

## قابلیت‌های برنامه *HEC-GeoHMS* در استخراج پارامترهای مهم حوزه آبخیز

### مطالعه موردی حوزه گرگانرود، استان گلستان

چکیده

خصوصیات فیزیوگرافی یک حوزه آبخیز به مجموعه‌ای از پارامترها که مقادیر آنها برای حوضه مورد نظر نسبتاً ثابت بوده و نمایانگر وضعیت و خصوصیات کلی حوضه می‌باشد اطلاق می‌شود این خصوصیات نه تنها به طور مستقیم بر مشخصات هیدرولوژیکی حوضه، نظیر دبی سالیانه، حجم سیلاب‌ها، شدت فرسایش خاک و رسوب تولیدی اثر می‌گذارد بلکه به طور غیرمستقیم بر آب و هوا وضعیت اکولوژی و پوشش گیاهی حوضه نیز اثر دارند. اگرچه استخراج خصوصیات فیزیوگرافی یک حوضه به روش‌های مختلف امکان‌پذیر است ولی انجام محاسبات به روش‌های دستی و با کمک ابزارهای محاسباتی متداول رایانه‌ای همواره از زمان‌برترین و پرهزینه‌ترین بخشهای مطالعات است در سال‌های اخیر همراه شدن سیستم اطلاعات جغرافیایی با نرم‌افزارهای هیدرولوژی بر سرعت مطالعات افزوده است به علاوه استفاده از داده‌های سنجش از دور و مدل رقومی ارتفاع رادار علاوه بر دقت بالاتر امکان استخراج سریعتر این خصوصیات را فراهم نموده است. در این تحقیق با استفاده از داده‌های ارتفاع سنجش از دور و برنامه‌ی *HEC-GeoHMS* در محیط *GIS* خصوصیات فیزیوگرافی حوضه گرگانرود استخراج و نتایج آن با محاسبات دستی معمول مقایسه شده است.

واژه‌های کلیدی: *HEC-GEOHMS*، شاخص فیزیوگرافی، حوضه گرگانرود، سنجش از دور

## ۱- مقدمه

سامانه اطلاعات جغرافیایی عبارت است از یک مجموعه رایانه ای ویژه که قابلیت جمع آوری، ذخیره سازی، مدیریت، بازیابی، تغییر، تحلیل، مدلسازی و نمایش اطلاعات مکانی و غیرمکانی را دارا می باشد. استفاده از GIS در پروژه های مختلف نقش مهمی را به عنوان یک ابزار مدرن در استخراج مشخصات زیربنایی، تحلیل و تجسم داده های توپوگرافی و زمانی، خاک، کاربری اراضی، پوشش گیاهی و غیره و به ویژه مدل حوضه حاصل از پایگاه داده ها با استفاده از الحاقیه های موجود ایفا می کند ضمن اینکه سرعت و دقت پردازش اطلاعات به دست آمده نیز زیاد خواهد شد (سلاجقه و همکاران، ۱۳۹۱).

اتصال مدل های ریاضی هیدرولوژیکی و هیدرولیکی به سیستم GIS اهمیت ویژه ای دارد و کار ساده ای نیست. سیستم اطلاعات جغرافیایی بستری برای ذخیره و نگه داری، مدیریت و تجزیه و تحلیل اطلاعات جغرافیایی می باشد و امکان استخراج خصوصیات مورفومتری و کارتوگرافی حوضه های بزرگ را با سهولت و سرعت بیشتری میسر می نماید. استخراج شاخص های فیزیوگرافی، جهت کاربرد در مدل های هیدرولوژیک از مدل رقومی ارتفاعی (DEM)، در GIS به عنوان یک روش بادوام نسبت به روش های مساحی قدیمی و ارزیابی دستی نقشه های توپوگرافیک شناخته می شود. در این زمینه او کالگان و مارک و جنسون و دومینیکو، روش هایی را جهت استخراج دقیق شاخص های هیدرولوژیکی با استفاده از DEM توسعه دادند (وانتایر و همکاران، ۱۹۹۳).

