دانشکده معدن، نفت و ژئوفیزیک

گروه اکتشاف (معدن)

پایان نامه کارشناسی ارشد

تهیه نقشه پتانسیل مطلوب منابع آب زیرزمینی حوزه آبریز بسطام

در محیط GIS

علیرضا ملکیان

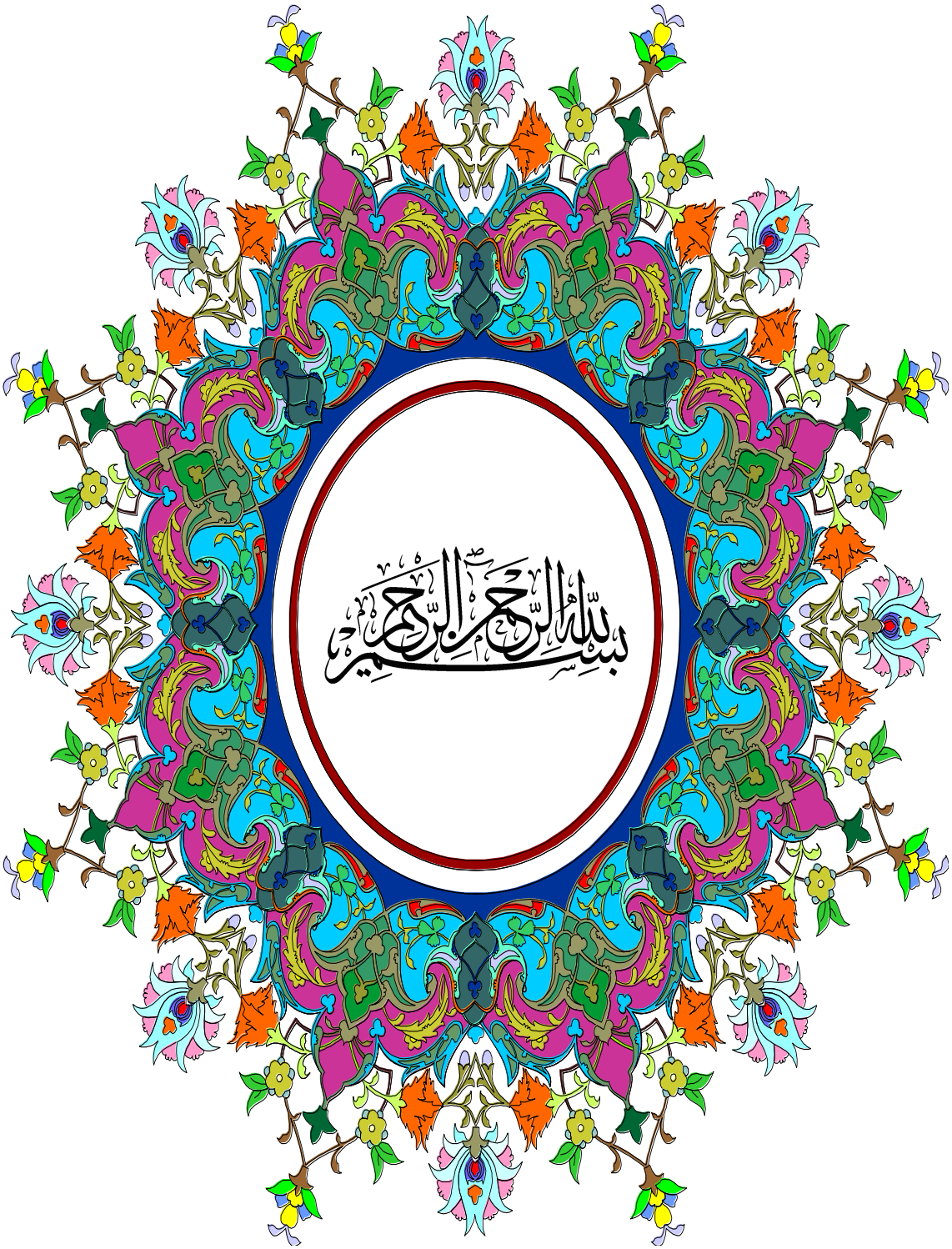
استاد راهنما:

دکتر حمید آقاجانی

استاد مشاور:

دکتر پرویز ضیائیان

شهریور ماه ۱۳۹۱


بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده معدن، نفت و ژئوفیزیک

گروه اکتشاف

تهیه نقشه پتانسیل مطلوب منابع آب زیرزمینی

حوزه آبریز بسطام در محیط GIS

علیرضا ملکیان

استاد راهنما:

دکتر حمید آقاجانی

استاد مشاور:

دکتر پرویز ضیائیان

پایان‌نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

شهریور ماه ۱۳۹۱

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده : مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک

گروه : اکتشاف معدن، نفت و ژئوفیزیک

پایان نامه کارشناسی ارشد آقای علیرضا ملکیان

تحت عنوان: تهیه نقشه پتانسیل مطلوب منابع آب زیرزمینی حوزه آبریز بسطام در محیط GIS

در تاریخ ../../۱۳۹۰ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مورد ارزیابی و با درجه ..... مورد پذیرش قرار گرفت.

اساتید راهنما	امضاء	اساتید مشاور	امضاء
نام و نام خانوادگی : **دکتر حمید آقاجانی**		نام و نام خانوادگی : **دکتر پرویز ضیائیان**	
نام و نام خانوادگی :		نام و نام خانوادگی :	

اساتید داور	امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء
نام و نام خانوادگی : **دکتر علیرضا عرب امیری**		نام و نام خانوادگی : **دکتر آرزو عابدی**	
نام و نام خانوادگی : **دکتر منصور ضیائی**			

تقدیم به:

تک گل زندگیم، همسرم

تقدیر و تشکر

منت خدای را عزّ و جلّ که طاعتش موجب قربت است و به شکر اندرش مزید نعمت...

سعدی

شایسته است که از زحمات کلیه کسانی که در به ثمر رسیدن این مجموعه مرا یاری نموده اند تشکر نمایم. از استاد راهنما، آقای دکتر حمید آقاجانی که با دقت و وسواس گونه خویش در طول دوره کارشناسی ارشد و به ویژه در مراحل پایانی کار از راهنمایی های ارزنده ایشان بهره برده ام، صمیمانه سپاسگزارم.

همچنین از استاد مشاور محترم، آقای دکتر پرویز ضیائیان از دانشگاه تربیت معلم کرج که مرا از کمک های بی دریغ خویش در طول این مدت محروم نساخت، صمیمانه و خالصانه سپاسگزارم.

از خدای متعال آرزوی سلامتی و بهروزی برای این دو عزیز را خواستارم.

از اساتید داور جناب دکتر عرب امیری، جناب دکتر ضیائی، نماینده محترم تحصیلات تکمیلی خانم دکتر عابدی

به جهت مطالعه این پایان نامه و ارائه نظرات ارزشمندشان سپاسگزارم.

همچنین از دیگر دوستانی که از طریق ایمیل یا به صورت حضوری از نظرات آنها استفاده کرده ام سپاسگزارم:

- سازمان آب منطقه ای استان سمنان
- اداره هواشناسی شهرستان شاهرود
- اداره آب شهرستان شاهرود

از کلیه اساتید و کارکنان محترم دانشکده معدن، نفت و ژئوفیزیک دانشگاه صنعتی شاهرود به ویژه آقای دکتر رضا قوامی به لحاظ فراهم آوردن محیط مناسب در جایگاه مدیریت گروه اکتشاف، بهترین دوست و همکلاسی خودم آقای مهندس محمد رضایی تشکر و قدردانی می گردد.

علیرضا ملکیان- شهریور ماه ۱۳۹۱

تعهد نامه

اینجانب **علیرضا ملکیان** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته **معدن** دانشکده **معدن، نفت و ژئوفیزیک** دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه **تهیه نقشه پتانسیل مطلوب منابع آب زیرزمینی حوزه آبریز بسطام در محیط GIS** تحت راهنمائی **آقای دکتر آقاجانی** متعهد می شوم .

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است

تاریخ **امضای دانشجو**

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

چکیده

استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و تلفیق اطلاعات حاصل از آن‌ها در سامانه اطلاعات جغرافیایی در سال‌های اخیر رشد فزآینده‌ای در شاخه‌های مختلف علوم مهندسی وابسته به زمین داشته است. در زمینه شناسایی منابع آب، تعیین مناطق امیدبخش برای آب‌های زیرزمینی و تعیین محل مناسب دفن زباله‌های شهری، مطالعات فراوانی صورت گرفته است. عمده کاربردهای این روش در آب زیرزمینی برای مناطق کارستی و سنگی انجام شده است و به‌ندرت در دشت‌ها از آن استفاده شده است. در حوزه آبریز بسطام با توجه به سطح پوشش کشاورزی و تراکم جمعیتی نیاز با آب سبب‌شده مطالعات زیادی به‌ویژه روش‌های ژئوفیزیکی الکتریکی در این زمینه صورت پذیرد، ولی تاکنون از فناوری سنجش از دور به‌طور اخص در بخش آبرفتی و بیابانی کاری صورت نگرفته است. هدف از انجام این تحقیق شناسایی و معرفی نقاطی از حوزه آبریز بسطام با پتانسیل بالای منابع آب زیرزمینی با استفاده از فن‌آوری سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی است.

به‌منظور انجام مطالعه مورد نظر ابتدا داده‌های مورد نیاز مثل داده‌های ماهواره‌ای و نقشه‌های رقومی توپوگرافی و زمین‌شناسی منطقه خریداری و تهیه شد. بنابراین پس از انجام تصحیحات لازم پردازش داده‌های ماهواره‌ای برای رسیدن به تصاویر مناسب انجام شد که به‌این منظور از روش‌های ترکیب تصویری، نسبت‌گیری باندی، تحلیل اصلی و همچنین فیلترهای مختلف استفاده شد. با توجه به هدف کار عوامل مختلف موثر در شناسایی سفره‌های آب زیرزمینی مانند نوع واحدهای سنگی و رسوبات، خطواره‌ها شکستگی‌ها و گسل‌ها، توپوگرافی زمین، شیب زمین و پوشش گیاهی منطقه مورد بررسی قرار گرفته‌اند. برای این‌کار با استفاده از نرم‌افزارهای پردازش تصویر لایه‌های مختلف تهیه گردید.

برای تلفیق اطلاعات و لایه‌های حاصل از محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) استفاده گردید. جهت این‌کار ابتدا تمام نقشه‌های رقومی عوامل موثر براساس وزن‌های مختلف و مرتبط امتیازدهی و لایه اطلاعاتی قابل تلفیق در GIS آماده شد. سپس برای تعیین بهترین و مناسب‌ترین مناطق از روش-های مجموع وزنی و روش‌های فازی مثل حاصل‌ضرب جبری، حاصل‌جمع جبری و گاما استفاده گردید. براساس نتایج حاصل از تلفیق اطلاعات موجود، مناطق مانسب و نقشه پتانسیل مطلوب منابع آب زیرزمینی در حوزه آبریز بسطام مشخص شد.

در نهایت برای اعتبارسنجی نتایج بدست آمده، از اطلاعات چاه‌های آب موجود در محدوده حوزه آبریز وجود دارد، استفاده شد. بر این اساس بیش از ۹۵ درصد چاه‌های حفر شده در محل‌های

پیشنهادی واقع شده است. بنابراین می‌توان گفت که استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و تعیین لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز از آن و تلفیق اطلاعات در GIS روشی مناسب برای شناسایی مناطق امیدبخش آب‌های زیرزمینی است.

کلید واژه‌ها:

حوزه آبریز بسطام، منابع آب‌های زیرزمینی، سنجش از دور، لایه‌های اطلاعاتی، سامانه اطلاعات جغرافیایی، روش تلفیق وزنی، روش فازی، نقشه پتانسیل مطلوب

عنوان	صفحه
فصل اول: کلیات و اهداف رساله	۱
۱-۱- مقدمه	۲
۱-۲- اهمیت استفاده از آب های زیر زمینی	۳
۱-۳- عوامل موثر در تجمع منابع آب‌های زیرزمینی	۴
۱-۴- کلیاتی راجع به سنجش از دور و GIS	۵
۱-۵- سابقه مطالعاتی در زمینه آب‌های زیرزمینی	۶
۱-۶- ضرورت انجام کار	۸
۱-۷- روش تحقیق و مراحل کار	۸
۱-۸- اهداف و ساختار پایان نامه	۹
فصل دوم: موقعیت جغرافیایی و ویژگی‌های هیدرولوژی حوزه آبریز بسطام و مبانی سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی	۱۰
۲-۱- محدوده مطالعاتی بسطام	۱۱
۲-۱-۱- موقعیت و مشخصات جغرافیایی	۱۱
۲-۱-۲- سوابق مطالعاتی	۱۲
۲-۱-۳- آب وهواشناسی	۱۳
۲-۱-۴- هیدرولوژی	۱۳
۲-۱- ۵- زمین شناسی عمومی	۱۵
۲-۱- ۶- هیدروژئولوژی	۱۷
۲-۱-۶-۱- ویژگی‌های آبخوان	۱۹
۲-۱-۶-۲- رفتار سنجی حوزه آبریز	۲۱
۲-۱-۷- وضعیت بهره برداری از منابع آب زیرزمینی	۲۳
۲-۱-۸- کیفیت شیمیایی آب	۲۴
۲-۲-سنجش از دور و کاربرد آن در مدیریت منابع آب	۲۸
۲-۲-۱- مقدمه	۲۸
۲-۲-۲- سنجش از دور چیست؟	۲۸
۲-۲-۳- کاربردهای مهم سنجش از دور	۳۱
۲-۲-۳-۱- مطالعه تغییرات دوره‌ای	۳۱

۲-۲-۳-۲- مطالعات زمین‌شناسی ۳۱

۲-۲-۳-۳- مطالعات کشاورزی و جنگلی ۳۲

۲-۲-۳-۴- مطالعات دریایی ۳۲

۲-۲-۳-۵- مطالعه بلایای طبیعی ۳۲

۲-۲-۳-۶-کاربرد سنجش از دور در پایش منابع آب ۳۲

۲-۲-۳-۷- ارزیابی کمی منابع آب به کمک سنجش از دور ۳۵

۲-۳-کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی ۳۷

۲-۳-۱- مقدمه ۳۷

۲-۳-۲- تاریخچه ۳۸

۲-۳-۳- سیستم الکترونیک برای کسب اطلاعات جغرافیایی ۴۱

۲-۳-۴- مولفه های اصلی تشکیل دهنده سیستم های اطلاعات جغرافیایی ۴۲

۲-۳-۵-فرآیند تحلیل اطلاعات در سیستم اطلاعات جغرافیایی ۴۳

فصل سوم: پردازش داده های ماهواره ای و تولید نقشه‌های رقومی داده‌های اولیه ۴۴

۳-۱- مقدمه ۴۵

۳-۲- پردازش داده های ماهواره ای و تولید نقشه های رقومی ۴۹

۳-۲-۱- مقدمه ۴۹

۳-۲-۲- پیش‌پردازش ۵۰

۳-۲-۲-۱- تصحیح داده‌های ماهواره‌ای ۵۰

۳-۲-۲-۲- موزائیک کردن ۵۱

۳-۲-۳- پردازش داده‌ها ۵۲

۳-۲-۳-۱- افزایش تباین (کنتراست) ۵۲

۳-۲-۳-۲- ایجاد تصاویر رنگی ۵۴

۳-۲-۳-۳- عملیات بین تصاویر ۵۴

۳-۲-۳-۴- تحلیل مؤلفه های اصلی ۵۶

۳-۲-۳-۴-۱- تحلیل استاندارد و انتخابی مؤلفه های اصلی ۵۷

۳-۲-۳-۵- فیلتر کردن تصویر ۵۹

۳-۲-۴- تفسیر داده‌های ماهواره‌ای ۶۰

۳-۲-۴-۱-تفکیک واحدهای سنگی ۶۱

۳-۲-۴-۲- ترسیم ساختارهای تکتونیکی ۶۲

۳-۳- تهیه نقشه رقومی خطواره ۶۴

۳-۳-۱- تعریف خطواره ۶۴

۳-۳-۲- استخراج خطواره‌ها از تصاویر ماهواره‌ای ۶۵

۳-۴- تهیه نقشه رقومی زمین شناسی یا واحدهای سنگی ۶۸

۳-۵- تولید نقشه رقومی شیب ۷۰

۳-۶- تولید نقشه رقومی طبقات ارتفاعی ۷۱

۳-۶-۱- توپوگرافی ۷۱

۳-۶-۲- تولید نقشه ارتفاعی DEM از نقشه توپوگرافی ۷۱

۳-۷- تولید نقشه رقومی شبکه زهکشی ۷۲

۳-۷-۱- زهکشی ۷۳

۳-۷-۲- کاربرد زهکشی ۷۳

۳-۸- تولید نقشه رقومی پوشش گیاهی ۷۵

فصل چهارم: تولید و تلفیق لایه های اطلاعاتی به روش‌های مختلف ۷۷

۴-۱- مقدمه ۷۸

۴-۲- تلفیق لایه‌های اطلاعاتی ۷۸

۴-۲-۱- مدل بولین ۷۹

۴-۲-۲- روش تحلیل سلسله مراتبی ۸۰

۴-۲-۲-۱- عملگر همپوشانی وزنی ۸۰

۴-۲-۲-۲- عملگر مجموع وزنی ۸۱

۴-۳- تولید لایه‌ها اطلاعاتی برای روش مجموع وزنی ۸۲

۴-۳-۱- تولید لایه اطلاعاتی خطواره‌ها ۸۲

۴-۳-۲- تولید لایه اطلاعاتی زمین شناسی ۸۳

۴-۳-۳- تولید لایه اطلاعاتی شیب ۸۵

۴-۳-۴- تولید لایه اطلاعاتی توپوگرافی ۸۷

۴-۳-۵- تولید لایه اطلاعاتی شبکه زهکشی ۸۸

۴-۳-۶- تولید لایه اطلاعاتی پوشش گیاهی ۸۸

۴-۴- تلفیق لایه‌های اطلاعاتی به روش های فازی ۹۲

۴-۴-۱- تولید لایه‌های اطلاعاتی به‌روش فازی ۹۲

۴-۴-۱-۱-تولید نقشه رقومی خطواره به روش فازی ۹۲

۴-۴-۱-۲-تولید نقشه رقومی زمین‌شناسی به روش فازی ۹۳
۴-۴-۱-۳-تولید نقشه رقومی زهکشی به روش فازی ۹۳
۴-۴-۱-۴-تولید نقشه رقومی شیب به روش فازی ۹۵
۴-۴-۱-۵-تولید نقشه رقومی ارتفاعی به روش فازی ۹۵
۴-۴-۱-۶- تولید نقشه رقومی پوشش گیاهی به روش فازی ۹۶
۴-۴-۲-تلفیق لایه‌های اطلاعاتی ۹۷
۴-۴-۲- ۱-عملگر فازی "و" ۹۷
۴-۴-۲-۲- عملگر فازی "یا" ۹۹
۴-۴-۲-۳- عملگر فازی "حاصل‌ضرب جبری" ۱۰۰
۴-۴-۲-۴- عملگر فازی "جمع جبری فازی" ۱۰۲
۴-۴-۲-۵- عملگر فازی "گاما" ۱۰۲

فصل پنجم: اعتبارسنجی و نتایج و پیشنهادات ۱۰۵
۵-۱- اعتبارسنجی ۱۰۶
۵-۲- جمع‌بندی و نتایج ۱۱۲
۵-۳- پیشنهادات ۱۱۴

منابع فارسی ۱۱۵
منابع انگلیسی ۱۱۷
چکیده انگلیسی ۱۲۰

عنوان **صفحه**

فصل دوم: محدوده مطالعاتی بسطام و مبانی سنجش از دور و GIS ۱۰
شکل ۲-۱: موقعیت محدوده مطالعاتی بسطام ۱۲
شکل ۲-۲: نقشه زمین شناسی محدوده مطالعاتی بسطام ۱۶
شکل ۲-۳: نقشه منحنی هم عمق دشت بسطام در مهر ماه ۱۳۸۶ ۲۰
شکل ۲-۴: نمودار هیدروگراف واحد دراز مدت دشت بسطام ۲۱
شکل ۲-۵: نقشه ایزوپیز دشت بسطام در مهر ماه ۱۳۸۶ ۲۲
شکل ۲-۶: نقشه منحنی هم هدایت الکتریکی دشت بسطام در بهار۸۷ ۲۶
شکل ۲-۷: دیاگرام ویلکوکس محدوده مطالعاتی بسطام ۲۷
شکل ۲-۸: لایه های اطلاعاتی در GIS ۴۲

فصل سوم: روش شناسی کار و تولید لایه های اطلاعاتی مورد نیاز ۴۴
شکل ۳-۱: مراحل اجرایی روش کار پتانسیل یابی آب های زیرزمینی در سیستم ... ۴۷
شکل ۳-۲: تصویر ماهواره ای منطقه بسطام به همراه موقعیت شهرها روستاها ... ۴۸
شکل ۳-۳ : تصویر حاصل از ترکیب باندهای ۳، ۲، و۱ در محیط قرمز ، سبز و آبی ۵۳
شکل ۳-۴ : آشکارسازی جهت رسیدن به یک تصویر واضح و روشن باندهای ۷، ۴، و ۲ در محیط RGB ۵۳
شکل ۳-۵ : تصویر مجازی رنگی حاصل ترکیب باندهای ۵، ۳ و ۱ به ترتیب در فیلترهای قرمز، سبز و آبی ۵۴
شکل۳-۶ : دو تصویر حاصل از عملیات ریاضی روی باندهای داده های ماهواره لندست ،..... ۵۵
شکل ۳-۷: حاصل از تلفیق باندهای مولفه های اصلی باندها و عملیات جبری باندهای.... ۵۸
شکل ۳-۸ : انجام فیلتر تشخیص لبه‌ها برای ساخت تصویر مناسب جهت واضح نمودن بهتر پدیده‌های.... ۵۹
شکل ۳-۹: واحدهای سنگ آهک به رنگ کرمی تا صورتی در شمال غرب شاهرود و ۶۱
شکل ۳-۱۰: مجموعه سنگهای آتشفشانی موجود در محدوده مورد بررسی ۶۲
شکل ۳-۱۱: نمایش شماتیکی از گسل‌های اصلی موجود در منطقه با استفاده از اجرای.. ۶۳
شکل۳-۱۲: استخراج رقومی خطواره ها منطقه بسطام از تصویر ماهواره ای +ETM در محیط ... ۶۶
شکل ۳-۱۳ : استخراج رقومی خطواره ها منطقه حوضه بسطام به روش دستی از... ۶۷
شکل ۳-۱۴: ادغام روشهای استخراج دستی و نرم افزاری خطواره های منطقه بسطام توسط ... ۶۷
شکل ۳-۱۵ : نقشه رقومی زمین شناسی دشت بسطام ۶۹
شکل ۳-۱۶: نقشه رقومی شیب منطقه بسطام ۷۰
شکل ۳-۱۷ : نقشه رقومی ارتفاعی منطقه بسطام ۷۲
شکل ۳-۱۸: نقشه رقومی زهکشی منطقه بسطام ۷۴
شکل ۳-۱۹ : نقشه رقومی پوشش گیاهی منطقه بسطام ۷۵

فصل چهارم: تلفیق لایه های اطلاعاتی ۷۷

شکل ۴-۱ : لایه اطلاعاتی خطواره های استخراج شده منطقه مورد نظر ۸۳

شکل ۴-۲: لایه اطلاعاتی زمین شناسی دشت بسطام ۸۴

شکل ۴-۳ : لایه اطلاعاتی شیب منطقه بسطام ۸۶

شکل ۴-۴ : لایه اطلاعاتی ارتفاعی منطقه بسطام ۸۷

شکل ۴-۵ : لایه اطلاعاتی زهکشی منطقه بسطام ۸۹

شکل ۴-۶ : لایه اطلاعاتی پوشش گیاهی منطقه بسطام ۹۰

شکل ۴-۷ : نقشه رقومی پتانسیل آب زیرزمینی منطقه بسطام به روش مجموع وزنی ۹۱

شکل ۴-۸ : تولید نقشه رقومی خطواره منطقه بسطام به روش فازی ۹۳

شکل ۴-۹ : تولید نقشه رقومی زمین شناسی منطقه بسطام به روش فازی ۹۴

شکل ۴-۱۰ : تولید نقشه زهکشی منطقه بسطام به روش فازی ۹۴

شکل ۴-۱۱ : تولید نقشه شیب منطقه بسطام به روش فازی ۹۵

شکل ۴-۱۲ : تولید نقشه رقومی ارتفاعی منطقه بسطام به روش فازی ۹۶

شکل ۴-۱۳ : تولید نقشه رقومی پوشش گیاهی منطقه بسطام به روش فازی ۹۷

شکل ۴-۱۴: تولید نقشه پتانسیل آب زیرزمینی با استفاده از AND در روش فازی ۹۹

شکل ۴-۱۵ : تولید نقشه پتانسیل آب زیرزمینی با استفاده از OR در روش فازی: ۱۰۰

شکل ۴-۱۶ : تولید نقشه پتانسیل آب زیرزمینی با استفاده از PRODUCT در روش فازی ۱۰۱

شکل ۴-۱۷: تولید نقشه رقومی پتانسیل آب زیرزمینی با استفاده از جمع جبری فازی ۱۰۳

شکل ۴-۱۸: تولید نقشه رقومی پتانسیل آب زیرزمینی با استفاده از GAMMA به روش فازی ۱۰۴

فصل پنجم: اعتبارسنجی و نتایج و پیشنهادات ۱۰۵

شکل ۵-۱: نقشه موقعیت چاههای منطقه بسطام ۱۰۶

شکل ۵-۲: تلفیق نقشه پتانسیل آب زیرزمینی به روش جمع وزنی با چاه های منطقه ۱۰۸

شکل ۵-۳: نقشه پتانسیل آب زیرزمینی به روش فازی "و" با چاه های منطقه ۱۰۸

شکل ۵-۴: تلفیق نقشه پتانسیل آب زیرزمینی به روش فازی "یا" با چاه های منطقه ۱۰۹

شکل ۵-۵: تلفیق نقشه پتانسیل آب زیرزمینی به روش حاصلضرب جبری فازی با چاه های منطقه ۱۱۰

شکل ۵-۶: تلفیق نقشه پتانسیل آب زیرزمینی به روش حاصلجمع جبری فازی با چاه های منطقه ۱۱۱

شکل ۵-۷: تلفیق نقشه پتانسیل آب زیرزمینی به روش فازی گاما با چاه های منطقه ۱۱۱

عنوان **صفحه**

فصل دوم: محدوده مطالعاتی بسطام و مبانی سنجش از دور و GIS

جدول۲-۱: تعداد و میزان تخلیه منابع آبی محدوده مطالعاتی بسطام ۲۳

جدول ۲-۲ : آنالیز شیمایی منابع انتخابی کیفی بسطام ۲۵

۴۵

فصل سوم: روش شناسی کار و تولید لایه های اطلاعاتی مورد نیاز

۵۰

جدول ۳-۱: محدوده طول موج و مشخصه باندهای مورد استفاده در تصاویر

فصل چهارم : تولید و تلفیق لایه های اطلاعاتی بهروش های مختلف

۸۳

جدول ۴-۱ : امتیاز دهی برای چگالی خطواره ها

۸۵

جدول ۴-۲ : انواع وزن های مورد نیاز برای واحدهای سنگی منطقه

۸۶

جدول ۴-۳ : امتیازدهی برای میزان شیب

۸۷

جدول۴- ۴ : امتیاز دهی برای ارتفاع توپوگرافی منطقه

۸۸

جدول ۴-۵ : امتیازدهی برای چگالی زهکشی منطقه

۹۰

جدول ۴ - ۶ : امتیازدهی برای پوشش گیاهی منطقه

فصل اول

کلیات و اهداف پایان نامه

۱-۱- مقدمه

تاریخچه بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی، به گذشته‌های دور بر می‌گردد. قبل از بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی، بشر در کنار رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و چشمه‌ها زندگی می‌کرده است. مسلماً یکی از قدم‌های بزرگ تمدن زمانی برداشته شد که انسان راه به‌دست آوردن آب با وسایل مصنوعی را یافت.

از دیرباز در مناطق خشک آسیا نیز بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی صورت می‌گرفته است. اولین راه بهره‌برداری از آب زیرزمینی احتمالاً چاه بوده است. قدیمی‌ترین چاه آبی که تاکنون به‌جای مانده در دره رود سند است که ساختمان آن را به ۶۰۰۰ سال پیش مربوط می‌دانند. مصریان در ۳۰۰۰ سال قبل از میلاد مسیح در حفر چاه در زمین‌های سنگی مهارت داشته‌اند. چینیان قدیم با روش حفاری آهسته، که سال‌ها و بلکه ده‌ها سال طول می‌کشید و شبیه روش حفاری ضربه‌ای امروزی بود، چاه‌هایی با عمق اعجاب انگیز ۱۵۰۰ متر نیز حفر کرده‌اند.

یکی از ابتکارات بشر در استفاده از آب‌های زیرزمینی در گذشته ساختن قنات یا کاریز بوده است که مبتکر ساختن آن ایرانیان بوده‌اند. قدمت قنات در ایران حدود ۳۰۰۰ سال می‌باشد. آثار قنات‌های قدیمی در نقاط مختلف کشور ما به فراوانی دیده می‌شود. طول پاره‌ای از این قنات‌ها به ده‌ها کیلومتر می‌رسد.

برخی از دانشمندان ایرانی نیز در خصوص آب‌های زیرزمینی و سطحی نظرات ارزنده‌ای ارائه کرده‌اند. از جمله "ابوبکر محمدبن‌الحسن الحاسب کرجی" (قرن چهارم و پنجم هجری قمری)، در کتابی تحت عنوان "استخراج آب‌های پنهانی" درباره منشاء و راه‌های استخراج آب زیرزمینی گفتگو می‌کند. در این کتاب به روشنی گفته شده که : "مایهٔ آب‌های ساکن در شکم زمین و منشاء چشمه‌ها، رودها و نهرها از باران و برف است". ابوریحان بیرونی (قرن چهارم و پنجم هجری قمری) در "رسالهٔ آثار علوی" درباره پدید آمدن جوی‌ها، رودها و چشمه‌ها، نفوذ آب به زمین، حرکت آب در زیر زمین، تغییر کیفیت آب به دلیل وجود کانی‌های قابل حل در مسیر آب و بسیاری مسائل آب‌شناسی دیگر به تفصیل سخن گفته است [صداقت، ۱۳۸۷].

پیرپرو (۱۶۸۰ – ۱۶۰۸) و ادمه ماریو (۱۶۸۴- ۱۶۲۰)، دانشمندان فرانسوی، اولین کسانی بودند که موفق شدند منشاء اصلی آب‌های زیرزمینی و سطحی را تشخیص دهند. پرو با اندازه‌گیری مقدار بارندگی و آب جاری در یک حوضه نشان داد که مقدار آب جاری خیلی کمتر از مقدار باران بوده

است. ماریو ضمن تأیید تجربه پرو، راجع به نفوذ آب در زیرزمین بررسی‌هایی انجام داد و نتیجه‌گیری کرد که چشمه‌ها با بارانی که به زمین نفوذ می‌کند، تغذیه می‌شوند.

۱-۲- اهمیت استفاده از آب های زیر زمینی

آب زیرزمینی یکی از مهم‌ترین و بزرگ‌ترین منابع تأمین آب شیرین مورد نیاز انسان است، که بعد از یخچال‌ها و یخ پهنه‌ها، بالاترین ذخیره آب شیرین زمین را به خود اختصاص می‌دهد. امروزه بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی، برای مصارفی چون کشاورزی، صنعت و شرب، توسعه زیادی پیدا کرده است. در مناطق خشک و دور از سایر منابع تولید آبی چون رودخانه‌ها و دریاچه‌های آب شیرین، غالباً تنها راه تأمین آب برای مصارف مختلف استفاده از منابع آب زیرزمینی است. علی‌رغم استخراج گران‌تر آب‌های زیرزمینی نسبت به سایر منابع نظیر رودخانه ولی به دلایل زیر بیشتر مورد توجه است:

۱ ـ معمولاً آب‌های زیرزمینی عاری از جانداران بیماری‌زا است و احتیاج به تصفیه ندارد.

۲ ـ دمای آب‌های زیرزمینی نسبتاً ثابت و برای عمل تبادل حرارتی در کارخانه‌ها مفید است.

۳ ـ ترکیب شیمیایی آب‌های زیرزمینی معمولاً ثابت است.

۴ ـ آب‌های زیرزمینی غالباً بی‌رنگ و فاقد مواد تیره کننده است.

۵ ـ آلودگی‌های زیستی و رادیواکتیو کمتر روی آب زیرزمینی تأثیر دارد.

۶ ـ آب‌های زیرزمینی غالباً تحت تأثیر خشک‌سالی‌های کوتاه مدت قرار نمی‌گیرد.

۷ ـ در بسیاری از مناطقی که آب سطحی قابل اطمینانی وجود ندارد، آب‌های زیرزمینی غالباً در دسترس است.

استفاده از آب‌های زیرزمینی در کشور ما، که فاقد منابع آب سطحی فراوان است، از دیرباز رواج بسیار داشته است. امروزه نیز بخش مهمی از آب‌های مورد نیاز، بخصوص در کشاورزی و برای مصارف شهری، از منابع زیرزمینی تأمین می‌شود. در حال حاضر در سطح کشور سالانه حدود ۷۸ میلیارد مترمکعب آب از منابع زیرزمینی برداشت می‌شود. این رقم بخش بزرگی از کل آب‌های مصرفی در کشور ما را تشکیل می‌دهد. مقایسه این رقم با حجم جریان‌های سطحی، اهمیت استفاده از آب‌های زیرزمین را در ایران نشان می‌دهد. بنا به آمار موجود حجم تقریبی جریان‌های سطحی در حوضه‌های آبریز کشور به‌طور متوسط سالانه حدود ۷۷ میلیارد مترمکعب است، که تمام این آب نیز توسط

سدهای مخزنی مهار نشده و بخشی از آن، بخصوص در ماه‌هایی از سال که نیاز کمتری به آب وجود دارد، به‌هدر می‌رود [صداقت، ۱۳۸۷].

۱-۳- عوامل موثر در تجمع منابع آب‌های زیرزمینی

با پیشرفت علوم زمین شناسی و هیدرولیک، در خلال قرن نوزدهم و قرن حاضر، رابطه نزدیکی بین مطالعه آب‌های زیرزمینی شکل گرفت. با توسعه مطالعات شیمی آب و ژئوفیزیک، دانش انسان دربارهٔ شناخت آب‌های زیرزمینی دقیق‌تر شد.

علی‌رغم این‌که آب در زیرزمین در منافذ و فضاهای خالی سنگ‌ها و خاک‌ها جمع می‌شود، اما همه آب موجود در زیرسطح زمین به راه‌های معمولی، مثل حفر چاه، قابل برداشت نیست. هنگامی‌که چاهی در زمین حفر می‌شود، ممکن است به خاک‌ها یا سنگ‌های مرطوب یا حتی اشباع از آب برخورد کند. ولی تا زمانی‌که این آب‌ها نتوانند آزادانه به‌داخل چاه تراوش کنند، مستقیماً قابل بهره‌برداری نیستند. " آب زیرزمینی" یا "آب زیر سطحی" اصطلاحی است که به تمام آب‌های موجود در زیر سطح زمین اطلاق می‌شود. قسمت اعظم آب موجود در زیر زمین بخشی از "چرخه آب" است. بنابراین آب باران و برف (به طور کلی آب‌های جوی) منشاء اصلی آب‌های زیرزمینی است. که یکی از عوامل موثر در تعیین منابع آب زیرزمینی است و در بررسی‌ها مورد توجه قرار می‌گیرد.

حجم آب موجود در منافذ خالی سنگ‌ها و خاک‌ها ممکن است نسبتاً کم یا زیاد باشد. به علاوه، جابجایی آب نیز در سنگ‌های مختلف متغیر است. امکان تشکیل مخزن آب زیرزمینی و قابلیت آبدهی هر مخزن قبل از هر چیز به ویژگی‌های فیزیکی و سنگ شناسی محیط‌های متخلخل وابسته است. از این‌رو بررسی خصوصیات سنگ‌ها و منافذ موجود در آن‌ها، از نظر مطالعه آب‌های زیرزمینی اهمیت زیادی دارد.

این موضوع یعنی شرایط فیزیکی محیط را می‌توان با عوامل مختلفی مثل توپوگرافی زمینی، شیب منطقه مورد مطالعه و میزان پوشش گیاهی بررسی نمود و علاوه بر آن جنس واحدهای سنگی و ترکیب و تخلخل یا عدم تخلخل، از مواردی است که تاثیر زیادی در تجمع یا ذخیره سازی آب آبدهی سازندها دارد. سنگ‌های سطحی، غالبا دارای فضاهای خالی یا منافذی هستند که آب می‌تواند درون آن‌ها جمع شده و به‌حرکت درآید. اختلافات موجود در شکل، اندازه، تعداد، نحوه ارتباط و ترتیب قرار گرفتن منافذ سنگ‌ها، نتیجه فرایندهای زمین‌شناسی مختلف در تشکیل سنگ‌ها و

تغییرات بعدی نظیر تکتونیک، گسل‌خوردگی، چین‌خوردگی هوازدگی در آن‌ها است. منافذ موجود در سنگ‌ها، اغلب کوچک و در ارتباط با هم می‌باشند. ولی گاهی نیز در بعضی سنگ‌ها فضاهای خالی بزرگ یافت می‌شود. مثلاً در سنگ‌های آهکی، مجاری بزرگ زیرزمینی و غارها ممکن است توسعه پیدا کرده باشد. در پاره‌ای از سنگ‌ها نیز ممکن است منافذ سنگ بی ارتباط باهم باشند و در نتیجه آب در درون سنگ قادر به حرکت نباشد.

بنابراین می‌توان گفت که در تشکیل یک منبع آب زیرزمینی یا تشکیل یک سفره، عوامل زیادی موثر هستند که می‌توان به مواردی نظیر میزان بارش سالانه در منطقه یا محل، میزان پوشش گیاهی، تمرکز و چگالی خطواره‌ها، گسل‌خوردگی‌ها، نوع واحدهای سنگی و میزان سالم و یا هوازده بودن آن‌ها، توپوگرافی منطقه مورد مطالعه و میزان صاف یا ناهمواری، شیب منطقه و میزان شبکه آبراهه‌ای و تمرکز یا جهت‌یافتگی آنها که بر میزان نفوذپذیری واحدهای سنگی و عوامل نظیر آن برمی‌گردد، اشاره نمود. برای تهیه و تعیین میزان اثربخشی این عوامل ابتدا لازم است که این موارد در منطقه مورد مطالعه بررسی شده و در نهایت میزان اثرگذاری آن‌ها وزن‌دهی و سپس باهم تلفیق شوند، که در این پایان‌نامه برای این‌کار از ترکیب دو فناوری سنجش از دور و GIS استفاده شده است.

۱-۴-کلیاتی راجع به سنجش از دور و GIS

در این تحقیق تلاش می‌شود آب‌های زیرزمینی به‌کمک فنون سنجش از دور[1] و سیستم اطلاعات جغرافیایی[2] به‌لحاظ مکانی پتانسیل‌یابی شوند یا به‌عبارت دیگر منطقه مورد مطالعه (محدوده بسطام) از نظر احتمال حضور آب‌های زیرزمینی به کمک سنجش از دور و GIS بررسی شده و نتایج با واقعیت منطقه مقایسه و اعتبارسنجی می‌شود.

امروزه سنجش از دور به‌عنوان یک ابزار بسیار قوی مطرح بوده که جایگاه خاصی در پایش منابع طبیعی بخصوص پایش منابع آب دارا می باشد. با توجه به اینکه وسعت بسیار زیادی از سطح زمین پوشیده از آب است جهت مطالعات منابع آب، اقدامات میدانی کاری پردردسر و پرهزینه بوده جایگاه خود را به پردازش تصاویر ماهواره‌ای داده است. اقداماتی نظیر بررسی کیفیت آب شامل مطالعات شوری، بررسی مواد معلق و رسوب، بررسی رنگ آب، بررسی وجود فیتوپلانگتون‌ها و جلبک‌ها در آب، میزان کلروفیل و همچنین مطالعات کمی منابع آب شامل اندازه‌گیری‌های تغییرات عمق و یا

[1] . Remote Sensing
[2] .GIS

ژرفاسنجی منابع آب از جمله اقداماتی است که می‌توان به‌کمک سنجش از دور انجام داد. این مقاله با هدف شناساندن نقش سنجش از دور در مطالعات منابع آب تدوین گردیده است تا راه‌گشایی باشد در استفاده از این تکنیک در پایش منابع آب کشور.

داده‌های سنجش از دور به دلیل یکپارچه و وسیع بودن، تنوع طیفی، تهیه پوشش‌های تکراری و ارزان بودن، در مقایسه با سایر روش‌های گردآوری اطلاعات از قابلیت‌های ویژه‌ای برخوردار است که امروزه عامل نخستین در مطالعه سطح زمین و عوامل تشکیل دهنده آن محسوب می‌شود. امکان رقومی بودن داده‌ها موجب شده است که سیستم‌های کامپیوتری بتوانند از این داده‌ها به‌طور مستقیم استفاده کنند و سیستم‌های داده‌ها جغرافیایی و سیستم‌های پردازش داده‌های ماهواره‌ای با استفاده از این قابلیت طراحی و تهیه شده است. سهل‌الوصول بودن داده‌ها، دسترسی سریع به نقاط دور افتاده و دقت بالای آنها از امتیازات خاص این فن محسوب می‌شود.

۱-۵- سابقه مطالعاتی در زمینه آب‌های زیرزمینی

خرم و چشیر(۱۹۸۵)، از داده‌های سنجنده MSS ماهواره لندست جهت بررسی کیفیت آب استفاده نموده و برای پارامترهای کیفی آب مدل ارزیابی ارائه نمودند . بدین‌منظور از ۵۰ منطقه در خلیج سان فرانسیسکو نمونه‌گیری انجام داده و سپس مدل رگرسیونی بین پارامترهای کیفیت آب و میانگین ارزش‌های انعکاسی[1] باندهای مختلف لندست را بسط دادند و برای هر کدام از پارامترهای شوری، تیرگی[2]، مواد معلق و کلروفیل مدلی ارائه نمودند و از این مدل‌ها برای پیش‌بینی و تهیه نقشه پارامترهای کیفی آب استفاده کرد. آنها بیان نمودند که یک همبستگی قوی بین شوری و تیرگی آب وجود دارد بنابراین آب شور معمولا تیرگی بیشتری از آب شیرین دارد. آنها همچنین برای بررسی کلروفیل وتهیه نقشه موضوعی آن، نسبت‌گیری طیفی را پیشنهاد نمودند، به‌طوری‌که نسبت باند آبی-قرمز (۵۲۰- ۴۵۰) به مادون قرمز نزدیک (۱۰۵۰– ۹۱۰) برای غلظت‌های کم کلروفیل و نسبت بین دوباند قرمز (۶۹۰–۶۳۰) به مادون‌قرمز نزدیک (۷۵۰-۶۹۰) برای غلظت‌های زیاد کلروفیل را پیشنهاد دادند.

برگاوا و ماریام (۱۹۹۲)، تاثیر توام شوری و رسوبات جامد معلق را بر میزان انعکاس طیفی آب در آزمایشگاه مورد بررسی قرار داده و نتیجه گرفتند که میزان انعکاس با غلظت مواد معلق رابطه مستقیم

[1] . Radiance
[2] . Turbidity

و با سطح شوری رابطه عکس دارد. بدین‌ترتیب‌که با افزایش شوری و کاهش مواد معلق، انعکاس طیفی کاهش یافته و با کاهش شوری و افزایش مواد معلق، انعکاس طیفی افزایش پیدا می‌کند.

سروان و بابان (۱۹۹۳)، با استفاده از داده‌های TM ماهواره لندست، پارامترهای کیفی آب مانند مواد جامد معلق، شوری، فسفر کل و دما را مورد مطالعه قرار داده و با استفاده از داده‌های میدانی رابطه بین باندهای سنجنده TM و پارامترهای کیفی آب را مدل‌سازی کرد. وی از این مدل‌ها برای پیش بینی و تهیه نقشه پارامترهای کیفی آب استفاده نمود.

علوی‌پناه و خدائی (۱۳۸۱)، به‌بررسی شوری و مواد معلق به‌عنوان دو پارامتر کیفی آب در دریاچه ارومیه پرداختند. بدین‌منظور از داده‌های TM ماهواره لندست در دو زمان مختلف استفاده گردید. آن‌ها بیان نمودند که باند ۳ و ۶ سنجنده TM برای بررسی توزیع و پراکنش بار معلق و شوری مناسب‌تر از بقیه باندها هستند. داده‌های سنجش از دور اطلاعات فضایی دقیق و موثری در مقایسه با روش‌های پیمایش‌های هیدروژئولوژیکی ارائه می‌دهد.

داده‌های رقومی ماهواره‌ای بیشترین تاثیر را در مطالعات آب‌های زیرزمینی برعهده دارند تفکیک GIS بزرگترین راه ادغام و تفسیر و تحلیل لایه‌های اطلاعاتی مرتبط با منابع آب‌های زیرزمینی را فراهم می‌آورد. ادغام لایه‌های اطلاعاتی تاثیرگذار در شناسایی منابع آب زیرزمینی در محیط GIS باعث فهم بهتر و دقیق‌تر از عوامل کنترل کننده این منابع در مقایسه با سایر روش‌ها در اختیار قرار می‌دهد.

۱-۶- ضرورت انجام کار

با توجه به‌اینکه، ایران در ناحیه خشک جهان قرار گرفته است و در سال‌های اخیر هم از مقدار بارش آن کاسته شده و آب‌های سطحی به‌مقدار قابل توجهی و در سطح وسیعی از کشور قابل استفاده و بهره برداری نیست، لذا نیاز به منابع آب‌های زیرزمینی بیش از پیش احساس می‌شود.

روش‌های زیادی جهت مطالعه منابع آب زیرزمینی در حال حاضر استفاده می‌شود ولی مثل تمامی روش‌های اکتشافی کاربرد سلسله مراتبی آن‌ها و الویت دادن به روش اکتشافی در مراحل زمانی مختلف سبب خواهد شد که در بحث هزینه‌ها و زمان صرفه‌جویی گردد. در اکتشاف منابع آب زیرزمینی از روش‌های پیمایش زمینی، روش‌های مختلف ژئوفیزیک استفاده می‌شود. در سال‌های اخیر با توسعه فناوری سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی و فراگیر شدن این روش در علوم

مختلف، در آب زیرزمینی هم بی‌نصیب نبوده و کاربرد فراوانی در هیدرولوژی سطحی و زیرسطحی، تعیین نقاط پتانسیل‌دار، میزان آلودگی آن‌ها، کیفیت آب زیرزمینی و .... پیدا کرده است.

با توجه به ویژگی‌های فناوری سنجش از دور که دید فرامنطقه‌ای، در دسترس بودن، هزینه پائین و سریع به نتیجه رسیدن آن سبب شده که بتوان از آن در شروع عملیات اکتشافی منابع زیرسطحی استفاده کرد. همچنین با توجه به قرارگیری منطقه سمنان و شاهرود و احساس کمبود شدید آب در منطقه ضرورت استفاده از روش‌های سریع را دوچندان می‌نماید که می‌تواند نقشی موثر در شناسایی منابع آبی منطقه داشته باشد.

۱-۷- روش تحقیق و مراحل کار

همان‌گونه که در بخش قبل اشاره شد، روش سنجش از دور و به‌تبع آن استفاده از ابزار GIS جزئی از روش‌های کاری شده است. لذا در انجام این تحقیق موارد زیر به‌طور خلاصه می‌توان اشاره نمود:

۱- تهیه کلیه داده‌های موجود و مرتبط در منطقه از زمین‌شناسی، توپوگرافی و ...

۲- خرید اطلاعاتی مورد نیاز مثل تصاویر ماهواره‌ای، نقشه‌های رقومی و ...

۳- پردازش اولیه و نهایی تصاویر ماهواره‌ای و آماده‌سازی برای استخراج الگوهای مورد نیاز

۴- تهیه نقشه‌های رقومی موضوعی مورد نیاز مانند خطواره‌ها، سنگ‌شناسی و ...

۵- تهیه لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز در روش‌های مختلف

۶- ارزیابی و وزن‌دهی کنترل‌کننده‌های منابع آب زیرزمینی

۷- تهیه نقشه‌های پتانسیل آب زیرزمینی با ادغام و تلفیق لایه‌های مختلف

۸- اعتبارسنجی نتایج داده‌های دیگر

۱-۸- اهداف و ساختار پایان نامه

در این فصل کلیاتی از موضوع، تاریخچه و سابقه کار، ضرورت و مراحل و ساختار پایان‌نامه آمده است. هدف اصلی در این تحقیق، کاربرد روش سنجش از دور در تهیه لایه‌های مختلف اطلاعاتی مورد نیاز جهت شناسایی منابع آب زیرزمینی و تلفیق نتایج حاصل در محیط GIS می‌باشد. در این راستا در هدف از انجام این تحقیق، بالابردن سطح فکری، علمی و دانشمندان هیدرولوژیک و طراحان منابع

آب به‌ویژه درکشورهای در حال توسعه می‌باشد تا با این‌کار بتواند به اهمیت تکنیک سنجش از دور را در مدیریت منابع آب بپیوندد.

سنجش ازدور می‌تواند به‌عنوان یک فاکتور قراردادی در بررسی این اطلاعات و طراحی نقشه‌های هیدرولوژیک مورد استفاده قرار گیرد ظرفیت فضاهای نگهداری آب‌های زمینی به وسعت آن‌ها بستگی دارد که آن نیز وابسته به خصوصیات ژئولوژیکی منطقه می‌باشد.

در فصل دوم در خصوص ویژگی‌های عمومی محدوده مطالعاتی حوزه آبریز بسطام مطالبی عنوان خواهد شد و کلیاتی درباره مبانی سنجش از دور و GIS بیان می‌شود. در فصل سوم روش‌های پیش‌پردازش یا تصحیح، پردازش و تفسیر داده‌های ماهواره‌ای بیان خواهد شد و همچنین کلیه داده‌های اولیه به نقشه‌های رقومی مورد نیاز تبدیل می‌شود. در ادامه در فصل چهارم نقشه‌های رقومی شده در فصل سوم به لایه‌های اطلاعاتی تبدیل شده و در نرم افزار Arc GIS با روش‌های مختلف تلفیق می‌گردند و در نهایت در فصل پنجم نیز اختصاص به اعتبارسنجی نتایج تلفیق لایه‌های اطلاعاتی با مقایسه با داده‌های موجود دیگر نظیر چاه‌های موجود پرداخته می‌شود.

فصل دوم:

موقعیت جغرافیایی و ویژگی های هیدرولوژی حوزه آبریز بسطام

و مبانی سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی

۲-۱- محدوده مطالعاتی بسطام

۲-۱-۱- موقعیت و مشخصات جغرافیایی

حوزه آبریز بسطام و مجن به‌صورت مستقل بین طول‌های جغرافیایی ۴۰-۵۴ تا ۱۳-۵۵ طول شرقی و ۱۵-۳۶ تا ۴۲-۶۳ عرض شمالی واقع شده است. این محدوده از شمال به خطالرأس حوزه - های درجه یک دریای مازندران و از جنوب به حوزه آبریز مرکزی منطبق است، حد غربی این ارتفاعات کوه شاهوار - کلیا درویش که مرتفع‌ترین کوه‌های استان سمنان می‌باشد در این بخش واقع شده‌اند. محدوده در حوزه دامغان و حدود شرقی و غربی آن به‌ترتیب توسط حوزه‌های شاهرود و میامی محصور شده است (شکل۲-۱).

