

## مدیریت حوزه های آبخیز با استفاده از GIS و RS

(مطالعه موردی، حوزه آبخیز سفیدرود)

### گلاره غفاری

عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنندج

[Ghaffari58@yahoo.com](mailto:Ghaffari58@yahoo.com)

### چکیده

خصوصیات مورفومتری حوزه های آبخیز از جمله مهمترین عواملی هستند که در محاسبه بسیاری از پارامترهای هیدرولوژیک، مدیریت حوزه آبخیز و برنامه ریزی های زیست محیطی نقش قابل توجهی ایفا می نمایند. در حال حاضر این خصوصیات با استفاده از نقشه های توپوگرافی موجود استخراج می گردد که دارای دو مشکل قدیمی بودن و نداشتن دقت کافی در نمایش آبراهه های درجه ۱ و ۲ می باشند. در این تحقیق سعی گردید ضمن ارائه روشی جدید با استفاده از تکنیک های سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و سنجش از دور (RS) این اشکالات مرتفع گشته و خصوصیات شبکه زهکشی حوزه بزرگ سفیدرود در استان کردستان با دقت بالا و به صورت اتوماتیک استخراج گردد. بدین منظور در اولین گام از تحقیق رقوم ماهواره ای (ETM<sup>+</sup>) حوزه از سازمان مربوطه خریداری شده و در نرم افزارهای RS مانند Erdas 8.3.1 و Global Mapper مورد پردازش و رفع نواقص قرار گرفت. در مرحله بعد این رقوم با فرمت مناسب به نرم افزار ArcView وارد گردیده و جهت بالا بردن وضوح، TIN و Grid و سپس مجدداً DEM حوزه تهیه گردید. با نصب اکستنشن HEC-GeoHMS بر روی نرم افزار ArcView و استفاده از قابلیت های این الحاقیه هیدرولوژیک، شبکه زهکشی و مرز تقسیم آب کل حوزه با دقت بالا استخراج گردید و نهایتاً با تعریف پروژه های جدید برای هر آبراهه اصلی تعداد زیادی از مشخصات حوضه ها و آبراهه ها به صورت کمی استخراج و امکان استخراج خصوصیات مورفومتری تمامی حوضه ها و حتی آبراهه های درجه ۱ فراهم گردید. از سوی دیگر با رقومی کردن آبراهه های قابل تشخیص بر روی نقشه های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ موجود، تطابق و یا تفاوت های بین شبکه های زهکشی تهیه شده مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که با توجه به قابلیت و دقت زیاد تکنیک های به کار رفته، امکان شبیه سازی و استخراج خصوصیات جدید ژئومتری حوضه ها و آبراهه های حوضه با دقت فراوان فراهم گردیده است.

**کلمات کلیدی:** GIS، حوزه های آبخیز، شبکه زهکشی، HEC-GeoHMS

## ۱- مقدمه

یکی از مهمترین خصوصیات مورفومتری هر حوزه آبخیزی شبکه زهکشی حوضه می باشد که نتیجه عمل آب های سطحی و برآیندی از خصوصیات سنگ شناسی، توپوگرافی، پوشش گیاهی و اقلیم یک حوضه می باشد. از سویی اجرای هر گونه طرح مدیریتی و توسعه ای در حوضه، مانند کنترل و پیش بینی سیلاب، ساماندهی رودخانه ها و مسیل ها و...، مستلزم وجود آمار و اطلاعات کافی و دقیق از حوضه و شبکه زهکشی آن به ویژه رودخانه ها و مسیل ها کوچک می باشد (۴). حوضه سفیدرود یکی از بزرگترین و پرآب ترین حوزه های آبخیز کشور می باشد که به دلیل شرایط خاص منطقه ای، مانند وجود سازند های مارنی، خاکستر های آتشفشانی، کاربری نادرست اراضی و... یکی از مشکلدارترین حوزه های آبخیز کشور از نظر فرسایش و رسوب به ویژه فرسایش رودخانه ای به شمار می رود (۶). با توجه به این که اجرای هر گونه طرح حفاظتی در این حوضه نیاز به دید سیستمی جامع و کامل دارد و از سویی نیز بررسی کل شبکه زهکشی حوضه سفیدرود به صورت دستی و با استفاده از نقشه های توپوگرافی موجود، (به دلیل کوچک مقیاس بودن نقشه های توپوگرافی و وسعت زیاد حوضه) در عمل مشکل و حتی غیر ممکن می نماید از این رو نیاز به استفاده از تکنیکهای جدیدی مانند GIS و RS، در این حوضه و سایر حوضه های بزرگ کشور به خوبی مشهود و قابل توجه می باشد.

