

بسم الله الرحمن الرحيم



دانشکده علوم زمین

گروه آب‌شناسی و زمین‌شناسی زیست‌محیطی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد آب‌شناسی

## پتانسیل‌یابی منابع آب‌های سطحی دامنه شمالی البرز

### در شمال دشت بسطام

علی درستکار

استاد راهنما:

دکتر غلامحسین کرمی

استاد مشاور:

دکتر عزیزالله طاهری

بهمن ماه ۱۳۹۱



دانشگاه صنعتی شاهرود

مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره (۶)

شماره : ۱۱۴۶۷۹

تاریخ : ۹۱/۱۵/۹۱

ویرایش :

### بسمه تعالی

### فرم صورتجلسه دفاع از پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد آقای علی درستکار رشته زمین شناسی گرایش آشناسی تحت عنوان "پتانسیل یابی منابع آب های سطحی دامنه شمالی البرز در شمال دشت بسطام" که در تاریخ ۹۱/۱۱/۲۳ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

قبول ( با درجه : بسیار متمایز ) ☒ دفاع مجدد ☐ مردود ☐

۲- بسیار خوب ( ۱۸/۹۹ - ۱۸ )

۱- عالی ( ۲۰ - ۱۹ )

۴- قابل قبول ( ۱۵/۹۹ - ۱۴ )

۳- خوب ( ۱۷/۹۹ - ۱۶ )

۵- نمره کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول

| عضو هیأت داوران                 | نام و نام خانوادگی  | مرتبه علمی | امضاء |
|---------------------------------|---------------------|------------|-------|
| ۱- استاد راهنما                 | دکتر غلامحسین کرمی  | دانشیار    |       |
| ۲- استاد مشاور                  | دکتر عزیزا... طاهری | دانشیار    |       |
| ۳- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی | دکتر افشین قشلاقی   | استادیار   |       |
| ۴- استاد ممتحن                  | دکتر خلیل ازدری     | استادیار   |       |
| ۵- استاد ممتحن                  | دکتر هادی جعفری     | استادیار   |       |

رئیس دانشکده :

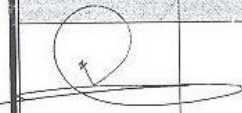
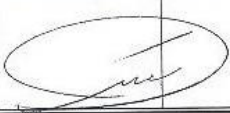
از طرف صافیه

پیوست شماره ۲

دانشگاه صنعتی شاهرود  
دانشکده علوم زمین  
گروه آب‌شناسی و زمین‌شناسی زیست محیطی

پایان نامه کارشناسی ارشد آقای علی درستکار  
تحت عنوان: پتانسیل‌یابی منابع آب‌های سطحی دامنه شمالی البرز در شمال دشت بسطام

در تاریخ ۹۱/۱۱/۲۳ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد  
مورد ارزیابی و با درجه بسیار خوب مورد پذیرش قرار گرفت.

| امضاء                                                                               | استاد مشاور                                 | امضاء                                                                                | استاد راهنما                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
|  | نام و نام خانوادگی :<br>دکتر عزیزا... طاهری |  | نام و نام خانوادگی :<br>دکتر غلامحسین کرمی |

| امضاء                                                                               | نماینده تحصیلات تکمیلی                    | امضاء                                                                               | اساتید داور                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
|  | نام و نام خانوادگی :<br>دکتر افشین قشلاقی |  | نام و نام خانوادگی :<br>دکتر خلیل اژدری |
|                                                                                     |                                           |  | نام و نام خانوادگی :<br>دکتر هادی جعفری |

مقاله مستخرج از این پایان نامه:

ارزیابی حجم آب‌های سطحی در نقاط مرتفع دامنه شمالی البرز جهت انتقال به دامنه جنوبی آن در محدوده شمال بسطام، شاهرود، اولین همایش ملی سامانه‌های سطوح آبگیر باران -

مشهد، ۲۲ - ۲۳ آذر ۱۳۹۱.

جان مارا صفای خودده و دل مارا هوا سی خودده، و چشم مارا ضیای خودده، و مارا از فضل و کرم خود آن ده که آن به

تقدیم به پدرم

کوهی استوار و حامی من در طول تمام زندگی

تقدیم به مادرم

سنگ صبری که الفبای زندگی به من آموخت

تقدیم به همسرم

که در سایه بیماری و بهدلی او به این منظور نائل شدم

## تقدیر و مکر

پاس خدای را که سخوران، در ستودن او بماند و شمارندگان، شمردن نعمت های او ندانند و کوشندگان، حق او را گزارش ندهند. و سلام و دور و بر محمد و خاندان پاک او، طاهران معصوم، هم آنان که وجودمان و مدار وجودشان است؛ و نفرین پیوسته بر دشمنان ایشان تا روز رستاخیز...