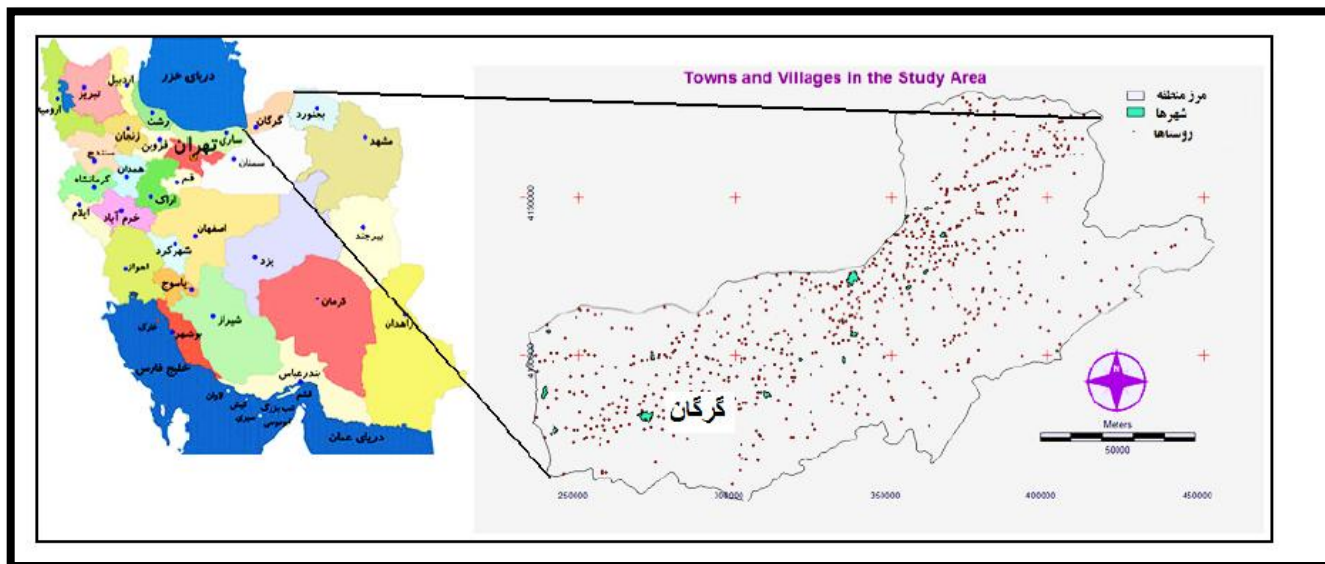
HEC-GEOHMS یکی از الحاقیه های نرم افزار ARC GIS است که توسط مرکز مهندسی ارتش ایالات متحده آمریکا تولید شده است. این الحاقیه قادر به آنالیز داده های رقومی ارتفاعی، برآورد خصوصیات فیزیوگرافی حوضه آبخیز، ترسیم مسیرهای زهکشی و مرز حوضه بر اساس پاسخ هیدرولوژیکی حوضه آبخیز به بارندگی می باشد. بسته نرم افزاری HEC-GEOHMS علاوه بر استخراج خصوصیات فیزیوگرافی یک حوضه، قادر به ساختن فایل ورودی نرم افزار HEC-HMS برای استفاده در مدلسازی های هیدرولوژیکی می باشد. هدف از انجام این تحقیق محاسبه برخی از شاخص های فیزیوگرافی حوضه آبخیز گرگانرود واقع در استان گلستان با استفاده از الحاقیه HEC-GEOHMS می باشد.