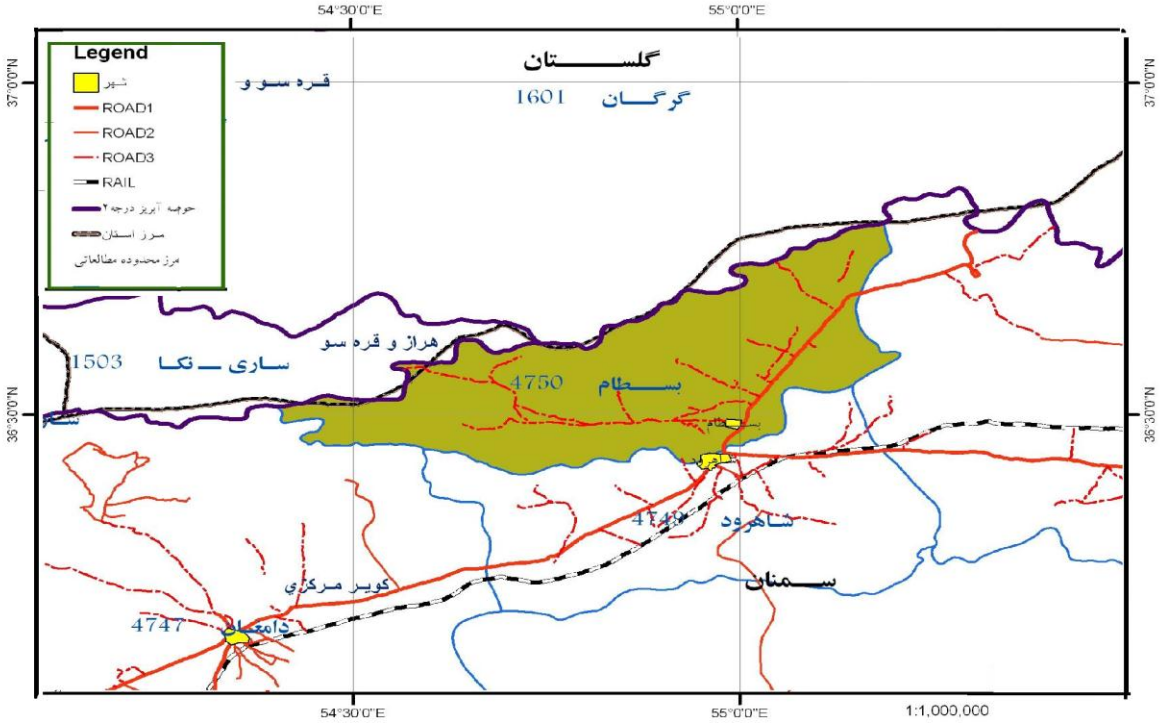
بیشتر وسعت محدوده را ارتفاعات و کوهستان‌های مرتفع دربرگرفته که با شیب تندی به‌سوی جنوب به حوزه آبریز های بسطام و مجن منتهی می‌گردد. حداکثر ارتفاع مربوط به قله شاهوار با ارتفاعی معادل ۳۹۴۵ متر و حداقل در بخش خروجی حوزه آبریز برابر ۱۴۰۰ متر و ارتفاع متوسط حوزه آبریز معادل ۲۰۰۰ متر می‌باشد. اختلاف ارتفاع بین حداقل و حداکثر و نیز متوسط حوزه آبریز بیانگر کوهستانی بودن حوزه بوده و به لحاظ مورفولوژی منطقه دارای دامنه های پرشیب بوده و به لحاظ نزولات جوی نسبتاً مناسب می‌باشد.

حوزه آبریز بسطام و حوزه آهکی تپال مهمترین آبخوان‌های محدوده را شامل شده که حجم قابل توجهی از آب مورد نیاز مصارف کشاورزی منطقه را تامین می‌کند، چشمه‌های پرآب حوزه‌های مجن، تاش، ابرسج و میغان منشا رواناب‌های سطحی رودخانه‌های فوق می‌باشند [مهندسین مشاور سازند آب پارس، ۱۳۹۰].

از نظر اقتصادی درآمد بیشتر مردم این منطقه به فعالیت‌های کشاورزی و به‌ویژه باغداری وابسته است و به‌جهت وجود شرایط اقلیمی مناسب و نیز آب و زمین‌های کشاورزی مرغوب بیشتر مراکز مسکونی آن به‌صورت روستاهای پراکنده به‌ویژه در حوزه آبریز بسطام است. شهر بسطام در منتهی‌الیه خروجی حوزه و شهر مجن حد غربی محدوده از نقاط مسکونی پرجمعیت و شهری می‌باشند.

راه ارتباطی شاهرود، آزادشهر پس از گذر از حوزه آبریز بسطام از طریق گردنه خوش ییلاق یکی از جاده‌های ارتباطی اصلی حوزه آبریز جنوبی به زمین‌های سرسبز شمال می‌باشد، به موازات رشد جمعیت به‌دلیل شرایط مساعد این منطقه از نظر صنعتی نیز توسعه یافته و کارخانه سیمان شاهرود از

مهمترین مراکز صنعتی مستقر دراین محدوده مطالعاتی می‌باشد. از محصولات عمده کشاورزی دراین محدوده می‌توان به زردآلو، انگور، سیب، صیفی‌جات وگندم و جو اشاره نمود.



شکل ۲-۱ : موقعیت محدوده مطالعاتی بسطام [سازمان آب منطقه ای استان سمنان، ۱۳۸۹]

۲-۱-۲- سوابق مطالعاتی

وجود پتانسیل‌های بالقوه آبی و به‌ویژه آبخوان‌های آهکی ازدیرباز این حوزه را مورد توجه متخصصان آب قرارداده است که حاصل آن گزارشات متعدد آبی و اجرای طرح‌های تامین آب در این محدوده می‌باشد. با توجه به جریانات سطحی و زیرزمینی و بارندگی نسبتاً خوب دراین محدوده ایستگاه‌های آب و هواشناسی به منظور اندازه‌گیری پارامترهای هواشناسی، رژیم رودخانه‌ها و تغییرات دبی، احداث گردیده است.

چاه‌های اکتشافی متعددی در حوزه آهکی بسطام حفر شده که از بیشتر آنها درحال بهره‌برداری هستند. حفاری چاه‌های مشاهده‌ای به‌منظور اندازه‌گیری نوسانات سطح آب سفره حوزه آبریز بسطام نیز قبلاً انجام شده است و ماهیانه سطح آب قرائت می‌گردد. همچنین نمونه‌برداری کیفی از منابع آب به‌منظور بررسی کیفیت منابع از دیگر اقدامات موثر دراین محدوده بوده است که هم‌اکنون نیز جهت بررسی کیفیت سفره آب زیرزمینی و منابع آب سطحی حداقل سالی دو بار از منابع انتخابی زیرزمینی نمونه برداری شده است و مقادیر کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی آن اندازه‌گیری می‌شود.

۲-۱-۳- آب وهوای حوزه آبریز بسطام

پارامترهای مختلف اقلیمی این حوزه توسط دو ایستگاه تبخیرسنجی و دو ایستگاه باران‌سنجی ذخیره‌ای اندازه‌گیری می‌شود. با استفاده از اطلاعات این ایستگاه و ایستگاه‌های مجاور نقشه‌های هم‌باران و هم‌تبخیر و هم‌دما که شامل این محدوده مطالعاتی می‌شود تهیه گردیده است. باتوجه به این نقشه‌ها میانگین بارش در ارتفاعات این محدوده ۲۶۳ و در حوزه آبریز ۱۸۳ میلی‌متر و در کل حوزه معادل ۲۳۳ میلیمتر در سال می‌باشد. دما میانگین دمای حوزه معادل ۹/۳۵ درجه سیلیسیوس برآورد می‌گردد و متوسط تبخیر واقعی سالانه دراین محدوده برابر ۱۵۱/۵ میلی‌متر در سال محاسبه شده است. بدین‌ترتیب به‌طور متوسط ۶۵ درصد از کل بارش در منطقه به‌صورت تبخیر از دسترس خارج می‌گردد و مابقی یا به‌صورت آب‌های نفوذی موجب تقویت سفره‌های آب زیرزمینی شده و یا به‌صورت رواناب سطحی در حوزه جریان یافته که نقش بسزایی در تامین آب این محدوده و نیز تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی دارد.

۲-۱-۴- هیدرولوژی

محدوده مطالعاتی بسطام با توجه به توپوگرافی کوهستانی و زمین‌های پرشیب و از طرفی دارا بودن شرایط اقلیمی کوهستانی و بارش مناسب درخود رودخانه‌های دائمی و متعددی را جای داده است. این محدوده به ۳ زیر حوزه تقسیم شده است که مهمترین آن حوزه مجن می‌باشد که با عنایت به جریانات پایه سطحی از پتانسیل خوبی برخوردار می‌باشد. مساحت محدوده مطالعاتی بسطام ۱۳۳۰/۴ کیلومتر مربع بوده که ۶۴ درصد آن یعنی مساحتی معادل ۸۴۶ کیلومتر مربع را کوهستان و ارتفاعات و بقیه به وسعت ۴۸۴ کیلومترمربع را حوزه آبریز تشکیل می‌دهد، ارتفاع متوسط محدوده بالغ بر ۲۰۰۰ متر می‌باشد، از رودخانه‌های مهم حوزه که اغلب دارای دبی پایه می‌باشند می‌توان به رودخانه تاش، مجن، فرحزاد، میغان و ابرسج اشاره نمود. مجموع جریانات سطحی این محدوده از طریق کانال شاهرود و کال محمود آباد که در واقع زهکشی حوزه آبریز بسطام است وارد حوزه شاهرود شده و سپس از طریق کانال شاهرود و یا کال سیاه در جهت غرب به کویر حاج علیقی تخلیه می‌گردد. متوسط ضریب جریان در ارتفاعات ۳۰ درصد و در حوزه آبریز ۵ درصد برآورد می‌شود که بر این اساس پتانسیل آب‌های سطحی این حوزه حدود ۵ میلیون متر مکعب در سال برآورد می‌گردد. که غالب جریانات سطحی پایه آن به مصرف کشاورزی اهالی منطقه به‌ویژه در منطقه مجن می‌رسد.

ریزش نزولات جوی در ارتفاعات البرز که در شمال و شمال‌غرب حوزه آبریز واقع می‌باشند اغلب به‌صورت برف می‌باشند و همچنین وجود چشمه‌های آهکی تغذیه خوبی برای رودخانه تاش با دبی متوسط ۴۵۰ لیتر درثانیه، رودخانه استادژ با دبی حدود ۶۰ لیتر در ثانیه، رودخانه مجن با دبی متوسط ۳۵۰ لیتر درثانیه از ارتفاعات حوزه آبریز در جریان می‌باشد. به‌جز رودخانه‌های دائمی چندین رشته قنات و چشمه دیگر از طرف ارتفاعات به‌سمت حوزه آبریز بسطام کشیده شده و حوزه آبریز بسطام را تغذیه می‌نمایند. از رودخانه‌های مهم محدوده بسطام می‌توان به‌موارد زیر اشاره کرد.

الف) رودخانه داستان: ازنظر توپوگرافی حوزه‌ای است کوهستانی و پرشیب که اطراف آن‌را ارتفاعات بلند احاطه نموده است.

ب) رودخانه سرتنگه: ازنظر زمین‌شناسی شباهت زیادی به رودخانه داستان دارد و در خط‌القعر دره طویل با دو رشته کوه بلند و پرشیب دو طرف آن جریان دارد.

آب دائمی رودخانه از چند چشمه آهکی کارستی که ازسازند کرتاسه فوقانی در خط‌الرأس این حوزه گسترش نسبتاً قابل توجهی دارد تامین می‌شود که در طول مسیر نیز چشمه‌های کوچکی به آن می‌پیوندد. حداقل اندازه‌گیری‌های دبی ۷۴ و حداکثر ۱۰۳ لیتر در ثانیه در مواقع عادی می‌باشد و برای مواقع سیلابی چنان‌چه به‌طور متوسط ۳۵ لیتر در ثانیه در سال به آن اضافه می‌شود، دبی متوسط ۱۵۵ لیتر بر ثانیه و تخلیه ۴/۹ میلیون متر مکعب برآورد می‌گردد.

ج) رودخانه تاش: رودخانه تاش با وسعتی معادل ۱۲۹ کیلومتر مربع در شمال حوزه آبریز مجن قرار دارد این رودخانه از چند سرشاخه بنام پیرمیشی، سنگ سله و مرغزار که از آهک‌های تریاس (سازند الیکا) تغذیه می‌گردد، برآورد جریان متوسط سالانه رودخانه تاش ۳۷۰ لیتر درثانیه و تخلیه ۱۱/۷ میلیون متر مکعب برآورد می‌گردد. اکثر نزولات جوی با توجه به ارتفاعات منطقه به‌صورت برف می‌باشد. قله شاهوار با ارتفاع ۳۹۴۵ متر بلندترین ارتفاع منطقه را به‌خود اختصاص داده است.

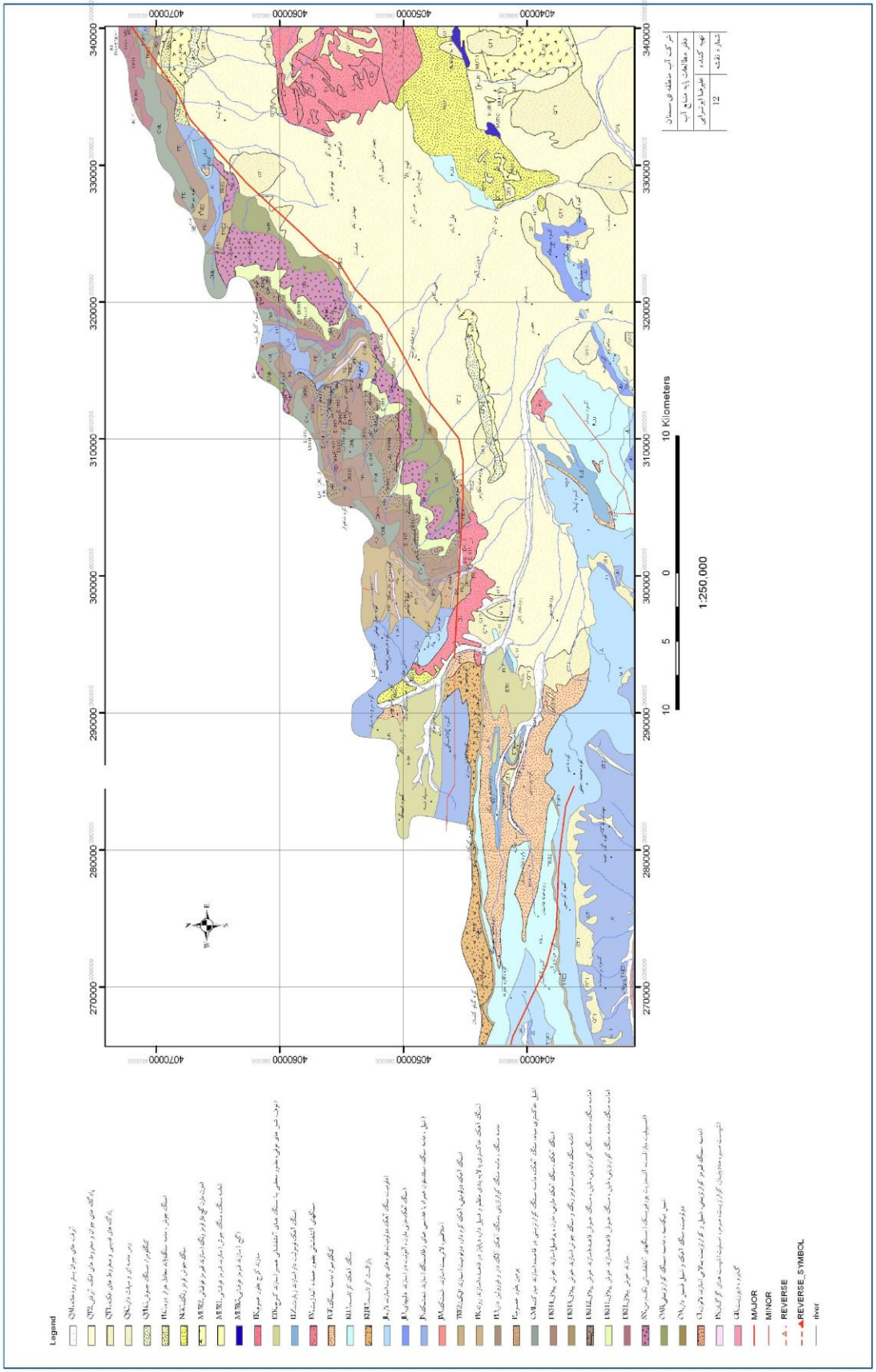
د) رودخانه استادژ: این مسیل دارای ۳۵ کیلومتر مربع وسعت داشته که انتهای حوزه آبریز آن به قله شاهوار منتهی می‌گردد و به‌همین لحاظ از نزولات جوی نسبتاً مناسبی برخوردار است. دبی پایه آن معادل ۸۵ لیتر در ثانیه که حجم سیلاب آن در دور برگشت ۲۵ سال معادل حدود ۶/۵ میلیون متر مکعب در سال می‌باشد.

ه) رودخانه میغان: دارای ۲۸/۱ کیلومتر مربع وسعت داشته انتهای حوزه آبریز آن مشابه حوزه آبریز استادژ به قله شاهوار منتهی می‌گردد دبی پایه رودخانه مزبور برابر ۱۱۵ لیتر بر ثانیه و حجم سیلاب آن در دور برگشت ۲۵ سال معادل حدود ۷/۵ میلیون متر مکعب در سال می‌باشد.

و) رودخانه ابرسج: با وسعتی معادل ۲۰ کیلومتر مربع از دبی پایه‌ای معادل ۴۵ لیتر بر ثانیه برخوردار است و حداکثر سیلاب در این حوزه معادل ۱/۰۸ متر مکعب بر ثانیه به ثبت رسیده است و سالانه معادل حدود ۳/۶ میلیون متر مکعب آب به حوزه آبریز مجن تخلیه می‌کند.

۲-۱- ۵- زمین شناسی عمومی:

حوزه آبریز بسطام در جنوب البرز شرقی قرار دارد و خود قسمتی از یال جنوبی ناودیس بزرگ میان آب می‌باشد. گسل مشافشم یا گسل آبیک فیروزکوه شاهرود شاخص‌ترین گسل منطقه محسوب می‌گردد که به موازات آن، یا با زاویه ۳۵ تا ۶۰ درجه گسل‌های بزرگ و کوچک دیگر منطقه را تحت تأثیر قرار می‌دهد [مهندسین مشاور سازند آب پارس، ۱۳۹۰]. از جمله گسل‌های فشاری شاهوار گسل مَرغزار، گسل تاش، داستان و گسل استادژ، دسته گسل‌های میغان و ابر و گسل‌های جنوب و شمال بسطام، گسل تپال، گسل سیاه مرز کوه و ... از مهمترین گسل‌های منطقه می‌باشد. عملکرد گسل‌های فوق، موجب تکرار یا حذف و یا تغییر ناگهانی در شیب و امتداد لایه‌ها شده است. در فاصله نه‌چندان دور، پهنه گرگان رشت (شمال منطقه) و در جنوب آن زون بینالود چهره‌پرداز منطقه و اطراف می‌باشد. منطقه مزبور با توجه به قرار گرفتن بین البرز در شمال و زون بینالود و ایران مرکزی در جنوب یکی از پرتکاپوترین مناطق محسوب که هنوز فعال می‌باشد. قدیمی‌ترین رسوبات مربوط به اردویسین (سازند ابستو) و جدیدترین آن مربوط به (نهشته های عهد حاضر) است. سازندهای در برگیرنده جنوب‌غربی، غرب و شمال‌غربی و شمال و شمال‌شرقی حوزه آبریز بسطام و مجن، با توجه به جنس رسوبات دربرگیرنده آن هیچ‌گونه محدودیتی به لحاظ کیفی در سفره آب زیرزمینی ایجاد نمی‌کنند. سازندهای دلیچای و شمشک با توجه به جنس رسوبات دربرگیرنده آن به عنوان سنگ کف جهت ذخیره آب در آهک‌های لار کرتاسه محسوب شده و خود مظهر ظهور چشمه‌های زیادی در منطقه شده‌اند وجود سازند دلیچای و در زیر آن سازند شمشک در منطقه تپال خود عاملی جهت آبدار بودن آهک‌های آن منطقه و در نهایت تأمین آب شهر شاهرود و بسطام شده است (شکل۲-۲).



شکل ۲-۲ : نقشه زمین شناسی محدوده مطالعاتی بسطام [سازمان آب منطقه ای استان سمنان، ۱۳۸۹]

در شرق و جنوب‌شرقی و بخشی از جنوب حوزه آبریز بسطام رسوبات نئوژن با ضخامت و وسعت زیاد منطقه را به‌لحاظ کمی و کیفی تحت تأثیر خود قرار داده است و به‌همین مناسبت در اطراف قهج و قلعه بلوچ و دامنه ارتفاعات جنوبی حوزه آبریز بسطام محدودیت‌هایی به لحاظ کمی و کیفی ایجاد کرده است.

تنوع سازند در این منطقه نسبتاً زیاد و آهک‌های لارکرتاسه و آهک‌های مبارک و رسوبات پرموتریاس (معادل سازند الیکا) و دونین تولید ارتفاعات بلند، صخره‌های مرتفع و غیرقابل عبور و پرتگاه‌های عمیق و با شیب تند نموده است. آهک‌های لارکرتاسه به‌طور کلی (در جنوب حوزه آبریز مجن و غرب و شمال‌غربی آن) کاملاً منطقه را تحت تأثیر قرار داده است. در مقابل آن رسوبات نئوژن به علت آن‌که لیتولوژی نرم‌تری داشته در مقابل عوامل فرسایش و هوازدگی مقاومت کمتری داشته و به همین لحاظ اشکال تپه‌ماهوری و یا کوه‌های کم‌ارتفاع را در منطقه موجود آورده که در جنوب حوزه آبریز بسطام (رسوبات نئوژن) به‌خوبی مشاهده می‌گردد.

در سرتاسر یال جنوبی ارتفاعات شمال حوزه آبریز بسطام و مجن و نیز بخش غربی و جنوبی حوزه آبریز مجن مخروط افکنه‌های متعددی مانند ابر، قلعه‌نو، میغان، نکارمن، استادژ، شاهوار، مجن، تنگه-دروازه و تپال تشکیل شده است که همگی آن‌ها از مصالح ناهمگون تشکیل شده و لایه‌های رسوبی به طور نسبتاً افقی روی هم قرار گرفته است. این توالی‌های رسوبی هنگام نزولات جوی و تولید سیلاب متأثر شده و مجموعه شیارهای آبرفتی را از دامنه ارتفاعات به‌سمت پایین‌دست و در نهایت خروجی حوزه آبریز به‌وجود آورده است که به‌طور نسبی از نفوذپذیری بالایی برخوردار بوده و خود عاملی جهت تشکیل سفره آب زیرزمینی منطقه شده است.

۲-۱- ۶- هیدروژئولوژی

باتوجه به مورفولوژی و نیز زمین‌شناسی حاکم دراین محدوده و به‌ویژه توسعه سازندهای کربناته که ازنظر هیدروژئولوژی این محدوده بسیار متنوع بوده و شامل آبخوان‌های سازند سخت و آبرفتی می‌باشد، آبخوان‌های سازند سخت به‌ویژه در ارتفاعات تپال و صحرای جلالی و حوزه مجن از توسعه خوبی برخوردار بوده و سفره‌های آبی غنی را ایجاد نموده‌اند. چشمه‌های فراوان و پرآب آهکی در حوزه مجن که سرچشمه رودخانه‌های دائمی منطقه هستند، در واقع ذخایر آبی آبخوان‌های آهکی را به‌طور طبیعی به سطح زمین تخلیه می‌کنند. همچنین در حوزه کوه تپال و صحرای جلالی حجم قابل

ملاحظه‌ای آب با کیفیت مناسب از طریق بیش از ۱۵ حلقه چاه آهکی جهت مصارف شرب استحصال می‌شود.

در رسوبات آبرفتی حاصل از فعالیت حوزه‌های متعددی که از کوهستان به‌سوی حوزه آبریز بار معلق خود را حمل و رسوب گذاری می‌کنند. آبخوان‌های آبرفتی کوچک وبزرگ ایجاد شده است.

ارتباط این آبخوان‌ها با سازندهای آهکی مجاور باعث شده تا علاوه بر تغذیه آنها از طریق آب‌های نفوذی سطحی از تغذیه زیرزمینی این آبخوان‌های غنی کارستیک نیز بهره‌مند شوند این وضعیت خصوصاً در حوزه آبریز بسطام کاملاً مشهود است. در اینجا به‌دلیل اهمیت آبخوان حوزه آبریز، مختصری از آن توضیح داده می‌شود.

این حوزه آبریز که در بخش شرقی محدوده مطالعاتی بسطام واقع شده به صورت مثلثی است که قاعده آن به سمت جنوب و وتر آن در امتداد شمال‌شرق، جنوب غرب به کوهپایه‌های شاهوار منتهی می‌شود رأس این مثلث در منطقه ابر قراردارد.

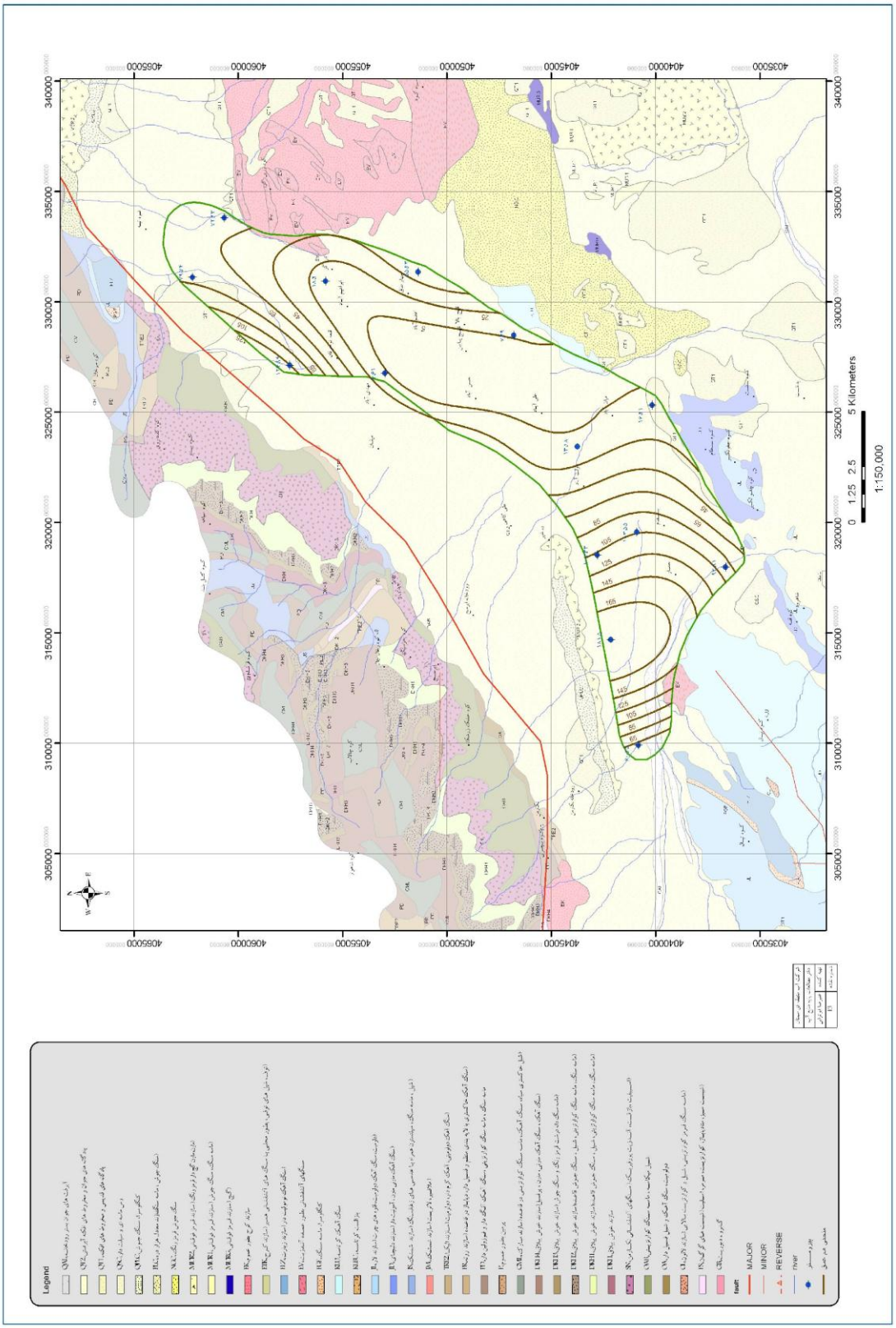
مطالعات ژئوفیزیک و حفاری‌های اکتشافی انجام شده [مهندسین مشاور سازند آب پارس، ۱۳۹۰] در حوزه آبریز نشان می‌دهد که عمق سنگ کف از نوسانات زیادی برخوردار است به‌طوری که سنگ کف حوزه آبریز در حاشیه جنوب‌غربی آهک، شیست و یا مواد ولکانیک تشکیل شده است. درنواحی شرقی حوزه آبریز از رسوبات کولابی میوسن و یا از سازندهای نئوژن بوده که از مرکز به سمت غرب و جنوب‌غرب به کنگلومرا تبدیل می‌شود.

همچنین نتایج این بررسی‌ها بیانگر وجود آبخوان غنی شرق حوزه آبریز بسطام و نیز مجن است. سنگ کف میوپلیوسن درمرکز و شمال‌غرب بالا آمده و رخنمون‌های پراکنده آن دربرخی‌از قسمت‌های مرکزی حوزه آبریز مشاهده می‌شود. آبرفت ناشی از فرسایش ارتفاعات شمالی حوزه آبریز که نسبتاً دانه‌درشت تا متوسط است آبخوان مفیدی با کیفیت مناسب در منطقه تشکیل داده است. این رسوبات ازفرسایش سازندهای شیلی و آهکی دوران اول و ژوراسیک تشکیل یافته است. آبرفت مذکور مهمترین منبع تغذیه حوزه آبریز بسطام محسوب می‌شود.

۲-۱-۶-۱- ویژگی‌های آبخوان

ضخامت آبرفت آبخوان بیش از ۱۵۰ متر و به‌طور متوسط ۷۰ متر است، ضخامت آبخوان این حوزه آبریز در بخش‌های مرکزی زیاد ولی در حاشیه‌های آن کم و محدود است در حد فاصل روستای میغان تا جنوب روستای ابرسج تراوایی آبرفت قابل ملاحظه بوده و از نظر هیدروژئولوژی مناسب است. بطور کلی در محدوده نواحی غربی بسطام و دره مجن آبرفت ضخامت قابل ملاحظه‌ای از رسوبات درشت دانه با حداکثر عمق ۲۰۰ تا ۳۰۰ متر دارد. براساس نتایج حاصله از آزمایش پمپاژ چاه‌های اکتشافی و نیز چاه‌های بهره‌برداری ضریب قابلیت انتقال این آبخوان حداکثر ۲۷۰۰ متر مربع در روز در مناطق ورودی حوزه آبریز بویژه اطراف شهر بسطام و حداقل بین ۷۵۰ تا۱۲۰۰ متر مربع در روز در نواحی مرکزی برآورد شده است. درنواحی شرقی و شمال‌شرق به‌دلیل بالا بودن سنگ کف ضرایب هیدرودینامیک سفره بسیار کم می‌باشد، ضریب ذخیره حوزه آبریز حدود ۶ تا ۷ درصد برآورد شده و با توجه به کاهش شدید این مقدار در نواحی شرق و جنوب‌شرق در محاسبه کسری مخزن حوزه آبریز متوسط این ضریب ۴ درصد درنظر گرفته می‌شود [سازمان آب منطقه ای سمنان، ۱۳۸۹].

براساس نقشه هم عمق حوزه آبریز (شکل۲-۳) حداکثر عمق در شمال بسطام ودر چاه مشاهده‌ای بیش از ۱۸۰ متر و به‌سمت حاشیه شرقی نواحی مرکزی به کمتر از ۲۰ متر کاهش می‌یابد، متوسط عمق سطح آب حوزه آبریز بسطام حدود ۶۰ متر می‌باشد باتوجه به نقشه مذکور جهت عمومی جریان سفره آب زیرزمینی از حاشیه شمال‌غربی و شمالی به‌سوی شرق و جنوب می‌باشد، این جهت منابع با منابع تغذیه غالب حوزه آبریز بسطام می‌باشد. تغذیه از جهت غرب حوزه آبریز از آهک‌های کوه تپال و صحرای جلالی می‌باشد. به‌همین جهت در اطراف شهر بسطام در نواحی جنوبی حوزه آبریز سفره آب زیرزمینی از کمیت و کیفیت مناسب‌تری برخوردار است.



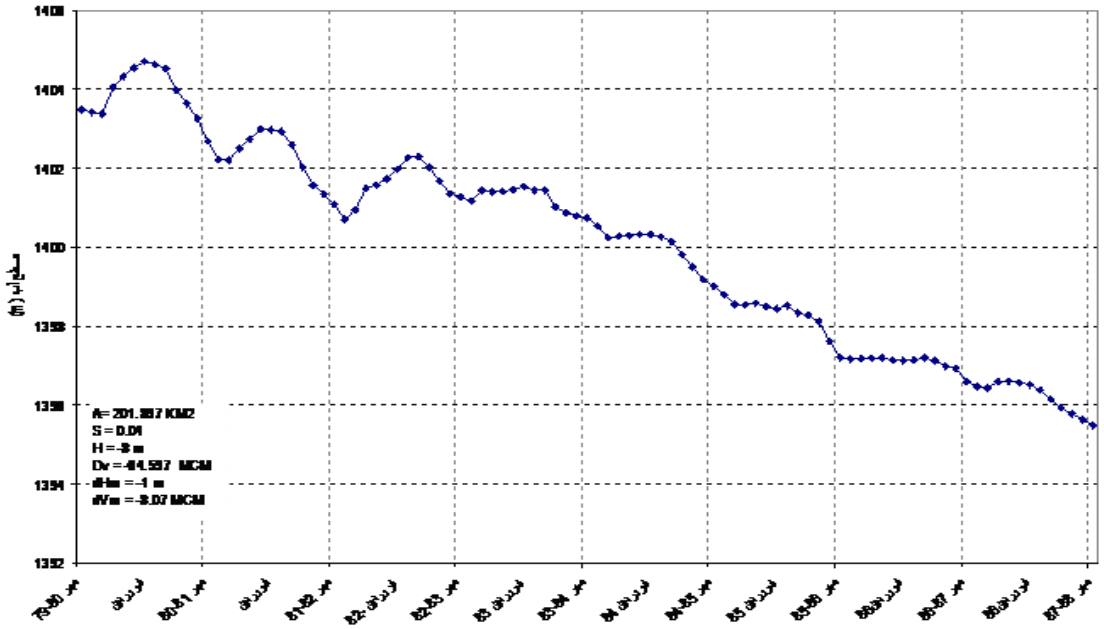
شکل ۲-۳ : نقشه منحنی هم عمق حوزه آبریز بسطام در مهر ماه ۱۳۸۶ (برحسب متر)

[سازمان آب منطقه ای استان سمنان]

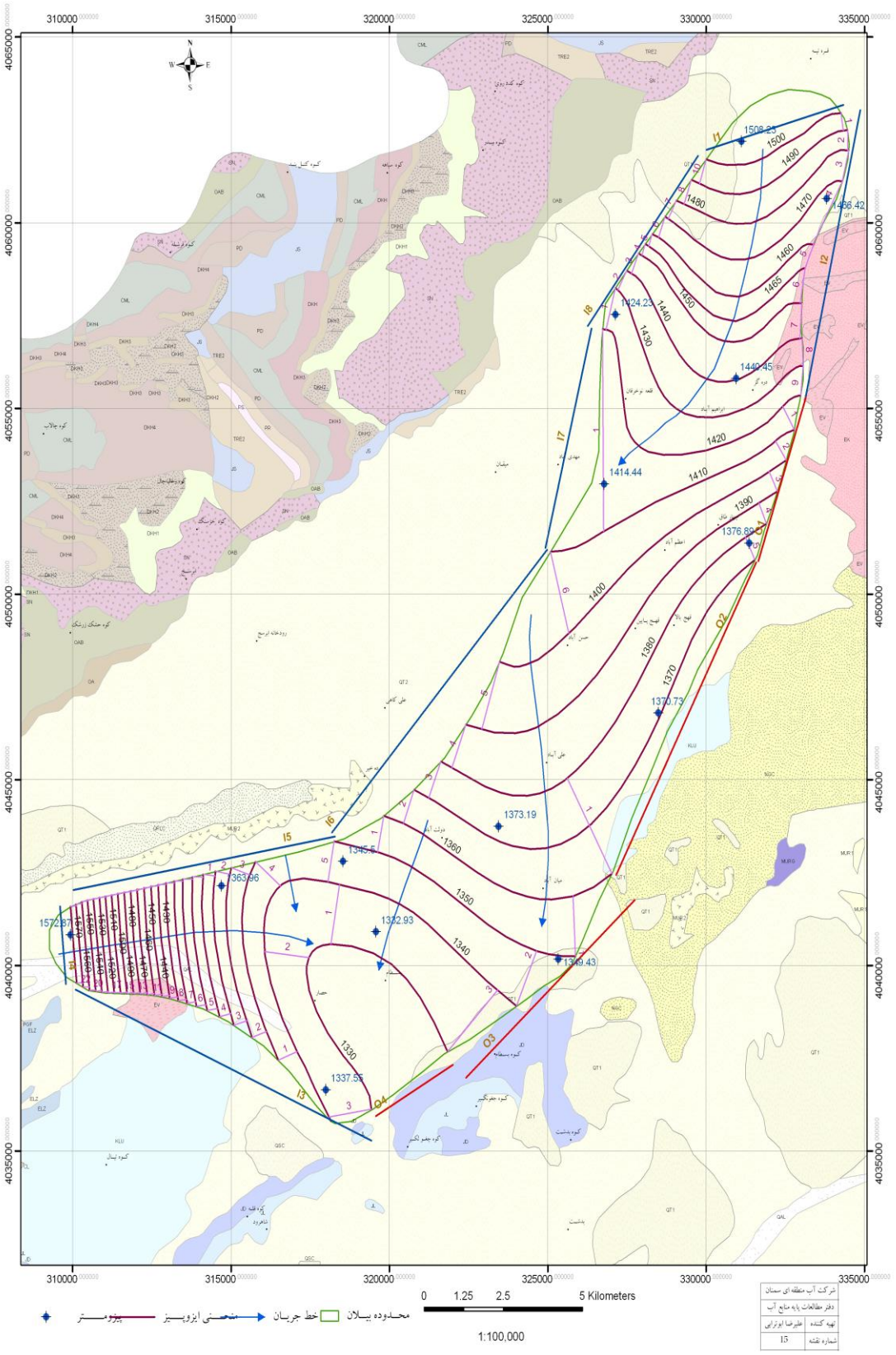
۲-۱-۶-۲- رفتار سنجی حوزه آبریز

در سال ۷۹ این حوزه آبریز به شبکه پیزومتری تجهیز شده که ماهیانه سطح آب چاه‌های مورد نظر اندازه‌گیری می‌شود. محدوده بیلان به‌وسعت ۲۰۱/۸۹۵ کیلومتر مربع از سال آبی ۸۰-۷۹ هیدروگراف معرف حوزه آبریز ترسیم گردیده است. براین اساس در طول پنج ساله آبی گذشته به‌طور متوسط ۱/۱۶ متر افت در حوزه آبریز ایجاد شده که با احتساب ضریب ذخیره ۴درصد متوسط کسری مخزن سالانه این حوزه آبریز ۹/۳۵ میلیون مترمکعب محاسبه شده است. در پنج ساله اخیر براساس هیدروگراف معرف مجموعاً حدود ۵/۷ متر افت و حجمی معادل ۴۶ میلیون متر مکعب کسری مخزن در این حوزه آبریز به‌وقوع پیوسته است. کمترین افت و کسری مخزن مربوط به سال آبی ۸۳-۸۲ به میزان ۰/۵۴ متر و بیشترین افت مربوط به سال ۸۵-۸۴ معادل ۱/۸۱ متر می‌باشد. شکل (۲-۴) هیدروگراف معرف واحد حوزه آبریز را از سال ۷۹ تا مهر ۸۷ نشان می‌دهد.

جهت جریان سفره آب زیرزمینی حوزه آبریز بسطام براساس نقشه ایزوپیز تهیه شده در مهر ۸۶ به‌طور عمومی از شمال و شمال‌غرب و غرب حوزه آبریز می‌باشد طوریکه کلیه جریانات زیرزمینی از مقطع جنوبی به حوزه آبریز شاهرود تخلیه می‌گردد. شکل (۲-۵) خطوط ایزوپیز و جهت جریان زیرزمینی را در حوزه آبریز مذکور نشان می‌دهد. نکته قابل توجه تغییر جهت جریان در بخش میانی حوزه آبریز به سوی شمال‌غرب می‌باشد.



شکل ۲-۴ : نمودار هیدروگراف واحد درازمدت حوزه آبریز بسطام [سازمان آب منطقه ای استان سمنان،۱۳۸۹]



شکل ۲-۵ : نقشه ایزوپیز حوزه آبریز بسطام در مهر ماه ۱۳۸۶ [سازمان آب منطقه ای استان سمنان،۱۳۸۶]

۲-۱-۷- وضعیت بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی

محدوده مطالعاتی بسطام شامل حوزه آبریز بسطام و حوزه آبریز مجن می‌باشد. منبع اصلی تامین آب در این محدوده بیشتر از طریق چاه‌های عمیق می‌باشد و با توجه به ممنوعیت منطقه تاکنون تعداد اندکی منبع آبی به حوزه آبریز افزوده شده است.

براساس آخرین آمار برداری یعنی سال ۸۲ تعداد ۳۴۷ حلقه چاه عمیق با تخلیه ۱۲۰/۶ میلیون متر مکعب، ۴۱ حلقه چاه نیمه‌عمیق با تخلیه ۱/۷ میلیون مترمکعب در سال، ۶۷ رشته قنات و۶۷۱ دهنه چشمه در محدوده فوق وجود دارد. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود چاه‌های عمیق بیشترین منابع آبی موجود در حوزه آبریز می‌باشد و حدود ۶۷٪ از کل آب استحصالی از چاه است (جدول۲-۱). کل آب استحصالی از محدوده حدود ۱۸۳/۳۹ میلیون مترمکعب برآورد می‌شود. مقدار ۱۵۱/۷۴ میلیون مترمکعب برای کشاورزی، ۱/۲۲ میلیون مترمکعب برای صنعت و ۳/۸۶ میلیون مترمکعب برای شرب مصرف می‌شود.

کل آب استحصالی از حوزه آبریز بسطام حدود ۷۲/۴۶ میلیون مترمکعب برآورد می‌شود که مقدار ۴۸/۴۱ میلیون مترمکعب آن برای کشاورزی، ۱/۱۳ میلیون مترمکعب آن برای صنعت و ۲/۱۲ میلیون مترمکعب آن برای شرب مصرف می‌شود. در ضمن میزان شرب شاهرود، ۱۷ میلیون مترمکعب می‌باشد.

جدول۲-۱: تعداد و میزان تخلیه منابع آبی محدوده مطالعاتی بسطام [سازمان آب منطقه ای سمنان]

نوع منبع	تعداد	حداکثر دبی	متوسط دبی	تخلیه سالانه (mcm
چاه عمیق	۳۴۷	۶۳	۲۱	۱۲۰/۶
چاه نیمه عمیق	۴۱	۱۷	۴/۱۲	۱/۷
قنات	۶۷	۱۲۰	۱۹/۶۳	۲۳/۴۲
چشمه	۶۷۱	۶۵	۵۶/۲	۳۷/۷۳

۲-۱-۸- کیفیت شیمیایی آب

به‌منظور بررسی کیفیت آب‌های زیرزمینی در محدوده مطالعاتی بسطام تعداد ۲۱ حلقه چاه به عنوان منابع انتخابی کیفی در نظر گرفته شده است که از این منابع هر شش ماه یک بار نمونه آب گرفته شده و مورد آنالیز شیمیایی کامل قرار می‌گیرد [سازمان آب مطقه ای استان سمنان،۱۳۸۹].

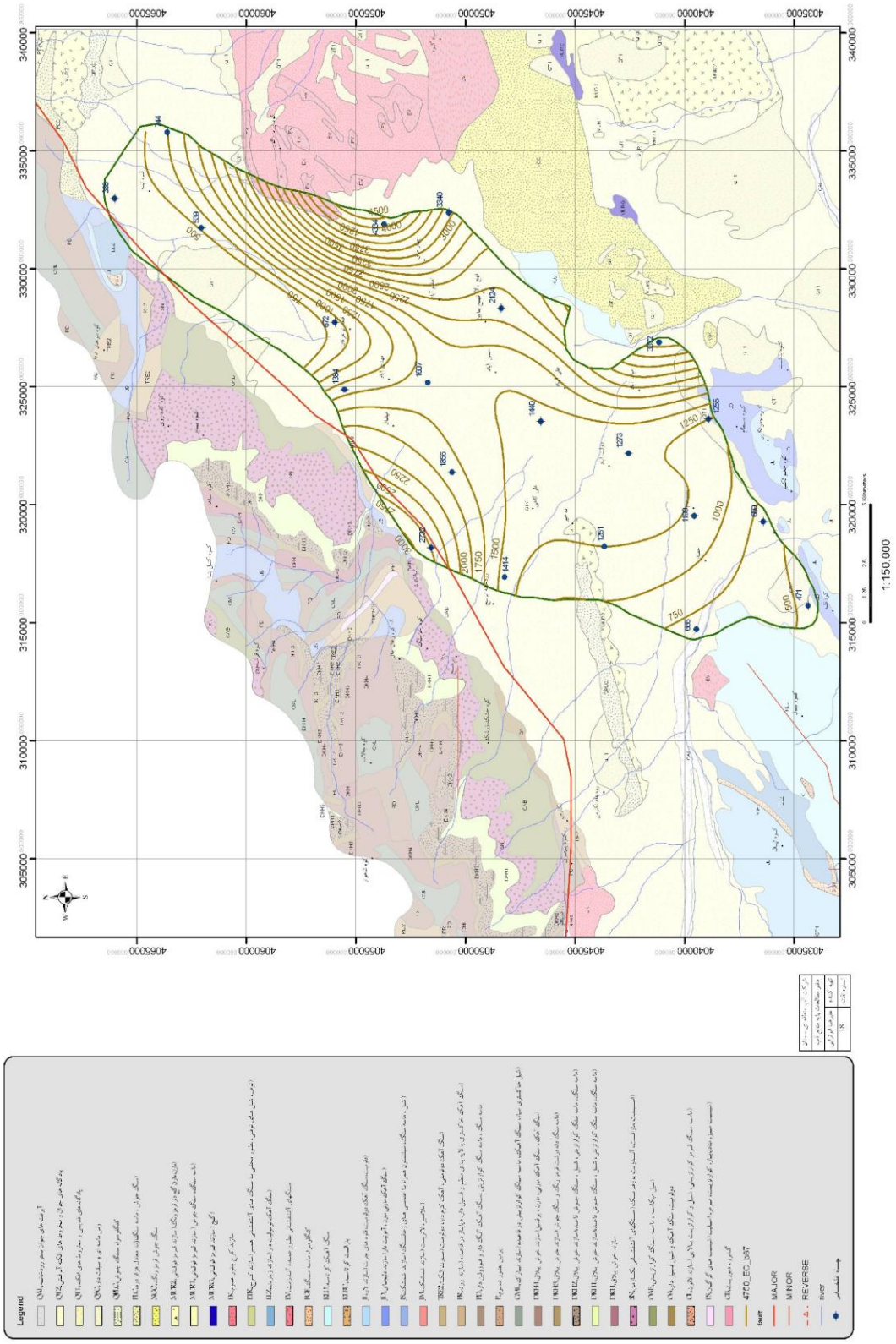
آنالیز کامل شیمیایی پارامترهای کیفی اندازه‌گیری شده شامل هدایت الکتریکی، باقیمانده کل جامد، ph، کاتیون‌ها شامل کلرور، کربنات، بیکربنات و سولفات و کاتیون‌ها شامل سدیم، منیزیم، کلسیم و پتاسیم است. جدول شماره (۲-۲) نتایج آنالیز شیمیایی را برای منابع انتخابی در سال ۸۹ نشان می‌دهد. بررسی روند تغییرات پارامترهای هیدروشیمیایی با استفاده از میانگین وزنی نتایج آنالیز شیمیایی منابع آب انتخابی کیفی انجام شده است.

شکل(۲-۶)، توزیع منحنی‌های هدایت الکتریکی حوزه آبریز بسطام را در مهر ماه ۱۳۸۶ نشان می‌دهد. همان‌گونه که در نقشه هم‌هدایت الکتریکی نیز مشخص است در مناطق شمالی و جنوبی مقدار هدایت الکتریکی کم و حدود ۶۰۰ می باشد در قسمت غرب این مقدار به ماکزیمم خود حدود ۴۰۰۰ میکروموس متر افزایش می‌یابد. کیفیت آب‌های زیرزمینی به‌طورکلی درجهت جریان سفره آب نا مطلوب‌تر شده و با توجه به جنس آبرفت و دوری از محل تغذیه و نیز جریانات سطحی آلاینده احتمالی کیفیت منابع آب تغییر می‌کند.

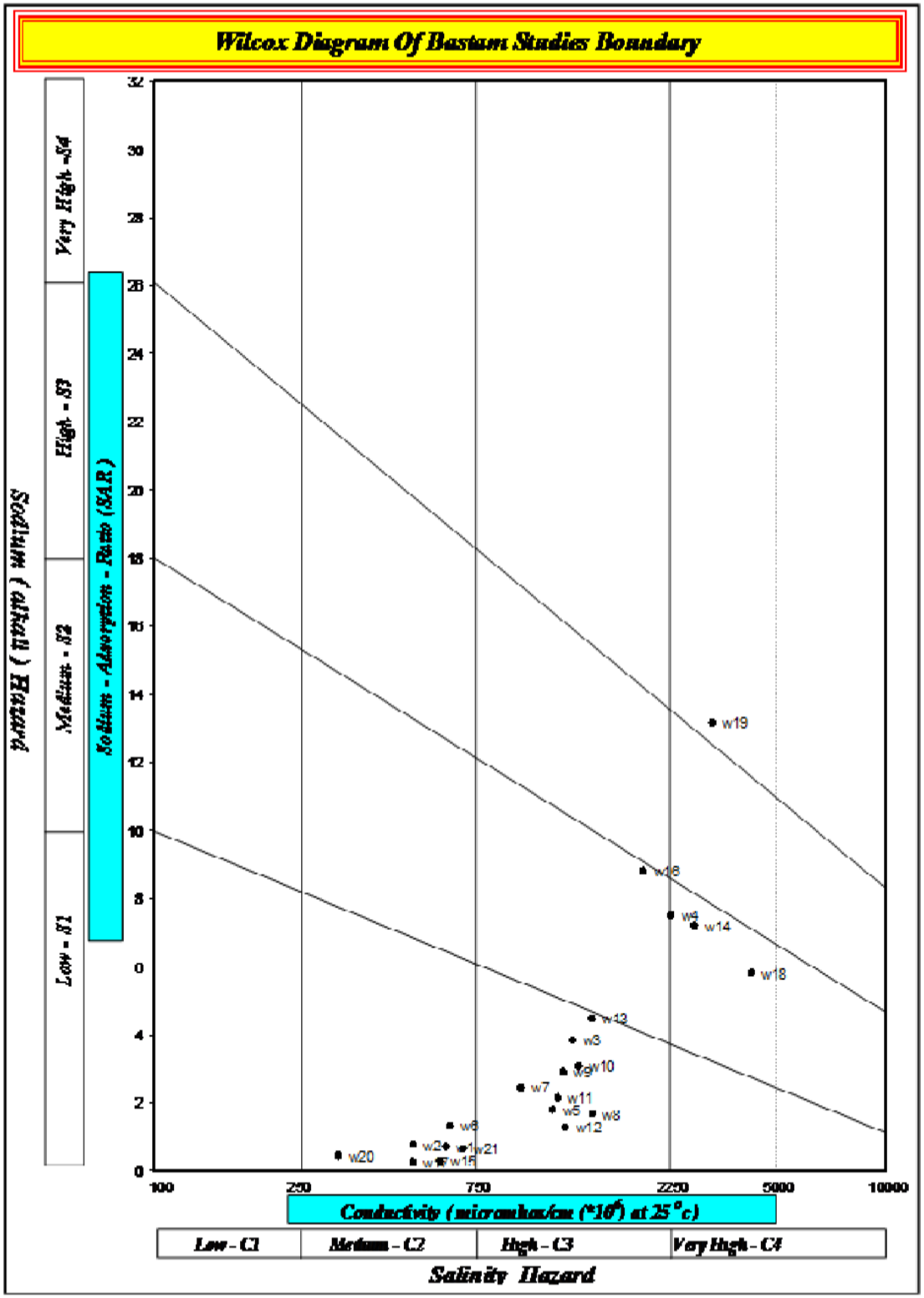
بررسی‌های صورت گرفته دردوره‌های مختلف براساس منابع آب انتخابی، نشان می‌دهد که از نظر مصرف کشاورزی تعدادی از منابع آبی از قابلیت کشاورزی نامناسب برخوردار بوده و زیان ناشی به گیاه و خاک به دلیل افزایش سدیم خیلی زیاد می‌باشد (شکل۲-۷).