در این تحقیق سعی بر این است که با توجه به اهمیت مطالب فوق الذکر و با توجه به این مطالب که: الف) تمامی نقشه های توپوگرافی کشور با توجه به سری عکس های هوایی سال ۱۹۵۴ آمریکا تهیه گردیده و با گذشت ۵۰ سال از عمر آنها و پویا بودن شبکه زهکشی، این نقشه ها به خوبی نمی توانند معرف خصوصیات جدید حوضه های کشور باشند و ب- امکان تهیه خصوصیات فیزیوگرافی زیر حوضه های کوچک که غالباً اهمیت زیادی در تولید رسوب و رواناب کل حوضه داشته و نیازمند مدیریت توجه ویژه می باشند، با استفاده از نقشه های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰ موجود میسر نمی باشد، خصوصیات ژئومتری و شبکه زهکشی یکی از مهمترین حوزه های آبخیز کشور و استان کردستان (حوضه سفیدرود) با استفاده از رقوم ماهواره ای و قابلیت نرم افزارهای GIS و RS ای مورد بررسی قرار گیرد. بدون شک اطلاعات کمی به دست آمده از این تحقیق میتواند تا حد بسیار زیادی مدیران و محققان کشور و استان را در مدیریت و حفاظت و بهره برداری بهتر از منابع آبی این حوضه یاری رساند.

در این تحقیق اهدافی زیر دنبال می شود: الف) معرفی و پیشنهاد روشی جدید و توانا که در آن با استفاده از تلفیق نرم افزارهای ArcView GIS، RS ای و مدل HEC-GeoHMS، جدیدترین و دقیق ترین خصوصیات مورفومتری حوضه سفیدرود مورد بررسی قرار گرفته و محدودیت مربوط به نقشه های توپوگرافی و کارهای زمان بر دستی، مرتفع می گردد. ب) با استفاده از اطلاعات کمی به دست آمده از این تحقیق به ویژه تعیین دقیق مساحت زیر حوضه ها و طول و شیب آبراهه های حوضه و ... امکان انجام مطالعات ژئومورفولوژی، هیدرولوژی (بارش-رواناب، روندیابی رودخانه و...)، فرسایش و رسوب و ساماندهی رودخانه، (به ویژه در زیرحوضه هایی که عمدتاً به دلیل عدم وجود ایستگاه و آمار با مشکلات عدیده ای مواجه بوده و باید از روابط تجربی جهت تعیین دبی استفاده نمود) فراهم و تسهیل می گردد. مشیرزاده (۱۳۷۰)، رابطه بین ژئومورفولوژی، شبکه هیدروگرافی و فرسایش را در حوضه هلیل رود مورد