بدون شک جایگاه و منزلت معلم، اجل از آن است که در مقام قدردانی از زحمات بی شائبه ی او، با زبان قاصر و دست ناتوان، چیزی بنگاریم. اما از آنجایی که تجلیل از معلم، پاس از انسانی است که هدف و غایت آفرینش را تأمین می کند و سلامت امانت باری را که به دستش سپرده اند، تضمین؛ بر حسب وظیفه و از باب "من لم یشکر المنعم من المخلوقین لم یشکر الله عزوجل؛

از استاد با کمال و شایسته؛ جناب آقای دکتر غلامحسین کرمی که در کمال سعه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از پنج گلی در این عرصه بر من درین نمودند و زحمت راهبانی این رساله را بر عهده گرفتند؛ از استاد صبور و باتقوا، جناب آقای دکتر عزیزان طاهری، که زحمت مشاوره این رساله را در حالی متقبل شدند که بدون مساعدت ایشان، این پروژه به نتیجه مطلوب نمی رسید؛ و از استادان فرزانه و دلسوز دانشکده علوم زمین دانشگاه شاهرود؛ به خصوص جناب آقایان دکتر جعفری، دکتر صادقیان و همچنین مسئولان دانشکده علوم زمین مهندس فارسی، سعیدی، خاظمیراده، میرباقری کمال شکر و قدردانی را دارم.

از پدر و مادر عزیزم... بهتر از جانم... که همواره بر کوفتهای و دشتی من، قلم عنو کشیده و گریانه از کنار غفلت هایم گذشته اند و در تمام عرصه های زندگی یار و یاور بی چشم داشت برای من بوده اند و از بهسر عزیز، دلسوز و مهربانم که آرامش روحی و آسایش فکری فراهم نمود تا با حمایت های همه جانبه در محیطی مطلوب، مراتب تحصیلی و نیز پایان نامه دسی را به نحو احسن به اتمام برسانم و همچنین از برادر عزیزم حامد در ستار ساکنزاری می نمایم. در نهایت از خانواده بهرم نیز کمال شکر را دارم. از دوستان عزیزم آقایان فتحی، فتحی، غریبی، آدینهوند، سینایی، درخشی، حسینی، رحیمی، امامی و همه عزیزانی که در مراحل انجام این تحقیق کمک و همراهی بوده و نهایت ساکنزاری را داشته و برای همه این عزیزان آرزوی سلامتی و سعادت می نمایم.

باشد که این خردترین، بخشی از زحمات آنان را پاس گوید.

علی در ستار      بهمن ماه کیلنزار و سیصد و نود و یک

## تعهد نامه

اینجانب علی درستکار دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته زمین‌شناسی - آبشناسی دانشکده علوم زمین دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه پتانسیل‌یابی منابع آب‌های سطحی دامنه شمالی البرز در شمال دشت بسطام تحت راهنمایی دکتر غلامحسین کرمی متعهد می‌شوم .

- 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 می‌باشد 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 می‌گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده ( یا بافتهای آنها ) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

### تاریخ

#### امضای دانشجو

#### مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است ) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد . 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 نمی‌باشد.

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

## چکیده

با توجه به نیاز روزافزون به آب، مدیریت آب‌های سطحی یک امر ضروری محسوب می‌شود. امروزه به علت تغییرات زیاد در بارندگی و افزایش جمعیت و نیاز به منابع جدید، موضوع انتقال آب از سرشاخه‌های مرتفع بسیار حائز اهمیت می‌باشد. منطقه مورد مطالعه در شمال دشت بسطام واقع شده است. مقدار بارندگی در دامنه شمالی رشته کوه البرز در مقایسه با دامنه جنوبی آن به طور قابل توجهی بیشتر است. در دامنه شمالی البرز کمبود آب وجود ندارد و هر ساله بخشی از آب‌های سطحی این منطقه به صورت سیلاب به دریا تخلیه می‌شود. دشت بسطام (واقع در دامنه جنوبی البرز) با افت شدید سطح آب زیرزمینی مواجه بوده و سالانه حدود ۸۰ سانتیمتر افت در این دشت رخ می‌دهد. بررسی‌های صحرایی و تصاویر ماهواره‌ای بیانگر این است که تعداد ۱۵ حوضه در نقاط مرتفع دامنه شمالی البرز در شمال دشت بسطام وجود دارد که می‌توان آب‌های سطحی آن‌ها را با احداث تونل‌هایی به طول حدود دو کیلومتر به دامنه جنوبی منتقل نمود. برای برآورد حجم رواناب در هریک از حوضه‌های مورد مطالعه از روش‌های سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) و استدلالی استفاده گردید. برای برآورد دقیق‌تر مقدار شماره منحنی (CN) در روش SCS و ضریب رواناب در روش استدلالی از روش کمی جدیدی استفاده شده است که در این روش از شاخصی به نام شاخص رواناب استفاده شده است. برای تعیین شاخص رواناب ابتدا سه پارامتر پوشش گیاهی، لیتولوژی و تغییرات شیب در حوضه‌های مورد مطالعه مورد بررسی قرار گرفت. این پارامترها با توجه به تاثیرگذاری آن‌ها بر شاخص رواناب تقسیم‌بندی شده و به هر طبقه یک امتیاز بین دو تا ده اختصاص داده شد. علاوه بر این با توجه به اهمیت این پارامترها به ویژه در منطقه مورد نظر، برای هر کدام یک وزن لحاظ گردید. سپس نقشه‌های مورد نظر در نرم‌افزار Arc GIS 9.3 تعریف شده تا بر اساس نقشه‌های فوق‌الذکر امتیازدهی انجام شده و شاخص رواناب تعیین گردد. با استفاده از مقادیر (CN) و ضریب رواناب در شرایط هیدرولوژیکی مختلف و همچنین ماهیت شاخص رواناب، مقادیر این شاخص با ضرایبی به (CN) و ضریب رواناب تبدیل شده است. در نهایت، با استفاده از روش‌های SCS و استدلالی به طور جداگانه حجم رواناب حوضه‌های مورد مطالعه برآورد گردید. به این ترتیب که حجم رواناب سالانه در حوضه‌های مورد مطالعه بر اساس روش‌های SCS و استدلالی به ترتیب برابر پنج و ۴/۷ میلیون متر مکعب برآورد شده است.