جدول شماره ۲-۲ : آنالیز شیمیایی منابع انتخابی کیفی بسطام [سازمان آب منطقه ای استان سمنان،۱۳۸۹]

تاریخ	محل نمونه برداری	X	Y	EC	T.D.S	PH	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	K^{+}	HCo_3^{-}	Co_3^{2-}	Cl^{-}	So_4^{2-}	دما	علامت اختصاری
۱۳۸۶	ابر	۳۱۴۷۵۰	۴۰۳۹۴۵۰	۶۲۸	۳۹۵	۶/۶	۰/۷	۴/۸	۱/۲	۰	۳/۲	۰	۱/۵	۱/۷	۲۵	W1
۱۳۸۶	بسطام(پرو)	۳۱۵۷۵۰	۴۰۳۴۳۵۰	۵۱۱	۳۳۰	۶/۷	۱/۲	۲/۸	۱/۱	۰	۳/۶	۰	۱/۲	۰/۶	۲۵	W2
۱۳۸۶	قهج	۳۱۶۹۵۰	۴۰۴۸۲۰۰	۱۳۹۱	۸۹۳	۶/۵	۲/۳	۴/۷	۷/۲	۰	۳/۷	۰	۵/۴	۴/۵	۲۵	W3
۱۳۸۶	ابر	۳۱۸۲۰۰	۴۰۵۱۵۵۰	۲۵۸۶	۱۶۷۰	۶/۸	۳/۲	۵/۹	۱۶	۰	۳/۷	۰	۱۵/۲	۷/۱	۲۵	W4
۱۳۸۶	بسطام	۳۱۸۲۵۰	۴۰۴۳۶۵۰	۱۲۲۶	۷۸۸	۶/۸	۲/۶	۵/۴	۳/۶	۰	۳/۹	۰	۳/۷	۴/۸	۲۵	W5
۱۳۸۶	بسطام	۳۱۹۳۰۰	۴۰۳۶۴۰۰	۶۴۴	۴۱۲	۶/۷	۰/۹	۳/۶	۲	۰	۳/۲	۰	۱/۸	۲	۲۵	W6
۱۳۸۶	بسطام	۳۱۹۵۵۰	۴۰۳۹۵۵۰	۱۰۰۷	۶۴۷	۷	۲/۴	۳/۵	۴/۲	۰	۳/۶	۰	۳/۱	۴/۴	۲۵	W7
۱۳۸۶	ابرسج	۳۲۱۴۰۰	۴۰۵۰۶۰۰	۱۵۸۰	۱۰۱۵	۶/۸	۴/۲	۷/۲	۴	۰	۴/۱	۰	۵/۲	۶/۷	۲۵	W8
۱۳۸۶	ابرسج	۳۲۲۲۰۰	۴۰۴۲۵۵۰	۱۳۱۴	۸۴۵	۶/۹	۲/۲	۴/۹	۵/۵	۰	۳/۵	۰	۵/۶	۴/۲	۲۵	W9
۱۳۸۶	بسطام	۳۲۳۵۵۰	۴۰۴۶۵۵۰	۱۴۴۸	۹۲۶	۷/۴	۱/۶	۶/۲	۶/۱	۰	۴/۲	۰	۸/۵	۱/۹	۲۵	W10
۱۳۸۶	بسطام	۳۲۳۶۵۰	۴۰۳۸۹۰۰	۱۲۶۹	۸۱۵	۶/۶	۲/۵	۵/۵	۴/۳	۰	۳/۵	۰	۷/۷۵	۱/۶	۲۵	W11
۱۳۸۶	بسطام	۳۲۴۹۰۵	۴۰۵۵۵۰۰	۱۳۳۰	۸۵۵	۷	۲/۳	۸/۶	۳	۰	۳/۲	۰	۸/۱	۱/۸	۲۵	W12
۱۳۸۶	بسطام	۳۲۵۲۰۰	۴۰۵۱۷۰۰	۱۵۷۱	۱۰۱۰	۶/۹	۱/۶	۵/۳	۸/۳	۰	۳/۶	۰	۷/۶	۴/۷	۲۵	W13
۱۳۸۶	بسطام	۳۲۶۹۰۰	۴۰۴۱۱۵۰	۲۹۹۵	۲۱۹۰	۶/۸	۳/۸	۹/۸	۱۸/۸	۰	۳/۸	۰	۱۷/۴	۱۳/۳	۲۵	W14
۱۳۸۶	بسطام	۳۲۷۷۵۰	۴۰۵۵۹۵۰	۶۰۵	۳۹۰	۷/۶	۱/۱	۳/۷	۰/۴۵	۰	۳/۳	۰	۱/۷	۰/۸	۲۵	W15
۱۳۸۶	بسطام	۳۲۸۳۵۰	۴۰۴۸۳۵۰	۲۱۷۲	۱۳۹۰	۶/۷	۱/۲	۵/۴	۱۶	۰	۴/۳	۰	۱۱/۲۵	۶/۳	۲۵	W16
۱۳۸۶	شرب قلعه محمد آقا	۳۳۱۷۵۰	۴۰۶۲۰۵۰	۵۱۱	۳۳۰	۶/۹	۱/۴	۲/۹	۰/۴	۰	۳/۸	۰	۰/۵	۰/۸	۲۵	W17
۱۳۸۶	بسطام	۳۳۱۹۰۰	۴۰۵۳۷۰۰	۴۲۸۹	۲۷۸۰	۶/۸	۷/۱	۱۵/۶	۱۹/۶	۰	۲/۸	۰	۳۷	۳/۸	۲۵	W18
۱۳۸۶	بسطام	۳۳۲۴۰۰	۴۰۵۰۷۵۰	۳۳۵۱	۲۱۴۵	۶/۷۵	۴	۳/۸	۲۶	۰	۳/۸	۰	۲۹	۳	۲۵	W19
۱۳۸۶	بسطام	۳۳۳۰۰۰	۴۰۶۶۰۰۰	۳۱۹	۲۰۵	۷/۱	۰/۹	۱/۵	۰/۵	۰	۲/۴	۰	۰/۳۵	۰/۴	۲۵	W20
۱۳۸۶	بسطام	۳۳۵۸۰۰	۴۰۶۳۶۰۰	۶۹۹	۴۵۰	۷/۳	۱/۸	۳/۷	۱/۱	۰	۴/۱	۰	۱/۱	۱/۹	۲۵	W21



شکل ۲-۶ : نقشه منحنی هم هدایت الکتریکی حوزه آبریز بسطام در بهار۸۷ (برحسب میکروموهس بر سانتیمتر [سازمان آب منطقه ای استان سمنان،۱۳۸۷]



شکل ۲-۷ : دیاگرام ویلکوکس محدوده مطالعاتی بسطام [سازمان آب منطقه ای استان سمنان،۱۳۸۹]

۲-۲- سنجش از دور و کاربرد آن در مدیریت منابع آب

۲-۲-۱- مقدمه

از دیر باز روش‌های مختلفی برای جمع‌آوری داده‌ها بخصوص داده‌های مکانی وجود داشته است. انجام مشاهدات نجومی، نقشه‌برداری زمینی، هیدروگرافی، فتوگرامتری و سنجش‌ازدور روش‌های عمده جمع‌آوری اطلاعات مکانمند می‌باشد. سنجش‌ازدور[1] از زمره روش‌های جمع‌آوری داده‌ها محسوب می‌شود که در آن‌ها تماس فیزیکی با اشیاء مورد اندازه‌گیری در حداقل ممکن است. در مقابل روش‌های زمینی که در آن‌ها عامل انسانی وظیفه برداشت و تفسیر را بر عهده دارد و معمولا در تماس مستقیم یا با فاصله کم از اشیاء انجام می‌شود در سنجش‌ازدور جمع‌آوری داده‌ها برعهده سنجنده است.

۲-۲-۲- سنجش‌ازدور

بطورکلی سنجش‌ازدور را می‌توان تکنولوژی کسب اطلاعات و تصویربرداری از زمین با استفاده از تجهیزات هوانوردی مثل هواپیما، بالن یا تجهیزات فضایی مثل ماهواره نامید[Sener, et al, 2004]. به عبارت دیگر سنجش از دور علم و هنر بدست آوردن اطلاعات در مورد هر موضوع تحت بررسی به وسیله ابزاری است که در تماس فیزیکی با آن نباشد. مزیت برتر اطلاعات ماهواره‌ای نسبت به سایر منابع اطلاعاتی، پوشش تکراری آنها از نواحی معین با فاصله زمانی مشخص است. در سنجش از دور، انتقال اطلاعات با استفاده از تشعشعات الکترو مغناطیسی (EMR) انجام می‌گیرد [زبیری، ۱۳۷۵].

امروزه سنجش از دور به‌عنوان یک ابزار بسیار قوی مطرح بوده که جایگاه خاصی در پایش منابع طبیعی بخصوص پایش منابع آب‌دارا می‌باشد. با توجه به اینکه وسعت بسیار زیادی از سطح زمین پوشیده از آب است جهت مطالعات منابع آب، اقدامات میدانی کاری پردردسر و پرهزینه بوده جایگاه خود را به پردازش تصاویر ماهواره‌ای داده است. اقداماتی نظیر بررسی کیفیت آب شامل مطالعات شوری، بررسی مواد معلق و رسوب، بررسی رنگ آب، بررسی وجود فیتوپلانگتون‌ها و جلبک‌ها در آب، میزان‌کلروفیل و همچنین مطالعات کمی منابع آب شامل اندازه‌گیری‌های تغییرات عمق و یا ژرفاسنجی منابع آب از جمله اقداماتی است که می‌توان به‌کمک سنجش از دور انجام داد [Krishnamurthy, et al., 2000].

[1] . Remote Sensing

این تحقیق با هدف شناساندن نقش سنجش از دور در مطالعات آب‌های زیرزمینی تدوین گردیده است تا راه‌گشایی باشد در استفاده از این تکنیک در پتانسیل‌یابی آب‌های زیرزمینی کشور.

این تعریف گرچه کمی قدیمی است ولی تا حد زیادی وظایف و قابلیت‌های مهم سنجش از دور را بیان می‌دارد. بر اساس این تعریف و روند جاری سنجش از دور می‌توان یک سیستم سنجش از دور را به دو بخش تقسیم کرد:

۱- بخش جمع‌آوری داده‌ها

۲- بخش استخراج اطلاعات

حاصل بخش جمع‌آوری داده‌ها، داده‌های سنجش از دوری هستند که به شکل تصاویر، عکس‌ها، داده‌های ارتفاعی و نظایر آن‌ها به کاربران ارائه می‌شوند.

این بخش از چهار عنصر اساسی تشکیل شده است:

۱- منبع انرژی[1]: موج الکترومغناطیس را تولید کرده و آن را از طریق اتمسفر به سمت اشیاء گسیل می‌دارد. در اغلب اوقات منبع انرژی خورشید است ولی در بعضی از سیستم-های سنجش از دور منبع انرژی همان سنجنده است که امواج الکترومغناطیس را در طول موج‌های خاصی تولید می‌کند.

۲- اتمسفر: موجی که از منبع انرژی به سمت اشیاء حرکت می‌کند در راه خود از واسطه‌ای به نام اتمسفر عبور می‌کند. اثرات مهم اتمسفر بر روی انرژی ارسالی عبارتند از: جذب و تفریق

۳- اشیاء و پدیده‌ها: قسمتی از موج الکترومغناطیس پس از تعامل با اتمسفر بالاخره به اشیاء برخورد می‌کند و قسمتی از آن انعکاس یافته، قسمتی جذب شده و قسمتی از شیء عبور می‌کند. قسمت انعکاس یافته دوباره از طریق اتمسفر به سمت فضای بیرون هدایت می‌شود و قسمتی از آن به سنجنده می‌رسد.

۴- سنجنده‌ها: سنجنده انرژی ارسال شده از طرف اشیاء را دریافت، اندازه‌گیری و ثبت می‌کند. سنجنده‌ها برای نگهداری و انتقال (در مدار یا فضا) نیاز به سکویی دارند که اغلب هواپیما یا ماهواره است.

[1] . Energy Source

حاصل تعامل چهار مولفه یاد شده معمولا تصاویری است که در بخش استخراج اطلاعات بکار گرفته می‌شوند. در مرحله بعد تصویر مورد آنالیز قرار می‌گیرد تا اطلاعات مورد نیاز از آن استخراج شود. به‌طور کل آنالیز تصاویر را از لحاظ تئوری می‌توان نگاشتی از تصویر به همراه اطلاعات دانست که به دو صورت تفسیر بصری (روش سنتی) و روش کامپیوتری انجام می‌پذیرد. در روش اول کارشناس با کمک ایجاد انواع ترکیب‌های رنگی و تجربیات گذشته عوارض را بر اساس رنگ، بافت و دیگر پارامترها شناسایی می‌کند. در صورتی‌که در روش‌های کامپیوتری علیرغم دخالت عامل انسانی در نهایت تصمیم‌گیری با الگوریتم کامپیوتری می‌باشد که هر پیکسل از تصویر متعلق به چه کلاس یا عارضه‌ای بر روی سطح زمین است.

تفکیک‌پذیری فضایی در واقع منطقه‌ای است که سنجده در یک دید آنی پوشش می‌دهد. تصاویر رقومی از سلول‌های کوچکی به‌نام پیکسل تشکیل شده‌اند، که این پیکسل‌ها واحدهای تشکیل دهنده تصویر می‌باشند. اندازه این پیکسل‌ها میزان تفکیک‌پذیری فضایی را تعیین می‌کند. هر چه این پیکسل‌ها کوچک‌تر باشند، تفکیک‌پذیری فضایی بیشتر خواهد بود. اندازه پیکسل برای سنجنده آشکار ساز موضوعی ETM+ سی متر در سی متر است [Moutaz, 2001].

عبارت تفکیک‌پذیری طیفی به محدوده‌ای باز می‌گردد که باندهای طیفی یک سنجنده می‌تواند آن ها را بر روی تصاویر چند طیفی ثبت نماید. علاوه بر محدوده و عرض این باندها موقعیت آن‌ها در طیف الکترومغناطیس و تعداد این باندها نیز خیلی مهم است. پهنای کمتر محدوده باندی به معنی تفکیک‌پذیری طیفی بیشتر است اما البته تعداد باندهای طیفی هم باید کافی باشد تا بتوان هدف را در تصویر شناسایی نمود.

تفکیک‌پذیری رادیومتریک تعداد سطوح رقومی است که برای نشان دادن داده‌های ثبت شده توسط یک سنجنده به‌کار می‌رود. مقدار جزئیات قابل دید در تصویر با افزایش تعداد ارقام دودویی (بیت ها)، افزایش پیدا می‌کند. تصاویر چند طیفی به‌دست آمده از سنجنده ETM+ تفکیک پذیری رادیومتری ۸ بیت و ۲۵۶ سطح درخشش که صفر برای سیاه و ۲۵۵ برای سفید است را دارد.

سنجش از دور در بسیاری از زمینه‌های علمی و تحقیقاتی کاربردهای گسترده‌ای دارد. از جمله کاربردهای فن سنجش از دور می‌توان به استفاده از آن در زمین‌شناسی، آب‌شناسی، معدن، شیلات، کارتوگرافی، جغرافیا، مطالعات زیست‌شناسی، مطالعات زیست-محیطی، سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، هواشناسی، کشاورزی، جنگلداری، توسعه اراضی و به‌طور کلی مدیریت منابع زمینی و غیره اشاره کرد.

مهمترین قابلیت‌های داده‌های سنجش از دور

داده‌های سنجش از دور به‌دلیل یکپارچه و وسیع بودن، تنوع طیفی، تهیه پوشش‌های تکراری و ارزان بودن، در مقایسه با سایر روش‌های گردآوری اطلاعات از قابلیت‌های ویژه‌ای برخوردار است که امروزه عامل نخستین در مطالعه سطح زمین و عوامل تشکیل‌دهنده آن محسوب می‌شود. امکان رقومی بودن داده‌ها موجب شده است که سیستم‌های کامپیوتری بتوانند از این داده‌ها به‌طور مستقیم استفاده کنند و سیستم‌های داده‌ها جغرافیایی و سیستم‌های پردازش داده‌های ماهواره‌ای با استفاده از این قابلیت طراحی و تهیه شده است. سهل‌الوصول بودن داده‌ها، دسترسی سریع به نقاط دور افتاده و دقت بالای آنها از امتیازات خاص این فن محسوب می‌شود.

۲-۲-۳- کاربردهای مهم سنجش از دور

در زمینه داده‌های ماهواره‌ای می‌توان به‌طور اختصار به موارد زیر اشاره کرد:

۲-۲-۳-۱- مطالعه تغییرات دوره‌ای

برخی از پدیده‌ها و عوارض سطح زمین در طی دوره زمانی تغییر می‌یابد. علت این تغییرات می‌تواند عوامل طبیعی مانند سیل،آتش‌فشان، زلزله، تغییرات آب و هوایی، یا عوامل مصنوعی مانند دخالت انسان در محیط‌زیست باشد.

۲-۲-۳-۲- مطالعات زمین‌شناسی

با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای می‌توان مرزهای بسیاری از سازندهای زمین‌شناسی را از یکدیگر تفکیک کرد، گسله‌ها را مورد مطالعه قرار داد و نقشه‌های گوناگون زمین‌شناسی تهیه کرد. از جمله نقشه‌های زمین‌شناسی گوناگون که با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای می‌توان تهیه کرد، نقشه گسله‌ها و شکستگی‌ها، نقشه سازندهای سنگی مختلف، نقشه خاک‌شناسی و نقشه پتانسیل ذخایر تبخیری سطحی را می‌توان نام برد. افزون بر این باتوجه به گستره بسیار وسیع زیر پوشش هر تصویر ماهواره‌ای، چنین تصاویری برای مطالعات کلان

منطقه‌ای برای زمین‌شناسان بسیار مفید است. در ادامه به صورت خلاصه به کاربرد سنجش از دور در زمین‌شناسی اشاره شود:

اکتشاف معادن، تهیه نقشه خطواره‌ها و نقشه شکستگی‌ها و تفسیر زمین‌ساخت ناحیه بر اساس آن، تعیین محدوده‌هایی با ساختارهای گنبدی، تهیه نقشه نواحی دگرسانی (آلتراسیون ها)، تعیین نقشه نواحی امید بخش معدنی.

۲-۲-۳-۳- مطالعات کشاورزی و جنگلی

تشخیص و تمایز گونه‌های گیاهی مختلف، محاسبه سطح زیر کشت محصولات کشاورزی، مطالعه مناطق آسیب‌دیده کشاورزی بر اثر کم‌آبی یا حمله آفت‌های مختلف به آن‌ها از جمله مهمترین کاربردهای داده‌های ماهواره‌ای است.

۲-۲-۳-۴- مطالعات دریایی

از تکنولوژی سنجش از دور به‌خصوص در چند زمینه مهم کاربردهای دریایی می‌توان استفاده کرد. که از آن جمله مطالعات دوره‌های پیشروی و پسروی کرانه دریا، مطالعات عمومی ویژگی‌ها و خصوصیات توده‌های آبی مثل نقشه دمای سطح و رنگ آب و نقشه تراکم میزان کلروفیل و پلانکتون و مطالعات مربوط به تأثیر سایر پدیده‌ها بر دریا، از جمله وضعیت حرکت و تندی امواج دریا و غیره هستند.

۲-۲-۳-۵- مطالعه بلایای طبیعی

امروزه برآورد میزان خسارت ناشی از بلایای طبیعی از قبیل سیل، زلزله، آتشفشان، طوفان، زمین لغزش، فرونشست و غیره با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای بسیار متداول است.

۲-۲-۳-۶-کاربرد سنجش از دور در پایش منابع آب

بیش از ۷۰٪ سطح زمین پوشیده از آب است بنابراین پایش و مدیریت این منبع عظیم بسیار مهم می باشد. یکی از مناسب‌ترین ابزار جهت بررسی و مطالعات منابع آب استفاده ار سنجش از دور است [موسوی و همکاران، ۱۳۸۷]. سنجش از دور علم وسیع و گسترده‌ای است که در بسیاری از زمینه‌ها کاربرد دارد و در طول سه دهه گذشته نقش و کاربرد آن در زمینه هیدرولوژی رشد بسیار زیادی داشته است. سنجش از دور علم وکسب اطلاعات بدون تماس نزدیک با آنها است. تکنیک سنجش از دور این امکان را فراهم می‌کند که پایش منابع آب آسان‌تر و با هزینه کمتر انجام گردد. سنجش از دور متکی بر انرژی بازتابی از پدیده‌ها است. خصوصیات بازتاب انرژی از آب تابع آب و مواد موجود در

آب (مواد آلی و معدنی) است. وجود مواد معلق، خزه‌ها و جلبک‌ها در آب، تلاطم آب و تغییرات حرارتی در طول روز بر میزان بازتاب انرژی از آب موثر است [زبیری، ۱۳۷۵].

فن سنجش از دور بر پردازش، بارزسازی و تجزیه و تحلیل داده های ماهواره‌ای استوار است. از جمله داده‌های ماهواره‌ای که بدین منظور می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد می‌توان به داده‌های حاصل از سنجنده TM و +ETM ماهواره لندست و سنجنده CZCS ماهواره نیمباس ۷[1] و داده‌های ماهواره اسپات[2] و نوا[3] و.... اشاره کرد.

تعیین مقدار رسوب و مواد معلق در آب از نظر کارهای مهندسی اهمیت فراوانی دارد، مواد معلق به شدت به جریان آب وابسته است و نشان‌دهنده مقدار حرکت رسوب در رودخانه‌ها می‌باشد. مواد معلق معمولا در طول بارندگی و بلافاصله بعد از وقوع بارندگی افزایش می‌یابد و ته‌نشین‌شدن آن سبب تخریب محل زندگی گیاهان آبزی می‌گردد.

می‌توان از موادمعلق رسوبی به‌عنوان ردپایی برای تشخیص آلوده‌کننده‌ها نیز استفاده کرد [خدایی، ۱۳۷۹].

رنگ آب نیز بیان‌کننده اطلاعات کیفی آب مانند تولیدات بیولوژیک می‌باشد. این پارامتر کیفی نشان‌دهنده زندگی یا عدم زندگی موجودات در آب می باشد. رنگ آب در جاه‌هایی که‌جلبک پلانگتون موجود باشد بصورت سبز تیره به نمایش در می‌آید.

مطالعه فراوانی فیتوپلانگتون‌ها[4] از این نظر مهم است که این جلبک‌ها زنجیره اصلی مواد غذایی در اقیانوس‌ها می باشند بنابراین بررسی رنگ آب به عنوان یک پارامتر کیفی آب بسیار مهم می‌باشد.

نتایج حاصل از چندین طرح تحقیقاتی نقش مثبت سنجش از دور را در مطالعات منابع آب تایید کرده است.

خرم و چشیر در سال ۱۹۸۵، از داده‌های سنجنده MSS ماهواره لندست جهت بررسی کیفیت آب استفاده نموده و برای پارامترهای کیفی آب مدل ارزیابی ارائه نمودند. بدین‌منظور از ۵۰ منطقه در خلیج سان‌فرانسیسکو نمونه‌گیری انجام داده و سپس مدل رگرسیونی بین پارامترهای کیفیت آب و میانگین ارزش‌های انعکاسی[5] باندهای مختلف لنست را بسط دادند و برای هر کدام از پارامترهای

[1] . Nimbos 7 satellite
[2] . SPOT satellite
[3] . NOAA satellite
[4] . Phytoplanktons
[5] . Radiance

شوری[1]، تیرگی[2]، مواد معلق[3] و کلروفیل مدلی ارائه نمودند و از این مدل‌ها برای پیش‌بینی و تهیه نقشه پارامترهای کیفی آب استفاده کرد. آنها بیان نمودند که یک همبستگی قوی بین شوری و تیرگی آب وجود دارد بنابراین آب شور معمولا تیرگی بیشتری از آب شیرین دارد. آنها همچنین برای بررسی کلروفیل وتهیه نقشه موضوعی آن، نسبت‌گیری طیفی را پیشنهاد نمودند، به‌طوری‌که نسبت باند آبی-قرمز (۵۲۰-۴۵۰) به مادون قرمز نزدیک (۱۰۵۰–۹۱۰) برای غلظت‌های کم کلروفیل و نسبت بین دو باند قرمز(۶۹۰–۶۳۰) به مادون قرمز نزدیک (۷۵۰-۶۹۰) برای غلظت‌های زیاد کلروفیل را پیشنهاد دادند.

برگاوا و ماریام در سال۱۹۹۲، تاثیر توام شوری و رسوبات جامد معلق را بر میزان انعکاس طیفی آب در آزمایشگاه مورد بررسی قرار داده و نتیجه گرفتند که میزان انعکاس با غلظت مواد معلق رابطه مستقیم و با سطح شوری رابطه عکس دارد. بدین‌ترتیب که با افزایش شوری و کاهش مواد معلق، انعکاس طیفی کاهش یافته و با کاهش شوری و افزایش مواد معلق، انعکاس طیفی افزایش پیدا می‌کند.

سروان و بابان در سال۱۹۹۳، با استفاده از داده‌های TM ماهواره لندست، پارامترهای کیفی آب مانند مواد جامد معلق، شوری، فسفر کل و دما را مورد مطالعه قرار داده و با استفاده از داده‌های میدانی رابطه بین باندهای سنجنده TM و پارامترهای کیفی آب را مدل‌سازی کرد. وی از این مدل‌ها برای پیش‌بینی و تهیه نقشه پارامترهای کیفی آب استفاده نمود.

علوی‌پناه و خدائی در سال۱۳۸۱، به بررسی شوری و مواد معلق به عنوان دو پارامتر کیفی آب در دریاچه ارومیه پرداختند. بدین‌منظور از داده‌های TM ماهواره لندست در دو زمان مختلف استفاده گردید. آنها بیان نمودند که باند ۳ و ۶ سنجنده TM برای بررسی توزیع و پراکنش بار معلق و شوری مناسب‌تر از بقیه باندها هستند[Parizek, 2002].

[1] . Sensation
[2] . Turbidity
[3] . Suspense Material

۲-۲-۳-۸- ارزیابی کمی منابع آب به کمک سنجش از دور

به‌کمک سنجش از دور می‌توان تغییرات عمق را در آب‌های کم عمق مانند دریاچه‌ها، استخرها، سواحل دریاها و ... اندازه گیری نمود [زبیری، ۱۳۷۵]. همان‌طوری که ذکر گردید سنجش از دور متکی بر انرژی بازتابی از پدیده‌ها است، بنابراین علت اینکه نمی‌توان در آب‌های عمیق ژرفاسنجی را به‌کمک سنجش از دور انجام داد این است که هیچ‌کدام از طول موج‌ها قادر نیستند تا بیش از ۳۰ متر در آب نفوذ کنند بنابراین بازتاب آبهای خیلی عمیق عملا ناچیز و صفر می‌باشد.

انرژی با طول موج‌های بلندتر از ۰,۷ میکرومتر به‌ندرت در آب نفوذ می‌کنند وتنها انرژی‌های کمتر از این مقدار می‌تواند در آب نفوذ نمایند.

به‌طور کلی می‌توان این طور بیان نمود که در اعماق کمترآب، طول موج‌های مرئی می‌توانند در آب نفوذ کنند و به ته آب برسند و بازتاب نماید. مثلا طول موج آبی (۰,۴-۰,۵ میکرومتر) در عمق کمتر از ۳۰ متر به ته آب می‌رسد و مقداری بازتاب می‌نماید، این بازتاب با کاهش عمق بیشتر خواهد شد. در آب‌های با عمق دو یا سه متر یا کمتر، نور قرمز نیز (۰,۶-۰,۷ میکرومتر) به کف آب می-رسد و میزان بازتاب نور قرمز نیز افزایش می‌یابد [زبیری، ۱۳۷۵].

همان‌طوری‌که ذکر گردید اگر عمق آب زیاد باشد انرژی قبل از رسیدن به کف آب جذب می‌شود ولی در آب‌های کم عمق قسمتی از انرژی مرئی به کف آب رسیده و باز می‌تابد که قسمتی از آن قادر است بدون جذب شدن به سطح آب برسد. نور آبی و سبز برای نفوذ در آب بهتر از نور قرمز عمل می‌کنند و مادون‌قرمز به سختی می‌تواند در آب نفوذ کند. بنابراین با مقایسه بازتاب این باندها می‌توان عمق آب را تعیین کرد. استفاده از داده‌های سنجنده TM و +ETM ماهواره لندست بدین‌منظور می‌توانند مفید باشند، اگر چه اندازه تفکیک زمینی این سنجنده‌ها ۳۰ متر است با این‌حال به‌دلیل این‌که در طیف گسترده از آبی تا مادون قرمز تصویربرداری را انجام می‌دهند جهت انجام ژرفاسنجی آب می‌توان از آنها استفاده کرد. بنابراین ژرفاسنجی را می‌توان با استفاده از تصویر ترکیب‌رنگی کاذب بصورت رقومی و تفسیر آن و یا با ساختن مدل انتقال نور در آب و با استفاده از ارزش‌های بازتابی کف دریا انجام داد.

ارزیابی کیفی منابع آب از جمله سنجنده‌هایی که می‌توان در مطالعات آب‌شناسی و بررسی کیفیت آب مورد استفاده قرار گیرد سنجنده CZCS ماهواره نیمباس ۷ است [زبیری، ۱۳۷۵]. این سنجنده مجهز به باندهایی است که مخصوصا برای بررسی سبزینه طراحی شده است. توان تفکیک

فضایی باندهای این سنجنده نسبتا کم و توان تفکیک طیفی آن بالا می‌باشد و این بدان دلیل است که بتوان رنگ و درجه حرارت آبهای ساحلی و اقیانوس‌ها را اندازه‌گیری کرد. منظور از اصطلاح رنگ اقیانوس‌ها خصوصیات انعکاس طیفی آب اقیانوس‌ها است. این خصوصیات بسته به مقدار مواد معلق و محلول آلی و غیرآلی متفاوت است.

مطالبی که در بخش قبل در مورد ژرفاسنجی ارائه گردید فقط وقتی امکان دارد که آب دریا شفاف و زلال باشد. در آب‌های گل‌آلود که آب حاوی مقدار زیادی ماسه ریز و گل می‌باشد نور توسط مواد معلق در آب بازتاب پیدا می‌کند. بنابراین خصوصیات طیفی آب با حضور مواد معلق در آب تغییر می‌کند. وجود مواد معلق در آب باعث پراکنش انرژی نفوذ یافته به آب می‌شود و بازتاب را در نزدیکی سطح زیاد می‌کند بنابراین تعیین عمق آب را غیر ممکن می‌سازند.

ارزیابی و اندازه‌گیری مواد معلق در آب معمولا یکی از پارامترهایی است که در بررسی کیفیت آب مد نظر قرار می‌گیرند. وجود مواد معلق در آب میزان بازتاب را در طیف مرئی افزایش می‌دهد.

تا قبل از انقلاب صنعتی کیفیت آب تحت تاثیر عوامل بشری دچار مشکل نشده بود، اما امروزه به دلیل عدم مدیریت شهری، صنعتی و کشاورزی اکثر منابع آب دچار مشکلات کیفی شده‌اند. این امر به‌آسانی به‌وسیله سنجش از دورتشخیص داده می‌شود، بخصوص زمانی که عوامل آلوده‌کننده و مضر بوسیله کانال‌های روباز به داخل دریاچه یا رودخانه تخلیه شوند.

قسمتی از طیف الکترومغناطیسی شامل مرئی و مادون قرمز برای بارزسازی شاخص‌های کیفیت مناسب می‌باشند. مادون قرمز حرارتی نیز می‌تواند برای اندازه‌گیری کیفیت آب استفاده شود. سنجش از دور حرارتی در طیف ۸-۱۴ میکرومتر بدین‌منظور مورد استفاده قرار می‌گیرد و به‌اندازه‌گیری مستقیم انرژی منتشر شده از سطح آب وابسته است. امواج میکروویو معمولا برای تعیین شاخص‌های کیفیت آب مناسب نیستند زیرا مقدار کمی از آن می‌تواند به داخل آب نفوذ کنند [زبیری، ۱۳۷۵].

به‌طور کلی جهت بررسی کیفیت آب، رابطه بین پارامترهای کیفیت آب و تابش طیفی[1] پدیده‌ها باید ارزیابی شوند.

بعضی از محققین معتقدند که استفاده از بازتاب طیفی[1] بجای تابش طیفی یا ارزش‌های رقومی می‌تواند در مطالعات سنجش از دور مفیدتر باشد و اطلاعات واقعی‌تری را از پدیده‌ها در اختیار قرار دهد.

[1] . Radiance

وجود مواد معلق و رسوبات در آب خصوصیات انعکاسی آب را تغییر می‌دهد. برای پی‌بردن به وضعیت کیفیت آب بایستی رابطه تجربی بین پارامترهای کیفیت آب و یک یا چند باند طیفی برقرار شود.

سنجش از دور می‌تواند در پایش و تخمین میزان تمرکز خزه‌ها و جلبک‌ها در دریاچه‌ها و منابع آب استفاده شود. به‌کمک سنجش از دور می‌توان محل تمرکز کلرفیل[۲] را در منابع آب شناسائی و مشاهده نمود. کلروفیل رنگدانه‌ای است که اجازه می‌دهد گیاهان نور خورشید را تبدیل به فتوسنتز کنند. بدلیل اینکه اندازه‌گیری بیوماس حقیقی جلبک‌ها و خزه‌ها در آب بسیار مشکل است، اندازه-گیری میزان کلروفیل می‌تواند نشان‌دهنده میزان بیوماس جلبک‌ها در آب قلمداد گردد. افزایش میزان کلروفیل سبب کاهش انرژی بازتابی در طول‌موج آبی و افزایش آن در طول‌موج سبز می‌گردد.

علاوه بر موارد ذکر شده به کمک سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای می‌توان نشت مواد نفتی را بر پهنه‌های دریاها و اقیانوس‌ها شناسایی و به کمک ابزار GIS آن‌را ردیابی کرد.

۲-۳-کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی[۳]

۲-۳-۱- مقدمه

یک بانک اطلاعاتی نوین است که وجه تمایز آن با یک بانک اطلاعاتی معمولی، فراگیربودن و هوشمندی نسبی آن است. فراگیر است از آن‌رو که اطلاعات گرافیکی (مکانی) و اطلاعات غیرگرافیکی (توصیفی-مقداری) مربوط به زمینه‌های گوناگون یک‌جا در آن جمع‌شده است. هوشمند است از آن جهت مجموعه‌ای متشکل از اطلاعات تصویری که قادر به انتخاب، تلفیق و تحلیل داده‌ها است. بعبارت دیگر نقشه‌ها و اطلاعات توصیفی ورقومی مربوط به عوارض زمین است. این دو گروه از اطلاعات رابطه ای منسجم دارند و این مجموعه در واقع مدل ساده‌ای از واقعیت است. مجموعه‌ای مرتبط از سخت‌افزارها و روش‌ها است که به‌کمک آن می‌توان عمل وار GIS، به‌طور خلاصه‌کردن، ذخیره، تلفیق، تحلیل و بازیابی اطلاعات چند موضوعی جغرافیایی را برای حل مسایل برنامه ریزی و مدیریت (تصمیم‌گیری) انجام داد. به‌عبارت دیگر، در سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، پدیده‌های (عوارض) روی زمین و اطلاعات مربوط به آن پدیده‌ها یک‌جا و به‌صورتی منسجم جمع شده‌اند

[1] . Reflectance
[2]. chlorophyll
[3] . Geographical Information System

[ثنایی‌نژاد، ۱۳۸۱]. به این دلیل می‌توان کاربردهای زیادی در حوزه علوم زمین برای آن متصور شد که به تعدادی از آنها اشاره می‌شود:

- مدیریت سیستم‌ها و منابع آبی
- مدیریت حوزه های آبریز
- تخصیص منابع آبی، برنامه‌ریزی و مدل‌سازی توزیع آب
- مدل‌سازی هیدرولوژیکی
- تعیین مکان بهینه جهت احداث سد
- مدیریت و هدایت سیلاب‌ها
- مدیریت آب‌های زیرزمینی و جلوگیری از آلودگی آن‌ها
- طراحی بهینه شبکه‌های توزیع آب و تعیین مسیر بهینه خطوط انتقال آب
- مدیریت شبکه‌های فاضلاب
- تحلیل شبکه‌های آب و فاضلاب و خطوط انتقال نیرو
- تهیه نقشه‌های مختلف

۲-۳-۲- تاریخچه

اولین نمونه از یک GIS ملّی، GIS کانادا است که از اواخر سال۱۹۶۰ به بعد به صورت پیوسته مورد استفاده قرارگرفته است. در دهه‌های ۱۹۷۰ و۱۹۸۰ میلادی پیشرفت‌های قابل ملاحظه‌ای در فناوری GIS به‌وجود آمد، به‌طوری که عبارت «سیستم اطلاعات جغرافیایی» در مورد مجموعه ابزارهایی برای تحلیل و نمایش نقشه‌ها و ادغام فنون و شیوه‌های آماری و نقشه‌ای و کاربرد فراگیرتر آن، به‌ویژه برای تحلیل تأثیرات وخط مشی‌های دولتی به کارگرفته شد.

سابقه فناوری GIS درکشورهایی ازجمله کانادا و آمریکا به بیش از۴۰ سال می‌رسد. البته این فناوری در اغلب کشورهای جهان سوم بسیار نوپا می‌باشد. در ایران، اولین مرکزی که به‌طور رسمی استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی را در کشور آغاز کرد سازمان نقشه‌برداری کشور، اولین مرکزی بود که به‌طور رسمی استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی را در کشور آغاز کرد.

وزارت صنایع و معادن نیز، فعالیت‌هایی در زمینه اجرای پروژه‌هایی با کمک سیستم اطلاعات جغرافیایی از فروردین۱۳۷۱ آغاز نمود و هم‌اکنون از این سیستم به‌طور گسترده در ارتباط با فعالیت‌های آن استفاده می‌گردد.

از دیگر مؤسساتی که در زمینه این سیستم فعالیت می‌کنند می‌توان شهرداری تهران، وزارت مسکن و شهرسازی، وزارت جهاد کشاورزی، مؤسسه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله و سازمان جنگل‌ها و مراتع را نام برد. متاسفانه در دانشگاه‌های کشور از این سیستم، چنان‌که شایسته آن است، به‌عنوان یک فناوری با قابلیت بسیار بالا برای در اختیار قراردادن طراحی پروژه‌ها و کاربرد آن در رشته‌های مختلف استفاده نگردیده است که امید آن می‌رود آموزش این فناوری هر چه جدی‌تر از پیش دنبال گردد [ثنایی نژاد، ۱۳۸۱].

تحقیقات بسیاری نیز در مورد کاربرد GIS در هیدرولوژی و مدیریت آب‌های زیرزمینی صورت پذیرفته که در نهایت، محدوده مورد مطالعه را به‌صورت یک مدل ارائه داده‌اند. لانگلی و همکاران در سال ۱۹۹۸، به‌بررسی نقش مدل‌های مفهومی آب‌های زیرزمینی توسط GIS پرداختند. واتکینز و همکاران در سال ۱۹۹۶، افزایش و افت سطح آب‌های زیرزمینی را توسط ابزار GIS بررسی نمودند. پیندر در سال ۲۰۰۲، مراحل تشکیل آب‌های زیرزمینی را، با استفاده از GIS، مطالعه نمود و سطح آب‌های زیرزمینی را با استفاده از این روش شناسایی کرد. مطالعات صورت گرفته سبب توسعه کاربرد دو ابزار سنجش از دور و GIS در این حوزه گردید. محققین با این دو ابزار بر مشکلات ناشی از کسب داده‌های اولیه به‌صورت زمینی و دستی فایق آمده و توانستند به نتایج سریع‌تر و دقیق‌تری در این زمینه کسب کنند.

رمپال و روا در سال ۱۹۸۹، از داده‌های لندست MMS در منطقه دوداگونی[1] در کارناتاکا[2] هند به بررسی و پتانسیل‌یابی آب‌های زیرزمینی پرداختند. از نقطه نظر ایشان، حضور آب‌های زیرزمینی در یک منطقه به عواملی نظیر خطواره‌ها و شکست‌ها، لیتولوژی منطقه، ژئولوژی منطقه بستگی داشت. بنابراین آنها به بررسی این عوامل و ارتباط آنها با حضور و یا عدم حضور آب‌های زیرزمینی پرداختند. ایشان با نتایجی که بدست آوردند توانستند منطقه مورد مطالعه را از نظر امکان حضور آب‌های زیرزمینی پتانسیل یابی نمایند.

کمرجو و همکاران در سال ۱۹۹۵ در صحرای گوداوری[3] هندوستان، توسط داده‌های دورسنجی به بررسی پتانسیل آب‌های زیرزمینی در یک منطقه پرداختند. آنها در ابتدا لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز نظیر خطواره و شیب و زمین شناسی و ... را بدست آوردند و سپس آن‌ها را وزن‌دهی نمودند، لایه‌های

[1] . Doddaguni
[2] . Karnataka
[3] . Godavari

اطلاعاتی بدست آمده را تلفیق و درانتهای کار نقشه رقومی پتانسیل آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه را تولید کرده وخروجی خود را با مقایسه با داده‌های واقعی مقایسه و اعتبار سنجی نمودند.

در سال ۱۹۹۲، بوبا و همکاران با مطالعه بر روی داده‌های لندست مربوط به منطقه بیگ‌کریک[۱] در جنوب کانادا، به کمک داده‌های ماهواره‌ای منطقه مورد مطالعه به‌بررسی پارامترهای تغذیه و تخلیه آب‌های زیرزمینی پرداختند.

کریشنموردی و همکاران (۱۹۹۶)، از دورسنجی و GIS برای پتانسیل‌یابی آب‌های زیرزمینی منطقه تمیل ندو[۲] هندوستان استفاده کردند. ایشان اقدام به تهیه نقشه‌های رقومی سنگ‌شناسی، کاربری اراضی، خطواره، زهکشی از داده‌های ماهواره‌ای نمودند. این نقشه‌های گوناگون، وزن‌دهی شده و جهت تعیین مناطق پتانسیل‌دار آب زیرزمینی با یکدیگر تلفیق شدند.

موسا و همکاران (۲۰۰۰)، از دورسنجی و GIS برای تولید مورد نیاز و کاربردی جهت پتانسیل‌یابی آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه لنگات[۳] در مالزی استفاده نمودند. در این رابطه آن‌ها از داده‌های TM لندست، نقشه‌های توپوگرافی، نقشه‌های خاک کمک گرفتند و لایه‌های اطلاعاتی بارش، لیتولوژی، دانسیته خطواره، دانسیته زهکشی، کاربری اراضی، نقشه ارتفاعی، شیب منطقه و نوع خاک را استخراج نمودند. سپس این لایه‌های اطلاعاتی را پس از تعدیل نمودن توسط مدل "DRASTIC"[۴]، با هم تلفیق کرده و در نتیجه نقشه پتانسیل آب‌های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه را ساختند.

سیکدر وهمکاران (۲۰۰۴)، از دورسنجی و GIS برای تشریح وضعیت کاربری اراضی و پوشش اراضی و همچنین برای تعیین مناطق پتانسیل‌دار آب زیرزمینی یکی از مناطق بنگال غربی در هندوستان استفاده نمودند. ایشان از داده‌های ماهواره IRS[۵] و نقشه‌های توپوگرافی در این رابطه کمک گرفتند و تغییرات پوشش‌گیاهی و کاربری‌اراضی و آب‌زیرزمینی منطقه مورد مطالعه را درطی سال‌های ۱۹۷۲ تا ۱۹۹۸ بررسی و مورد پایش قرار دادند.

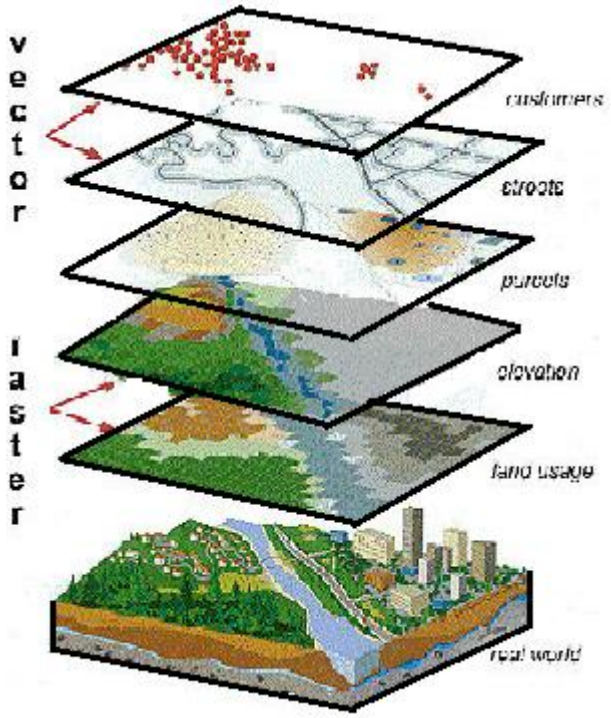
مشاعیل‌الصعود (۲۰۱۰)، به کمک سنجش از دور و GIS به مطالعه بر روی آب‌های زیرزمینی منطقه پنینسولا[۶] عربی غربی پرداخت و اظهار داشت با توجه بدی آب و هوا و وجود مناطق صعب العبور در این محدوده مطالعه زمینی و دستی، امری سخت و طاقت فرسا به شمار می‌آید؛ از این‌رو

[1] . Big Creek
[2] . Tamil Nadu
[3] . Langat
[4] . **D**epth to water, net **R**echarge, **A**quifer media, **S**oil media, **T**opograghy, **I**mpact of vadose zone media, and aquifer hydraulic **C**onductivity
[5] . IRS LISS-III satellite
[6] . Peninsula

سنجش از دور نقش حیاتی در این پروسه ایفا می‌کند. وی با بهره ازداده‌های ماهواره‌ای لندست۷ ETM+ و استر و SRTM، لایه‌های اطلاعاتی بارش، لیتولوژی، خطواره، شیب، زهکشی و پوشش گیاهی را تولید نموده است و سپس به این لایه‌ها را وزن‌دهی نموده و آن‌ها را با یکدیگر در محیط GIS تلفیق نموده است. به این ترتیب نقشه پتانسیل آب‌های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه تولید شده است [Parizek, 2002].

۲-۳-۳- سیستم الکترونیک برای کسب اطلاعات جغرافیایی

در GIS کلیه اطلاعات جمع‌آوری شده به‌صورت لایه لایه تهیه شده و پس از تفیک و کنترل داده‌ها کلیه اطلاعات مورد نیاز وارد سیستم می‌شود (شکل۲-۱۳). بدین‌وسیله علاوه بر دسترسی صحیح و سریع به داده‌های مورد نیاز در یک حجم وسیع، امکان ارائه و به تصویرکشیدن اطلاعات مکانی و موضوعی در قالب نقشه، جدول و نمودار، ویرایش و بهنگام نمودن داده‌ها ونیز امکان استفاده از داده‌های موجود در جهت اهداف مختلف و بر اساس نیازهای گوناگون کاربران فراهم می‌گردد. همچنین زمینه‌ای برای شناساندن و معرفی قابلیت‌ها و پتانسیل‌های متعدد و در عین حال، تشخیص خلأهای مطالعاتی مناطق مختلف جغرافیایی ایجاد خواهد شد [سبحانی لاری، ۱۳۸۹].



شکل ۲-۸ : لایه های اطلاعاتی در GIS

در حال حاضر از سیستم اطلاعات جغرافیایی بسته به نیازهای هر منطقه یا کشور در بخش‌های مختلف (مانند مطالعات زیست‌محیطی، برنامه‌ریزی شهری و شهرداری، خدمات ایمنی شهری، مدیریت حمل و نقل و ترافیک شهری، تهیه نقشه‌های پایه، مدیریت کاربری اراضی، خدمات بانکی، خدمات پستی، مطالعات جمعیتی و مدیریت تأسیسات شهری مثل برق، آب، گاز و..) استفاده می‌شود و با گذشت زمان و توسعه سیستم‌ها، کاربرد جی‌آی‌اس به کلیه بخش‌های مرتبط با زمین گسترش یافته است [سبحانی لاری، ۱۳۸۹].

۲-۳-۴- مولفه‌های اصلی تشکیل دهنده سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی

جی‌آی‌اس بر اساس چهار مولفه زیربنایی طبقه بندی می‌گردد:

- سخت‌افزار: با توجه به مرحله‌ای که مطالعات در آن قرار دارد، کاربران می‌توانند از سخت‌افزارهای موجود در دسته‌بندی زیر استفاده نمایند:

* سخت‌افزارهای مرتبط با ورود اطلاعات (صفحه کلید، رقومی‌کننده، اسکنر، و ...)،
* سخت افزارهای مرتبط با مدیریت اطلاعات (سخت‌افزارهای جانبی رایانه‌ها مانند ماوس، ...)،
* سخت‌افزارهای مرتبط با خروج نتایج (چاپگرها و ...).

- نرم افزار: برای راه اندازی جی‌آی‌اس برنامه رایانه‌ای لازم است. از معروف‌ترین آن‌ها می‌توان به Arc Info و Arc View اشاره نمود که دارای توابع عملیاتی متعدد در جهت تجزیه و تحلیل مسائل و محاسبات آماری هستند و عمدتاً توسط شرکت‌های بزرگ رایانه‌ای تولید می‌گردند. هر یک از این نرم‌افزارها برای مطالعات خاصی برنامه‌ریزی شده و دارای مزایا و معایب خاصی می‌باشند. در این پژوهش از دو نمونه از نرم‌افزارهای رایج این سیستم یعنی Arc Map و Arc View استفاده شده است.

- اطلاعات: بدون اطلاعات نه هدفی وجود دارد و نه پیشنهادی. تمرکز توجه روی اطلاعات است. در واقع اکثر فعالیت‌ها برای اطلاعات انجام می‌شود، زیرا اطلاعات قلب GIS را تشکیل می‌دهد. کیفیت اطلاعات یکی از مهم‌ترین موضوعات قابل توجه و اساسی می‌باشد. کیفیت اطلاعات در ارتباط مستقیم با دقت، صراحت، مبانی علمی، ترکیب اطلاعات، و تحلیل و مدلسازی است.

- سازمان و نیروی انسانی: مهم‌ترین بخش تشکیل‌دهنده GIS می‌باشد، زیرا سازمان و نیروی انسانی است که عملیات GIS را کنترل می‌کند. سخت‌افزارها و نرم‌افزارهای بسیار قوی GIS بدون پشتیبانی کادر متبحر، به کارآیی مناسب نخواهند رسید. برای اجرای موفق سیستم، سازماندهی

نیروهای متخصص و کارآمد که در جهت اجرا، بهینه نمودن و نهایتاً راهبری سیستم‌ها نقش‌های گوناگونی را ایفا می‌نمایند، الزامی است.

۲-۳-۵- توانایی‌های سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی

بطور اجمال قابلیت‌های GIS نسبت به سیستم‌های اطلاعاتی مشابه و روش‌های دستی را می‌توان به شرح زیر بیان داشت:

- قابلیت جمع‌آوری، ذخیره، بازیابی و تجزیه و تحلیل اطلاعات با حجم زیاد؛
- قابلیت برقراری ارتباط بین اطلاعات جغرافیایی (نقشه) و اطلاعات غیرجغرافیایی (جداول اطلاعاتی) و ایجاد امکانات تجزیه و تحلیل اطلاعات جغرافیایی با استفاده از اطلاعات غیرجغرافیایی و بالعکس؛
- توانایی انجام طیف وسیعی از تحلیل‌ها مانند: روی هم قراردادن لایه‌ها، پیداکردن اشیای مختلف با استفاده از خاصیت نزدیکی آن‌ها به یک شیء خاص، شبیه‌سازی، محاسبه تعداد دفعات وقوع یک حادثه در فاصله مشخص از نقطه یا نقاط معین، و ...؛
- داشتن دقت، کارآیی، سرعت عمل زیاد و سهولت در بهنگام‌سازی داده‌ها؛
- توانایی انجام محاسبات آماری مانند محاسبه مساحت و محیط پدیده‌های مشخص شده؛
- قابلیت ردیابی و بررسی تغییرات مکان‌های جغرافیایی در طول زمان؛
- قابلیت استفاده برای مکان‌یابی پروژه‌های مختلف [مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران].

