دانشکده: علوم زمین

گروه زمین شناسی زیست محیطی و آبشناسی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد- آبشناسی

مکانیابی محل مناسب تغذیه مصنوعی در شهرستان شاهرود

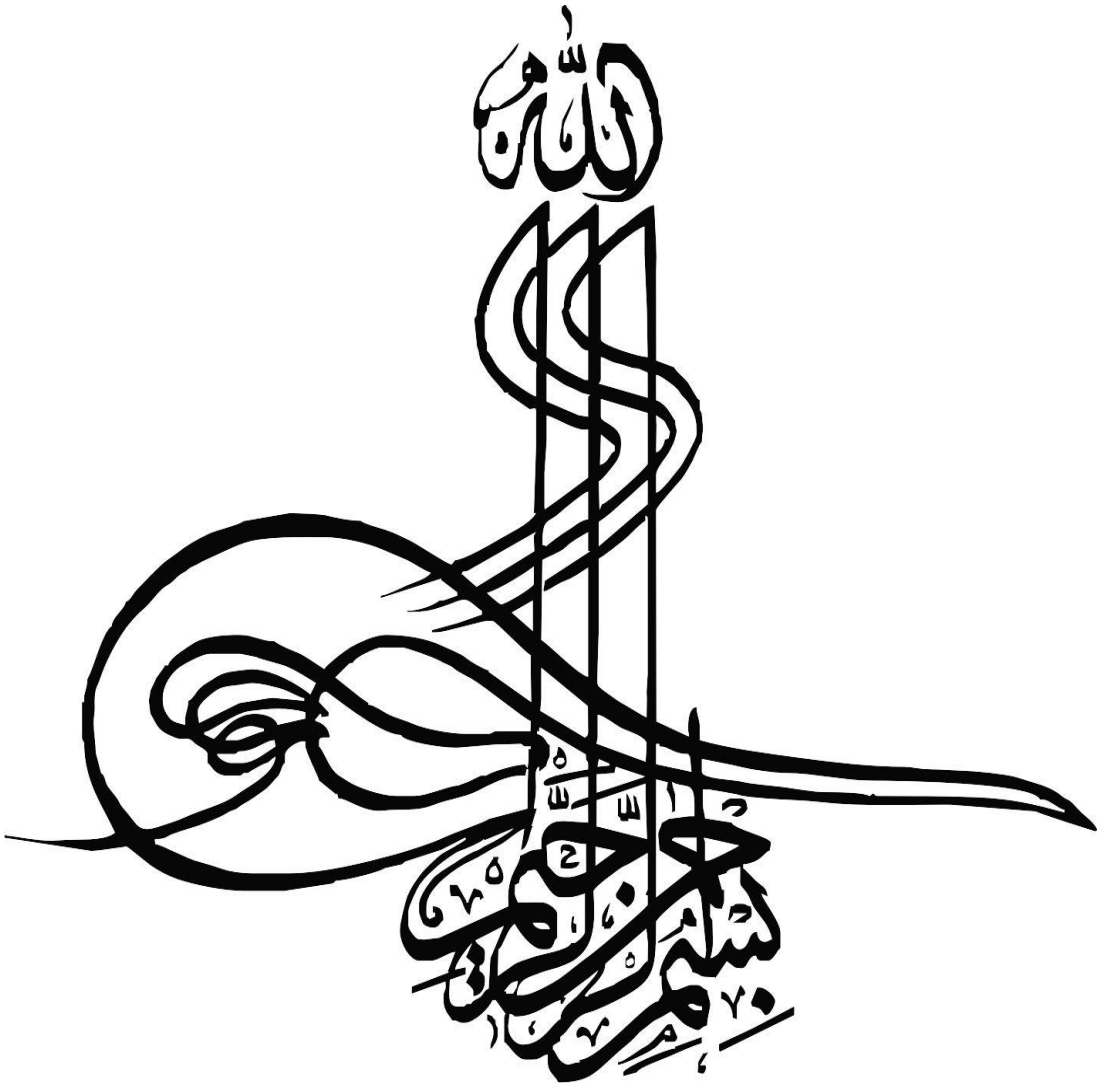
دانشجو: فاطمه ابراهیمی

اساتید راهنما:

دکتر غلامحسین کرمی

دکتر ناصر حافظی مقدس

اسفند ماه ۱۳۸۹


الله
بسم الله الرحمن الرحيم

شماره : ۹۰/م/۱۹۸۹ ۲
تاریخ : ۲۸/ ۱۲/ ۹۰
ویرایش :

بسمه تعالی

مدیریت تحصیلات تکمیلی
فرم شماره (۶)

فرم صورت جلسه دفاع پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد خانم **فاطمه ابراهیمی** دانشجوی رشته **زمین‌شناسی** گرایش **آبشناسی** تحت عنوان « مکانیابی محل مناسب تغذیه مصنوعی در شهرستان شاهرود » که در تاریخ ۸۹/ ۱۲/۲۴ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح زیر ست :

قبول (با درجه : عالی ☑) دفاع مجدد ☐ مردود ☐

۱ـ عالی (۲۰ ـ ۱۸)
۲ـ بسیار خوب (۱۷/۹۹ ـ ۱۶)
۳ـ خوب (۱۵/۹۹ ـ ۱۴)
۴ـ قابل قبول (۱۳/۹۹ ـ ۱۲)

a) عضو هیأت داوران	نام ونام خانوادگی	مرتبهٔ علمی	امضاء
۱ـ اساتیدراهنما	دکتر غلامحسین کرمی دکتر ناصر حافظی مقدس	استادیار دانشیار	
۲ـ نماینده شورای تحصیلات تکمیلی	دکتر فرج ... فردوست	استادیار	
۳ـ استاد ممتحن	دکتر کاظمی	استادیار	
۴ ـ استاد ممتحن	دکتر اژدری	استادیار	

تأیید رئیس دانشکده :

تقدیم به

پدر و مادرم عزیزم

آنان که تجلی آرزوهایشان را در

موفقیت فرزندان خود می دانند

تشکر و قدردانی

اکنون که به لطف و عنایت الهی، کار نگارش و تدوین این تحقیق به اتمام رسیده است، بر خود لازم می دانم که در ابتدا از محبت های پدر و مادرم که محیطی آرام جهت رشد و تربیت من فراهم نمودند سپاسگذاری نمایم و از زحمات بی دریغ و بی شائبه اساتید راهنمایم جناب آقایان دکتر کرمی و دکتر حافظی که در تهیه و تکمیل این پروژه راهنمایی های بسیار زیادی نمودند، کمال تقدیر و تشکر را داشته باشم. هم چنین از سرکار خانم

عطیه معتدر کارشناس ارشد معدن که کمک های ارزنده ای نموده اند و بخصوص دوستان عزیزم سرکار خانم مهندس رقیه خسروی، مهندس مهدا نصرالله زاده و مهندس زهرا حیدریان نیز نهایت تشکر و قدردانی را دارم. در ادامه لازم می دانم از مساعدت و همکاری سازمان فضایی ایران، اداره آب منطقه ای شهرستان شاهرود، اداره محیط زیست و آبخیزداری استان سمنان و تهران و سایر مراکز در خصوص جمع آوری اطلاعات و داده های مربوطه نهایت تشکر و قدردانی را داشته باشم.

سپاسم برایتان بی پایان و کلامم ناتمام

اسفند ۱۳۸۹

فاطمه ابراهیمی

لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

۱. ابراهیمی، ف.، کرمی، غ.، حافظی مقدس، ن (۱۳۸۹)، مکانیابی محل مناسب تغذیه مصنوعی در شهرستان شاهرود، چهارمین همایش و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست.
۲. ابراهیمی، ف.، کرمی، غ .، حافظی مقدس، ن (۱۳۸۹)، مکانیابی تغذیه مصنوعی با هدف تقویت قنات‌های شهرستان شاهرود، چهاردهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران.
۳. ابراهیمی، ف.، کرمی، غ.، حافظی مقدس، ن (۱۳۸۹)، به کارگیری روش سلسله مراتبی تحلیلی (AHP) در مکانیابی تغذیه مصنوعی در شهرستان شاهرود، اولین کنفرانس ملی ژئوماتیک نوین در خدمت جامعه.
٤. ابراهیمی، ف.، کرمی، غ.، حافظی مقدس، ن (۱۳۸۹)، انتخاب محل مناسب تغذیه مصنوعی در شهرستان شاهرود با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و روش (AHP)، هجدهمین همایش و نمایشگاه ملی ژئوماتیک ۹۰ .

تعهد نامه

اینجانب ..... دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته .....

دانشکده ..... دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه .....

با راهنمایی ..... تحت راهنمائی ..... 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 ۸۹/۱۲/۲۳

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.

* متن این صفحه نیز باید در ابتدای نسخه های تکثیر شده پایان نامه وجود داشته باشد .

چکیده

تغذیه مصنوعی به عنوان یکی از روشهای تقویت سفره‌های آب زیرزمینی و حفاظت از منابع آب شناخته می‌شود. با توجه به موقعیت جغرافیایی ایران و واقع شدن در روی کمربند خشک و بیابانی جهان، کمبود آب همواره به عنوان معضلی اساسی در اکثر مناطق کشور محسوب می‌شود. شهرستان شاهرود از جمله مناطقی است که با توجه به افزایش فعالیتهای کشاورزی و مصارف دیگر، بیلان منابع آبی آن منفی می‌باشد و نیاز به تقویت منابع آب زیرزمینی دارد. در این مطالعه از فناوری GIS برای مکانیابی اجرای طرح‌های تغذیه مصنوعی استفاده شده است. برای این منظور از پارامترهای شیب، کاربری اراضی، فاصله از آبراهه‌ها، بافت خاک، لیتولوژی و عمق سطح ایستابی استفاده شده است. سپس لایه‌های اطلاعاتی مربوط به این پارامترها به روش (AHP) وزن دهی شدند. سرانجام با تلفیق و همپوشانی لایه‌ها، نقشه پهنه‌های مناسب جهت اجرای طرح‌های تغذیه مصنوعی حاصل گردید. پس از آن مناطق پیشنهادی بر اساس پارامترهای اقتصادی همچون دسترسی به جاده، نزدیکی به رودخانه‌های سیلابی و قرار نگرفتن در کاربری‌های نامناسب و غیره اولویت‌بندی شدند. بر این اساس۱۴ محدوده جهت اجرای طرح‌های تغذیه مصنوعی در سطح شهرستان پیشنهاد گردید. با بررسی تصاویر ماهواره‌ای این مناطق مناسب‌ترین پهنه‌ها جهت اجرای پروژه‌های تغذیه مصنوعی در ۲۱ کیلومتری شرق بیارجمند، ۳ کیلومتری شمال شرق ترود، ۱۸ کیلومتری شرق عباس‌آباد، غرب روستای تلخاب و محدوده واقع در حوالی روستای احمدآباد مشخص گردید.

کلمات کلیدی: مکانیابی، تغذیه مصنوعی، سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، شهرستان شاهرود، روش سلسله مراتبی تحلیلی (AHP).

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول: مقدمه ۱
۱-۱- بیان مساله و هدف از انجام تحقیق ۱
۱-۲- موقعیت جغرافیایی منطقه ۱
۱-۳- آب و هوای منطقه ۲
۱-۴- هیدرولوژی منطقه ۱
۱-۵- هیدروژئولوژی منطقه ۶
۱-۶- معرفی طرحهای تغذیه مصنوعی اجرا شده در سطح شهرستان ۸
فصل دوم : مروری بر مطالعات مکانیابی طرحهای تغذیه مصنوعی ۱۰
۲-۱- محدودیت منابع آب ایران ۱۰
۲-۲- تغذیه مصنوعی آبهای زیرزمینی ۱۱
۲-۲-۱- اهداف پروژههای تغذیه مصنوعی ۱۲
۲-۲-۲- روشهای تغذیه مصنوعی ۱۲
۲-۲-۳- مروری بر تاریخچه تغذیه مصنوعی ۱۴
۲-۳- مکانیابی محل مناسب برای تغذیه مصنوعی ۱۵
۲-۳-۱- مروری بر مطالعات خارجی ۱۵
۲-۳-۲- مروری بر مطالعات انجام شده در داخل کشور ۱۹
فصل سوم: ویژگیهای منطقه مطالعاتی ۲۴
۳-۱- مقدمه ۲۴
۳-۲- آب و هوای منطقه ۲۴
۳-۳- زمین شناسی منطقه ۳۱
۳-۳-۱- چینه شناسی عمومی ۳۱
۳-۳-۲- زمین شناسی ساختمانی ۴۰
۳-۳-۳- تکامل زمین شناختی و حرکات کوهزایی ۴۳
فصل چهارم: مکانیابی محل مناسب تغذیه مصنوعی ۴۴
۴-۱- مقدمه ۴۴
۴-۲- روش انجام مطالعات ۴۴
۴-۳- مدلهای همپوشانی لایه های اطلاعاتی ۵۱
۴-۴-انتخاب پارامترهای موثر در مکانیابی طرح های تغذیه مصنوعی ۵۳
۴-۴-۱- لایه واحدهای سنگی نامناسب ۵۴
۴-۴-۲- شیب ۵۵
۴-۴-۳- بافت خاک ۵۷
۴-۴-۴- فاصله از آبراهه ها ۵۸
۴-۴-۵- سنگ شناسی ۶۰
۴-۴-۶- کاربری اراضی ۶۱
۴-۴-۷- عمق سطح ایستابی ۶۳

۴-۵- تلفیق لایه های اطلاعاتی ۶۵
۴-۶- اولویت بندی نواحی انتخابی ۶۸
۴-۶-۱- فاصله از رودخانه ها ۶۸
۴-۶-۲- فاصله از جاده ۶۹
۴-۶-۳- ارزش زمین ۷۱
۴-۷- مقایسه نقشه استعدادداری با موقعیت طرحهای تغذیه مصنوعی اجرا شده ۸۰
فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادها ۸۳
۵-۱- نتیجه گیری ۸۳
۵-۲- پیشنهادها ۸۴
مراجع ۸۶

..

فهرست شکل‌ها

شکل ۱-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه ۲
شکل ۱-۲- رودخانه ها و کالهای مهم شهرستان شاهرود ۵
شکل ۳-۱- نقشه زمین شناسی بخشی از شهرستان (برگرفته از نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ گرگان) ۳۶
شکل ۳-۲- نقشه گسل های منطقه (برگرفته از اداره آب منطقه ای شاهرود) ۴۲
شکل ۴-۱- مراحل مدلسازی تعیین میزان شایستگی مناطق برای تغذیه مصنوعی ۴۵
شکل ۴-۲- نمایش گرافیکی هدف، معیارها و گزینه های انتخابی در مقایسه زوجی ۵۰
شکل۴-۳- لایه واحدهای سنگی نامناسب ۵۵
شکل ۴-۴- لایه شیب توپوگرافی ۵۶
شکل ۴-۵- لایه بافت خاک ۵۷
شکل ۴-۶- لایه فاصله از آبراهه های مرتبه بزرگتر از سه ۵۹
شکل۴-۷- لایه سنگ شناسی منطقه ۶۱
شکل ۴-۸- لایه کاربری اراضی ۶۲
شکل ۴-۹- لایه عمق سطح آب زیرزمینی ۶۴
شکل ۴-۱۰- نواحی انتخابی برای پروژه های تغذیه مصنوعی در شهرستان شاهرود ۶۷
شکل ۴-۱۱- لایه فاصله از رودخانه ۶۹
شکل ۴- ۱۲- لایه فاصله از جاده ۷۰
شکل۴-۱۳- لایه ارزش زمین ۷۱
شکل ۴-۱۴- نواحی مناسب بدست آمده از پارامترهای اقتصادی ۷۳
شکل ۴-۱۵- تصویر نواحی انتخابی در Google Earth ۷۴
شکل ۴-۱۶- لایه نواحی مناسب بعد از اعمال پارامترهای اقتصادی ۷۵
شکل ۴-۱۷- تصویر هوایی محدوده هفتم ۷۷
شکل ۴-۱۸- تصویر هوایی محدوده نهم ۷۸
شکل ۴-۱۹- تصویر هوایی محدوده یازدهم ۷۸
شکل ۴-۲۰- تصویر هوایی محدوده دوازدهم ۷۹
شکل ۴-۲۱- تصویر هوایی محدوده سیزدهم ۸۰
شکل ۴-۲۲- موقعیت طرحهای تغذیه مصنوعی اجرا شده در شهرستان ۸۱

فهرست جداول

جدول ۱-۱- آمار سی ساله ایستگاه سینوپتیک شاهرود ۳
جدول ۱-۲- طبقه بندی اقلیمی دمارتن ۳
جدول ۱-۳- دشتها و مساحت آنها در شهرستان شاهرود ۷
جدول ۱-۴- آبخوانهای سازند سخت شهرستان شاهرود (اداره محیط زیست سمنان) ۷
جدول ۱-۵- مشخصات طرحهای تغذیه مصنوعی اجرا شده در شهرستان ۸
جدول ۱-۶- سایر طرحهای اجرا شده برای مهار سیلاب در شهرستان ۹
جدول ۲-۱- طبقه بندی روشهای مختلف تغدیه مصنوعی ۱۳
جدول ۳-۱- ویژگیهای آماری بارندگیهای سالانه ایستگاههای هواشناسی ۲۵
جدول۳-۲- میزان بارندگی فصلی و درصد آن در ایستگاههای هواشناسی ۲۶
جدول ۳- ۳- بارندگی ماهانه ایستگاههای شاهرود ۲۷
جدول ۳- ۴- اطلاعات سالانه پارامترهای دما در ایستگاههای دماسنجی ۲۷
جدول ۳-۵- میانگین دمای هوا در فصول مختلف سال در شهرستان شاهرود ۲۸
جدول ۳-۶- میانگین ماهانه حداقل دما در شبکه دماسنجی استان سمنان ۲۸
جدول ۳-۷- میانگین ماهانه حداکثر دما در شبکه دماسنجی استان سمنان ۲۹
جدول ۳-۸- میانگین ماهانه دما در شبکه دماسنجی استان سمنان ۲۹
جدول ۳-۹- میانگین جمع تبخیر در ایستگاههای تبخیر سنجی ۳۰
جدول ۴-۱- مقادیر ترجیحات برای مقایسه های زوجی بین پارامترها ۵۰
جدول۴-۲- طبقه بندی شیب توپوگرافی و نمره های مربوطه ۵۶
جدول ۴-۳- طبقه بندی بافت خاک و نمره های مربوطه ۵۸
جدول ۴-۴- فاصله از آبراهه و نمره های مربوطه ۵۹
جدول ۴-۵- طبقه بندی لیتولوژی و نمره های مربوطه ۶۰
جدول ۴-۶- طبقه بندی کاربری اراضی و نمره های مربوطه ۶۳
جدول ۴-۷- طبقه بندی عمق آب زیرزمینی و نمره های مربوطه ۶۴
جدول ۴-۸ - وزن نسبی معیارها نسبت به یکدیگر ۶۵
جدول ۴- ۹- تقسیم بندی امتیاز ها در ۵ گروه ۶۶
جدول ۴-۱۰- طبقه بندی فاصله از رودخانه و نمره های مربوطه ۶۸
جدول ۴-۱۱- طبقه بندی فاصله از جاده و نمره های مربوطه ۷۰
جدول ۴-۱۲- طبقه بندی لایه ارزش زمین و نمره های مربوطه ۷۲
جدول ۴-۱۳- وزن نسبی پارامترهای اقتصادی نسبت به یکدیگر ۷۲
جدول ۴-۱۴- خصوصیات مناطق انتخابی برای تغذیه مصنوعی آب های زیرزمینی ۷۶

فصل اول: مقدمه

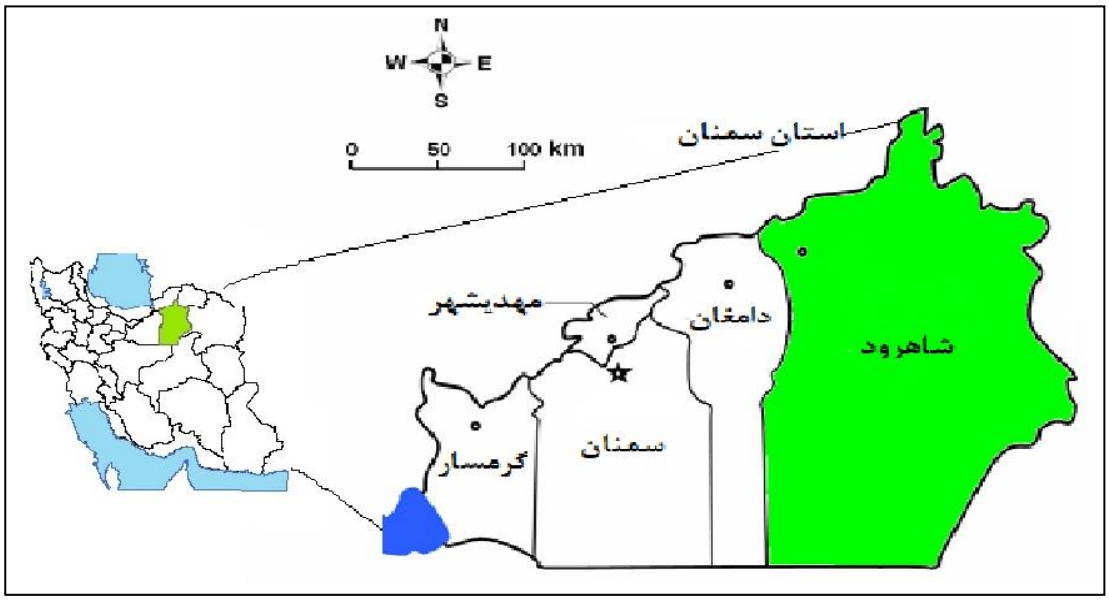
۱-۱- بیان مساله و هدف از انجام تحقیق

شهرستان شاهرود به مرکزیت شهر شاهرود پهناورترین شهرستان استان سمنان و کشور می‌باشد. غالب منابع آب در این شهرستان در دشت شاهرود و حوضه بسطام و مجن می‌باشد. تخلیه از این منابع به صورت چاه‌های عمیق و نیمه عمیق، قنات و چشمه صورت می‌گیرد که حجم قابل ملاحظه‌ای آب جهت مصارف کشاورزی از آن استحصال می‌شود. در این منطقه، با توجه به برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی، آبخوان‌ها به طور قابل توجهی با کسری مخزن روبرو هستند. علی‌رغم اجرای پروژه‌های تغذیه مصنوعی نظیر پخش سیلاب و بندهای تغذیه‌ای، تاکنون مطالعه و تحقیق جامعی پیرامون تقویت و تغذیه منابع آب زیرزمینی و به عبارتی بهتر تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها در سطح شهرستان شاهرود صورت نگرفته است. بنابراین، هدف از انجام این تحقیق مکانیابی عرصه‌های مناسب برای تغذیه مصنوعی در این شهرستان می‌باشد که برای این منظور از روش‌های مکانیابی با کمک سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در محدوده مطالعاتی استفاده شده است.

۱-۲- موقعیت جغرافیایی منطقه

شهرستان شاهرود با وسعت ۵۱۴۱۹ کیلومتر مربع پهناورترین شهرستان استان سمنان و پهناورترین شهرستان کشور می‌باشد. این شهرستان با مختصات جغرافیایی ۵۴ درجه و ۳۰ دقیقه تا

۵۵ درجه طول شرقی و ۳۶ درجه تا ۳۶ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی در بخش شرق استان سمنان واقع شده است (شکل ۱-۱).



شکل ۱-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه

۱-۳- آب و هوای منطقه

شهرستان شاهرود به علت داشتن وسعت زیاد دارای تنوع آب و هوایی از گرم و خشک تا سرد و نیمه مرطوب می‌باشد و به همین خاطر به آن قاره کوچک نیز می‌گویند. به منظور برررسی آب و هوا و اقلیم منطقه مورد مطالعه از آمار و اطلاعات هواشناسی ایستگاه سینوپتیک شاهرود استفاده گردیده است. جدول (۱-۱) میانگین بارندگی و درجه حرارت سالانه ایستگاه سینوپتیک شاهرود را برای دوره آماری ۳۰ ساله (۱۳۸۷-۱۳۵۸) نشان می‌دهد. بر اساس اطلاعات مندرج در جدول مذکور ملاحظه می‌شود. متوسط درجه حرارت سالانه ۱۴/۸درجه سانتیگراد و میانگین بارش سالانه شهر شاهرود در حدود ۱۶۷/۶ میلی‌متر می‌باشد. منطقه مورد مطالعه بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی دمارتن دارای ضریب خشکی کوچکتر از ۱۰ است و در گروه آب و هوای خشک قرار می‌گیرد. دمارتن جهت تعیین اقلیم رابطه زیر را پیشنهاد نموده است (علیزاده ۱۳۸۱):

$$I = \frac{P}{T + 10} \qquad (۱-۱)$$

که در این رابطه P میانگین بارندگی سالانه (میلی‌متر) و T متوسط دمای سالانه (درجه سانتیگراد) می باشد. بر اساس طبقه‌بندی دمارتن ۶ نوع آب و هوا معرفی شده است (جدول ۱-۲).

جدول ۱-۱- آمار سی ساله ایستگاه سینوپتیک شاهرود

سال آماری	متوسط دمای سالانه (°C)	میانگین بارش سالانه (mm)	سال آماری	متوسط دمای سالانه (°C)	میانگین بارش سالانه (mm)
1358	14/9	207/6	1373	15	110/9
1359	13/8	201/7	1374	14/6	227/8
1360	15/4	141/2	1375	14/9	92/8
1361	13/6	198/4	1376	15/3	157/5
1362	14/2	96	1377	16/3	138/7
1363	13/7	183/7	1378	15/1	139/1
1364	14/5	78/7	1379	15/9	126/9
1365	13/9	184	1380	16/4	90/3
1366	14/6	177/7	1381	15/6	162/7
1367	14/5	161/9	1382	15/5	174/8
1368	14/5	148/9	1383	15/2	180/4
1369	12/8	285/5	1384	15/9	97/3
1370	13/9	279/6	1385	15/9	168
1371	12/8	258/5	1386	14/8	216/1
1372	13/6	227/7	1387	16/3	112/4

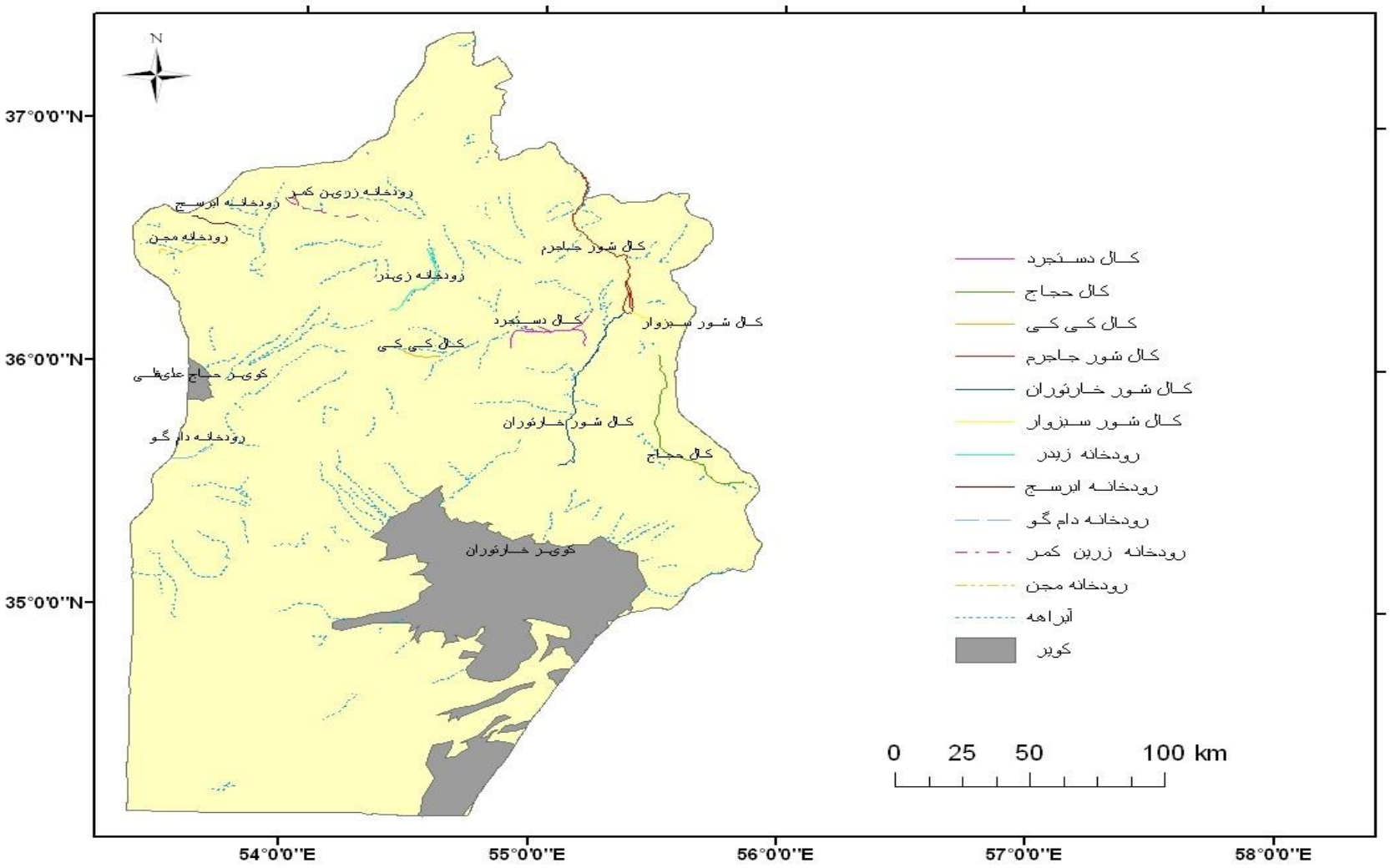
جدول ۱-۲- طبقه بندی اقلیمی دمارتن

نام اقلیم	محدوده ضریب خشکی دمارتن (I)
خشک	کوچکتر از ۱۰
نیمه خشک	۱۰ تا ۱۹/۹
مدیترانه ای	۲۰ تا ۲۳/۹
نیمه مرطوب	۲۴ تا ۲۷/۹
مرطوب	۲۸ تا ۳۴/۹
بسیار مرطوب	بزرگتر از ۳۵

1-4- هیدرولوژی منطقه

این شهرستان عمدتا شامل کویر و دشت‌های سیلابی بوده و تنها دارای تعداد معدودی رودخانه دائمی در حوضه بسطام می‌باشد که از چشمه‌های حوضه‌های مجن، فرحزاد، تاش و ذوب برفهای دامنه جنوبی شاهکوه تامین می‌شود و جریانات سطحی آنها غالباً به سوی کویر مرکزی روانه می شود. بخش محدودی از این شهرستان در حوضه آبریز شمالی که شامل بخشهای محدودی از سرشاخه‌های گرگان‌رود می‌باشد قرار دارد. اکثر رودخانه‌های دائمی در شمال بسطام و مجن در دامنه جنوبی ارتفاعات شاهکوه جاری هستند که در مجموع رودخانه مجن را تشکیل می‌دهند که بعد از عبور از دشت شاهرود به سوی کویر حاج علیقلی سرازیر می‌شود. بخش وسیعی از شهرستان شاهرود را سرشاخه‌های حوضه آبگیر خارتوران تشکیل داده و رودخانه اصلی آن کال خارتوران میباشد که با عبور از مسیرهای کویری و کوهستانی به کویر خارتوران ختم می‌شود.