**کلید واژه:** البرز، بسطام، انتقال آب، شاخص رواناب، روش SCS، روش استدلالی.

## فهرست مطالب

### فصل اول: مقدمه

|                                            |    |
|--------------------------------------------|----|
| ۱-۱- بیان مسئله                            | ۱  |
| ۲-۱- هدف از انجام تحقیق                    | ۱  |
| ۳-۱- موقعیت جغرافیایی مناطق مورد مطالعه    | ۲  |
| ۴-۱- آب و هوای منطقه مورد مطالعه           | ۳  |
| ۵-۱- زمین ریخت شناسی منطقه                 | ۶  |
| ۶-۱- زمین شناسی منطقه مورد مطالعه          | ۶  |
| ۱-۶-۱- سازند ابرسج                         | ۷  |
| ۲-۶-۱- سازند سلطان میدان                   | ۸  |
| ۳-۶-۱- سازند پادها                         | ۹  |
| ۴-۶-۱- سنگ های ولکانیکی                    | ۱۱ |
| ۵-۶-۱- سازند خوش ییلاق                     | ۱۱ |
| ۶-۶-۱- سازند مبارک                         | ۱۳ |
| ۷-۶-۱- سازند قزل قلعه                      | ۱۴ |
| ۸-۶-۱- سازند دورود                         | ۱۴ |
| ۹-۶-۱- سازند روته                          | ۱۵ |
| ۱۰-۶-۱- سازند الیکا                        | ۱۶ |
| ۱۱-۶-۱- سازند شمشک                         | ۱۷ |
| ۱۲-۶-۱- سازند لار                          | ۱۸ |
| ۱۳-۶-۱- سازند کرج                          | ۱۹ |
| ۱۴-۶-۱- نهشته های پلیوسن                   | ۲۰ |
| ۱۵-۶-۱- واریزه (کواترنری)                  | ۲۰ |
| ۷-۱- زمین شناسی ساختمانی منطقه مورد مطالعه | ۲۰ |
| ۸-۱- هیدرولوژی منطقه                       | ۲۱ |
| ۹-۱- هیدروژئولوژی منطقه                    | ۲۱ |

### فصل دوم: مروری بر مطالعات پیشین

|                                        |    |
|----------------------------------------|----|
| ۱-۲- انتقال آب بین حوضه ای             | ۲۶ |
| ۱-۱-۲- مثال هایی از انتقال بین حوضه ای | ۲۷ |
| ۲-۲- روش های تخمین رواناب سطحی         | ۳۱ |
| ۱-۲-۲- مثال هایی از تخمین رواناب سطحی  | ۳۲ |

## فصل سوم: روش انجام کار

|    |                                                          |
|----|----------------------------------------------------------|
| ۳۶ | ۱-۳- جمع‌آوری اطلاعات و آمار و ارزیابی کیفی آن‌ها .....  |
| ۳۷ | ۲-۳- بازدیدهای صحرایی .....                              |
| ۳۷ | ۳-۳- تهیه نقشه‌های مورد نیاز .....                       |
| ۳۸ | ۴-۳- تهیه لایه‌های اطلاعاتی .....                        |
| ۳۸ | ۵-۳- انتخاب روش مناسب برای تعیین میزان رواناب سطحی ..... |
| ۳۹ | ۱-۵-۳- روش SCS .....                                     |
| ۴۱ | ۲-۵-۳- روش استدلالی .....                                |