در فصل بعد، متدلوژی و روش‌شناسی کار ارائه می‌گردد. در این فصل مراحل آماده‌سازی و تولید نقشه‌های رقومی عوامل تاثیرگذار بر آب‌های زیرزمینی و همچنین ارائه نقشه‌های مذکور صورت می‌پذیرد.

فصل سوم

پردازش داده‌های ماهواره‌ای و تولید نقشه‌های رقومی از داده‌های اولیه

۳-۱- مقدمه

امروزه برای مطالعه پارامترهای آب‌های زیرزمینی، همواره از ابزارهایی نظیر فن سنجش از دور، سیستم اطلاعات جغرافیایی و تکنیک‌های عملی و اجرایی پایش و کارزمینی صورت می‌پذیرد. در این راستا با ادغام این فنون و سایر داده‌های زمینی لایه‌های اطلاعاتی را می‌توان تهیه نمود که هرکدام تاثیری منحصربه‌فرد در تخمین حضور و یا عدم حضور آب‌های زیرزمینی دارند. تولید لایه‌هایی نظیر سنگ‌شناسی، خطواره‌ها، زهکشی، زمین‌شناسی، شیب و ... و تلفیق آنها با یک منطق خاص و استخراج یک خروجی مناسب همواره، یک چرخه پیوسته در امر پتانسیل‌یابی آب‌های زیرزمینی محسوب می‌گردد [Abdel-Khalek & Omran, 2008].

سنگ‌شناسی[۱]، خطواره‌ها[۲]، شکل زمین[۳]، شیب زمینی[۴]، پوشش گیاهی[۵]، محل تغذیه[۶] و تخلیه[۷] آب‌های زیرزمینی و ...، پارامترهای اصلی مورد استفاده بررسی منابع آب‌های زیرزمینی محسوب می‌شوند [سپند و همکاران، ۱۳۸۸].

از بررسی‌های زمینی در مطالعه ساختارها و همبستگی آن‌ها در تفسیر خطواره‌ها بهره گرفته می‌شود. تولید لایه‌های اطلاعاتی هیدروژئولوژی چشمه‌ها و چاه‌ها در سرزمین انجام می‌پذیرد. در این تحقیق، داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز، از سازمان‌های آب منطقه‌ای، منابع طبیعی و محیط‌زیست استان سمنان و شاهرود، اداره هواشناسی شاهرود، اداره آب شاهرود تهیه شده است. همچنین تمامی لایه‌های اطلاعاتی تولید شده، در سیستم اطلاعات جغرافیایی ترکیب و تفسیر می‌شوند [Mohd Nadun, et al., 2010].

شکل(۳-۱) فلوچارت روش کار پتانسیل‌یابی آب‌های زیرزمینی در سیستم اطلاعاتی جغرافیایی و داده‌های سنجش از دور می‌باشد. مطابق این فلوچارت با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و سایر داده‌های کمکی نظیر توپوگرافی و بارندگی به عنوان داده‌های اولیه دراین سیستم استفاده می‌شود. با این داده‌ها می‌توان لایه‌های اطلاعاتی نظیر خطواره، شیب، مدل رقومی ارتفاعی (DEM[۸]) را به‌دست آورد. پس از تهیه لایه‌های اطلاعاتی مناسب باید این لایه‌ها در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی

[1] .Lithilogy
[2] . Linementum
[3] . Land Use
[4] . Slope
[5] . Land Cover
[6] . Recharge
[7] . Discharge
[8] . Digital Elevation Model

تلفیق شوند. با تلفیق این لایه‌ها، بهینه‌ترین پاسخ با در نظر گرفتن کلیه پارامترهای به‌دست آمده جهت تخمین بالاترین احتمال حضور آب‌های زیرزمینی، برای هر پیکسل به‌دست خواهد آمد.

نتایج نشان می‌دهد که رخداد آب‌های زیرزمینی توسط ساختارها و تغییرات سطحی زمین کنترل می‌شود.

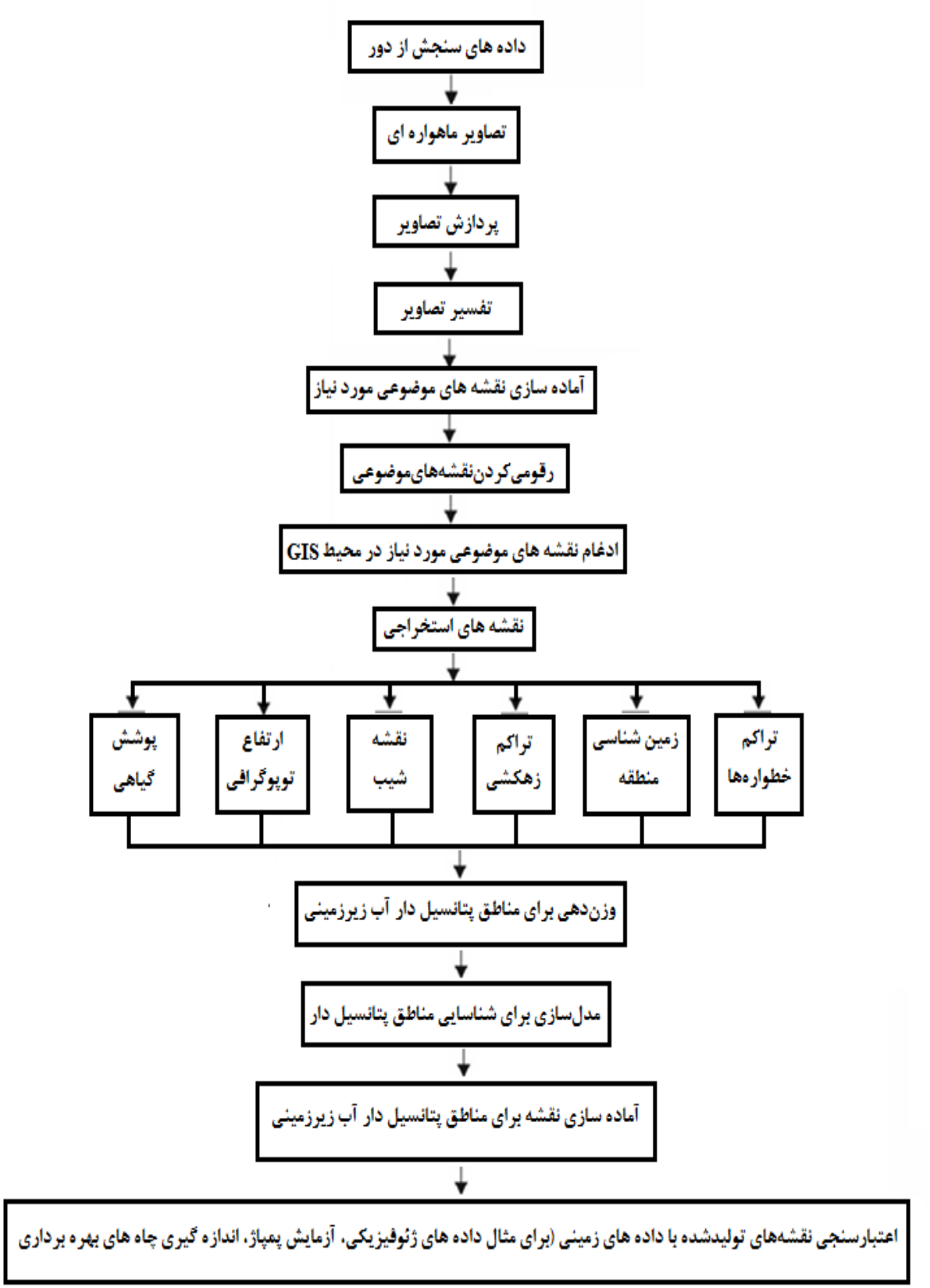
همچنین بررسی‌ها نشان می‌دهد که سیستم اطلاعات جغرافیایی یک ابزار نیرومند در مطالعه منابع آب زیرزمینی است و بدین ترتیب می‌توان نقشه اکتشافی مناسبی در این زمینه تهیه نمود.

انتخاب بهترین محل حفر چاه‌ها برای رسیدن به آب‌های زیرزمینی همواره بر اساس روش‌های بررسی‌های صحرایی و مطالعات تحت‌الارضی صورت می‌پذیرد.

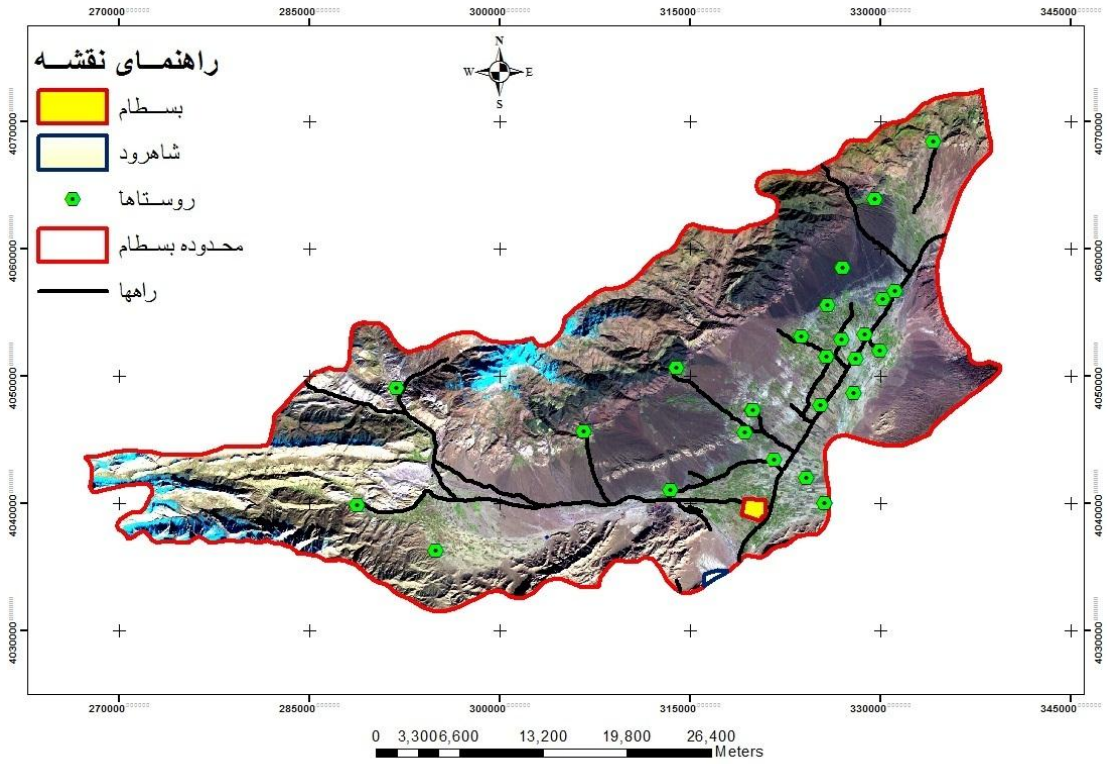
به‌عبارت دیگر، نگرشی سیستماتیک برای اکتشاف آب‌های زیرزمینی وجود ندارد. بسته به شرایط محیطی مورد برداشت داده‌ها و کارهای صحرایی مناطق سنگی و یا آبرفتی مورد بررسی آب زیرزمینی می‌تواند قرار گیرد. لذا برخی از پارامترها و ویژگی‌ها در این مطالعه باید مد نظر باشد. درزه‌ها و شکاف‌ها یکی از پارامترهای موثر در مطالعه و تحقیقات هیدرولوژی است که می‌توان به‌کمک آنها به موقعیت آب زیرزمینی پی‌برد [Abdel-Khalek & Omran, 2008].

شکل (۳-۲) تصویر ماهواره‌ای +ETM حوزه آبریز بسطام را نشان می‌دهد. در این تصویر، موقعیت تمامی روستاها و شهرها شامل شاهرود و بسطام و همچنین راه‌های ارتباطی بین این روستاها و شهرها ارائه شده است.

همچنین در مطالعات آب‌های زیرزمینی از داده‌های آزمایش پمپاژ و داده‌های چاه‌پیمایی به‌عنوان داده‌های تکمیلی نیز می‌توان بهره‌مند شد. برای شناسایی مناطق مستعد، پارامترهای موثری نظیر سنگ‌شناسی، خطواره‌ها و شکل‌زمین و شیب در مطالعات منابع آب‌های زیرزمینی همواره با یکدیگر مقایسه شده و بر اساس روش‌های مختلف بهترین مکان برای این مهم تعیین می‌شوند. بدین‌ترتیب داده‌های سنجش از دور اطلاعات فضایی دقیق و موثری در مقایسه با روش‌های پیمایش‌های هیدروژئولوژیکی ارائه می‌دهد. بنابراین با استفاده داده‌های رقومی ماهواره‌ای، مفیدترین لایه‌های مورد نیاز تهیه و در محیط GIS ادغام و تجزیه و تحلیل لایه‌های اطلاعاتی مرتبط با منابع آب‌های زیرزمینی را فراهم می‌آورد [Ahmed, 1996].



شکل۳-۱: مراحل اجرایی روش‌کار پتانسیل‌یابی آب‌های زیرزمینی در محیط GIS



شکل۳-۲ : تصویر ماهواره ای منطقه بسطام به همراه موقعیت شهرها روستاها و راهها

ادغام لایه‌های اطلاعاتی موثر در شناسایی منابع آب زیرزمینی در محیط GIS باعث فهم بهتر و دقیق‌تر از عوامل کنترل‌کننده این منابع در مقایسه با سایر روش‌ها می‌شود [Euroconsult, 1997; Asgedo, 1998; drury, 2001]. برای رسیدن به این هدف مراحل کاری زیر بایستی انجام شود تا لایه‌های مورد نیاز آماده‌سازی شود.

۱- تهیه نقشه‌های موضوعی منطقه نظیر نقشه زمین‌شناسی، خطواره‌ها و شیب با استفاده از داده‌های دورسنجی و دیگر منابع داده‌ای نظیر مدل رقومی ارتفاعی DEM [سپند و همکاران، ۱۳۸۸].

۲- ارزیابی مشخصه‌های کنترل‌کننده آب‌های زیرزمینی با ترکیب و تلفیق داده‌های دورسنجی، مدل رقومی ارتفاع و بررسی‌های صحرایی زمین‌شناسی.

۳- تعیین مناطق مستعد برای آب‌های زیرزمینی با ادغام لایه‌های اطلاعاتی تهیه شده در محیط GIS.

پس به‌منظور استفاده‌از داده‌های سنجش از دور، ابتدا کلیه لایه‌های اطلاعاتی مربوط به متغیرهای موثر در این خصوص تهیه می‌گردد که در ادامه این موضوع به تفکیک با نگرشی بر منطقه مطالعاتی تشریح می‌شود.

۳-۲- پردازش داده‌های ماهواره‌ای و تولید نقشه‌های رقومی

۳-۲-۱- مقدمه

فن‌آوری دورسنجی نیز همانند سایر روش‌های تحقیقی، همگام با نیازها جامعه و شاید فراتر از آن رشد کرده است. به‌طور کلی امروزه حجم عظیمی از اطلاعات در زمینه‌های مختلف و با تفکیک‌های گوناگون وجود دارد. در چند دهه اخیر پیشرفت‌های زیادی در زمینه علوم مرتبط با سنجش از دور و ماهواره انجام گرفته و اطلاعات گران‌قیمتی از این طریق به‌ویژه توسط ماهواره‌هایLandsat5,7، SPOT و Ikonos و IRS هند و... به‌دست آمده است[Abdel-Khalek & Omran, 2008].

داده‌های ماهواره‌ای مورد استفاده در این بررسی بر پایه جدیدترین داده‌های موجود ایران از سنجنده آشکارساز موضوعی (ETM+) ماهواره لندست به‌شماره گذر۱۶۲ و ردیف ۳۵ استوار است. ماهواره Landsat7 پس از سرانجام ناموفق ماهواره Landsat6، در سال ۱۹۹۹ با سنجنده +ETM به فضا پرتاب شده است. این سنجنده مشابه سنجنده ETM لندست ۶، قابلیت تصویربرداری سیاه و سفید با قدرت تفکیک مکانی ۱۵ متر و تصویربرداری رنگی با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر در شش باند طیفی را داراست و تنها در باند حرارتی (۶) قدرت تفکیک برابر ۶۰ متر دارد.

حرکت ماهواره Landsat7 در مداری تکراری در ارتفاع ۷۰۵ کیلومتری سطح زمین، خورشید آهنگ بوده و ساعت حدود ۱۰ صبح به‌وقت محلی، انرژی الکترومغناطیسی بازیابی هر واحد تصویری را در دو ناحیه طول موج بازتابی (کوتاه‌تر از ۴ میکرون) و فرو سرخ حرارتی (بالاتر از ۴ میکرون) ثبت و در ۸ باند طیفی به مقادیر عددی تبدیل می‌کند [جاهدی و فرخی، ۱۳۷۵].

علاوه بر ۷ باند مندرج در جدول (۲)، باندی پنکروماتیک در طول موج ۰/۹-۰/۵ میکرون با قدرت تفکیک ۱۵ متر نیز به این ماهواره افزوده شده، که مزیتی نسبت به Landsat5 می‌باشد. از تلفیق این باند با سایر باندها و تصویر سازی ترکیبی از ۳ باند در محیط قرمز،سبز،آبی[1]، تصاویر رنگی با قدرت تفکیک مکانی حدود ۱۵ متر بدست می‌آید که در مقایسه با ماهواره Landsat5 دو برابر از نظر تفکیک تواناتر شده است [آقاجانی و نعیمی، ۱۳۸۹].

[1] .Red,Green,Blue (R.G.B.)

جدول ۳-۱: محدوده طول موج و مشخصه باندهای مورد استفاده در تصاویر

باند	طول موج (میکرون)	رنگ یا مشخصه	
۱	۰/۴۵-۰/۵۲	طیف مرئی	آبی
۲	۰/۵۲ – ۰/۶۰		سبز
۳	۰/۶۳ – ۰/۶۹		قرمز
۴	۰/۶۹-۰/۷۵	محدوده فرو سرخ بازتابی	نزدیک
۵	۱/۵۵-۱/۷۵		میانی
۶	۱۰/۴-۱۲/۵		حرارتی
۷	۲/۰۸-۲/۳۵		دور

۳-۲-۲- پیش‌پردازش

برای آماده‌سازی و تهیه تصویر ماهواره‌ای مناسب به جهت مطالعات دورسنجی مراحل زیر باید به ترتیب اجرا گردد تا تصویری قابل استفاده در انجام بررسی‌های معدنی و زمین‌شناسی فراهم گردد. در زیر به‌طور خلاصه این مراحل تشریح می‌شود [آقاجانی و نعیمی، ۱۳۸۹].

۳-۲-۲-۱- تصحیح داده‌های ماهواره‌ای

داده‌های خام برداشت شده توسط سنجنده‌ها، با وجود تصحیحات اولیه در ایستگاه‌های زمینی، با نواقصی همراه است که پیش از پردازش اطلاعات ضروری است این کمبودها برطرف گردد.

الف: تصحیحات داده‌ای

هدف از این تصحیحات، مرمت تصاویری است که به دلیل خطای ابزار اسکن‌کننده و یا بروز اشتباه در مراحل بعدی انتقال، ثبت و نسخه‌برداری، خط‌های حذف شده‌ای در آن‌ها بروز کرده باشد. این‌گونه خطاها، با استفاده به ارزش عددی خطوط قبل و بعد خط یا خطوط گم‌شده، قابل ترمیم است.

ب: تصحیحات هندسی

داده‌های ماهواره‌ای، به دلیل وجود انحنا و چرخش زمین، و نیز ناهمواری‌های سطح زمین، ارتفاع

سنجنده، انحراف پانوراماتیک، عدم ثبات سکوها و خطای تجهیزات مربوطه دارای خطاهایی می‌باشند که در نتیجه آن عوارض زمینی دارای مختصات واقعی نیستند.

تصحیح هندسی به‌منظور ایجاد تصویری در قالب یک شبکه تعیین‌شده جغرافیایی انجام می‌گیرد. برای عمل تصحیح هندسی روش‌های متنوعی وجود دارد که در این پروژه از روش انطباق نقشه به تصویر و نیز برای دقت بیشتر از روش تصویر به تصویر استفاده شده است. میزان خطای مجاز (RMS) هرگز نباید از اندازه یک جزء تصویری بزرگتر باشد [جاهدی و فرخی، ۱۳۷۵].

ج- تصحیحات رادیومتری (آتمسفری)

بازتاب طیفی پدیده‌های زمینی پس از برخورد و عبور از جو زمین به سنجنده می‌رسند. نظر به اینکه محدوده‌های مختلف امواج الکترومغناطیس، رفتارهای گوناگونی درهنگام گذر از جو زمین دارند، لذا میزان بازتاب برگشتی پدیده‌ها در برخی از طول موج‌ها بیانگر بازتاب حقیقی آن‌ها نمی‌باشند [Floyd, 1999].

در واقع ارزش عددی هر پیکسل در داده‌های ماهواره‌ای، میزان بازتابندگی واقعی آن پدیده در سطح زمین نبوده است و از عواملی مانند جذب و پراکنش جوی، زاویه تابش خورشید حساسیت سنجنده و سایه و... تأثیر پذیرفته است. در محدوده طول موج مرئی، امواج الکترومغناطیس در هنگام عبور از جو به میزان بیشتر جذب و پراکنده می‌شوند، در حالی‌که در محدوده فرو سرخ، امواج بدون پخش از جو زمین گذشته و برگشت داده می‌شوند. بنابراین اطلاعاتی که در باندهای مختلف طیف مرئی و فرو سرخ نزدیک ثبت می‌گردند، بازتاب واقعی پدیده‌ها نبوده و باید تصحیح گردند.

تصحیح رادیو متری با استفاده از رسم نمودارهای پراکنش یا تعیین میزان پراکنش درجات روشنایی باندهای ۱،۲،۳،۴ نسبت به باند ۷ انجام گرفته و درجات روشنایی مربوط به پدیده های سطح زمین در محدوده باندهای طیف مرئی با کسر مقدار پراکنش تصحیح شده است [جاهدی و فرخی، ۱۳۷۵].

۳-۲-۲-۲- موزائیک کردن

در مواقعی به علت اینکه تصویر محدوده مورد مطالعه یا داده‌های حاصل از تصاویر ماهواره‌ای در چند صفحه داده‌ای قرار می‌گیرند، برای تهیه تصاویر در مقیاس کاری مورد نظر، لازم است که عمل موزائیک داده‌ها صورت گیرد.

برای موزائیک، داده‌های دو صحنه کنار هم انتخاب شده و به‌منظور انطباق بهینه بین تصاویر چندین نقطه مشترک در مناطق هم‌پوشانی دو تصویر انتخاب می‌شود. جهت به‌دست آوردن تصویری مناسب لازم است که خطی محدوده مرزی دو تصویر را محدود کند که به خط موزائیک معروف است [آقاجانی و نعیمی، ۱۳۸۹]. به‌علت اینکه داده‌های ماهواره Landsat7 مربوط به ورقه مذکور کاملا در یک صحنه داده‌های ماهواره‌ای قرار دارد نیاز به موزائیک در این بخش نبوده است.

۳-۲-۳- پردازش داده‌ها

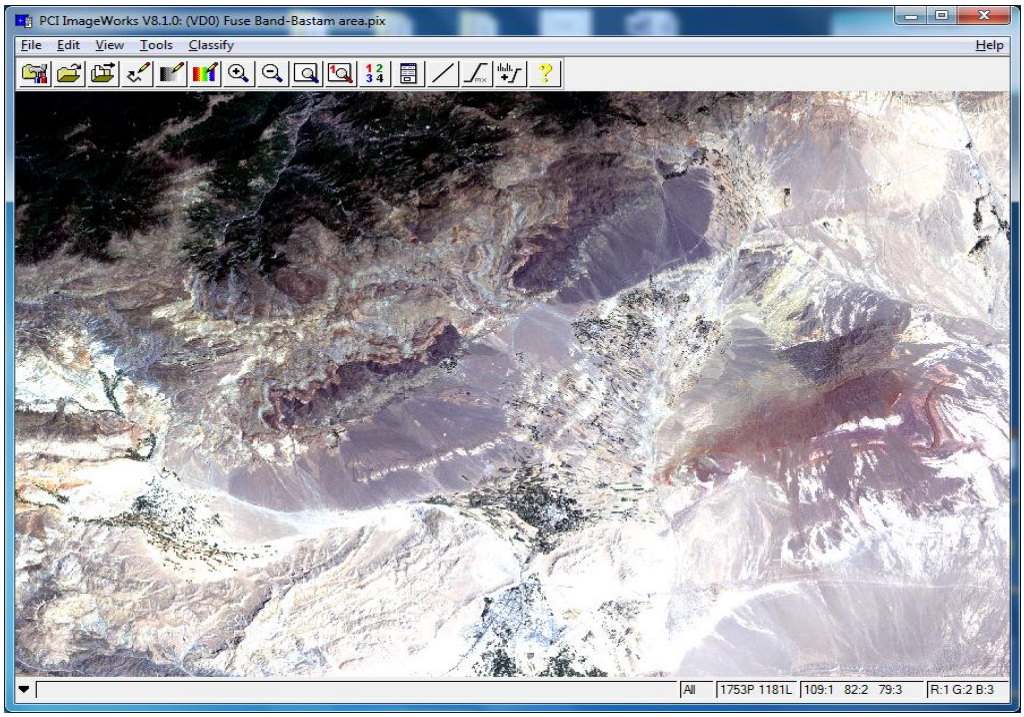
پردازش تصاویر ماهواره‌ای، یک سری فرایندهایی است که برای دستیابی به‌تصاویری با کیفیت بهتر و قابلیت درک بالاتر و برای منظورهای مختلف، با مجموعه‌ای از باندهای طیفی صورت می‌گیرد. با توجه به شباهت‌های بافتی، طیفی و هندسی پس از طی این فرایندها، پدیده‌های مختلف سطح زمین‌را می‌توان از هم تفکیک نمود [جاهدی و فرخی، ۱۳۷۵]. تصاویر ایجاد شده از ترکیب باندها در محیط .R.G.B در شرایطی با رنگ طبیعی پدیده‌ها هماهنگی دارد که حاصل ترکیب باندهای ۱،۲،۳ به ترتیب با فیلترهای رنگی آبی، سبز و قرمز (R,G,B=3,2,1) باشد (شکل ۳-۳). در غیر این‌صورت تصاویر تهیه شده دارای رنگ‌های مجازی بوده و هیچ‌گونه انطباقی با مشاهدات صحرایی نخواهد داشت. در فرایند پردازش تصاویر، عملیات گوناگونی روی داده‌ها انجام می‌گیرد که در زیر به برخی از آنها، اشاره می‌گردد.

۳-۲-۳-۱- افزایش تباین[1]

با توجه به تنوع پدیده‌های سطحی زمین و نیز عواملی مانند زمان و نوع تصویر برداری، زاویه تابش خورشید و توپوگرافی منطقه، با داده‌های مختلف و متفاوتی سروکار داریم. هدف از اعمال این روش، ایجاد تغییراتی در تصویر اولیه برای دست‌یابی به اطلاعات تصویری با کیفیت بالاتر برای تشخیص پدیده‌ها می باشد.

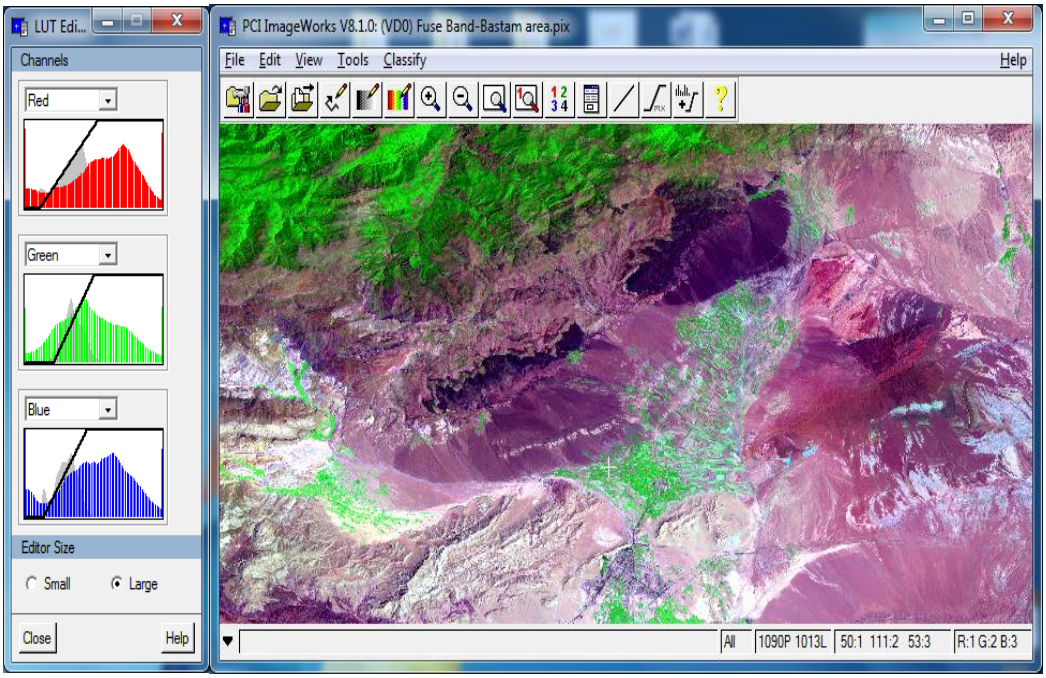
جهت رسیدن به این هدف بنا به‌وجود بازتابش‌های مختلف پدیده‌ها در یک تصویر، روش یکنواخت و هماهنگی را نمی‌توان جهت آشکارسازی پیشنهاد نمود. لذا روش‌هایی مانند کنتراست خطی، ریشه دوم، معادل‌سازی و غیره می‌توان استفاده کرد. با افزایش تباین بر روی داده‌های باندهای مختلف تصاویر واضح‌تری ساخته می‌شود که مرز بین تن‌های خاکستری در هر باند را به خوبی نشان داده می‌شود.

[1] . Contrast



شکل ۳-۳ : تصویر حاصل از ترکیب باندهای ۳، ۲، و۱ در محیط قرمز ، سبز و آبی

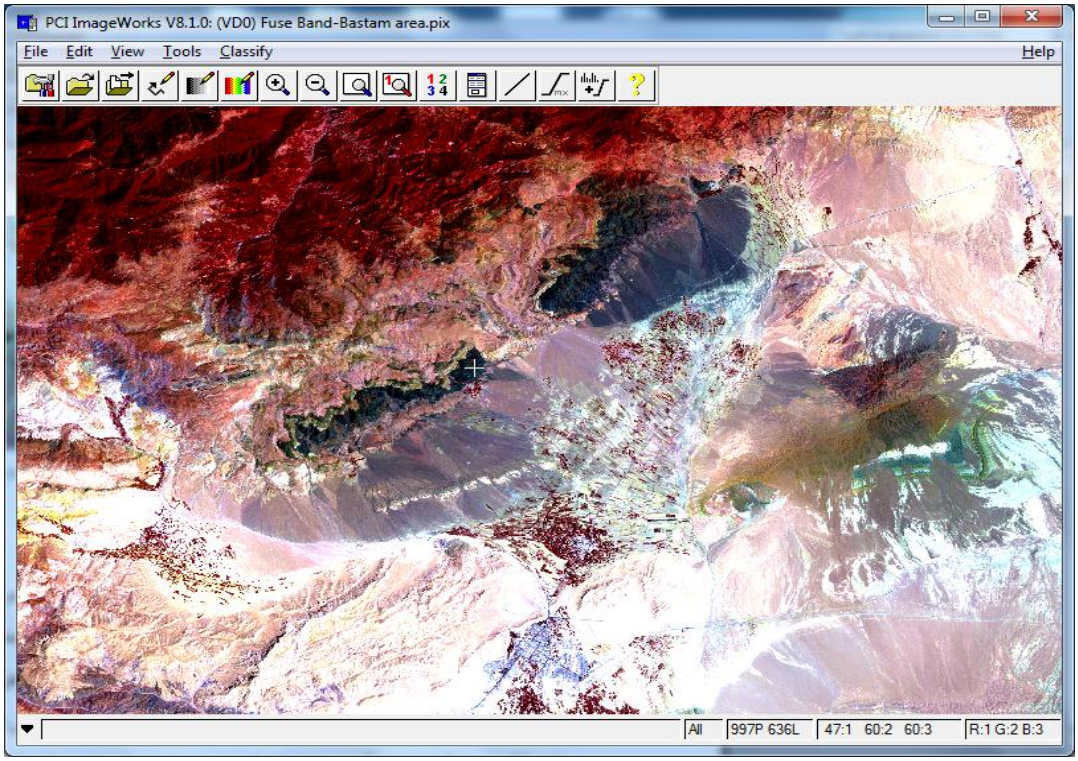
در این روش، هیستوگرام درجات روشنایی باندهای مختلف آن به منظور تشخیص و تعیین روش-های کنتراست که بایستی بکار گرفته شود، مورد مطالعه قرار می‌گیرد. در شکل (۳-۴) تصویر مجازی رنگی حاصل از ترکیب باندهای ۷، ۴ و ۲ با درجات روشنایی نشان داده شده که با استفاده از روش خطی و مدنظر قراردادن روش تکه‌ای، تصویری با کیفیت بالاتر و مناسب بدست آمده است [Sabins, 1999].



شکل ۳-۴ : آشکارسازی جهت رسیدن به یک تصویر واضح و روشن باندهای ۷، ۴، و ۲ در محیط R.G.B.

۳-۲-۳-۲- ایجاد تصاویر رنگی

ایجاد تصاویر رنگی مختلف، نمایش همزمان سه باند تصویری با بکارگیری فیلترهای قرمز، سبز و آبی روشی برای پردازش تصویر و بارز کردن پدیده‌ها می‌باشد. با توجه به اینکه هر تصویر سیاه و سفید۲۵۶ گام خاکستری را نمایش می‌دهد و تصاویر رنگی با حدود ۰۰۰،۰۰۰، ۶ رنگ می‌توان تولید نمود. بنابراین در تفسیر داده‌های ماهواره‌ای، تصاویر رنگی برتری ویژه‌ای دارند [جاهدی و فرخی، ۱۳۷۵]. از طرفی تصاویر رنگی می‌توانند ترکیبی از محدوده‌های طیفی مختلف باشند که راهنمای شناخت پدیده‌ها می‌باشد. شکل (۳-۵) حاصل ترکیب باندهای ۵، ۳ و ۱ به‌ترتیب در فیلترهای قرمز، سبز و آبی پس از آشکارسازی است.



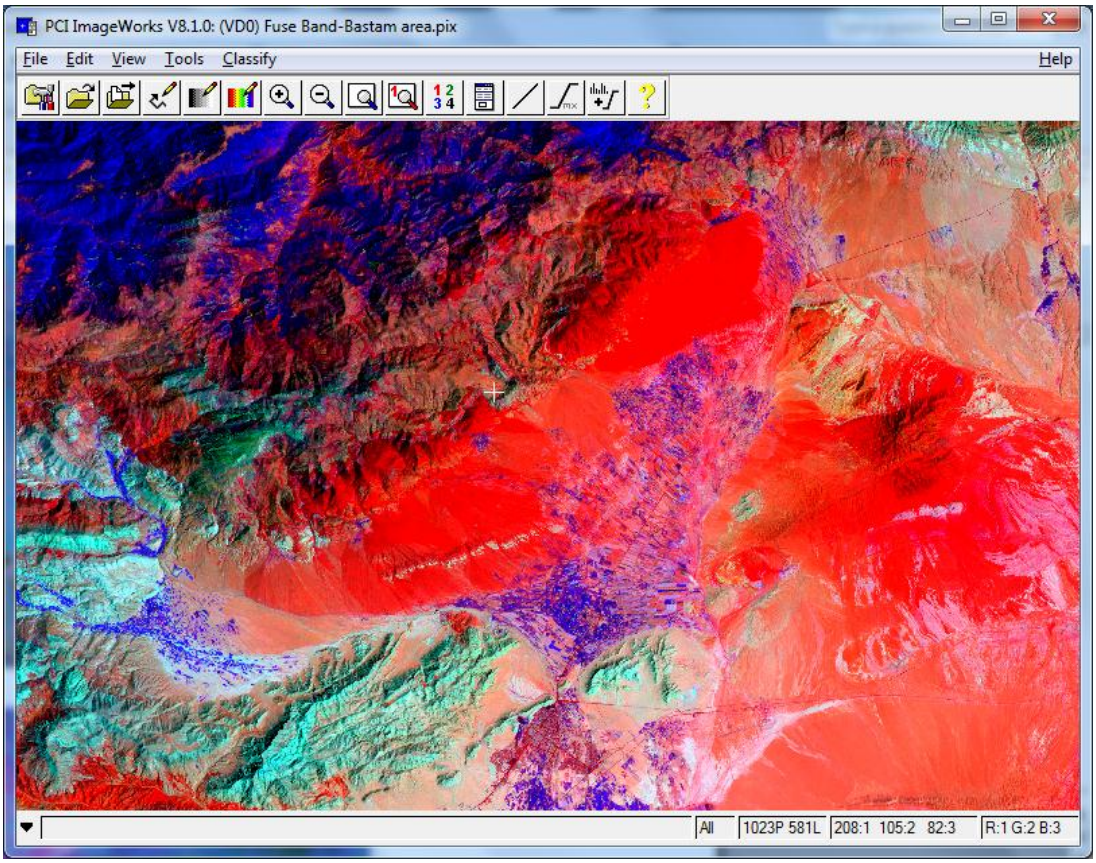
شکل ۳-۵ : تصویر مجازی رنگی حاصل ترکیب باندهای ۵، ۳ و ۱ به ترتیب در فیلترهای .R.G.B

۳-۲-۳-۳- عملیات بین تصاویر

این عملیات روش دیگری جهت بارزکردن پدیده‌ها که بر اساس شناخت بازتاب طیفی آنها در طول موج‌های گوناگون می‌باشد. این روش با بکارگیری مدل‌های ریاضی و آماری بین بازتاب‌های طیفی پدیده‌ها در باندهای مختلف امکان‌پذیر است [جاهدی و فرخی، ۱۳۷۵]. با دانستن وضعیت بازتاب یک پدیده در محدوده طول موج‌های مختلف و بکارگیری عملیات ریاضی بین باندها، می‌توان بازتاب

طیفی پدیده مورد نظر را افزایش و به‌وضوح آن را مشاهده نمود. یکی از عملگرهای پرکاربرد عملگر تقسیم یا نسبتی است که در شکل (۳-۶) نمونه‌ای از آن ارائه شده است.

تصاویر نسبی از تقسیم مقادیر جزء تصویری در یک باند طیفی بر مقادیر جزء تصویری مربوط به باند دیگر برای هر جزءتصویر به‌دست می‌آیند. تصویر رقومی جدید به‌وسیله نسبت مقادیر المان‌ها در دو تصویر ایجاد می شود. مزیت اصلی این تصاویر آن است که خصوصیات رنگی یا طیفی پدیده‌های تصویر را بدون توجه به تغییرات شرایط نوردهی منظره بر اثر تغییرات، توپوگرافی، منتقل می‌کنند و بر محتوای رنگ داده تاکید می‌کنند. در واقع، هیچ اطلاعاتی در مورد سپیدایی اولیه یا مطلق ارائه نمی‌دهند [Sabins, 1997]. از داده‌های سنجش از دور و با استفاده از تصاویر نسبی باندی به‌طور گسترده در آشکارسازی نواحی دارای دگرسانی گرمایی و همچنین پوشش گیاهی استفاده شده است [Huff et al., 1999, Bennet et al., 1993, Kaufmann, 1988; Abrams et al, 1983, Rowan et al, 1979].



شکل۳-۶: دو تصویر حاصل از عملیات ریاضی روی باندهای داده های ماهواره لندست ،به ترتیب در محیط R.G.B.

$$\frac{b3}{b1}, \frac{b4}{b2}, \frac{b5}{b7}$$

۳-۲-۳-۴- تحلیل مؤلفه های اصلی

اگر هر کدام از باندهای ETM+ به‌طور جداگانه بررسی شوند، ارتباط زیادی بین آنها مشاهده می‌شود، به‌گونه‌ای‌که بیشتر نواحی که در یک باند روشن یا تاریک هستند، در باندهای دیگر هم همین ویژگی را دارند. اغلب ارتباط زیاد ایجاد شده بین باندها در تحلیل داده‌های تصویر چند طیفی دشوار است، یعنی تصاویر ایجاد شده توسط داده‌های لندست، یا به‌طور کلی داده‌های رقومی ناشی از طول موج باندهای گوناگون، اغلب شبیه به یکدیگر به‌نظر می‌رسند و اساساً اطلاعات مشابهی را منتقل می‌کنند. در حقیقت این تشابه و ارتباط بین باندها، باعث به‌وجود آمدن یک سری اطلاعات اضافی و زائد می‌شود. اگر این داده‌های اضافی کاهش یابند کنند، مقدار داده‌هایی که برای توصیف تصاویر چند طیفی احتیاج است، به‌صورت فشرده درمی‌آیند.

تحلیل و آنالیز مؤلفه‌های اصلی، روشی برای خارج کردن یا کاهش دادن چنین اطلاعات زائدی است که با فشرده‌کردن مجموعه داده‌های چند طیفی در یک دستگاه مختصات جدید صورت می‌گیرد. این روش که اولین بار در سال ۱۹۸۹ توسط چاوز و کاورتینگ[1] مطرح شد، عملیاتی برای دستیابی به حداقل حجم داده‌ها و حداکثر تباین بین n باند طیفی است، که براساس اندازه‌گیری واریانس، کوواریانس و انحراف معیار باندهای مختلف انجام می‌شود. تحلیل مولفه اصلی برای کاهش ابعاد متغیرهای اندازه‌گیری (P بعد) به مولفه‌های اصلی نماینده (m بعده m از P کوچکتر است) با ترکیب خطی از متغیرهای اندازه‌گیری شده به‌کار می رود [جاهدی و فرخی، ۱۳۷۵]. اگر متغیرهای اندازه‌گیری شده P بعدی $(i=1-p, x_i)$ باشند. دراین‌صورت مؤلفه‌های اصلی ($j=1-m, Z_j$) را می‌توان به صورت ترکیب خطی زیر بیان کرد.

$$Z_j = a_{1j}x_1 + a_{2j}x_2 + \text{000} + a_{pj}x_p$$

(رابطه ۳-۱)

ضرایب a_{1j} تا a_{pj} را می‌توان تحت شرایط زیر به دست آورد:

$a_{ij}^2 = 1$ ، مجموع ضرایب باید یک باشد .

δ_{zj}^2 ، واریانس ماکزیموم مقدار باشد .

Z_{j+1}, Z_j باید مستقل از هم باشند.

[1]. Chaves and Yaw Kwarteng, 1989

برای داده‌های چند طیفی (مانند لندست)، اولین مؤلفه اصلی(PC1) شامل بیشترین درصد واریانس کلی تصویر است و مؤلفه های بعدی (PC2, PC3,…PCn) هر یک دربر گیرنده درصد کمتری از واریانس تصویر می باشند [Sabins, 1997].

هر تصویر مؤلفه اصلی، دارای اطلاعاتی از همه باندهای طیفی است و مانند تصاویر نسبی، به عنوان تصویر جداگانه سیاه و سفید می توانند تحلیل شوند، یا هر سه تصویر مؤلفه اصلی برای تشکیل یک ترکی رنگی با یکدیگر ترکیب شوند. در این حالت، بیشترین واریانس n باند طیفی در یک تصویر ترکیب رنگی مشاهده می‌شوند. این واریانس بیشتر از واریانسی است که در ترکیب رنگی باندهای طیفی معمولی ایجاد می‌شود و جزئیات بیشتری از اختلاف طیفی پدیده‌های مختلف زمین‌شناسی مانند واحدهای سنگی و دگرسانی نمایش می‌دهد. لذا به زمین‌شناسان کمک می‌کند تا مرز بین مناطقی که در تصاویر ترکیب رنگی حاصل از باندهای خام قابل تشخیص نیست را مشخص کنند. همچنین کاربر می‌تواند مناطق کوچکی را که از هر طیفی کاملاً متفاوت از کل صحنه تصویر هستند (مانند مناطق دگرسان شده یا خطواره‌ها و یا مناطق با پوشش گیاهی و یا کاربری ارضی متفاوت)، مشخص کند [Vincent, 1997].

۳-۲-۳-۴-۱- تحلیل استاندارد و انتخابی مؤلفه‌های اصلی

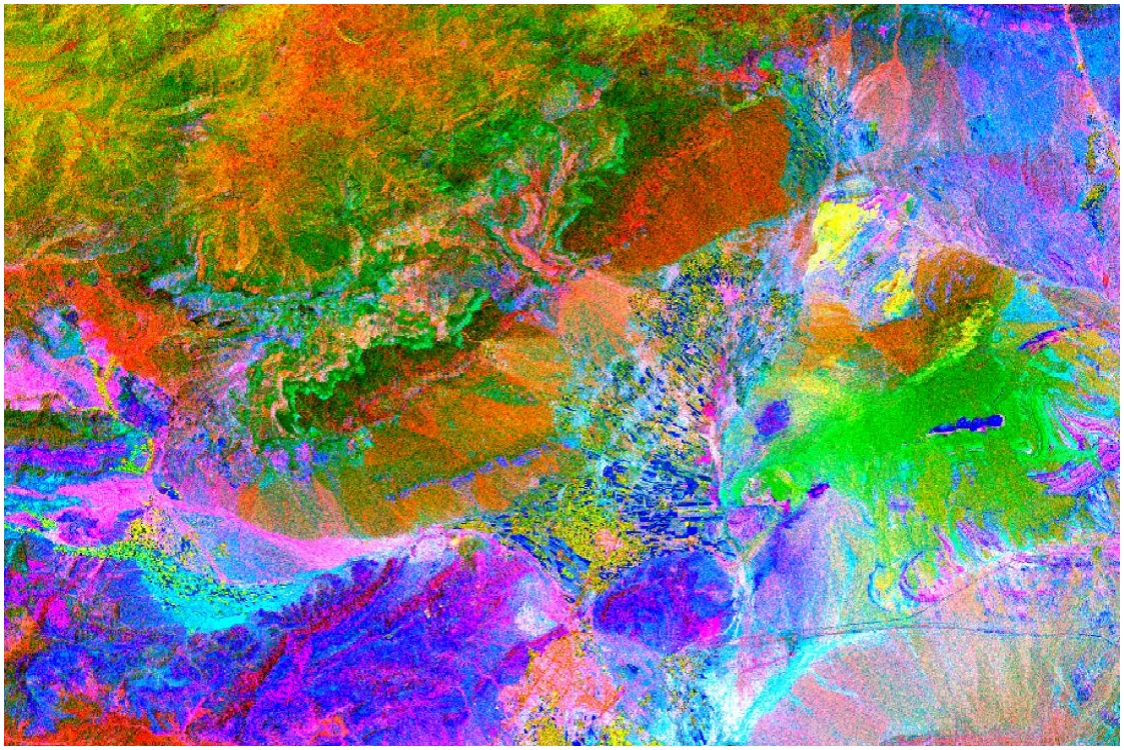
اختلاف بین تحلیل استاندارد انتخابی مؤلفه‌های اصلی در این است که در تحلیل استاندارد همه باندهای یک تصویر (مثلاً ۶ باند غیر گرمایی ETM+) به‌عنوان داده ورودی در محاسبه مؤلفه‌های اصلی به‌کار می‌روند در حالی‌که در تحلیل انتخابی بر حسب نوع هدف، تعداد مشخصی از باندهای انتخاب می‌شوند. استفاده اساسی از تحلیل مؤلفه اصلی در کاهش تعداد تصاویر یا متغیرها است که کاهش بعدی[1] نامیده می‌شود. در سال ۱۹۸۹ کروستا و موره[2] برای اولین بار روشی را که مؤلفه اصلی جهت یافته موضوعی[3] (FPCS) نامیده می‌شود. پیشنهاد کردند که امروز به نام روش کروستا مشهور است. این روش، یک فن ساده و جدید برای نقشه برداری دگرسانی‌ها با استفاده از تصاویر لندست است. در این روش تنها به اطلاعات مقدماتی درباره خواص طیفی کانی‌ها و پوشش گیاهی نیاز است و مبتنی بر توانایی تبدیل مؤلفه اصلی در نقشه‌برداری جزئیات واریانس داده‌ها در مؤلفه‌های متوالی است [Crosta & Moore, 1989].

[1] . Dimensionality reduction
[2] . Crosta and Moore, 1989
[3] . Feature Oriented Principal Components Selection

روش کروستا بر اساس ۶ باند لندست و همچنین ۴ باند انتخاب شده بر اساس ویژگی‌های طیفی کانی‌های دگرسان و پوشش گیاهی استوار است. در حقیقت فن توسعه یافته این روش، بر اساس انتخاب ۴ باند برای PCA است، که در این روش بر پایه بررسی مقادیر ویژه بردار[1] مولفه اصلی مشخص گردد که کدام‌یک از مؤلفه‌های اصلی اطلاعات مربوط به نشانه‌های طیفی[2] هدف‌های خاص را به‌طور مستقیم متمرکز می‌کنند. از ویژگی‌های مهم این روش این است که پیش‌بینی می‌کند آیا یک هدف در یک تصویر مؤلفه اصلی مربوط به‌آن، به‌صورت اجزای تصویری تیره یا روشن مشخص می‌شود. از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی و کروستا، به‌طور گسترده برای آشکارسازی دگرسانی‌ها در ایالت‌ها و کمربندهای فلزیازایی استفاده شده است

[Tangestani and Moore, 2000, Loughlin 1991, Kaufmann,1988].

شکل (۳-۷) حاصل از باندهای تحلیل مولفه اصلی می‌باشد که می‌توان واحدهای مختلف سنگی روی آن را بررسی و معلوم نمود.



شکل ۳-۷: حاصل از تلفیق باندهای مولفه های اصلی باندها و عملیات جبری باندهای اولیه داده ها

$$(R,G,B = PC1, PC4, PC5)$$

[1] . Eigenvector
[2] . Spectral Signature

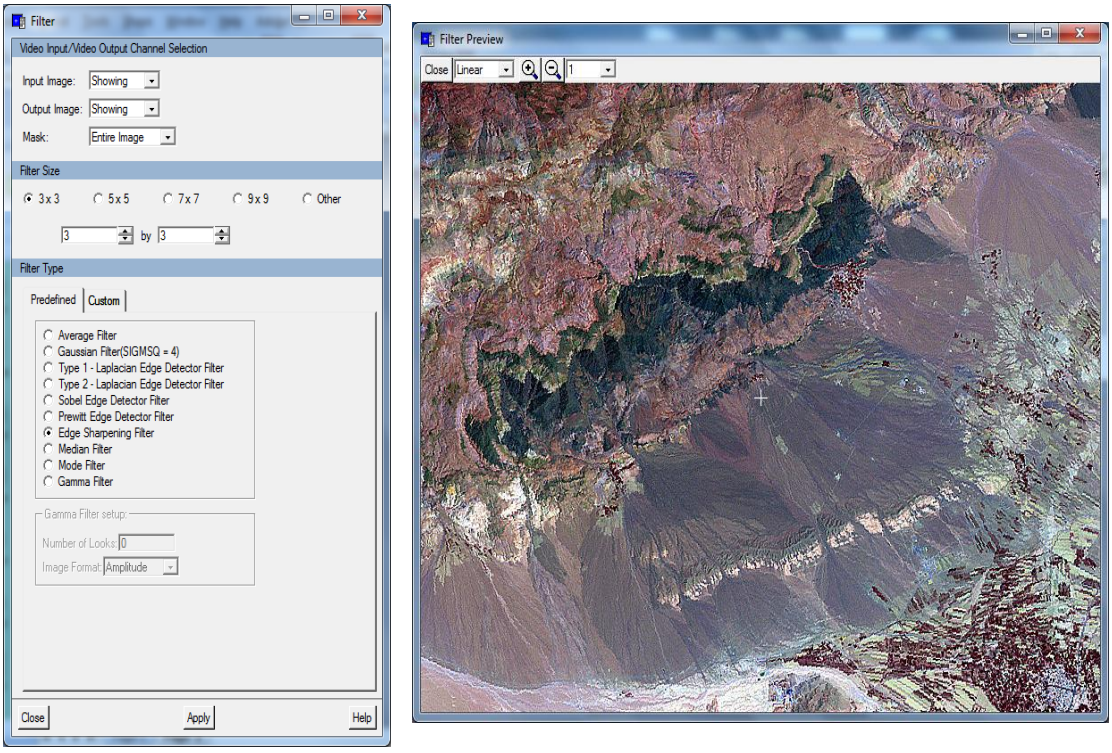
۳-۲-۳-۵- فیلتر کردن تصویر

عمل فیلترکردن برای دسترسی به‌یک‌سری تصاویر متباین و باکیفیت بهتر در اثر اعمال نمودن توابع یا عملگرهای فیلتر درحوزه فضای تصویر و یا در حوزه فراوانی مکانی انجام می‌شود. در مورد داده‌های تصویر رقمی، فیلترکردن در حوزه تصویر معمولاً با عمل پیچش توسط یک عملگر ماتریسی $n*n$ انجام می‌پذیرد.