سایر مسیل‌های اصلی منطقه مطالعاتی شامل کال میامی، کال دستجرد، کالهای حجاج و صبری، و داورزن- فرومد می‌باشد. این حوضه با آبراهه‌های طولانی و اراضی هموار با شیب ملایم جز کم باران‌ترین مناطق استان سمنان می‌باشد. منطقه مطالعاتی ترود واقع در حاشیه کویر مرکزی نیز فاقد رودخانه دائمی می‌باشد (شکل۱-۲).



شکل ۱-۲- رودخانه ها و کال‌های مهم شهرستان شاهرود

۱-۵- هیدروژئولوژی منطقه

در شهرستان شاهرود، آبخوانهای آبرفتی و کارستی متعددی وجود دارد، که متاثر از جنس سنگهای مخزن و نوع رسوبات و حجم تغذیه مخازن، پتانسیل‌های کمی و کیفی متفاوتی دارند.

الف- آبخوانهای آبرفتی

کرمی و همکاران (۱۳۸۸) در ارزیابی منابع آب شهرستان شاهرود ذکر کرده است که به طور کلی ۱۴ دشت در سطح شهرستان وجود دارد که دشت ترود با مساحت ۲۶۸۶ کیلومتر مربع به عنوان بزرگترین و دشت مجن با مساحت ۱۴۰ کیلومتر مربع به عنوان کوچکترین دشت در شهرستان معرفی شدند (جدول ۱-۳). تخلیه آب زیرزمینی در شهرستان شاهرود در حدود ۵۴۵ میلیون متر مکعب می‌باشد که توسط چاهها، قناتها و چشمه‌ها برای مصارف مختلف از جمله کشاورزی، شرب و صنعت استخراج می‌شود. عمده تخلیه آب زیرزمینی در دشت‌های شاهرود، بسطام و میامی می‌باشد که تخلیه اصلی از طریق چاهها صورت می‌گیرد.

ب-آبخوانهای کارستی

از مهمترین آبخوانهای کارستی در منطقه می‌توان به کوههای تپال در غرب شاهرود، کوههای برفکه در شمال مجن، کوههای میامی و قبله در جنوب میامی، کوههای ملحدو در جنوب شرق بیارجمند و کوههای هیزومی و کهنه‌کدو در جنوب احمد آباد خارتوران اشاره نمود. در جدول شماره (۱-۴) سازندهای سخت آبخوان‌ساز و منابع آب مهم سرچشمه گرفته از آن مشخص شده است. به طور کلی تمرکز منابع آبی در این شهرستان بیشتر مربوط به دشت شـاهرود و حوضه بسطام و مجن می‌باشد که تخلیه از این منابع اغلب از طریق چاههای عمیق و نیمه عمیق، قنات و چشمه صورت می‌گیرد.

جدول ۱-۳- دشتها و مساحت آنها در شهرستان شاهرود (Karami et al. ۲۰۰۹)

دشت	مساحت (km^2)
شاهرود	**٤٧٢/٣**
میامی	**٥٤٤**
بسطام	**٢٠١/٩**
بیارجمند	**٢٧٤/٨**
چاه جم	**١٠٥**
مزج وجیلان	**٣٨٥**
ترود	**٣٤٣٤**
عباس آباد	**٧٣٨**
فرومد	**٣٤٧**
کالپوش	**٢٠٤**
مجن	**١٤٠**
احمد آباد	**٤٠٠**
زمان آباد	**١٣٠**
سالم آباد	**٨٥**

جدول شماره ۱-۴- آبخوان‌های سازند سخت شهرستان شاهرود (اداره محیط زیست سمنان)

محدوده مطالعاتی	سازند های آبخوان ساز	منابع آب اصلی
بسطام	۱- سازند لار و آهکهای کرتاسه ۲- ماسه سنگهای فجن و شمشک وسنگهای ولکانیکی	۱- چاه های آهکی صحرای جلالی و چشمه های تاش و فرحزاد ۲- چشمه های حوضه ابرسج و ..
میامی	آهکهای کارستیک کرتاسه کوه میامی	تغذیه زیرزمینی دشت میامی
بیارجمند	آهکهای کرتاسه	تغذیه زیرزمینی دشتهای بیارجمند و چشمه قناتهای گیور و درزیان
کویر خارتوران	آهکهای کرتاسه	چشمه هیزمی

۱-۶- معرفی طرح‌های تغذیه مصنوعی اجرا شده در سطح شهرستان

شهرستان شاهرود با داشتن اقلیم خشک، همواره دچار کمبود آب بوده است و به ویژه در سالهای اخیر به علت افزایش کشاورزی این نیاز بیشتر احساس می‌شود. به همین منظور طرح‌های تغذیه مصنوعی برای تقویت سفره‌های زیرزمینی در برخی نقاط این شهرستان اجرا و به مرحله بهره‌برداری رسیده است. از این جمله می‌توان به طرح‌های تغذیه مصنوعی زیدر، انجیرو، آب مرجان، ارمیان، زیراستاق و .... اشاره کرد. در جدول‌های (۱-۵) و (۱-۶) به طور مختصر مشخصات هر یک از این طرح‌ها آورده شده است.

جدول ۱-۵- مشخصات طرح‌های تغذیه مصنوعی اجرا شده در شهرستان

نام پروژه	نام دشت	هدف	طول جغرافیایی (Utm)	عرض جغرافیایی (Utm)	نام رودخانه	سال اجرا
پخش سیلاب کی کی	بیارجمند	کنترل سیلاب	۳۷۵۴۲	۳۹۹۲۲۲	کی کی	۱۳۷۸
تغذیه مصنوعی زیدر	میامی	تغذیه	۳۸۸۶۱۰	۴۰۳۱۶۰۹	زیدر	۱۳۷۵
تغذیه مصنوعی انجیرو	میامی	تغذیه	۳۷۶۹۳۴	۴۰۲۹۹۳۹	انجیرو	۱۳۷۳
تغذیه مصنوعی آب مرجان	میامی	تغذیه	۳۷۲۳۲۱	۴۰۲۹۵۷۲	آب مرجان	۱۳۸۳
تغذیه مصنوعی ارمیان	میامی	تغذیه	۳۶۲۲۰۵	۴۰۲۹۱۱۴	ارمیان	۱۳۸۵
تغذیه مصنوعی زیر استاق	شاهرود	تغذیه	۳۱۳۸۲۹	۴۰۲۶۴۴۹	تپال ۲	۱۳۷۷
تغذیه مصنوعی نعیم آباد	بسطام	تغذیه	۳۰۳۶۵۵	۴۰۳۷۵۶۸	مجن	۱۳۸۷
تغذیه مصنوعی تپال ۲	شاهرود	تغذیه	۳۱۲۸۷۷	۴۰۳۰۲۹۱	نعل شکنان	۱۳۸۴
تغذیه مصنوعی تیزهوشان	شاهرود	تغذیه	۳۱۳۱۴۷	۴۰۳۲۵۱۷	تپال ۲و نعل شکنان	۱۳۸۴
بند انحرافی نکارمن	بسطام	بهبود آبگیری	۳۰۵۲۸۹	۴۰۴۵۶۲۴	نکارمن	۱۳۸۰
بند انحرافی استادژ	بسطام	بهبود آبگیری	۳۰۹۹۴۶	۴۰۴۸۴۷۴	آب استاش	۱۳۸۰
بند انحرافی میقان	بسطام	بهبود آبگیری	۳۱۷۸۰۷	۴۰۵۴۱۷۵	میغان	۱۳۸۱
بند انحرافی مجن	بسطام	بهبود آبگیری	۲۸۹۴۱۱	۴۰۳۹۳۴۵	مجن	۱۳۸۵

جدول ۱-۶- سایر طرح‌های اجرا شده برای مهار سیلاب در شهرستان

نـــام	محل اجرا	هـــــدف	عرض جغرافیایی (Utm)	طول‌جغرافیایی (Utm)	سال اجرا
بند خاکی شماره ۲ نردپن	حوضه نردین	کاهش خسارات سیلاب و تغذیه مصنوعی	۴۰۹۸۱۰۲	۳۸۶۲۴۰	۱۳۸۶
بند خاکی شماره ۳ نردپن	حوضه نردین	کاهش خسارات سیلاب و تغذیه مصنوعی	۴۰۹۷۴۲۸/۴	۳۸۵۹۱۰	۱۳۸۶
بند خاکی زیر حوزه نردپن	حوضه نردین	کاهش خسارات سیلاب و تغذیه مصنوعی	۴۱۰۹۴۱۰/۲	۳۹۱۲۰۵	۱۳۸۶
بند خاکی زیرحوزه نردپن	حوضه نردین	کاهش خسارات سیلاب و تغذیه مصنوعی	۴۱۰۶۸۸۰/۶	۳۹۱۳۷۰	۱۳۸۶
بند خاکی قدس	حوضه میامی	کنترل سیلاب و تغذیه قنات و	۴۰۲۱۶۱۴/۹	۳۵۸۳۳۷	۱۳۸۸
بیارجمند واحد فیزیوگرافی شماره (۱)	حوضه بیارجمند	کنترل سیلاب به جاده و روستای قلعه بالا و خان‌خودی	۳۹۸۶۹۸۸/۸	۴۰۷۸۹۵	۱۳۸۷
بیارجمند واحد فیزیوگرافی شماره (۲)	حوضه بیارجمند	کنترل سیلاب به جاده و روستای قلعه بالا و خان‌خودی	۳۹۸۵۶۹۶/۴	۴۱۰۷۱۰	۱۳۸۷
بیارجمند واحد فیزیوگرافی شماره (۳)	حوضه بیارجمند	کنترل سیلاب به جاده و روستای قلعه بالا و خان‌خودی	۳۹۸۶۶۵۳/۱۳	۴۰۷۵۹۱	۱۳۸۷
بند خاکی حجاج	بالادست‌روستای‌حجاج	تقویت قنات و کاهش خسارات سیلاب	۳۹۳۴۹۰۱/۳	۴۹۹۷۴۸	۱۳۸۸
تورکینست جیلان	بالا دست چشمه	کنترل سیلاب و افزیش آبدهی چشمه و تغذیه مصنوعی	۴۰۵۷۵۰۵/۱	۳۷۱۳۱۸	۱۳۸۴

فصل دوم : مروری بر مطالعات مکانیابی طرح‌های تغذیه مصنوعی

۲-۱- محدودیت منابع آب ایران

کشور ما بر روی کره زمین در بین مدارهای ۲۵ درجه و ۳۹ درجه شمالی واقع شده که بخش عمده آن در منطقه حدود مدار ۳۰ درجه (منطقه پر فشار) قرار گرفته است، لذا دارای اقلیم خشک و نیمه خشک می‌باشد. در تقسیم بندی اقلیم، ۸۵٪ از مساحت ایران را نواحی فرا خشک و خشک بیابانی و تنها ۱۰٪ دارای آب و هوای نیمه مرطوب و مرطوب می‌باشد. کشور ایران، با این که ۱/۱ درصد از مساحت خشکیهای جهان را به خود اختصاص داده، فقط ۰/۳۴ درصد از آبهای موجود در خشکیهای جهان را در اختیار دارد. بارندگی در ایران دارای توزیع مناسبی از نظر مکانی و زمانی نیست به طوریکه اکثر بارشها در نواحی کوهستانی و در فصل زمستان و پاییز روی می‌دهند درست زمانی که نیاز چندانی به آب برای فعالیتهای کشاورزی نیست.

از طرفی به علت طبیعت پرشیب مناطق کوهستانی جریانهای ناشی از بارندگی در این مناطق به سرعت به طرف نقاط خروجی حوضه آبگیر حرکت نموده و از دسترس خارج می‌شوند. در گذشته برداشت از منابع آب زیرزمینی محدود به چشمه‌ها، قنات‌ها و چاههای دستی بود اما امروزه با دستیابی به تکنولوژی حفر چاههای عمیق، برداشت از منابع آب زیرزمینی افزایش یافته است به طوریکه سهولت دستیابی به منابع آب زیرزمینی باعث پایین رفتن سطح ایستابی، کاهش ذخیره مخزن و تغییر کیفیت

یا آلوده شدن آبخوان شده است. افت سطح آب در اکثر دشتهای مرکزی باعث خشک شدن اغلب قناتها شده و هم‌اکنون بسیاری از دشتهای کشور با افت مستمر سطح آب زیرزمینی و خشک شدن چاههای بهره‌برداری مواجه‌اند و علی‌رغم محدودیت‌های برداشت در بعضی از نقاط همچنان بیلان منفی آب در آبخوان‌های کشور ادامه دارد (سپند ۱۳۸۶).

تحقیقات نشان می‌دهد علت کاهش منابع آب زیرزمینی تنها برداشت بی‌رویه از این منابع نیست بلکه در مواردی کاهش تغذیه طبیعی در حوضه‌های آبگیر در اثر از بین رفتن پوشش گیاهی به علت چرای بی‌رویه و قطع درختان به‌وسیله انسان، گسترش شهرها، جاده‌های ارتباطی، تاسیسات، کارخانه‌ها و غیره در مخروط‌افکنه رودخانه‌ها جزء عوامل تشدید کننده هستند (سرزعیم ۱۳۷۴).

۲-۲- تغذیه مصنوعی آبهای زیرزمینی

تغذیه آبهای زیرزمینی به دو صورت طبیعی و مصنوعی صورت می‌گیرد. تغذیه طبیعی یک منطقه به صورت نفوذ آب‌های حاصل از نزولات جوی به داخل زمین، نفوذ از طریق بستر جویبارها و رودخانه‌ها و یا از طریق جریانهای زیرزمینی صورت می‌گیرد. از آنجا که ذخایر آبی عامل اصلی توسعه یک منطقه می‌باشد و از طرفی دخیره طبیعی در بسیاری از مناطق خصوصاً در نواحی سخت سنگی به علت کافی نبودن تخلخل و پایین بودن نفوذپذیری واحدهای لیتولوژیکی و به دنبال آن نفوذ کمتر آب نمی‌تواند جوابگوی نیازهای کشاورزی و شرب باشد، گرایش به تغذیه آبهای زیرزمینی در این مناطق افزایش یافته است.

از زمانی که لزوم اداره کردن منابع آب در چارچوب حوضه‌های بزرگ طبیعی آشکار شد، مفهوم تغذیه مصنوعی سفره‌ها نیز بوجود آمد. تغذیه مصنوعی بطور خلاصه عبارتست از وارد کردن آب به سازند نفوذپذیر به‌منظور استفاده مجدد از آن با رژیم و کیفیتی متفاوت (Bize 1972).

۲-۲-۱- اهداف پروژه‌های تغذیه مصنوعی

پروژه‌های تغذیه مصنوعی از جمله پروژه‌های چندمنظوره می‌باشند که با اجرای آنها ممکن است یک یا چند هدف مورد توجه قرار گیرد که مهمترین آنها عبارتند از:

۱- اضافه کردن و یا ثابت نگه داشتن ذخیره آب زیرزمینی به عنوان یک منبع اقتصادی
۲- تنظیم و یکنواخت کردن آب سطحی
۳- جلوگیری از نفوذ آبهای شور به داخل سفره‌های آب شیرین
۴- کاهش و یا جلوگیری از نشست زمین در اثر برداشت بی رویه آب زیرزمینی
۵- ذخیره آب در زیرزمین جهت استفاده در محل و یا انتقال آن به مناطق دیگر
۶- استخراج انرژی بر اثر آب گرم و یا آب سرد
۷- توزیع زیرزمینی آب در یک منطقه برای توسعه چاههای حفاری
۸- روش مطمئن جهت تصفیه و ذخیره سازی پساب ها و فاضلابها برای استفاده مجدد
۹- جلوگیری از پایین افتادن گسترده سطح آب زیرزمینی
۱۰- کنترل کیفیت آب (تنظیم درجه حرارت و پالایش باکتری ها)

اهدف تغذیه مصنوعی بسته به موقعیت مکانی این طرح‌ها متفاوت است، به طور مثال در قاره اروپا تغییر دادن کیفیت آب و بهینه‌سازی رژیم بهـره‌برداری آب و در قاره آمریکا محافظت در مقـابل اختلال‌های ایجاد شده و افزایش منابع آبی هدف‌های اصلی تغذیه مصنوعی می‌باشند و در کشور ما احیای تعادل به هم‌خورده آبخوانها و افزایش منابع آبی از جمله اهداف این پروژه‌ها می‌باشند (سرزعیم ۱۳۷۴).

۲-۲-۲- روش‌های تغذیه مصنوعی

تغذیه مصنوعی به روشهای مختلفی انجام می‌گیرد که انتخاب هر روش به عواملی مثل منبع تامین آب، کیفیت آب، نوع لایه آبدار، شرایط توپوگرافی و زمین شناسی، نوع خاک و شرایط اقتصادی بستگی دارد (صداقت ۱۳۷۲). این روشها به طور کلی به دو گروه روش‌های تغذیه مستقیم و غیر مستقیم تقسیم می‌شوند (جدول ۲-۱).

الف- روش‌های تغذیه مستقیم

در این روش جریان مستقیماً وارد سفره می‌شود و تاسیسات آن مستقیماً در آبخوان قرار می‌گیرند .

ب- تغذیه غیر مستقیم

در روش تغذیه غیرمستقیم با ایجاد فرصت نفوذ، جریان آب از طریق لایه خشک بالای سفره و اشباع نمودن آن وارد سفره می‌شود تاسیسات تغذیه در این روش در سطح زمین قرار می‌گیرند. تغذیه غیر مستقیم به دو صورت تزریق واداری و اصلاح آبخوان اجرا می‌شود.

جدول ۲-۱- طبقه بندی روشهای مختلف تغذیه مصنوعی

تغذیه مصنوعی (Artificial Recharge)	تغذیه مستقیم	روش های مستقیم سطحی (Direct surface methods)	پخش سیلاب (Flooding or flood spreading)
			حوضچه ها و مخازن ذخیره (Basins or percolation tanks)
			اصلاح کانال جریان (Stream augmentation)
			جوی و پشته (Ditch and furrow system)
			آبیاری مازاد (Over irrigation)
			احداث سدهای تغذیه ای (Recharge dams)
			آبیاری غرقابی
		روش های مستقیم زیرسطحی (Direct sub-surface techniques)	چاههای تغذیه یا چاههای تزریق (Injection wells or recharge wells)
			روزنه ها و گودال های تغذیه (Recharge pite and shafts)
			چاههای دستی (Dug well recharge)
			گودال های طبیعی و کنده شده مصنوعی (Natural opening, cavity filling)
			گالریهای زیرسطحی (Subsurface galleries)
			نوارهای سنگریزه ای (Rock filling)
	تغذیه غیر مستقیم		تغذیه واداری

منبع: Todd,1980 و قزل سوخلو ۱۳۸۶

۲-۲-۳- مروری بر تاریخچه تغذیه مصنوعی

از قرون گذشته ایرانیان، مصریان و چینی‌ها برای احیای چاه‌ها و قنات‌های خود از روش‌های تغذیه مصنوعی بهره می‌جستند. در طی دهه‌های اخیر آمریکا در تلاش برای مبارزه با کمبود آب مطالعات گسترده‌ای را برای تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی انجام دادند. امروزه تغذیه مصنوعی در کشورهای مختلف قاره‌های آسیا، آفریقا و استرالیا توسعه یافته است (سرزعیم ۱۳۷۴). ۳۱ درصد کل آب شرب در کشور آلمان و ۱۵ درصد کل آب شرب کشورهای هلند و سوئد از طریق تغذیه مصنوعی بدست می‌آید.
در ایران تکنیک استفاده از آب زیرزمینی سابقه ۲ هزار ساله دارد همچنین پخش سیلاب و تقویت آب قنوات نیز از دوره‌های گذشته در کشور ما انجام می‌گرفته است. اما سابقه اجرای این طرح‌ها به شکل جدید به بعد از سال ۱۳۴۸ می‌رسد. اولین طرح های تغذیه مصنوعی در ایران به شکل متداول امروزی از سال ۱۳۴۹ در دشت ورامین آغاز شد و متعاقب آن مطالعات طرح‌های دشت قزوین، گرمسار، تبریز، گرگان، جهرم و دشت ناز ساری نیز انجام گرفت (سرزعیم ۱۳۷۴). هم اکنون طرح‌های تغذیه مصنوعی در بسیاری از نقاط ایران مطالعه، اجرا و مورد بهره‌برداری قرار گرفته است. به طور کلی طرح‌های تغذیه مصنوعی اجرا شده در سطح کشور را می‌توان به دو دوره زمانی بین ۱۳۴۸ تا ۱۳۶۵ و بعد از ۱۳۶۵ تقسیم کرد.

الف- طرح‌های دوره اول: این طرح‌ها توسط متخصصان خارجی مطالعه شده و عمدتاً برای بهره‌گیری از آبهای سطحی نسبتاً دائمی و در جوار شبکه‌های بزرگ آبیاری و زهکشی به صورت حوضچه‌های نفوذ واداری احداث شده‌اند. از جمله این طرح‌ها می توان به طرح‌های تغذیه مصنوعی دشت ورامین، گرمسار و قزوین اشاره کرد.

ب- *طرح های دوره دوم*: طرح‌های دوره دوم توسط متخصصان داخلی و از سال ۱۳۶۵ به بعد در کشور اجرا شدند و اساساً برای بهره‌گیری از آب مسیلها و رودخانه‌های فصلی و در مناطق مرکزی اجرا شدند از جمله این طرح‌ها به طرحهای تغذیه مصنوعی استانهای سمنان، زنجان، هرمزگان و آذربایجان و همینطور طرح گربایگان فسا می‌توان اشاره نمود.

۲-۳- مکانیابی محل مناسب برای تغذیه مصنوعی

موفقیت طرح‌های تغذیه مصنوعی تابع معیارهای چون طراحی و نگهداری آن می‌باشد اولین گام در این زمینه انتخاب محل و یا آبخوان مناسب جهت اجرای طرح می باشد (کردوانی۱۳۷۴ ، هاشمی ۱۳۸۲ و Schuh 1990). برای شناخت مکان‌های مناسب برای پخش سیلاب و تغذیه مصنوعی آبهای زیرزمینی لازم است عوامل موثر را شناسایی و از آنها به صورت شاخص‌هایی جهت تعیین محل‌های مستعد استفاده کرد. عوامل موثر در گزینش محل مناسب برای تغذیه مصنوعی متعددند به طور مثال می‌توان به نقش موثر عواملی چون شاخص‌های اقلیمی، شاخص‌های مورفومتریک، شاخص‌های سیلاب، شاخص‌های خاک و زمین ساختاری و شاخص‌های اقتصادی و اجتماعی اشاره کرد (حکمت پور و همکاران ۱۳۸۴).

با توجه به اینکه استفاده از تمامی این شاخص ها در مطالعات مربوط به مکانیابی مقدور نیست بنابراین انتخاب این شاخص‌ها با توجه به نوع، میزان اهمیت هر عامل، هدف، مقیاس مطالعاتی، شرایط منطقه و در دسترس بودن اطلاعات انجام می‌شود.

۲-۳-۱- مروری بر مطالعات خارجی

کریشنامورتی و همکاران (Krishnamurthy *et al.* 1996)، از روش‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در پهنه‌بندی مناطق مناسب جهت اجرای طرح‌های تغذیه مصنوعی استفاده کردند و برای این منظور از هفت معیار زمین‌شناسی، شکل زمین، تراکم زهکشی، انواع خاک، شیب، خطواره‌ها، پیکره‌های آبی استفاده کردند. سرف و چودهاری (Saraf and Choudhury 1998) برای مکانیابی محل‌های تغذیه مصنوعی از لایه‌های اطلاعاتی کاربری اراضی، پوشش گیاهی، ژئومورفولوژی و زمین‌شناسی استفاده کردند. الانگو و اریکات (Elango and Arrikkat 1998) در تحقیقی جهت شناسایی مکان‌های تغذیه مصنوعی در رابطه با زیر حوضه‌های انگور (Ongur) در جنوب هند، از لایه های موضوعی مرتبط با تغذیه مصنوعی در محیط نرم افزاری GIS و همینطور داده‌های مربوط به

Remote Sensing برای این منظور بهره برده و به این نتیجه رسیدند که داده‌های سنجش از دور وآنالیزهای هم‌پوشانی GIS یک روش قدرتمند و کاربردی برای شناسایی محل‌های تغذیه مصنوعی ایجاد می‌کند. سرف و همکاران (Saraf *et al.* 2001) جهت تخمین تغذیه آب زیرزمینی و انتخاب محل‌های تغذیه مصنوعی از پارامترهای زمین شناسی، ژئومورفولوژی، خاک و شیب استفاده نمودند و برای همپوشانی از روش Boolean استفاده نمودند. مناطق مناسب در این روش برای تغذیه مصنوعی شامل مناطقی با شیب ۲- ۵٪، کانال‌های پرشده و دشت‌های آبرفتی خاک‌های گراولی و آبرفتی، مناطق با رودخانه‌های مرتبه دو و یا سه و مناطقی با پوشش‌های ماسه، سیلت و رس می‌باشند که بر این اساس کانال‌های پرشده و دشت‌های سیلابی به عنوان مناطق مناسب تشخیص داده شدند.

وسانتاکوماران و همکاران (Vasanthakumaran *et al.* 2002)، در تحقیقی تحت عنوان استفاده از GIS و RS برای مکانیابی محل تغذیه مصنوعی آب زیرزمینی در منطقه سنگی در جنوب هند از لایه‌های اطلاعاتی خاک، خطواره و تراکم زهکشی استفاده کردند.

راملینگام و سانتاکومار (Ramlingam and Santhakumar 2002)، در تحقیقی در ارتباط با مکانیابی تغذیه مصنوعی با کمک GIS و RS در منطقه تامیل نادوا (Tamil Nadu) در هند از سه معیار زمین شناسی (خاک، شیب، کاربری اراضی، تراکم خطواره، عمق زون هوازده)، ژئومورفولوژی (تراکم زهکشی و خطوط هم‌رواناب) و هیدرولوژی (عمق سنگ بستر، نوسانات سطح ایستابی وکیفیت آب) به عنوان شاخص‌های موثر در مکانیابی استفاده کرده‌اند. داس (Das 2002) از چهار پارامتر ژئومورفولوژی، کاربری‌اراضی، خصوصیات زهکشی و خطواره‌ها برای مکانیابی محل تغذیه مصنوعی در نواحی سخت سنگی در شرق هند استفاده کرده است. وی بهترین مناطق برای این منظور را دشت‌های مدفون، مناطق با شیب کم، سیستم شکستگی‌های به هم متصل و عمیق و مواد هوازده کانال‌های پرشده معرفی می‌کند. وی معیارهای انتخاب محل تغذیه را شامل وجود منبعی برای تامین آب، خصوصیات شیمیایی و فیزیکی و بیولوژیکی آب تغذیه، وجود سازند مناسب برای تغذیه، سازند با نفوذپذیری و ضخامت بالا، مجاورت محل تغذیه با مخروط افت یک چاه، متفاوت بودن سطح آب آبخوان و محل تغذیه معرفی

نموده و از پارامترهای تراکم زهکشی، خطواره‌ها و مطالعات هیدروژئومورفیک برای توسعه آب زیرزمینی در نواحی سنگی استفاده کرده است

آنبازاگان و راماسامی (Anbazhagan and Ramasamy 2005) برای مطالعه تغذیه مصنوعی بر پایه تکنولوژی GIS and RS از پارامترهای زمین شناسی، ژئومورفولوژی و لیتولوژی زیرسطحی برای تهیه لایه‌های اطلاعاتی شیب، تراکم زهکشی، نوع چین‌خوردگی، کنتاکت سنگ- خاک و شرایط زمین شناسی زیرسطحی استفاده نموده و سپس زون‌هایی با تراکم بالای خطواره، خاک‌های نفوذپذیر، شیب ملایم تا صفر، تراکم زهکشی پایین، سنگ بستر عمیق، سطح ایستابی عمیق و زون‌های شکسته و هوازده را به عنوان مناطق مناسب برای تغذیه مصنوعی معرفی می‌نماید.

آنبازاگان و همکاران (Anbazhagan *et al.* 2005) برای مطالعه تغذیه مصنوعی و تخمین رواناب در منطقه تامیل نادوا (Tamil Nadu) هند از معیارهای اساسی زمین‌شناسی، ژئوموفولوژی، زمین‌شناسی زیرسطحی و هیدروژئولوژی برای ساختن نقشه‌های لیتولوژی لایه نفوذپذیر و نفوذناپذیر، کنتاکت سنگ– خاک، تراکم خطواره، ژئومورفولوژی، کاربری اراضی، نوسانات سطح آب، عمق سنگ بستر و ضخامت خاک استفاده کردند. وی مخروط‌افکنه‌ها و دشت‌های سیلابی را به عنوان مناطق مناسب جهت تغذیه مصنوعی معرفی می‌نماید.

شانکار و موهان (Shankar and Mohan 2005)، از پارامترهای الگوی زهکشی، شیب، تراکم زهکشی، تراکم خطواره، نوسانات سطح‌ایستابی و کاربری‌اراضی برای شناسایی محل‌های تغذیه مصنوعی در ایالت آتشفشانی داکا (Daccan) استفاده کردند. همچنین نوسانات سطح‌ایستابی، زمین‌شناسی و داده‌های هیدروژئومورفیکی را به عنوان شاخص‌های مهم درانتخاب محل تغذیه مصنوعی معرفی کردند.

بروون (Brown 2006)، در تحقیقی برای توسعه آبخوان، ذخیره و بازیافت آب (ASR) از چهار معیار زمین‌شناسی، هیدرولوژیکی، اکولوژیکی و زیرساختاری جهت مکانیابی سیستم‌های ASR استفاده نموده است. وی در این تحقیق به فاکتورهای معرفی شده توسط دانشگاه Oklahoma در بررسی‌های مکانیابی، از قبیل وجود منبع آب، نزدیکی به منبع، نفوذپذیری مواد در نزدیکی سطح، کیفیت آب منبع، کیفیت

آب در آبخوان و وجود آب اشاره نموده و بر این اساس فاکتورهای وجود آب برای سیستم‌های تغذیه، کیفیت آب منبع، فاصله از آب منبع، کاربری‌اراضی و مشکلات دسترسی(جاده ها...)، زیستگاه‌های حفاظت‌شده، محل تقاضا، وجود مصرف‌کننده، وجود برق و سهولت بهره‌برداری را به عنوان شاخص‌های مهم در انتخاب محل سیستم های ASR را معرفی می‌نماید. بر اساس این تحقیق فاکتورهای اجرایی ASR به خصوصیات فیزیکی و ذاتی آبخوان، شرایط مرزی در محل چاه، واکنش‌های ژئوشیمیایی بعد از تزریق آب و ملاحظات مکانی (نرخ و حجم تغذیه،کیفیت ونوع آب منبع، مدت ذخیره و طراحی چاه) وابسته است.

کالی (Kallai *et al*. 2006)، برای شناسایی مناطق تغذیه آبخوان با فاضلاب با کمک آنالیزهای چند منظوره GIS از سه معیار تکنیکی و فنی (شیب، بافت خاک، شوری خاک، زمین شناسی، عمق آبخوان)، زیست محیطی (فاصله از مناطق شهری و توریستی) و اقتصادی (هزینه پمپاژ و جابجایی) برای انتخاب محل بهره‌گرفته است. وی در این تحقیق به معرفی شرایط مناطق مناسب برای تغذیه مصنوعی پرداخته و عنوان می‌کند که این مناطق باید دارای شیب صفر تا ۱۲٪ ، شوری خاک کمتر از mmhos/cm ۴، خاک‌های با نفوذ پذیری کافی، عمق آبخوان و سطح ایستابی حداقل ۵ متر و بافت خاک با رس کم باشند. وی از مدل منطق Boolean جهت وزن‌دهی و هم‌پوشانی لایه‌ها استفاده کرده است.