## فصل چهارم: ارزیابی حجم آب‌های سطحی موجود در نقاط مرتفع دامنه شمالی البرز، شمال دشت بسطام

|    |                                                                |
|----|----------------------------------------------------------------|
| ۴۲ | ۱-۴- مقدمه .....                                               |
| ۴۳ | ۲-۴- برآورد شاخص رواناب .....                                  |
| ۴۳ | ۱-۲-۴- ارزیابی تاثیر لیتولوژی بر شاخص رواناب .....             |
| ۴۵ | ۲-۲-۴- ارزیابی تاثیر پوشش گیاهی بر شاخص رواناب .....           |
| ۴۶ | ۳-۲-۴- ارزیابی تاثیر شیب بر شاخص رواناب .....                  |
| ۴۷ | ۳-۴- تهیه نمودار بارندگی - ارتفاع برای منطقه مورد مطالعه ..... |
| ۴۷ | ۴-۴- حوضه‌های موجود در مناطق مرتفع دامنه شمالی البرز .....     |
| ۵۰ | ۱-۴-۴- حوضه آبگیر شماره (۱) .....                              |
| ۵۲ | ۱-۴-۴- حوضه آبگیر شماره (۲) .....                              |
| ۵۴ | ۱-۴-۴- حوضه آبگیر شماره (۳) .....                              |
| ۵۶ | ۱-۴-۴- حوضه آبگیر شماره (۴) .....                              |
| ۵۸ | ۱-۴-۴- حوضه آبگیر شماره (۵) .....                              |
| ۶۰ | ۱-۴-۴- حوضه آبگیر شماره (۶) .....                              |
| ۶۲ | ۱-۴-۴- حوضه آبگیر شماره (۷) .....                              |
| ۶۴ | ۱-۴-۴- حوضه آبگیر شماره (۸) .....                              |
| ۶۶ | ۱-۴-۴- حوضه آبگیر شماره (۹) .....                              |
| ۶۸ | ۱-۴-۴- حوضه آبگیر شماره (۱۰) .....                             |
| ۷۰ | ۱-۴-۴- حوضه آبگیر شماره (۱۱) .....                             |
| ۷۲ | ۱-۴-۴- حوضه آبگیر شماره (۱۲) .....                             |
| ۷۴ | ۱-۴-۴- حوضه آبگیر شماره (۱۳) .....                             |
| ۷۶ | ۱-۴-۴- حوضه آبگیر شماره (۱۴) .....                             |
| ۷۸ | ۱-۴-۴- حوضه آبگیر شماره (۱۵) .....                             |
| ۸۰ | ۵-۴- برآورد شاخص رواناب در حوضه‌های مورد مطالعه .....          |
| ۸۱ | ۶-۴- برآورد حجم رواناب سالانه در حوضه‌های مورد مطالعه .....    |
| ۸۲ | ۱-۶-۴- روش SCS .....                                           |

## فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

|    |                                                      |
|----|------------------------------------------------------|
| ۸۶ | ..... ۵-۱- مقدمه                                     |
| ۸۶ | ..... ۵-۲- حوضه‌های شناسایی شده                      |
| ۸۷ | ..... ۵-۳- برآورد حجم رواناب در حوضه‌های مورد مطالعه |
| ۸۷ | ..... ۵-۴- تخمین حجم آب انتقالی به دشت بسطام         |
| ۸۸ | ..... ۵-۳- پیشنهادات                                 |
| ۸۹ | ..... منابع فارسی                                    |
| ۹۱ | ..... منابع انگلیسی                                  |