## ۲- مواد و روش ها

### ۲-۱- منطقه مورد مطالعه

کل مساحت حوضه رودخانه گرگانرود ۱۰۱۹۷۰۰ هکتار است. ۴۱٪ آن را مناطق جنگلی به مساحت ۴۱۸۰۷۷ هکتار، ۲۰٪ مراتع به مساحت ۲۰۳۹۴۰ هکتار و ۳۹٪ آن را اراضی زراعی به مساحت ۳۹۷۶۸۳ هکتار تشکیل می‌دهد. در حوضه‌ی این رودخانه همه ساله انواع محصولات زراعی کشت و برداشت می‌شود. بنابراین یکی از مناطق بسیار مهم مصرف انواع سموم دفع آفات نباتی و کودهای شیمیایی است. در واقع یکی از بزرگترین مسایل محیط زیستی در بخش کشاورزی در ارتباط با رودخانه گرگانرود مصرف زیاد سموم و کودهای شیمیایی است. رودخانه مذکور با طول حدود ۳۰۰ کیلومتر و با حوضه آبریز حدود ۱۰۲۵۰ کیلومتر مربع با طول جغرافیایی ۲' ۵۴° تا ۲۲' ۵۶° و عرض جغرافیایی ۲۲' ۳۶° تا ۴۷' ۳۷° شمالی همان طور که در شکل ۱ مشاهده می‌کنید، در استان گلستان واقع شده است و از ارتفاعات گلی داغ، پارک ملی گلستان، سرچشمه گرفته و پس از گذشتن از گنبد کاووس و آق قلا در غرب خواجه نفس به دریای خزر می‌ریزد. این رودخانه در قسمت جنوب شرقی دریای خزر واقع شده است و جهت جریان آب رودخانه از شرق به غرب است. اغلب انشعابات آن از رشته کوه البرز و از جنوب به شمال جریان دارند. از جمله رودخانه‌های آن می‌توان به رودهای مادرسو، زرین گل، تیل آباد و چهل چای اشاره نمود. ریزش بارش‌های شدید در زمان‌های کوتاه و تخریب پوشش گیاهی در بسیاری از مناطق باعث شستشوی زیاد خاک‌های منطقه و افزایش گل‌آلودگی آب در دوره‌های خاصی از سال می‌شود. آب این رودخانه‌ها از به هم پیوستن چشمه‌های مختلف که اغلب آن‌ها دارای دمای نسبتاً بالایی (۱۹-۱۴ درجه سانتی‌گراد) هستند سرچشمه می‌گیرد و بیشتر آن‌ها در مناطق کم ارتفاع و جلگه‌ای در جریان هستند. اختلاف ارتفاع بین بستر رودخانه و دیوارهای اطراف آن در محدوده سد وشمگیر نزدیک به ۱۶ متر و کمترین مقدار، نزدیک مصب رودخانه حدود ۴ متر است. بر روی این رودخانه در محل سنگرسوار، سد وشمگیر احداث شده است. فاصله سد از طریق جاده آسفالت تا گرگان حدود ۶۰ کیلومتر و تا مصب رودخانه ۷۰ کیلومتر است. این سد در سال ۱۳۵۲ آبیگری شده است و از نوع خاکی است. طول تاج آن ۴۳۰ متر و حداکثر ارتفاع آن از پی ۲۰ متر است. مساحت اصلی آن ۱۰ کیلومتر مربع و گنجایش آن ۵۰ میلیون متر مکعب برآورد شده است. جهت آشنایی با منطقه می‌توان گفت دشت گرگان در استان گلستان دارای آب و هوای معتدل و کمی مرطوب است، زمستان‌های ملایم و تابستان‌های نسبتاً گرم دارد. تشکیلات زمین‌شناسی منطقه مربوط به دوران اول تا چهارم می‌باشد. میزان بارندگی در مناطق مختلف متفاوت است. در قسمت‌های فوقانی رودخانه در مناطق جنگلی نزدیک به ۱۰۰۰ میلی‌متر، در مناطق میان بند ۶۰۰ میلی‌متر و در مناطق

دشتی به ۲۵۰-۳۰۰ میلی متر می رسد. با توجه به اهمیت رودخانه گرگانرود در برداشت این حوضه جهت مطالعه استفاده شده است . در ذیل نگاهی به منطقه مورد مطالعه خواهیم داشت.