داس (Das 2006) از فاکتورهای ژئومورفولوژی، خطواره‌ها، تراکم زهکشی و کاربری اراضی در مقاله‌ای با عنوان توسعه منابع آب زیرزمینی از طریق تغذیه مصنوعی با کمک GIS and RS استفاده کرده است. وی معیارهای انتخاب محل تغذیه مصنوعی را شامل وجود منبع آب، خصوصیات هیدرولوژیکی، شیمیایی و فیزیکی مناسب آب، وجود سازند زمین‌شناسی مناسب برای تغذیه، وجود سازند با نفوذپذیری و ضخامت بالا، مجاور بودن محل تغذیه به مخروط افت یک چاه و متفاوت بودن سطح آب آبخوان و محل تغذیه می‌داند و در نهایت محل کانال‌های پرشده، دشت‌های مدفون با ضخامت بیش از ۲۰ متر، شکستگی‌های به هم متصل (Interconnect) و عمیق، مناطق کشاورزی، محل تقاطع کانال

های پرشده با خطواره‌ها و گذرگاه‌های تنگ را به عنوان نقاط هدف جهت اجرای پروژه‌های تغذیه مصنوعی معرفی می‌کند.

دارشدیپ (Darshdeep 2008) در تحقیقی تحت عنوان شناسایی محل‌های برداشت آب در آبگیر سوانخاد (Soankhad) از پارامترهای نرخ نفوذ، شیب، نوع خاک و کاربری اراضی جهت ساخت نقشه های کاربری اراضی، شیب، زهکشی، بافر و گروه‌های هیدروژئولوژیکی خاک استفاده کرده است. نامبرده نهایتا مناطقی دارای شیب کمتر از ۵٪ ، خاک‌های لای سیلتی- لای رسی ماسه‌ای، زمین بایر و بستر رودخانه‌ها را به عنوان بهترین مناطق جهت اجرای پروژه‌های تغذیه مصنوعی معرفی نموده و سپس با ارزیابی روشهای مختلف تغذیه مصنوعی روش حوضچه نفوذ را نیز به عنوان بهترین تکنیک تغذیه مصنوعی معرفی می‌نماید.

۲-۳-۲- مروری بر مطالعات انجام شده در داخل کشور

زهتابیان و همکاران (۱۳۷۹) در مطالعات خود در حوضه طاقرود، از هیدروژئولوژی، خاک‌شناسی، ژئومورفولوژی و شیب به عنوان پارامترهای مورد نظر جهت مطالعات تغذیه مصنوعی استفاده نموده و سپس از مدل‌های منطق بولین و فازی و همچنین هم‌پوشانی شاخص وزنی جهت تلفیق لایه‌ها بهره برده و در نهایت به معرفی مناطق مناسب جهت تغذیه مصنوعی پرداخته است.

عبدی و امینی (۱۳۷۹) در مطالعه منابع آب زیرزمینی در مناطق خشک و نیمه‌خشک، از پارامترهای هیدروژئولوژیکی و ژئوفیزیکی برای ساخت لایه‌های اطلاعاتی مختلف جهت معرفی مکان‌های مناسب تغذیه مصنوعی در دشت زنجان استفاده نموده و در نهایت با کمک GIS محل‌های مناسب برای این منظور را معرفی نمودند. غیومیان (۱۳۸۲) در مکانیابی محل مناسب برای تغذیه مصنوعی در حوضه میمه اصفهان، از معیارهای هیدروژئولوژی، توپوگرافی و زمین‌شناسی سطحی برای ساخت لایه‌های شیب، نرخ نفوذ، ضخامت رسوب، کاربری اراضی و کیفیت آب استفاده نموده و بعد از وزن‌دهی به لایه‌ها با کمک مدل‌های فازی و بولین به معرفی مناطق مناسب برای تغذیه مصنوعی پرداخته است. همچنین

محقق در این مقاله به معرفی معیارهای لازم برای انتخاب محل پرداخته و معیارهای زمین شناسی، ژئومورفولوژی، خاک‌شناسی، هیدروژئولوژی زیرسطحی، پوشش‌گیاهی، شرایط اقتصادی و اجتماعی و اثرات زیست محیطی را به عنوان معیارهای مهم در انتخاب محل مناسب معرفی می‌کند.

نوری و همکاران (۱۳۸۲) از پارامترهای شیب، نفوذپذیری، ضخامت بخش غیر اشباع و کیفیت آب برای تعیین محل مناسب تغذیه مصنوعی استفاده کرده و بعد از ساخت لایه‌های مربوطه در محیط GIS و اعمال مدل‌های منطق بولین و فازی جهت وزن‌دهی و هم‌پوشانی لایه‌ها، مناطق مناسب جهت اجرای طرح‌های تغذیه مصنوعی را معرفی نمودند. مهدوی و همکاران در سال (۱۳۸۲) در مکانیابی محل‌های مناسب برای تغذیه مصنوعی آب زیرزمینی در جنوب اصفهان، از پارامترهای شیب، خاک، شبکه آبراهه و کاربری اراضی و اطلاعات اقلیمی استفاده نموده و سپس با تهیه لایه‌های فوق و هم‌پوشانی آنها اقدام به معرفی محل‌های مناسب برای این منظور نمودند.

مرید و همکاران (۱۳۸۳) در مطالعه انتخاب ساختگاه‌های تغذیه مصنوعی آب زیرزمینی با استفاده از تلفیق تحلیل‌های چند معیاره و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در شرق استان هرمزگان، بعد از ترسیم نقشه‌های شیب، ضریب قابلیت انتقال و شوری آب زیرزمینی، عمق آب زیرزمینی، فاصله از رودخانه و کاربری اراضی منطقه اقدام به مقایسه لایه‌ها با کمک فرایند تحلیل سلسله مراتبی (Analytical Hierarchy Process) کرده و سپس با ادغام و هم‌پوشانی لایه‌ها به معرفی مناطق مناسب تغذیه مصنوعی پرداخته است. کلانتری و جلالوند (۱۳۸۳) در مکان‌یابی محلهای مناسب برای تغذیه مصنوعی در شمال شوشتر، از پارامترهای عمق تا سطح ایستابی، شیب، لیتولوژی بخش غیراشباع، کاربری‌اراضی و شبکه آبراهه استفاده نموده و بعد از ساخت لایه‌های مربوطه و وزن‌دهی لایه‌ها نقشه مناطق مناسب برای اجرای طرح‌های تغذیه مصنوعی را معرفی نموده است. بصیری و همکاران (۱۳۸۴) در مطالعه مربوط به بررسی پتانسیل‌های بهره‌وری از سیلاب در استان خراسان شمالی، به شناسایی نهشته‌های کواترنری پرداخته و برای این منظور از تصاویر ماهواره‌ای، نقشه‌های زمین شناسی و قابلیت و ارزیابی اراضی استفاده نموده و از این طریق مخروط افکنه‌ها و نهشته‌های کواترنری را شناسایی کرده

و بعد از تفکیک اراضی با شیب کم و آبرفتی و همچنین دشت‌های دامنه‌ای با خطر سیل‌گیری بالا، نقشه اولیه مکان‌های مستعد پخش سیلاب و بهره‌وری از آن را تهیه کردند و بعد از بازدیدهای صحرایی نقشه نهایی را معرفی نمودند. حکمت‌پور و همکاران (۱۳۸۴) برای پهنه‌بندی مناطق مناسب برای تغذیه مصنوعی در دشت ورامین از پارامترهای شیب، نفوذپذیری سطحی، ضخامت آبرفت، توانایی انتقال آب در آبرفت و کیفیت آبرفت استفاده نموده و شاخص‌های اقلیمی، مورفومتریک، سیلاب، خاک‌شناسی، زمین ساختاری و شاخص‌های اقتصادی و اجتماعی را به عنوان عوامل موثر در مکانیابی معرفی می نماید.

محسنی‌سروری (۱۳۸۴) در مکانیابی محل مناسب برای تغذیه مصنوعی در حوضه گاوبندی، از پارامترهای شیب، نفوذ سطحی، ضخامت آبرفت، کیفیت آبرفت و کیفیت آب استفاده کرده و سپس با وزن‌دهی به لایه‌ها با کمک مدل‌های منطق بولین و فازی مناطق مناسب تغذیه مصنوعی را معرفی نموده است. امیری (۱۳۸۴) در مطالعه‌ای جهت تعیین محل مناسب برای تغذیه مصنوعی در نواحی خشک اصفهان، از پنج پارامتر کاربری‌اراضی، شیب، بافت خاک، رودخانه‌ها و آب و هوا استفاده نمودند و همچنین بعد از معرفی معیارهای انتخاب محل بهترین مناطق برای این منظور را شامل خاک‌های درشت‌دانه، خاک‌های آبرفتی، خاک‌هایی با بافت سنگلاخی، رودخانه و رودهای کوچک و بسترهای ماسه‌ای رودخانه‌های بهاری معرفی می‌نماید.

غیومیان (۱۳۸۴) در مطالعه‌ای جهت تعیین محل مناسب برای تغذیه مصنوعی در آبخوان ساحلی در جنوب ایران از پنج پارامتر شیب، نرخ نفوذ، عمق آب زیرزمینی، کیفیت رسوبات آبرفتی و کاربری اراضی برای مکانیابی بهره برده و با وزن‌دهی به لایه‌ها با کمک مدل‌های فازی و بولین اقدام به معرفی مناطق مناسب پرداخته و نهایتا مخروط افکنه‌های آبرفتی و سنگفرش‌ها یا دشت‌ها را به عنوان مناطق مناسب معرفی می‌نماید. آشوری پاشاکی (۱۳۸۵) از پارامترهای شیب، نرخ نفوذ، عمق آب زیرزمینی، کیفیت رسوبات آبرفتی و کاربری اراضی برای شناسایی محل مناسب تغذیه مصنوعی در حوضه پریشان استفاده نموده و سپس با وزن‌دهی به لایه‌ها به معرفی مناطق مناسب پرداخته است.

علیشیخی و همکاران (۱۳۸۶) در مطالعه‌ای جهت تعیین زمین مناسب برای پخش سیلاب با استفاده از اطلاعات مکانی، از شیب، استعداد و قابلیت زمین، زمین‌شناسی (واحدهای کواترنری) نرخ نفوذ، ضخامت آبرفت و کاربری اراضی به عنوان پارامترهای موثر در مکانیابی استفاده کرده و از مدل‌های منطق بولین و فازی برای وزن دهی لایه‌ها بهره برده‌اند.

پورطبری و همکاران (۱۳۸۶) در مکانیابی نواحی مستعد جهت اجرای طرح‌های تغذیه مصنوعی آبخوان در دشت هشتگرد با بررسی خصوصیات هیدروژئولوژیکی و هیدروشیمی آبخوان و معرفی آنها به عنوان معیارهای موثر در مکانیابی و تهیه لایه‌های اطلاعاتی مربوطه و آنالیز مکانی آنها، مناطقی که تمامی شرایط معیارهای ارائه شده را دارا می‌باشند جهت اجرای طرح‌های تغذیه مصنوعی گزینش نمودند.. شویدی و نوروزی (۱۳۸۶) جهت تعیین پهنه‌های مناسب برای تصفیه فاضلاب در دشت جمع آبرود، که با هدف شناخت عوامل مهم در طراحی فرایند تصفیه و ارزش‌گذاری هر عامل انجام گرفته از پارامترهای عمق خاک، نفوذپذیری، کاربری اراضی، عمق آب زیرزمینی و فاصله تا محل تولید فاضلاب استفاده نمودند. و در نهایت بعد از تهیه نقشه لایه‌های اطلاعاتی مربوط به هر عامل به کمک نرم افزار GIS و امتیازدهی و تلفیق نقشه‌ها به معرفی پهنه‌های مناسب برای تصفیه فاضلاب پرداختند.

امیری و یعقوبی (۱۳۸۶) در مطالعه ارزیابی عرصه پیشنهادی پخش سیلاب در علی آباد دمق- ملایر، کمیت و وضعیت شاخص‌های هیدرودینامیکی (نفوذپذیری و قابلییت انتقال)، هیدروشیمی (هدایت الکتریکی آب)، شیب توپوگرافی، لوگ رسوبی و ضخامت آبرفت درعرصه و سفره آب زیرزمینی را برای عرصه‌های پیشنهادی پخش سیلاب مورد توجه قرار داده و با استفاده از داده‌های بدست آمده عوامل محدود کننده پخش سیلاب در منطقه را شناسایی کردند. عطایی‌زاده (۱۳۸۷) در مطالعه امکان‌سنجی تغذیه مصنوعی در دشت میداود-دالون در استان خوزستان، با تهیه لایه‌های اطلاعاتی مختلف از قبیل گرادیان هیدرولیک، شیب، عمق تا سطح ایستابی، لیتولوژی بخش غیراشباع، محیط آبخوان، لیتولوژی سطحی و انجام آنالیزهای مکانی روی داده‌ها و همینطور اعمال روش Wighted Index Overlay جهت هم‌پوشانی لایه‌ها به معرفی زون‌های مناسب برای اجرای تغذیه مصنوعی پرداختند.

ابریشمی و همکاران (۱۳۸۸) در بررسی کاربرد تصاویر ماهواره‌ای در شناسایی مناطق مناسب جهت اجرای پروژه‌های آبخوان‌داری در دشت مشهد، به معرفی دو راهکار مستقیم و غیر مستقیم برای این منظور پرداخته است به طوری که در روش اول از اطلاعات پایه و نقشه‌های قدیمی برای شناسایی عرصه‌ها و سپس از تصاویر ماهواره‌ای برای ردیابی مناطق انتخابی استفاده کردند. در روش دوم با تهیه نقشه‌های ژئومورفولوژی، خاک‌شناسی، رطوبت خاک، پوشش گیاهی و کاربری اراضی با کمک تصاویر ماهواره‌ای و تلفیق اطلاعات حاصل از نقشه‌ها در محیط نرم افزاری GIS به معرفی بهترین واحدهای کاری جهت اجرای پروژه‌های آبخوان‌داری پرداختند.

با توجه به معیارهای مورد استفاده درتحقیقات فوق ملاحظه می‌کنیم بیشترین پارامترهای مورد استفاده در مکانیابی مناطق تغذیه مصنوعی شیب توپوگرافی، کاربری اراضی، تراکم زهکشی و ژئومورفولوژی، انواع خاک، ضخامت خاک و خطواره‌ها می‌باشند.

فصل سوم: ویژگی‌های منطقه مطالعاتی

۳-۱- مقدمه

در این فصل اختصاصات آب و هوایی و زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه که از جمله پارامترهای اساسی در گزینش پهنه‌های مناسب تغذیه مصنوعی و پخش سیلاب است به تفصیل مورد بررسی قرار گرفته است.

۳-۲- آب و هوای منطقه

در این بخش به معرفی ویژگی‌های اقلیمی و پتانسیل‌ها و محدودیت‌های ناشی از متغیرهای جوی و آب و هوایی در شهرستان پرداخته می‌شود که با کمک آمار بلند مدت جوی مربوط به ایستگاه‌های مستقر در نقاط مختلف شهرستان بدست آمده است. شبکه ایستگاه‌های موجود در منطقه شامل ایستگاه‌های سینوپتیک، ایستگاه‌های اقلیم‌شناسی (کلیماتولوژی)، ایستگاه‌های تبخیر سنجی، ایستگاه‌های باران سنجی معمولی و ذخیره‌ای می‌باشد.

الف- بارش‌ها

ریزش‌های جوی در مطالعات توسعه اقتصادی و اجتماعی از جایگاه بالایی برخوردار است، به ویژه در مناطقی مانند شهرستان شاهرود که میانگین ریزش‌های جوی سالانه آن کمتر از میانگین کشور بوده و در زمره مناطق خشک و نیمه خشک قرار دارد، اهمیت بیشتری می‌یابد. منشاء بارندگی‌های هر محل

تحت تاثیر مکانیزم‌های عمل‌کننده بر عرض‌های جغرافیایی است که منطقه را در بر می‌گیرند. به طور کلی موقعیت جغرافیایی هر محل میزان سهم دریافتی آن نقطه را از سیستم‌های باران‌زای موثر بر منطقه مشخص می‌سازد. بر اساس جدول (۳-۱) که بارندگی سالانه ایستگاه‌های هواشناسی را نمایش می‌دهد بارندگی سالانه از حداقل ۱۰۵ میلی‌متر در ترود تا حداکثر ۱۷۹/۵ میلی‌متر در شاهرود تغییر می‌کند.

همانگونه که از جدول مشاهده می‌شود اکثر ایستگاه‌ها دارای بارندگی سالانه کمتر از ۲۰۰ میلی‌متر هستند که با توجه به میانگین بارندگی سالانه کشور (حدود ۲۳۰ میلی‌متر)، شهرستان در زمره مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور قرار می‌گیرد. در حالی که بخش‌های وسیعی از جنوب شهرستان که در کنار کویر قرار دارند، دارای میانگین بارندگی سالانه کمتر از ۱۲۵ میلی‌متر و در بسیاری از نقاط کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر هستند که به لحاظ فقدان ایستگاه در این گونه مناطق، ماهیت بسیار خشک بودن آنها از نظر دور مانده است بر اساس این جدول حداکثر ثبت شده بارندگی سالانه ایستگاه‌های هواشناسی برابر با ۳۴۳/۲ میلی‌متر در ایستگاه شاهرود و حداقل بارندگی سالانه ایستگاه‌ها در ترود و برابر ۲۵/۳میلی‌متر بوده است (شرکت مهندسین مشاور فن‌آوران آب سازه، ۱۳۸۲).

جدول ۳-۱- ویژگی‌های آماری بارندگی‌های سالانه ایستگاه‌های هواشناسی

ایستگاه	میانگین	حداکثر	حداقل	انحراف معیار	ضریب تغییرات
شاهرود	۱۷۹/۵	۳۴۳/۲	۷۸/۶	۶۲/۵	۳۵/۲
فرومد	۱۳۶/۶	۲۰۸	۷۰	۴۰	۲۶
بسطام	۱۷۸/۲	۲۶۱	۸۴/۵	۴۲/۲	۲۳/۸
ترود	۱۰۵	۲۱۱/۱	۲۵/۳	۴۰/۱	۴۰/۲

در بررسی آمار بارندگی در سطح شهرستان، بارندگی زمستانه با ۴۶/۸ ٪ بیشترین سهم بارندگی‌های سالانه را داشته‌اند و پس از آن فصول بهار و پاییز با ۲۶/۲٪ و ۲۳/۱٪ قرار دارند و بارندگی تابستانه

حدود ۳/۹٪ بارندگی سالانه را به خود اختصاص داده است. ارقام مذکور توزیع منطقه‌ای بارندگی فصلی را نشان می‌دهد (جدول ۳-۲).

جدول۳-۲- میزان بارندگی فصلی و درصد آن در ایستگاه‌های هواشناسی

ایستگاه	پاییز		زمستان		بهار		تابستان	
	میزان بارندگی	%	میزان بارندگی	%	میزان بارندگی	%	میزان بارندگی	%
شاهرود	۴۲/۵	۲۳/۷	۷۶/۱	۴۲/۴	۵۴/۳	۳۰/۳	۶/۵	۳/۶
مجن	۵۱/۹	۲۵/۹	۸۷/۴	۴۳/۶	۵۰/۷	۲۵/۳	۱۰/۴	۵/۲
بسطام	۲۷/۱	۲۵/۸	۶۴/۹	۴۹/۳	۲۳/۷	۲۲/۵	۲/۵	۲/۴
ترود	۲۹/۱	۲۲/۹	۷۶/۵	۴۰/۲	۴۲	۳۳	۵/۸	۴/۶

بررسی بارندگی ماهانه ایستگاه‌های منطقه نشانگر این است که در اکثر ایستگاه‌های مورد بررسی بهمن پرباران‌ترین ماه سال محسوب شده و پس از آن فروردین در تعداد دیگری از ایستگاه‌ها پرباران‌ترین ماه سال محسوب می‌شود (جدول ۳-۳).

ب- درجه حرارت

میانگین سالانه دما مهمترین پارامتر اقلیمی دما می‌باشد که مستقیماً اندازه‌گیری نشده بلکه بر اساس میانگین‌گیری از حداقل و حداکثر دمایی بدست می‌آید. جدول شماره (۳-۴) مقدار میانگین سالانه دما را در ایستگاه‌های منطقه نشان می‌دهد که از ۱۰/۱ درجه سانتی‌گراد در مجن تا ۲۰/۶ درجه سانتی‌گراد در ناحیه ترود متغیر می‌باشد. بر اساس آمار مربوط به شبکه دما سنجی، ایستگاه هواشناسی بسطام و مجن با میانگین‌های دمای زمستانه ۰/۶ و۱/۳ داری سردترین زمستان‌ها و ایستگاه‌های شاهرود با ۱۲/۱ درجه سانتی‌گراد دارای گرم‌ترین زمستان‌ها در بین ایستگاه‌های هواشناسی می‌باشند (جدول۳-۵).

جدول ۳- ۳- بارندگی ماهانه ایستگاه‌های شاهرود

ایستگاه	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
شاهرود	۲/۳	۰/۷	۲۴/۲	۰/۵	۳۷/۴	۲۴/۵	۱۱/۱	۳/۹	۴/۶	۰/۴	۰	۲/۸	۱۱۲/۴
رویان	۲	۱	۲۶	۰	۴۴/۵	۹	۳۳	۳	۸	۰	۰	۱۸	۱۴۴/۵
خیج	۲۰/۵	۳	۱۹/۵	۰	۴۵	۱۲	۳۷	۰	۲۰/۵	۰	۰	۱۰	۱۶۷/۵
ابرسج	۲۳/۵	۱۲/۵	۴۵	۵	۳۴	۲۹	۵۵/۵	۵	۳۴	۰	۲۸/۵	۳۷	۳۰۹
مجن	۱۳/۵	۱۲/۵	۶۷/۲	۲۶	۶۶/۵	۳۶	۷۰/۵	۱۰	۳۷/۵	۰	۶/۵	۷۵/۵	۴۲۱/۷
ترود	۰	۱	۱۸/۵	۰	۱۵	۶/۵	۳۰	۴	۳	۰	۰	۰	۷۸
بسطام	۶/۶	۳	۲۵	۲	۴۶/۵	۳۳/۵	۴۰/۵	۴	۷/۵	۰	۱۰	۲۴	۲۰۲/۶
بیارجمند	۱/۵	۱۱	۲۱/۵	۰/۵	۴۴/۵	۶/۴	۳۳/۷	۳	۰/۳	۰	۰	۰/۶	۱۲۳
فرومد	۱	۷/۵	۱۷/۷	۰/۵	۳۵/۵	۲۶	۶۱/۶	۵	۱۵/۸	۰	۳/۵	۲	۱۷۶/۱
عباس آباد	۵/۴	۰	۷/۵	۲	۴۱/۳	۳/۷	۳۵/۸	۵/۲	۰	۰	۰	۱/۵	۱۰۲/۴
میامی	۲	۲/۵	۲۸	۷/۵	۵۸	۹/۵	۳۵/۵	۰	۰	۰	۰	۱۱/۵	۱۵۴/۵
تاش سفلی	۵۵	۵	۵۲/۵	۵	۶۴/۵	۲۷/۵	۵۰/۵	۱/۵	۱۳	۲/۵	۱۲/۵	۳۹	۳۲۸/۵

جدول ۳- ۴- اطلاعات سالانه پارامترهای دما در ایستگاه‌های دماسنجی

ایستگاه	ارتفاع	متوسط های سالانه دما			دمای مطلق سالانه	
		حداکثر	حداقل	ماهانه	حداکثر	حداقل
مجن	۲۰۵۰	۱۵/۷	۴/۵	۱۰/۱	۳۳	-۱۴
بیارجمند	۱۱۰۰	۲۳	۹/۳	۱۶/۲	۴۰	-۹
ترود	۸۲۶	۲۶/۳	۱۴/۸	۲۰/۶	۴۲	-۲
بسطام	۱۵۰۰	۱۹/۶۲	۵/۸	۱۲/۷	۳۸	-۱۰/۵
میامی	۱۰۰۰	۲۲/۲	۸/۱	۱۵/۲	۴۰	-۹

جدول ۳-۵- میانگین دمای هوا در فصول مختلف سال در شهرستان شاهرود

ایستگاه	پاییز	زمستان	بهار	تابستان
شاهرود	۵/۴۳	۱۲/۱	۲۱/۳	۲۶/۶
مجن	۷/۸	۱/۳	۱۲/۷	۲۰/۳
بسطام	۸/۹	۰/۶	۱۵/۵	۲۲/۲
ترود	۱۵/۶	۶	۲۲/۵	۳۱/۲
احمدآباد	۱۱/۵۸	۴/۹	۱۹/۴۲	۲۶/۳۴

در ایستگاه‌های موجود در منطقه کمترین مقدار میانگین ماهانه حداقل دما به میزان ۸/۱- در ایستگاه مجن و بیشترین مقدار این پارامتر به میزان ۲۴/۹ درجه سانتی‌گراد در ایستگاه ترود مشاهده شده که در تیر ماه بوده است (جدول۳-۶). در مجن کمترین مقدار پارامتر میانگین ماهانه حداکثر دما ۲/۲ درجه سانتی‌گراد در بهمن ماه وبیشترین مقدار آن ۴۰/۵ درجه سانتی‌گراد در ترود و در تیرماه بوده است (جدول۳-۷). در مجن و بسطام میانگین ماهانه دما در ماه‌های دی و بهمن به زیر صفر تنزل نموده و منفی است. بیشترین مقدار میانگین ماهانه دما در ماه‌های تیر و مرداد در ترود مشاهده می‌شود (جدول ۳-۸).

جدول ۳-۶- میانگین ماهانه حداقل دما در شبکه دماسنجی استان سمنان

ایستگاه	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
شاهرود	۷/۶	۲/۲	-۱/۷	-۲/۲	-۲/۲	۲/۳	۸	۱۲/۵	۱۷	۱۹/۸	۱۸/۴	۱۳/۸	۸
بسطام	۶/۴	۱/۹	-۲/۶	-۶/۷	-۶/۴	-۲/۳	۲/۸	۸/۳	۱۲/۱	۱۵/۱	۱۵/۴	۱۱/۸	۴/۷
ترود	۱۵/۸	۸/۸	۲/۵	-۱/۸	-۱/۶	۳/۸	۹/۵	۱۴/۹	۲۱/۲	۲۴/۹	۲۴/۴	۲۱/۸	۱۲
مجن	۷/۳	۱/۹	-۲/۳	-۵/۸	-۸/۱	-۱/۹	۲/۱	۷/۲	۱۱	۱۴/۳	۱۳/۲	۱۲/۱	۴/۳

جدول ۳-۷- میانگین ماهانه حداکثر دما در شبکه دماسنجی استان سمنان

ایستگاه	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
شاهرود	۲۲/۵	۱۴/۸	۷/۶	۵/۵	۷/۹	۱۴	۲۱/۴	۲۶/۲	۳۱/۲	۲۲/۴	۳۲/۴	۲۹/۳	۱۹/۶
بسطام	۲۳	۱۶	۸/۶	۴/۱	۵/۱	۹/۸	۱۷/۲	۲۳/۷	۲۹/۱	۳۱/۳	۳۱/۶	۲۸/۲	۱۹
ترود	۲۹/۷	۲۲/۳	۱۴/۲	۹/۷	۱۰/۱	۱۶/۲	۲۲/۹	۳۰	۳۶/۷	۴۰/۵	۳۹/۶	۳۹	۲۵/۹
مجن	۱۹/۸	۱۳	۶/۸	۲/۵	۲/۲	۷/۲	۱۱/۹	۱۹/۳	۲۴/۹	۲۵/۵	۲۷/۶	۲۵/۸	۱۵/۵

جدول ۳-۸- میانگین ماهانه دما در شبکه دماسنجی استان سمنان

ایستگاه	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
شاهرود	۱۵	۸/۵	۲/۹	۰/۹	۲/۸	۸/۱	۱۴/۷	۱۹/۳	۲۴/۱	۲۶/۶	۲۵/۴	۲۱/۵	۱۴/۲
بسطام	۱۴/۷	۸/۹	۳	-۱/۳	-۰/۶	۳/۸	۱۰	۱۶	۲۰/۶	۲۳/۳	۲۳/۴	۲۰	۱۱/۹
ترود	۲۲/۸	۱۵/۵	۸/۴	۳/۹	۴/۱	۱۰	۱۶/۲	۲۲/۴	۲۹	۳۲/۲	۲۲	۲۸/۹	۱۸/۹
مجن	۱۳/۶	۷/۵	۲/۲	-۱/۷	-۲/۹	۲/۷	۶/۹	۱۳/۲	۱۸	۲۱/۵	۲۰/۵	۱۹	۱۰

ج - رطوبت هوا

رطوبت نسبی هوا در ایستگاه‌های سینوپتیک و اقلیم‌شناسی توسط دماسنج‌های خشک و تر مشخص می‌شود. متوسط روزانه نم نسبی در شهرستان شاهرود در مهرماه ۵۱٪ در آبان ۵۵٪ و در ماه آذر ۶۴٪ بوده است. که روند افزایش رطوبت نسبی از اوایل پاییز تا فصل سرد منطقه کاملا آشکار است به طوری که در دی ماه به ۶۵٪ رسیده، در بهمن ماه به ۶۱٪ و در اسفند به ۵۳٪ کاهش می‌یابد که بیانگر روند افزایش رطوبت تا اواسط زمستان و سپس کاهش نسبی آن به طرف بهار است. این روند کاهشی تا اواخر فصل گرم ادامه می‌یابد. میانگین حداکثر رطوبت نسبی در شاهرود، در ماههای آذر و دی به میزان ۸۰٪ است که بیانگر مرطوب‌ترین ماه‌های سال شاهرود بوده و ماه‌های تیر و مرداد با ۲۴٪ میانگین ماهانه حداقل نم نسبی، خشک‌ترین ماه‌های سال در شاهرود نشان می‌دهند (شرکت مهندسین مشاور فن آوران آب سازه ۱۳۸۲).

د- تبخیر

بر اساس جدول (۳-۹) حداقل میانگین تبخیر سالانه در ایستگاه مجن، برابر با ۱۱۵۶/۵ میلی‌متر و حداکثر آن در ایستگاه ترود، برابر با ۴۵۱۴/۸ میلی‌متر بوده است و مقایسه این پارامترها نشانگر این است که بین حداقل و حداکثر میانگین تبخیر سالانه در شهرستان شاهرود حدود ۳۳۵۰ میلی‌متر اختلاف وجود دارد که نظیر این اختلاف در کمتر جایی از کشور مشاهده شده است. مقدار تبخیر سالانه ایستگاه ترود به بیش از ۴۵۰۰ میلی‌متر می رسد و در بخش‌های جنوبی آن نیز قطعاً تبخیر سالانه از رقم یاد شده افزون‌تر است (شرکت مهندسین مشاور فن آوران آب سازه۱۳۸۲).