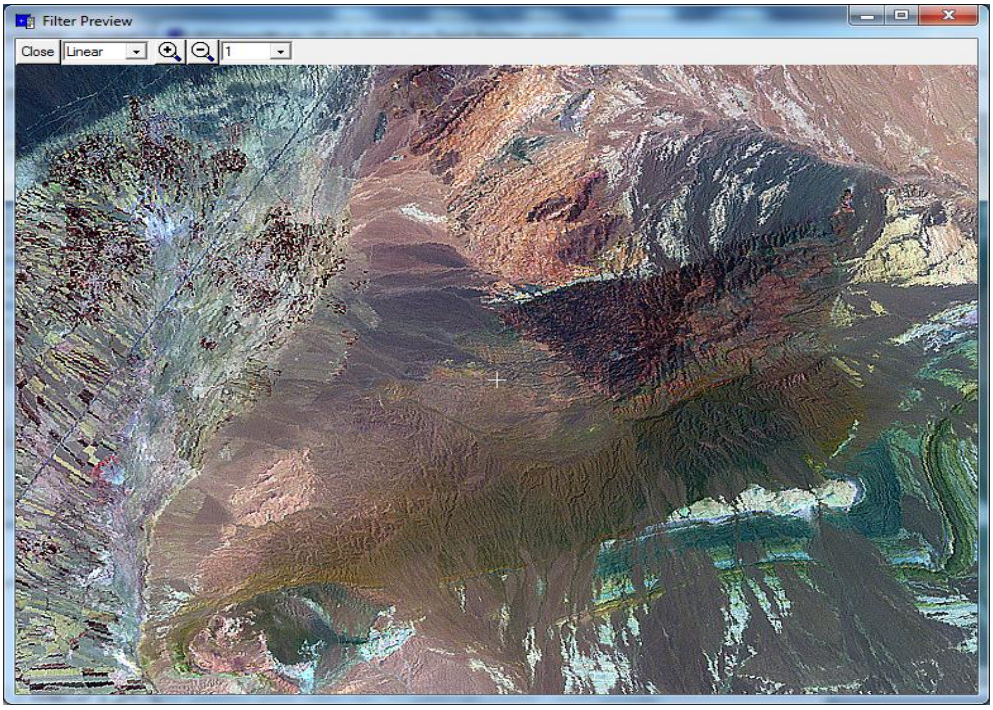
$$g(i,j)=\sum_{k=i-w}^{i+w}\sum_{l=j-w}^{j+w} f(k,l)h(i-k,j-l)$$

(رابطه۳-۲)

که در فرمول فوق f تصویر ورودی، h تابع فیلتر و g تصویر خروجی می‌باشد. عمل پیچش توسط یکسری عملگرهای جابجایی- ضرب - جمع با یک ماتریس $n*n$ (که در آن n عددی فرد است) انجام می‌گیرد [جاهدی و فرخی، ۱۳۷۵]. در بررسی‌های اخیر برای بهتر شدن تصویر از نظر وضوح از فیلترهای مختلف استفاده شد که در شکل (۹) نمایی از ورقه رزوه با انواع فیلترهای آشکار کننده با عملگرهای مختلف نمایش داده شده است.



شکل ۳-۸ :الف: انجام فیلتر تشخیص لبه‌ها برای ساخت تصویر مناسب جهت واضح نمودن بهتر پدیده‌های زمین شناسی (خطواره ها-گسل خوردگی-واحدهای سنگی-چین خوردگی-انواع رسوبات دروان کواترنر و...)



شکل ۳-۸ : ب: انجام زوم فیلتر تشخیص لبه‌ها برای ساخت تصویر مناسب جهت واضح نمودن بهتر پدیده‌های زمین شناسی (خطواره ها-گسل خوردگی- واحدهای سنگی- چین خوردگی- انواع رسوبات دروان کواترنر و...)

۳-۲-۴- تفسیر داده‌های ماهواره‌ای

مهمترین بخش عملیات دورسنجی در یک ناحیه تفسیر داده‌های ماهواره‌ای و استفاده از آن‌ها در زمین‌شناسی و شناسایی پدیده‌های آن نظیر پتانسیل منابع آب زیرزمینی و مواد معدنی است. در این مرحله داده‌های پردازش شده برای استفاده به‌صورت خروجی نهائی ارائه می‌گردند، لذا تفسیر داده‌ها بایستی با دقت صورت پذیرد. خروجی داده‌های ماهواره‌ای به دو صورت فایل‌های رقومی شده در محیط GIS استفاده می‌شود و یااینکه به‌طور مستقیم برروی کاغذ به‌صورت پلات نهایی چاپ می‌شود.

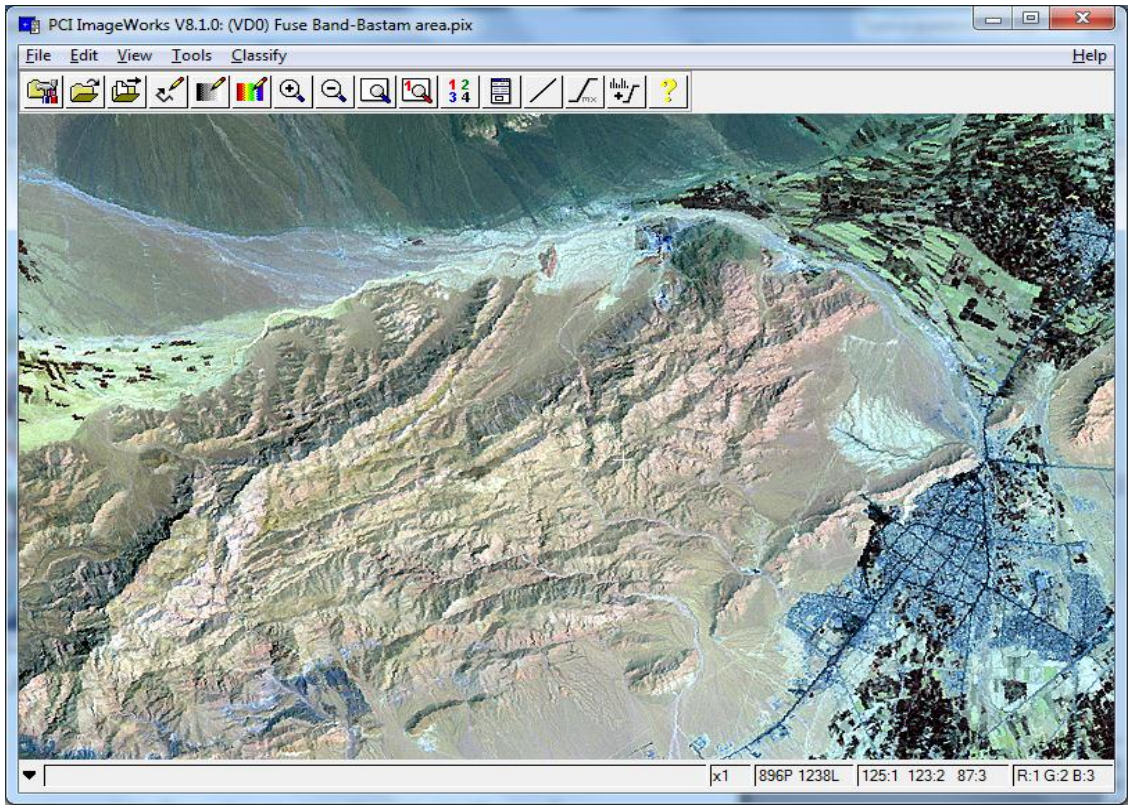
تفسیر داده‌ها به دو صورت نرم‌افزاری و یا استخراج کیفی و بصری اطلاعات انجام می شود. در نوع اول اطلاعات توسط یک‌سری الگوریتم‌های پیش‌فرض در شناسایی و جداسازی پدیده‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. ولی در نوع که توصیفی و بصری است عوارض زمین‌شناسی و پدیده‌های مرتبط با مواد معدنی توسط کارشناسان مجرب در این زمینه شناسایی می‌گردد. در ادامه این گزارش تفکیک و تشریح عواملی که به‌نوعی در ایجاد یک اثر یا پدیده معدنی می‌توانند نقش فعال داشته باشند و بتوان توسط اطلاعات ماهواره‌ای شناسایی نمود، ارائه می‌شود:

۳-۲-۴-۱-تفکیک واحدهای سنگی

تفکیک و جداسازی واحدهای سنگی به‌علت اینکه محل تمرکز عناصر در سنگ‌های مختلف، متفاوت می‌باشد، قابل ملاحظه و دارای اهمیت خاص است و بسته به‌اینکه دنبال چه نوع ماده معدنی هستیم، واحد سنگی خاصی بعضاً می‌تواند تنها منشاء تولید عنصر باشد. در این راستا شناسایی واحدهای سنگی موجود در محدوده مذکور، اثر قابل ملاحظه‌ای در معلوم نمودن مناطق امیدبخش آن دارد.

الف- واحدهای سنگی رسوبی

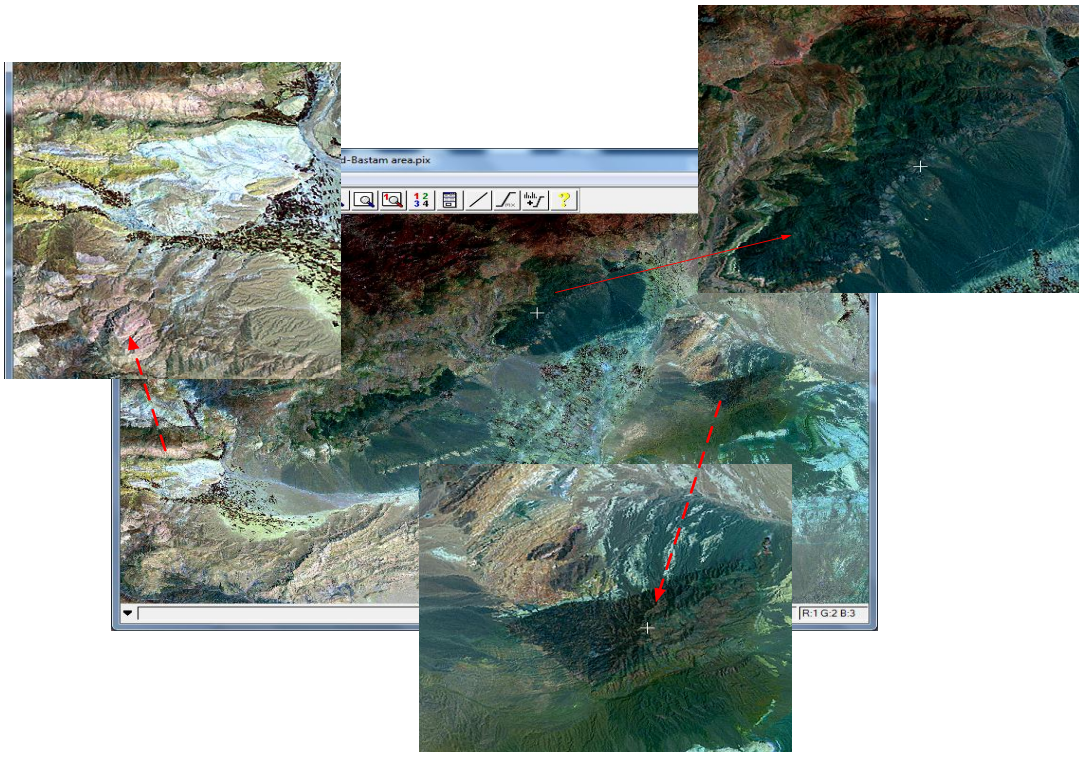
بخش‌های عمده منطقه مورد مطالعه را واحدهای رسوبی تشکیل می‌دهند. این سنگ‌ها در دو گروه عمده سنگ‌های آواری نظیر شیلی، ماسه‌سنگی و کنگلومرایی، سنگ‌های آذرآواری و سنگ‌های شیمیایی کربناته می‌باشند (شکل ۳-۹). همچنین بخش زیادی از حوزه آبریز بسطام توسط رسوبات کواترنر پوشانده شده است. بر اساس مشخصات ظاهری این سنگ‌ها، سنگ‌های کربناتی حداقل در گروه ترکیبی و سنی قرار دارد که مهمترین آنها در حدود دوره کرتاسه می‌باشد.



شکل۳-۹: واحدهای سنگ آهک به رنگ کرمی تا صورتی در شمال غرب شاهرود و جنوب غرب منطقه مورد مطالعه

ب- واحدهای آتشفشانی

آنچه در نگاه اول باعث جالب توجه است نوار آتشفشانی تا آذرآواری در بخش بالایی محدوده است و بخشی نیز در شرق محدوده یعنی سیاه‌کوه دیده می‌شود. براساس تصاویر تهیه شده عمده این واحدها توف با تنوع ترکیبی از آندزیت تا بازالت می‌باشد. در منتهی‌الیه غرب این ناحیه واحدهای آتشفشانی با بازتاب رنگی کاملا متفاوت دیده می شود که به نظر می‌رسد، عمدتاً دارای ترکیب توف تا توف مارنی باشند (شکل۳-۱۰).

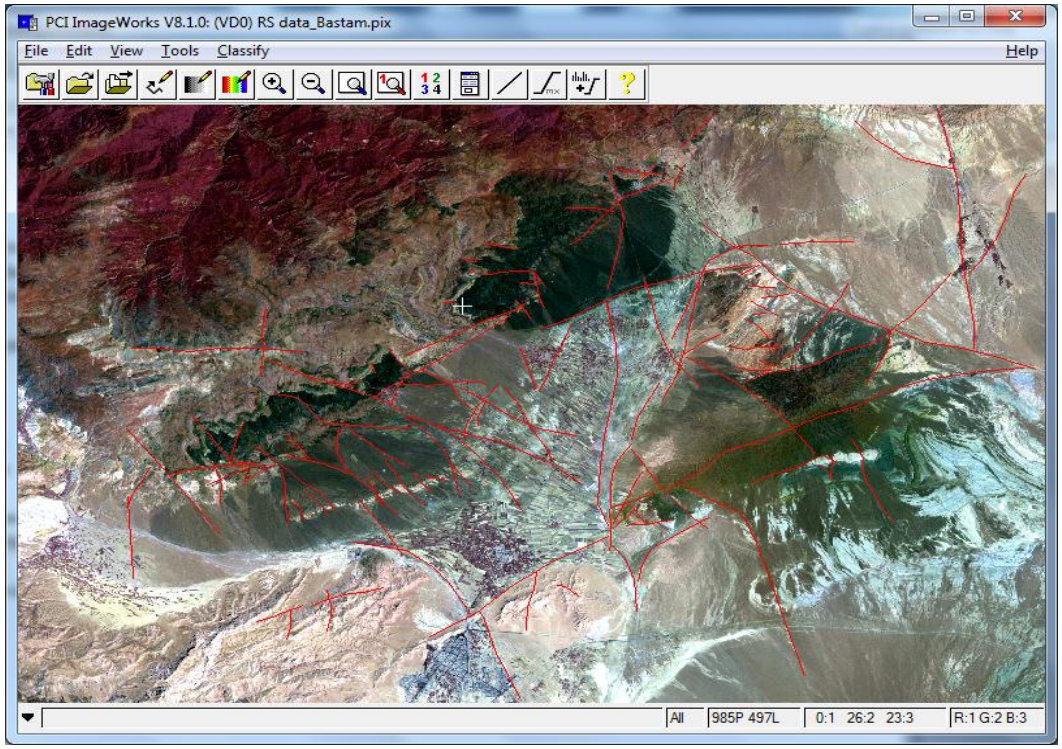


شکل ۳-۱۰: مجموعه سنگهای آتشفشانی موجود در محدوده مورد بررسی

۳-۲-۴-۲- ترسیم ساختارهای تکتونیکی

ساختمان‌های ناشی از فعالیت‌های تکتونیکی به‌ویژه گسل‌ها و خطواره‌ها عامل مهمی در تشکیل ذخایر معدنی و نقش بسزایی در تشکیل یک سفره آب زیرزمینی یا توده معدنی و یا سبب نفوذپذیری و تخلل سازندها می‌شوند. در مدل‌های توصیفی ارائه شده برای اکثر منابع زیرسطحی مثل آب، نفت و کانسارها در دنیا، جایگاه تکتونیکی و نقش ساختارها به‌عنوان یک عامل اصلی و کنترل‌کننده است. لذا شناسایی وضعیت این پدیده‌ها به نوبه خود کمک شایان توجهی در شناسایی پدیده‌های زمین‌شناسی و منابع موجود و نیز در اکتشاف آن‌ها دارد.

در این تحقیق، سعی شده است که براساس تصاویر پردازش شده ماهواره‌ای Landsat7، این پدیده‌های ساختاری مشخص و معلوم و ترسیم گردند. البته در ترسیم گسل‌ها و خطواره‌ها در نظر داشتن وضعیت زمین‌شناسی و طریقه قرارگیری واحدهای سنگی و نیز وضعیت سایه عوارض و پوشش گیاهی کمک خوبی به تصاویر ماهواره‌ای می‌باشد. به‌منظور تفکیک بهتر و بارزسازی مناسب پدیده‌های ساختاری، از فیلترهای متنوع و تصاویر رنگی در باندهای مختلف استفاده گردید، که می‌توان به فیلترهای پایین گذر مثل فیلتر میانه‌گیری با عملگرهای ماتریسی ۳*۳ و بکارگیری فیلترهای بالا گذر مانند آشکار ساز لبه‌ها[1] با عملگرهای متنوع اشاره کرد. علاوه بر آن از روش‌های لاپلاسی، Sobel و غیره نیز جهت آشکارسازی لبه‌ها و به‌ویژه خطواره‌ها می‌توان استفاده نمود. استفاده از فیلترهای ساختاری به‌همراه تنوع باندها در محیط عادی، نسبتی و... نیز می‌تواند در برخی مواقع پدیده‌های ساختاری را واضح‌تر نشان دهد. مطابق این شکل و در یک نگاه کلی عمدتاً در دو راستای شمال‌شرقی ـ جنوب‌غربی و جنوب‌شرق ـ شمال‌غرب عملکرد گسل‌های اصلی بوده است. این گسل‌ها نقش اساسی در وضعیت تکتونیک منطقه ایفا کرده‌اند، به نوعی می‌توان گفت فروافتادگی حوزه آبریز بسطام و وجود چشمه‌ها و منابع آب زیرزمینی متاثر از این ساختارها باشد.



شکل ۳-۱۱: نمایش شماتیکی از گسل‌های اصلی موجود در منطقه با استفاده از اجرای انواع فیلترهای واضح کننده برای آشکارسازی لبه ها، خطواره ها و گسل‌ها

[1] . Edge detector

۳-۳- تهیه نقشه رقومی خطواره

۳-۳-۱- تعریف خطواره

خطواره[1] از دو کلمه خط[2] و شبیه‌به[3] تشکیل شده است. خطواره اولین بار به‌وسیله هابس[4] برای مشخص‌کردن ارتباط فضایی عوارض سطح زمین ارائه شد که شامل: خطالراس‌ها یا مرزهای نواحی مرتفع، خطوط زهکشی، خطوط ساحلی و خطوط مرزی سازنده‌ها (مرز جدایش واحدهای سنگی) یا خطوط رخنمون‌ها می‌باشد [Ahmed, 1996].

هابس در سال ۱۹۱۲ دره‌های تنگ و خطوط واضح شکستگی یا زون‌های برشی گسل‌ها را نیز به موارد بالا اضافه کرد. او معتقد بود هر تعداد از این شکل‌ها ممکن است به‌هم بپیوندند و تشکیل خطواره دهند. همچنین ثابت کرد که بیشتر خطواره‌ها با خطوط سایزموتکتونیکی منطبق‌اند و به همین علت خطواره‌ها تا پیش از این وسیله‌ای برای تشخیص مراکز لرزه‌خیزی بودند.

شکل‌های سطحی که یک خطواره می‌سازد ممکن است ژئومورفیک (ناشی از اثر بالاآمدگی) و یا تونال (ناشی از اختلاف کنتراست) باشد. نمونه‌هایی از خطواره‌های ژئومورفیک مرزهای مورفولوژیکی یا شکاف‌ها یا شکستگی‌ها هستند و مثال‌هایی از خطواره‌های تونال شامل ناپیوستگی‌ها و خطوط مزارع و اختلاف در میزان رطوبت یا ترکیب خاک و سنگ در یک ناحیه است [Sander, 2007].

خطواره‌ها که اغلب شکستگی‌های اصلی در نزدیکی سطح زمین هستند، نقش مهم و انکارناپذیری در خواص و مهاجرت آب‌ها دارند. به‌طور معمول شناسایی و تفسیر خطواره‌ها بااستفاده از برداشت‌های زمینی و عکس‌های هوایی انجام می‌گیرد. این‌کار برای مناطق وسیع بسیار وقت‌گیر و هزینه‌بر است. در دهه‌های اخیر تصاویر ماهواره‌های و مدل رقومی ارتفاعی در کنار دانش زمین‌شناسی، ابزار مناسبی برای استخراج خطواره‌ها حرکات دامنه‌ای به عنوان فرایندهای مهم ژئومورفیک، سطح زمین را به طور آشکار و گسترده تغییر می‌دهند. پدیده‌های ناشی از این حرکات و زمین لغزش‌ها هر ساله موجب خسارات جانی و مالی فراوان می‌شود. در این راستا شناخت فرایندهایی که موجب بر هم خوردن ثبات دامنه‌ها می‌شوند و یا بالعکس ثبات شیب‌های سنگی و خاکی می‌شوند ویا بالعکس ثبات آن‌ها را

[1]. Line mentum
[2]. Line
[3]. Mentum
[4]. Hobbs,1912

افزایش می‌دهند بسیار مهم می‌باشد زیرا که با برنامه ریزی صحیح و اعمال مدیریت مناسب می‌توان از بسیاری از انواع لغزش‌های سطحی جلوگیری نمود [فروغ بیک، ۱۳۸۸].

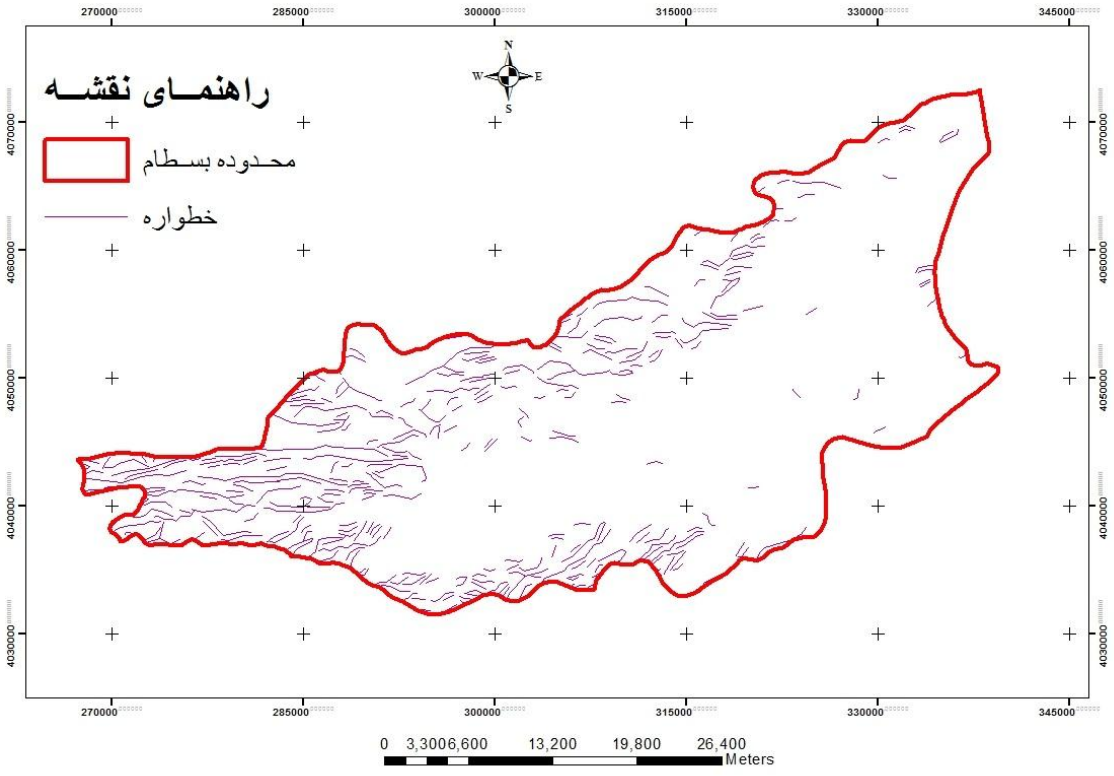
اگر چه بیشتر خطواره‌ها حداقل در بخشی از طولشان بر گسل‌ها منطبق می‌شوند، اما همه خطواره‌ها لزوما منطبق بر فعالیت‌های تکتونیکی و گسلی نیستند. خطواره‌ها در سراسر دنیا مشخص-کننده مناطق ضعیف پوسته زمین هستند و اگر هیچ‌گونه جابجایی ساختاری در آنها مشاهده نشود، ممکن است سنگ‌ها کاملاً خرد شده و مستعد فرسایش باشند. شکل‌های خطی تفسیر شده روی تصاویر ماهواره‌ای ابتدا خطواره نامیده می‌شوند و در مرحله بعد اگر بررسی‌های میدانی و نقشه‌های مبنا وجود جابجائی ساختمانی را تائید کرد، به‌عنوان گسل مشخص می‌شوند. به‌منظور شناسایی ساختمان‌های زمین‌شناسی نیمه‌عمیق و نزدیک سطح و بارزسازی سطوح شکستگی و تخمین امتداد و شیب آنها شناخت و تحلیل خطواره‌ها بسیار با اهمیت است [Ahmed, 1996].

۳-۳-۲- استخراج خطواره‌ها از تصاویر ماهواره‌ای

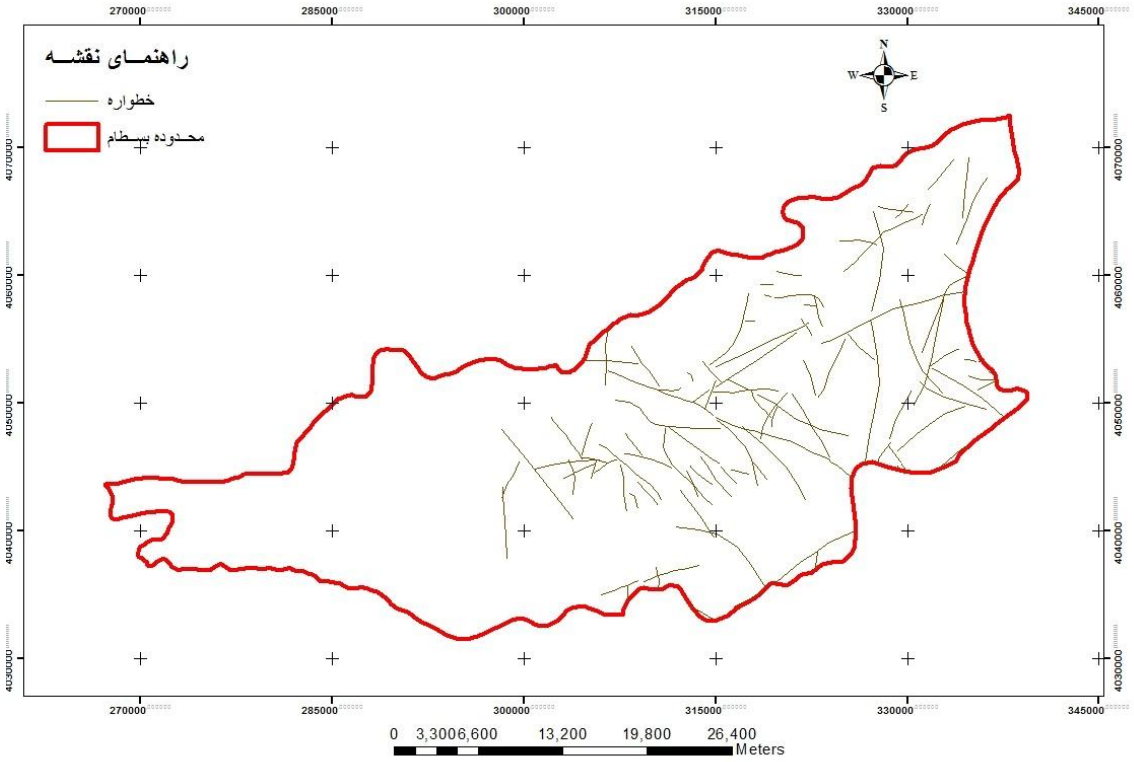
برای شناسایی ساختمان‌های زمین‌شناسی نزدیک سطحی و بارزسازی سطوح شکستگی و تخمین امتداد و شیب آن‌ها، شناخت و تحلیل خطواره‌ها بسیار مهم می‌باشد. عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای دو سری از مهمترین منابع اطلاعاتی برای مطالعه خطواره‌ها هستند. عکس‌های هوایی اغلب برای یافتن خطواره‌ها و جزئیات مربوط به آنها مناسب‌ترمی‌باشند، اما تعدادی از خطواره‌ها تنها برروی تصاویر ماهواره‌ای آشکار می‌شوند. تصاویر ماهواره‌ای نسبت به عکس‌های هوایی در تحلیل خطواره‌ها یک مزیت بزرگ دارد که قادر است یک ناحیه وسیع را بطور همزمان و با دقت مورد بررسی قرار دهد، زیرا که خطواره‌ها بر روی تصاویر ماهواره‌ای مثل تصاویر سنجنده‌های TM ، +ETM و ... یکسان مورد بررسی قرار می‌گیرد. بدین‌منظور از تصاویر ماهواره‌ای لندست به علت زاویه کم خورشید و از بین‌بردن جزئیات فضایی نوفه و پوشش منطقه‌ای و فراگیر تصاویر ETM استفاده می‌شود [Sander, 2007]. اهمیت و مفهوم زمین‌شناسی خطواره‌های استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای مستلزم انطباق با واقعیت‌های زمینی می‌باشد. با در نظر گرفتن وضوح فضائی سنجنده ETM تعدادی از خطواره‌های بزرگ که در ارتباط با مناطق شکستگی هستند می‌توان نشانه‌هایی از وجود گسله‌ها و درزهای پیوسته دانست. شکل مناطق شکستگی ممکن است با یکدیکر متفاوت باشد که این امر به میدان نیروهای تکتونیکی و ویژگی‌های مکانیکی توده سنگ‌ها بستگی دارد. با توجه به نوع کار جهت استخراج خطواره‌ها لازم است از رایانه استفاده شود (شکل‌های ۳-۳ و ۳-۴). بدین‌منظور ابتدا باید تصویر

DEM منطقه مورد نظر را توسط نرم‌افزار بر اساس نقشه رقومی توپوگرافی منطقه تهیه کرد. سپس توسط این تصویر در نرم افزار Arc GIS لایه اطلاعاتی فوق‌الذکر را تهیه نمود. همچنین از باند TM7 نیز می‌توان استفاده کرد که چون در محدوده طول موج ۲/۳۵ – ۲/۰۸ میکرومتر فعال است. این باند به رطوبت پوشش گیاهی و خاک حساس است، ولی عامل بسیار مهمی است که باعث می‌شود در مطالعات زمین‌شناسی، به ویژه در لیتولوژی از آن استفاده شود [Ahmed M. 1996].

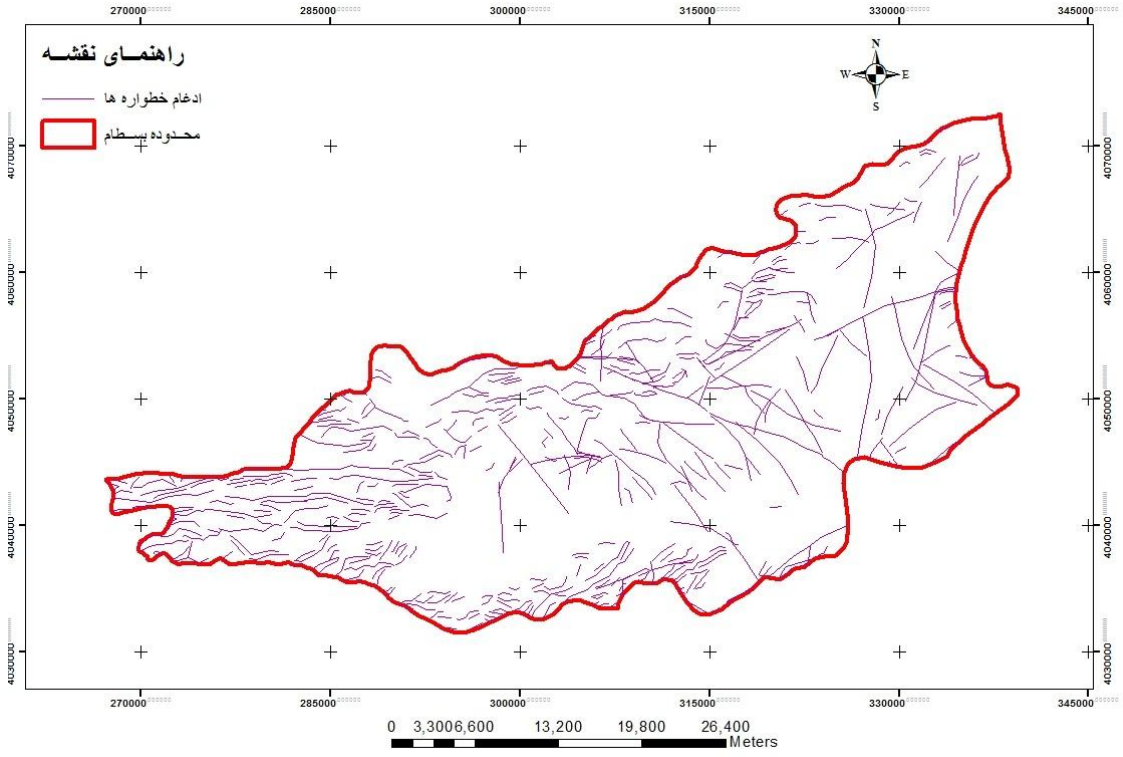
با استخراج خطواره توسط نرم‌افزار، مشاهده گردید که این فرایند در نواحی ارتفاعی محدوده از تراکم بیشتری نسبت به سایر نواحی برخوردار است در حالی‌که خطواره‌های بسیاری نیز در نقاط پست ارتفاعی به‌چشم می‌خورد (شکل۳-۱۲). بنابراین در مرحله دوم، مابقی خطواره‌های استخراج نشده، به صورت دستی استخراج گردید (شکل ۳-۱۳). با ادغام محتویات دوشکل مذکور، تقریبا نقشه رقومی خطواره‌های کل منطقه، تهیه شده است که می‌توان آن‌را در غالب یک نقشه نمایش داد (شکل۳-۱۴). با تولید این نقشه خطواره‌ای جدید می توان لایه اطلاعاتی خطواره‌های منطقه بسطام را ساخت.



شکل ۳-۱۲ : استخراج رقومی خطواره‌ها منطقه بسطام از تصویر ماهواره‌ای +ETM در محیط نرم افزار Arc GIS



شکل ۳-۱۳ : استخراج رقومی خطواره ها منطقه حوضه بسطام به روش دستی از تصویر ماهواره ای +ETM در محیط نرم افزار Geomatica



شکل ۳-۱۴ : ادغام خطواره های حاصل از دو روش اتوماتیک و دستی در محیط دو نرم افزار Arc GIS و Geomatica

۳-۴- تهیه نقشه رقومی زمین شناسی یا واحدهای سنگی

همان‌گونه که گفته شد، یکی از ابزارهای نوین در زمینه مطالعه آب‌های زیرزمینی، استفاده از فناوری سنجش از دور است. از سوی دیگر مطالعات زمین‌شناسی نقش مهمی را در تهیه برنامه مدیریت حوزه آب‌های زیرزمینی ایفا می‌کند [Krishnamurthy, et al., 1884].

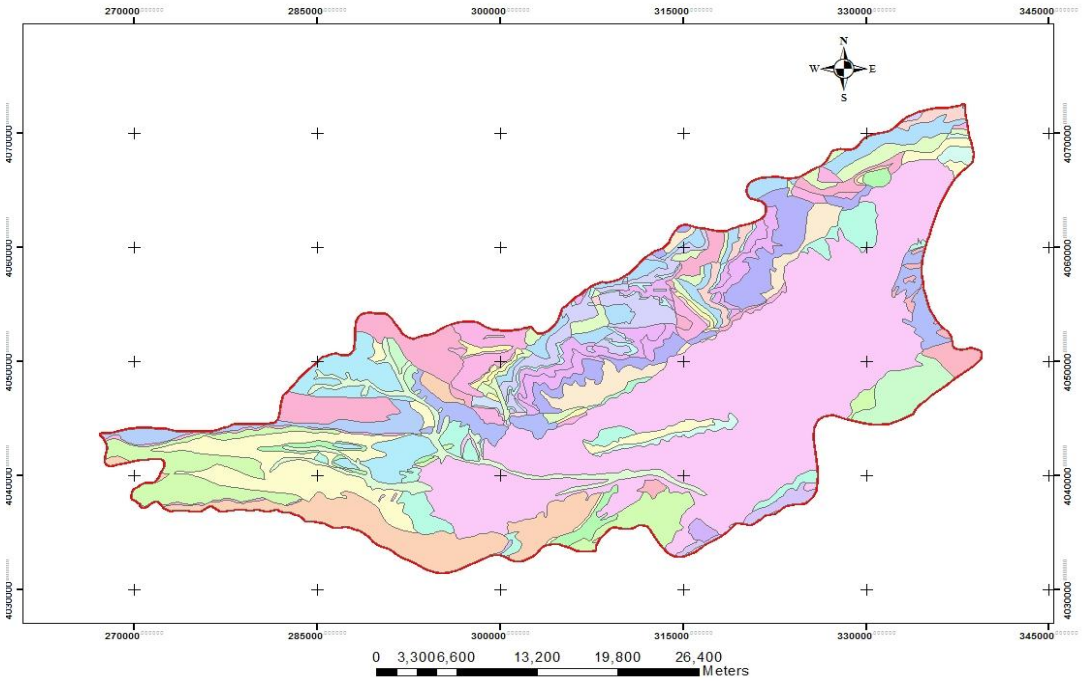
بر خلاف روش‌های مرسوم تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی که پرهزینه و وقت‌گیر هستند استفاده از سنجش از دور علاوه بر دقت عمل مکانی، کم‌هزینه و سریع می‌باشند.

یکی از کاربردهای مهم این تصاویر، تعیین نوع واحدهای سنگی و سازندهای زمین‌شناسی است. میزان حساسیت سنگ‌ها به فرسایش و خصوصیات سنگ‌ها مانند نرمی و سختی آن نقش موثری در مطالعات مربوط به خاک‌شناسی، زمین‌شناسی و آمایش سرزمین حوضه‌های آبخیز دارد [Sander, 2007].

در نتیجه در اختیار داشتن نقشه زمین‌شناسی هر حوضه آبخیز کمک موثری در زمینه مطالعات عمومی آبخیزداری به‌شمار می‌رود. در این رابطه مطالعات متعددی انجام شده که جداسازی واحدهای زمین‌شناسی بااستفاده از داده‌های سنجنده +ETM، از جمله آنها است [Krishnamurthy, et al., 1884].

اطلاعات اولیه این نقشه رقومی به‌صورت نقشه‌های خام، از سازمان آب منطقه‌ای استان سمنان دریافت شد. پس از دریافت اطلاعات و پردازش‌های اولیه بر روی آن از جمله زمین مرجع نمودن و کلیپ نمودن محدوده مورد نظر، نقشه زمین شناسی استخراج شد (شکل۳-۱۵).

واحد زمین‌شناسی حوزه آبریز بسطام عمدتا از تراس‌های جوان و مخروط‌افکنه‌های آبرفتی می‌باشد که خود امتیاز مثبتی جهت نفوذ آب‌های سطحی و در نتیجه پتانسیل بالای آب‌های زیرزمینی محسوب می‌شود.



شکل ۳-۱۵ : نقشه رقومی زمین شناسی حوزه آبریز بسطام [سازمان آب‌منطقه‌ای استان سمنان،۱۳۹۰]

راهنمای نقشه

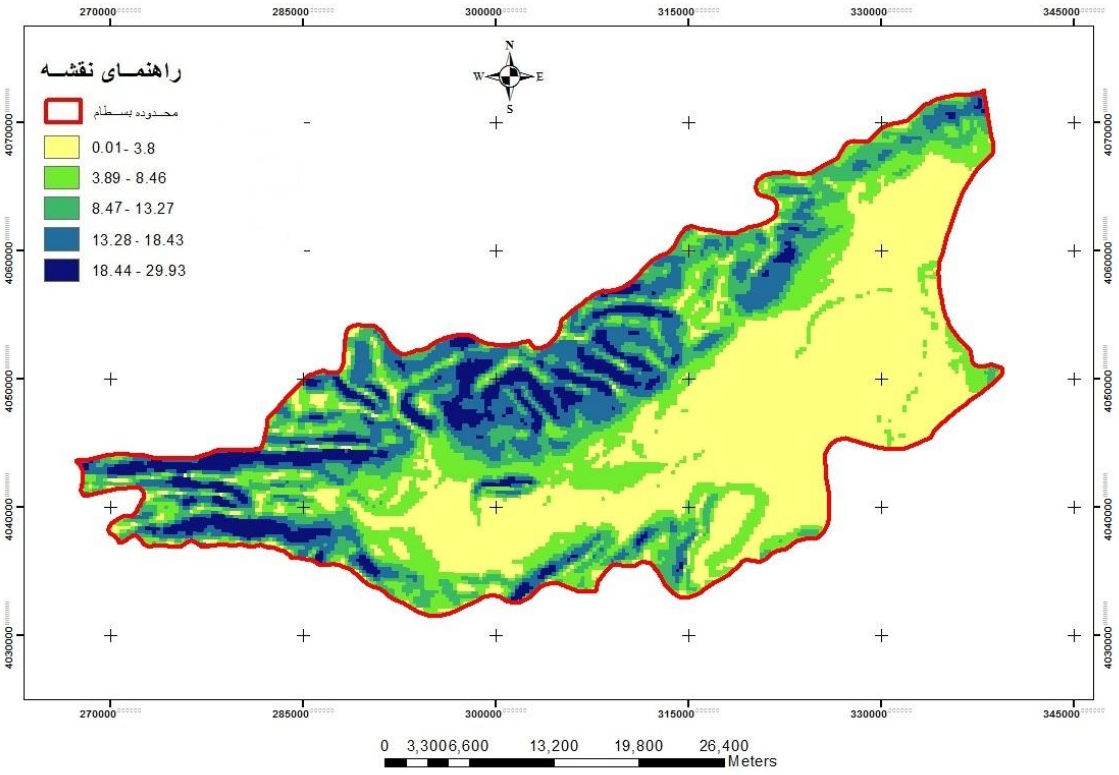
- Basalt
- Coarse, red sandstone and congelomerate
- Conglomerate, sanstone
- Conglomerate.red
- Dark-gery shale, limestone,quartzitic sandstone at the base(MOBARAK.F)
- Dolomite, dolomitic-limestone, chert nodules (LAR.F)
- Dolomite, limestone, shale,fossiliferous
- Dolomitic limestone, vermiculair limestone, dolomite (ELIKAH.F)
- Gabro, diorite
- Green schist, meta diabase, quartzite, marble, slate(GORGAN SCHISTS)
- KHOSHYEILAQ.F
- Karaj information ingeneral
- Limestone
- Limestone,gery well bedded fossiliferous locally diabase at the base (ROUTEH.F)
- Marl, gypsiferous marl.red
- Marly limestone , marl, ammonite bearing (DALICHAY.F)
- Micaceous shale, quartzitic sandstone
- Numulitic limestone (ZIARAT.F)
- Old trraces and gravel fan
- Permian in general
- Recent allovium river beds
- Red quartizitic sandstone, some shale, withe top quartzite
- Sandstone,quartzitic sandstone, alegal fusulina bearing limestone (DORUD.F)
- Sandy, silty clay, clay
- Shale, sandstone, siltstone with coal lenses
- Spillite, basalt, andesite prophiric (NEKARMAN VC)
- Tuff, tuffaceous shale locally intercalated with volcanic lava(KARAJ.F)
- Volcanics mainly andesite
- Young trraces and alluvial fan
- limestone, marly limestone and marl, strongly fossiliferous
- sandstone,quartzitic sandstone, shale basal congelomerate
- محدوده د شت ب سطام

راهنمای نقشه رقومی زمین‌شناسی حوزه آبریز بسطام

۳-۵- تولید نقشه رقومی شیب

شیب توپوگرافی یک عامل مهم کنترل‌کننده سیستم جریان آب سطحی و زیرزمینی است [Krishnamurty, et al., 1997].

برای این‌منظور نقشه توپوگرافی ۱: ۵۰۰۰۰ منطقه بااستفاده از نرم افزار GIS رقومی شده و پس از تهیه مدل ارتفاعی رقومی DEM، نقشه شیب منطقه در دسته‌های مختلف تهیه گردید (شکل۳-۱۶).



شکل ۳-۱۶: نقشه رقومی شیب حوزه آبریز بسطام

تولید نقشه رقومی شیب حوزه آبریز بسطام در نرم افزار Arc GIS صورت پذیرفته است. با در دست داشتن لایه DEM منطقه، می‌توان نقشه رقومی شیب را توسط نرم‌افزار، تهیه نمود. مطابق شکل (۳-۷)، شیب منطقه بسطام در پنج بازه نشان داده شده است که در آن کمترین بازه شیب که با رنگ زرد نمایش داده شده است مربوط به حوزه آبریز بسطام می‌باشد و همچنین نقاط ارتفاعی منطقه نیز که بالاترین شیب را در این محدوده دارا می‌باشند، در آخرین بازه جای گرفته‌اند و با رنگ سرمه‌ای نمایش داده شده‌اند.

۳-۶- تولید نقشه رقومی طبقات ارتفاعی

۳-۶-۱- توپوگرافی

"توپو" در لغت به معنی جا، مکان و محل آمده است. بنابراین توپوگرافی در لغت به معنی ترسیم مکان خواهد بود اما در اصطلاح نقشه‌خوانی، نقشه‌های توپوگرافی نقشه‌هایی هستند که با استفاده از خطوط هم‌ارتفاع، نمایشی از وضعیت ناهمواری‌های یک مکان را ارائه می‌دهند. از این‌جهت مشخص-ترین ویژگی نقشه‌های توپوگرافی، وجود خطوط هم‌ارتفاع یا منحنی‌های میزان است. اگر چه اطلاعات دیگری نیز بر روی نقشه‌های توپوگرافی وجود دارد از جمله عناصر طبیعی و انسانی نظیر چشمه‌ها، چاه‌ها، خطوط هیدروگرافیکی، مناطق مسکونی، مختصات جغرافیایی، مقیاس، جهات شمال و غیره [Krishnamurty, et al., 1997].

برای نمایش وضع ناهمواری‌ها بر روی نقشه‌های توپوگرافی از خطوط منحنی میزان استفاده می‌کنند. خطوط منحنی میزان یا خطوط تراز هیچ‌گاه یکدیگر را قطع نمی‌کنند زیرا الگوها ومدل‌هایی هستند که اگر به‌طور فرضی یک برجستگی را از سطح افق تا بالاترین نقطه، به شکل صفحاتی بریده و قطع شود؛ در نتیجه این‌کار خطوط پیچ و خم‌دار و بسته‌ای بوجود می‌آیند که با یکدیگر موازی می‌باشد.

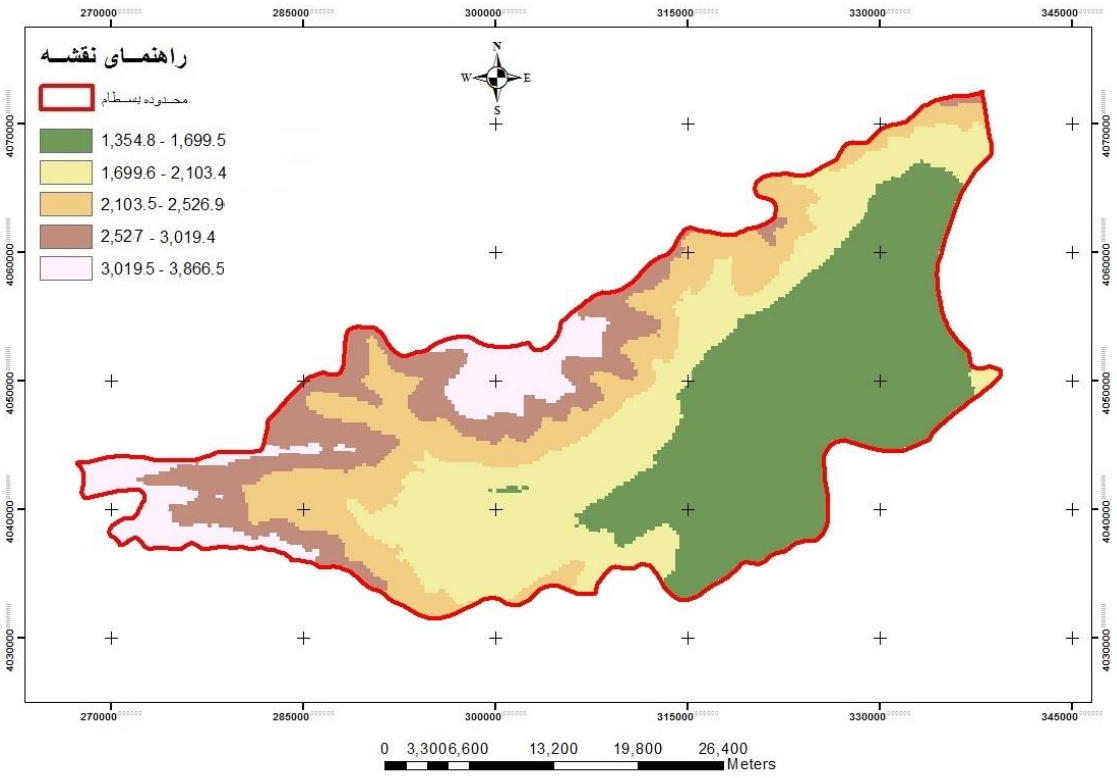
برای ترسیم منحنی‌های میزان یک ناهمواری بزرگ از عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای استفاده می‌شود [Sarf & Choudury, 1998].

به‌عنوان مثال، رفتار سنگ آهک در مقابل عوامل موثر در انحلال آن در ارتفاعات مختلف متفاوت است از این لایه اطلاعاتی جهت بررسی روابط بین منابع آب موجود و طبقات ارتفاعی استفاده می‌شود. بدین‌منظور اقدام به تهیه نقشه کلاس‌های ارتفاعی منطقه از روی مدل ارتفاعی رقومی DEM گردید. برای تهیه این لایه اطلاعاتی، DEM طبقه بندی و به صورت یک لایه مجزا مورد استفاده قرار گرفت .

۳-۶-۲- تولید نقشه ارتفاعی DEM از نقشه توپوگرافی

نقشه ارتفاعی DEM را به دو روش می‌توان تهیه نمود، روش اول خرید آن از سازمان نقشه‌برداری کل کشور و روش دوم ساخت آن توسط نرم افزارهایی نظیر Arc GIS می‌باشد. داده اولیه این لایه اطلاعاتی در این نرم افزار لایه رقومی خطوط میدان یا همان توپوگرافی منطقه می‌باشد.