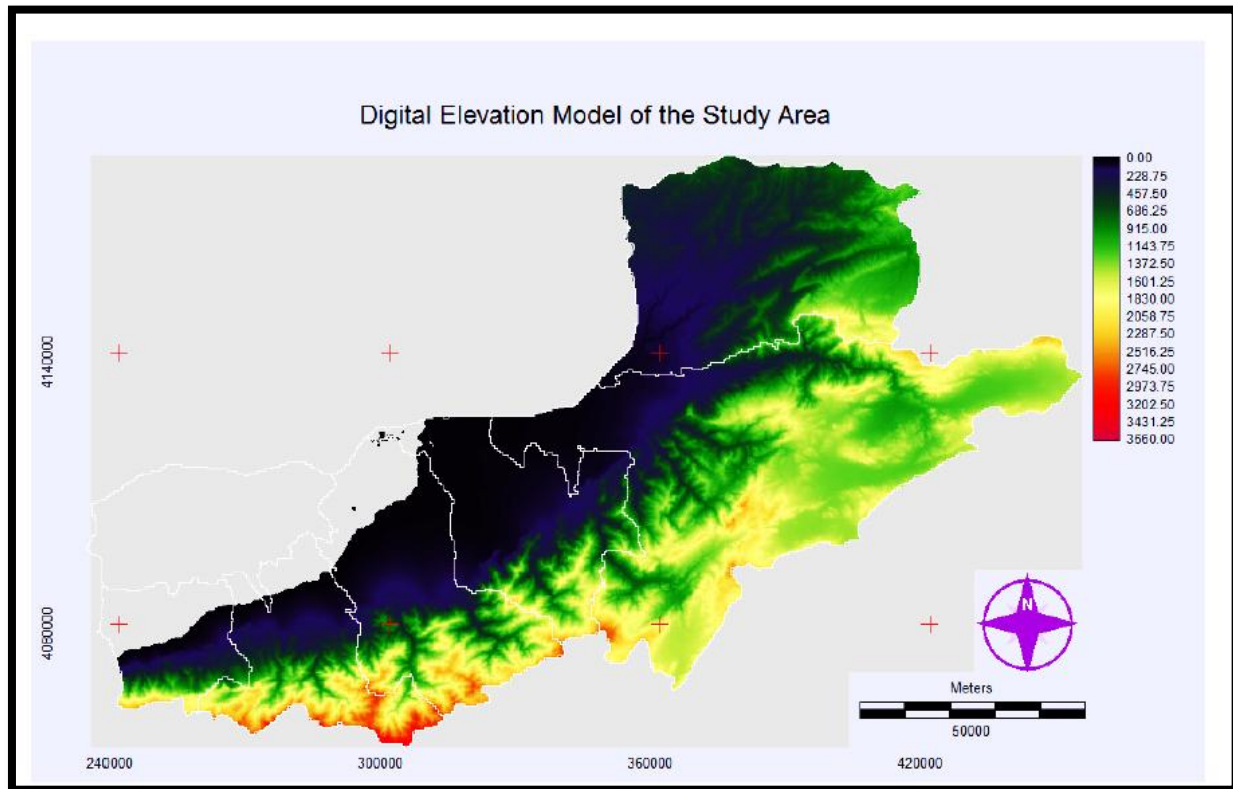
شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

## ۲-۲- محاسبه برخی از شاخص‌های فیزیوگرافی حوضه آبخیز گرگانرود

### ۲-۲-۱- تهیه مدل رقومی ارتفاع

مدل رقومی ارتفاع (DEM) یکی از عناصر اصلی برای شبیه سازی در مدل های هیدرولوژی متکی بر GIS است. و بویژه دقت مدل های رقومی ارتفاع یا نقشه توپوگرافی منطقه یکی از عوامل بسیار مهم در مطالعات فیزیوگرافی می باشد. در این مطالعه از نقشه های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح برای تهیه مدل رقومی ارتفاع با ابعاد سلولی ۲۰ متر استفاده شده است . که با استفاده از خطوط کنتور با استفاده از الگوریتم (Contour خطی) DEM مورد نظر ایجاد گردید . بعد از تهیه DEM مراحل اولیه بهینه سازی شامل Smoothing و Filling Sinks با استفاده از نرم افزارهای GIS و GeoHMS انجام شد و تصحیحات لازم بر روی DEM اعمال و خطاهای

موجود در مدل رقومی ارتفاعی (نظیر فرورفتگی ها) در مدل رقومی حذف گردید. نهایتاً DEM بهینه سازی شده که اصطلاحاً HydroDEM یا AgreeDEM گفته می‌شود، در استخراج مرزهای حوضه و پارامترهای آن استفاده شد.



شکل ۲- HydroDEM مورد استفاده در مدل سازی حوضه ی گرگانرود

پروژه را در یک دایرکتوری جدید خالی ذخیره می‌کنیم. هیچ پوشه دیگری از ArcMAP نباید در آن ذخیره باشد.

### ۲-۲-۲- اجرای فرمان Fill Sinks

چنانچه پیرامون سلولی راه سلول‌های با رقوم ارتفاعی بالاتر احاطه کنند، آب در آن سلول به تله می افتد و قادر به جریان نخواهد بود.

فرمان Fill Sinks پرکننده گودی‌ها در الیه رستری DEM و برطرف کننده این مشکل است.