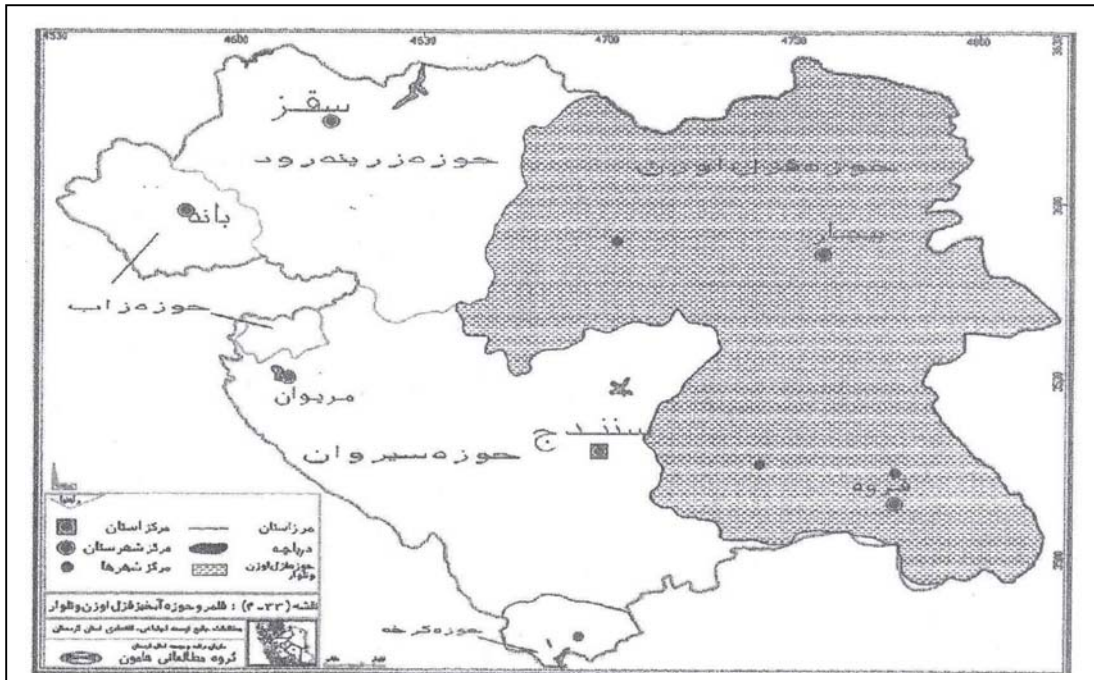
مطالعه قرار داده و با استفاده از نقشه های توپوگرافی و بازدیدهای صحرایی، نقشه های هیپسوتری، جهت، سنگ شناسی و ژئومورفولوژی را در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ تهیه و در نهایت بیان نمود که رابطه نزدیکی بین واحدهای ژئومورفولوژی و شبکه هیدروگرافی و فرسایش وجود دارد (۵). طباطبایی و قدوسی (۱۳۸۱)، روشی جدید جهت ترسیم خودکار شبکه آبراهه ها با استفاده از GIS در حوزه آبخیز امامه ارائه نموده و بیان نمودند که یکی از مشکلات عمده در استفاده از شبکه های آبراهه ای نقشه های توپوگرافی موجود این است که شبکه آبراهه های در این نقشه ها به خوبی با DEM استخراج شده از خود نقشه ها و مطالعات میدانی مطابقت نشده و در نتیجه تحقیقات هیدرولوژیکی را با خطا های فراوان مواجه می نماید (۳). Daniel (۲۰۰۳)، جهت طراحی ژئومورفولوژی و کاربری اراضی بهینه در حوضه داندا با استفاده از GIS، تصاویر ماهواره ای و نقشه های توپوگرافی، خصوصیات ژئومورفولوژی کمی حوضه را مشخص و قابلیت اراضی موجود را با استفاده از رقوم ماهواره ای طبقه بندی و سپس با ارائه سناریوها و مدیریت های مناسب در بخش کشاورزی و آبخیزداری بهترین کاربری و مدیریت را جهت کاهش خطرات محیطی پیشنهاد نمود (۹). Melesse (۲۰۰۷)، در تحقیق خود با استفاده از تکنیک های RS و GIS به بررسی خصوصیات شبکه زهکشی و هیدرولوژیکی حوضه پرداخته و نهایتاً پس از بررسی رابطه بین خصوصیات مورفومتری و هیدرولوژیکی، اقدام به انتخاب مهمترین خصوصیات مورفومتری حوضه نمود که بیشترین تاثیر را بر روی هیدرولوژی حوضه دارد (۱۱). Barenhard (۲۰۰۸)، در مقاله خود از تکنیک GIS جهت استخراج نیمه اتوماتیک خصوصیات عناصر شکل زمین بر اساس خصوصیات توپوگرافی استخراج شده از DEM پرداخت و در این طبقه بندی خصوصیات سطح زمین را به عوارضی مانند کوهستان، پلایا، دره ها و سرایشی ها تقسیم نمود (۸).

## ۲- مواد و روش ها

### ۲-۱- مواد

#### ۲-۱-۱- خصوصیات حوضه سفیدرود

حوضه سفیدرود استان کردستان در طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۲۰ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۱۶ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه تا ۳۶ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی واقع شده و رودخانه قزل اوزن یکی از طولانی ترین رودخانه های این حوضه است که از کوه های کردستان سرچشمه می گیرد و پس از پیوستن به شاهرود به دریای خزر می ریزد. این رودخانه یکی از شاخه های اصلی سفید رود است و از ارتفاعات چهل چشمه، هزار کانیان و از چشمه های شرقی رشته کوه های زاگرس در جنوب و غرب حومه شهر دیواندره سرچشمه می گیرد. این رودخانه در هنگام ورود به استان زنجان به رودخانه شاهرود در منطقه لوشان ملحق می گردد و تبدیل به سفید رود می شود و به دریای خزر می ریزد (۲). حوزه آبخیز سفیدرود با مساحت حدود ۱۳۴۵۰ کیلومتر مربع (در ایستگاه هشتاد جفت) حدود یک میلیارد متر مکعب آب های سطحی استان را دریافت می کند. رودخانه های مهمی مانند قزل اوزن، تلوار، شور، اوزن دره در این حوضه قرار گرفته اند شکل (۱).