شکل ۳-۱۷ نقشه رقومی ارتفاعی DEM حوزه آبریز بسطام می‌باشد که در محیط Arc GIS تولید شده است. در این نقشه حوزه آبریز بسطام بر اساس ارتفاع به پنج بازه تقسیم‌بندی شده است و پائین-ترین بازه ارتفاعی با رنگ سبز و بالاترین بازه ارتفاعی با رنگ سفید مشخص شده است.



شکل ۳-۱۷ : نقشه رقومی ارتفاعی حوزه آبریز بسطام

۳-۷- تولید نقشه رقومی شبکه زهکشی[1]

با توجه به اینکه در بسیاری نقاط شبکه هیدروگرافی توسط منابع آب زیرزمینی و چشمه‌ها تغذیه می‌شود و با فرض احتمال تکتونیکی بودن بعضی از آبراهه‌ها و نظر به اینکه در منطقه مورد نظر شبکه گسترده‌ای از رودهای دائمی و فصلی و انشعابات مربوط وجود دارد، برای بررسی ارتباط این شبکه با منابع آب موجود، اقدام به رقومی‌نمودن شبکه هیدروگرافی منطقه از روی نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ گردید [Krishnamurty, et al., 1997].

[1] . Hydrography net layer

۳-۷-۱- زهکشی

یکی از پارامترهای تعیین‌کننده در ایجاد آب‌های زیرزمینی، پدیده زهکشی در آن منطقه می‌باشد. با بررسی این فاکتور می‌توان حدس زد که در منطقه‌ای مورد نظر، آیا شانس حضور آب زیرزمینی وجود دارد یا خیر [Abdel-Khalegh et al., 2008].

زهکشی که در لغت به معنی خارج کردن آب اضافی از زمین می‌باشد یکی از کارهایی است که از دویست سال قبل مرسوم بوده است. البته خارج شدن آب از زمین بطور طبیعی نیز صورت می‌گیرد، لذا زهکشی فقط این فرآیند طبیعی را سرعت می بخشد.

اکثر زمین‌های کشاورزی در دوره محدودی از سال ممکن است دارای آب اضافی باشند که اگر این دوره کوتاه بوده و یا در زمانی رخ دهد که گیاه در مرحله بحرانی نباشد زیان چندانی به زراعت وارد نخواهد شد. بخصوص اینکه زمین‌ها غالبا خود دارای زهکش طبیعی بوده و آب اضافی را به‌تدریج خارج می‌کنند. اما اگر دوره مانداب طولانی بوده و مصادف با مرحله بحرانی گیاه گردد، خارج ساختن آب اضافی به‌صورت مصنوعی که همان زهکشی باشد امری مفید و حتی ضروری می‌باشد.

نیاز به زهکشی یک مسئله ی پویا و دینامیک است زیرا با گسترش کشاورزی خواه ناخواه برخی اراضی نیاز به زهکشی پیدا خواهند کرد. امروزه زهکشی نقش بسیار گسترده‌ای پیدا کرده است، به‌طوری‌که هدف آن فقط خارج ساختن آب اضافی از زمین نیست بلکه مسائلی مانند احیا یا شیرین کردن اراضی، مدیریت آب، مسائل مربوط به حفاظت محیط‌زیست و یا کیفیت آب نیز از جمله وظایفی است که در اجرای طرح‌های زهکشی مدنظر قرار می‌گیرند. علاوه بر این امروزه زهکشی فقط برای این انجام نمی شود که محصول افزایش یابد بلکه پایین‌آوردن هزینه‌ی تولید، فراهم‌آوردن شرایط برای تولید محصولات متنوع، بهبود وضعیت اقتصادی، اجتماعی و بهداشتی زارعین و یا امثال آن نیز می‌تواند از اهداف زهکشی باشد.

۳-۷-۲- کاربرد زهکشی

برخی از کاربردهای دیگر زهکشی به‌شرح زیر می‌باشد:

الف- کنترل و جلوگیری از ماندابی شدن

ب- کنترل و جلوگیری از شور شدن اراضی

ج- کنترل فرسایش

د- کنترل سیلاب

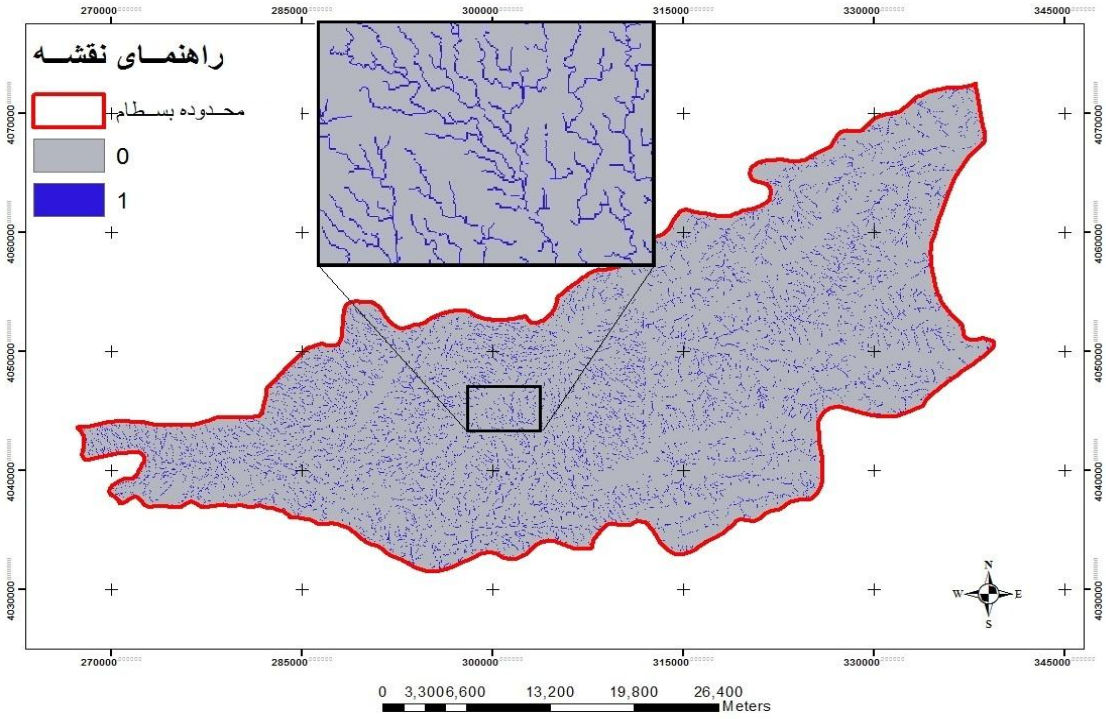
ه- حفاظت محیط‌زیست

و- سلامت عمومی و بهداشت

ز- حفاظت از ابنیه‌ها و تأسیسات عمومی

ح- توسعه‌ی روستایی و امنیت غذائی

بر اساس شرایط توپوگرافی، همواره جهت جریان آب‌های سطحی از بالادست به‌سمت نقاط پائین دست می باشد. به مرور زمان مسیرهایی ایجاد می‌شود که پدیده آب‌های سطحی را کنترل می‌کند و از نقاط ارتفاعی به نقاط فرودست هدایت می‌نماید و چنانچه بتوان این مسیرها را شناسایی و بر روی آن مطالعه نمود می‌توان به این مهم دست یافت [Krishnamurty, et al., 1997] و نقشه شبکه زهکشی یک منطقه را تعیین و ترسیم نمود. امروزه مطالعات صحرایی و نمونه‌برداری جای خود را به نرم-افزارهای تخصصی داده است و این‌کار به‌راحتی از این طریق صورت می‌پذیرد. در نرم افزار Geomatica نیز با در دست داشتن تصویر ماهواره‌ای منطقه مورد نظر می‌توان نقشه زهکشی آن منطقه را ایجاد نمود. بدین‌ترتیب با استفاده از تصویر ماهواره‌ای سنجنده +ETM در محیط نرم‌افزار Geomatica نسبت به تهیه نقشه زهکشی منطقه بسطام اقدام شد (شکل ۳-۱۸).لازم به ذکر است چون تعداد مسیرهای زهکشی بالا است، این مسیرها در این تصویر به‌صورت نقطه به چشم می‌آیند که در تصاویر با بزرگ‌نمایی مناسب می‌توان آنها را بهتر شناسایی نمود.

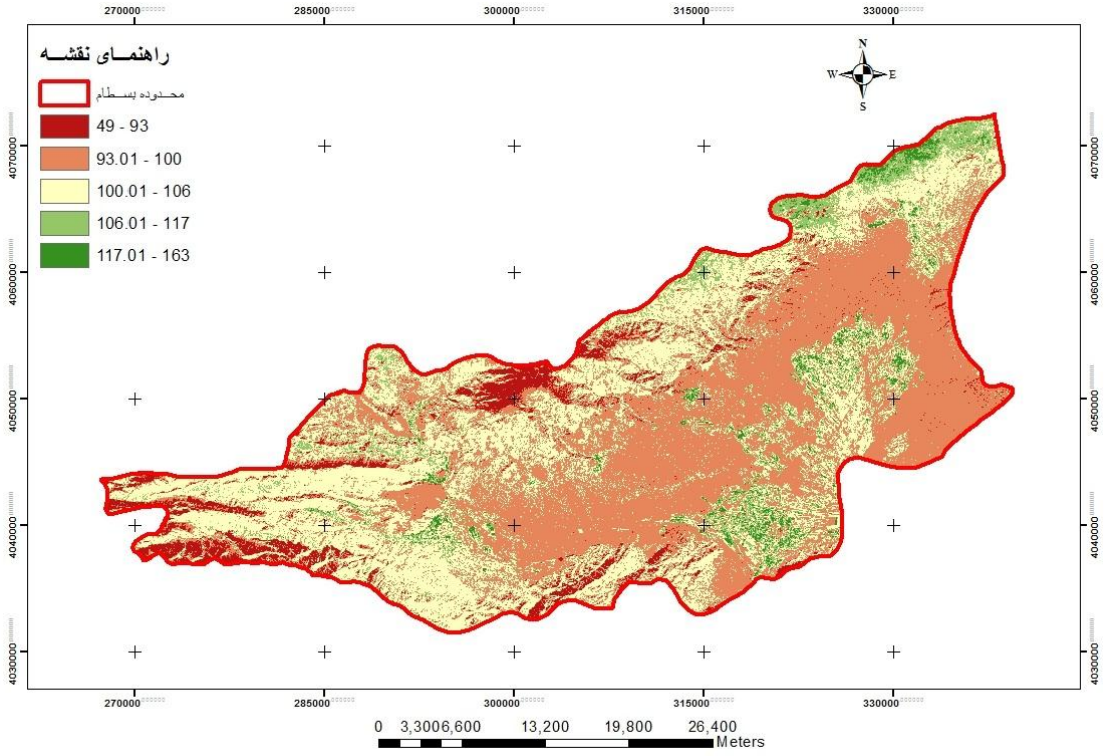


شکل ۳-۱۸: نقشه رقومی زهکشی منطقه بسطام

۳-۸- تولید نقشه رقومی پوشش گیاهی

پوشش‌گیاهی در هر منطقه یک معرف فیزیکی بسیار مهم در تخمین حضور آب‌های زیرزمینی محسوب می‌گردد. عواملی نظیر کشاورزی و مناطق شهری و مناطق بیابانی و مناطق جنگلی و ... خود دلیل خوبی بر حضور و یا عدم حضور آب‌های زیرزمینی در یک منطقه محسوب می‌گردد. برای شناسایی، مقدار و تنوع پوشش گیاهی شاخص های فراوانی ارائه شده است [Sener, 2004].

NDVI[1]، شاخصی گیاهی است که همواره می‌توان از تصاویر ماهواره‌ای نظیر ETM استخراج نمود و منطقه مورد نظر را بر اساس پوشش‌گیاهی موجود به تصویر کشید. بنابراین بر اساس این تفسیر می‌توان مناطقی با پوشش‌گیاهی بالا را از مناطق کم‌پوشش جدا نمود و یا حتی منطقه مورد مطالعه را بر این اساس دسته‌بندی کرد (شکل۳-۱۹) [Krishnamurty et al., 1995].



شکل ۳-۱۹ : نقشه رقومی پوشش گیاهی منطقه بسطام

در این فصل با اشاره به عوامل موثر در پی‌جویی و یافتن پتانسیل‌های منابع آب زیرزمینی، با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای لایه‌های اطلاعاتی مختلف تهیه گردید. به این ترتیب که ابتدا نقشه رقومی هریک از عوامل تهیه گردید. در ادامه کار در فصل چهارم برای آماده سازی جهت پردازش‌های

[1] . **N**ormalized **D**ifference **V**egetation **I**ndex

GIS، مجدد اطلاعاتی طبقه‌بندی و دسته‌بندی شده و لایه اطلاعاتی حاصل می‌گردد و سپس به بررسی روش‌های مختلف تلفیق پرداخته و این لایه‌ها با هم تلفیق خواهند شد. در نهایت نقشه‌های پتانسیل منابع آب زیرزمینی تلفیقی حاصل از روش‌های مختلف با هم مقایسه می‌شوند.

فصل چهارم

تولید و تلفیق لایه‌های اطلاعاتی با روش‌های مختلف

۴-۱- مقدمه

در فصل سوم به بررسی و شناخت روش پیشنهادی جدید جهت تعیین مناطق امیدبخش از نظر حضور آب‌های زیرزمینی به کمک فنون سنجش از دور و GIS پرداخته شد و همچنین از داده‌های اولیه‌ای نظیر تصاویر ماهواره‌ای، پارامترهای تاثیرگذار در پتانسیل‌یابی آب زیرزمینی مثل خطواره، زهکشی، زمین‌شناسی و ... استخراج و به نقشه های رقومی تبدیل شد.

با توجه به اینکه میزان تاثیر پارامترهای مذکور در تعیین رخداد هدف متغیر می‌باشد و هر کدام تاثیر متفاوتی نسبت به یکدیگر دارند، درنتیجه بایستی هر کدام از این پارامترها وزن‌دار شود که در ادامه توضیح داده شده است.

۴-۲- تلفیق لایه‌های اطلاعاتی

پس از تولید لایه‌های اطلاعاتی پارامترهای تاثیرگذار بر پتانسیل‌یابی آب‌های زیرزمینی، بایستی لایه‌های مذکور را وزن‌دهی و تلفیق نمود.

وزن هر آیتم در یک لایه اطلاعاتی معرف میزان اهمیت و ارزش آن نسبت به سایر معیارها در پتانسیل‌یابی احتمال وقوع پدیده هدف می‌باشد. با توجه به اینکه غالباً معیارهای مورد مطالعه در هر پروژه زیاد و دارای ارزش یکسان نمی‌باشند، لذا برای در نظر گرفتن اهمیت معیارها و لحاظ کردن مستقیم آن‌ها در پهنه‌بندی به‌منظور تلفیق لایه‌ها ضرورت امر وزن‌دهی معیارها امری انکار ناپذیر می‌باشد. غالباً وزن‌دهی‌های صورت‌گرفته بر پایه دانش کارشناسی و بر اساس نظر متخصصین با در نظر گرفتن فاکتورهای مختلف مانند محدوده مطالعاتی، پارامترهای مکان‌یابی، تاثیر هریک از پارامترها و غیره صورت می‌پذیرد [Sener & Davraz & Ozcelik, 2005].

انواع روش‌های تلفیق و وزن‌دهی داده‌ها:

۱- مدل منطق بولین

۲- مدل تحلیل سلسه مراتبی[1] (AHP)

۳- مدل منطق فازی[2] (گنگ)

[1]. Analytical Hierarchy Process
[2]. uzzy logic

۴-۲-۱- مدل بولین[1]

دراین مدل وزن‌دهی براساس یک (مناسبت کم تا بسیار مناسب) و صفر (نامناسب) است. بنابراین نقشه نهایی فقط به دوقسمت مناسب و نامناسب تقسیم می‌شود. پس از تعریف آیتم مذکور باید اعداد صفر و یک در آن وارد شوند. ترتیب قرارگیری بدین‌صورت می‌باشد که عدد صفر تنها برای حالت نامناسب و عدد یک برای تمامی حالات به‌جز نامناسب به‌کار می‌رود که اختصاص عددها نیاز به‌نظر کارشناسی دارند. به‌این نقشه‌های خروجی، نقشه‌های دودویی می‌گویند[Oganesh Babu, 2010] .

برای تولید نقشه نهایی، نقشه‌های ورودی به‌کمک عملگرهای منطقی با یکدیگر ترکیب شده مقدار پیکسل‌های خروجی را معین می‌کنند. در این بخش نیز تعیین نوع عملگر منطقی برای ترکیب هر لایه تعریف می گردد. با توجه به مقادیر پیکسل‌های ورودی و نوع ترکیب نقشه‌ها واضح است مقادیر واحدهای خروجی نیز صفر یا یک خواهد بود. به‌عبارت دیگر واحدهایی که به ارزش نهایی یک می‌رسند، برای هدف پروژه مناسب می‌باشند. مدل بولین به دلیل سادگی منطق و محاسبات، اجرای سریع و آسانی دارد ولی با توجه به تاثیر سایر پارامترها بر فرایند مکان‌یابی، نمی‌توان از این روش به عنوان مدل مناسب ترکیب نقشه ها استفاده نمود. زیرا علاوه بر این‌که وزن کلیه پارامترها در این مدل یکسان و برابر واحد فرض می‌شود، امکان طبقه‌بندی هر پارامتر به کلاس‌های مجزا برای وزن‌دهی به هر کلاس نیز وجود ندارد.

لازم به‌ذکر است که در مدل بولین نقشه‌های ورودی با استفاده از عملگرهای منطقی مانند AND، OR، XOR وNOT در عبارات مدل‌سازی با یکدیگر تلفیق شده و نقشه خروجی را به‌وجود می‌آورند. منطق بولین از عملگرهای مذکور برای دیدن این‌که شرط مخصوصی درست است یا غلط استفاده می‌کند.

از این روش تلفیق لایه‌های اطلاعاتی در این مطالعه بهره گرفته نشده است زیرا این روش طبق تعریف این روش وقوع یک پدیده به‌صورت صفر و یکی بیان می‌شود یا به‌عبارت دیگر احتمال وقوع یک رخداد یا صفر است و یا یک، که این مطلب مغایر با هدف این مطالعه یعنی تعیین آب‌های زیرزمینی از نظر مکانی و تحلیل منطقه مورد مطالعه بر اساس احتمال حضور آب‌های زیرزمینی می‌باشد.

[1]. Boolean

۴-۲-۲- روش تحلیل سلسله مراتبی

روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، که توسط توماس‌سآتی، ارائه گردیده بر مبنای سه اصل زیر استوار می باشد:

۱- تجزیه: یعنی در واقع ساختار پیچیده یک مساله را در طبقات و سلسله مراتب مختلف ساده-سازی می‌نماید.

۲- مقایسه زوجی: ایجاد ماتریس مقایسه زوجی برای تمام عناصر یا ضوابط تحت بررسی به منظور استخراج وزن و اولویت متغیرها.

۳- ترکیب سلسله مراتب: استفاده از مقایسه‌های محلی سلسله مراتب‌ها برای رسیدن به مقدار واقعی وزن‌ها.

روش AHP قابلیت استفاده در تصمیم‌گیری‌های گروهی، فازی و روش‌های برنامه‌ریزی خطی را نیز دارد و نشانگر این مطلب است که AHP تکنیک بسیار انعطاف‌پذیری است. در عمل، همه‌پسند بودن AHP به‌علت انعطاف‌پذیری و سهولت کاربرد آن می‌باشد. اما نکته با اهمیت‌تر قابلیت تلفیق روش با محیط GIS است. IDRISI مثال خوبی از تلفیق این روش با تحلیل چندمعیاره تحت GIS فراهم می آورد. در روش AHP مکانی، نسبت‌های اولویت صفات به صورت وزن‌های اهمیت نسبی صفات (لایه‌های نقشه) بکار گرفته می‌شود. این وزن‌ها می‌توانند با روش وزن‌دهی افزودنی ساده تلفیق گردند. این وزن‌ها در امتیازات توصیفی استاندارد شده ضرب می‌شوند. قواعد تصمیم‌گیری افزودنی برای یک سطح منفرد از معیارها مناسب می‌باشند. اگر سلسله مراتب معیارها بیش از یک سطح دارا باشد، باید روش AHP بکار گرفته شود.

علی‌رغم کاربرد گسترده AHP، این روش معایبی نیز دارد که می‌توان به ابهام در مفهوم اهمیت نسبی هر عنصر از سلسله مراتب تصمیم‌گیری، وقتی‌که با یکدیگر مقایسه می‌شود، اشاره نمود. تعداد مقایسه‌ها برای مسائل بزرگ و استفاده از مقیاس ۱ تا ۹ به خاطر ضعف‌هایی که AHP دارد، بهتر است که از منطق فازی هم در عملیات AHP استفاده شود [Oganesh Babu, 2010].

۴-۲-۲-۱- عملگر همپوشانی وزنی

توانایی وزن و ترکیب کردن ورودی‌های متعدد جهت تجزیه و تحلیل یکپارچه را برای ما ایجاد می کند. این شبیه به ابزار تلفیق وزنی می‌باشد که در آن چندین ورودی گرافیکی یا رستری، با ارائه ویژگی‌های متعدد، به راحتی می تواند براساس ترکیب وزن و مقدار نسبی عمل ترکیب را انجام دهد.

۴-۲-۲-۲- عملگر مجموع وزنی[1]

پس از اتمام مرحله تولید لایه‌های اطلاعاتی، نوبت به ترکیب و تلفیق این لایه‌ها می‌رسد. تلفیق لایه‌ها با این هدف انجام می‌گیرد که برای ما این امکان را فراهم آورد تا پس از عمل تلفیق[2] لایه اطلاعاتی مورد نظر، بهینه‌ترین جواب با بالاترین احتمال وقوع هدف که در این تحقیق یافتن نقاط پر پتانسیل آب زیرزمینی می باشد، تعیین شود.

بنابراین برای تلفیق لایه‌های تعیین شده لازم است روش تلفیق انتخاب شود. در نرم افزار Arc GIS روش‌هایی برای تلفیق اطلاعات به‌دست آمده تعریف گردیده است. روش‌هایی نظیر تلفیق وزنی و یا تلفیق فازی[3] که هرکدام از این روش‌ها عمل تلفیق لایه‌های اطلاعاتی را با یک منطق مختص به خود انجام می‌دهند، که این منطق‌ها در ادامه توضیح داده خواهد شد.

عملگر مجموع وزنی یک قابلیت و توانایی را برای وزن دادن و ترکیب نمودن چندین ورودی برای ایجاد یک تحلیل و آنالیز تلفیقی و یکپارچه فراهم می‌آورد. این روش مشابه روش تلفیق و همپوشانی وزنی است که چندین ورودی گرافیکی (رستری) با وزن ها یا ضرایب متفاوت به‌راحتی می‌تواند با وزن‌های مشارکتی یا اهمیت نسبی ترکیب شود.

دو اختلاف عمده بین این دو ابزار وجود دارد:

۱- عملگر مجموع وزنی توانایی به مقیاس در آوردن مقادیر طبقه‌بندی شده مجدد به یک مقیاس ارزیابی را ندارد.

۲- عملگر مجموع وزنی مقادیر عددی صحیح و اعشاری را به‌عنوان ورودی قبول می‌کند درحالی‌که عملگر تلفیق یا همپوشانی وزنی تنها رسترهای صحیح را به‌عنوان ورودی می‌پذیرد.

عدم به مقیاس درآوردن مقادیر طبقه‌بندی شده مجدد و تبدیل آنها به مقیاس ارزیابی سبب باقی‌ماندن قابلیت تفکیک آن می‌شود. به عنوان مثال در یک مدل مناسب، اگر ۱۰ معیار ورودی وجود داشته باشد که به مقیاس ۱ تا ۱۰ طبقه بندی شده است (۱۰ مطلوب ترین حالت ممکن است) و هیچ وزنی در آن لحاظ نشده است، مقادیر خروجی به روش مجموع وزنی می تواند در بازه ۱۰ تا ۱۰۰ در نظر گرفته شود. برای همان ورودی قبلی، در روش همپوشانی وزنی، مقادیر ۱۰ تا ۱۰۰ طبقه بندی شده برای مقیاس ارزیابی در محدوده ۱ تا۱۰ قابل نرمالایز می‌باشند. حفظ قابلیت و توان تفکیک مدل

[1] .Weighted Sum
[2] .Overlay
[3] . Fuzzy Overlay

در روش مجموع وزنی زمانی مفید است که شما بخواهید تنها موقعیت‌های مطلوب کمی بالا یا یک تعداد مخصوصی از مکان ها معرفی نمائید.

در ترکیب لایه‌های مختلف به این نکته باید توجه داشت که همواره ترکیب داده‌های پیوسته چندگانه با بازه‌های مختلف معنی‌دار نیست. همچنین عموما مقادیرگرافیکی متوالی و پیوسته به کاتاگوری‌های مختلف گروه‌بندی می‌شوند. برای مثال، مقادیر مختلف شیب را می توان به چند گروه تخت یا بدون شیب، شیب متوسط، شیب‌دار و خیلی شیب‌دار تقسیم‌بندی کرد. هر مقدار شیب می‌تواند در یکی از این کاتاگوری‌ها قرار گرفته و این کاتاگوری نشان از یک مقدار طبقه‌بندی شده تعریف گشته برای هر کلاس نسبت به یک معیار برای تحلیل و تجزیه همپوشانی است. ابزار طبقه-بندی کردن مجدد اجازه می‌دهد که چنین ساختارهای گرافیکی بتوانند مجدد طبقه‌بندی شوند.

عملگر همپوشانی وزنی عمدتا برای مدل‌سازی مناسب استفاده می‌شود و برای اطمینان بخشی به صحت روش‌های کاربردی استفاده خواهد شد. عملگر مجموع وزنی زمانی مفید است که اگر بخواهید دقت و قدرت تفکیک مدل را حفظ نموده و یا زمانی که نیازمند خروجی شناوری یا غیر صحیح و یا وزن‌های اعشاری باشد.

روش مجموع وزنی با ضرب مقادیر فیلد طراحی شده برای هر خروجی گرافیکی با یک وزن مشخص کار می‌کند. سپس تمامی رسترها (گرافیک‌ها) ورودی را با هم جمع می نماید تا یک خروجی گرافیکی ایجاد نماید.

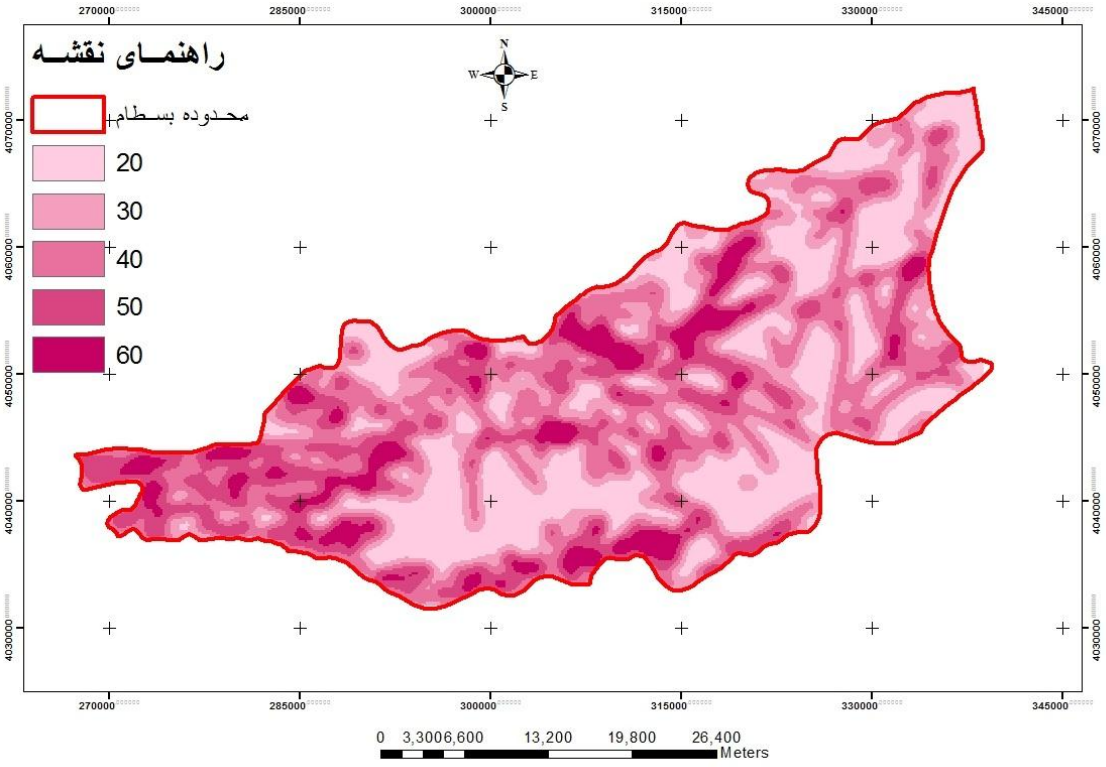
۴-۳- تولید لایه‌ها اطلاعاتی برای روش مجموع وزنی

۴-۳-۱- تولید لایه اطلاعاتی خطواره‌ها

برای تولید لایه اطلاعاتی خطواره می‌بایست ابتدا نقشه فوق‌الذکر را در محیط نرم‌افزار Arc GIS دوباره طبقه‌بندی و کلاس‌بندی نمود و سپس امتیازدهی هر طبقه مشخص می‌شود. ملاک امتیازدهی خطواره‌های منطقه بر اساس چگالی آن‌ها بر حسب کیلومتر بر کیلومتر مربع می‌باشد به عبارت دیگر واحد اندازه‌گیری، طول خطواره بر حسب کیلومتر بر مساحت منطقه بر حسب کیلومتر مربع در نظر گرفته می‌شود. حال به بیشترین تراکم خطواره‌ای امتیاز ۶۰ و به همین‌ترتیب به کمترین تراکم خطواره‌ها امتیاز ۲۰ برطبق منبع مطالعاتی (جدول ۴-۱)، اختصاص داده شد. همچنین کل محدوده مطالعاتی به پنج بازه امتیازی تقسیم بندی شد (شکل ۴-۱). براساس لایه اطلاعاتی خطواره محدوده حوزه آبریز بسطام دارای چگالی متوسط و ارتفاعات منطقه بسطام چگالی خطواره بالاتری دارد.

جدول ۴-۱ : امتیاز دهی برای چگالی خطواره ها [Khairul et al., 2000]

چگالی خطواره (km/km^2)	امتیاز
> ۰/۰۰۷۵	۶۰
۰/۰۰۵۵ – ۰/۰۰۷۵	۵۰
۰/۰۰۳۵ – ۰/۰۰۵۵	۴۰
۰/۰۰۱۵ – ۰/۰۰۳۵	۳۰
< ۰/۰۰۱۵	۲۰



شکل ۴-۱ : لایه اطلاعاتی خطواره های استخراج شده حوزه آبریز بسطام

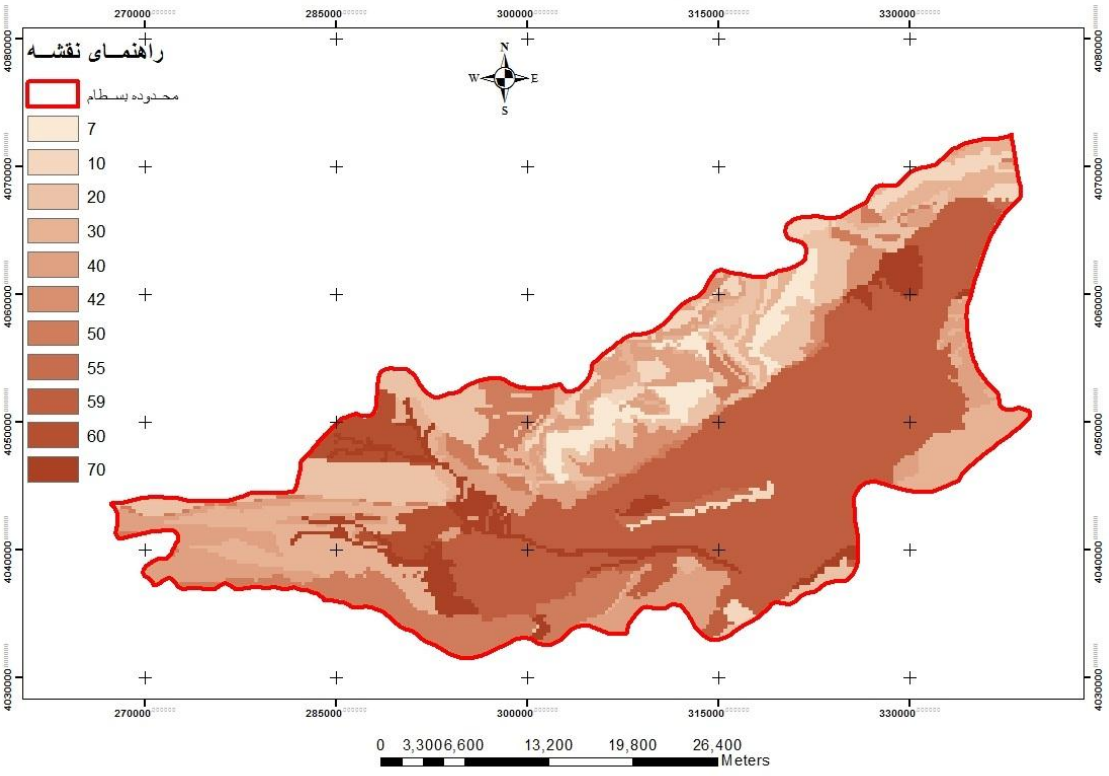
۴-۳-۲- تولید لایه اطلاعاتی زمین شناسی

برای تهیه لایه اطلاعاتی زمین‌شناسی از نقشه زمین‌شناسی در محیط Arc GIS با بررسی مقالات مختلف [Khairul, 2000, Krishnamurthy, 1994, Oganesh Babu et al., 2010] و با لحاظ نمودن واحدهای سنگی موجوددر منطقه، واحدهای زمین‌شناسی دسته‌بندی شده، امتیازدهی شدند. بدین-ترتیب که بیشترین امتیاز یعنی اعداد ۵۵ تا ۷۰ به بهترین واحد سنگ‌شناسی رسوبی یعنی تراس‌های

جوان و مخروط‌های آبرفتی جدید و قدیمی شنی، آندزیت، بازالت و گراول و کمترین امتیاز به واحد سنگ‌شناسی واقع در نقاط کوهستانی یعنی عدد ۱۰ اختصاص یافته است.

براساس بررسی‌ها و مطالعات انجام شده و بر مبنای واحدهای سنگی موجود در منطقه جدول (۴-۲) برای وزن‌دهی لایه زمین شناسی تهیه و مورد استفاده قرار گرفت.

بر طبق این لایه اطلاعاتی، بالاترین امتیاز با بیشترین وسعت، دامنه امتیازی ۵۰ تا ۷۰ می باشد که این دامنه را واحدهای زمین‌شناسی از واحدهای رسوبی کواترنر و تراس‌های جوان و مخروط‌های آبرفتی جدید[1] و قدیمی شنی[2] و آبرفت تشکیل می دهند، که در محدوده حوزه آبریز بیشتر دیده می‌شوند. همچنین کمترین امتیازها نیز در نقاط ارتفاعی منطقه با واحدهای سنگی شیل و مارن و ... که طبیعتا احتمال حضور آب نیز پائین‌تر است به چشم می‌خورد (شکل ۴-۲).



شکل ۴-۲: لایه اطلاعاتی زمین شناسی حوزه آبریز بسطام

[1] .Young trraces and alluvial fan
[2] .Old trraces and gravel fan

جدول ۴-۲ : وزن های مورد نیاز برای واحدهای سنگی منطقه

ردیف	نام واحد سنگی	امتیاز
۱	آلوویوم: واحدهای رسوبی کوارترنر	۶۵
	آلوویوم: تراس های جوان	۶۰
	آلوویوم: تراس های قدیمی	۷۰
	آلوویوم: مخروط افکنه	۵۰
	آلوویوم: آبرفت	۵۰
۲	سنگ آهک - دولومیت	۴۰
۳	ولکانیک ها: بازالت	۳۰
	ولکانیک ها: توف	۳۰
	ولکانیک ها: غیره	
۴	واحدهای دگرگونی: شیست گرگان = شیست	۲۰
	واحدهای دگرگونی: مرمر	۲۰
	واحدهای دگرگونی: اسلیت	۲۰
	واحدهای دگرگونی: کوارتزیت	۲۰
۵	کنگلومرا - ماسه سنگ	۲۵
۶	آلوویوم: رس سیلتی	۱۵
	آلوویوم: ماسه ای	۲۰
	آلوویوم: رس	۱۰
۷	مارن آهکی	۱۰
۸	گابرو – دیوریت	۱۰
۹	شیل – مارن – گچ	۵

۴-۳-۳- تولید لایه اطلاعاتی شیب

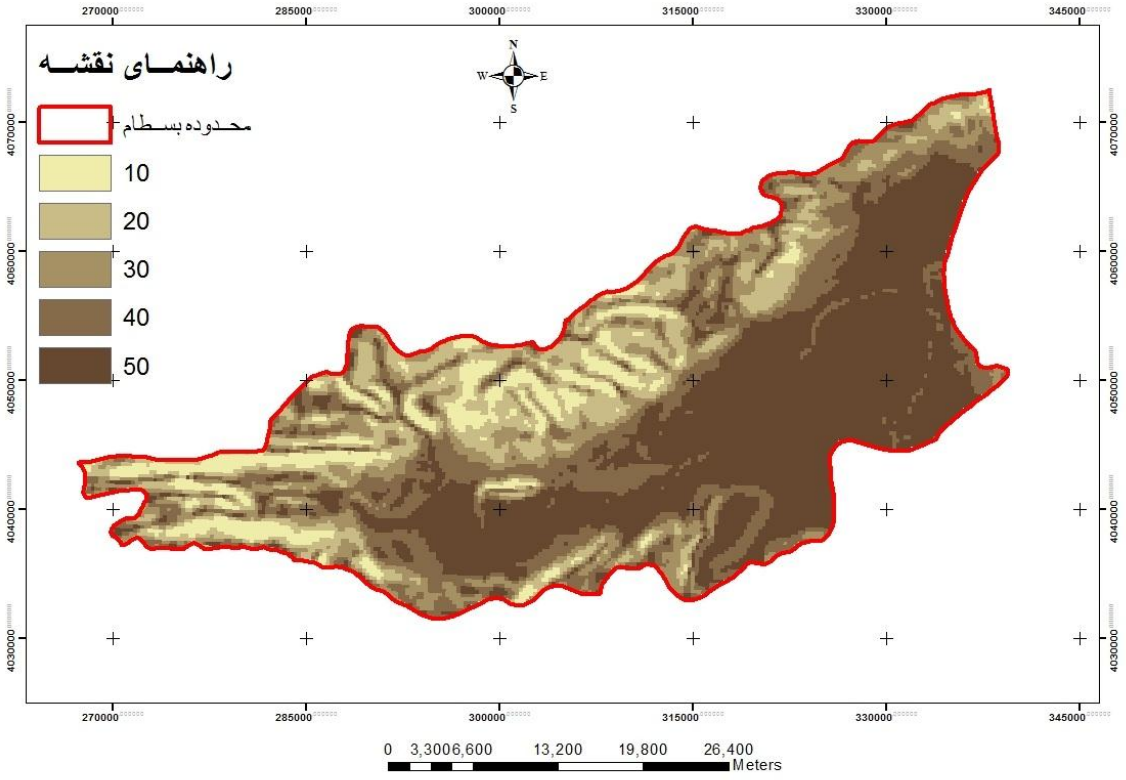
بر اساس شیب منطقه، بهترین محل برای تجمع آب‌های زیرزمینی محدوده‌هایی با حداقل شیب می باشد. لذا بر همین اساس بازه‌های شیبی منطقه امتیازدهی می‌شود، که البته این‌کار نیز به‌وسیله نرم‌افزار Arc GIS صورت می‌پذیرد.

شکل (۴-۳) تصویر طبقه‌بندی شده یا دسته‌بندی شده لایه اطلاعاتی شیب منطقه می‌باشد. بر

اساس راهنمای این نقشه، بیشترین امتیاز به حوزه آبریز بسطام که دارای کمترین شیب می‌باشد، اختصاص داده شده است که به‌لحاظ مقداری عدد ۵۰ می‌باشد و کمترین امتیاز به نواحی ارتفاعی نسبت داده شده که همواره حداقل احتمال حضور آب زیرزمینی را دارد، و مقدار این امتیاز نیز عدد ۱۰ منظورشده است (جدول ۴-۳).

جدول ۴-۳ : امتیازدهی برای میزان شیب منطقه

شیب ٪	گرادیان شیب	منطقه شیب	امتیاز
۰-۷	۰°- ۳°	تقریبا مسطح	۵۰
۸ – ۲۰	۴° - ۹°	تپه های موجدار(تپه ماهوری)	۴۰
۲۱ – ۵۵	۱۰° - ۲۴°	تپه های پر شیب	۳۰
۵۶ – ۱۴۰	۲۵° - ۶۳°	رشته کوه های باشیب متوسط تا تند	۲۰
>۱۴۰	> ۶۳°	رشته کوه های پرشیب	۱۰



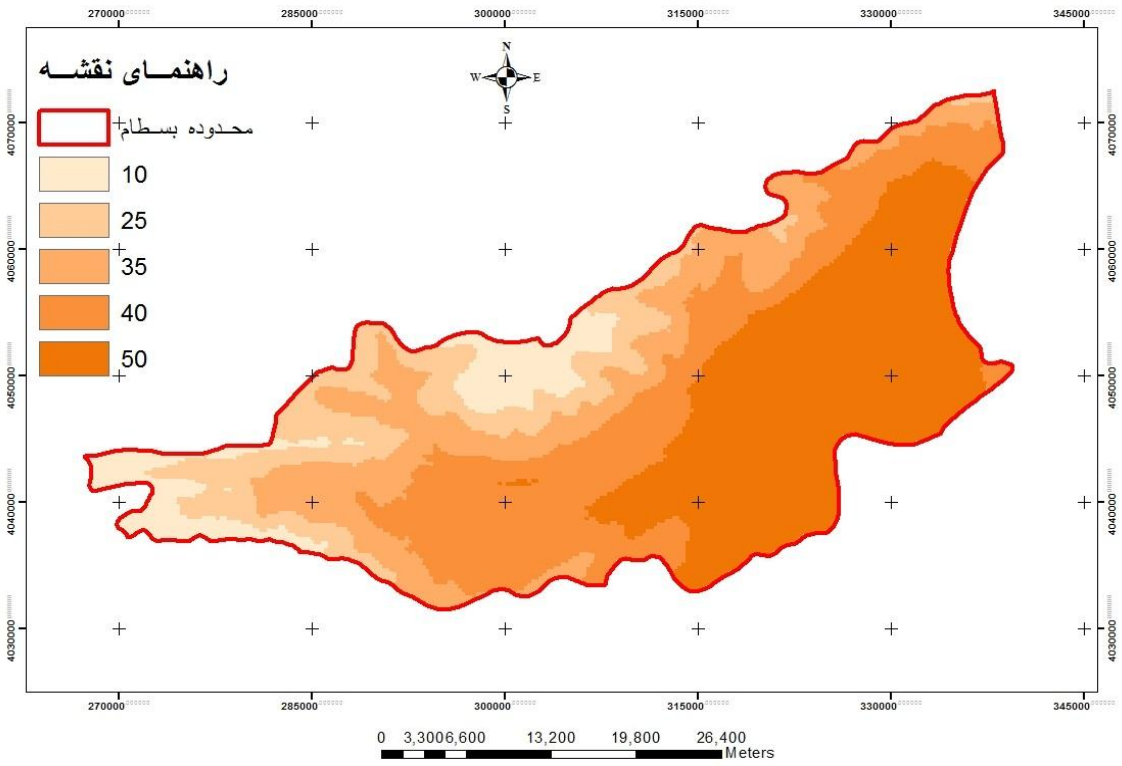
شکل ۴-۳ : لایه اطلاعاتی شیب منطقه بسطام

۴-۳-۴- تولید لایه اطلاعاتی توپوگرافی

پس از تهیه مدل رقومی، نوبت به امتیازدهی بازه‌های مذبور براساس مقدار ارتفاع می‌رسد. برای این کار در نرم‌افزار Arc GIS عمل طبقه‌بندی مجدد انجام می‌شود. پائین‌ترین بازه ارتفاعی، بیشترین امتیاز و بالاترین بازه ارتفاعی کمترین امتیاز را خواهد گرفت. مطابق شکل(۴-۴)، امتیاز ۵۰ به حوزه آبریز بسطام که دارای کمترین ارتفاع نسبت به رشته کوه‌های شمالی-غربی و سایر مناطق دارد اختصاص داده می شود و ارتفاعات منطقه بسطام کمترین امتیاز یعنی ۱۰ تا ۲۵ را دریافت می‌کنند (جدول ۴-۴).

جدول ۴-۴: امتیاز دهی برای ارتفاع توپوگرافی منطقه [Khairul, et al., 2000]

ارتفاع (m)	منطقه ارتفاعی	امتیاز
< ۲۰	تقریبا با توپوگرافی مسطح	۵۰
۲۰ – ۱۰۰	تپه ماهوری	۴۰
۱۰۰ – ۵۰۰	تپه های پر شیب	۳۵
۵۰۰ – ۱۰۰۰	رشته کوه های باشیب متوسط تا تند	۲۵
> ۱۰۰۰	رشته کوه های پرشیب	۱۰



شکل ۴-۴ : لایه اطلاعاتی ارتفاعی منطقه بسطام

۴-۳-۵- تولید لایه اطلاعاتی شبکه زهکشی

رابطه بین مسیرها و شبکه زهکشی و آب زیرزمینی به این‌گونه است که اگر در منطقه مورد مطالعه، تراکم مسیرهای زهکشی بیشتر باشد احتمال حضور آب زیرزمینی کمتر خواهد بود. نقشه زهکشی منطقه بسطام نیز بر همین اساس امتیازدهی شده است، به‌طوری‌که هر جا که تراکم زهکشی بالا، امتیاز کم و هر جا که تراکم زهکشی پائین باشد، امتیاز بالاتری در نظر گرفته شده است.

بر اساس این نکته و استدلال امتیازدهی لایه اطلاعاتی شبکه زهکشی تهیه‌شده است(شکل۴-۵). حوزه آبریز بسطام و مناطقی از اطراف آن دارای بیشترین زهکشی بوده و عددی معادل ۱۰ و ۲۰ دریافت نموده‌اند و سایر نقاط نیز مطابق شکل امتیازهایی بین ۳۰ و ۴۰ و ۵۰ دریافت نمودند که نشان از تراکم کمتر زهکشی نسبت به حوزه آبریز بسطام دارد [Khairul, et al, 2000].

به این ترتیب که تراکم زهکشی باعث امتیازدهی کمتر آن می شود یعنی هر جا که میزان شبکه زهکشی بیشتر باشد امتیاز کمتری لحاظ می‌شود (جدول ۴-۵).

جدول ۴- ۵ : امتیازدهی برای چگالی زهکشی منطقه [Khairul, et al., 2000]

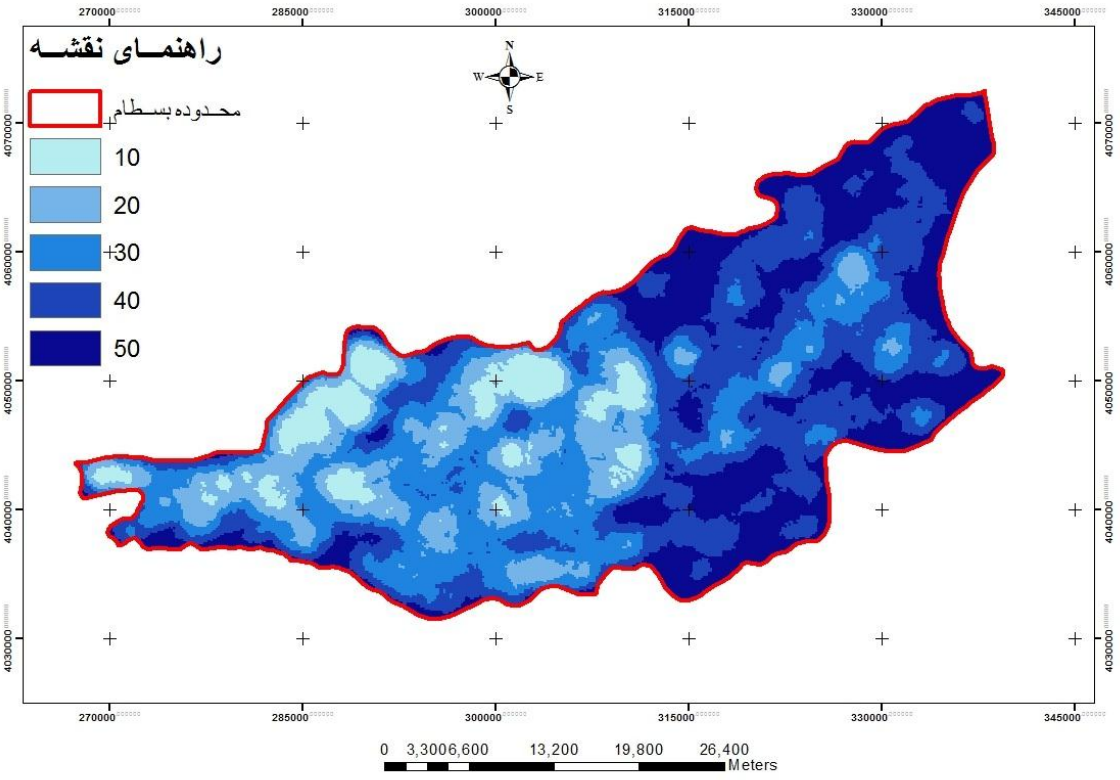
چگالی زهکشی (km/km^2)	امتیاز
< ۰/۰۰۵۵	۱۰
۰/۰۰۴۰ – ۰/۰۰۵۵	۲۰
۰/۰۰۲۵ – ۰/۰۰۴۰	۳۰
۰/۰۰۱۰ – ۰/۰۰۲۵	۴۰
< ۰/۰۰۱۰	۵۰

۴-۳-۶- تولید لایه اطلاعاتی پوشش گیاهی

برای تهیه لایه اطلاعاتی پوشش‌گیاهی منطقه مورد مطالعه ابتدا با استفاده از شاخص NDVI نقشه رقومی پوشش گیاهی با استفاده از تصاویر ماهواره ای +ETM و فرمول زیر تهیه گردید (شکل ۴-۶).

$$NDVI = \frac{Band4-Band3}{Band4+Band3}$$ (رابطه ۴-۱)

این نسبت باندی همواره عددی در بازه "۱ - " تا "۱ +" متغیر می باشد، که هر چه این عدد به منفی یک نزدیک شود پوشش گیاهی کمتر و سطح زمین به خاک و یا آب نزدیک می شود و هرچه این عدد به مثبت نزدیک شود پوشش گیاهی بیشتر می شود.