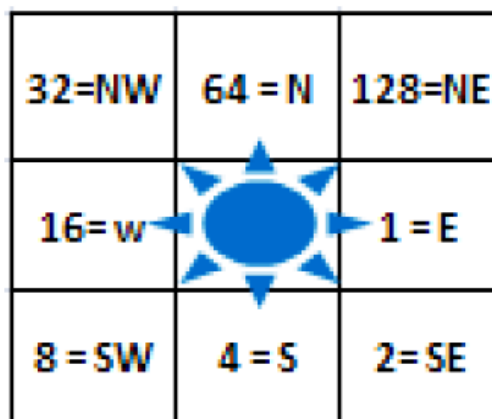
Terrain Preprocessing > Fill Sinks

## ۲-۲-۳- جهت جریان با اجرای فرمان Flow Direction

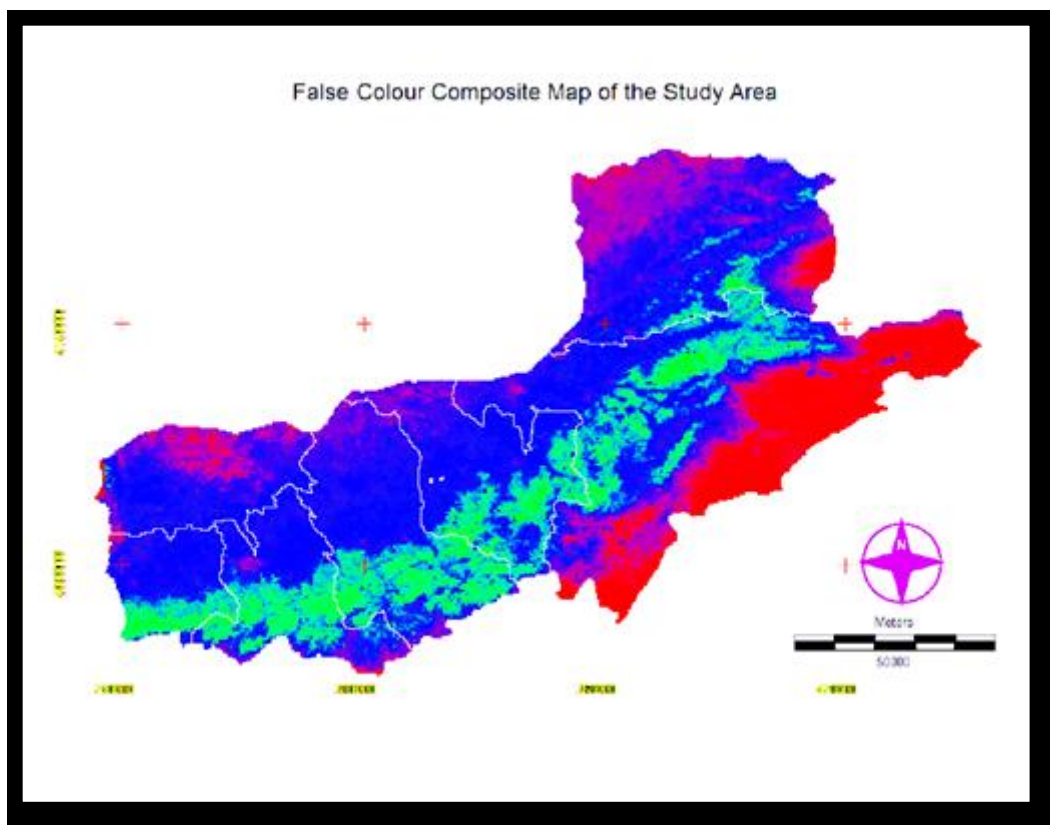
مفهوم جهت جریان (Flow Direction) اولین بار توسط اوکلاگان و مارک (۱۹۸۴) بکار گرفته شد، و بعداً توسط جانسون و دومینیک (۱۹۸۸) برای تعیین مرز حوضه و شبکه آبراهه از یک مدل رستری استفاده شده است. شکل ۳ نحوه کدگذاری جهت جریان با توجه به جهت‌های جغرافیایی نشان داده شده است. شکل ۴ جهات جریان در حوضه گرگانرود را نشان می‌دهد.

با اجرای این فرمان، جهت جریان شبیه سازی می شود. خروجی حاصل از اجرای این فرمان، لایه ای رستری است که ارزش هر یک از سلول‌های آن به تصویر کشنده جهت جریان در آن سلول است.

Terrain Preprocessing > Flow Direction



شکل ۳- کد گذاری جهات 9 گانه



شکل ۴- پهنه بندی جهت جریان در حوضه گرگانرود

#### ۲-۲-۴- جریان تجمعی با اجرای فرمان Flow Accumulation

مقادیر جهت جریان به صورت تجمعی در هر پیکسل به صورت برگشتی محاسبه می شود و تحت عنوان Flow Accumulation در نرم افزار ذخیره میگردد (ساینگ و فورنتینو، ۱۹۹۶). با استفاده از نقشه جهت جریان و به کار گیری برنامه HEC-GeoHMS می توان نقشه جریان تجمعی را استخراج کرد (شکل ۵).