جدول۳-۹- میانگین جمع تبخیر در ایستگاه‌های تبخیر سنجی

ایستگاه	جمع تبخیر سالانه
بسطام	۱۲۹۱/۹
مجن	۱۱۵۶/۵
شاهرود	۱۷۳۴/۲
ترود	۴۵۱۴/۸

ذ- باد

جهت وزش باد غالب در فصل پاییز در ماه مهر شمال شرقی و در ماه‌های آبان جنوب غربی است. سرعت باد غالب در مهر ماه ۲/۷، در آبان ۲/۵ و در آذر ماه ۲/۴ متر بر ثانیه بوده که دارای روند کاهشی ملایمی است. در فصل زمستان جهت وزش باد غالب در شاهرود همانند دو ماه آخر فصل پاییز جنوب غربی بوده و از روند یکسانی تبعیت می‌کند. سرعت باد غالب در دی ماه ۲/۳ ، در بهمن ۲/۶ و در اسفند ۳/۱ متر بر ثانیه و درصد باد غالب در دی ماه ۱۸/۷٪ در بهمن ۲۰/۱٪ و در اسفند ۲۰/۳٪ برآورد شده است. در فصل بهار جهت وزش باد غالب تغییر یافته و از جنوب غربی به شمال شرقی متمایل می‌شود. سرعت باد غالب در فروردین و اردیبهشت ۳ و در خرداد ماه برابر ۳/۵ متر بر ثانیه

است. در فصل تابستان نیز مانند فصل بهار جهت وزش باد غالب شمال شرقی است. سرعت باد غالب در تیر ماه ۳/۷در مرداد ۳/۵ و در شهریور ماه معادل ۳ متر بر ثانیه بوده است. جهت وزش باد غالب در شاهرود در ۷ ماه از سال شمال شرقی و در ۵ ماه جنوب غربی است. در این شهرستان در فصل پاییز جهت وزش شدیدترین بادها در مهر ماه شمال شرقی و در آبان و آذر جنوب غربی می‌باشد. در فصل زمستان جهت وزش شدیدترین بادها در دی‌ماه شمال شرقی، در بهمن غربی و اسفند جنوب غربی بوده و در فصل بهار جهت وزش شدیدترین باد در ماه فروردین غربی و در اردیبهشت و خرداد به ترتیب شمال غربی و جنوب غربی می‌باشد.

در فصل تابستان جهت شدیدترین باد در تیرماه شمال غربی در مرداد ماه شمالی و در شهریور ماه شرقی بوده است. شدیدترین باد اندازه‌گیری شده در طول سالهای آماری شاهرود با جهت شمال غربی و سرعتی برابر با ۹۲ کیلومتر در ساعت بوده که در اردیبهشت ماه ۱۳۳۶ رخداده است . آمار طولانی مدت شدیدترین بادها در شاهرود بیانگر آن است که بادهای شدید آن غالباً در طول فصول سرد سال اتفاق می‌افتد (شرکت مهندسین مشاور فن آوران آب سازه ۱۳۸۲).

۳-۳- زمین شناسی منطقه

۳-۳-۱- چینه شناسی عمومی

واحدهای سنگ‌چینه‌ای در محدوده شهرستان شاهرود متنوع بوده و شامل واحدهای البرز و ایران مرکزی می‌باشد. لیتولوژی این سازندها از رسوبات آواری دانه‌ریز تا درشت دانه (مارن و شیل، مادستون، سیلتستون، ماسه سنگ و کنگلومرا) تا رسوبات شیمیایی و بیوشیمیایی مانند آهک و دولومیت و سنگهای تبخیری و نیز سنگ‌های آذرین و دگرگونی و نهشته‌های کواترنر متغیر است.

سازند های پرکامبرین در البرز

سنگ‌های پرکامبرین و پالئوزوییک با روند شرقی-غربی در منطقه مشاهده می‌شود که قدیمی‌ترین آنها سازند بایندور به سن پرکامبرین و جوانترین آنها سازند مبارک به سن کربونیفر زیرین می‌باشد.

سازند بایندور: از نظر لیتولوژی شامل ماسه، شیل‌های سبز و قرمز رنگ همراه با لایه‌های نازک دولومیت و کمی آهک می باشد گستردگی این واحد سنگی بیشتر در ارتفاعات شمال ناحیه دهملا شاهرود می‌باشد. به علت غیر قابل نفوذ بودن و یا نفوذپذیری کم ،سنگ مخزن مناسبی به لحاظ منابع آب محسوب می‌شود.

سازند باروت: از نظر لیتولوژی شامل شیل و ماسه سنگ قرمز و سفید می‌باشد. گستردگی این واحد بیشتر در شمال روستای دهملا و شمال امیرآباد می‌باشد.

سازند زاگون: از نظر لیتولوژی شامل سکانس تخریبی متشکل از شیل قرمز رنگ میکادار و ماسه سنگ می‌باشد. گستردگی این واحد بیشتر در منطقه دهملا می‌باشد.

پرکامبرین در بخش ایران مرکزی

سنگ‌های پرکامبرین در نواحی ترود در جنوب گسل انجیلو مشاهده می‌شود که شامل رخساره آمفیبولیت می‌باشد. مجموعه دگرگونی در این ناحیه سنگ‌های گنیس، آمفیبولیت و شیست‌های بیوتیت‌دار می‌باشد.

پرکامبرین در ناحیه خارتوران دارای گسترش نسبتاً زیادی می‌باشد از جمله این نواحی می‌توان به ارتفاعات ماجرادو و ارتفاعات ملحدو در جنوب دشت بیارجمند اشاره نمود. در این نواحی گسترش بسیار وسیعی از گنیس و بیوتیت شیست و مرمر در زیر ارتفاعات جوانتر مشاهده می‌شود.

پالئوزوییک (دوران اول) در البرز

ماسه سنگهای لالون: از نظر لیتولوژی شامل ماسه سنگ‌های آرکوزی با سیمان‌سیلیسی می‌باشد. گسترش این سازند بیشتر در شمال دهملا می‌باشد.

سازند لشکرک: از نظر لیتولوژی شامل ماسه سنگ با لایه‌های نازکی از آهک بدون فسیل می‌باشد. در مقطع اصلی به طور هم‌شیب روی کوارتزیت راسی مربوط به سازند لالون قرار می‌گیرد.

سنگ‌های آتشفشانی نکارمن: این سنگ‌ها شامل اسپلیت- بازالت و آندزیت و پورفیریک می‌باشد که بیشتر در فواصل روستای نکارمن شمال امیریه تا ارتفاعات قطری شمال بسطام گسترش دارند. از نظر زمانی معادل سازند نیور می‌باشند.

سازند جیرود: از نظر لیتولوژی شامل۴ بخش A، B، C و D می باشد بخش A دارای ماسه سنگ شیل و آهک‌های ماسه‌ای فسیل‌دار ، بخش B دارای آهک فسیل‌دار سیاه رنگ ، بخش C شامل آهک دولومیتی و مارن‌های سیاه و بخش D شامل آهک‌های سیاه و مارن می‌باشد از نظر گستردگی بیشتر در شمال شاهوار و بطور کلی شمال بسطام رخنمون دارند.

آهک مبارک: از نظر لیتولوژی شامل آهک‌های سیاه رنگ که به صورت دگرشیب روی سازند جیرود قرار گرفته می‌باشد. گسترش این سازند بیشتر در شمال ابر شاهرود و ارتفاعات شمال مجن و همینطور شمال دشت بسطام می‌باشد.

سازند خوش‌ییلاق: سازند خوش ییلاق از بالا به آهک‌های سازند مبارک ختم می‌شود. از نظر لیتولوژی به پنج واحد تقسیم بندی می‌شود. گسترش این سازند بیشتر در منطقه کوه شاهوار شاهرود می‌باشد.

سازندهای پرمین: پرمین در این ناحیه شامل سازندهای دورود و روته می‌باشد. سازند دورود شامل ماسه‌سنگ قرمز و مارن ماسه‌ای و شیل می‌باشد. سازند روته نیز شامل آهک‌های خاکستری با لایه‌بندی منظم و حاوی فسیل می‌باشد. این رسوبات در ناحیه شاهرود در حوالی روستای خیج و قطری و ارتفاعات شاهوار بیرون‌زدگی دارند.

پالئوزوییک (دوران اول) در ایران مرکزی

بخش عمده سازندهای پالئوزوئیک در ایران مرکزی مربوط به ناحیه ترود و خارتوران می‌باشد.

سازند نیور: ازنظر لیتولوژی شامل آهک‌های مرجانی قهوه‌ای با تداخل‌هائی از دولومیت می‌باشد. این سازند بیشتر در شمال گسل انجیلو ترود، سری بزکوه رخنمون دارد.

سازند دولومیتی سیبزار: این سازند از دولومیت‌های سیاه‌رنگ و خاکستری تشکیل یافته است. به صورت هم‌شیب روی پادها و زیر آهک‌های بهرام قرار می‌گیرد. گسترش این سازند بیشتر در ناحیه ترود می باشد.

آهک بهرام: از نظر لیتولوژی شامل آهک‌های ضخیم لایه می‌باشد. که بین دولومیت‌های سیبزار و شیل‌های پیشتو قرار دارد. این سازند معادل سازند نیور می‌باشد. گسترش این سازند بیشتر در نواحی ترود در شمال گسل انجیلو می‌باشد.

پرمین در ناحیه ترود: در شمال گسل انجیلو رسوبات کربونیفر یافت نمی‌شود. و سنگ‌های پرمین مستقیماً روی سازند بهرام قرار می‌گیرند. در ناحیه ترود در شمال گسل انجیلو پرمین با یکسری رسوبات آواری شروع می‌شود که بسیار شبیه به رسوبات دورود در البرز می‌باشد.

سازندهای مزوزئیک (دوران دوم) در البرز

سازند الیکا: از نظر لیتولوژی شامل آهک ورقه‌ای نازک تا آهک شیلی به رنگ زرد مایل به خاکستری می‌باشد. در مقطع اصلی به طور هم‌شیب روی آهک‌های چرت دار مربوط به سازند نیور قرار گرفته و با دگرشیبی نیز در روی سازند شمشک قرار می‌گیرد.

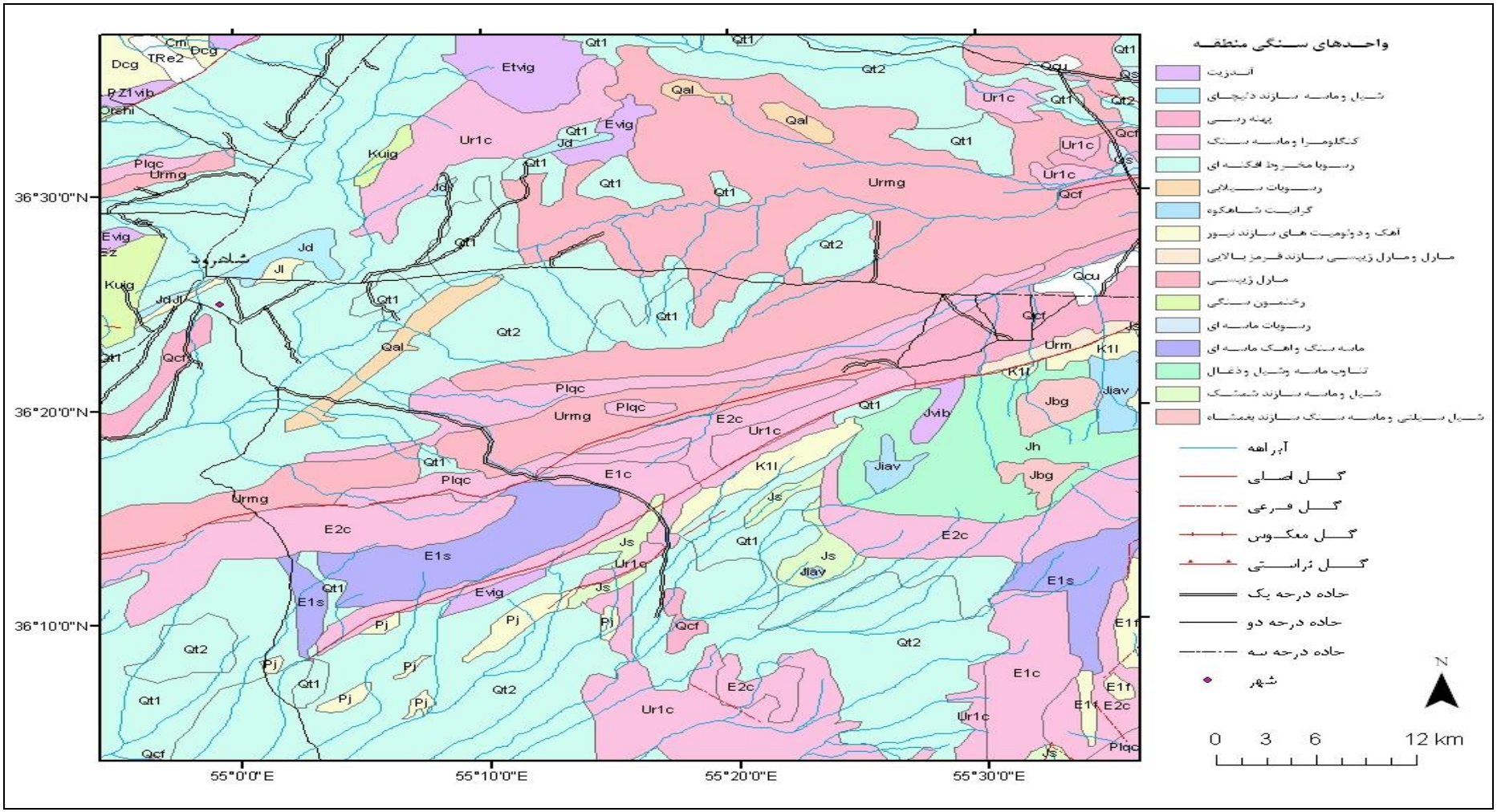
سازند شمشک: از نظر لیتولوژی شامل بخش ماسه سنگ زیرین، بخش ذغالدار زیرین، بخش ماسه سنگ بالایی و بخش ذغالدار بالایی که بطور دگرشیب روی بخشD از سازند جیرود و در زیر مارن‌های مربوط به سازند دلیچای قرار می‌گیرد. سازند شمشک در منطقه دامغان و شاهرود از گسترش زیادی برخوردار بوده و شرکت ذغال سنگ البرز شرقی در ناحیه طرزه و ممدویه و مهماندوست و تاش و حوالی

اولنگ اقدام به استخراج ذغال سنگ از این سازند نموده است. مهمترین رخنمون این سازند از غرب به سمت شرق شامل رشته سفیدکوه و از غرب کوه چرز تا شمال کوه سیان و از جنوب کوه قرمکوش تا شمال کلاته و ادامه آن به سمت شرق تا معدن طرزه و ممدویه و سپس وارد منطقه شاهرود شده و تا معدن پریخان و حتی تا حوالی شاهرود ادامه می‌یابد.

سازند دلیچای: این سازند از نظر لیتولوژی شامل مارن و آهک‌های مارنی به رنگ خاکستری مایل به زرد می‌باشد. در مقطع اصلی به طور هم‌شیب بین سازندهای شمشک و لار قرار می‌گیرد. گسترش این سازند در ارتفاعات کوه تپال و نیز شمال غربی ارتفاعات شاهرود و نیز در کوه به‌دشت می‌باشد. این رسوبات همچنین در تاش و غرب مجن نیز رخنمون دارند.

سازند لار: از نظر لیتولوژی شامل آهک‌های نازک لایه در قاعده و سپس آهک‌های ضخیم لایه حاوی آمونیت و در بالا شامل آهک‌های ضخیم لایه حاوی نودول‌های چرت می‌باشد. این سازند با توجه به لیتولوژی خود اکثراً تشکیل دهنده ستیغ‌های بلند و پرتگاه‌های عمیق و قلل در منطقه می‌باشد. این سازند می‌تواند نقش عمده‌ای در تشکیل سنگ مخزن جهت استحصال آب و تغذیه به سفره آب زیرزمینی ایفا نماید.

سازندهای کرتاسه بالایی: آهک‌های کرتاسه زیرین در منطقه شاهرود وجود ندارند و عدم وجود آن گواه بر این است که این ناحیه از زمان ژوراسیک پسین تا کرتاسه زیرین تحت تاثیر حوادث زمین ساختی قرار گرفته است. برخلاف کرتاسه زیرین آهک‌های کرتاسه بالایی به صورت وسیع در البرز رخنمون دارند. که شامل آهک‌های بیومکرایتی و دارای لایه بندی می‌باشد. گسترش این واحدها در منطقه مربوط به ارتفاعات کوه تپال و کوه رضو می‌باشد شکل (۳-۱) بخشی از نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ زمین شناسی شاهرود را نشان می‌دهد



شکل ۳-۱- نقشه زمین‌شناسی بخشی از شهرستان (برگرفته از نقشه زمین شناسی۱:۲۵۰۰۰۰ گرگان)

سازندهای مزوزئیک (دوران دوم) در ایران مرکزی

سازند سرخ شیل: این سازند در مقطع اصلی خود به صورت هم‌شیب در روی سازند جمال و به صورت هم‌شیب با کنتاکتی تدریجی در زیر سازند شتری قرار می‌گیرد. این رسوبات در کوه بیل به صورت دگرگون درآمده و در منطقه خارتوران و بیارجمند و جام وجود ندارد. سازند سرخ شیل معادل سازند نیور در البرز می‌باشد.

سازند شتری: از نظر لیتولوژی شامل دو بخش می‌باشد. بخش زیرین شامل دولومیت زرد رنگ و بخش بالایی از آهک اسپهک تشکیل شده است. این سازند با کنتاکتی تدیجی بر روی سازند سرخ شیل و نیز به طور هم‌شیب در زیر سازند نای‌بند قرار می‌گیرد. گسترش این سازند در حوالی غرب ایستگاه بناور و در کوه‌های خرس، دولتیار و بیل بن و شمال کوه شتری می‌باشد.

سازند نای‌بند: این سازند هم ارز قسمت زیرین سازند شمشک در البرز می‌باشد. از نظر لیتولوژی شامل آهک و شیل حاوی فسیل‌های مرجان مربوط به آشکوب نورین می‌باشد. گسترش این سازند در منطقه مورد مطالعه مربوط به کوه‌های شرق سهل و چاه‌شیرین و همینطور در کوه بیل بن در نواحی ترود، کوه‌های سفید سنگ در منطقه خارتوران ، منطقه جام و در حوالی غرب کی‌کی در بیارجمند و غرب ارمیان می‌باشد.

سازند شمشک: از نظر لیتولوژی شامل لایه‌های آهکی ماسه‌ای در بخش زیرین و کمی بالاتر دارای ماسه‌سنگ و شیل همراه با خرده‌های صدف می‌باشد. این رسوبات معرف محیط‌های کم عمق می‌باشد. گسترش این سازند در منطقه مورد مطالعه مربوط به کوه‌های شرق سهل و چاه‌شیرین و همینطور در کوه بیل‌بن در نواحی ترود، کوه‌های سفید سنگ در منطقه خارتوران، منطقه جام، و در حوالی غرب کی‌کی در بیارجمند و غرب ارمیان می‌باشد. این سازند با توجه به رسوبات دربرگیرنده نقش عمده‌ای در آب‌های زیرزمینی منطقه ندارد و صرفاً به عنوان سنگ کف ایفای نقش می‌کند.

آهک بادامو : از نظر لیتولوژی شامل آهک‌های اآلیتیک و آمونیتی می‌باشد که در زیر و بالای آن شیل ماسه‌ای وجود دارد. گسترش آن در ناحیه ترود و حوالی دهکده ویراب می‌باشد.

سازند بغمشاه: از نظر لیتولوژی شامل شیل‌های مارنی خاکستری حاوی فسیل‌های بلمنیت و آمونیت می‌باشد. گستردگی این سازند در ناحیه ترود و حوالی دهکده ویراب و کوه چاه‌بنه می‌باشد. این سازند در منطقه خارتوران و بیارجمند و شاهرود رخنمون ندارد.

کرتاسه در ایران مرکزی: کرتاسه زیرین در منطقه ترود از گسترش مناسبی برخوردار است و شامل کنگلومرا و ماسه سنگ در قاعده می‌باشد. در منطقه خارتوران شامل مارن و ماسه‌سنگ و سنگ‌آهک می‌باشد و گسترش این رسوبات در کوه ملحدیء، کوه پیغمبر ، کوه کمرسنگی و شرق دهکده صبری می‌باشد. در منطقه جم این رسوبات درکوه‌های کاهدان و سولدر و بزکوه رخنمون دارند. این رسوبات در منطقه بیارجمند در کوه‌های کی‌کی، کوه آسیاب، سوخته کوه و کوه ملحد مشاهده می‌شوند. در منطقه میامی نیز این رسوبات شامل کنگلومرای قرمز در قاعده و سپس آهک مارنی می‌باشد که در کوه ارمیان و میامی رخنمون دارند. در این منطقه این رسوبات به دلایل تکتونیکی و ایجاد درز و شکاف نقش عمده‌ای در تشکیل سفره‌های آب‌زیرزمینی منطقه دارند.

سازندهای (دوران سوم) سنوزوئیک

رسوبات ائوسن در البرز مرکزی دارای سیکل رسوبی کامل می‌باشد. این سیکل با رسوبات کنگلومرای فجن آغاز و سپس با سازند زیارت ادامه پیدا می‌کند.

سازند فجن : از نظر لیتولوژی این واحد شامل کنگلومرای پلی‌ژنتیک، ماسه سنگ قرمز و مارن‌های ماسه‌ای می‌باشد. این سازند در منطقه مطالعاتی بیشتر در مجن رخنمون دارند و شامل بخش مارنی - ماسه‌سنگ زیرین، بخش کنگلومرایی– مارنی می‌باشد.

سازند زیارت: از نظر لیتولوژی بخش زیرین این سازند شامل مارن‌های ژیپس‌دار و ژیپس با فسیل‌های دوکفه‌ای و در بخش بالائی شامل آهک‌های ریفی می‌باشد. از نظر گستردگی سازند زیارت در نواحی مجن شاهرود، شمال دره، سرتنگه و نیز در منطقه تاش رخنمون دارد. این سازند هم‌شیب با سازندهای زیرین (فجن) و سازند بالائی (کرج) می‌باشد.

سازند کرج : از نظر لیتولوژی این سازند شامل توف‌های سبز رنگ با لایه‌بندی خوب می‌باشد که به پنج بخش شامل شیل کندوان، بخش توف بالائی، بخش آسارا، بخش توف میانی و شیل زیرین تقسیم می‌شود. سازند کرج در حوالی غرب و جنوب دهکده تاش و نیز شرق مجن و ارتفاعات سیاه (غرب خیج) و نیز ارتفاعات جنوب شاهرود کوه چاه قندی رخنمون دارد. این سازند در زون ایران مرکزی نیز در نواحی غربی ترود و منطقه جام و منطقه خارتوران گسترش دارد.

سازند قرمز بالائی: این سازند از نظر لیتولوژی دارای نهشته‌های خشکی‌زاد و آواری می‌باشد که شامل کنگلومرا و ماسه‌سنگ همراه مارن می‌باشد. در کوه‌های کله‌قوچ و شمال شوشخ و نیز شمال و غرب و شرق ایستگاه بسطام و جیلان همچنین در قسمت شمالی منطقه چهل دختر نیز رسوباتی شامل مارن و مارن‌های گچ‌دار می‌باشد که هم‌ارز سازند قرمز بالائی است. این رسوبات وارد دشت میامی شده و در قسمت شمال غربی به داخل دشت مزج و جیلان وارد می‌گردد. این رسوبات هیچ گونه نقشی در ذخیره آب نداشته و به علت املاح موجود سبب شوری آب می‌گردد.

سازند هزاردره: از نظر لیتولوژی شامل کنگلومرا به رنگ خاکستری روشن با انترکلاسیون‌هایی از ماسه سنگ و مادستون می‌باشد. از نظر گستردگی بیشتر در حد فاصل روستای قطری تا چهل‌دختر شاهرود در پای ارتفاعات مشاهده می‌شود.

سازندهای (دوران سوم) سنوزوئیک در ایران مرکزی

کنگلومرای کرمان: از نظر گستردگی این سازند در منطقه خارتوران در حوالی کوه پیغمبر و روستای فرینو و جنوب درازو رخنمون دارد. همینطور در غرب منطقه بیارجمند نیز این سازند دارای گسترش خوبی است.

ولکانیک‌های ائوسن – الیگوسن : ولکانیک‌های دوران سوم در نواحی ترود گسترش وسیع‌تری دارند و شامل توف، آندزیت و توف‌های داسیتی و ماسه‌سنگ توفی و گدازه‌های آندزیتی می‌باشد. که اکثر

معادن منطقه ترود از جمله مهمترین کانسارهای مس و سرب و روی در این ناحیه قرار دارند. این ولکانیک‌ها در منطقه جام، بیارجمند و منطقه خارتوران نیز رخنمون دارند.

سازند قرمز زیرین: این سازند شامل شیل‌های سیلتی به رنگ قرمز و قرمز مایل به زرد، مارن‌های ژیپس‌دار، ماسه سنگ قرمز و ژیپس می‌باشد. گسترش این سازند در منطقه مورد مطالعه مربوط به نواحی اطراف ترود، جام، خارتوران، بیارجمند و میامی می‌باشد.

سازند قم: این سازند در منطقه ترود شامل مادستون و مارن‌های دریائی و آهک‌های حاوی نئوآلوئولینا می‌باشد. در منطقه خارتوران در حوالی شرق بیارجمند و جنوب‌کوه ماجراد شامل مارن و ماسه‌سنگ و کنگلومرا می‌باشد. سازند قم در منطقه جام شامل بخش‌های آهکی و مارن‌های ژیپس‌دار می‌باشد. این سازند در منطقه میامی گزارش نشده است.

سازند قرمز بالائی: این سازند در منطقه ترود دارای گسترش وسیع‌تری است و به سه بخش M1 و M2 و بخش فوقانی (M-PL) تقسیم می‌گردد.

رسوبات کواترنر

سنگ‌های کواترنر در ایران همانند بیشتر جاهای دیگر کره زمین دارای استحکام کمتری بوده و به عبارتی سخت نشده‌اند.

آبرفت‌های جدید: این آبرفت‌ها حاصل پدیده‌های هوازدگی و فرسایش رسوبات قدیمی‌تر بوده و قسمت عمده رسوبات دشت‌ها را شامل می‌شوند.

۳-۳-۲- زمین شناسی ساختمانی

از نظر ساختاری منطقه مورد مطالعه قسمتی از دو زون ایران مرکزی و البرز می‌باشد بخش‌های شمالی منطقه با رشته کوههای البرز شرقی محدود شده که رخنمونی است از عملکرد فرایندهای مختلف زمین شناسی در طول زمان‌های گذشته همانند رویـــداد های کوهزایی، چین خوردگی و راندگی‌های متعدد

و بخش‌های میانی و جنوبی نیز که متعلق به زون ساختاری ایران مرکزی می‌باشد و دارای ساختارهای چین خورده و گسلش می‌باشد.

ساختارهای تاقدیسی و ناودیسی از جمله ساختارهای غالب چین خوردگی در منطقه می باشند این ساختمان‌ها عمدتاً دارای محوری در راستای شمال شرق- جنوب غرب و یا شرقی – غربی بوده واز انواع متقارن و یا نامتقارن می باشند. از جمله ساختارهای چین خورده می‌توان به تاقدیس متقارن خربش در توالیهای سازند سلطانیه، تاقدیس تپال در توالیهای ژوراسیک با میلی شمال شرقی و ساختمانهای تاقدیسی و ناودیسی پیوسته حنفی، مهماندویه و چگل شاه با محوری در راستای شمال شرق جنوب غرب اشاره کرد. بزرگترین ساختمانهای تاقدیسی و ناودیسی در منطقه شامل ناودیس دهملا و تاقدیس تل می‌باشد.

گسل های منطقه

سیستم اصلی گسل‌های منطقه مورد مطالعه شامل راندگی‌ها (Thrust Faults) و سپس گسل‌های امتداد لغز (Strike Slip Faults) می باشد. راندگیها در منطقه دارای روند تقریبی شرقی-غربی بوده و حرکات قابل توجه‌ای را از شمال به سمت جنوب انجام داده‌اند. از این رو گسل‌های اصلی منطقه شامل موارد زیر می باشند (شکل ۳-۲).

گسل‌های رانده

این گسل‌ها شامل گسل راندگی شاهرود، گسل راندگی طرزه، گسل راندگی مجن و گسل راندگی میامی می‌باشند.

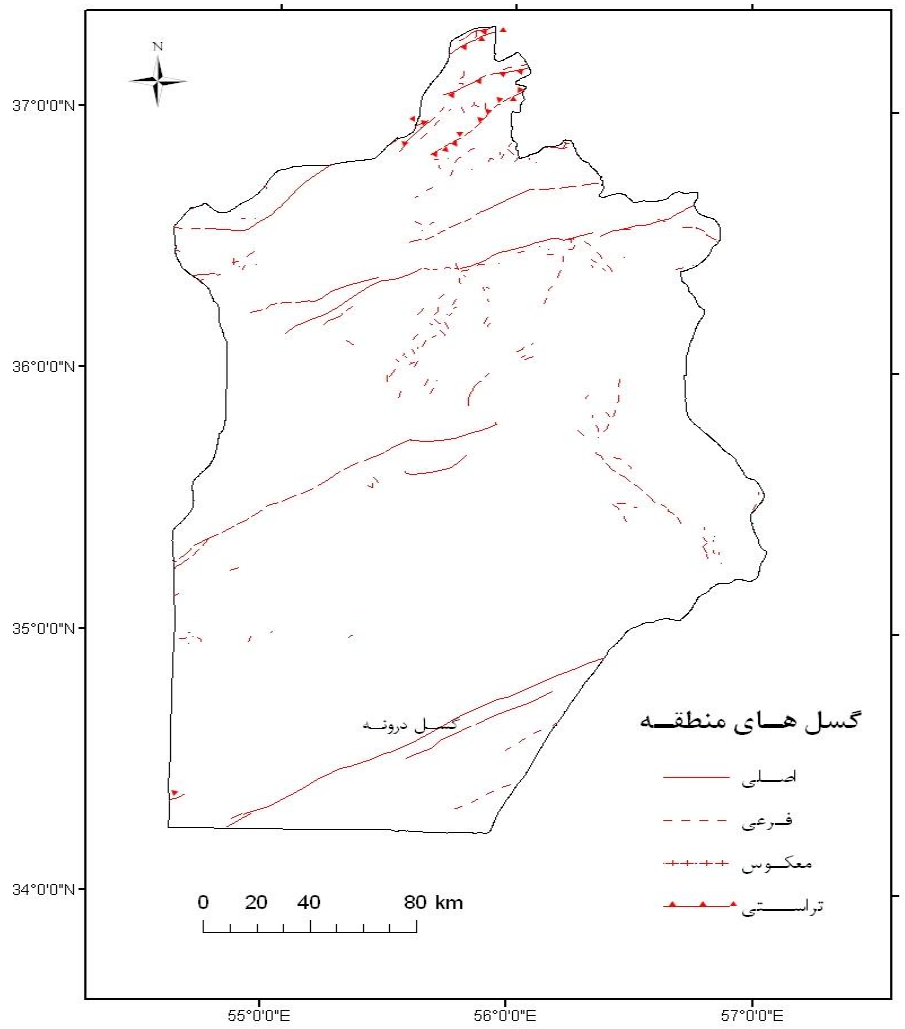
گسل‌های امتداد لغز

گسل‌های امتداد لغز بعد از گسل‌های رانده بیشترین گسل‌های منطقه را تشکیل داده و اغلب از نوع گسل‌های راستگرد می‌باشند. روند عمومی این گسل‌ها شمال غربی- جنوب شرقی بوده و در رسوبات

پالئوزوییک ناحیه دهملا و طرزه جابجایی‌های قابل توجه‌ای را ایجاد کردند. از جمله این گسل‌ها می‌توان به گسل‌های کواترنری اشاره نمود.

گسل‌های کواترنری

گسل‌های مهم کواترنری که با تصاویر ماهواره‌ای و عکس های هوایی شناسایی شدند شامل گسل میان دشتی دهملا واقع در بخش میانی منطقه مورد مطالعه و گسل علی‌قلی واقع در جنوب منطقه مورد مطالعه می‌باشند.