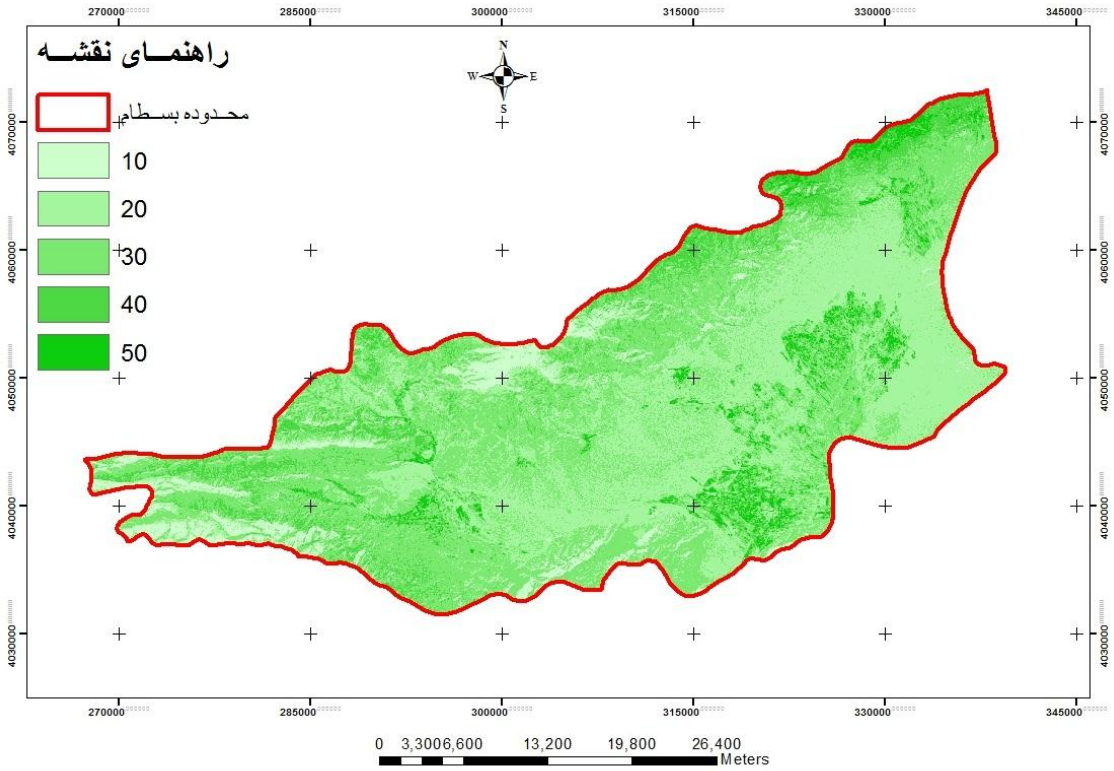
شکل ۴-۵ : لایه اطلاعاتی زهکشی منطقه بسطام

برای تهیه این نقشه در محیط نرم افزار Arc GIS ابتدا تصویر ماهواره‌ای به عنوان لایه ابتدایی ورودی استفاده می شود. این لایه را در پنجره Window و با انتخاب گزینه Image Analysis وارد می شود و با انتخاب گزینه NDVI، نقشه پوشش گیاهی منطقه مورد نظر ساخته می شود. حال می-توان پردازش‌هایی روی این تصویر نظیر تنظیم نور، رنگ، درخشندگی با کاربرد فیلترهای مختلف را تست کرد تا به بهترین کیفیت تصویری دست یافت.

حال براساس پوشش گیاهی حاکم بر منطقه و همچنین جداول استاندارد پوشش گیاهی موجود منطقه بسطام به پنج بازه ی گیاهی تقسیم گردید و سپس در این محیط این بازه‌ها امتیازدهی شد (جدول ۴-۶). بازه با بزرگترین اعداد بیشترین امتیاز و بازه با کوچکترین اعداد کمترین امتیاز را دارد (شکل ۴-۶). بنابراین محدوده حوزه آبریز بسطام و بخشی از ارتفاعات بیشترین امتیاز را به خود اختصاص می دهند.

جدول ۴-۶: امتیازدهی برای پوشش گیاهی منطقه[Khairul et al, 2000]

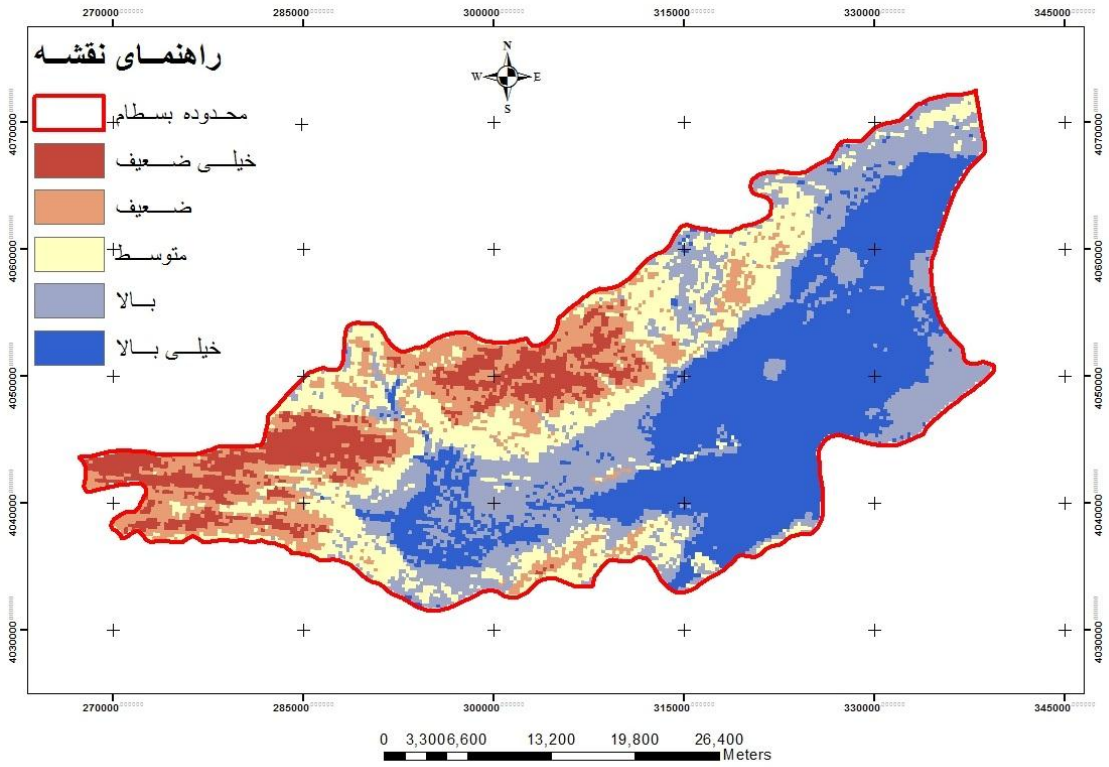
پوشش گیاهی	بازه عددی NDVI	امتیاز
منطقه شهری	۴۹ < NDVI ≤ ۹۳	۱۰
جنگل	۹۳ < NDVI ≤ ۱۰۰	۲۰
بوته زار	۱۰۰ < NDVI ≤ ۱۰۶	۳۰
کشاورزی	۱۰۶ < NDVI ≤ ۱۱۷	۴۰
تالاب	۱۱۷ < NDVI ≤ ۱۶۳	۵۰



شکل ۴-۶ : لایه اطلاعاتی پوشش گیاهی منطقه بسطام

پس از تهیه لایه‌های اطلاعاتی مربوط به هریک از عوامل موثر در منابع آب زیرزمینی، از روش مجموع وزنی جهت تلفیق استفاده گردید. نتایج حاصل در شکل (۴-۷) ارائه شده است. پس از تولید نقشه مذکور منطقه مورد مطالعه به پنج بازه شامل مناطق با پتانسیل خیلی بالا، بالا، متوسط، ضعیف، خیلی ضعیف تقسیم بندی گردید تا بتوان احتمال حضور و عدم حضور آب‌های زیرزمینی را تجزیه و

تحلیل نمود. بر همین اساس، بیشترین پتانسیل حضور آب زیرزمینی با رنگ آبی تیره نمایش داده شده است و کمترین پتانسیل حضور این پدیده نیز با رنگ قهوه‌ای تیره نمایش داده شده است.



شکل ۴-۷ : نقشه رقومی پتانسیل آب زیرزمینی منطقه بسطام به روش مجموع وزنی

مطابق شکل (۴-۷) منطقه مورد مطالعه به صورت زیر تقسیم بندی می شود:

۱- بالاترین پتانسیل حضور آب‌های زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه مربوط به حوزه آبریز بسطام و نواحی اطراف آن می‌باشد

۲- پائین‌ترین پتانسیل حضور آب‌های زیرزمینی نیز اختصاص به نواحی ارتفاعی محدوده مورد مطالعه دارد.

۳- مرز بین حوزه آبریز بسطام و کوهستان‌های مجاور آن نیز می‌توان با پتانسیل متوسط حضور آب‌های زیرزمینی تعیین نمود.

۴- بین دشت و نواحی کوهستانی که کاملا با یک مرز مشخص و واضح است، نشان‌دهنده این است که عامل تکتونیک و گسل‌خوردگی نقش موثر در منابع آب زیرزمینی دارد و همچنین سبب دو بخشی شدن این حوزه شده است.

۴-۴- تلفیق لایه‌های اطلاعاتی به روش های فازی

یکی‌دیگر از روش‌های تلفیق لایه‌های اطلاعاتی در محیط نرم‌افزاری Arc GIS، تلفیق به روش فازی می باشد. منطق فازی (گنگ) یکی از پیشرفته‌ترین روش‌هایی است که برای طبقه‌بندی و تلفیق داده به‌کار می‌رود. عضویت در روش منطق فازی بر روی یک مقیاس گروه‌بندی شده از "یک" (عضویت کامل) تا "صفر" (عدم عضویت کامل) بیان می‌شود و سپس برای استفاده در این روش بکار گرفته می‌شوند. روش تلفیق فازی قادر است، احتمال وقوع یک پدیده مربوط به مجموعه‌های متعددی را تجزیه و تحلیل نماید.

عضویت در منطق فازی به صورت‌های مختلفی بیان می‌شود و باید در انتخاب آن دقت فراوان نمود. عضویت در منطق فازی به تجربه کارشناس و شناخت وی از منطقه مورد مطالعه بستگی دارد و هر کسی بر اساس تجربه خود آن را انتخاب می‌کند. روش فازی، تلفیق لایه‌های اطلاعاتی را به چند روش انجام می‌دهد که هرکدام از این روش‌ها کار خود را با در نظر گرفتن ویژگی خاصی از لایه‌های اطلاعاتی انجام می دهند.

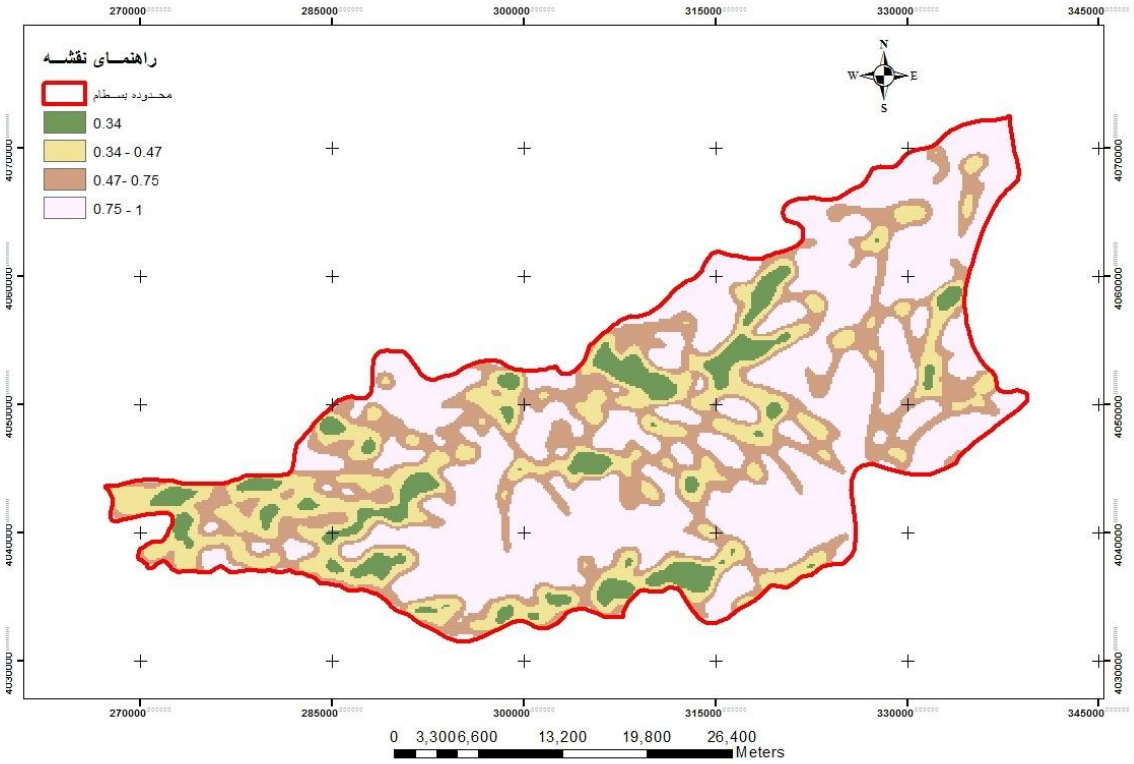
۴-۴-۱- تولید لایه‌های اطلاعاتی به‌روش فازی

برای تلفیق لایه‌های اطلاعاتی به‌روش فازی بایستی ابتدا لایه‌های اطلاعاتی نیز به‌صورت فازی تبدیل گردد. این کار باعث می شود بازه تعریف شده در هر لایه بین صفر و ۱ قرار گیرد که شرط اجرای روش فازی می باشد.

تولید لایه‌های اطلاعاتی فازی در محیط نرم‌افزار Arc GIS صورت می‌گیرد، بدین‌ترتیب نقشه رقومی پارامتر مذکور تبدیل به لایه اطلاعاتی فازی می‌شود. این عمل باید برای هر یک از نقشه‌های رقومی به صورت مجزا اجرا شود.

۴-۴-۱-۱-تولید نقشه رقومی خطواره به روش فازی

تولید این لایه اطلاعاتی، در محیط نرم‌افزار Arc GIS انجام می‌گردد. لایه اطلاعاتی خطواره با قرار گرفتن در بازه بین صفر و یک تبدیل به نقشه فازی و رقومی خطواره می‌گردد. شکل ۴-۸ نقشه رقومی و فازی شده نقشه رقومی خطواره‌های منطقه بسطام می‌باشد، همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌گردد، دانسیته خطواره‌ها در مناطق ارتفاعی محدوده بسطام به صورت نسبی بالاتر از حوزه آبریز بسطام می‌باشد.



شکل ۴-۸ : تولید نقشه رقومی خطواره منطقه بسطام به روش فازی

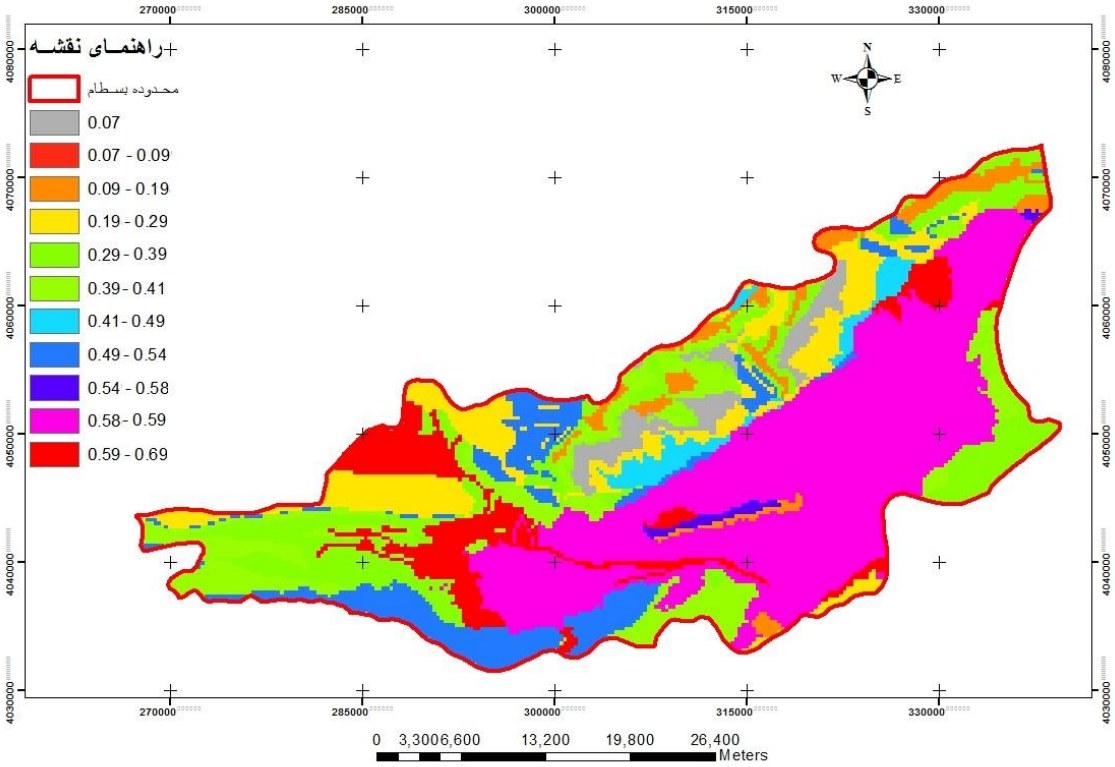
۴-۴-۱-۲-تولید نقشه رقومی زمین‌شناسی به روش فازی

تولید نقشه رقومی زمین شناسی نیز دقیقا به شیوه تولید نقشه رقومی خطواره ها انجام می گردد با این تفاوت که در این حالت به جای قرار دادن لایه خطواره، لایه زمین‌شناسی را در قسمت "Input" وارد شده و دستور اجرای برنامه داده می‌شود.

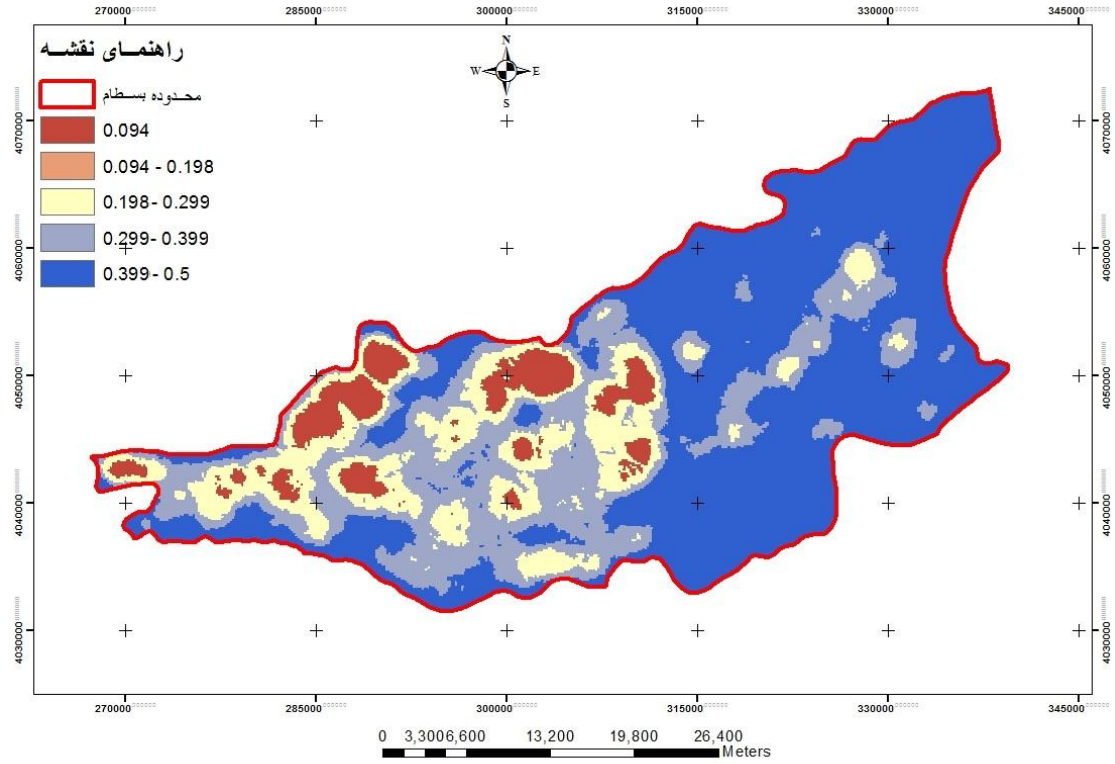
شکل ۴-۹، نقشه رقومی و فازی شده لایه اطلاعاتی زمین‌شناسی می‌باشد. پس از اجرای برنامه مذکور بازه نقشه مورد نظر بین صفر و یک قرار می‌گیرد. براساس این شکل، بیشترین امتیاز فازی به محدوده حوزه آبریز بسطام و کمترین امتیاز به نقاط ارتفاعی منطقه بسطام منصوب می‌گردد.

۴-۴-۱-۳-تولید نقشه رقومی زهکشی به روش فازی

روش تولید نقشه فازی زهکشی نیز به ترتیب نقشه‌های فوق‌الذکر می باشد. بر طبق شکل ۴-۱۰ قسمت عمده نقشه زهکشی فازی در بازه ۰/۴ تا ۰/۵ قرار گرفته است و کل بازه تعریف شده بین ۰/۱ تا ۰/۵ تعریف شده است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که قسمت عمده منطقه بسطام شامل کل حوزه آبریز بسطام از لحاظ زهکشی در درجه متوسط و معمولی قرار گرفته است و مابقی منطقه نیز از این لحاظ، ضعیف محسوب می‌گردد.



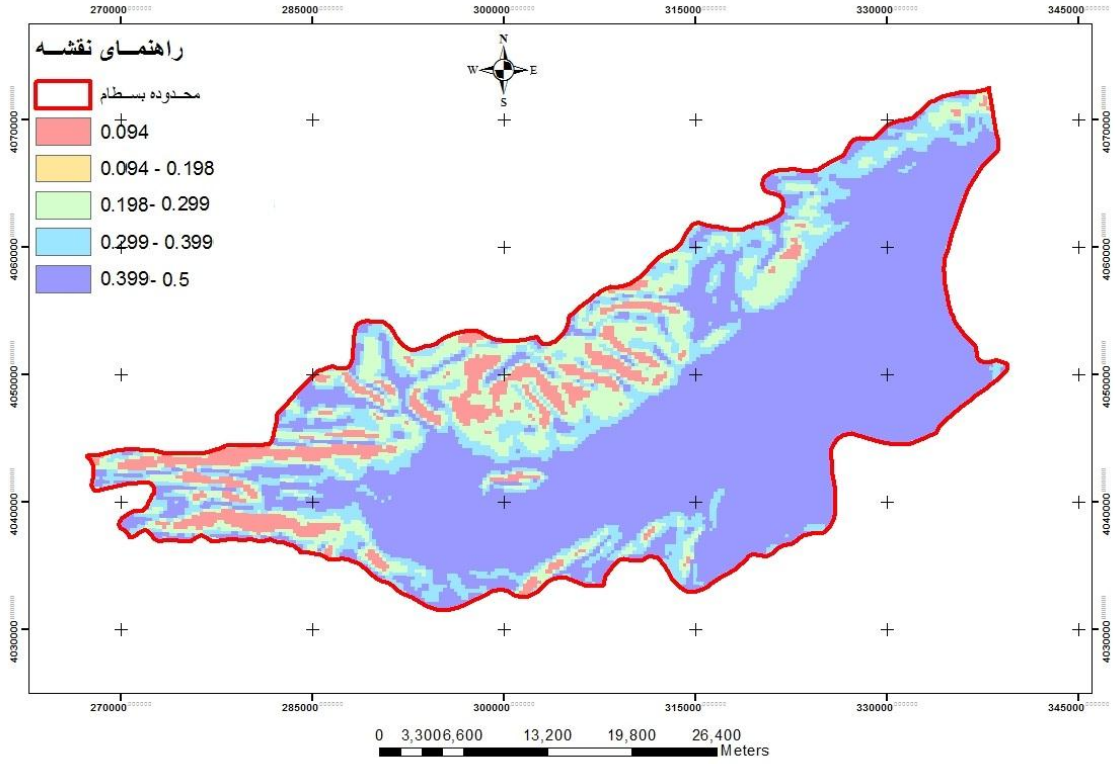
شکل ۴-۹ : تولید نقشه رقومی زمین شناسی منطقه بسطام به روش فازی



شکل ۴-۱۰ : تولید نقشه زهکشی منطقه بسطام به روش فازی

۴-۴-۱-۴-تولید نقشه رقومی شیب به روش فازی

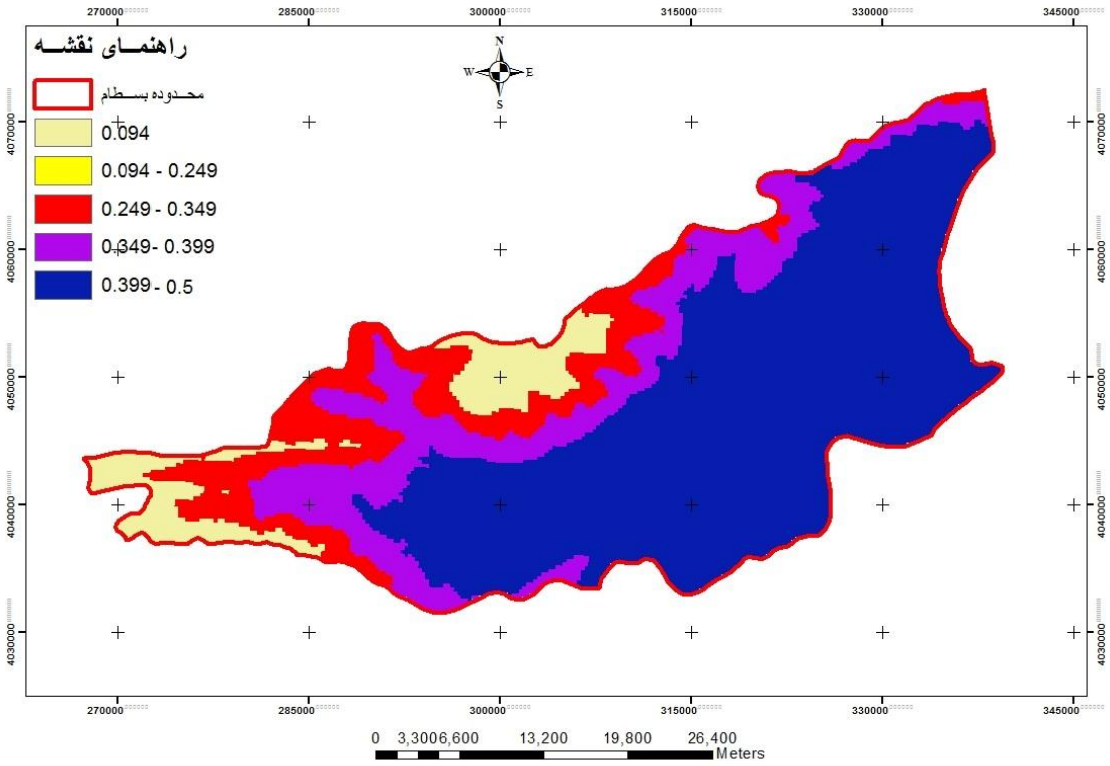
با در نظر گرفتن لایه شیب به‌عنوان یک ورودی برای تهیه لایه اطلاعاتی شیب در محیط فازی، در پنج بازه اقدام شد. با مشاهده شکل (۴-۱۱) می‌توان گفت که کل حوزه آبریز بسطام در بازه بین ۰/۴ تا ۰/۵ قرار گرفته است. بنابراین این منطقه وسیع از شیبی تقریبا کم برخوردار می‌باشد و مسطح محسوب می‌گردد. مطابق این شکل، مناطق با شیب متوسط تا زیاد به صورت نواری از شمال‌شرق تا جنوب‌غرب را احاطه نموده است. حال می‌توان این نتیجه را گرفت که محدوده مطالعاتی بسطام از نقطه نظر شیب جهت حضور آب زیرزمینی مطلوب می‌باشد.



شکل ۴-۱۱: تولید نقشه شیب منطقه بسطام به روش فازی

۴-۴-۱-۵-تولید نقشه رقومی ارتفاعی به روش فازی

با تبدیل‌کردن لایه اطلاعاتی ارتفاعی به نقشه رقومی ارتفاعی فازی حدود دو سوم منطقه مطالعه در بازه ۰/۴ تا ۰/۵ قرار می‌گیرد. بنابراین بر اساس شکل (۴-۱۲) محدوده مطالعاتی بسطام را می‌توان از لحاظ ارتفاعی منطقه متوسط تا ضعیف امتیازدهی نمود، زیرا بیش از نیمی از منطقه از لحاظ ارتفاعی متوسط و مابقی (ارتفاعات منطقه) در دسته ضعیف قرار می‌گیرد.



شکل ۴-۱۲ : تولید نقشه رقومی ارتفاعی منطقه بسطام به روش فازی

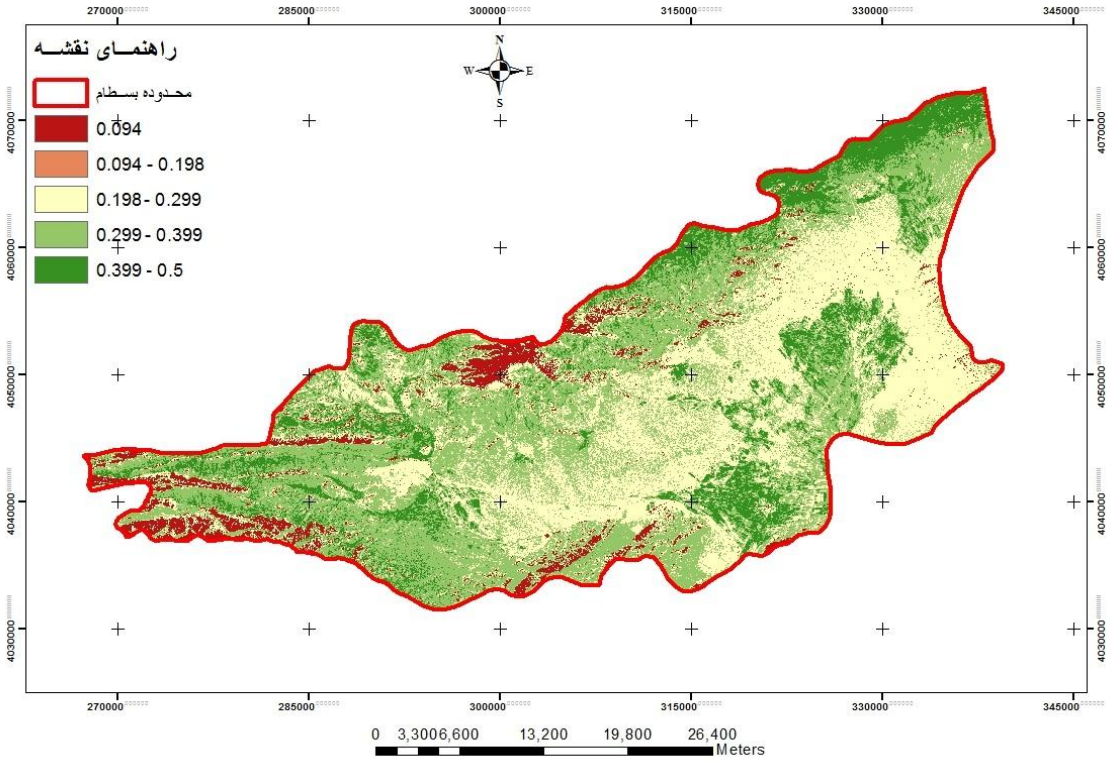
۴-۴-۱-۶- تولید نقشه رقومی پوشش گیاهی به روش فازی

با تولید نقشه پوشش‌گیاهی فازی می توان تحلیل زیر را عنوان نمود (شکل ۴-۱۳):

۱- حوزه آبریز بسطام و نواحی ارتفاعی شمال‌شرق منطقه دارای پوشش گیاهی متوسط می باشد (بازه ۰/۴ تا ۰/۵).

۲- نواحی ارتفاعی و ناحیه جنوب و جنوب‌غرب منطقه مورد مطالعه از پوشش گیاهی نسبتا ضعیف برخوردار است (بازه ۰/۲ تا ۰/۴).

۳- ارتفاعات منطقه (با بالاترین ارتفاع) کمترین پوشش گیاهی را دارا است (بازه ۰/۱ تا ۰/۲).



شکل ۴-۱۳ : تولید نقشه رقومی پوشش گیاهی منطقه بسطام به روش فازی

۴-۴-۲-تلفیق لایه‌های اطلاعاتی

پس از تولید لایه‌های اطلاعاتی فازی نوبت به تلفیق این لایه‌ها به روش فازی می‌رسد.حضور حالت‌ها یا کلاس‌های متنوع نقشه می‌تواند بر حسب عضویت‌های فازی مجموعه‌های مختلف بیان شود که ممکن است به‌صورت چندین پارامتر در جدول خصوصیت‌های نقشه آن‌ها را نگهداری کنند. باید توجه داشت که مقدارهای عضویت فازی با اهمیت نسبی هر نقشه متناسب باشد. با در دست داشتن دو یا چند نقشه با توابع عضویت فازی برای مجموعه‌های مشابه، عملگرهای متنوعی را می‌توان برای ترکیب‌کردن مقدارهای عضویت با یکدیگر به‌کار گرفت. پنج عملگر که برای ترکیب داده‌ها سودمندند عبارتند از: عملگر فازی AND، عملگر فازی OR، حاصل‌ضرب جبری فازی، جمع جبری فازی و عملگر گامای فازی که در ذیل به تولید پتانسیل به هر کدام از روش های مذکور پرداخته خواهد شد.

۴-۴-۲- ۱-عملگر فازی "و"[1]

تلفیق فازی "و" بر اساس ارزش حداقل سلول‌ها عمل می‌کند یا به‌عبارت دیگر حداقل پوئن هر پیکسل را در نظر می‌گیرد و با هم تلفیق می‌کند. این روش زمانی مفید است که شما می‌خواهید کمترین مخرج مشترک برای عضویت هر سلول از همه معیارهای ورودی را شناسایی نمایید.

[1] . fuzzy AND

عملیات "و" در مواقعی‌که دو یا چند قسمت از مدارک و شواهد، برای اثبات فرضیه ای باید باهم وجود داشته باشند، مناسب است.

این عملگر به صورت زیر تعریف می شود:

$$\text{fuzzy And Value} = \min(\mu_A,\mu_B,\mu_C,\ldots) \quad \text{(رابطه ۴-۲)}$$

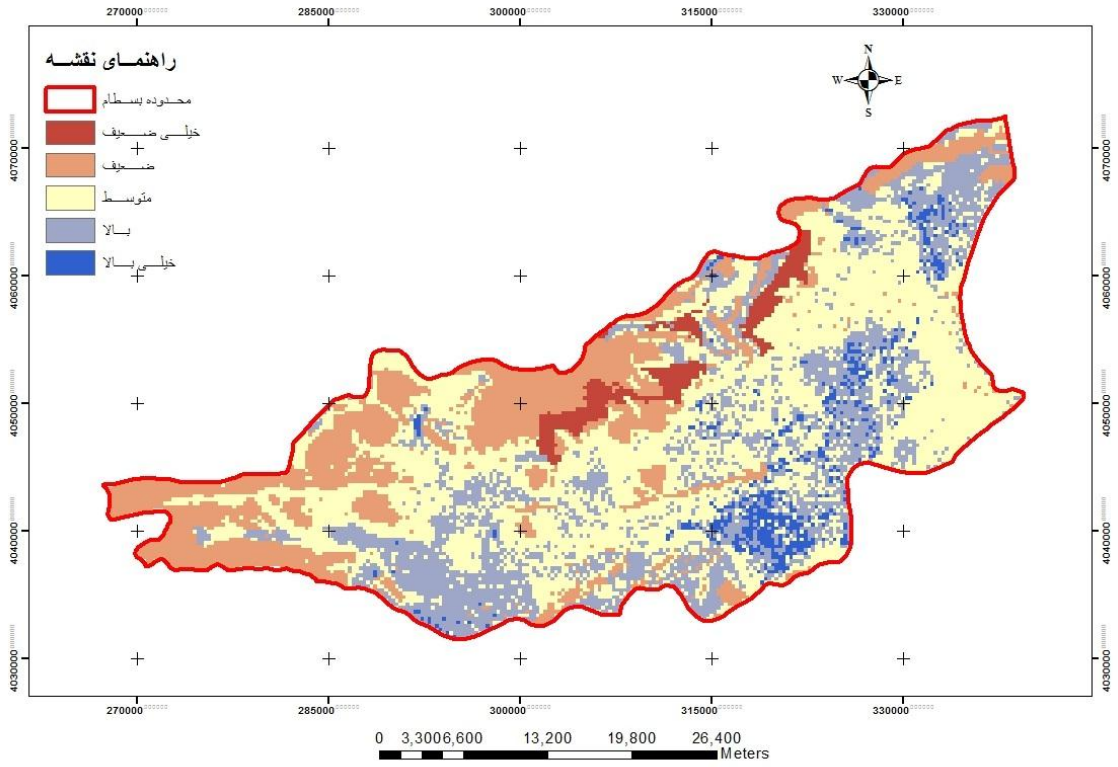
که دراین رابطه:

μ_A: مقدار عضویت برای نقشه A در یک موقعیت بخصوص

μ_B: مقدار عضویت برای نقشه B و...

البته عضویت های فازی همگی باید با توجه به یک پیش فرض باشند. به‌عنوان مثال فرض کنید که مقدار عضویت برای نقشه A، ۰/۷۵ و برای نقشه B، ۰/۵است. در این‌صورت عضویت برای ترکیب با استفاده از عملگر AND، ۰/۵ است. عملگر AND به پدید آمدن یک تخمین محافظه کارانه از عضویت مجموعه ای با تمایلی به ایجاد مقادیر کوچک منجر می‌شود. عملگر AND در مواقعی‌که دو یا چند قسمت از مدارک و شواهد لازم برای فرضیه بایستی برای اثبات فرضیه با هم وجود داشته باشند مناسب است.

شکل (۴-۱۴) نقشه پتانسیل حضور و یا عدم حضور آب‌های زیرزمینی حوزه آبریز بسطام می‌باشد که به روش تلفیق فازی به کمک روش فازی "و" صورت گرفته است. براساس شکل، حوزه آبریز بسطام و نواحی شمال‌شرقی محدوده مطالعاتی، دارای پتانسیل متوسط تا بالا و نواحی ارتفاعی و اطراف آن پتانسیل تقریبا ضعیف تعیین‌شده است. بر اساس شکل یاد شده، قسمت عمده منطقه به صورت تقریبا پراکنده در بازه متوسط قرار گرفته است. فاکتور پراکندگی در نقشه‌های پتانسیل آب‌های زیرزمینی مطلوب نمی‌باشد که علت آن پیوستگی سفره‌های آب زیرزمینی می‌باشد بنابراین یک نتیجه خوب باید در وهله اول پیوسته باشد. لذا در تحلیل اجمالی شکل ۴-۱۶، می‌توان این نتیجه را گرفت که روش تلفیق فازی "و" روش مناسبی برای تلفیق لایه های اطلاعاتی محسوب نمی‌شود.



شکل ۴-۱۴ : تولید نقشه پتانسیل آب زیرزمینی با استفاده از AND در روش فازی

۴-۴-۲-۲- عملگر فازی "یا"[1]

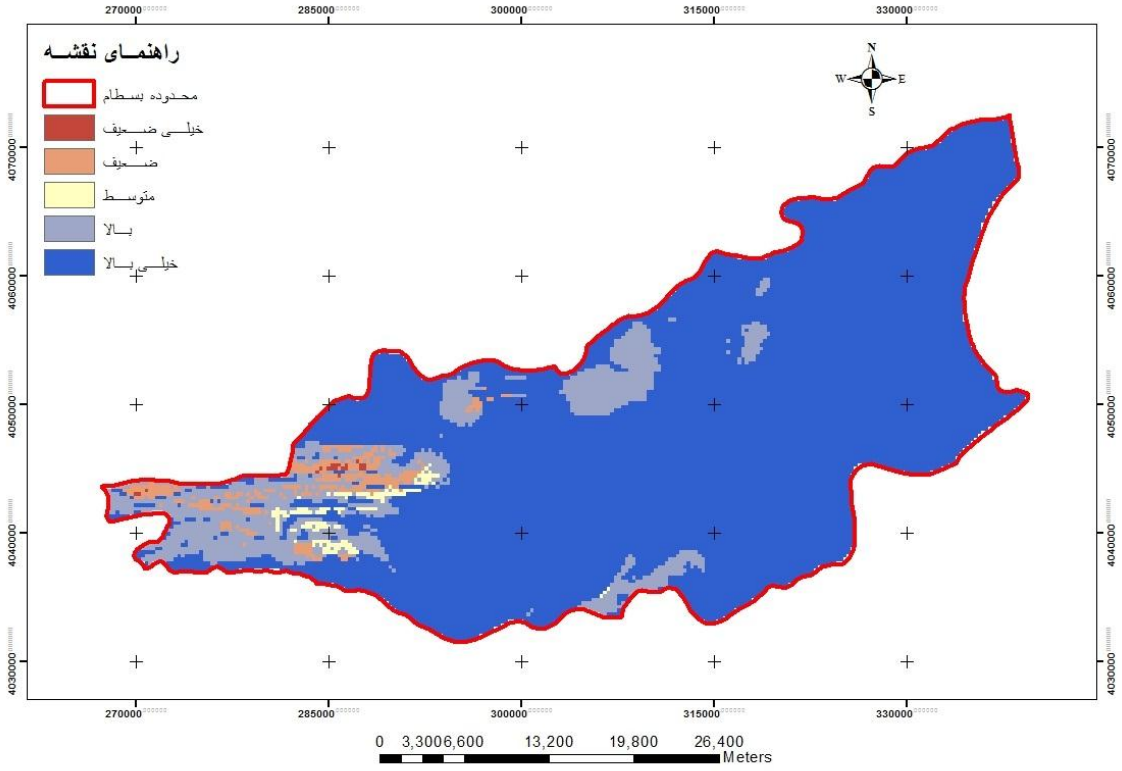
تلفیق فازی "یا" بر اساس ارزش حداکثر سلول ها عمل می‌کند یا به عبارت دیگر حداکثر پوئن هر پیکسل را در نظر می‌گیرد و با هم تلفیق می‌کند. با استفاده از این عملگر، مقدار عضویت ترکیب شده در یک محل فقط توسط مناسب‌ترین نقشه‌های نشانگر محدود می‌شود. این روش زمانی مفید است که شما می‌خواهید بیشترین مخرج مشترک برای عضویت هر سلول از همه معیارهای ورودی شناسایی نمایید. این عملگر در برخی موارد برای تهیه نقشه‌های پتانسیل معدنی بکار می‌رود. در جایی‌که شاخص‌های مورد نظر در کانی‌زایی کمیابند و حضور هر نشانگر می‌تواند برای اظهار مطلوبیت کافی باشد. فازی "یا" با استفاده از تابع زیر ارزیابی را انجام می دهد:

$$\text{Fuzzy Or Value} = \max(\mu_A, \mu_B, \mu_C, \ldots) \quad \text{(رابطه ۴-۳)}$$

شکل(۴-۱۵) نقشه پتانسیل حضور و یا عدم حضور آب‌های زیرزمینی حوزه آبریز بسطام می‌باشد که به روش تلفیق فازی به کمک روش فازی "یا" صورت گرفته است. براساس شکل و با توجه به منطق عملگر، قسمت عمده محدوده مطالعاتی به عنوان منطقه با پتانسیل خیلی بالا تعیین می‌گردد،

[1] . fuzzy OR

که این امر کاملا مغایر با واقعیت منطقه می‌باشد. بنابراین می توان به‌راحتی روش تلفیق فازی "یا" را برای تلفیق لایه‌های اطلاعاتی آب‌های زیرزمینی، ۱۰۰ درصد نامناسب تلقی نمود.



شکل ۴-۱۵: تولید نقشه پتانسیل آب زیرزمینی با استفاده از OR در روش فازی

۴-۴-۲-۳- عملگر فازی "حاصل‌ضرب جبری"[1]

تلفیق فازی حاص‌لضرب جبری فازی برای هر سلول، عبارتست از، حاصل‌ضرب هر یک از ارزش های فازی برای همه معیارهای ورودی. محصول به‌دست آمده از هر یک از ورودی کمتر خواهد بود، و هنگامی‌که یک عضو از مجموعه بسیاری از ورودی، امتیاز را می‌توان بسیار کوچک کرد. برای مرتبط کردن محصول به تمام معیارهای ورودی با یک رابطه نسبی کاری بس دشوار است که این‌کار را می‌توان با روش تلفیق حاصل‌ضرب جبری فازی انجام داد. تلفیق حاصل‌ضرب جبری فازی با استفاده از تابع زیر صورت می گیرد:

$$\text{Fuzzy Product Value} = \prod_{i=1}^{n} \mu i \qquad \text{(رابطه ۴-۴)}$$

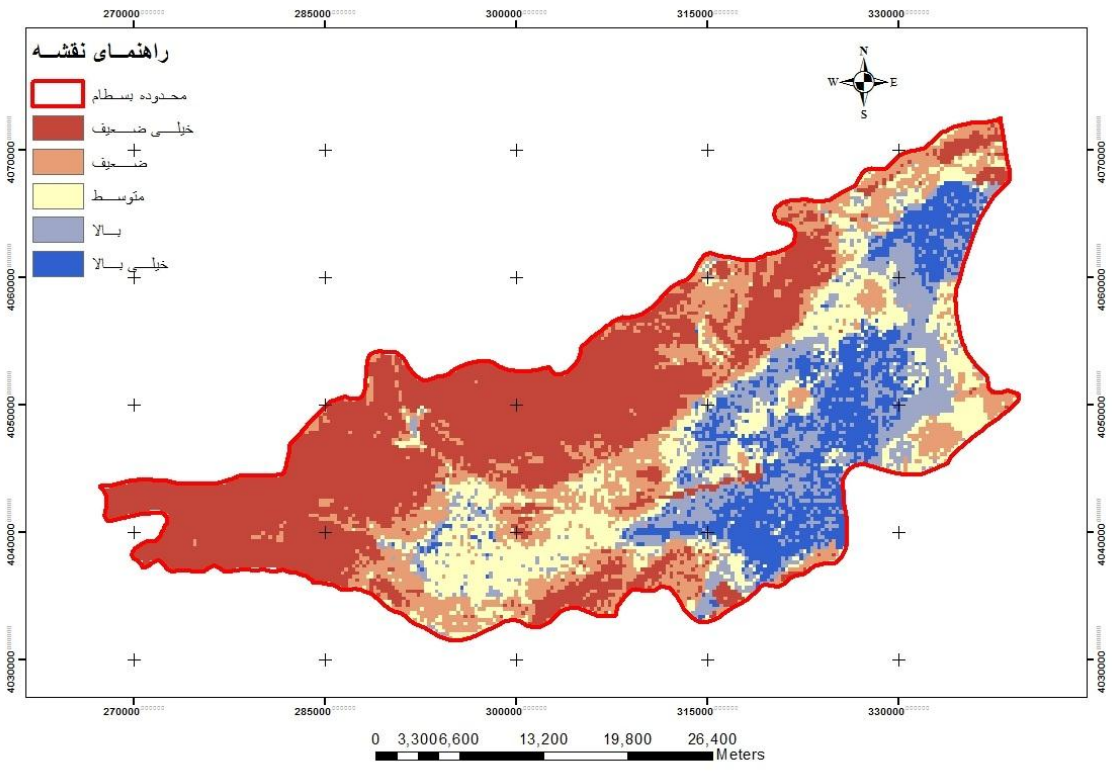
که در این رابطه μ_i: تابع عضویت فازی برای i امین نقشه است و $i = 1,2,\ldots,n$: تعداد نقشه هایی است که قرار است ترکیب شوند.

[1] . fuzzy Product Value

مقدارهای عضویت فازی ترکیب شده با این عملگر به مقدارهای بسیار کوچک میل می‌کند که این به علت اثر ضرب کردن چندین عدد کوچکتر از یک است. خروجی همواره کوچکتر یا مساوی کوچکترین مقدار عضویت مشترک است و بنابراین به‌صورت کاهشی است. مزیتی که این روش بر عملگرهای AND و OR دارد این است که کلیه مقدار های عضویت مشترک بر روی نتیجه نهایی تاثیر می گذارد.

شکل (۴-۱۶) نقشه پتانسیل حضور و یا عدم حضور آب‌های زیرزمینی حوزه آبریز بسطام می‌باشد که به روش تلفیق فازی به کمک روش "حاصل‌ضرب جبری فازی" صورت گرفته است.

براساس شکل ذیل بخش وسیعی از منطقه مورد مطالعه بسطام به‌عنوان منطقه‌ای با پتانسیل خیلی ضعیف آب‌های زیرزمینی معرفی و نواحی با پتانیسیل خیلی بالا و بالا نیز محدود به حوزه آبریز بسطام و نواحی اطراف شده است که این مطلب با واقعیت منطقه نیز هم‌خوانی دارد. بنابراین می‌توان از روش تلفیق فازی "حاصل‌ضرب جبری" به عنوان روشی مناسب جهت تلفیق لایه‌های اطلاعاتی آب‌های زیرزمینی بهره برد. البته لازم به ذکر است که بهترین روش برای انتخاب مناسب‌ترین روش تلفیق فازی، اعتبارسنجی خروجی عملگرهای فوق‌الذکر می‌باشد که در فصل بعد به آن پرداخته می‌شود.



شکل ۴-۱۶: تولید نقشه پتانسیل آب زیرزمینی با استفاده از Product در روش فازی

۴-۴-۲-۴- عملگر فازی "جمع جبری فازی"[1]

جمع جبری فازی نوع پوشش ارزش فازی هر یک از مجموعه مکان‌های سلولی که به آن تعلق دارد است. مجموع منجر به افزایش عملکرد ترکیب خطی است که بر روی تعدادی از معیارهای وارد شده به تجزیه و تحلیل است. تلفیق فازی به روش مجموع بر اساس تابع زیر عمل می کند:

$$\text{Fuzzy Sum Value} = \mathbf{1} - \prod_{i=1}^{n}(\mathbf{1} - \mu i) \qquad \text{(رابطه ۴-۵)}$$

نتیجه همیشه بزرگتر یا مساوی بزرگترین مقدار عضویت فازی مشترک است. بنابراین اثر آن افزایشی است. دو قسمت از شواهد که هر دو یک فرضیه را تایید می‌کند یکدیگر را تقویت می‌کنند، لذا بکارگیری شواهد ترکیبی بهتر از بکارگیری هر یک از قسمت‌های شواهد به‌طور جداگانه است. جمع جبری فازی حاصل جمع جبری نیست و باید با روش افزودنی مورد استفاده در روش مجموع وزنی، اشتباه گرفته نشود. در این دو روش پوشش فرض بر این است که ورودی مطلوب‌تر و بهتر برای اضافه‌کردن به همه ارزش‌های عضویت در تجزیه و تحلیل مجموع فازی لزوما به معنای محل مناسب‌تر است. استفاده از تلفیق جمع جبری فازی خیلی متداول نمی‌باشد.

شکل (۴-۱۷) نقشه پتانسیل حضور و یا عدم حضور آب های زیرزمینی حوزه آبریز بسطام می‌باشد که به روش تلفیق فازی به‌کمک روش "جمع جبری فازی" صورت گرفته است. جمع جبری نیز بخش وسیعی از محدوده مورد نظر به‌عنوان پتانسیل خیلی بالا آب زیرزمینی، در نگاه نخست، بین روش‌های تلفیق فازی روشی نامناسب، جهت تلفیق لایه‌های اطلاعاتی آب‌های زیرزمینی محسوب می‌گردد.