شکل (۱) موقعیت حوزه سفیدرود در استان کردستان

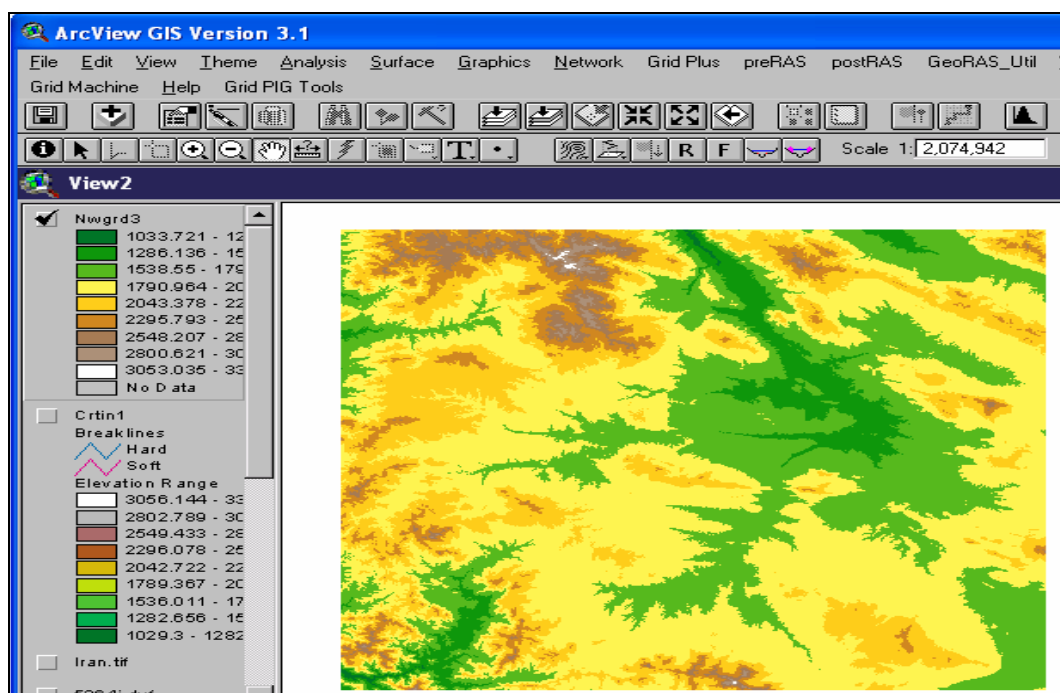
## ۲-۲- روش تحقیق

در مرحله اول به بررسی نتایج پژوهش‌ها و مطالعات انجام شده پرداخته شد که این مرحله شامل جمع‌آوری اطلاعات و مستندات علمی مستخرج از مقالات در ارتباط مستقیم یا غیرمستقیم با موضوع تحقیق جهت انجام مطالعات و بررسی‌های پایه و تفصیلی بوده است.

مرحله دوم شامل انجام مطالعات و بررسی‌های شناسایی و تفصیلی جهت آشنایی با خصوصیات حوضه مورد نظر و انتخاب بهترین تصویر ماهواره‌ای و نقشه‌های توپوگرافی با توجه به هدف تحقیق است. با توجه به این که حوضه سفیدرود استان کردستان (قرل اوزن) بین ۳ بلوک (هر کدام با مقیاس ۱/۲۵۰۰۰۰) از تقسیمات تصاویر ماهواره‌ای ایران قرار گرفته است. بدین منظور جهت انجام تحقیق ۳ بلوک از تصاویر ماهواره‌ای  $ETM^+$  مربوط به سنندج، کبودر آهنگ و شاهین دژ از سازمان نقشه برداری کشور خریداری و علاوه بر این از تصاویر **SRTM** نیز جهت تکمیل بخشهای ناقص استفاده گردید.