شکل ۳-۲- نقشه گسل های منطقه (برگرفته از اداره آب منطقه ای شاهرود)

۳-۳-۳- تکامل زمین شناختی و حرکات کوهزایی

با توجه به روئیت سنگهای مربوط به دوران پالوزوئیک، مزوزوئیک و سنوزوئیک در منطقه مورد مطالعه و بررسی دقیق آنها می‌توان به حرکات کوهزائی، خشکی زائی و همینطور فرسایش بعد از رسوبگذاری که رسوبات منطقه را دستخوش تغییرات نموده‌اند پی‌برد. به نحوی که عملکرد فرایندهای کوهزایی همزمان با حرکات خشکی زایی سبب خروج رسوبات از آب و ایجاد یک دوره فرسایش قاره‌ای و در نتیجه گپ چینه‌ای بعضی از رسوبات شده است.

البته بعضی از گپ‌های رسوبی را می توان به حرکات کوهزایی نسبت داد از جمله این گپ‌ها می‌توان به نبود توالیهای اردوویسین میانی تا دونین میانی (همزمان با رویداد کوهزایی کالدونین) و همچنین نبود چینه‌ای و ناپیوستگی در فصل مشترک سازندهای شمشک و دلیچای (همزمان با حرکات کوهزایی سیمرین میانی) اشاره کرد. علاوه بر این نبود رسوبات کرتاسه زیرین (همزمان با رویداد کوهزایی سیمرین پسین)، نبود رسوبات کرتاسه بالائی و تشکیل رخساره‌های آواری و تخریبی سازند فجن (همزمان با رویداد کوهزایی لارامید و حرکات خشکی زایی آن زمان) را نیز می‌توان از جمله این نوع گپ‌ها نام برد.

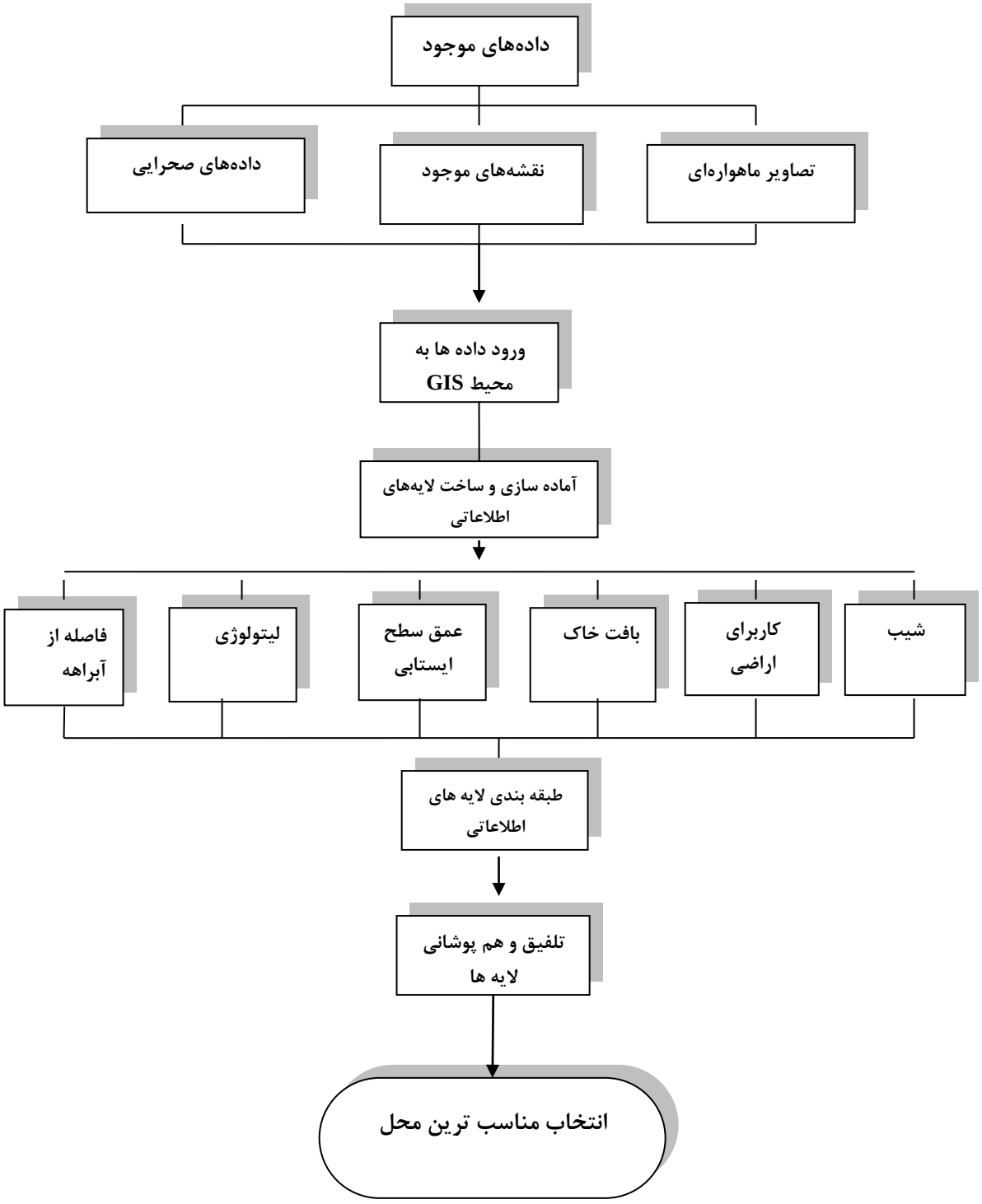
فصل چهارم: مکانیابی محل مناسب تغذیه مصنوعی

۴-۱- مقدمه

با توجه به موارد ذکر شده در فصل‌های قبلی، برای شناسایی مکان‌های مناسب برای پخش سیلاب و تغذیه مصنوعی آبهای زیرزمینی ابتدا عوامل موثر شناسایی شده، و از آنها به صورت شاخص‌هایی برای تعیین محل‌های مستعد استفاده شده است. برای این منظور لایه‌های شیب، سنگ‌شناسی، کاربری اراضی، عمق آب زیرزمینی، فاصله از رودخانه‌های سیلابی و بافت خاک تهیه شده و سپس با همپوشانی لایه‌ها، نقشه زون‌بندی مکان‌های مستعد برای تغذیه مصنوعی فراهم شده است. در این فصل ابتدا روش انجام مطالعات ذکر شده و سپس به معرفی عوامل موثر بر مکانیابی پرداخته و در ادامه نحوه تهیه لایه-های اطلاعاتی و ادغام آنها تشریح شده است.

۴-۲- روش انجام مطالعات

مطالعات حاضر شامل پنج مرحله: گردآوری اطلاعات، آماده‌سازی لایه‌های اطلاعاتی، طبقه‌بندی لایه‌ها، امتیازدهی و تلفیق داده‌ها می‌باشد. در شکل (۴-۱) مراحل انجام مدلسازی جهت تعیین میزان شایستگی مناطق مختلف برای تغذیه مصنوعی ارائه شده و در ادامه اقدامات انجام شده در هر مرحله تشریح شده است.



شکل ۴-۱- مراحل مدلسازی تعیین میزان شایستگی مناطق برای تغذیه مصنوعی

مرحله ۱: جمع آوری آمار و اطلاعات و نقشه‌های منطقه مورد مطالعه

برای این تحقیق از مجموعه‌ای از داده‌ها و اطلاعات زیر استفاده گردید.

- ✓ تصاویر ماهواره‌ای از سنجنده Landsat ETM خریداری شده از سازمان فضایی ایران
- ✓ نقشه‌های زمین شناسی گرگان، جاجرم، ترود و خارتوران در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ اخذ شده از سازمان زمین شناسی کشور
- ✓ نقشه‌های توپوگرافی منطقه در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ اخذ شده از سازمان نقشه برداری کشور
- ✓ آمار و اطلاعات اخذ شده از سازمان‌های آب منطقه‌ای شاهرود، منابع طبیعی و آبخیزداری سمنان، موسسه تحقیقات خاک شاهرود و اداره کل محیط زیست استان سمنان
- ✓ آمار اخذ شده از ایستگاههای هواشناسی منطقه همچون بارندگی سالیانه، درجه حرارت و تبخیر.

بعد از جمع‌آوری آمار و اطلاعات منطقه از محیط نرم افزاری ArcGIS 9.3 برای تهیه لایه‌های اطلاعاتی استفاده گردید. اطلاعات و آمار جمع‌آوری شده بایستی دارای فرمت‌های قابل قبول برای ورود به محیط نرم افزار GIS باشند. اطلاعات تصویری همچون نقشه‌ها بعد از اسکن نمودن با فرمت JPEG وارد محیط نرم افزار شده و سایر اطلاعات آماری همچون آمار مربوط به چاه‌های منطقه با فرمت Xls وارد محیط نرم افزار می‌شود سپس با توجه به نقشه‌های پایه و آمار موجود، مرحله تهیه و ساخت لایه‌های اطلاعاتی آغاز می‌شود. در این مرحله با توجه به نقشه‌های پایه موجود لایه‌های مربوطه رقومی می‌شوند.

مرحله ۲: تولید و ساخت لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز از لایه‌های اطلاعاتی ورودی

مرحله دوم از مراحل مدلسازی تولید لایه‌های اطلاعاتی جدید از لایه‌های اطلاعاتی ورودی و اولیه می-باشد. ساخت لایه‌های شیب (Slope)، فاصله (Distance)، کوتاهترین مسیر (Shortest Path)، نقشه تراکم (Density)، محاسبه جهت (Aspect) و سایر توابع، همگی از جمله فرایندهایی می‌باشند که در این مرحله انجام می‌شوند.

مرحله ۳: طبقه‌بندی لایه‌های اطلاعاتی

بعد از ساخت لایه‌های اطلاعاتی، گام بعدی ترکیب لایه‌های مختلف به منظور شناسایی موقعیت‌های بالقوه مناسب برای تغذیه مصنوعی می‌باشد. به منظور ترکیب انواع لایه‌های اطلاعاتی، ابتدا بایستی آنها را به یک مقیاس یکسان و مشترک تبدیل نمود. این مقیاس بیانگر این است که هر موقعیت مشخص (هر پیکسل) چقدر برای اجرای پروژه‌های تغذیه مصنوعی مناسب می‌باشد به این صورت که هر لایه اطلاعاتی به نسبت فواصل مساوی، بین مقادیر ۱ تا ۱۰ و یا طبق نظرات کارشناسی، طبقه بندی می-شود. در این مرحله ارزش‌های بالاتر به مشخصه‌های آن کلاس‌هایی داده می‌شود که در امر مکانیابی برای تغذیه مصنوعی مهم تر می‌باشد (حاجی آبادیان و همکاران ۱۳۸۸).

مرحله ۴ : امتیاز دهی لایه‌های اطلاعاتی

یکی از مهمترین مراحل در تلفیق لایه‌های اطلاعاتی، تعیین اهمیت نسبی پارامترهای مورد استفاده و اختصاص وزن مناسب به هر یک از آنها می‌باشد. روش‌های مختلفی برای تلفیق لایه‌های اطلاعاتی در مطالعات مربوط به مکانیابی وجود دارد به طور کلی این روش‌ها بر پایه داده‌ها (داده محور) و یا بر پایه دانش کارشناسی (کارشناس محور) می‌باشند. در روش داده محور از جوابهای مساله استفاده شده و وزن مربوط به هر فاکتور تعیین می‌شود. در مدل‌هایی نظیر وزن‌های نشانگر و تجزیه و تحلیل شبکه عصبی از این روش استفاده می‌شود و در روش کارشناس محور از دانش کارشناسان متخصص و تجربه آنان استفاده شده است. از مدل‌های متکی به این روش می‌توان به مدل‌های تلفیقی فازی اشاره کرد. اما بهترین حالت استفاده همزمان از هر دو روش است، بطوریکه جهت وزن دهی به فاکتورها، نتایج حاصل از دانش و تجربیات کارشناسان با نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل اطلاعات موجود، با یکدیگر ترکیب می شوند (کارتر ۱۳۷۹).

در ذیل برخی از روش‌های پرکاربرد وزن‌دهی که در مطالعات مختلف توسط کاربران سیستم اطلاعات جغرافیایی مورد استفاده قرار می‌گیرد به طور مختصر اشاره می‌شود.

روش رتبه بندی (Ranking): در این روش بر اساس رای و نظر کاربر به هر یک از پارامترها یک وزن اختصاص داده می‌شود. به عنوان مثال به مهمترین پارامتر وزن ۱، به دومین پارامتر از نظر اولویت وزن ۲ و به همین ترتیب به پارامترهای بعدی نیز وزنی تعلق می‌گیرد و سپس با مرتب نمودن پارامترها، وزن‌های عددی به دست می‌آیند (Malczewski 1999).

روش نسبت دهی (Rating): در این روش به هر یک از پارامترها بر اساس اهمیت آنها امتیازی بین ۰ تا ۱۰۰ اختصاص می‌یابد به این صورت که امتیاز صفر به کم اهمیت‌ترین پارامتر و امتیاز ۱۰۰ به مهمترین پارامتر تعلق می‌گیرد و امتیاز بیشتر نمایانگر اهمیت نسبی بالاتر می‌باشد. در این روش برای هم مقیاس کردن پارامترها بعد از محاسبه وزن برای تمامی پارامترها هر یک از وزن‌ها با تقسیم بر مجموع کل وزن‌ها بین ۰ تا ۱ نرمالیزه می‌شوند (Malczewski 1999).

روش مقایسه دوتایی (AHP): این روش توسط ساعتی (Saaty) در سال ۱۹۸۰ به عنوان فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) معرفی شد. در این مرحله تصمیم‌گیری، باید هر زوج از معیارهای تصمیم‌گیری را با یکدیگر مقایسه نمود. مقایسه اهمیت نسبی هر زوج معیار تصمیم‌گیری نسبت به یکدیگر، در ابتدا به صورت کیفی انجام شده و سپس در یک مقیاس عددی شامل ۱ تا ۹ کمی می‌گردد. نتیجه مقایسه زوجـــی معیارهای تصمیم‌گیری به صورت ماتریس مقایسه نمایش داده می‌شود که در نهایت وزن نسبی معیارهای تصمیم‌گیری از آن مشتق می‌شود. محاسبه وزن معیارها بر اساس ماتریس به صورت زیر می‌باشد.

الف : محاسبه متوسط هندسی هر سطر از ماتریس (ریشه n ام حاصل ضرب n معیار واقع در هر سطر).

ب : محاسبه مجموع کل متوسط‌های هندسی محاسبه شده در مرحله الف.

ج : استانداردسازی هر متوسط هندسی محاسبه شده در مرحله الف یا تقسیم آن بر مقدار مجموع حاصل از مرحله ب.

روش AHP به دلیل داشتن مبانی نظری محکم و قابلیت استفاده از آن در جنبه‌های مختلف تصمیم گیری امروزه کاربرد فراوانی بخصوص در زمینه تعیین کاربری اراضی شهری پیدا نموده است. استفاده از این روش در محدوده وسیع به دلیل زیاد بودن تعداد مقایسه‌ها دشوار می‌باشد. این فرایند گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری دخالت داده و امکان تحلیل حساسیت روی معیارها را دارد. اساس تحلیل در این فرایند استفاده از مقایسه زوجی می‌باشد که سبب سهولت در قضاوت و محاسبات می‌شود. از مزایایی مهم این تکنیک در تصمیم‌گیری چند معیاره، تعیین نمودن میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم می‌باشد.

ساعتی (۱۹۸۰) اصول فرایند تحلیل سلسله مراتبی را به صورت زیر بیان نموده و کلیه محاسبات، قوانین و مقررات را بر این اصول بنا نهاده است.

اصل ۱)- شرط معکوس: اگر ترجیح عنصر A بر عنصرB برابر n باشد، ترجیح عنصر B بر عنصر A برابر ۱/n خواهد بود.

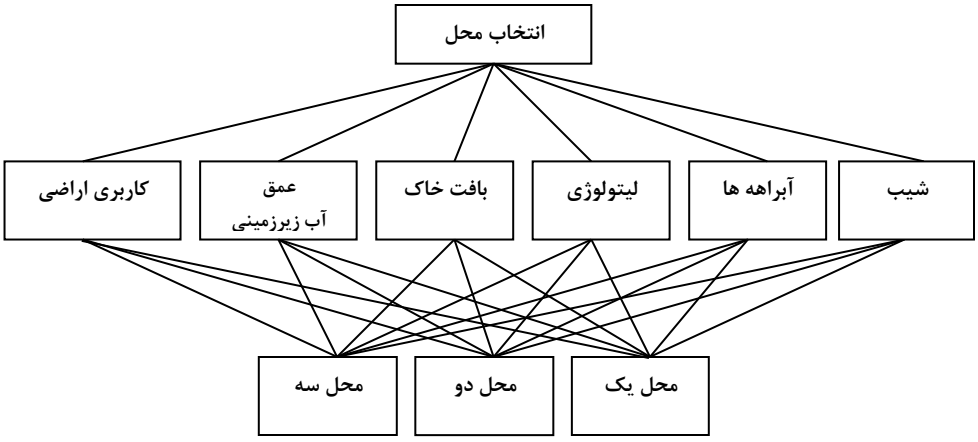
اصل۲)- اصل همگنی : عنصر A با عنصر B باید همگن و قابل مقایسه باشند به بیان دیگر برتری عنصر A بر عنصر B نمی‌تواند بی نهایت یا صفر باشد.

اصل۳)- وابستگی: هر عنصر سلسله مراتبی به عنصر سطح بالاتر خود می‌تواند وابسته باشد و به صورت خطی این وابستگی تا بالاترین سطح می‌تواند ادامه داشته باشد.

اصل ۴)- انتظارات: هرگاه تغییری در ساختمان سلسله مراتبی رخ دهد، فرایند ارزیابی باید مجدداً انجام گیرد (قدسی پور ۱۳۷۹).

اولین قدم در فرایند سلسله مراتبی، ساخت یک نمایش گرافیکی از هدف، معیارها و گزینه‌ها می‌باشد (شکل ۴-۲). سطح یک در سلسله مراتب نمایانگر هدف می‌باشد که انتخاب بهترین محل است و سطح دوم معیارهای مساله می‌باشد که در این مطالعه شامل شیب، بافت خاک، فاصله از آبراهه‌های مهم، و عمق آب زیرزمینی، کاربری اراضی و لیتولوژی می‌باشد و در سطح آخر گزینه‌ها قرار می‌گیرند. در فرایند

تحلیل سلسله مراتبی عناصر هر سطح نسبت به عنصر مربوطه در سطح بالاتر به صورت زوجی مقایسه شده و مقادیری کمی بین ۱ تا ۹ به هر عنصر تعلق می‌گیرد (جدول۴-۱).



شکل ۴-۲- نمایش گرافیکی هدف، معیارها و گزینه‌های انتخابی در مقایسه زوجی

جدول ۴-۱- مقادیر ترجیحات برای مقایسه های زوجی بین پارامترها

میزان اهمیت	تعریف (قضاوت شفاهی)
۱	اهمیت برابر
۲	اهمیت برابر تا متوسط
۳	اهمیت متوسط
۴	اهمیت متوسط تا قوی
۵	اهمیت قوی
۶	اهمیت قوی تا بسیار قوی
۷	اهمیت بسیار قوی
۸	اهمیت بسیار تا فوق العاده
۹	اهمیت فوق العاده

مرحله ۵: همپوشانی و تلفیق لایه‌های اطلاعاتی و تهیه نقشه‌های معیار

آنچه که در تعیین مکان‌های مناسب برای یک پروژه مهندسی حائز اهمیت است، استفاده صحیح و دقیق از تمامی داده‌های موجود می‌باشد. روش‌های مختلفی برای تلفیق لایه‌های اطلاعاتی در مطالعات مربوط به مکانیابی وجود دارد. همانطور که قبلاً ذکر شد این روش‌ها بر پایه داده‌ها (داده محور) و یا بر پایه مدل‌های مفهومی و یا دانش کارشناسی (کارشناس محور) می‌باشند. در ذیل روش‌های مختلف تلفیق اطلاعات، تشریح و روش‌های مناسب برای تلفیق اطلاعات در مطالعات مکانیابی در سیستم اطلاعات جغرافیایی تشریح می‌شود.

۴-۳- مدل‌های هم‌پوشانی لایه‌های اطلاعاتی

الف- مدل منطقی بولین (Boolean Logic Model)

این روش توسط George Bool ریاضیدان انگلیسی برای اولین بار مطرح شد و بعدها به عنوان منطق Boolean شهرت یافت. منطق بولین مجموعه‌ای ساده و منظم از علائم منطقی است که رفتاری مشابه با ریاضیات منظم جبری دارند. ریاضیات جبری بر روی اعداد عمل می‌کند، در حالیکه منطق بولین بر روی کمیت‌هایی که یا درست یا غلط می‌باشند تاکید دارد. به عبارت دیگر در این مدل، به هر پیکسل یکی از دو مقدار یک و یا صفر تعلق می‌گیرد که بیانگر حضور یا عدم حضور پارامتری خاص در آن محدوده است.

در روش بولین، با استفاده از عملگرهای AND و OR منطقی، لایه‌های اطلاعاتی مختلف که به صورت باینری هستند، تلفیق می‌گردند. این نوع از روش هم‌پوشانی از واحدهای مختلف، تصویری با دو کد صفر و یک ارائه می‌دهد. که کد یک نشان دهنده شرایط بهینه برای اجرای یک پروژه می‌باشد. این روش با وجود داشتن منطقی ساده و سرعت بالا در محاسبات، در امر مکانیابی کارایی ندارد چرا که در

این روش امکان وزن‌دهی داده‌ها وجود ندارد و امکان طبقه‌بندی هر پارامتر به کلاسهای مجزا نیز وجود ندارد. از طرفی دانش کارشناسی را نیز نمی‌توان در امر وزن دهی دخالت داد.

ب- مدل همپوشانی شاخص وزنی(Weighted Index Overlay Model)

این روش به عنوان یک روشی ساده و مناسب در تحلیلهای ترکیبی داده‌های مکانی مطرح می‌باشد و دارای انعطاف پذیری بالایی در ترکیب داده‌ها می‌باشد، در نتیجه مساله از چارچوب محدود باینری مدل بولین خارج شده و در فضای آزادتری حل می‌شود (کارتر، ۱۳۷۹). در این روش اوزان پارامترها و کلاس‌های مربوطه به هر یک از آنها با توجه به نظرات کارشناسی و مطالعات انجام شده، تعیین می‌شود و بدین ترتیب مقادیر مربوط به وزن پیکسل‌ها در نقشه خروجی با استفاده از رابطه زیر به دست می‌آید.

رابطه (۴-۱)
$$S = \sum_{i}^{n} W_i \times S_{ij} \Big/ \sum_{i}^{n} W_i$$

در این رابطه S وزن هر پیکسل در نقشه خروجی، W_i وزن پارامتر i ام و S_{ij} وزن نرمالیزه شده کلاس پیکسل یعنی کلاس j ام از نقشه i ام است .در این روش برای تعیین اهمیت نسبی هر پارامتر نسبت به سایر پارامترها، از میزان تاثیرگذاری آنها در امر مکانیابی استفاده نموده به این صورت که به مهمترین پارامتر بیشترین وزن تعلق می‌گیرد. همچنین هر یک از پارامترها به بازه‌هایی (Rate) تقسیم شده و برای هر بازه نیز امتیازی (Rank) در نظر گرفته می‌شود. کلاس‌های مختلف موجود در یک نقشه واحد، دارای اوزان متفاوتی خواهند بود. این روش در مقایسه با مدل بولین از انعطاف پذیری بیشتری در ترکیب ورودی‌ها و رتبه‌بندی خروجی‌ها برخوردار است و به‌دلیل داشتن ماهیت خطی زمان کوتاه‌تری در اجرای مدل نیازمند است (کارتر ۱۳۷۹).

ج- مدل نشانه‌های وزن‌دار (Weights of Evidence Model)

روش سوم، روش مدل نشانه‌های وزن دار (Weights of Evidence Model) می‌باشد. در این روش بعد از تعیین فاکتورهای موثر در مکانیابی، با استفاده از نشانه‌ها و اندیس‌ها و همینطور روش‌های آماری،

لایه‌های اطلاعاتی وزن‌دهی و تلفیق می‌گردند در روش فوق، دانش کارشناسی در تعیین فاکتورهای موثر در امر مکانیابی حائز اهمیت می باشند.

د- مدل منطقی فازی (Fuzzy Logic)

این روش مشابه روش نشانه‌های وزن‌دار می‌باشد. روشی است که در آن لایه‌های مختلف با موضوعات مختلف وزن‌دهی شده و دانش کارشناسی در آن دارای اهمیت بیشتری است. این روش که هم وابسته به مدل مفهومی و هم وابسته به اطلاعات مورد تفسیر می‌باشد، مناسب ترین روش در تلفیق لایه‌های اطلاعاتی جهت شناسایی مناطق دارای پتانسیل می‌باشد. در روش فازی با توجه به مدل مفهومی مورد نظر و دانش کارشناسی، برای هر یک از فاکتورها وزن خاصی بین صفر(عدم عضویت کامل) تا یک (عضویت کامل) و یا Byte از صفر تا ۲۵۵ بسته به اهمیت آنها داده می‌شود. عدد یک نشان دهنده عدم وجود عضو فازی می‌باشد. بنابراین در نقشه نهایی هر پیکسل یا مکان خاص، تابعی از پیکسل‌های متناظر در لایه ورودی می‌باشد. در این روش به منظور تعیین زون‌های دارای پتانسیل، فاکتورهای مذکور تلفیق می‌گردند و در نهایت محدوده‌ها پیشنهاد می‌شوند.

مجموعه‌های فازی دارای یک مرز مشخصی نبوده و بنابراین عضویت و یا عدم عضویت یک مکان در مجموعه‌های خاص به صورت تدریجی است. در آخر مقادیر وزن داده شده به هر پارامتر توسط عملگرهای فازی با یکدیگر ترکیب شده و نقشه خروجی حاصل می شود و هر یک از پیکسل‌های نقشه خروجی دارای یک درجه عضویت می باشند (کارتر ۱۳۷۹).

۴-۴-انتخاب پارامترهای موثر در مکان‌یابی طرح های تغذیه مصنوعی

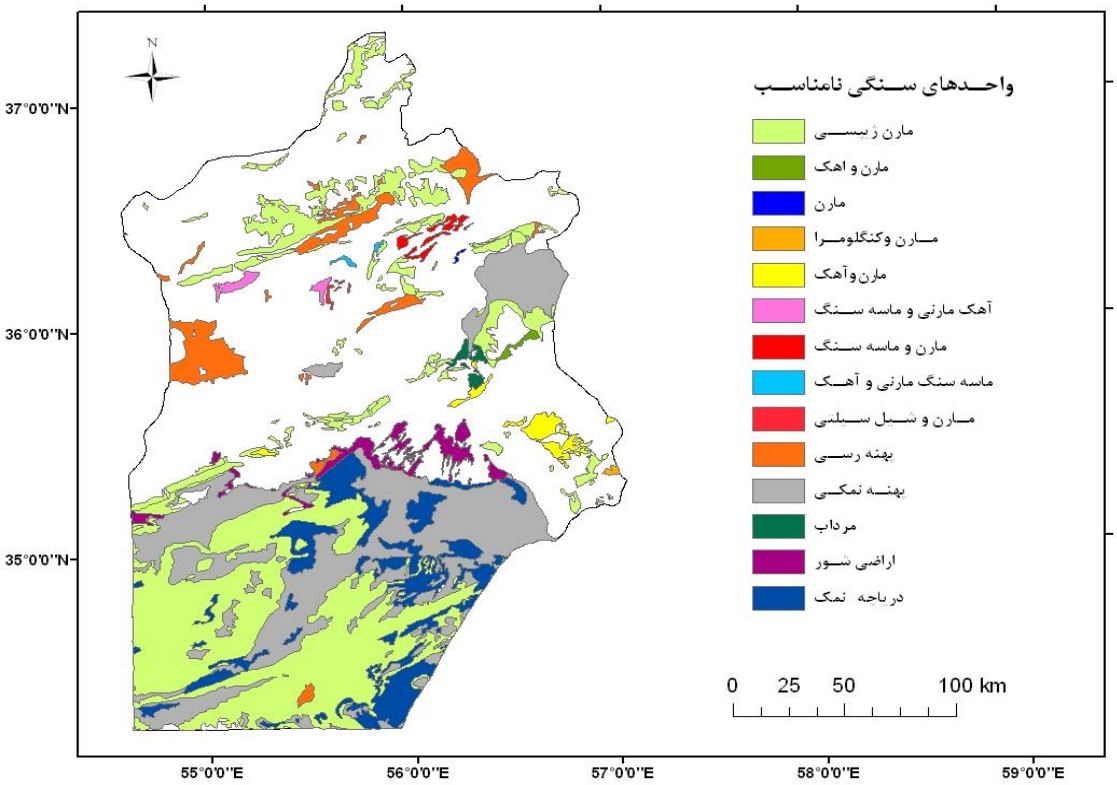
عوامل موثر در مکان‌یابی مناطق مستعد تغذیه مصنوعی متعددند از جمله این عوامل می‌توان به شاخص‌های اقلیمی، شاخص‌های مرفومتریک، شاخص‌های سیلاب، شاخص‌های خاک و زمین ساختاری و شاخص‌های اقتصادی و اجتماعی اشاره کرد. بدیهی است که استفاده از همه مشخصه‌های موثر در

مدل‌های مکانیابی میسر نیست. از این رو عوامل یاد شده با توجه به نکاتی از قبیل هدف، مقیاس کار و دقت قابل انتظار، شرایط منطقه، میزان تاثیرگذاری هر عامل و کافی بودن و در دسترس بودن اطلاعات، تعیین می‌شوند (حکمت پور و همکاران ۱۳۸۴).

در این تحقیق عواملی که نقش اساسی در تغذیه مصنوعی سفره‌های زیرزمینی دارند و نیز آمار و اطلاعات مربوط به آنها کاملتر بود مورد استفاده قرار گرفتند. برای این منظور از شاخص‌های شیب، بافت خاک، سنگ شناسی، عمق سطح ایستابی، فاصله از رودخانه، واحدهای سنگی نامناسب وکاربری اراضی استفاده گردید.

۴-۴-۱- لایه واحدهای سنگی نامناسب

با توجه به موقعیت جغرافیایی شهرستان شاهرود و واقع شدن آن در حاشیه فوقانی کمربند خشک و بیابانی، اکثر نواحی واقع در جنوب این شهرستان دارای لیتولوژی نامناسبی از نظر کیفی، برای اجرای پروژه‌های تغذیه مصنوعی می‌باشد. لیتولوژی این نواحی به دلیل واقع شدن در حاشیه کویر عمدتاً از نوع سازندهای تبخیری همچون نمک، گچ، مارن، آهک و دولومیت می‌باشد. برای این منظور از لایه زمین‌شناسی استفاده گردیده است به طوری که تمامی واحدهای دارای لیتولوژی مزبور از لایه زمین شناسی استخراج گردیده و سپس تحت عنوان لایه واحدهای سنگی نامناسب از بقیه لایه‌های انتخابی حذف گردید (شکل۴-۳).