با اجرای فرمان Flow Accumulation، جریان تجمعی محاسبه می گردد. خروجی حاصل از اجرای این فرمان، لایه ای رستری است که ارزش هر یک از سلول های آن به تصویر کشنده تعداد تجمعی سلول های سراب (بالادست) مشارکت کننده در رخداد جریان آن سلول می - باشد. (تصویر زوم شده پیکسلها را بهتر نشان میدهد)

Terrain Preprocessing > Flow Accumulation

## ۲-۲-۵- شبکه آبراهه

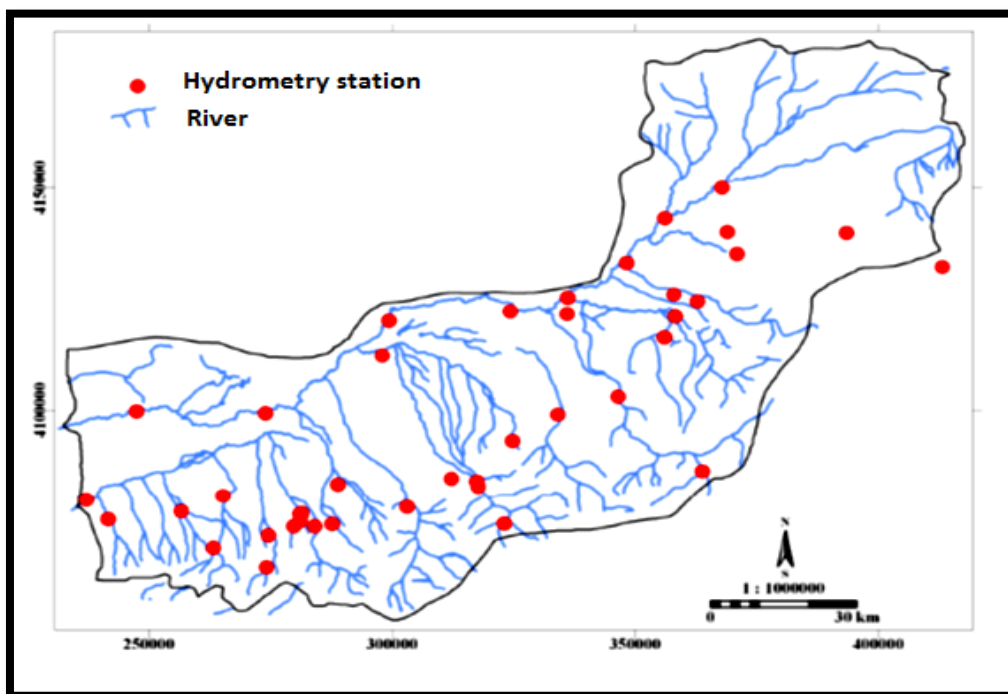
برای تعیین خودکار شبکه آبراهه ها در حوزه آبخیز یک عدد آستانه وجود دارد، که با معرفی عدد آستانه کلیه سلول هایی که مقادیر آنها در نقشه تجمع جریان بزرگتر از عدد آستانه باشد به عنوان شبکه رودخانه در نظر گرفته می شوند. هر چه عدد آستانه کوچکتر باشد، تراکم شبکه رودخانه ای بیشتر خواهد بود. تعیین عدد آستانه برای استخراج راج شبکه آبراهه ها به قدرت تفکیک مدل رقومی ارتفاعی، اطمینان از انطباق آنها با محیط طبیعی حوضه و بالاخره به میزان نقشی که تعداد آبراهه ها در مطالعه مورد نظر بستگی دارد. بعنوان مثال هر چه شبکه زهکشی متراکم تر و تعداد آبراهه ها بیشتر باشد حوضه را می توان به زی حوضه های کوچکتر تقسیم کرد (تاربتون، ۱۹۹۷). بنابراین با توجه به نقشه تجمع جریان و عدد آستانه شبکه آبراهه ترسیم می شود و در نتیجه حوضه اصلی بر همین اساس به تعداد ۱۰ زیر حوضه تقسیم شد. پس از ایجاد زیر حوضه ها، طولانی ترین مسیر جریان مربوط به هر زیر حوضه محاسبه و مرکز ثقل هر زیر حوضه تعیین شد. در نهایت شاخص های فیزیوگرافی و هیدروگرافی تمام زیر حوضه ها نظیر مساحت، محیط، شیب و ارتفاع زیر حوضه ها، طول و شیب آبراهه اصلی و فاصله مرکز ثقل حوضه تا آبراهه اصلی محاسبه و استخراج گردید.