## فهرست اشکال

- شکل ۱-۱ - راه‌های دسترسی به مناطق مورد مطالعه ..... ۲
- شکل ۲-۱ - موقعیت ارتفاعات البرز (بین دشت بسلام و استان گلستان) ..... ۳
- شکل ۳-۱ - نمودار بارندگی - ارتفاع مربوط به ایستگاه‌های مجاور مناطق مورد مطالعه ..... ۴
- شکل ۴-۱ - نمودار بارندگی - ارتفاع مربوط به ایستگاه‌های مجاور مناطق مورد مطالعه ..... ۵
- شکل ۵-۱ - زون زمین‌شناسی - ساختاری در پهنه نقشه ایران (Stocklin, 1968) ..... ۷
- شکل ۶-۱ - نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه (بر گرفته از نقشه ۱:۲۵۰۰۰ گرگان) ..... ۱۰
- شکل ۷-۱ - موقعیت رودخانه‌های موجود در مناطق مرتفع البرز (بین دشت بسلام و استان گلستان) ..... ۲۲
- شکل ۸-۱ - موقعیت چشمه‌های موجود در مناطق مرتفع البرز (بین دشت بسلام و استان گلستان) ..... ۲۵
- شکل ۱-۴ - تغییرات لیتولوژی در یکی از حوضه‌های مورد مطالعه (دید به سمت جنوب) ..... ۴۴
- شکل ۲-۴ - تغییرات پوشش گیاهی در یکی از حوضه‌های مورد مطالعه (دید به سمت شرق) ..... ۴۵
- شکل ۳-۴ - تغییرات شیب در یکی از حوضه‌های مورد مطالعه ..... ۴۶
- شکل ۴-۴ - نقشه آبراهه‌های موجود در مناطق مرتفع البرز (بین دشت بسلام و استان گلستان) ..... ۴۹
- شکل ۵-۴ - موقعیت جغرافیایی حوضه آبگیر آبراهه شماره (۱) ..... ۵۰
- شکل ۶-۴ - نقشه‌های لیتولوژی (بالا)، پوشش گیاهی (وسط) و شیب (پایین) حوضه آبگیر شماره (۱) ..... ۵۱
- شکل ۷-۴ - موقعیت جغرافیایی حوضه آبگیر آبراهه شماره (۲) ..... ۵۲
- شکل ۸-۴ - نقشه‌های لیتولوژی (بالا)، پوشش گیاهی (وسط) و شیب (پایین) حوضه آبگیر شماره (۲) ..... ۵۳
- شکل ۹-۴ - موقعیت جغرافیایی حوضه آبگیر آبراهه شماره (۳) ..... ۵۴
- شکل ۱۰-۴ - نقشه‌های لیتولوژی (بالا)، پوشش گیاهی (وسط) و شیب (پایین) حوضه آبگیر شماره (۳) ..... ۵۵
- شکل ۱۱-۴ - موقعیت جغرافیایی حوضه آبگیر آبراهه شماره (۴) ..... ۵۶
- شکل ۱۲-۴ - نقشه‌های لیتولوژی (بالا)، پوشش گیاهی (وسط) و شیب (پایین) حوضه آبگیر شماره (۴) ..... ۵۷
- شکل ۱۳-۴ - موقعیت جغرافیایی حوضه آبگیر آبراهه شماره (۵) ..... ۵۸
- شکل ۱۴-۴ - نقشه‌های لیتولوژی (بالا)، پوشش گیاهی (وسط) و شیب (پایین) حوضه آبگیر شماره (۵) ..... ۵۹
- شکل ۱۵-۴ - موقعیت جغرافیایی حوضه آبگیر آبراهه شماره (۶) ..... ۶۰
- شکل ۱۶-۴ - نقشه‌های لیتولوژی (بالا)، پوشش گیاهی (وسط) و شیب (پایین) حوضه آبگیر شماره (۶) ..... ۶۱
- شکل ۱۷-۴ - موقعیت جغرافیایی حوضه آبگیر آبراهه شماره (۷) ..... ۶۲
- شکل ۱۸-۴ - نقشه‌های لیتولوژی (بالا)، پوشش گیاهی (وسط) و شیب (پایین) حوضه آبگیر شماره (۷) ..... ۶۳
- شکل ۱۹-۴ - موقعیت جغرافیایی حوضه آبگیر آبراهه شماره (۸) ..... ۶۴
- شکل ۲۰-۴ - نقشه‌های لیتولوژی (بالا)، پوشش گیاهی (وسط) و شیب (پایین) حوضه آبگیر شماره (۸) ..... ۶۵
- شکل ۲۱-۴ - موقعیت جغرافیایی حوضه آبگیر آبراهه شماره (۹) ..... ۶۶
- شکل ۲۲-۴ - نقشه‌های لیتولوژی (بالا)، پوشش گیاهی (وسط) و شیب (پایین) حوضه آبگیر شماره (۹) ..... ۶۷
- شکل ۲۳-۴ - موقعیت جغرافیایی حوضه آبگیر آبراهه شماره (۱۰) ..... ۶۸
- شکل ۲۴-۴ - نقشه‌های لیتولوژی (بالا)، پوشش گیاهی (وسط) و شیب (پایین) حوضه آبگیر شماره (۱۰) ..... ۶۹
- شکل ۲۵-۴ - موقعیت جغرافیایی حوضه آبگیر آبراهه شماره (۱۱) ..... ۷۰
- شکل ۲۶-۴ - نقشه‌های لیتولوژی (بالا)، پوشش گیاهی (وسط) و شیب (پایین) حوضه آبگیر شماره (۱۱) ..... ۷۱