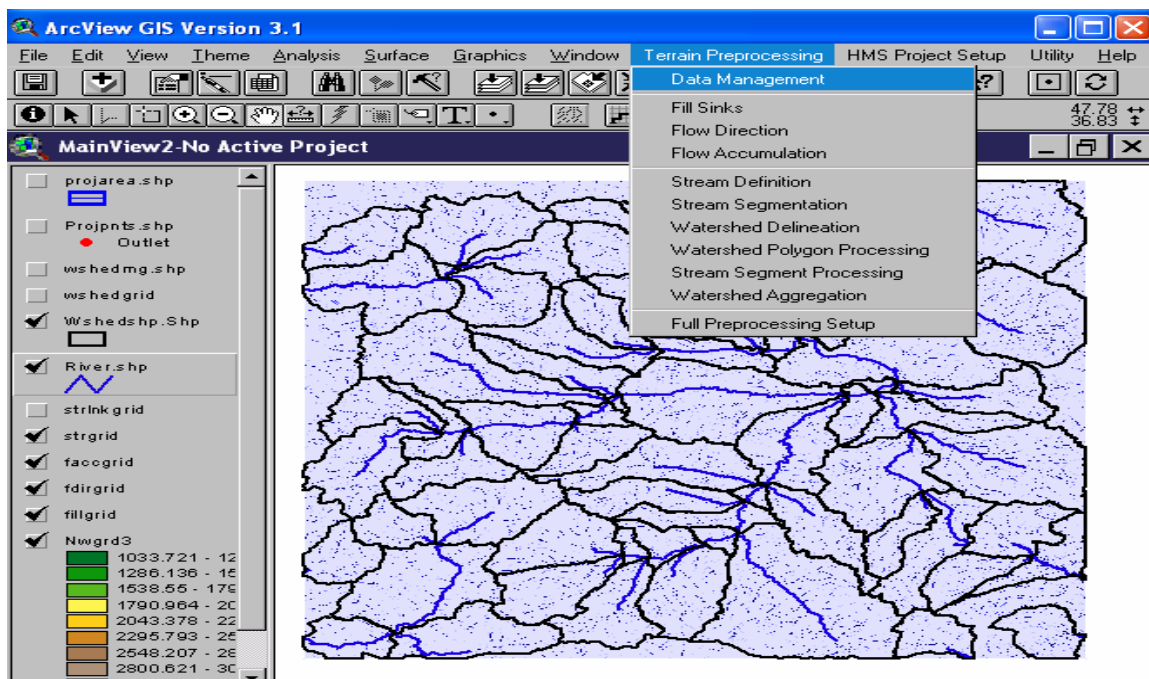
مرحله سوم: بررسی و تجزیه و تحلیل اطلاعات است که مشتمل بر استفاده از اطلاعات و منابع حاصل از انجام مراحل اول و دوم همراه با تجزیه و تحلیل اطلاعات به دست آمده از این مراحل است. که بدین منظور از نرم افزارهای **RS** و **GIS** ای مانند **Global Mapper**, **Erdas 8.3.1**, **NV4.2** و **ILWIS** جهت تبدیل فرمت تصاویر و رفع نواقصی استفاده گردید. در گام بعدی با استفاده از قابلیت‌های جدید آخرین نسخه نرم افزار **NV4.2** اقدام به ساختن **DEM** گردیده و بعد از چند بار تغییر فرمت در این نرم افزار و نرم افزار **Global Mapper** با فرمت مناسب به نرم افزار **ArcView** منتقل گردید. در (شکل ۲) **DEM** باز شده در محیط **Global Mapper** مشاهده می‌گردد. **DEM** باز شده در محیط **Global Mapper** با فرمت مناسب به **ArcView** ارسال گردیده و سپس جهت بالا بردن رزولوشن

(وضوح) نقشه ها، TIN (شبکه نامنظم مثلثی) استخراج و مجدد تبدیل به Grid با وضوح بالا گردید شکل (۳). ساخت این شبکه با توجه به وسعت زیاد حوضه یکی از مهمترین و طولانی ترین بخشهای این گام از تحقیق می باشد. سپس اقدام به دانلود و نصب اکستنشن هیدرولوژیکی HEC-GeoHMS بر روی نرم افزار ArcView و استفاده از قابلیت های این الحاقیه گردید



شکل (۳) ساخت DEM با وضوح بیشتر در ArcView

بعد از طی این مراحل با استفاده از مدل HEC-GeoHM اقدام به اجرای گزینه های مختلف مدل و تهیه لایه های مختلف اطلاعاتی گردید این مدل از روش الگاریتم D8 و Filling جهت پر کردن چاله ها استفاده می کند و چاله یا Sink سلولی از DEM است که ارتفاع آن از ۸ سلول اطراف خود کمتر باشد. با اجرای هر گزینه لایه ای به پنجره مدل اضافه می گردد (۱۰). اولین لایه های استخراج شده از حوضه سفیدرود به قرار زیر می باشد: لایه پر شدن سلول های چاله (رستر)، لایه جهت جریان، لایه تجمعی جریان، لایه تعیین آبراهه، لایه تقسیم بندی آبراهه ها، لایه محدود کننده حوضه های آبخیز، لایه پردازشگر پلی گون های حوضه آبخیز، لایه پردازشگر تقسیمات آبراهه ها، لایه تجمعی حوضه های آبخیز، شکل (۴).