۴-۴-۲-۵- عملگر فازی "گاما"[2]

تلفیق فازی "گاما"، محصول جبری مجموع تلفیق "حاصل ضرب جبری" و "حاصل جمع جبری فازی" می باشد، که هر دو سبب ایجاد تلفیق فازی "گاما" می شوند. تابع کلی به شرح زیر است:

$$\mu com = (\text{جمع جبری فازی})^{\gamma} \times (\text{حاصلضرب جبری فازی})^{1-\gamma} \qquad \text{(رابطه ۴-۶)}$$

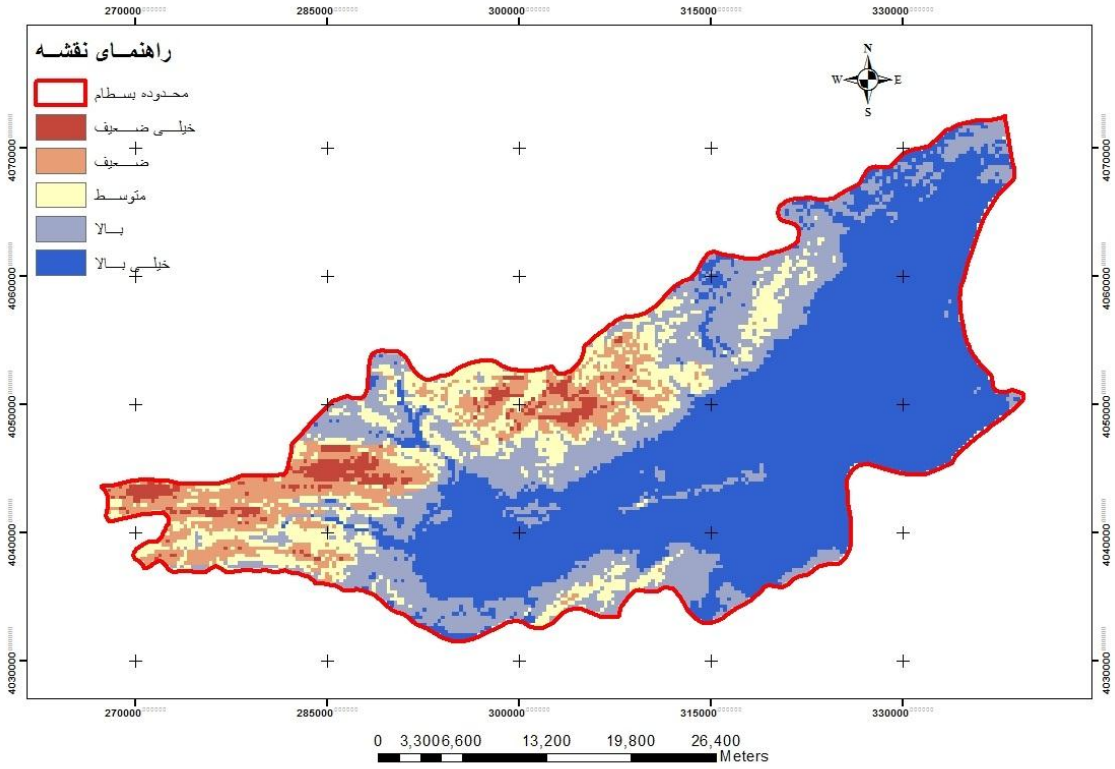
که درآن γ پارامتر انتخاب شده در محدوده صفر و یک است. وقتی γ یک باشد ترکیب همان جمع جبری فازی خواهد بود و وقتی صفر باشد ترکیب برابر با حاصل‌ضرب جبری فازی است. انتخاب صحیح وآگاهانه γ مقدارهایی در خروجی به وجود می آورد که هر یک سازگاری قابل انعطافی میان گرایشات افزایشی جمع جبری فازی و اثرات کاهشی حاصل ضرب جبری برقرار می‌کند. همان‌طوری

[1] . fuzzy SUM
[2] . fuzzy GAMMA

که تشریح شد هر یک از عملگرها کاربردهای مختلفی دارند اما در هر پروژه بهتر است تعدادی از عملگرها را در مراحل مختلف به کار برد. این تابع خاص است که توسط گاما فازی استفاده شده است:

(رابطه ۴-۷)

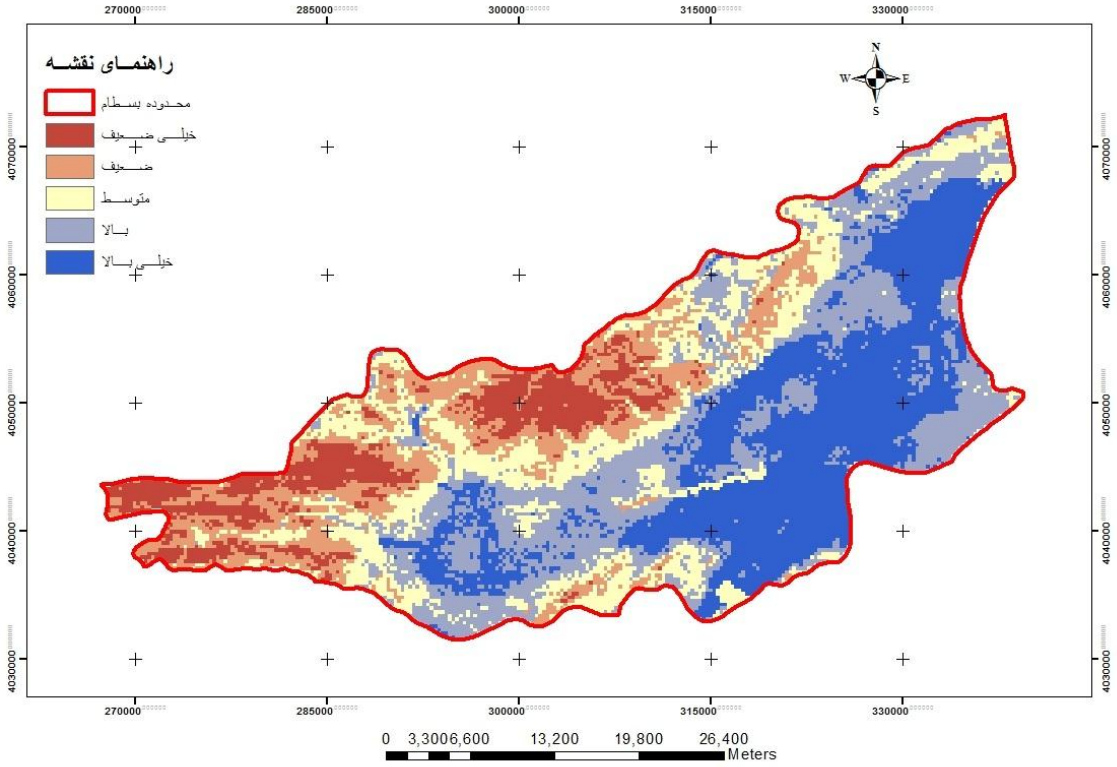
Fuzzy Gamma Value = pow(1 - ((1 - arg1) * (1 - arg2) * ...), Gamma) * pow(arg1 * arg2 * ..., 1 - Gamma)



شکل ۴-۱۷ : تولید نقشه رقومی پتانسیل آب زیرزمینی با استفاده از جمع جبری فازی

تلفیق فازی "گاما"، روابطی بین ورودی های متعدد ایجاد می‌کند که روش های تلفیق فازی " و" و فازی "یا" به تنهایی قادر به ایجاد آن نمی‌باشند. از روش تلفیق فازی "گاما" زمانی استفاده می‌شود که پژوهشگر بخواهد بیشتر از فازی "یا" و کمتر از فازی "جمع جبری فازی" امتیازدهی نماید. شکل (۴-۱۸) نقشه پتانسیل حضور و یا عدم حضور آب‌های زیرزمینی حوزه آبریز بسطام می باشد که به روش تلفیق فازی به کمک روش فازی "گاما" صورت گرفته است.

مطابق این شکل، حوزه آبریز بسطام در بازه پتانسیلی خیلی بالا و نواحی اطراف آن در بازه پتانسیلی بالا واقع گردیده است، همچنین نواحی ارتفاعی و اطراف آن نیز به عنوان مناطق با پتانسیل متوسط تا خیلی ضعیف دسته بندی شده است.



شکل ۴-۱۸ : تولید نقشه رقومی پتانسیل آب زیرزمینی با استفاده از عملگر گاما در روش فازی

در این فصل کلیه روش های تلفیق مورد اشاره قرار گرفت و براساس دو روش AHP و فازی، لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز و موثر تولید و تلفیق گردید و برای هر کدام نقشه پتانسیل آب زیرزمینی تهیه گردید. با مقایسه این نقشه ها می‌توان اظهار نمود که بخش اصلی مورد انتظار جهت پتانسیل آب زیرزمینی در قسمت شرق تا شمال‌شرق حوزه آبریز بسطام بوده و در راستای غرب یعنی به سمت مجن میزان تمرکز آب زیرزمینی کمتر می‌باشد. برای اعتبار سنجی نتایج حاصل از داده‌های چاه‌های استخراج آب و همچنین نقشه های ایزوپیز آب زیرزمینی استفاده می‌شود. بدین‌منظور در فصل بعد نتایج حاصل از روش‌های تلفیق بکار گرفته شده در پتانسیل‌یابی آب‌های زیرزمینی حوزه آبریز بسطام اعتبارسنجی خواهد شد. با تهیه لایه رقومی چاه‌ها و تلفیق آن با نقشه‌های پتانسیل آب‌های زیرزمینی، دو نتیجه حاصل می‌گردد:

۱- اعتبارسنجی روش‌های تلفیق لایه‌های اطلاعاتی

۲- مقایسه نقشه‌های پتانسیل آب‌های زیرزمینی تولید شده با یکدیگر

فصل پنجم:

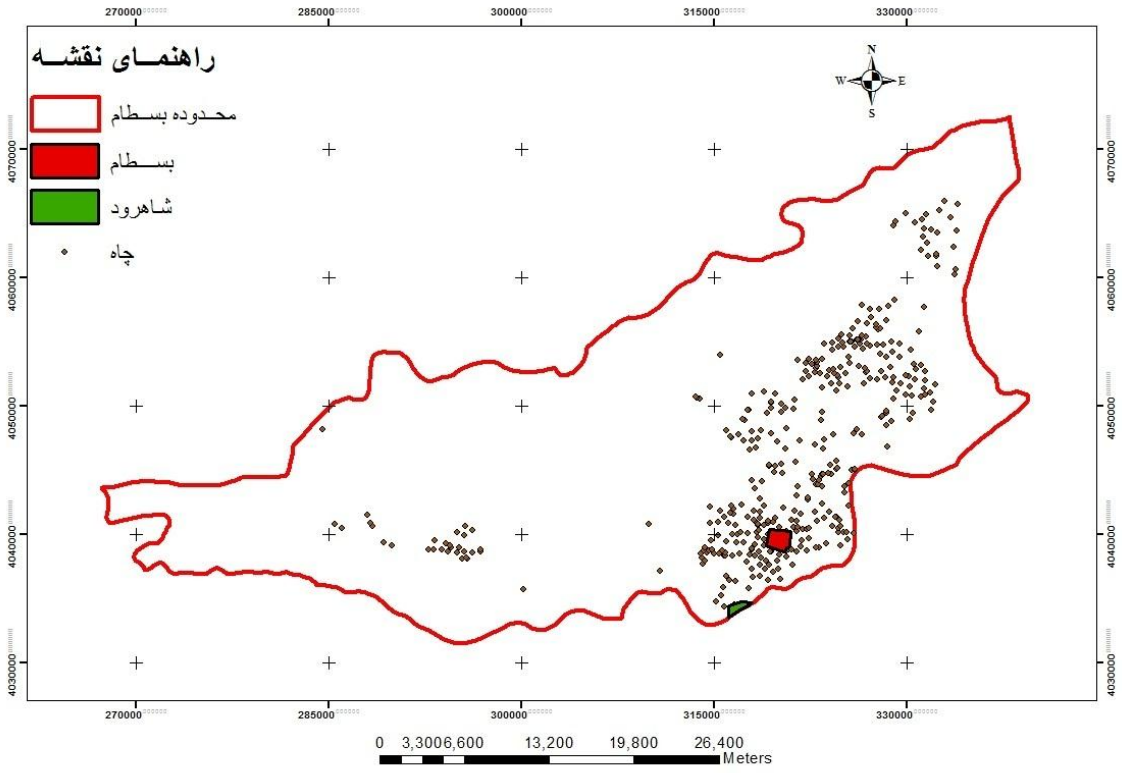
اعتبارسنجی، نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۵-۱- اعتبارسنجی

پس تهیه لایه‌های اطلاعاتی و تلفیق و تجزیه و تحلیل آنها، لازم است که نتایج حاصل به‌وسیله داده‌های مستقل دیگر، اعتبارسنجی شوند. یکی از ملاک‌های تعیین صحت و سقم مراحل صورت گرفته از تهیه لایه‌های اطلاعاتی تا تهیه نقشه پتانسیل آب زیرزمینی، تطابق این فرایند با چاه‌های حفاری شده و درحال بهره‌برداری آن منطقه می‌باشد. در این تحقیق، موقعیت چاه‌ها و مقادیر اطلاعاتی آن به صورت رقومی شده از سازمان آب منطقه‌ای استان سمنان دریافت شده است. با تهیه این اطلاعات، لایه اطلاعاتی جدیدی ساخته می‌شود که در آن موقعیت چاه‌های فوق‌الذکر نمایش داده شده است. با تولید این لایه اطلاعاتی جدید، دو تحلیل زیر امکان پذیر خواهد بود:

۱- مقایسه بین نقشه‌های پتانسیلی آب زیرزمینی به روش‌های فوق‌الذکر و واقعیت موجود بر منطقه و تحلیل آن

۲- مقایسه نقشه های پتانسیلی آب زیرزمینی تولید شده با یکدیگر و انتخاب بهترین روش تلفیق لایه های اطلاعاتی در محیط نرم افزار Arc GIS.



شکل ۵-۱ : نقشه موقعیت چاههای منطقه بسطام

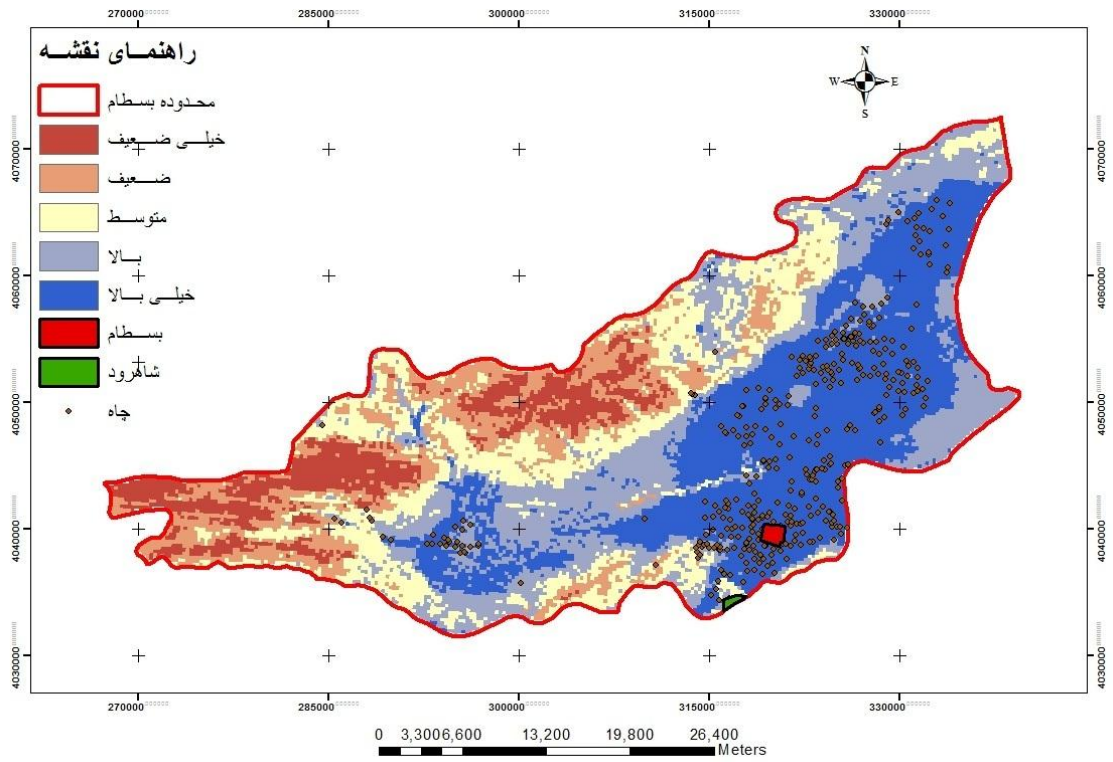
شکل(۵-۱) موقعیت چاه‌های بهره‌برداری و مشاهده‌ای دشت بسطام که حائز عمق مناسب بوده را نمایش می‌دهد که می‌توان از آن به‌عنوان یک ملاک مناسب جهت اعتبارسنجی نقشه‌های پتانسیل آب زیرزمینی تولید شده بهره برد. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود تمرکز تراکم این چاه‌ها همواره در دشت بسطام می‌باشد و همواره محدوده این چاه‌ها در این تحقیق به عنوان مناطق پرپتانسیل آب زیرزمینی معرفی شده است.

با تلفیق لایه اطلاعاتی چاه‌ها با نقشه‌های پتانسیل آب زیرزمینی در محیط نرم افزار Arc GIS، این امکان فراهم می‌شود که بتوان مناطق با پتانسیل بالای آب زیرزمینی با مناطق با تراکم بالای چاه‌ها را با یکدیگر مقایسه نمود و میزان هم‌پوشانی این دو آیتم با یکدیگر بررسی شود.

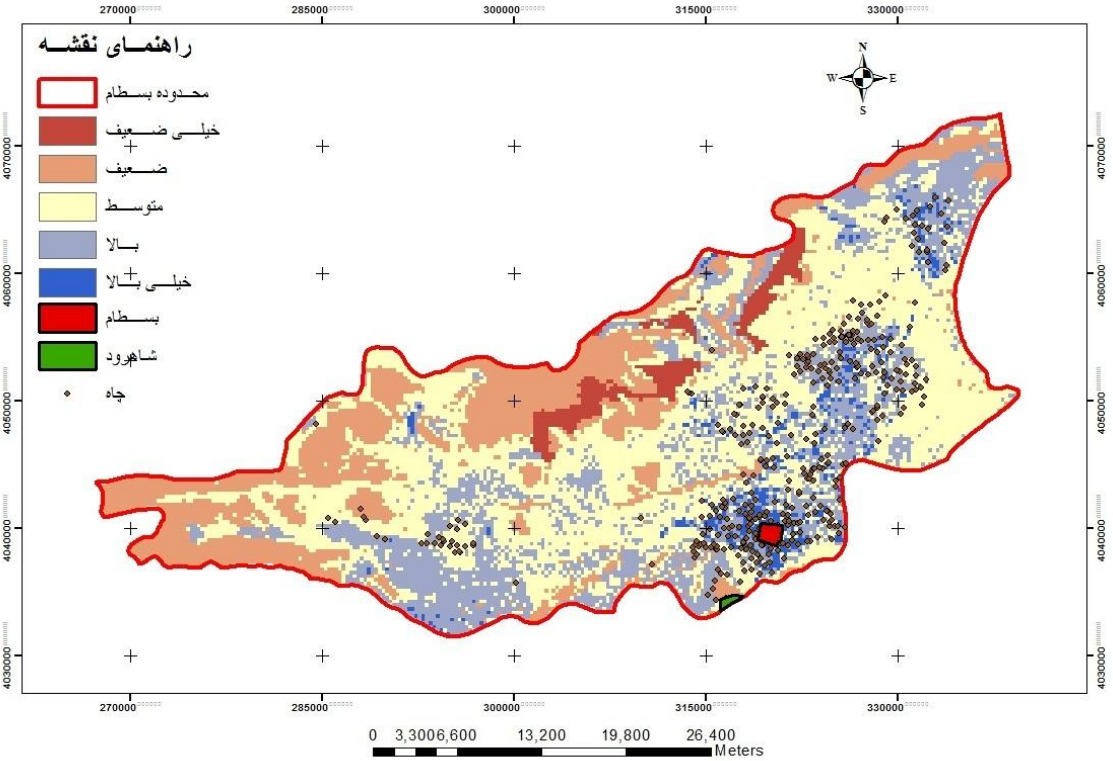
در شکل (۵-۲) نقشه پتانسیل آب زیرزمینی منطقه به‌همراه موقعیت چاه‌ها در شکل (۵-۲) ارائه شده است. مطابق این شکل، تراکم چاه‌ها در مناطقی‌که در نقشه پتانسیل آب زیرزمینی به‌عنوان مناطق با پتانسیل خیلی بالا و بالا معرفی شده است بیشتر از سایر نقاط می‌باشد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت جهت تعیین مناطق امیدبخش منابع آب زیرزمینی روش مجموع وزنی، روشی مناسب است. علاوه بر روش مجموع وزنی، روش‌های فازی نیز مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت تا بهترین روش تلفیق لایه‌های اطلاعاتی بر اساس مقایسه با واقعیت موجود تعیین گردد. لازم به ذکر است در بررسی نقشه‌های پتانسیلی همواره نسبت مساحت مناطق با پتانسیل خیلی بالا و بالا در مقایسه با مساحت محدوده متراکم چاه‌ها فاکتوری مهم محسوب می‌گردد. به‌عبارت دیگر هرچه مساحت مناطق با پتانسیل خیلی بالا تا بالا به مساحت محدوده‌ای که تراکم چاه‌ها بیشتر است، نزدیک‌تر باشد، نشان از دقت بالاتر عملگر تلفیق لایه‌های اطلاعاتی و در نتیجه دقت بالاتر نقشه پتانسیل آب زیرزمینی دارد.

به همین‌ترتیب روش‌های فازی نیز مورد آزمایش قرار می‌گیرد تا بهترین روش تلفیق لایه‌های اطلاعاتی بر اساس مقایسه با واقعیت موجود تعیین گردد.

در روش فازی "و" با توجه به منطق روش که همه عوامل و ملاک‌ها را با هم لحاظ می‌کند، مشاهده می‌گردد وسعت مناطق با پتانسیل خیلی بالای آب زیرزمینی کم و بیشتر مناطق محدوده مورد مطالعه به‌عنوان مناطق با پتانسیل بالا تا متوسط تعیین گردیده است. در مقایسه با روش جمع وزنی می‌توان گفت این روش از قاطعیت کمتری برخوردار است (شکل ۵-۳).

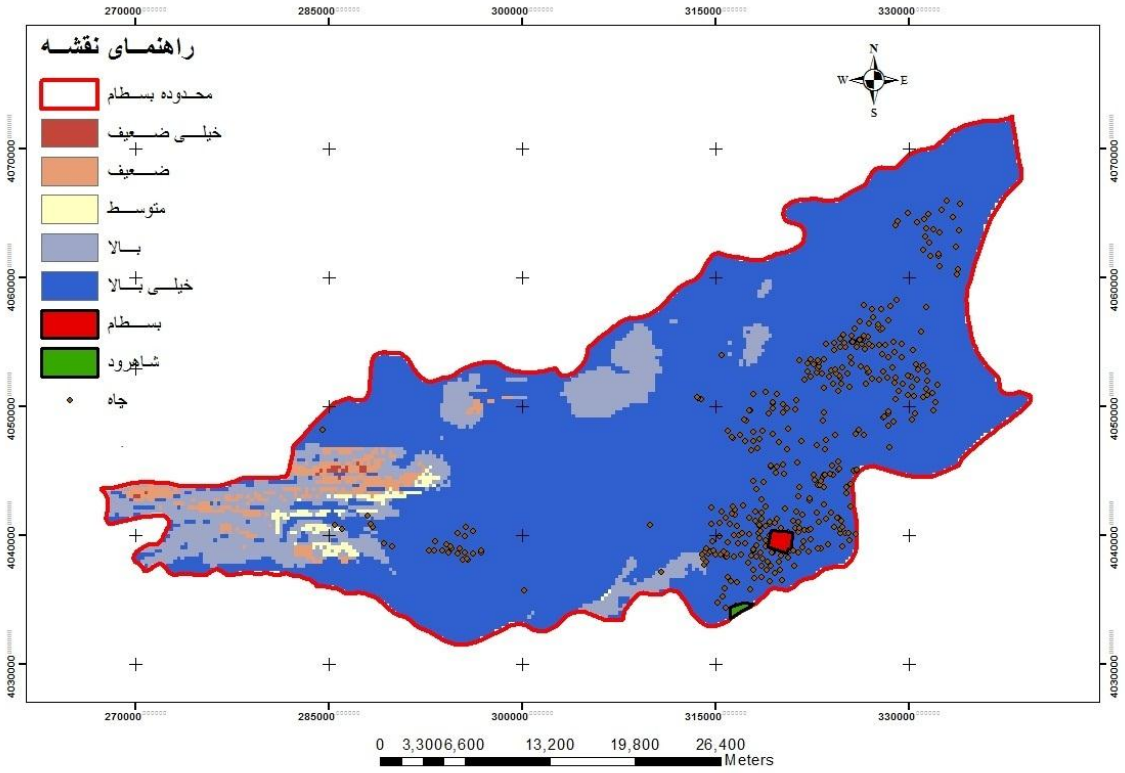


شکل۵-۲ : تلفیق نقشه پتانسیل آب زیرزمینی به روش جمع وزنی با چاه های منطقه



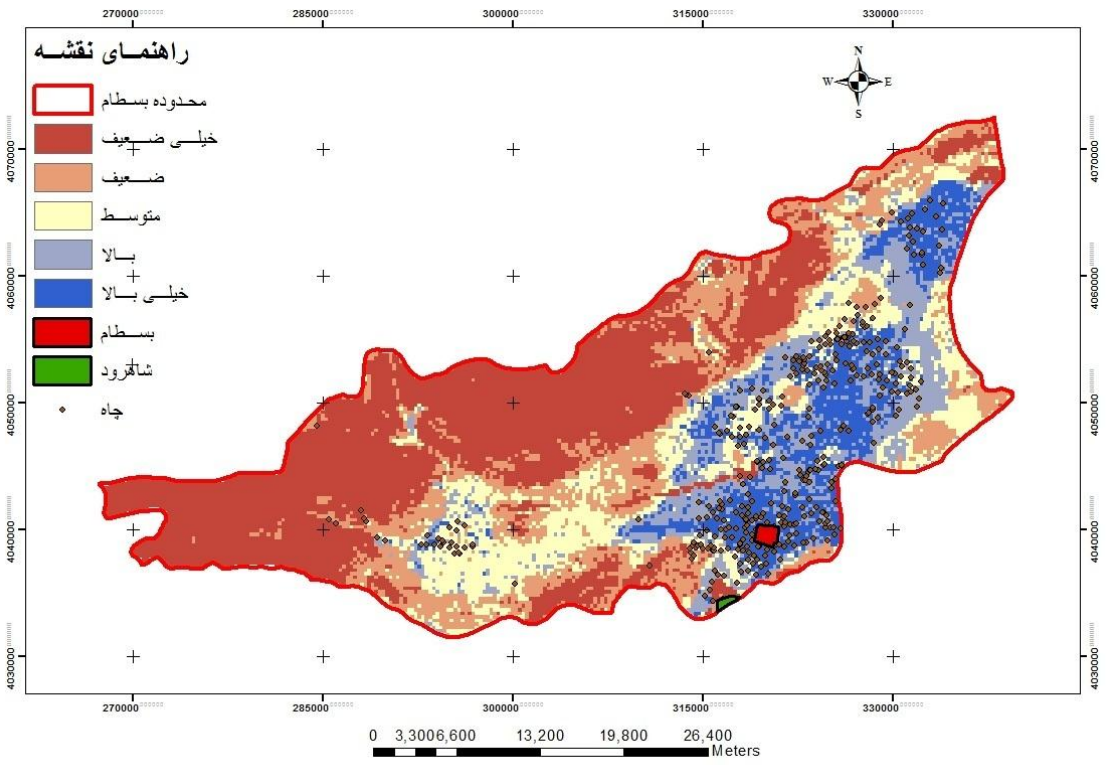
شکل ۵-۳ : تلفیق نقشه پتانسیل آب زیرزمینی به روش فازی "و" با چاه های منطقه

بر خلاف روش "و" که یک روش بدبینانه است، روش "یا" خیلی خوش‌بینانه بوده و نتایج نشان می‌دهد که در روش تلفیق فازی "یا" بیش از ۸۰ درصد کل محدوده مورد مطالعه به‌عنوان مناطق با پتانسیل خیلی بالا آب زیرزمینی معرفی شده که با نتایج واقعی و داده‌های تکمیلی نظیر حفاری همخوانی ندارد و می‌توان نتیجه گرفت که از این روش نمی‌توان جهت تلفیق لایه‌های اطلاعاتی در پتانسیل‌یابی آب زیرزمینی استفاده نمود (شکل ۵-۴).



شکل ۵-۴ : تلفیق نقشه پتانسیل آب زیرزمینی به روش فازی "یا" با چاه های منطقه

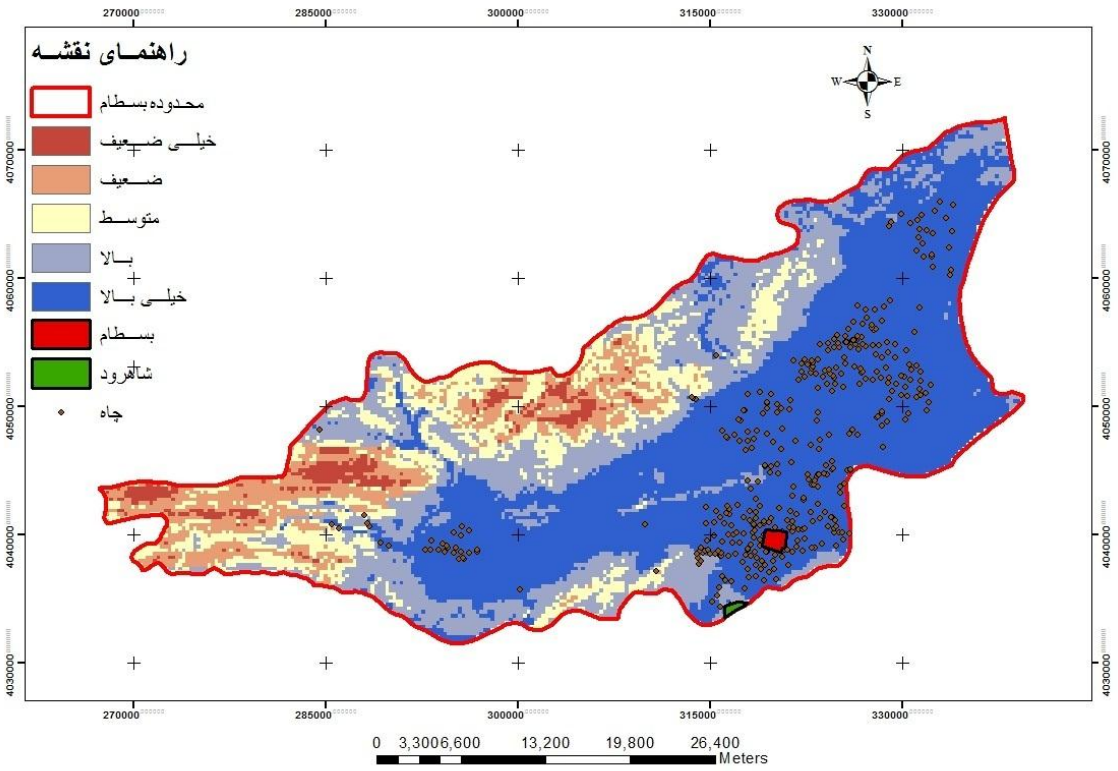
نتایج حاصل روش‌های حاصل‌ضرب جبری فازی نشان می‌دهد که این روش محتاطانه بوده و تا حد زیادی واقعیت‌گرا است. همانطور که در شکل (۵-۵) مشاهده می‌شود روش حاصل‌ضرب جبری فازی، تنها نقاطی‌که کاملا منطبق بر موقعیت چاه‌ها می باشد به‌عنوان مناطق با پتانسیل خیلی بالا و بالا معرفی نموده است و همچنین مساحت بازه‌های مذکور نیز به محدوده با تراکم بالای چاه‌ها نزدیک است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که از این روش نیز می‌توان جهت تلفیق لایه‌های اطلاعاتی محدوده مورد مطالعه بهره جست.



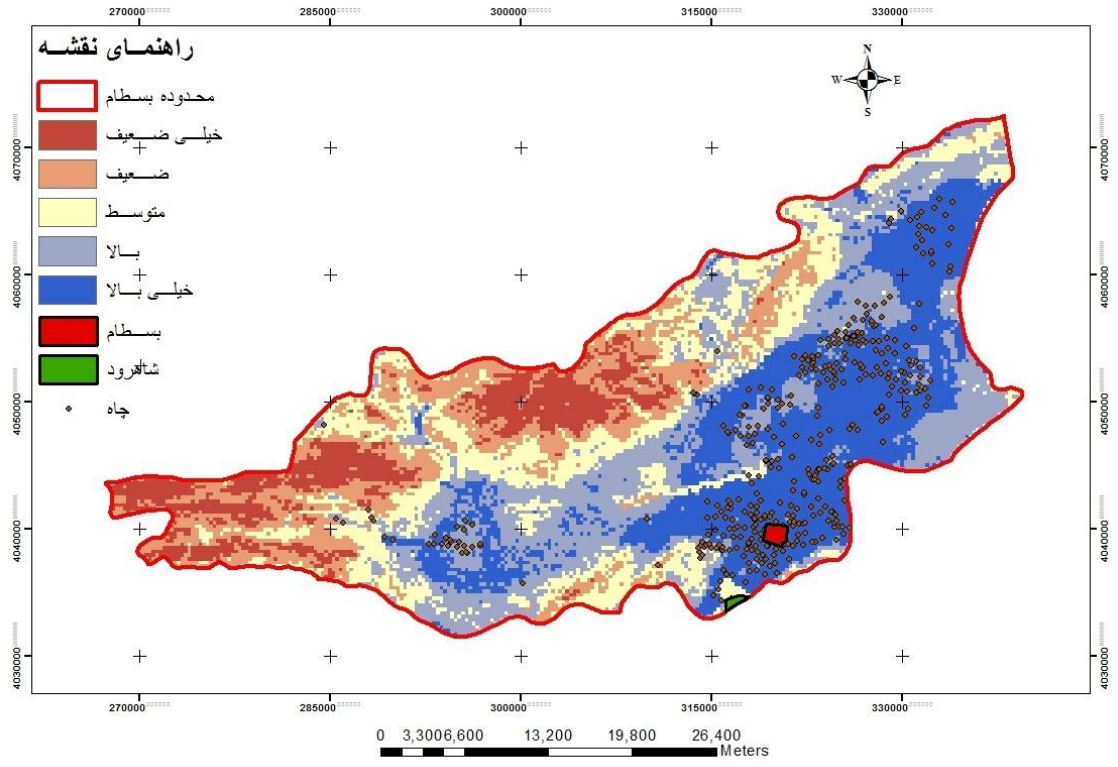
شکل ۵-۵ : تلفیق نقشه پتانسیل آب زیرزمینی به روش حاصلضرب جبری فازی با چاه های منطقه

در بررسی روش فازی، روش حاصل‌جمع جبری بخش زیادی از حوزه آبریز بسطام یعنی دشت جنوبی منطقه را به‌عنوان مناطق امیدبخش نشان می‌دهد. تلفیق لایه‌های اطلاعاتی در این روش، بیش از نیمی از محدوده مورد مطالعه را به‌عنوان نواحی با پتانسیل بالای آب زیرزمینی بیان می‌نماید. با تلفیق نقشه پتانسیل آب زیرزمینی به روش حاصل‌جمع جبری فازی با موقعیت چاه‌های آب محدوده مورد مطالعه، نتیجه گرفته می‌شود که این روش نیز روش نامناسبی برای پتانسیل‌یابی نواحی مستعد حضور آب زیرزمینی محسوب می‌شود (شکل ۵-۶).

همان‌گونه که در شکل (۵-۷) مشاهده می‌شود، روش فازی گاما نتایج منظم و مشخص‌تری ارائه داده که با داده‌های حفاری کاملا منطبق است. با بررسی این نتایج می‌توان گفت که روش گاما نیز قابلیت بکارگیری جهت تعیین منابع آب زیرزمینی را دارد.



شکل ۵-۶ : تلفیق نقشه پتانسیل آب زیرزمینی به روش حاصلجمع جبری فازی با چاه های منطقه



شکل ۵-۷ : تلفیق نقشه پتانسیل آب زیرزمینی به روش فازی گاما با چاه های منطقه

۵-۲- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

به‌طور کلی هدف اصلی از بررسی‌های دورسنجی و GIS در آب‌های زیرزمینی، پتانسیل‌یابی مناطق مستعد و تمیز دادن آن از مناطق فقیر آب‌های زیرزمینی می‌باشد. به‌منظور دستیابی به این هدف، ابتدا اقدام به جمع آوری داده‌های اولیه نظیر داده‌های ماهواره +ETM و توپوگرافی و... گردید. سپس پس از طی مراحل آماده سازی داده‌های مذکور، توسط نرم افزار Arc GIS، نقشه‌های پارامترهای تاثیر گذار در آب‌های زیرزمینی استخراج شد. در فصل بعد، نقشه‌های مذکور به لایه‌های اطلاعاتی وزن‌دهی شده تبدیل و در نهایت به روش‌های جمع وزنی و فازی با یکدیگر تلفیق شدند.

خروجی بدست آمده، نقشه‌های پتانسیل آب زیرزمینی در منطقه بسطام می‌باشد. سپس این نقشه‌ها توسط نقشه رقومی تراکم چاه‌های بهره‌برداری مناسب از نظر عمق و میزان آب اعتبارسنجی شد. براساس اعتبارسنجی فوق نتایج ذیل حاصل گردید:

- فناوری سنجش از دور یک روش نوین و کارآمد در تعیین منابع آب زیرزمینی است. با این فناوری می‌توان در مناطق مختلف به بررسی منابع آب پرداخت و جاهای مناسب برای حفاری را تعیین نمود.
- کارایی سیستم اطلاعات جغرافیایی به‌عنوان یک ابزار با در نظر گرفتن روش‌های مختلف می‌تواند در تلفیق لایه‌ها مفید و سودمند باشد.
- از این روش می‌توان در شناسایی مناطق جدید آب زیرزمینی و آب‌های سطحی استفاده کرد و همچنین درر مدیریت منابع آب بهره برد.
- تلفیق لایه‌های اطلاعاتی به روش جمع وزنی در نرم افزار Arc GIS، برای پتانسیل‌یابی آب‌های زیرزمینی در مناطق بیابانی و نیمه بیابانی نظیر منطقه مطالعاتی بسطام مناسب می‌باشد و می‌توان براساس نتایج به‌دست آمده از آن مناطق با پتانسیل بالای آب زیرزمینی را تعیین نمود. اجرای تلفیق لایه‌های اطلاعاتی توسط عملگر "و" در روش تلفیق فازی نسبت به روش جمع وزنی از قاطعیت کمتری برخوردار است. این روش نقاط

با پتانسیل بالا را تقریبا به درستی نشان داد ولی به این دلیل که ، بازه‌ها را کاملا به صورت پیوسته نشان نداده است نمی‌توان از آن در تعیین مناطق با پتانسیل بالا استفاده نمود. تلفیق لایه‌های اطلاعاتی توسط عملگر "یا" در روش فازی به‌عنوان روشی کاملا نامناسب برای تلفیق لایه‌های اطلاعاتی آب‌های زیرزمینی تعیین شد که البته این نتیجه با منطق (ارزش حداکثر سلول‌ها) اجرایی عملگر نیز سازگاری دارد. تلفیق لایه‌های اطلاعاتی توسط عملگر " حاصل‌ضرب جبری" در روش فازی، پس از اعتبارسنجی به عنوان روش مناسب جهت تلفیق لایه های اطلاعاتی آب زیرزمینی محسوب می‌شود. در این روش با توجه به پیوستگی بازه‌های نقشه خروجی و همچنین نزدیک بودن مساحت بازه منطقه با پتانسیل خیلی بالا تا بالا به محدوده حضور متراکم چاه‌ها، می‌توان از آن در تعیین مناطق مستعد آب زیرزمینی بهره جست. تلفیق لایه‌های اطلاعاتی توسط عملگر "حاصل‌جمع جبری" در روش فازی بیش از نیمی از محدوده مورد مطالعه به‌عنوان نواحی با پتانسیل بالای آب زیرزمینی تعیین گردید، لذا این روش نیز برای تلفیق لایه های اطلاعاتی آب‌های زیرزمینی نامناسب شناخته شد. تلفیق لایه‌های اطلاعاتی توسط عملگر "گاما" در روش فازی نیز صورت پذیرفت و بر اساس آن و پس از اعتبارسنجی این روش نیز به عنوان روشی مطلوب جهت تلفیق لایه‌های اطلاعاتی آب زیرزمینی تعیین گردید. بنابراین بهترین عملگر و روش‌ها در تعیین پتانسیل منابع آب در حوزه آبریز بسطام روش مجموع وزنی، روش فازی گاما و روش حاصل‌ضرب جبری هستند.

نتایج حاصل از تولید نقشه‌های رقومی پتانسیل آب زیرزمینی از لایه‌های اطلاعاتی مذکور، در محیط Arc GIS نشان می‌دهد که:

۱. ادغام سنجش از دور و سیستم اطلاعاتی جغرافیایی، به‌عنوان یک راهکار موثر در شناسایی عوامل تاثیرگذار آب‌های زیرزمینی و تولید نقشه‌های رقومی این عوامل به‌شمار می آید.

۲. ادغام فنون مذکور، راهکاری مناسب برای تولید لایه‌های اطلاعاتی از پارامترهای تاثیرگـذار در آب‌های زیرزمینی و وزن‌دهی آن ها به‌شمار می‌آید.

۳. به کمک دورسنجی و GIS، نقشه‌های رقومی مناسب و صحیح پتانسـیل آب‌هـای زیرزمینـی تهیه و تولید شد.

۵-۳- پیشنهادات

در این راستا پیشنهاد می‌شود که:

۱- از این روش در یک منطقه وسیع که دارای چند حوزه آبریز و شرایط متفاوت دارند بکـار رود، تا قدرت و توانایی روش بیشتر سنجیده شود.

۲- بررسی نقاطی‌که چاه‌های جدید حفر می‌شود که آیا منطبق بر نتایج است یاخیر

۳- بررسی روش با تلفیق دیگـر داده‌هـا مثـل ژئوشـیمی درون‌چـاهی بـرای تعیـین کیفیـت آب زیرزمینی و تعیین بهترین چاه‌ها برای آشامیدن و کشاورزی

منابع فارسی

آقاجانی، حمید.، نعیمی، ناصر.، (۱۳۸۹)، " بررسی‌های دور سنجی در محدوده برگه یکصد هزارم جبال بارز"، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۰۰ صفحه

احمدی، حسن.، (۱۳۸۱)، "ژئومرفولوژی کاربردی"، انتشارات دانشگاه تهران.

تی تی دژامید.، (۱۳۸۵)، " خودآموزArcGIS9.x و مفاهیم GIS "، پایه مؤسسه فرهنگی هنری شمال پایدار - دانشگاه شمال

ثنایی نژاد، سید حسین.، (۱۳۸۱)، "مقدمه ای بر سیستم های اطلاعات جغرافیایی"، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد

جاهدی، فرشید.، فرخی، شاهرخ (مترجمان).، (۱۳۷۵)، " مبانی سنجش از دور"، مرکز سنجش از دور ایران، ۳۲۸ صفحه.

خدایی، کمال.، (۱۳۷۹)، "نقش نمایانگرهای آب زیرزمینی در شناسایی منابع آب کارستی حوزه نمونه ارومیه"، پایان نامه کارشناسی ارشد آب‌شناسی، دانشگاه شهید بهشتی.

رحمتی ایلخچی، م.، و همکاران، " شرح نقشه زمین شناسی یکصد هزارم رزوه" ، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

زبیری، محمود، مجد، علیرضا (۱۳۷۵)، "آشنایی با فن سنجش از دور و کاربرد در منابع طبیعی"، مؤسسه انتشارات وچاپ دانشگاه

سازمان آب منطقه‌ای سمنان.، (۱۳۹۰) "گزارش محدوده مطالعاتی بسطام"

سبحانی لاری.، (۱۳۸۹)، "سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)"

سپند، ساحل.، چیتسازان، منوچهر.، رنگزن، کاظم.، میرزایی، یحیی.، (۱۳۸۸)، "تلفیق سنجش از دور و GIS در پتانسیل یابی منابع آب زیرزمینی محدوده لالی"

شرکت آب سازند پارس .، (۱۳۸۹) "گزارش نهایی مطالعات ژئوفیزیک دشت های بسطام، دانیال، نردین"، شرکت آب منطقه ای استان سمنان

شرکت فنی مهندسی فرا عمران نگار.، (۱۳۹۰)"جزوه آموزشی دوره مفاهیم GIS"

علوی پناه.، سید کاظم.، (۱۳۸۲)، "کاربرد سنجش از دور در علوم زمین"، انتشارات دانشگاه تهران

فروغ بیک.، (۱۳۸۸)، "تهیه نقشه خطواره‌های ساختار زمین‌شناسی کوه بنگستان با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و تکنیک‌های سنجش از دور"، مجله اکتشاف متملید [شماره ۶۵]

موسوی، سیده فاطمه.، چیت سازان، منوچهر.، میرزایی، یحیی.، شبان، مجتبی.، محمدی بهزاد، حمیدرضا.، (۱۳۸۷)، "تلفیق سنجش از دور و GIS به منظورپتانسیل یابی مناطق مناسب جهت تغذیه آب زیرزمینی، مورد مطالعه: محدوده تاقدیس کمستان"

References

Abdel-Khalek, A. Omran, A (2008) ***"Integration of Remote Sensing, Geophysics and Gis to Evaluate Groundwater Potentiality – A Case Study In Sohag Region, Egypt".*** The 3rd International Conference on Water Resources and Arid Environments and the 1st Arab Water Forum

Ahmed, M. (1996) **"*Lineament as groundwater exploration guides in hard-rock terranes of arid regions*"**, Canadian Journal of Remote Sensing, Vol. 22, No.1

Bobba AG, Bukata RP, Jerome, JH (1992) ***"Digitally processed satellite data as a tool in detecting potential groundwater flow systems"***, Journal of Hydrology 131(1-4):25-62

El-Naqa, A. Hammouri, N. Ibrahim, Kh. El-Taj, M. (2009) **"*Integrated Approach for Groundwater Exploration in Wadi Araba Using Remote Sensing and GIS*"**. Jordan Journal of Civil Engineering, Volume 3, No. 3

Floyd, F. (1999) ***"Remote sensing for mineral exploration",*** Remote Sensing Enterprises, Ore Geology Reviews 157–183, 1724 Celeste Lane, Fullerton, CA 92833, USA

Hossam, H. Atef, A. (2011) ***"QaddahGroundwater potentiality mapping in the Sinai Peninsula, Egypt",*** using remote sensing and GIS-watershed-based modelingSpringer-Verlag-Hydrogeology Journal ,613–628

Kamaraju Mvv, Bhattacharya A, Reddy GS, Reddy GS, Rao GC, Murthy GS, Rao TCM (1995) ***"Groundwater potential evaluation of west Godavari District, Andhra Pradesh State, India – A GIS approach"***, Groundwater 34(2):318-325

Khairul, A. Juhari M, A. Ibrahim, A. (2000) ***"Groundwater prediction potential zone in Langat basin using the integration of RS and GIS",*** Proceedings ACRS

Krishnamurthy, J. Venkatesa Kumar, N. Jayaraman, V. Manivel, M. (1884) **"*An approach to demarcate ground water potential zones through remote sensing and a geographical information system".*** International Journal of Remote Sensing, 7

Krishnamurty, J. Arul Mani, M. Jayaraman, V. Manivel, M. (1997) "***Selection of sites for artificial recharge towards groundwater development of water resources in***

India", Proceeding 18th Asian Conf. on Remote Sensing, Kuala Lumpur, 20–24 October

Krishnamurthy, J. Mani, A. Jayaraman, V. Manivel, M. (2000) ***"Groundwater resources development in hard rock terrain an approach using remote sensing and GIS techniques".*** JAG, Vol 2,Issue 3/4 pp. 204-215

Longley PA, Brooks SM, McDonnell R, Macmillan B (eds) (1998) Geocomputation: A Primer, John Wiley & Sons Ltd., Chichester, pp. 290

Mashael Al Saud (2010) ***"Mapping potential areas for groundwater storage in Wadi Aurnah Basin, western Arabian Peninsula, using remote sensing and geographic information system techniques"***, Hydrogeology Journal (2010) 18: 1481-1495

Mohd Nadun, S. smail Maarof, I. osmadi Ghazali, R. (2010) ***"Sustainable Groundwater Potential Zone Using Remote Sensing and GIS",*** 6th International Colloquium on Signal Processing & Its Applications (CSPA)

Moutaz, D. (2001) ***"The role of remote sensing in detecting active and fresh faulting zones case study: Northwest of Syria, Al-Ghab Graben complex"***, 5p , General Organization for Remote Sensing (GORS), Damascus, Syria

Musa KA, Akhir JM, Abdullah I (2000) ***"Groundwater prediction potential zone in Langat Basin using the integration of remote sensing and GIS"***, www.GISdevelopmant.net (accessed on July 24, 2003)

Oganesh Babu, M. (2010) ***"Demarcation of groundwater recharge potential zones for Tiruppurblock using GIS".*** Journal of Soil and Water Conservation, Vol. 9, No. 3, pp 154-158

Parizek, R. (2001) ***"On the nature and significance of fracture trace and ineaments in carbonates and other terrains: In karst Hydrology and water resources",*** roceedings of the U.S. Yugoslavian Symposium

Parizek, R. (2002) "***Nature and hydrologic significance of fracture traces lineaments, and fracture zones related to ground water monitoring"***. U.S.E.P.A. Office of Research and Development Environment. Environmental Monitoring Systems. Technical document CR813660-01-0, 165 pp

Pinder GF (2002) ***"Groundwater Modeling Using Geographical Information Systems"***, John Wiley & Sons, New York, pp. 248

Rampal KK, Roa KVG (1989) ***"Groundwater targeting using digitally enhanced imagery"***, www.GISdevelopment.net (accessed on July 24, 2003)

Ranjbar, H. Honarmand, M. Moezifar, Z. (2004) ***"Application of the Crosta technique for porphyry copper alteration mapping, using ETM data in the southern part of the Iranian volcanic sedimentary belt"*,** Journal of Asian earth Sciences, 7p , Department of Mining Engineering, Shahid Bahonar University of Kerman

Sander, P. (2007) ***"Lineaments in groundwater exploration: a review of applications and limitations".*** Hydrogeology Journal 71–74

Sarf, A. Choudury, P. (1998) ***"integrated remote sensing and GIS for groundwater exploration and identification of artificial recharge sites",*** International Journal of remote sensing 19(10): 1825-1841

Senser, E. Davraz, A. Ozcelik, M. (2004**)** ***"an integration of GIS and remote sensing in groundwater investigations: a case study in Burdur, Turkey",***
International Journal of hydrogeology 13: 826-834

Sener, E. Davraz, A. Ozcelik, M. (2005) ***"An integration of GIS and remote sensing in groundwater investigations: A case study in Burdur",*** TurkeySpringer-Verlag -Hydrogeology Journal , 13:826–834

Sikder PK, Chakraborty S, Adhya E, Paul PK (2004) ***"Land use/land cover changes and groundwater potential zoning in and around Raniganj coal mining area, Bardhaman District, West Bengal: A GIS and remote sensing approach"***, Journal of Spatial Hydrology 4(2): 1-24

Tapley, B. Bettadpur, S. Ries, J. Thompson, P. Watkins, M. (2004) ***"Grace measurements of mass variability in the earth system",*** Science 305: 503-505

Watkins DW, McKinney DC, Maidment DR, Lin MD (1996) ***"Use of geographic information system in groundwater flow modeling"***, Journal of Water Resources Planning and Management, ASCE 122(2):88-96

Abstract:

Application of satellite image processing and information layer integration in Geological Information System has been increased in most of the studies in earth science. There have been performed such studies with application of remote sensing in some fields like as underground water exploration and landfill studies. However, the majority of these studies were used in karstic or lithic media rather than in porous media with sediments cover. The Bastam drainage regoin is among the most water demanded area in Notheast part of Iran, Shahrood, that many geophysical studies have been performed there. However, none of those studies have been used remote sensing technique as a tool for underground water exploration. In this study, this technique is used in geological information system for that purpose.

In this study, some needed information, like as satellite image, digital topography and geology maps were obtained from different sources. Then, conventional processing steps, like as false color composite generation, band relating images, principal component analysis and image filtration have been performed on the data. Then, relating parameter to the target of the study have been extracted from the results. These parameters are lithology and sediment units, lineaments like as fractures and faults, topography and botanic cover of the area. These parameters were obtained as information layers.

Then these information layers were used for layer integration by different methods. These layers were weighted according to their importance for the purpose of the study. To obtain the map of the intrinsic unites and to define the best method for obtaining such units, sum weighting method, phases methods like as gamma, algebraic multiplication and algebraic summation. The result of these methods obtained the map of intrinsic units for underground water exploration.

In the final step, information from several wells were used for model verification. The results shows that 95% of the wells were drilled in those units. This study proves application of remote sensing technique for underground water exploration.

Key words:

Bastam drainage basin, Ground water resources, Remote sensing, Information layers, Geographic Information System, Weighted overlay method, Fuzzy method, Potential mapping

Shahrood
University of Technology

Faculty of Mining, Petroleum and Geophysics

A predictive GIS model for potential mapping of ground water resources in Bastam drainage basin

Alireza Malekian

Supervisor:
Dr. Hamid Aghajani

Advisor:
Dr. Parviz Ziaeian

March 2012