- شکل ۴-۲۷- موقعیت جغرافیایی حوضه آبگیر آبراهه شماره (۱۲) ..... ۷۲
- شکل ۴-۲۸- نقشه‌های لیتولوژی (بالا)، پوشش گیاهی (وسط) و شیب (پایین) حوضه آبگیر شماره (۱۲) ..... ۷۳
- شکل ۴-۲۹- موقعیت جغرافیایی حوضه آبگیر آبراهه شماره (۱۳) ..... ۷۴
- شکل ۴-۳۰- نقشه‌های لیتولوژی (بالا)، پوشش گیاهی (وسط) و شیب (پایین) حوضه آبگیر شماره (۱۳) ..... ۷۵
- شکل ۴-۳۱- موقعیت جغرافیایی حوضه آبگیر آبراهه شماره (۱۴) ..... ۷۶
- شکل ۴-۳۲- نقشه‌های لیتولوژی (بالا)، پوشش گیاهی (وسط) و شیب (پایین) حوضه آبگیر شماره (۱۴) ..... ۷۷
- شکل ۴-۳۳- موقعیت جغرافیایی حوضه آبگیر آبراهه شماره (۱۵) ..... ۷۸
- شکل ۴-۳۴- نقشه‌های لیتولوژی (بالا)، پوشش گیاهی (وسط) و شیب (پایین) حوضه آبگیر شماره (۱۵) ..... ۷۹

## فهرست جداول

| عنوان                                                                                                                 | صفحه |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| جدول ۱-۱- اطلاعات بارندگی ایستگاه‌های مجاور منطقه مورد مطالعه (سال ۸۹-۹۰) .....                                       | ۴    |
| جدول ۲-۱- اطلاعات درجه حرارت ایستگاه‌های مجاور منطقه مورد مطالعه (سال ۸۹-۹۰) .....                                    | ۵    |
| جدول ۳-۱- اطلاعات چشمه های با دبی برابر و بالاتر از ۳ لیتر در ثانیه و محدوده منطقه مورد مطالعه .....                  | ۲۳   |
| جدول ۱-۴- تقسیم‌بندی و امتیازدهی به سازندهای مختلف موجود در منطقه مورد مطالعه بر اساس تاثیرگذاری بر شاخص رواناب ..... | ۴۴   |
| جدول ۲-۴- تقسیم‌بندی و امتیازدهی به پوشش گیاهی بر اساس تاثیرگذاری بر شاخص رواناب .....                                | ۴۵   |
| جدول ۳-۴- تقسیم‌بندی و امتیازدهی به شیب بر اساس تاثیرگذاری بر شاخص رواناب .....                                       | ۴۶   |
| جدول ۴-۴- نحوه وزن‌دهی به عوامل مختلف تاثیرگذار بر شاخص رواناب .....                                                  | ۴۷   |
| جدول ۵-۴- ضریب ( $K_s$ ) تعیین شده برای حوضه‌های مورد مطالعه .....                                                    | ۸۰   |
| جدول ۶-۴- شاخص رواناب تعیین شده برای حوضه‌های مورد مطالعه .....                                                       | ۸۱   |
| جدول ۷-۴- مقدار CN در هر یک از حوضه‌های مورد مطالعه .....                                                             | ۸۲   |
| جدول ۸-۴- ارتفاع رواناب و حجم رواناب برای حوضه‌های مورد مطالعه (با استفاده از روش SCS) .....                          | ۸۳   |
| جدول ۹-۴- مقدار ضریب رواناب در هر یک از حوضه‌های مورد مطالعه .....                                                    | ۸۴   |
| جدول ۱۰-۴- ارتفاع رواناب و حجم رواناب برای حوضه‌های مورد مطالعه (با استفاده از روش استدلالی) .....                    | ۸۵   |
| جدول ۱-۵- تعیین حجم رواناب با استفاده از دو روش SCS و استدلالی .....                                                  | ۸۸   |

## فصل اول: مقدمه

### ۱-۱- بیان مسئله

پی جویی منابع جدید آب سطحی به عنوان یکی از منابع تأمین آب شرب در جهان با توجه به نیاز روزافزون دنیا به این ماده حیاتی امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر می باشد. کشور ایران از جمله کشورهایی می باشد که بخش اعظم آن در منطقه خشک و نیمه خشک واقع شده است. در این بین استان سمنان با توجه به موقعیت جغرافیایی و قرار گرفتن در حاشیه کویر، با مسئله کمبود شدید آب مواجه است. دشت بسطام به عنوان یکی از دشتهای مهم این استان سالانه حدود ۸۰ سانتیمتر افت سطح آب های زیر زمینی را شامل می شود. از آنجایی که در نواحی مرتفع مرکزی این دشت با استان گلستان، جریان های قابل توجهی به سمت استان گلستان رخ می دهد و با توجه به این که در این نواحی استان گلستان با کمبود آب مواجه نمی باشد، می توان با شناسایی جریان های فوق الذکر و انتقال آن ها به داخل دشت بسطام، تا حدودی کمبود آب موجود در این دشت را جبران نمود.