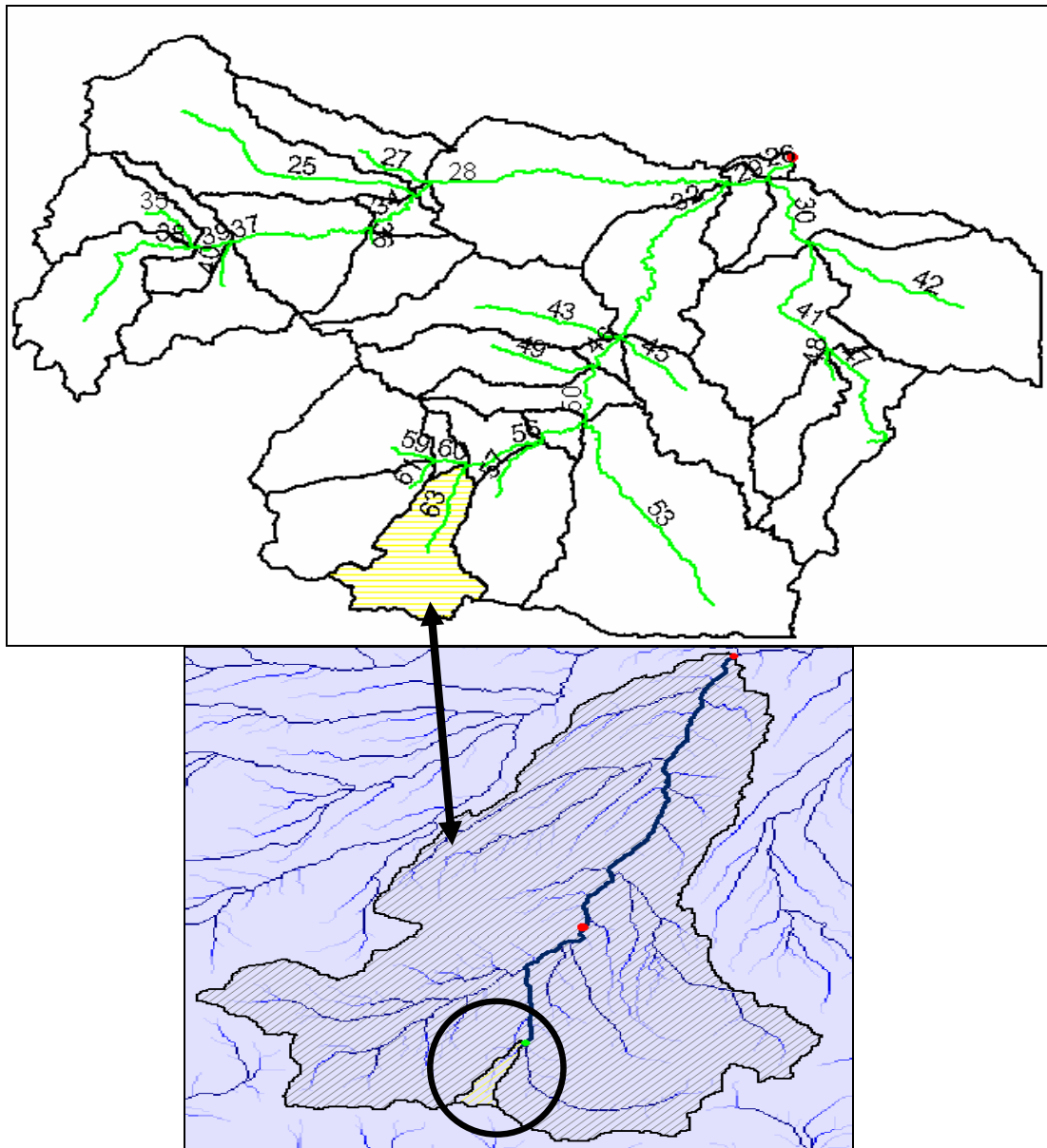


شکل ۴) نمایش گزینه های مختلف اولین منو از مدل HEC-GeoHM و لایه های استخراج شده

جهت استخراج خصوصیات کمی حوزه آبخیز باید برای هر حوضه و یا آبراهه مورد نظر با تعیین نقطه خروجی (Outlet) یک پروژه جداگانه تعریف نمود که این مرحله توسط منوی دوم از پنجره قابل اجرا است. پس از طی مراحل فوق هر پروژه تعریف شده به صورت اتوماتیک به پنجره دیگری از اکستنشن هیدرولوژیکی HEC-GeoHMS به نام Projview وارد شده و مرحله تجزیه و تحلیل کمی حوضه های آبخیز آغاز میگردد در این مرحله است که اطلاعات کمی کاملی از تمامی آبراهه ها اصلی و زیر حوضه ها (مانند مساحت، محیط و شیب حوضه ها، طول، شیب و فاصله از مرکز هر آبراهه) تهیه و در فایل های جداگانه ای جهت ارائه گزارشات نهایی نگهداری میگردد. در بخشی دیگر از این تحقیق جهت بررسی دقت و صحت تحقیق انجام شده، اقدام به مقایسه شبکه زهکشی تعدادی از نقشه های توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰ رقومی (۱۳۸۲) با شبکه آبراهه به دست آمده از تصاویر ماهواره ای گردید.