## ۳- نتایج

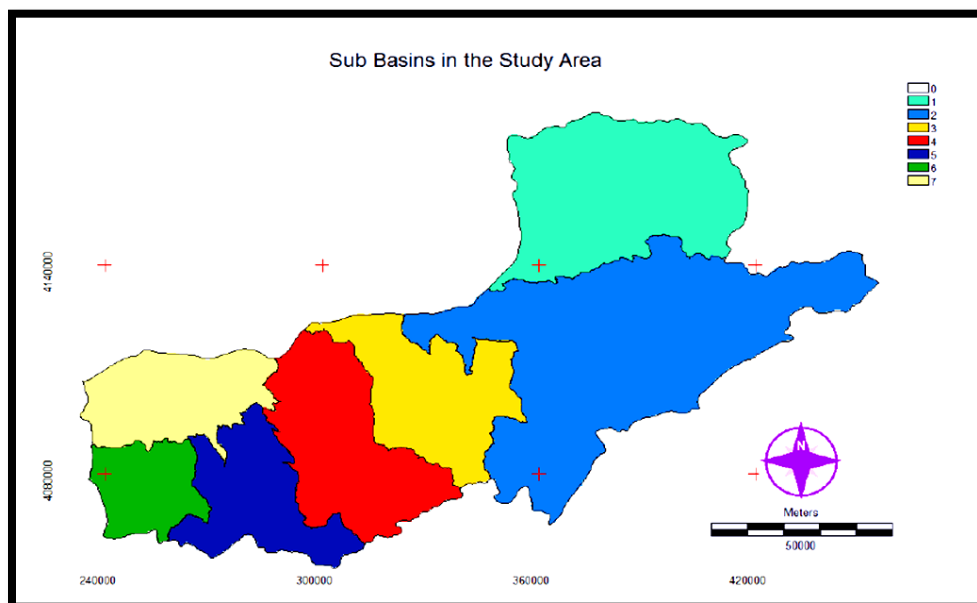
مدل نمایشی ساده ای از یک سیستم پیچیده است که تعدادی از مشخصه های آن را شبیه سازی می کند. مدل های هیدرولوژی ابزاری مهم در مطالعه اقلیم و فرآیندهای هیدرولوژیکی حوضه ها هستند مدل های هیدرولوژیکی باید قادر به شبیه سازی دقیق فرآیندهای هیدرولوژیکی سطح زمین به منظور بهبود مدیریت منابع آب باشند. استفاده از مدل های هیدرولوژیکی برای پیش بینی ها زمانی جلوه می کند که داده های هیدرولوژیکی ناکافی باشند حتی اگر آمار ثبت شده در یک منطقه بیش از حد معمول طویل باشد باز هم اطلاعات کافی در باره اهمیت متغیرهای هیدرولوژیکی را در بر نخواهد داشت، زیرا آمار ثبت شده مجموعه کاملی از داده ها مورد نظر نخواهد بود. به عبارت دیگر در برگیرنده وقایع حداکثر و حداقل یا رفتار متغیرهای هیدرولوژیکی در دوره زمانی طولانی نخواهد بود.



در ذیل، نتیجه برآوردهای انجام شده در شکل شماره (۵) و جدول شماره (۱) ارائه شده است.



شکل ۵- نقشه شبکه زهکشی و پراکنش ایستگاه های هیدرومتری



شکل ۶- نقشه زیر حوضه ها استفاده از برنامه الحاقیه HEC-GEOHMS

جدول ۱- مشخصات فیزیوگرافی زیر حوضه های منطقه مورد مطالعه

نام زیر حوضه	مساحت Km2	محیط km	شیب متوسط %	طول آبراهه اصلی km	ارتفاع مرکز ثقل m	شیب آبراهه %	M ارتفاع حوضه			M ارتفاع آبراهه		
							ارتفاع حداقل	ارتفاع حداکثر	اختلاف	ارتفاع حداقل	ارتفاع حداکثر	اختلاف
S1	1/92	0/07	19/12	0/55	1410	0/099	1407	1500	93	1407	1461	54
S2	30/04	17/76	19/75	10/43	1562	0/072	1410	2163	753	1412	2163	751
S3	12/20	3/73	14/48	4/31	1483	0/041	1411	1601	190	1412	1590	178
S4	17/88	5/61	35/49	6/23	1719	0/110	1485	2192	707	1498	2182	648
S5	20/20	9/64	24/89	6/63	1670	0/056	1487	1923	436	1487	1859	372
S6	13/68	5/41	43/18	4/92	1830	0/115	1641	2219	578	1637	2203	566
S7	16/12	5/05	41/13	6/15	1914	0/074	1729	2197	468	1728	2182	454