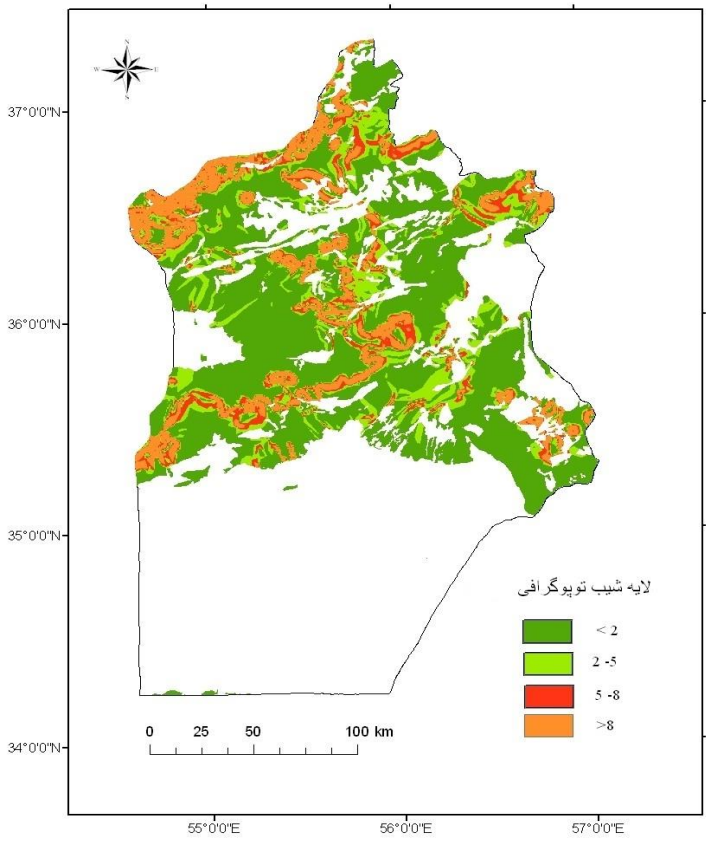


شکل۴-۳- لایه واحدهای سنگی نامناسب

۴-۴-۲- شیب

شیب به عنوان مهمترین پارامتر توپوگرافی، نقش تعیین کننده در جهت جریان آب داشته به گونه‌ای که سطح ایستابی همواره نمایانگر شیب عمومی زمین می‌باشد. گسترش سیلاب در اراضی کم شیب با یکنواختی بیشتر، دارای هزینه و خطر کمتری از انجام آن در زمین‌های پرشیب می‌باشد. بعد از تهیه لایه شیب، منطقه مطالعاتی به ۴ رده کمتر از ۲ درصد، ۲ تا ۵ درصد، ۵ تا ۸ درصد و بیشتر از ۸ درصد تقسیم شد. همانطور که مشاهده می‌شود قسمت اعظم منطقه دارای شیب کمتر از ۲ درصد می‌باشد (شکل ۴-۴). و شیب‌های بالاتر تنها بخشهای کوچکی از بخشهای شمالی و قسمتهای باریکی از بخشهای میانی و جنوبی منطقه را به خود اختصاص می‌دهند. به عبارتی بهتر این منطقه از نظر شیب، جهت اجرای پروژه‌های تغذیه مصنوعی همچون پخش سیلاب دارای شرایط مساعدی می‌باشد.

با توجه به حذف واحدهای سنگی نامناسب لایه شیب توسط روش (AHP) وزن‌دهی شد (جدول۴-۲).



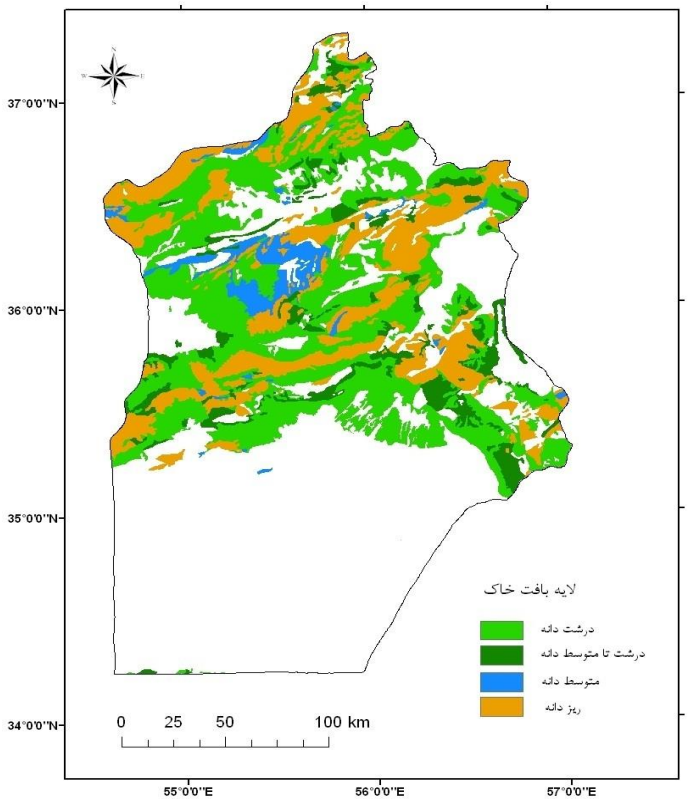
شکل ۴-۴- لایه شیب توپوگرافی

جدول۴-۲- طبقه بندی شیب توپوگرافی و نمره‌های مربوطه

شیب توپوگرافی (درصد)	<۲	۲-۵	۵-۸	> ۸	نمره
<۲	۱	۳	۵	۸	۰/۵۶
۲-۵	۰/۳۳	۱	۳	۶	۰/۲۷
۵-۸	۰/۲۰	۰/۳۳	۱	۴	۰/۱۲
> ۸	۰/۱۳	۰/۱۷	۰/۲۵	۱	۰/۰۵

۴-۴-۳- بافت خاک

مقدار نفوذ آب در زمین به بافت و ساختمان خاک بستگی دارد، به گونه‌ای که کم شدن مقدار نفوذ معمولا بر اثر بسته شدن منافذ و خلل و فرج خاک‌ها اتفاق می‌افتد. خاک‌ها بر اساس ساختمان و بافت به گروه‌های ریزدانه، درشت‌دانه و متوسط‌دانه تقسیم می‌شوند. آبرفت‌های درشت‌دانه به دلیل داشتن ضریب تراوایی و ذخیره بالا می‌توانند به عنوان یکی از گزینه‌های خوب برای اجرای پروژه‌های تغذیه مصنوعی باشند. به منظور تهیه لایه بافت خاک از نقشه خاکشناسی در مقیاس۱:۱۰۰۰۰۰۰ اخذ شده از مرکز تحقیقات آب و خاک کشور استفاده گردید (شکل۴-۵). همانطور که در این نقشه نمایان است محدوده شهرستان از چهار نوع بافت عمده ریز، متوسط، متوسط تا درشت دانه و درشت دانه تشکیل شده است. بعد از حذف لایه واحدهای سنگی نامناسب لایه بافت خاک نیز توسط روش (AHP) وزن-دهی شد (جدول ۴-۳).



شکل ۴-۵- لایه بافت خاک

جدول ۴-۳- طبقه بندی بافت خاک و نمره‌های مربوطه

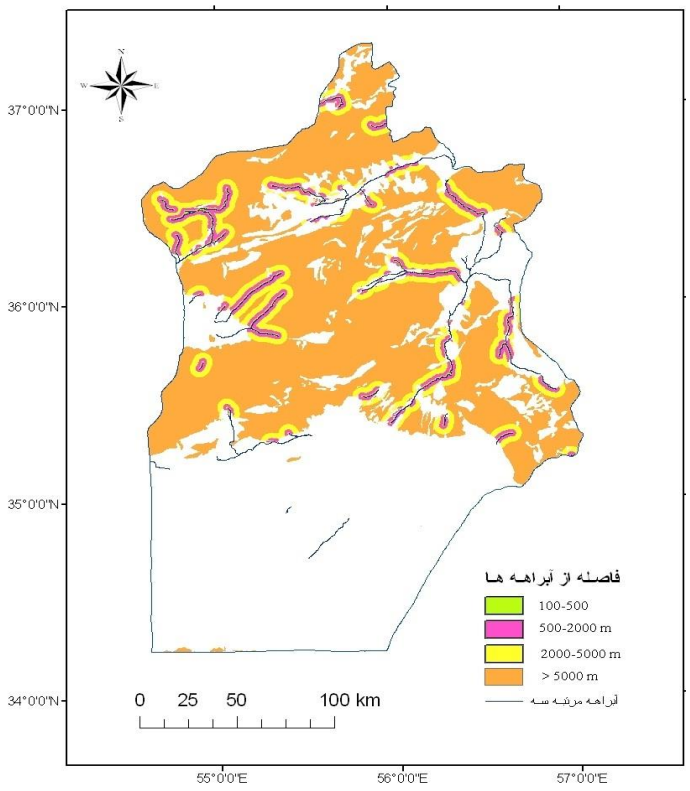
بافت خاک	درشت	درشت تا متوسط	متوسط	دانه ریز	نمره
درشت	۱	۳	۵	۷	۰/۵۵
درشت تا متوسط	۰/۳۳	۱	۳	۵	۰/۲۷
متوسط	۰/۲۰	۰/۳۳	۱	۴	۰/۱۳
دانه ریز	۰/۱۴	۰/۲۰	۰/۲۵	۱	۰/۰۵

۴-۴-۴- فاصله از آبراهه‌ها

یکی از مهمترین پارامترها در امر مکانیابی تغذیه مصنوعی وجود آبراهه‌هایی است که بتواند آب مورد استفاده جهت تغذیه مصنوعی را تامین نماید. به مجموعه آبراهه‌هایی که عمل تخلیه جریانهای سطحی را در حوضه آبریز انجام می‌دهند شبکه زهکشی می‌گویند. هر چه تعداد آبراهه‌ها بیشتر باشد حوضه تکامل یافته‌تر بوده و تخلیه از آن راحت‌تر می‌شود. تراکم زهکشی و رده آبراهه‌ها از جمله نمایه‌های مربوط به تعیین تکامل حوضه می‌باشد. سرشاخه هر آبراهه که از ارتفاعات شروع می‌شود آبراهه رده یک خوانده می‌شود. از اتصال حداقل دو آبراهه رده یک، آبراهه رده دو بوجود می‌آید و آبراهه رده دو با اتصال به یک آبراهه رده دو دیگر به یک آبراهه رده سه تبدیل می‌گردد. شماره رده آبراهه در نقطه تمرکز، نشان دهنده درجه تکامل شبکه آبراهه در حوضه بالادست آن نقطه می‌باشد. بدیهی است که هر چه شماره رده بیشتر باشد آبراهه تکامل یافته‌تر خواهد بود (سپند ۱۳۸۶).

در این مطالعه از آبراهه‌های رده سه و بالاتر استفاده شده است. به منظور تهیه لایه شبکه زهکشی نقشه‌های توپوگرافی منطقه رقومی گردید و بر مبنای آن شبکه آبراهه ترسیم گردید. ساختمان‌های تغذیه مصنوعی باید در فواصل مناسبی از آبراهه‌ها و مسیل‌هایی با رواناب کافی احداث شوند زیرا با زیاد شدن فاصله نواحی انتخابی جهت پروژه‌های تغذیه مصنوعی، هزینه اجرای طرح بالا رفته و از نظر اقتصادی توجیه‌پذیر نمی‌باشد و همینطور نزدیک بودن نواحی انتخابی به آبراهه‌ها سبب زهکشی آب

تغذیه شده توسط آبراهه می‌شود برای این منظور فواصل نسبت به آبراهه‌ها براساس درجه مناسب بودن با استفاده از مقادیر جدول (۴-۴) طبقه‌بندی شدند و فواصل کمتر از ۱۰۰ متری نیز از مطالعه حذف گردید (شکل ۴-۶).



شکل ۴-۶- لایه فاصله از آبراهه های مرتبه بزرگتر از سه

جدول ۴-۴- فاصله از آبراهه و نمره‌های مربوطه

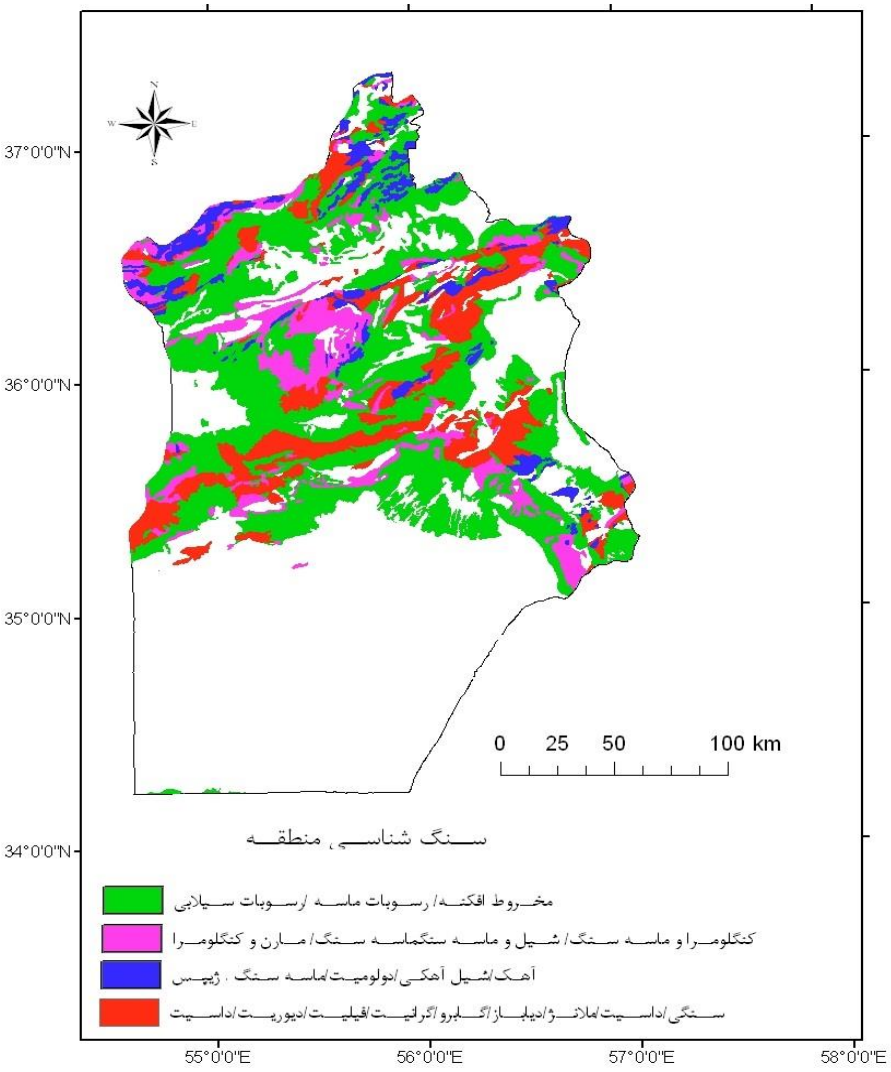
فاصله از آبراهه (متر)	۱۰۰-۵۰۰	۵۰۰-۲۰۰۰	۲۰۰۰-۵۰۰۰	> ۵۰۰۰	نمره
۱۰۰ -۵۰۰	۱	۳	۵	۹	۰/۵۸
۵۰۰-۲۰۰۰	۰/۳۳	۱	۳	۴	۰/۲۴
۲۰۰۰-۵۰۰۰	۰/۲۰	۰/۳۳	۱	۳	۰/۱۳
>۵۰۰۰	۰/۱۱	۰/۲۵	۰/۳۳	۱	۰/۰۵

۴-۴-۵- سنگ شناسی

سنگ شناسی یکی از پارامترهای مهم در مطالعات مکان‌یابی تغذیه مصنوعی می‌باشد. با توجه به اینکه هدف اصلی از این مطالعه گزینش مناسب‌ترین مکان برای اجرای پهنه‌های تغذیه مصنوعی و پخش سیلاب می‌باشد، بنابراین توجه دقیق به خصوصیات منطقه از جمله سنگ‌شناسی و سازندهایی که در منطقه رخنمون دارند از اهمیت بسیار بالایی برخوردار می‌باشد. از طرفی توالی سنگی در یک محل نمایانگر بسیاری از خصوصیات از قبیل کیفیت آب، خواص فیزیکی خاک و ... می‌باشد. بهترین مناطق برای تغذیه مصنوعی نواحی می‌باشند که از نظر سنگ‌شناسی دارای توالی‌های رسوبی سخت نشده باشند به عبارتی بهتر از رسوبات آبرفتی و مخروط افکنه‌ای و رسوبات مربوط به دره‌های مدفون تشکیل شده باشند. برای این منظور لایه سنگ شناسی با استفاده از نقشه زمین‌شناسی منطقه تهیه گردید (شکل ۴-۷). عمده رخنمون سنگی در محدوده مطالعاتی از نوع مارن و مارن ژیپسی می‌باشد که بیشتر در بخشهای جنوبی شهرستان گسترش دارد. نهشته‌های کواترنری در حاشیه ارتفاعات به صورت درشت دانه و به طرف مرکز دشت ریزدانه می‌باشد. بعد از حذف لایه واحدهای سنگی نامناسب این لایه نیز با روش (AHP) وزن‌دهی شد (جدول۴-۵).

جدول ۴-۵- طبقه بندی لیتولوژی و نمره‌های مربوطه

اولویت	لیتولوژی	نمره
A	رسوبات مخروط افکنه ای، رسوبات دشتهای آبرفتی، رسوبات ماسه ای	۰/۵۷
B	ماسه سنگ، شیل، سیلتستون، کنگلو.مرا، شیل سیلتی،	۰/۲۶
C	آهک، دولومیت، شیل آهکی، آهک-دولومیت	۰/۱۳
D	آندزیت، پریدوتیت، ملانژ، توف، فیلیت، دیوریت، مرمر، داسیت، دیاباز و ...	۰/۰۵

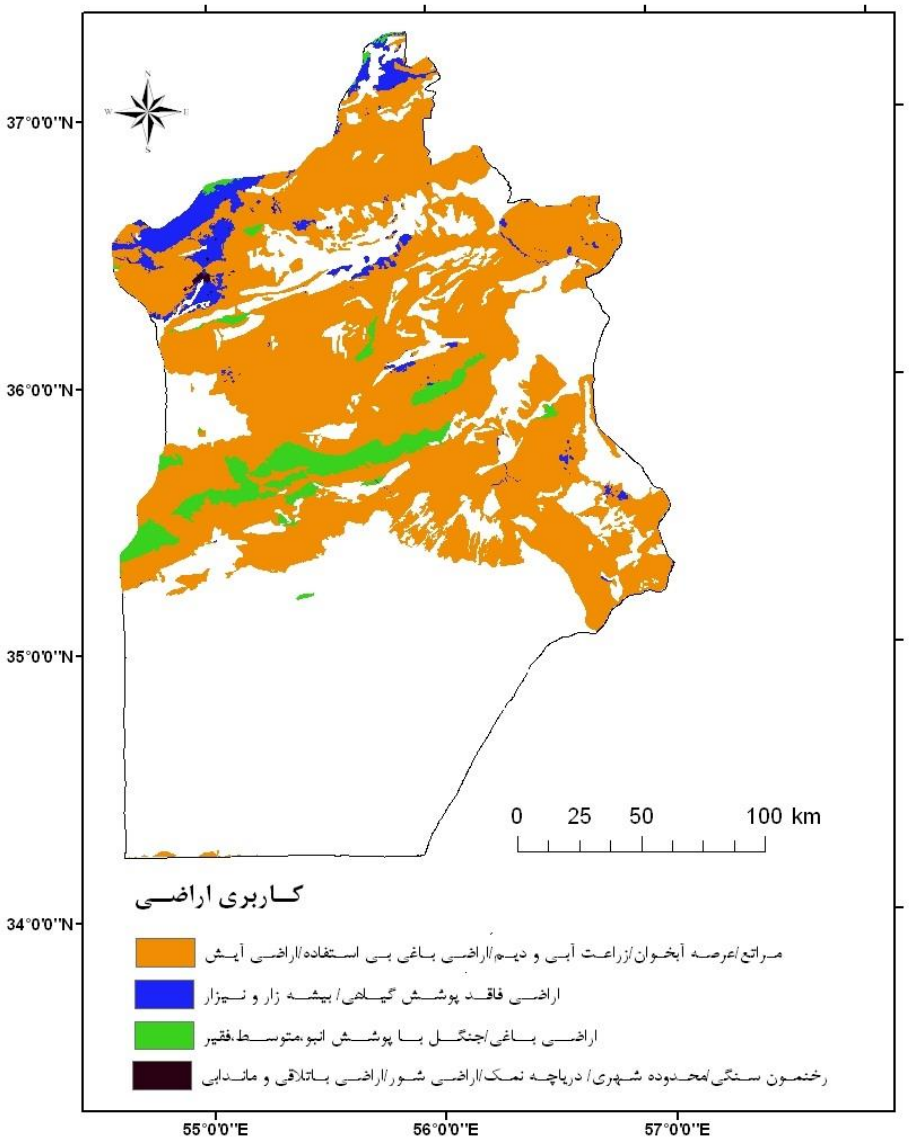


شکل۴-۷- لایه سنگ شناسی منطقه

۴-۴-۶- کاربری اراضی

اجرای تکنیک‌های مختلف تغذیه مصنوعی و پخش سیلاب مستلزم وجود گستره‌های مناسب از نظر کاربری اراضی می‌باشد به طوری که این پهنه‌ها بایستی به دور از تمرکز تاسیسات، مناطق مسکونی، اراضی کشاورزی و باغی، رخنمون‌های سنگی، مرداب‌ها و شوره‌زار، مناطق کویری، دریاچه نمک و ... باشند. بنابراین لزوم تهیه لایه کاربری اراضی کاملاً مشهود می‌باشد. بر اساس تحقیقات و مطالعات انجام شده، مناسب‌ترین مناطق برای تغذیه مصنوعی از نظر کاربری مراتع و عرصه آبخوان می‌باشند. برای

تهیه لایه کاربری اراضی از تصاویر ماهواره‌ای اخذ شده از سازمان فضایی ایران و تصاویر Google Earth استفاده گردید (شکل ۴-۸). با توجه به حذف لایه واحدهای سنگی نامناسب، این لایه توسط روش (AHP) وزن‌دهی شد (جدول ۴-۶).



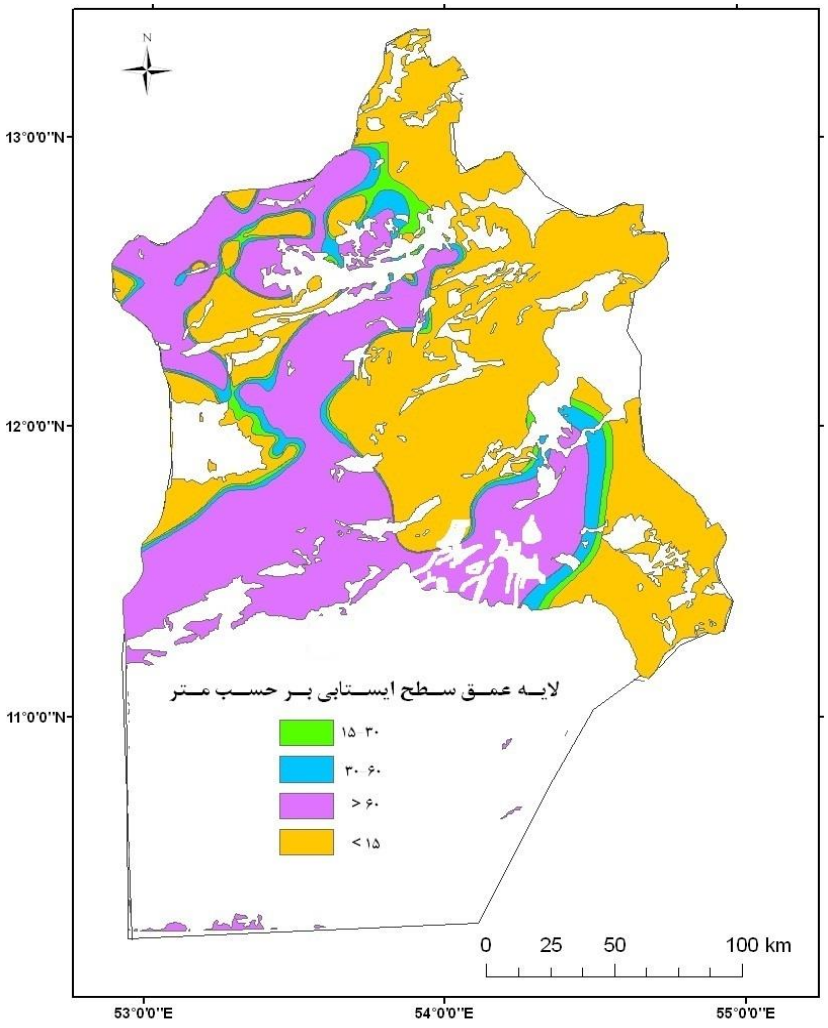
شکل ۴-۸- لایه کاربری اراضی

جدول ۴-۶- طبقه بندی کاربری اراضی و نمره‌های مربوطه

اولویت	کاربری	نمره
E	مراتع/ عرصه آبخوان/ زراعت آبی/ زراعت دیم/ مخلوط دیم وآبی/ اراضی باغی بودن استفاده/ اراضی آیش	۰/۵۸
F	بیشه زار / نیزار / اراضی فاقد پوشش گیاهی /	۰/۲۶
G	اراضی باغی / جنگل با تاج پوشش کم/ جنگل با تاج پوشش متوسط/ جنگل با تاج پوشش انبوه/	۰/۱۲
H	محدوده شهری/کویر/ دریاچه نمک/ اراضی شور/ اراضی حاشیه دریاچه نمک/ اراضی باتلاقی و ماندابی/ رخنمون سنگی	۰/۰۴

۴-۴-۷- عمق سطح ایستابی

یکی دیگر از پارامترهای مهم در گزینش محل‌های تغذیه مصنوعی اطلاع از وضعیت سطح ایستابی منطقه می‌باشد. تاکنون مطالعه دقیقی در خصوص نقش عمق سطح ایستابی در تغذیه آب‌های زیرزمینی صورت نگرفته است، ولی ماندآب‌های ایجاد شده در مناطق آبرفتی که سفره آزاد آب آنها نزدیک به سطح زمین بوده و مشکلات زیست محیطی حاصل از آن، اهمیت این عامل را گوشزد می‌کند. این درحالی است که با زیاد شدن عمق سطح ایستابی بیش از حد معمول، اجرای طرح‌های تغذیه مصنوعی عملا توجیه اقتصادی نخواهد داشت. برای این منظور داده‌های مربوط به تراز آب زیرزمینی وارد محیط نرم افزاری ArcGIS 9.3 شده و با کمک ابزار Spatial Analysis اقدام به تهیه خطوط کنتوری تراز آب گردید (شکل۴-۹). سپس با توجه به حذف لایه واحدهای سنگی نامناسب و اختصاص وزن‌های جدید لایه عمق آب زیرزمینی طبقه‌بندی گردید (جدول ۴-۷).



شکل ۴-۹- لایه عمق سطح آب زیرزمینی

جدول ۴-۷- طبقه بندی عمق آب زیرزمینی و نمره‌های مربوطه

عمق آب زیرزمینی (متر)	۱۵-۳۰	۳۰-۶۰	>۶۰	<۱۵	نمره
۱۵-۳۰	۱	۲	۷	۸	۰/۵۴
۳۰-۶۰	۰/۵۰	۱	۴	۶	۰/۳۰
>۶۰	۰/۱۴	۰/۲۵	۱	۴	۰/۱۱
<۱۵	۰/۱۳	۰/۱۷	۰/۲۵	۱	۰/۰۵

۴-۵- تلفیق لایه های اطلاعاتی

در این مطالعه از مدل همپوشانی شاخص وزنی (Weighted Index Overlay Model) برای تلفیق و رویهم اندازی لایه‌ها استفاده گردید. این مدل شامل یک سیستم طبقه‌بندی عددی (Ranking) می‌باشد که متشکل از سه بخش وزن‌ها (Weights)، بازه‌ها (Ranges) و نمره‌ها (Ratings) می‌باشد. در این مطالعه همانطور که در بخش‌های قبلی اشاره گردید از روش (AHP) برای وزن‌دهی استفاده شده است. به این صورت که هریک از پارامترها بر اساس میزان تاثیرگذاری در امر مکانیابی، نسبت به پارامتر دیگر مورد ارزیابی قرار گرفته و وزنی (Weights) به آن اختصاص می‌یابد (جدول۴-۸).

جدول ۴-۸ - وزن نسبی معیارها نسبت به یکدیگر

	شیب	بافت خاک	کاربری	فاصله از رودخانه	لیتولوژی	عمق آب	وزن
شیب	۱	۲	۴	۴	۵	۷	۰/۳۸
بافت خاک	۰/۵۰	۱	۳	۳	۵	۶	۰/۲۶
کاربری	۰/۲۵	۰/۳۳	۱	۲	۴	۵	۰/۱۶
فاصله از رودخانه	۰/۲۵	۰/۳۳	۰/۵۰	۱	۳	۴	۰/۱۱
لیتولوژی	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۵	۰/۳۳	۱	۲	۰/۰۵
عمق آب	۰/۱۴	۰/۱۷	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۵۰	۱	۰/۰۴

علاوه بر این هر یک از پارامترها نیز به بازه‌هایی تقسیم می‌شوند که هر یک از این بازه‌ها نیز بر اساس میزان اهمیت در امر مکانیابی، نسبت به بازه دیگر مورد ارزیابی قرار گرفته و نمره‌ای (Ratings) به آن تعلق می‌گیرد. در این مطالعه نمره مربوط به بازه‌ها در همان قسمت معرفی هر پارامتر به صورت جدولی جداگانه آورده شده است. سپس برای همپوشانی و تلفیق لایه‌ها از تابع Raster Calculator کمک گرفته و تمامی لایه‌ها با توجه به رابطه (۴-۲) با هم تلفیق گردیدند.

$$S = \sum_{i}^{n} W_i \times S_{ij} \Big/ \sum_{i}^{n} W_i \qquad (۲-۴)$$

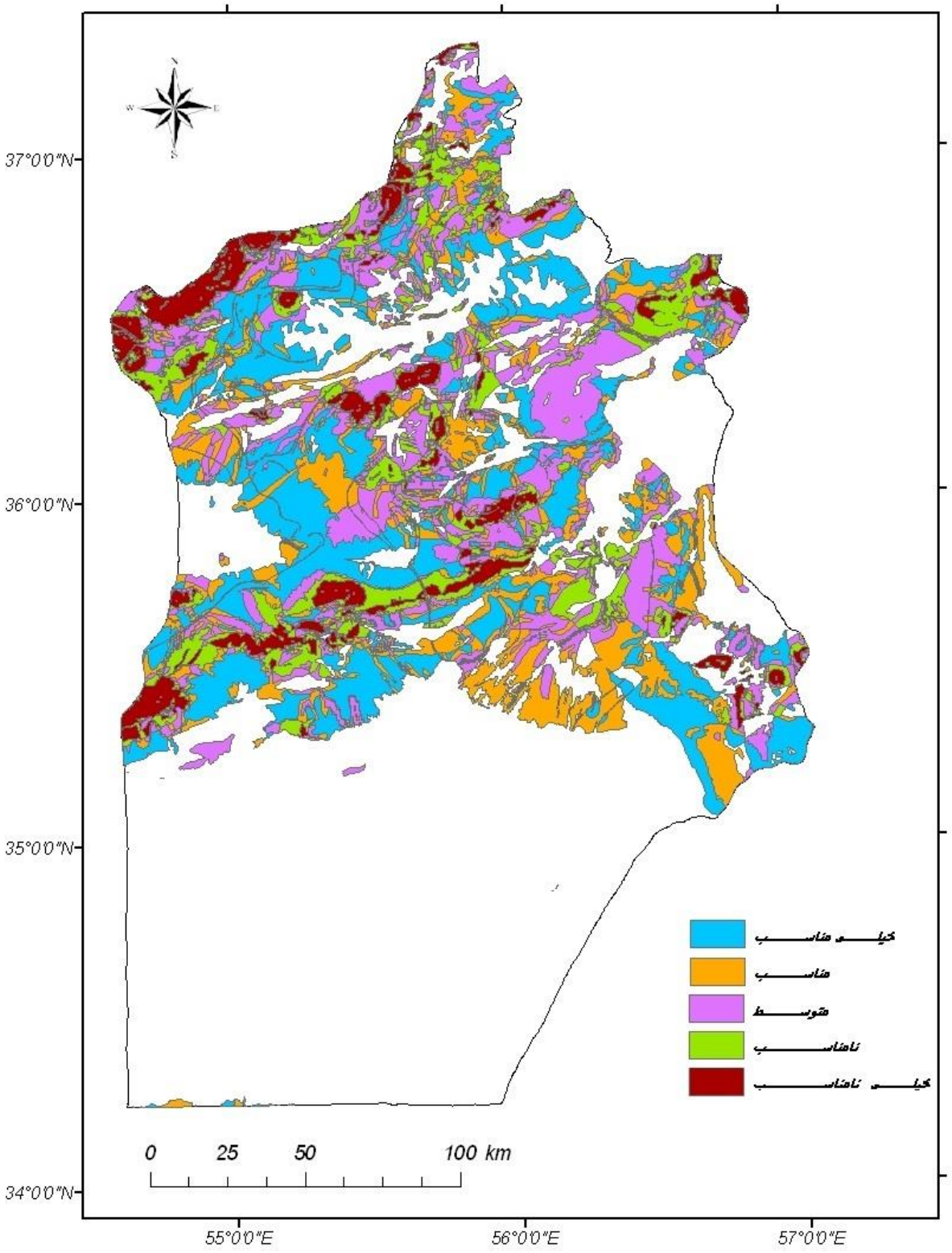
و نهایتاً نقشه نواحی مناسب جهت اجرای پروژه‌های تغذیه مصنوعی تعیین گردید. در این نقشه مناطق انتخابی دارای امتیازی بین ۵ تا ۵۶ می‌باشند (شکل ۴-۱۰).

