نشریه شماره ۲۵ اداره کل آمار اطلاعات وزرات کشاورزی، ۲۵-۱۴.
 - 5- Alavi Panah, S.k., Goosens R. 1999: The role of TM thermal band in describing the state/stress of remote sensing in Iranian Desert. Proceeding of remote sensing in the 21 century; Economic and environmental applications. 19th EARSeI Symposium, University of Valladolid, Spain, 31 May-2 June, 31-37 p.
 - 6- Booth, D.J., Oldfiel R.B. 1989: A comparison of classification algorithms in terms of speed and accuracy after the application of a post classification modal filter. Int. Journal of Remote sensing, 10(7): 1271-1276.
 - 7- Brandt, T. and Mather P.M. 2001: Classification methods for remotely sensed data. Taylor & Francis, London and newyork, 210 p.
 - 8- ENVI, 2003, ENVI User's Guide, Research Systems, Inc, 1084 p.
 - 9- ERDAS, 1999, ERDAS Filed Guide, Fifth Edition, ERDAS®, Inc, 698 p.

نشانه ها

$P(A)$	تابع چگالی احتمال A	D_{ij}	واگرایی نمونه های تعلیمی i و j
H_A	تابع عضویت	c_i	ماتریس کواریانس نمونه های تعلیمی i
μ_A	تابع عضویت فازی	μ_i	بردار میانگین نمونه های تعلیمی i
v_i	میانگین فازی	tr	تابع اثر (مجموع عناصر روی قطر ماتریس)
F_i	واریانس فازی	T	تراسپوز
K	ضریب کاپا	D	فاصله وزنی
W_{ij}	ماتریس وزن	C	کلاس مورد نظر
$T_{[k]}$	فاصله وزنی کلاس k	M_c	بردار میانگین نمونه تعلیمی برای طبقه C
U_j	بردار ارزش تبدیل شده پیکسل باند j	a_c	احتمال تعلق پیکسل مورد نظر به طبقه C
GVF	بهترین برازش واریانس	COV_c	ماتریس کوواریانس نمونه تعلیمی طبقه C
		$ COV_c $	دترمینان کوواریانس C
		COV_c^{-1}	معکوس ماتریس کوواریانس C

The comparison of fuzzy and maximum likelihood methods in preparing of land use layer using ETM+ data (case study: kameh watershed)

A. Akbarpour¹, M. B. Sharifi² and H. Memarian Khalilabad³

1- Ph.D Student of Civil Engineering

2- Assistant professor faculty of Engineering Ferdowsi university of Mashhad

3- MS.C of Desert regions management

Abstract

Land cover information can be used in hydrologic modeling to estimate the value of surface roughness or friction. The objective of this work is comparison of two different methods to provide land cover maps using Landsat images to estimate surface roughness in the manning equation and curve number (CN) in SCS method in the Kameh watershed located in the North of Torbat Heydarieh. At the first, Radiometric and Geometric correction performed on ETM+ data. Then with field surveying, The land cover classes were defined and training areas were selected. All of the bands with the exception of band 6 were used in classification. Because of low accuracy of village and road classes, These classes were removed from classification process and for entering these classes in the final map, information from the other layers of GIS system were applied. Results of this work show that in the fuzzy method using 3 layers in classification, The overall accuracy is 75.12% and kappa Index is 0.63.

While those of fuzzy method using 2 layers in classification and maximum likelihood method are (73.3%, 0.6) and (72.39%, 0.59) respectively. Therefore the fuzzy method using 3 layers in classification is recommended.

Key words: GIS, Land cover, ETM+ data, Fuzzy, Maximum likelihood, Surface roughness