### ۱-۲- هدف از انجام تحقیق

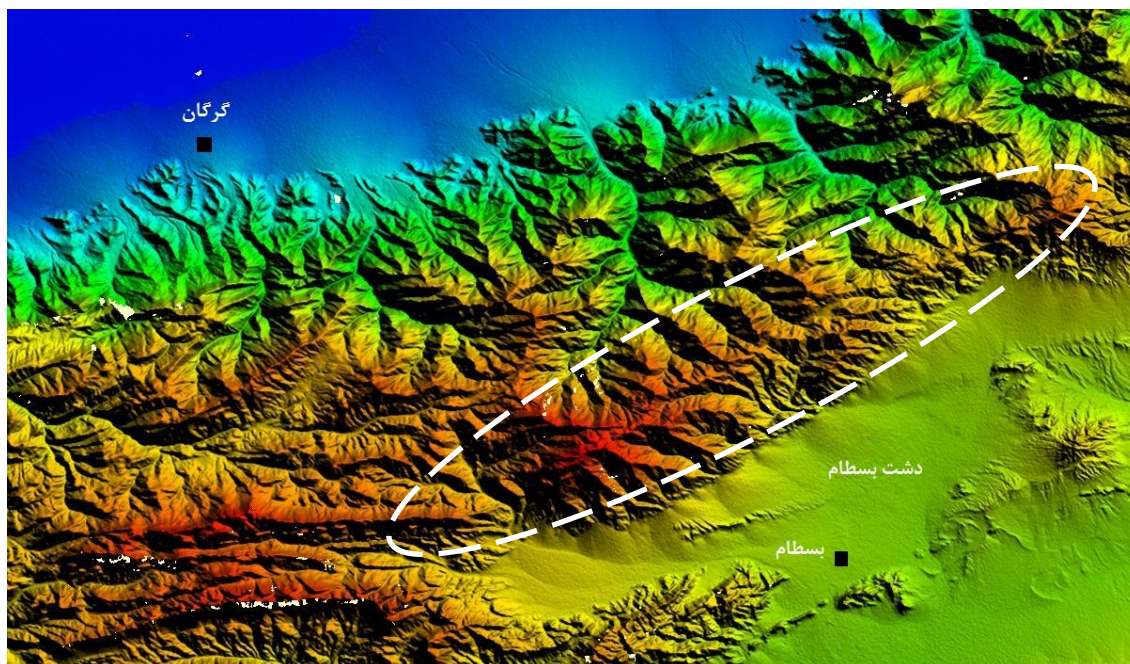
در خصوص مطالعه حجم آب حوضه های آب سطحی موجود در مناطق مرتفع مرزی بسطام و استان گلستان، تاکنون هیچ مطالعه ای انجام نشده است. بنابراین، هدف اساسی از این تحقیق، ارزیابی کمی آب های سطحی در مناطق مرتفع مرزی دشت بسطام با استان گلستان که قابلیت انتقال به بخش های داخلی دشت بسطام را دارا هستند، می باشد.

### ۳-۱- موقعیت جغرافیایی مناطق مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه جزیی از مناطق مرتفع البرز (بین دشت بسطام و استان گلستان) می‌باشد. مختصات جغرافیایی منطقه مورد مطالعه  $54^{\circ} 24'$  تا  $55^{\circ} 30'$  طول شرقی و  $36^{\circ} 21'$  تا  $37^{\circ} 00'$  عرض شمالی قرار می‌باشد. در شکل (۱-۱) راه‌های دسترسی به مناطق مورد مطالعه بر روی نقشه راه‌های ارتباطی ایران مشخص شده است. شکل (۲-۱) موقعیت مناطق مرتفع البرز (بین دشت بسطام و استان گلستان) را در عکس DEM نشان می‌دهد.



شکل ۱-۱- راه‌های دسترسی به مناطق مورد مطالعه



شکل ۱-۲- موقعیت ارتفاعات البرز (بین دشت بسطام و استان گلستان)