جدول ۲- شاخص های فیزیوگرافی زیر حوضه های منطقه مورد مطالعه

نام زیر حوضه	ضریب فشردگی (CC)	مستطیل معادل		شکل حوضه طبق (CC)	ضریب کشیدگی حوضه (BE)	زمان تمرکز		تراکم زهکشی km/km2	ضریب فرم حوضه (FF)	شکل حوضه طبق (FF)
		عرض	طول			برانس و ویلیامز (ساعت)	کریچ (دقیقه)			
S1	12/2	89/0	07/0	کشیده	۵۳	16	08/0	38/8	۱۶	کشیده
S2	01/2	73/13	29/1	کشیده	۴۶	68/5	11/1	15/1	۲۰	کشیده
S3	78/1	41/5	69/0	کشیده	۵۱	24/2	68	11/1	۱۴	کشیده
S4	13/2	26/8	68/0	کشیده	۴۳	78/2	63	69	۲۲	کشیده
S5	83/1	03/9	07/1	کشیده	۵۳	57/3	81	91	۲۲	کشیده
S6	66/1	93/5	91/0	کشیده	۵۳	17/2	52	22/1	۱۳	خیلی کشیده
S7	78/1	41/5	69/0	کشیده	۵۱	24/2	68	11/1	۱۴	کشیده

#### ۴- بحث و نتیجه گیری

در این مطالعه کارایی برنامه جانبی HEC-GEOHMS در استخراج شاخص های فیزیوگرافی حوزه آبخیز گرگانرود، مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاکی از عملکرد بالای این الحاقیه در بر آورد پارامترهای فیزیوگرافی حوضه های آبریز و همچنین سرعت بالا در استخراج مرز حوضه و زیرحوضه و همچنین مسیر آبراهه های اصلی و فرعی در مقایسه با روش های مرسوم و قدیمی (روش های آنالوگ و دستی) است (مدماینت، ۱۹۹۲). ضمناً انجام کلیه محاسبات در این محیط نرم افزاری بسیار دقیق و سریع انجام گردیده و ارزیابی، کنترل نتایج و نگهداری، بایگانی و متصل نمودن آن به سایر نرم افزارهای مورد استفاده در محاسبات هیدرولوژیکی و هیدرولیکی ساده تر انجام می گیرد.

## ۵- منابع

۱. کاربرد سامانه اطلاعات جغرافیایی در مطالعات فیزیوگرافی و توپوگرافی، علی سلاجقه، امین صالح پورجم، یحیی روستایی، محمد علی فتاحی اردکانی، معصومه غریب، محسن میرزایی، انتشارات زانیس، چاپ اول، ۱۳۹۱.
2. De Vantier, B.A., and Feldman, A.D. (1993). "Review of GIS applications hydrologic modeling." *J. Water Resource Planning and Management*, 119(2), 246-261.
3. HEC-HMS, (2005). *Hydrologic modeling system, User's manual*, U.S. Army Corp of Engineers, Hydrologic Eng., Davis, Calif.
4. Singh, V.P., and Fiorentino, M. (1996). "Geographical information system in hydrology." Singh, V.P., and Fiorentino, M., chief editors, *Proc., Hydrologic Modeling with GIS*, Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
5. Maidment, D.R. (1992). *Grid-based computation of runoff: A preliminary assessment*, Report to U.S. Army Corp of Engineers, HEC, Under Contract DACW05-92-P-1983.
6. Maidment, D.R. (1993). "Developing a spatially distributed unit hydrology using GIS." *Proc., HydroGIS 93*, Vienna, 181-192.
7. HEC-GEOHMS, (2003). *An extension for support of HEC-HMS using ArcView, User's manual*, U.S. Army Corp of Engineers, Hydrologic Eng., Davis, Calif.
8. Tarboton, D.C. (1997). "A new method for determination of flow directions and upslope area in grid digital elevation models." *J. Water Resource Research*, 33(2), 309-319.