### ۳- نتایج

نتایج این تحقیق نشان می دهد که با استفاده از روش ذکر شده امکان استخراج خصوصیات مورفومتری حوضه های آبخیز با دقت بسیار بالایی فراهم گشته به نحوی که در خروجی هر آبراهه، حتی آبراهه های درجه ۱ نیز می توان با تعریف نقطه خروجی (Outlet) و در مرحله بعد با اجرای گزینه های مربوطه به منوی Basin Characteristics، از پنجره ProjView خصوصیات آبراهه ها و حوضه ها را به صورت کمی در جداول جداگانه ای ذخیره نمود که این خصوصیات عبارتند از: محیط و مساحت و مختصات حوضه، طول آبراهه اصلی، شیب حوضه، ارتفاع در بالادست و پایین دست آبراهه، ارتفاع در نقطه ثقل حوضه، طولانی ترین مسیر آبراهه از خروجی تا دورترین نقطه بر روی مرز حوضه، طول مسیر آبراهه از خروجی تا نقطه ثقل، شیب آبراهه بین طول ۱۰٪ و ۸۰٪، شیب آبراهه از نقطه شروع تا پایان و پروفیل طولی آبراهه اصلی. شکل ۵ حوضه بندی یکی از آبراهه های درجه ۱ رودخانه قزل اوزن را نشان میدهد.



شکل ۵) حوضه بندی یکی از آبراهه های درجه ۱ رودخانه قزل اوزن

جدول ۱) خصوصیات کمی استخراج شده از آبراهه درجه یک مربوط به شکل ۵

ردیف	نام رودخانه	نام حوضه آبریز	کد ایستگاه هیدرومتری در نقشه GIS	عرض جغرافیایی ایستگاه	طول جغرافیایی ایستگاه	ارتفاع متوسط کل مساحت بالا دست حوضه (m <sup>2</sup> )	ارتفاع متوسط حوضه (m)	محیط حوضه (متر)	طول آبراهه اصلی (Km)	شیب آبراهه اصلی (m/m)
1	قزل اوزن	سفید رود	Jan-63	47.434	35.107	474.24	1945.9	569.43	1.12	0.0056

ض مستطیل بعادل (متر)	طول مستطیل معادل (متر)	ضریب گراوینوس	رتفاع متوسط شیب آبراهه از حوضه (متر)	شیب آبراهه از % و %	طول مسیر آبراهه تا نقطه نقشه (Km)	طولانی ترین مسیر آبراهه (Km)	تفاه در نقطه نقل حوضه	ارتفاع در بین دست آبراهه و دست آبراهه اصلی	ارتفاع در شیب آبراهه اصلی (m/m)
7	14135	70130	14987	0.0156	0.0163	1.23	1.56	1556	1695

این اطلاعات تنها مربوط به یک آبراهه درجه یک می باشد که بر روی نقشه ای توپوگرافی موجود به هیچ عنوان قابل روئیت نیست. برای هر آبراهه فرعی و اصلی دیگری نیز به همین ترتیب می توان اطلاعات را استخراج نمود.

#### ۴ - بحث و نتیجه گیری

نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان داد که با استفاده از این روش و بدون استفاده از امکانات کارتوگرافی و صرف وقت و هزینه زیاد امکان مطالعه و مدیریت حوضه بزرگ سفید رود (استان کردستان) به مساحت ۱۳۴۵۰ کیلومتر مربع به راحتی و با دقت بسیار زیادی فراهم گردیده است.

همچنین با توجه به خصوصیات کمی به دست آمده از این تحقیق امکان محاسبه بسیاری از پارامترهای هیدرولوژیکی حوضه به راحتی فراهم میگردد که از جمله این پارامترها می توان به زمان تمرکز، زمان تاخیر، دبی پیک سیلابی، حجم آبدهی سالانه و هیدروگراف واحد مصنوعی حوضه اشاره نمود.

با توجه به اینکه ایستگاه های هیدرومتری در بسیاری از حوضه های آبخیز ایران فقط بر روی رودخانه های اصلی و بزرگ نصب شده اند و گاهاً آمار این ایستگاه ها کافی و یا قابل اعتماد و نمی باشند، از این رو در بسیاری از حوضه های ایران، به خصوص در مطالعات مربوط به مهندسی رودخانه و تحیین حریم دشتهای سیلابی که با حوضه های کوچک مربوط به آبراههای فرعی سر و کار دارند، نیاز به استفاده از روابط تجربی مبتنی بر مساحت حوضه است که این امکان به دلیل مشخص نبودن آبراهه های کوچک با استفاده از نقشه های توپوگرافی کاغذی موجود و میسر نمی باشد، از این رو امروزه با گسترش علوم و تکنیک های جدید، استخراج دقیق و کامل خصوصیات ژئومتری و شبکه زهکشی حوضه های آبخیز کشور از روش فوق الذکر یا روشهای مشابه از اهمیت خاصی برخوردار است.