در ادامه مناطق انتخابی در پنج گروه خیلی مناسب، مناسب، متوسط، نامناسب و خیلی‌نامناسب طبقه-بندی شدند. برای این منظور از یکی از روش‌های مرزبندی برای طبقه‌بندی مناطق در گروه‌های مربوطه استفاده گردید. مرزبندی مناطق انتخابی به دو صورت، مرزبندی توسط گزینش مساحت‌های برابر و مرزبندی توسط گزینش امتیازهای برابر صورت می‌گیرد که در این مطالعه از روش دوم یعنی مرزبندی توسط گزینش امتیازهای برابر استفاده گردیده است بر این اساس با توجه به حداقل و حداکثر امتیاز کسب شده توسط مناطق، امتیازها به صورت رابطه (۴-۳) تقسیم می‌شوند. جدول(۴-۹) تقسیم بندی امتیازها را نشان می‌دهد.

$$\text{int}\,erval = \frac{56-5}{5} = 10.2 \qquad (۳-۴)$$

جدول ۴- ۹- تقسیم بندی امتیاز ها در ۵ گروه

گروه	طبقه بندی	امتیاز
۱	خیلی نامناسب	۵-۱۵
۲	نامناسب	۱۵-۲۵
۳	متوسط	۲۵-۳۵
۴	مناسب	۳۵-۴۵
۵	خیلی مناسب	۴۵-۵۶



شکل ۴-۱۰- نواحی انتخابی برای پروژه های تغذیه مصنوعی در شهرستان شاهرود

بعد از تهیه نقشه زون‌بندی نواحی جهت تغذیه مصنوعی، نواحی انتخابی به عنوان مکان‌های خیلی مناسب توسط پارامترهای اقتصادی از قبیل نزدیکی به جاده، نزدیکی به رودخانه‌های سیلابی و داشتن کاربری مناسب مورد ارزیابی قرار گرفته و نواحی مناسب‌تر مورد گزینش قرار می‌گیرند.

۴-۶- اولویت‌بندی نواحی انتخابی

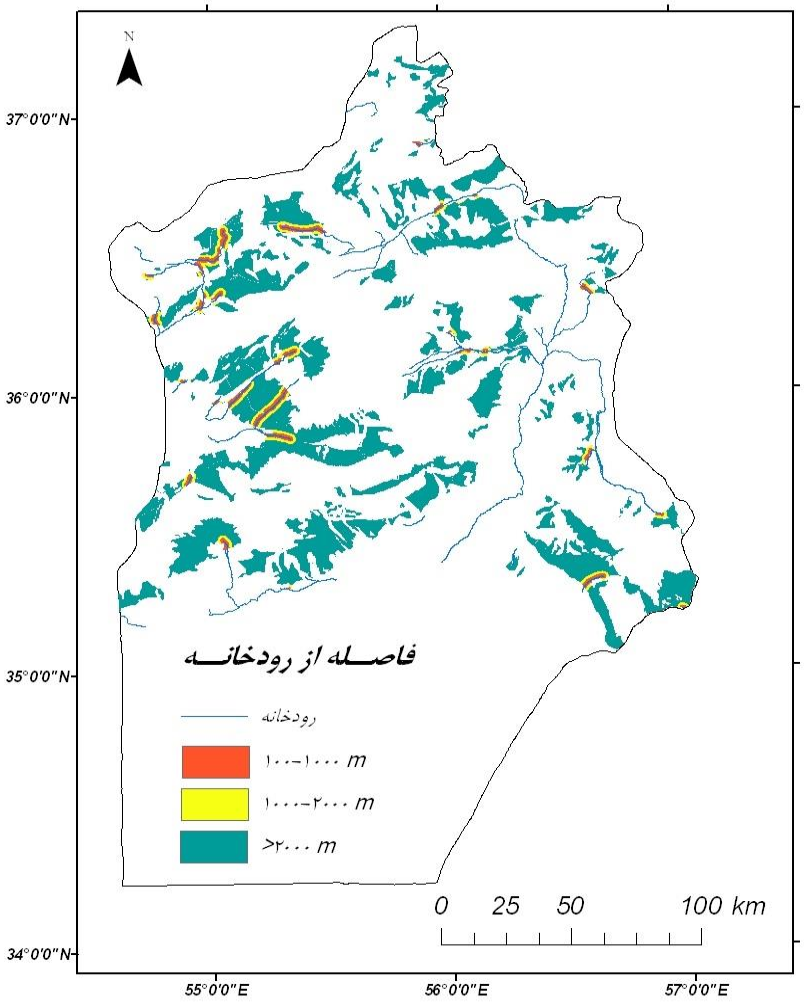
برای این منظور از پارامترهای اقتصادی شامل فاصله از رودخانه، فاصله از جاده و ارزش زمین استفاده شده است.

۴-۶-۱- فاصله از رودخانه‌ها

پارامتر فاصله در مراحل قبلی مکانیابی نیز منظور شده است، اما در این مرحله مناطق خیلی مناسب به طور دقیق‌تر از نقطه نظر این پارامتر مورد بررسی قرار می‌گیرد. برای این منظور لایه فاصله از رودخانه را این بار فقط برای نواحی خیلی مناسب امتیازدهی نموده (جدول۴-۱۰). سپس وزن‌های بدست آمده را در مرحله نهایی مکانیابی مورد استفاده قرار داده و نواحی مناسب‌تر به این طریق گزینش می‌شوند (شکل ۴-۱۱).

جدول ۴-۱۰- طبقه بندی فاصله از رودخانه و نمره‌های مربوطه

فاصله از رودخانه (متر)	۱۰۰-۱۰۰۰	۱۰۰۰-۲۰۰۰	>۲۰۰۰	نمره
۱۰۰-۱۰۰۰	۱	۳	۵	۰/۶۳
۱۰۰۰-۲۰۰۰	۰/۳۳	۱	۳	۰/۲۶
>۲۰۰۰	۰/۲۰	۰/۳۳	۱	۰/۱۱



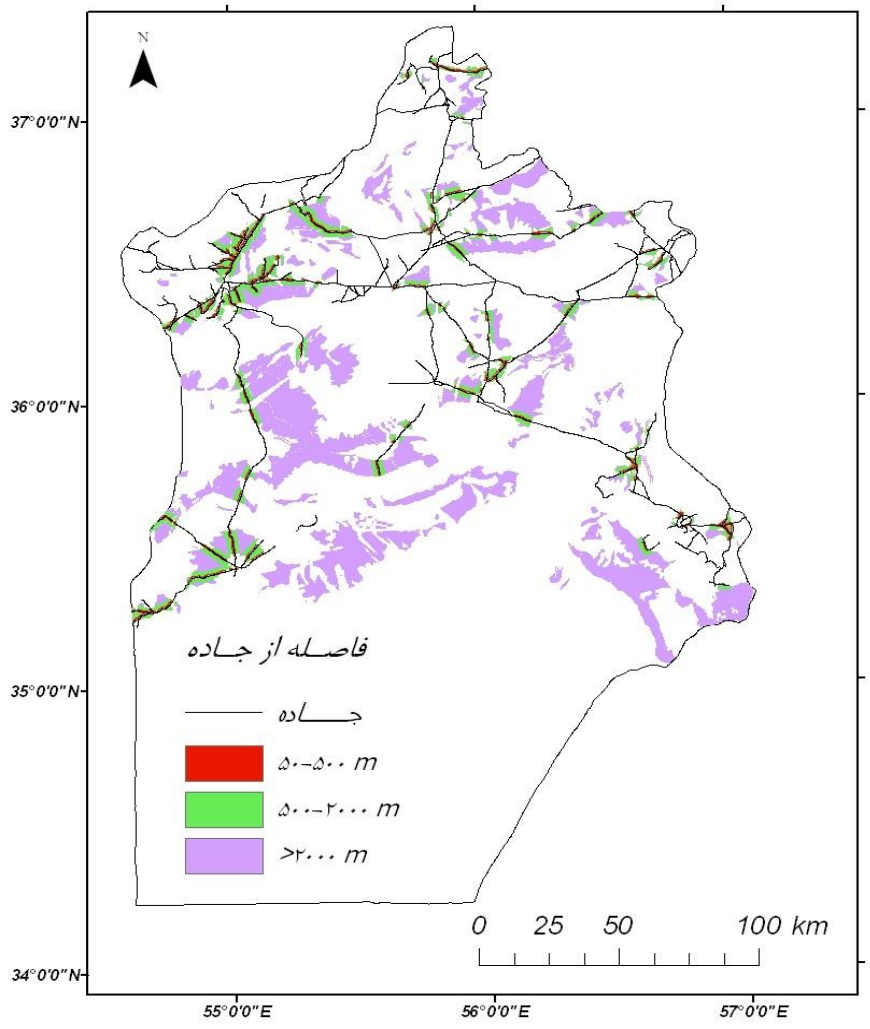
شکل ۴-۱۱- لایه فاصله از رودخانه

۴-۶-۲- فاصله از جاده

فاصله از جاده در این مرحله به عنوان یکی از پارامترهای اقتصادی خصوصاً از نقطه نظر سهولت دسترسی به نواحی انتخابی به عنوان لایه سوم در مرحله نهایی مکانیابی مورد استفاده قرار می‌گیرد. جدول (۴-۱۱) وزن‌های مورد استفاده در طبقه‌بندی این لایه را نشان می‌دهد. شکل (۴-۱۲) لایه فاصله از جاده را نشان می‌دهد. فواصل کمتر از ۵۰ متری به عنوان حریم جاده از مطالعه حذف گردید.

جدول ۴-۱۱- طبقه بندی فاصله از جاده و نمره‌های مربوطه

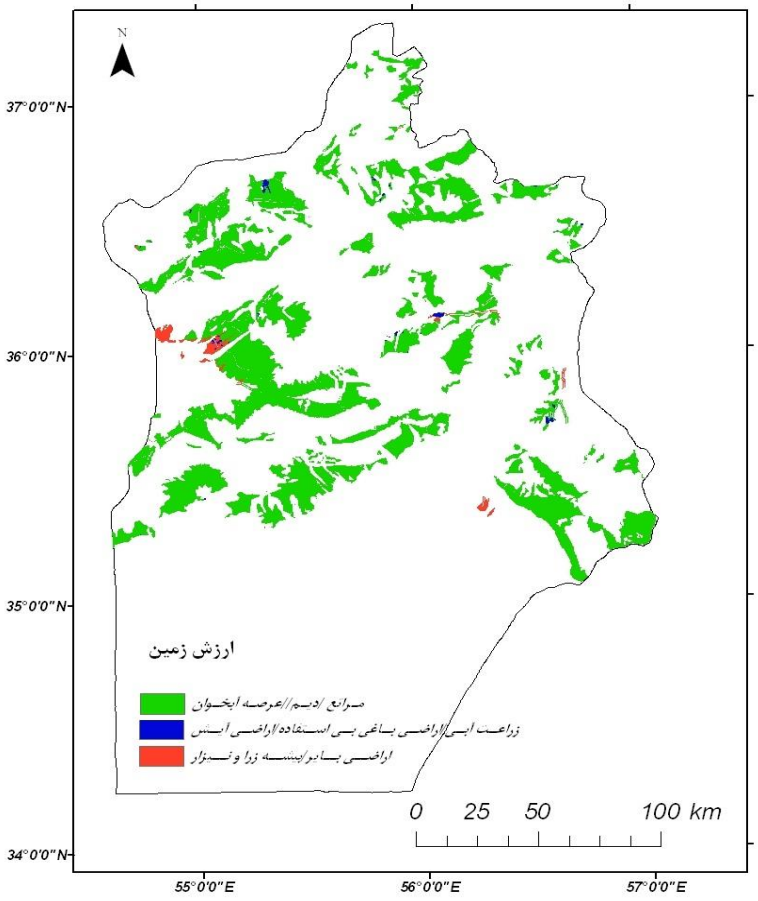
فاصله از جاده (متر)	۵۰۰–۵۰۰	۲۰۰۰–۵۰۰	>۲۰۰۰	نمره
۵۰۰–۵۰۰	۱	۲	۵	۰/۵۸
۲۰۰۰–۵۰۰	۰/۵۰	۱	۳	۰/۲۱
>۲۰۰۰	۰/۲۰	۰/۳۳	۱	۰/۱۱



شکل ۴- ۱۲- لایه فاصله از جاده

۴-۶-۳- ارزش زمین

با توجه به اینکه درمراحل مختلف مکانیـابی امکان گزینش نواحی با کاربری اراضی نامناسب با توجه به کسب امتیاز مناسب از سایر پارامترها وجود دارد بنابراین استفاده از این پـارامتر در این مرحله صرفاً جهت حذف نواحـی با کاربری نامناسب و گزینش نواحی دارای کاربری با ارزش مطلوب‌تر می‌باشد. برای مثال با توجه به اولویت اجـرای پروژه‌های تغذیه مصنوعی در مراتع نسبت به نواحـی دیگر، بنـابراین می‌توان گفت که مراتع از این نظر دارای ارزش مطلوب‌تری می‌باشند برای این منظور لایه کاربری اراضی این بار فقط برای نواحی انتخابی خیلی مناسب در مرحله قبل، بر اساس ارزش زمین وزن دهی گردید (جدول ۴-۱۲). بر اساس جدول امتیاز دهی بالاترین امتیاز به مراتع و اراضی دیم و کمترین امتیاز به اراضی بایر اختصاص یافت (شکل ۴-۱۳).



شکل۴-۱۳- لایه ارزش زمین

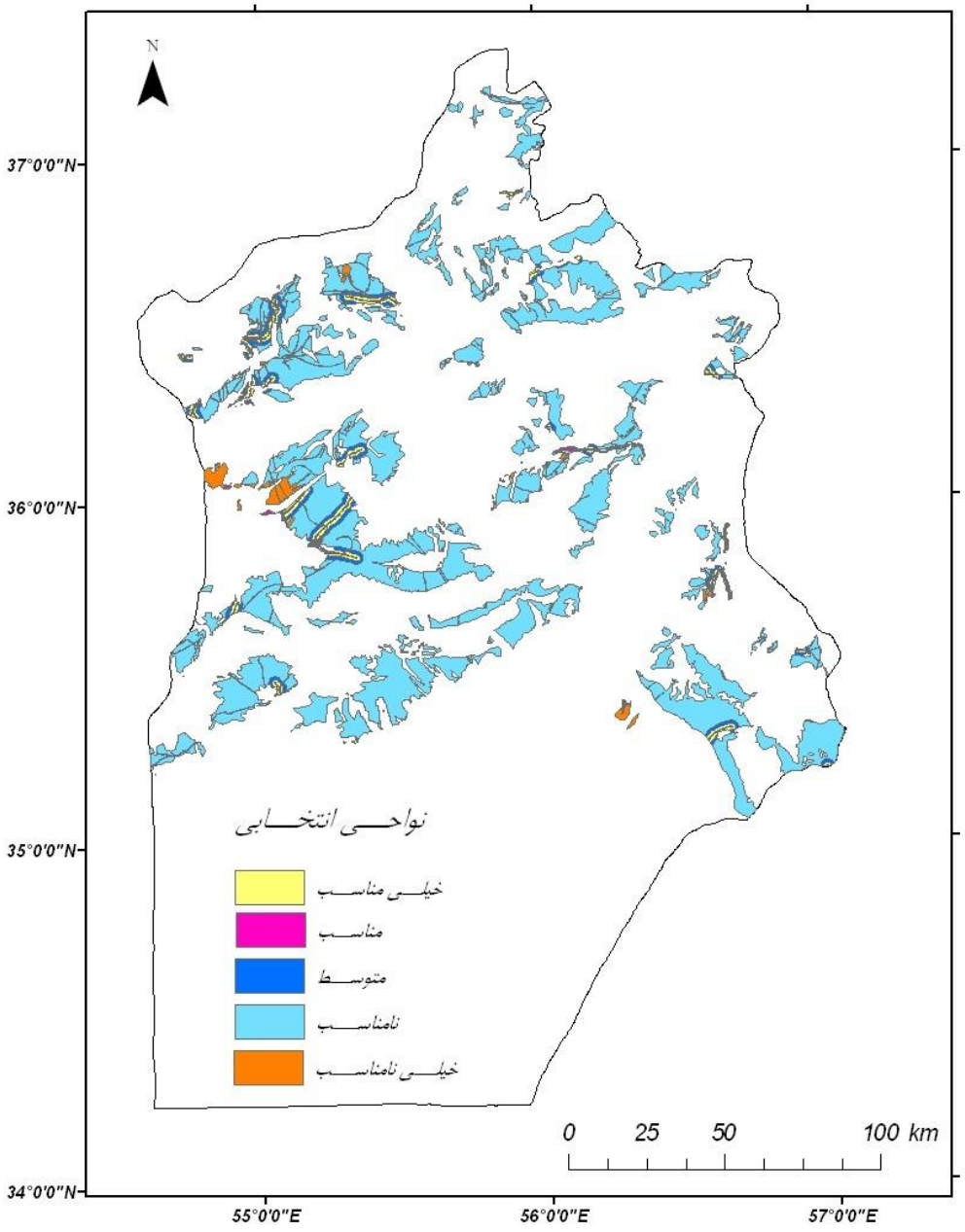
جدول ۴-۱۲- طبقه بندی لایه ارزش زمین و نمره‌های مربوطه

کاربری اراضی	مرتع / دیم	کشاورزی/زراعت آبی	اراضی بایر /بیشه زار و نیزار	نمره
مرتع / دیم	۱	۲	۳	۰/۵۴
کشاورزی/زراعت آبی	۰/۵۰	۱	۲	۰/۳۰
اراضی بایر /بیشه زار و نیزار	۰/۳۳	۰/۵۰	۱	۰/۱۶

در این مرحله نیز جهت وزن‌دهی به لایه‌ها از روش (AHP) استفاده نموده و به هریک از لایه‌ها متناسب با درجه اهمیت آنها در مکانیابی وزنی تعلق می‌گیرد. در جدول (۴-۱۳) وزن‌های هر یک از پارامترها نسبت به پارامتر دیگر آورده شده است. در این مرحله نیز نمره بازه‌های مربوط به هر یک از پارامترها در همان قسمت معرفی پارامتر آورده شده است شکل (۴-۱۴) نقشه خروجی را نشان می‌دهد.

جدول ۴-۱۳- وزن نسبی پارامترهای اقتصادی نسبت به یکدیگر

	فاصله از رودخانه	**ارزش زمین**	**فاصله از جاده**	**وزن**
فاصله از رودخانه	۱	۲	۵	۰/۵۷
ارزش زمین	۰/۵۰	۱	۴	۰/۳۳
فاصله از جاده	۰/۲۰	۰/۲۵	۱	۰/۱۰

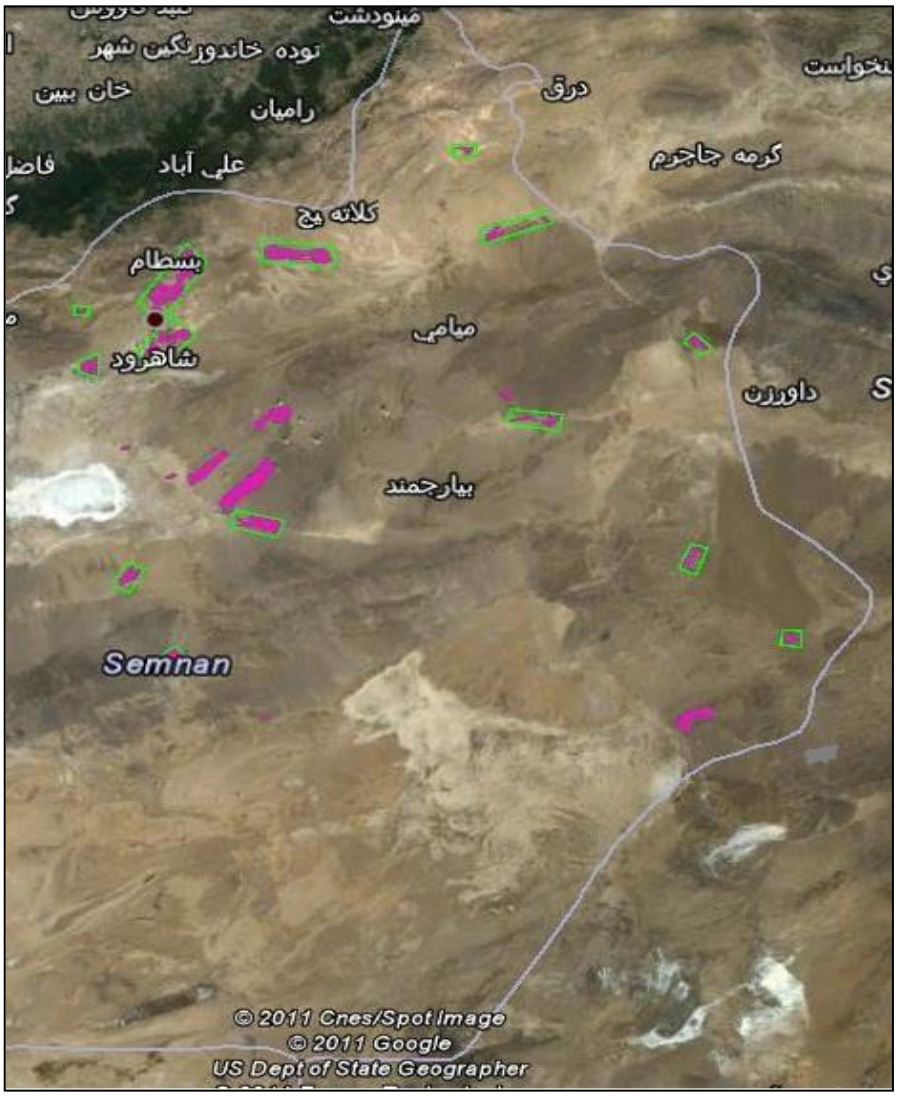


شکل ۴-۱۴- نواحی مناسب بدست آمده از پارامترهای اقتصادی

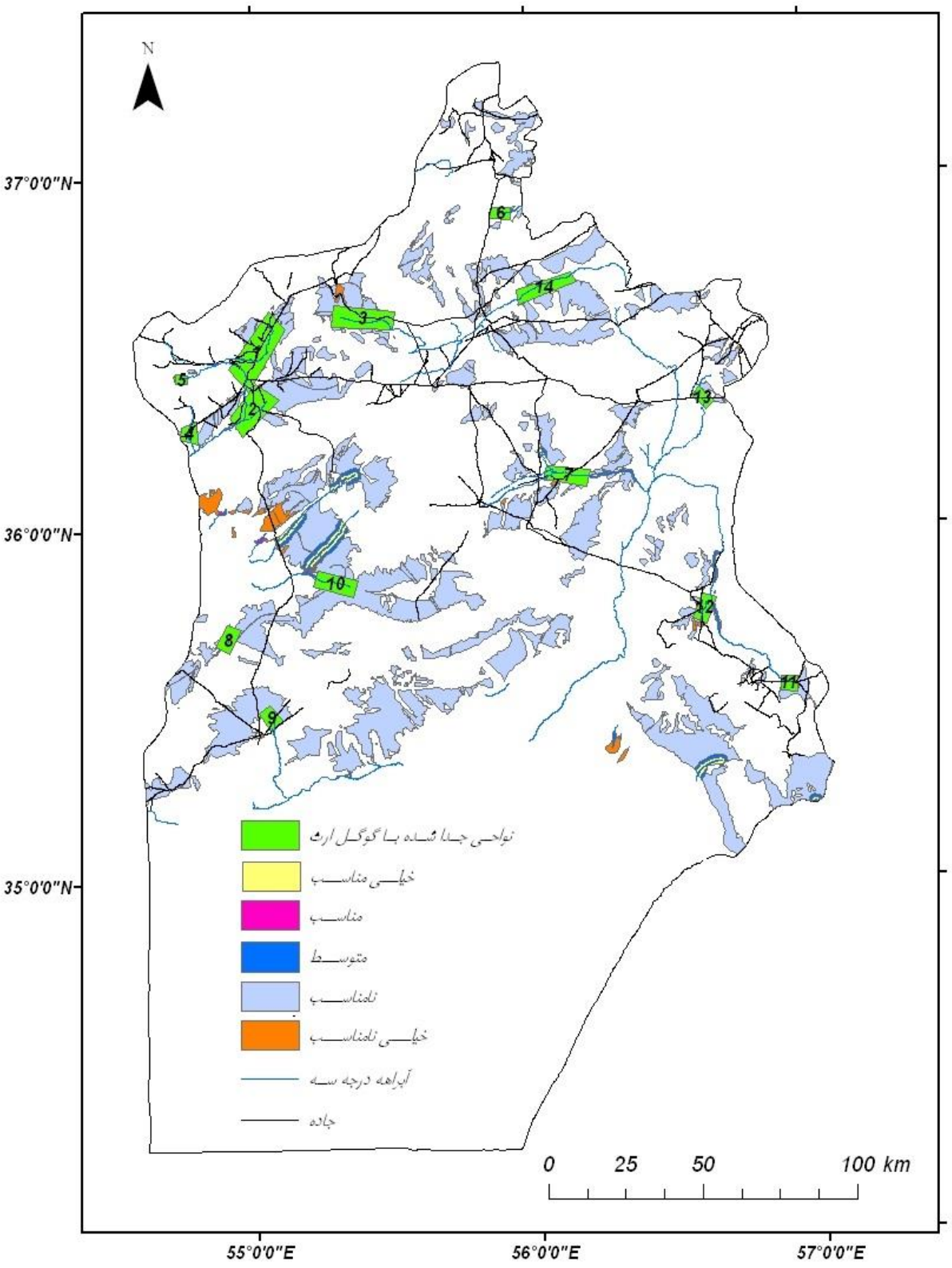
در این مرحله نیز نواحی بدست آمده در پنج گروه خیلی مناسب، مناسب، متوسط، نامناسب و خیلی نامناسب طبقه‌بندی شدند و سپس با استفاده از نرم افزار Google Earth برای ادامه مطالعه و کنترل نواحی انتخابی بهره جسته به این صورت که نواحی گروه‌های خیلی مناسب، مناسب و متوسط را از بقیه

نواحی جدا نموده و به عنوان یک لایه مجزا به محیط نرم افزاری Google Earth انتقال داده و سپس در مرحله پایانی چهارده محدوده که با رنگ سبز مشخص شدند و دارای شرایط مساعد و مناسبی بودند مورد گزینش قرار گرفتند (شکل ۴-۱۵). سپس با انتقال این نقشه به محیط Arc GIS نقشه نهایی ترسیم گردید (شکل ۴-۱۶).

در ادامه با تهیه جدول مشخصات این ۱۴ پهنه، پنج محدوده بر اساس پارامتر ارزش آب مورد گزینش قرار گرفتند این نواحی به عنوان اولویت‌های برتر در اجرای این پروژه‌ها انتخاب گردیدند (جدول۴-۱۴).