در بخشی دیگر از این تحقیق اقدام به مقایسه شبکه زهکشی تعدادی از نقشه های توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰ رقومی (۱۳۸۲) با شبکه آبراهه به دست آمده از تصاویر ماهواره ای (۲۰۰۲) گردید. که در مقیاسی به این بزرگی نیاز به تعداد زیادی نقشه ۱/۲۵۰۰۰ می باشد که علاوه بر هزینه بردار بودن این کار، اتصال و مطالعه این نقشه ها جهت مطالعه دقیق حوضه های بزرگ بسیار مشکل بوده و DEM حاصل از این نقشه ها با شبکه آبراههای موجود بر روی این نقشه ها همخوانی ندارد. نتایج بررسی و تطابق شبکه آبراهه ای موجود بر روی نقشه های توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰ با شبکه آبراهه به دست آمده از تصاویر ماهواره ای نشان داد که این دو شبکه آبراهه ای در آبراهه های رده بالا (آبراهه های اصلی) تا حدود زیادی با یکدیگر تطابق دارند با این تفاوت که شبکه آبراهه ای به دست آمده از تصاویر ماهواره ای، پیچ و خم و انحنای بیشتری را در برخی از آبراهه های اصلی نشان میدهد که نشان دهنده دقت در روش کار شده می باشد. از سوی دیگر در آبراهه های درجه ۱ و ۲ نیز این انطباق تا حدود زیادی مشهود است اما آنچه که محققان را جهت استفاده از این نقشه ها با مشکل مواجه نموده است، ناقص بودن این آبراهه ها و گم شدن مسیر جریان است که این مشکل در روش پیشنهاد شده به خوبی مرتفع گردیده است. در نهایت پیشنهاد می گردد اطلاعات و نتایج به دست آمده از این تحقیق در اختیار مدیران و بهره برداران منابع آب استان و کشور قرار گرفته و در سایر حوضه ها نیز از این روش جهت استخراج خصوصیات ژئومتری و شبکه زهکشی حوضه های آبخیز کشور استفاده گردد.



## منابع

- ۱- آب منطقه ای گیلان، مرکز تحقیقات آب، سال ۱۳۷۹، ساماندهی رودخانه سفیدرود، مطالعات پایه، زمین شناسی.
- ۲- آب منطقه ای گیلان، مرکز تحقیقات آب، سال ۱۳۷۹، ساماندهی رودخانه سفیدرود، مطالعات پایه، هیدرولوژی.
- ۳- طباطبایی، م. و ج. قدوسی. ۱۳۸۴. روشی برای ترسیم خودکار شبکه آبراهه در حوزه های آبخیز(حوزه امامه) با استفاده از GIS. پژوهش و سازندگی، شماره ۶۷. صفحه ۶۵.
- ۴- علیزاده، امین. ۱۳۷۴، ۱۳۶۸ و ۱۳۷۸. اصول هیدرولوژی کاربردی. انتشارات آستان قدس رضوی. ۶۳۴ صفحه.
- ۵- مشیرزاده، م. ۱۳۷۰. تاثیر خصوصیات ژئومورفولوژی حوضه برهیدروگراف سیل در حوضه هلیل رود، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده منابع طبیعی تهران. ۱۲۵ صفحه.
- ۶- مرکز تحقیقات آب وابسته به وزارت نیرو، سال ۱۳۸۰، ساماندهی رودخانه سفیدرود، جمع بندی مطالعات و ارائه گزینه های ساماندهی،
- ۷- یمانی، م و م. عنایتی، ۱۳۸۴. ارتباط بین ویژگی های مورفولوژیک حوضه و قابلیت سیلخیزی، مجله پژوهشهای جغرافیایی تهران، شماره ۵۴، ص ۴۷-۵۷
- 8- Barenhard A. (2008). Geomorphometric landscape analysis using a semi-automated GIS-approach, *Environmental Modelling & Software* Volume 23 , Issue 1 (January 2008)
- 9-Daniela, P. Fabio, R., Claudia, D. 2003. Use of Satellait Imagery for DEM Extraction, Lanscape Modeling and GIS Application. Institute of Geodesy and Photogrammetry. *water Rsources Rsearch*, 22(1), 15-24.
- 10- Hydrology Enginnering Center, 2002. User's Manual of HEC-GeoHMS.
- 11- Melesse, A. 2007. DEM –RS- GIS Based Strom Runoff Hydrology. *journal of Environmental Hydrology*. Volume 12