شکل ۴-۱۵- تصویر نواحی انتخابی در Google Earth



شکل ۴-۱۶- لایه نواحی مناسب بعد از اعمال پارامترهای اقتصادی

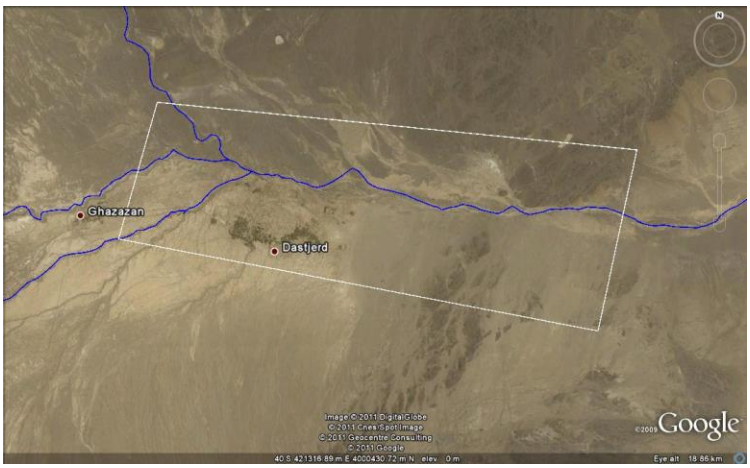
جدول ۴-۱۴- خصوصیات مناطق انتخابی برای تغذیه مصنوعی آب های زیرزمینی

منطقه	طول و عرض محدوده (UTM)				مساحت (km^2)	شیب ٪	دسترسی به جاده	کاربری اراضی	محیط رسوبی	رودخانه	ارزش آب
۱	۳۳۱۴۵۸/۵۳	X_2	۳۱۳۱۵۶/۱۵	X_1	۱۸۶/۳۸	۰-۲ ۲-۵	دارد	زراعت آبی/ مرتع	رسوبات آبرفتی	رودخانه نکارمن	متوسط
	۴۰۴۹۷۷۳/۵۸	Y_2	۴۰۳۷۶۷۵/۸۰	Y_1							
۲	۳۲۸۹۹۴/۳۷	X_2	۳۱۳۰۵۰/۴۳	X_1	۱۲۰/۲۲	۰-۲ ۲-۵	دارد	زراعت آبی / زمین بایر	رسوبات آبرفتی	کال سیاه	متوسط
	۴۰۲۷۵۸/۸۶	Y_2	۴۰۲۲۱۹۹/۴۲	Y_1							
۳	۳۶۷۰۴۷/۵۱	X_2	۳۴۶۶۵۴/۸۳	X_1	۱۲۴/۰۱۶	۰-۲ ۲-۵	دارد	مرتع / زراعت آبی	رسوبات آبرفتی	رودخانه زرین	متوسط
	۴۰۵۴۲۹۵/۲۸	Y_2	۴۰۵۰۰۴۹/۳۰	Y_1							
۴	۳۰۲۲۰۷/۵۶	X_2	۲۹۶۶۳۶/۳۲	X_1	۲۹/۲۲	۰-۲	دارد	مرتع	رسوبات آبرفتی	کال سیاه	متوسط
	۴۰۲۱۳۴۱/۹۱	Y_2	۴۰۱۵۸۷۱/۸۰	Y_1							
۵	۲۹۹۵۰۹/۰۰	X_2	۲۹۵۵۶۳/۲۲	X_1	۱۱/۰۳	۰-۲	ندارد	مرتع / نیزار	رسوبات آبرفتی	رودخانه مجن	متوسط
	۴۰۳۶۲۰۴/۰۳	Y_2	۴۰۳۳۵۵۹/۴۱	Y_1							
۶	۴۰۵۶۸۴/۳۳	X_2	۳۹۸۶۳۸/۲۸	X_1	۲۳/۵۴	۰-۲ ۲-۵	دارد	مرتع / زمین بایر	رسوبات آبرفتی	نهر	متوسط
	۴۰۸۵۸۶۹/۶۶	Y_2	۴۰۸۲۷۱۱/۷۰	Y_1							
۷	۴۲۸۹۸۵/۰۲	X_2	۴۱۳۸۰۹/۸۲	X_1	۶۵/۸۵	۰-۲	دارد	مرتع/ بایرلند/ کشاورزی	رسوبات آبرفتی	کال دستجرد	زیاد
	۴۰۰۲۷۶۰/۷۴	Y_2	۴۰۰۰۴۳۴/۰۳	Y_1							
۸	۳۱۴۸۰۷/۸۱	X_2	۳۰۶۲۱۵/۰۴	X_1	۴۱/۳۴	۰-۲ ۲-۵	ندارد	مرتع	رسوبات آبرفتی/ رسوبات ماسه‌ای	رودخانه دام گو	زیاد
	۳۹۵۵۵۶۸/۲۴	Y_2	۳۹۵۰۴۶۷/۹۶	Y_1							
۹	۳۲۷۷۴۳/۶۴	X_2	۳۱۹۷۹۹/۶۸	X_1	۳۱/۳۵	۰-۲	دارد	مرتع	رسوبات آبرفتی	نهر	زیاد
	۳۹۲۶۴۷۴/۷۱	Y_2	۳۹۲۹۰۴۳/۹۵	Y_1							
۱۰	۳۵۲۸۵۲/۵۴	X_2	۳۳۸۳۰۸/۹۲	X_1	۷۱/۵۱	۰-۲	ندارد	مرتع	رسوبات آبرفتی/ رسوبات ماسه‌ای	نهر	زیاد
	۳۹۷۰۱۱۵/۹۹	Y_2	۳۹۶۸۶۶۴/۱۱	Y_1							
۱۱	۴۹۴۲۷۷/۶۴	X_2	۴۸۸۷۱۱/۴۹	X_1	۲۵/۶۹	۰-۲	دارد	مرتع	رسوبات آبرفتی	کال حجاج	زیاد
	۳۹۳۶۰۵۴/۶۵	Y_2	۳۹۳۱۸۱۹/۴۹	Y_1							
۱۲	۴۶۸۵۰۰/۱۹	X_2	۴۶۰۷۱۰/۳۲	X_1	۴۱/۳۲	۰-۲	دارد	مرتع / کشاورزی	رسوبات سیلابی و ماسه‌ای	کال حجاج	زیاد
	۳۹۶۱۶۳۰/۱۲	Y_2	۳۹۵۵۴۹۵/۹۶	Y_1							
۱۳	۴۶۹۸۱۲/۱۲	X_2	۴۶۲۳۸۷/۷۳	X_1	۲۴/۷۴	۰-۲	دارد	مرتع	رسوبات آبرفتی	نهر	زیاد
	۴۰۲۳۳۶۹/۷۰	Y_2	۴۰۲۵۱۶۰/۵۶	Y_1							
۱۴	۴۲۶۳۲۴/۰۹	X_2	۴۰۶۵۵۲/۷۸	X_1	۸۰/۹۵	۰-۲ ۲-۵	ندارد	مرتع / مسیل	رسوبات آبرفتی	کال شور	زیاد
	۴۰۶۲۰۴۴/۶۲	Y_2	۴۰۵۹۸۵۹/۴۳	Y_1							

بر اساس جدول (۴-۱۴) مناطق هفت الی چهارده با توجه به موقعیت مکانی و قرارگیری در نواحی خشک و بیابانی به عنوان نواحی دارای ارزش آب بالا شناسایی گردیدند و سپس از بین این مناطق، محدوده‌های هفتم، نهم، یازدهم، دوازدهم و سیزدهم به عنوان نواحی دارای اولویت از نظر اجرای پروژه های تغذیه مصنوعی انتخاب گردیدند.

محدوده هفتم

این محدوده با مختصات جغرافیایی ۴۲۸۹۸۵/۰۲ تا ۴۰۰۲۷۶۰/۷۴ طول شرقی و ۴۱۳۸۰۹/۸۲ تا ۴۰۰۴۳۴۰/۰۳ عرض شمالی در ۲۱ کیلومتری شرق بیارجمند واقع شده است. مساحت این محدوده ۶۵/۸۵ کیلومتر مربع می‌باشد. این محدوده در حاشیه رودخانه کال دستجرد می‌باشد (شکل ۴-۱۷).



شکل ۴-۱۷- تصویر هوایی محدوده هفتم

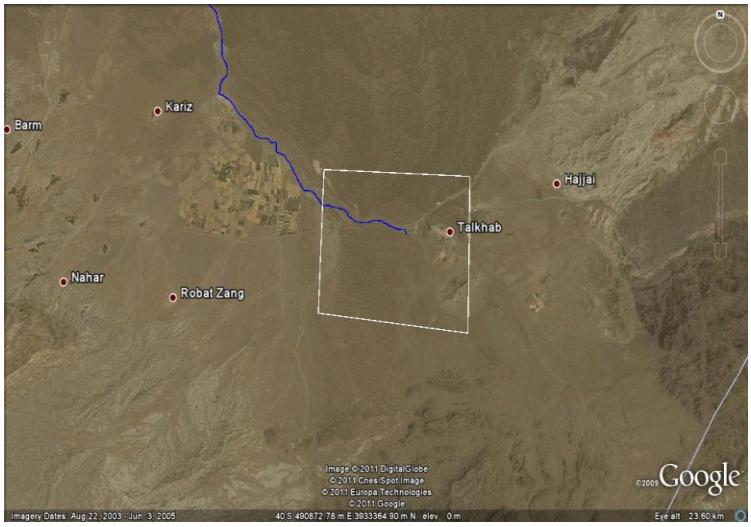
محدوده نهم

این محدوده با مختصات جغرافیایی ۳۲۷۷۴۳/۶۴ تا ۳۹۲۶۴۷۴/۷۱ طول شرقی و ۳۱۹۷۹۹/۶۸ تا ۳۹۲۹۰۴۳/۹۵ عرض شمالی در ۳ کیلومتری شمال شرق ترود واقع شده است. مساحت این محدوده ۳۱/۳۵ کیلومتر مربع می‌باشد (شکل ۴-۱۸).

محدوده یازدهم

این محدوده با مختصات جغرافیایی ۴۹۴۲۷۷/۶۴ تا ۳۹۳۶۰۵۴/۶۵ طول شرقی و ۴۸۸۷۱۱/۴۹ تا ۳۹۳۱۸۱۹/۴۹ عرض شمالی و در غرب روستای تلخاب واقع شده است. مساحت این محدوده ۲۵/۶۹ کیلومتر مربع می‌باشد این محدوده در حاشیه نهر حجاج واقع شده است (شکل ۴-۱۹).

شکل ۴-۱۸- تصویر هوایی محدوده نهم



شکل ۴-۱۹- تصویر هوایی محدوده یازدهم

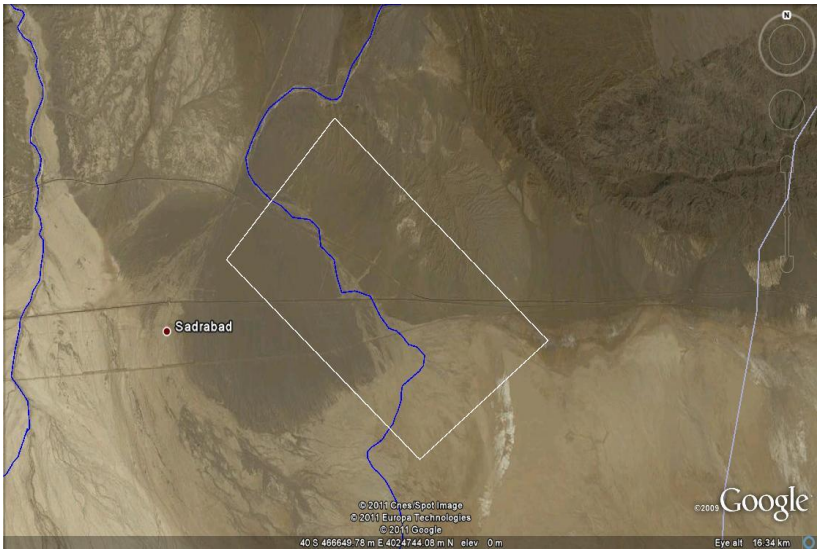
محدوده دوازدهم

این محدوده با مختصات جغرافیایی ۴۶۸۵۰۰/۱۹ تا ۳۹۶۱۶۳۰/۱۲ طول شرقی و ۴۶۰۷۱۰/۳۲ تا ۳۹۵۵۴۹/۹۶ عرض شمالی و در محدوده احمدآباد واقع شده است. مساحت این محدوده در حدود ۴۱/۳۲ کیلومتر مربع می‌باشد. این محدوده در حاشیه نهر حجاج واقع شده است (شکل ۴-۲۰).

شکل ۴-۲۰- تصویر هوایی محدوده دوازدهم

محدوده سیزدهم

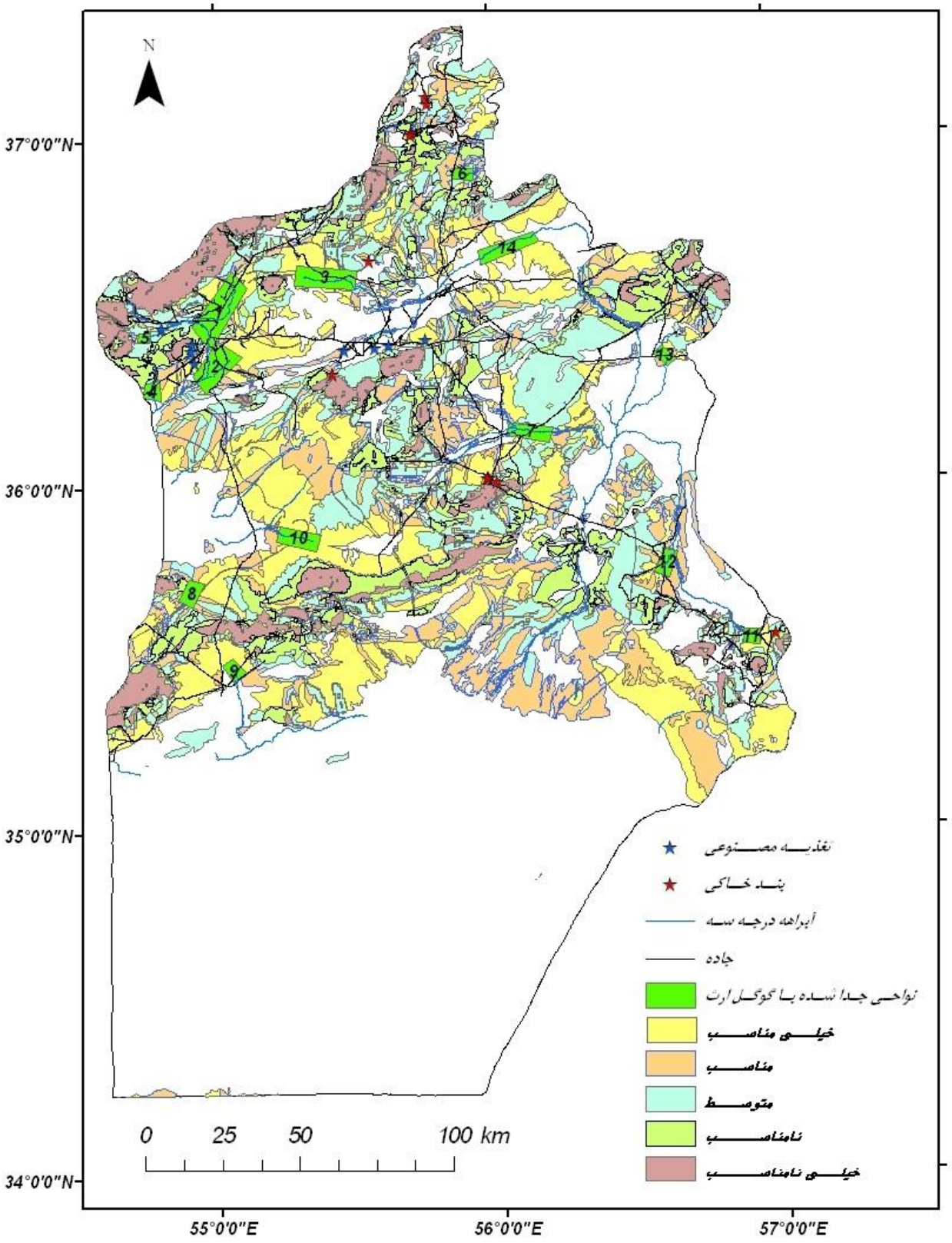
این محدوده با مختصات جغرافیایی ۴۶۹۸۱۲/۱۲ تا ۴۰۲۳۳۶۹/۷۰ طول شرقی و ۴۶۲۳۸۷/۷۳ تا ۴۰۲۵۱۶۰/۵۶ عرض شمالی و در ۱۸ کیلومتری شرق عباس آباد واقع شده است. این محدوده در ۵ کیلومتری کال شور جاجرم می‌باشد (شکل۴-۲۱).



شکل ۴-۲۱- تصویر هوایی محدوده سیزدهم

۴-۷- مقایسه نقشه استعدادداری با موقعیت طرح‌های تغذیه مصنوعی اجرا شده

در شکل (۴-۲۲) موقعیت طرح‌های اجرا شده در مقایسه با مناطق انتخابی در این مطالعه نشان داده شده است. همانطور که از شکل مشخص است موقعیت اکثر طرح‌های تغذیه مصنوعی بجز بندهای خاکی که در حاشیه کوهستان قرار دارند، در محدوده متوسط تا مناسب قرار می‌گیرد. با توجه به اینکه بندهای خاکی اکثراً با هدف کنترل سیلاب و در روی دامنه کوه احداث می‌شوند، لذا معیارهای مورد نظر جهت پخش سیلاب برای آنها صدق نمی‌کند.



شکل ۴-۲۲- موقعیت طرح‌های تغذیه مصنوعی اجرا شده در شهرستان

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها

۵-۱- نتیجه‌گیری

شهرستان شاهرود به مرکزیت شهر شاهرود پهناورترین شهرستان استان سمنان می‌باشد و دارای دشتهای نسبتا حاصلخیز و آبخوانهایی با پتانسیل بالا می‌باشد. واحدهای آهکی شمال شاهرود سرچشمه بسیاری از منابع آبی موجود در شمال شهر شاهرود و غرب بسطام می‌باشد. از جمله این منابع می‌توان به چشمه‌های مجن و تاش و فرحزاد، قنوات دشت مجن و چاههای آهکی صحرای جلالی و کوه تپال و حتی آبخوان دشت بسطام اشاره نمود. در مجموع می‌توان گفت تمرکز غالب منابع آب در این شهرستان مربوط به دشت شاهرود و حوضه بسطام و مجن می‌باشد که به صورت چاههای عمیق و نیمه عمیق، قنات و چشمه جهت مصارف گوناگون استحصال می‌شوند. برداشت بی‌رویه از این منابع بخصوص در سالهای اخیر سبب پایین رفتن سطح آب زیرزمینی به صورت گسترده در دشتهای شهرستان شده است. بنابراین منابع آبی این شهرستان برای نیازهای آتی نیاز به تقویت و تجدید دارند. راههای مختلفی برای تقویت منابع آبی وجود دارند که تغذیه مصنوعی یکی از بهترین روش‌ها به خصوص در مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد. نتایج بدست‌آمده در خصوص مکان‌یابی محل‌های مناسب برای تغذیه مصنوعی در سطح شهرستان شاهرود به صورت زیر می‌باشد:

۱. برای شناسایی مکان‌های مناسب جهت اجرای تغذیه مصنوعی از پارامترهای شیب، بافت خاک، فاصله از آبراهه، سنگ شناسی، کاربری اراضی و عمق آب زیرزمینی استفاده شده است.

۲. با توجه به بررسی و مطالعات صورت گرفته در این خصوص، نواحی انتخابی تحت عنوان نواحی خیلی مناسب برای تغذیه مصنوعی دارای شیب بین ۲-۰ درصد، عمق آب زیرزمینی بین ۱۵الی۳۰ متر، لیتولوژی رسوبات مخروط افکنه‌ای و رسوبات آبرفتی، کاربری اراضی مراتع و عرصه آبخوان ، فاصله از رودخانه ۱۰۰-۵۰۰ متر و بافت خاک درشت دانه در نظر گرفته شد.

۳. نقشه حاصله نشان می‌دهد که نواحی جنوبی و بخشهایی از مرکز شهرستان به دلیل داشتن لیتولوژی نامناسب شامل گچ و مارن و دریاچه‌های نمکی جهت اجرای طرح‌های تغذیه مصنوعی نامناسب می‌باشند.

۴. از بین مناطق مناسب، بر اساس پارامترهای اقتصادی شامل فاصله از رودخانه، فاصله از جاده و ارزش زمین ۱۴ پهنه انتخاب شدند و خصوصیات این پهنه‌ها بر اساس تصاویر ماهواره‌ای مورد بررسی قرار گرفت و از این بین تنها ۵ محدوده به عنوان پهنه‌های مناسب‌تر از لحاظ اولویت در اجرای این پروژه‌ها معرفی گردید.

۵. مناسب‌ترین پهنه‌ها جهت اجرای پروژه‌های تغذیه مصنوعی در محدوده شهرستان شاهرود در نواحی واقع در ۲۱ کیلومتری شرق بیارجمند، ۳ کیلومتری شمال شرق ترود، ۱۸ کیلومتری شرق عباس‌آباد، غرب روستای تلخاب و محدوده واقع در حوالی روستای احمدآباد می‌باشند.

۶. بررسی حاضر نشان می‌دهد که طرح‌های پخش سیلاب اجرا شده در شهرستان در محدود پهنه‌های متوسط و مناسب این مطالعه قرار می‌گیرند.

۵-۲- پیشنهادها

در مطالعه حاضر امکان بازدید و بررسی صحرایی گسترده مناطق انتخابی، جهت کنترل دقت نقشه‌های ورودی و نیز دقت نقشه‌های نهایی میسر نگردید همچنین مقیاس مطالعه ۱:۱۰۰۰۰۰۰ بوده و در مطالعات آینده می‌توان از نقشه‌های بزرگ مقیاس‌تر و همراه با بازدید صحرایی دقت مطالعات را افزایش داد. بنابراین موارد زیر به عنوان پیشنهاد می‌تواند ذکر گردد.

- ✓ مطالعات صحرایی
- ✓ تهیه نقشه‌های با مقیاس بزرگتر

مراجع

ابریشمی ع.، سنگونی ح.، عصاره زادگان م.، فاضلی ع .، خرسند س (۱۳۸۸) *بررسی کاربرد تصاویر ماهواره ای در شناسایی مناطق مناسب جهت اجرای پروژه های آبخوانداری دردشت مشهد*. انتشارات پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی.

امیری م .، یعقوبی ب. (۱۳۸۶) *ارزیابی عرصه پیشنهادی پخش سیلاب در علی آباد دمق ملایر*، مجله زمین شناسی ایران، سال دوم، شماره چهارم، صفحات ۹۸-۹۹.

بصیری ع.، گریوانی گ.، هدائی س.، اکبرپور م (۱۳۸۴) *بررسی پتانسیل بهره وری از سیلاب در استان خراسان شمالی*، کارگاه فنی همزیستی با سیلاب.

پورطبری م.، مرسلی م.، نوری م (۱۳۸۷) *مکانیابی نواحی مستعد جهت اجرای طرح‌های تغذیه مصنوعی آبخوان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی*، مطالعه موردی دشت هشتگرد، چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه تهران.

تجویدی گ. (۱۳۸۱) *مقدمه‌ای بر سیستم‌های جغرافیایی*، انتشارات سازمان نقشه برداری کشور.

تصاویر ماهواره‌ای سنجنده Landsat ETM. (۲۰۰۲)

حاجی‌آبادیان ج.، لطیفی ه. (۱۳۸۸) *خودآموز Spatial Analyst ArcGIS 9.2*، انتشارات موسسه علمی پژوهشی علم معمار،

حکمت‌پور م.، فیض‌نیا س.، احمدی ح.، خلیل‌پور ا.(۱۳۸۴) *پهنه بندی مناطق مناسب برای تغذیه مصنوعی در دشت ورامین به کمک* ***GIS*** *و سامانه پشتیبانی تصمیم گیری (****DSS****)*، مجله محیط شناسی، شماره ۴۲.

بیز ژ.، بورگه لوموان (ترجمه جلال حیدرپور) (۱۹۶۹) *تغذیه مصنوعی سفره‌های آب* زیرزمینی ، انتشارات مرکز نشر دانشگاهی تهران

سپند س. (۱۳۸۶) *امکان‌سنجی طرح تغذیه مصنوعی در محدوده لالی با استفاده از تکنیک‌های* ***GIS*** *و****RS*** ، پایانامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید چمران اهواز.

سرزعیم م.ص. (۱۳۷۴) *مطالعه و ارزیابی طرح‌های تغذیه مصنوعی آب ایران* . پایانامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.

شویدی ع.، نوروزی خ. (۱۳۸۶) *تعیین پهنه‌های مناسب جهت تصفیه فاضلاب به کمک زمین با استفاده از سیستم های اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی دشت جمع آبرود)*، چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران،دانشگاه تهران.

شرکت مهندسین فن‌آوران آب سازه (۱۳۸۲) *گزارش بررسی اثرات توسعه بر محیط زیست سمنان، دامغان و شاهرود*، اداره کل حفاظت محیط زیست استان سمنان

صداقت م. (۱۳۷۸) زمین و منابع آب (آبهای زیرزمینی)، انتشارات دانشگاه پیام نور

عبدی پ.، امینی ج. (۱۳۸۰) *مدیریت منابع آب زیرزمینی در مناطق خشک و نیمه خشک با هدف ارائه راهکارهایی برای مدیریت و توسعه پایدار آب زیرزمینی در دشت زنجان*، مجموعه مقالات ژئوماتیک تهران.

علیزاده ا. (۱۳۸۳) *اصول هیدرولوژی کاربردی (چاپ‌هفدهم)*، موسسه چاپ و انتشارات آستان قدس رضوی.

عطایی زاده س. چیت سازان م. (۱۳۸۷) *امکان سنجی تغذیه مصنوعی با استفاده از تکنیک های* ***GIS***

قدسی‌پور ه. (۱۳۷۹) *فرایند تحلیل سلسله مراتبی (****AHP****)*، انتشارات دانشگاه امیرکبیر.

کردوانی پ. (۱۳۷۴) *ژئوهیدرولوژی، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تهران، صفحه ۳۵۹.*

کلانتری ن.، جلالوند ع. (۱۳۸۵) *مکانیابی محل‌های مناسب برای تغذیه مصنوعی آب زیرزمینی با استفاده از سنجش از دور و* ***GIS*** *در شمال شوشتر*، اولین همایش منطقه‌ای بهره‌برداری از منابع آب حوضه‌های کارون و زاینده رود، دانشگاه شهرکرد.

کارتر ب. (۱۳۷۹) *سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی برای دانش پژوهان علوم زمین (مدل سازی به کمک* ***GIS****)*، گروه اطلاعات زمین مرجع، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

مرید س.، محمدخان م.، شاه کرمی ن.، ریاضتی د.، جوانمردی ع.(۱۳۸۴) انتخاب ساختگاه‌های تغذیه مصنوعی آبهای زیرزمینی با استفاده از تلفیق تحلیل‌های چند معیاره (***MCE***) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (***GIS***).

مهدوی ر.، عابدی کوپایی ج.، رضایی م.، عبدالحسینی م. (۱۳۸۳) مکانیابی محلهای مناسب برای تغذیه مصنوعی آب زیرزمینی با استفاده از ***GIS***و ***RS*** در جنوب اصفهان

نقشه های توپوگرافی منطقه ۱:۲۵۰۰۰۰، سازمان نقشه برداری کشور

نقشه‌های زمین‌شناسی گرگان، جاجرم، خارتوران و ترود ۱:۲۵۰۰۰۰ ، سازمان زمین شناسی کشور.

نوری ن.، قیومیان ج.، محسنی ساروی ،. درویش صفت ع.ا.، فیض‌نیا س.(۱۳۸۳) تعیین مناطق مناسب برای تغذیه مصنوعی آبهای زیرزمینی به روش حوضچه‌های تغذیه با استفاده از ***GIS*** ، مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۷، شماره ۴ .

هاشمی مطلق م . (۱۳۸۲) بررسی بهبود نفوذپذیری بسترهای تغذیه مصنوعی با استفاده از مالچ های مختلف، پایانامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی،دانشگاه صنعتی اصفهان

Alesheikhi, A. A., Soltani. M. J.,Nouri N.,Khalilzadeh M., (2008) *Land assessment for flood spreading site selection using geospatial information system,*. International journal of Enviromental Science and Technology, Vol.5,No.4,pp.455- 462

Amiri F.,Chaichi M.R., Nadi A., (2006) *RS and GIS application in site selection for artificial recharge of ground water table in dry regions of Isfahan*, (central part of Iran)

Anbazhagan S., Ramasamy, S.M, and Das Gupta,S. (2005)*Remote Sensing and GIS for Artificial Recharge Study, Runoff Estimation and Planning in Ayyar Basin, Tamil Nadu*, India.International Journal of Enviromental Geology, VOL.48,No.2,158-170

Ashouri pashaki M., Maidment S., (2007) *Identify suitable sites for Artificial Ground water Recharge in Parsiyam River Basin (Iran)*, GIS in water resources, University of Texas at Austin

Brown C.,Verrastro R., Kwiatkowski P., Schubert S (2006*) Development of an Aquifer, storage and Recovery (ASR) Site Selection Suitabiliy Index in Support of the Comprehensive Everglades Restoration Project*, Department of Civil Engineering University of Florida.

Burrough P. A (1986*) Principles of Geographical Information System for Earth Resources Assessment*, London, Oxford University.

Das D (2006) *Groundwater Development Using Remote Sensing and GIS Techniques*, Department of Environmental Science, University of Kalyani, India.

Das D. (2002) *Geomorphological Techniques in Locating Sites for Artificial Recharge. A Case Study from A Drought-Prone Hard Rock Terrain in Eastern India*, In Management of Aquifer Rcharge for Sustainability (Ed.P.J.Dillu)-A.A.Balkema Publishers .pp.543-546

Elango L., Arrikkat S (1998) *Groundwater Recharge Studies in Ongur Subbasin,South India Using Geographical Information System*.Proceeding of 3rd International Conference on Hydroinformatics,24-26 August 1998,, Copenhagen, Denmark Vol.1, pp, 505-510.

Ghayoumian J.,Ghermezcheshme ,B., Feiznia S.,Noroozi A.A., (2005*) Integrating GIS and DSS for identification of suitable areas for artificial recharge case study Meimeh Basin, Isfahan,Iran*, Environ Geol,47:493 – 500

Krishnamurty j,(1996) *An approach to determine ground water potential zones through remote sensing and geographic information saystems*, International Journal of Remote Sensing, 10;1876-1884

Kallai H., Anane M.,Jellai S., Tarhouni J (2007*) GIS-based multi-Criteria Analysis for Potential Wastewater Aquifer Recharge Sit*e, Rural Engineering Departement, Tunisian Institute of Agronomy,Tunisia.

Karami GH.,Bakhshi M.,Hosseini H. (2009) *Evaluating Groundwater Resources in Shahrood Region*,Proceeding of the International of Conference on Water Resources, 16-18 Agu (2009) Shahrood, Iran.

Kumaran T. Vasantha (2003) Role of Remote sensing and GIS in Identification Artificial Recharge Zone of Upper Kodavanar River Basin. University of Madras. Chennia.

Mohseni Saravi M. (2006) *Identification of Suitable Sites for Groundwater Artificial Recharge Using Remote Sensing and GIS:Case study Gavbandi Watershed, Iran,Univ,of Tehran, Iran*, The 2nd International Conference on Water Resources and Arid Enviroment.

Malczewski,J (1999) *GIS and Multicriteria Decision Analysis*. 1st Edition. John Wiley and Sons.Inc.

Ramalingam, M.,and Santhakumar,A.R. (2002) *Case Study on Artificial Recharge Using Remote Sensing and GIS*.www.GISdevelopment.

Saraf, A.K., and Chaudhary, P.R (1998). *Integrated Remote Sensing and GIS for Groundwater Exploration and Identification of Artificial Recharge Sites*.International Journal of Remote Sensing.Vol. 19, No.10, pp, 1825-1841

Saraf A.K., Kundu P.,Sarma B., (2001) *Integrated Remote Sensing and GIS in Ground water Recharge Investigation and Selection of Artificial Recharge Sites in A Hard rock Terrain*, Department of Earth Sciences Indian Institute of Technology Roorkee-247667India.

Shankar M.N.R., Mohan G., (2005) *A GIS based hydrogeomorphic approach for identification of site specific artificial- recharge techniques in the Deccan Volcanic Province*, J. Earth Syst.Sci.114,no.5, pp.505-514

Schuh, W.M (1990) *Seasonal variation of clogging of an artificial recharge basin in a northern climate*, J, Hydrol, 121:193-215

Shelton R.L.,Estes J.E (1997) *Integration of Remote Sensing and Geogaraphic Information System, Procceding,13th International Symposium on Remote Sensing of Environment*, Ann Arbor, Michigan: Environmental Research Institute of Michigan,pp.675-692

Singh J.P., Darshdeep Sigh.p.k. litoria (2009) *Selection of Suitable Site for Water harvesting Structures in Soankhad Watershed, Punjab Using Remote Sensing and Geographical Inrormation System (RS & GIS) Approach-A Case Study*. India Soc.Remote Sens.

Todd , D.K (1980) Groundwater Hydrogeology, 2d ed., John Wiley, New York

Zehtabian GH.R., Alavipanah K., Hamedpanah R., (2001) *Determination of Appropriate Area For Flood- Water Spreading by Remote Sensed Data and GIS in the Tagharood Catchment (Iran)*,

Vasanthakumaran T, Shyamala R, Sridhar K (2002) *Role of Remote Sensing and GIS in Identifying Artificial Recharge Zones of Upper Kolavarnar River Basin, Tamil Nadu*.www.GISdevelopment .

Abstarct

Artificial Recharge as a method of improving water table and protection of underground water resources are known to be. According to Iran's geographic location which is located in the dry belt of desert world, water deficiency always is a major problem in most parts of the county. Shahrood County, including areas that anymore due to the increasing agricultural and other uses, the water balance is negative and there is a need to strengthen underground water supplies. In this study, GIS technology to locate the best location artificial recharge is used. For this purpose, the parameters of slope, landuse, distance from rivers, soil texture, lithology and depth of watertable are used. Then, the layer information of these parameters were prepared and weighed by applying AHP method. Finaly, by integrating and overlaping of the prameters, artificial Recharge suitable map was derived. The most suitable areas were recalssified by economic parameters such as access to roads, near the river and the values of land in the area. By this method, 14 most appropriate areas were proposed. Amongest them 5 areas with highest suitability are located in the 21 km East Biarjomnd, 3 km North East Trood, 18 km East of Abbas Abad, West of Talkhab Village and near Ahmadabad village.

Shahrood University of Technology
Faculty of Earth Sciences
M.S.C Thesis

Site selectin of Artificial Recharge in Shahrood County

Fatemeh Ebrahimi

Supervisor:
Dr.G.H.Karami
Dr.N.Hafezi Moghadas

March 2011