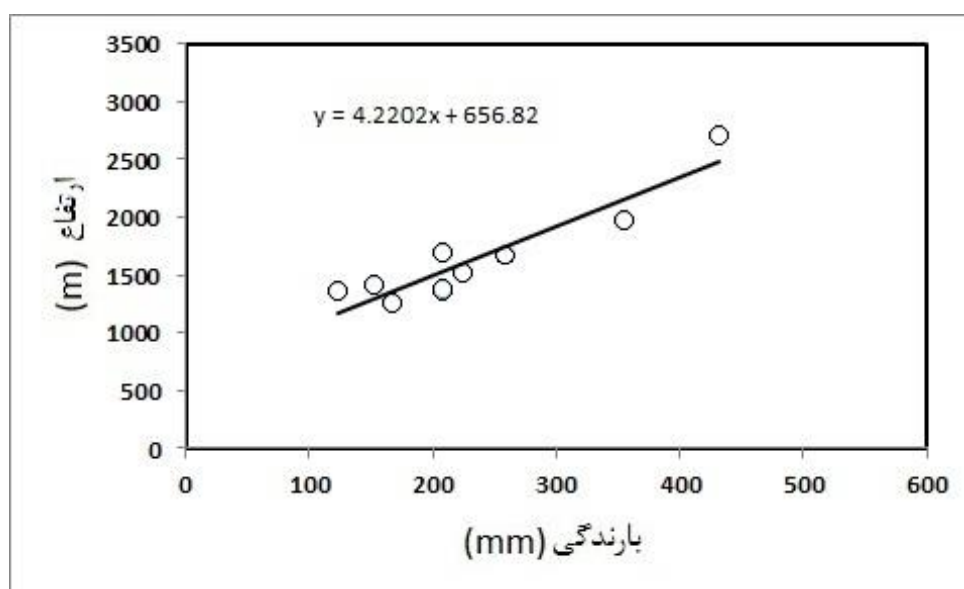
#### ۴-۱- آب و هوای منطقه مورد مطالعه

به دلیل عدم وجود ایستگاه هواشناسی در مناطق مرتفع مرزی بسطام و استان گلستان، برای ارزیابی میزان بارندگی و درجه حرارت از نزدیک‌ترین ایستگاه‌های منطقه استفاده شده است. به همین منظور برای تعیین میزان بارندگی در ارتفاعات مورد مطالعه از ایستگاه‌های باران سنجی شاهرود، بسطام، دیزج، چهارطاق پرو، ده‌خیر، ابر، ابرسج، مجن و تاش استفاده شده است. در جدول (۱-۱) متوسط بارندگی هر کدام از این ایستگاه‌ها ارائه شده است. از بین ایستگاه‌های موجود، ایستگاه تاش دارای بالاترین ارتفاع می‌باشد که البته بیشترین میزان بارش (۴۳۲ میلیمتر در سال) را نیز دارا می‌باشد. ملاحظه می‌شود که در بین این ایستگاه‌ها، ایستگاه تاش و مجن به علت ارتفاع بالاتر بیشترین بارش سالانه را دارند. بنابراین این دو ایستگاه با وضعیت اقلیمی ارتفاعات مرزی مورد مطالعه از همخوانی بیشتری برخوردار هستند.

جدول ۱-۱- اطلاعات بارندگی ایستگاه‌های مجاور منطقه مورد مطالعه (سال ۹۰-۸۹)

| نام ایستگاه | UTM (X) | UTM(Y)  | ارتفاع (m) | مقدار بارندگی (mm) |
|-------------|---------|---------|------------|--------------------|
| دیزج        | ۳۲۰۵۷۱  | ۴۰۲۶۴۷۵ | ۱۲۵۶       | ۱۶۸/۳              |
| شاهرود      | ۳۱۶۲۰۳  | ۴۰۳۲۱۱۶ | ۱۳۴۹       | ۱۲۳                |
| بسطام       | ۳۲۰۸۴۰  | ۴۰۳۹۴۱۹ | ۱۳۶۶       | ۲۰۹                |
| چهارطاق پرو | ۳۲۴۰۹۱  | ۴۰۵۲۳۰۱ | ۱۴۱۰       | ۱۵۳/۶              |
| ده خیر      | ۳۱۶۵۱۸  | ۴۰۴۶۹۰۹ | ۱۵۱۰       | ۲۲۵/۵              |
| ابر         | ۳۳۰۳۴۸  | ۴۰۶۶۹۷۳ | ۱۶۶۵       | ۲۵۸/۸              |
| ابرسج       | ۳۱۱۲۷۶  | ۳۹۴۱۵۸۱ | ۱۶۹۰       | ۲۰۸/۵              |
| مجن         | ۲۸۷۹۸۹  | ۴۰۴۰۱۶۳ | ۱۹۷۰       | ۳۵۵                |
| تاش         | ۲۹۶۴۶۶  | ۴۰۴۶۲۵۱ | ۲۷۰۰       | ۴۳۲                |

با توجه به اطلاعات موجود در جدول فوق ملاحظه می‌شود که اولاً تمام ایستگاه‌ها در دامنه جنوبی البرز واقع شده‌اند و در این منطقه با افزایش ارتفاع مقدار بارندگی نیز افزایش پیدا می‌کند. شکل (۱-۳) نمودار بارندگی - ارتفاع ایستگاه‌های مجاور منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۳- نمودار بارندگی - ارتفاع مربوط به ایستگاه‌های مجاور مناطق مورد مطالعه

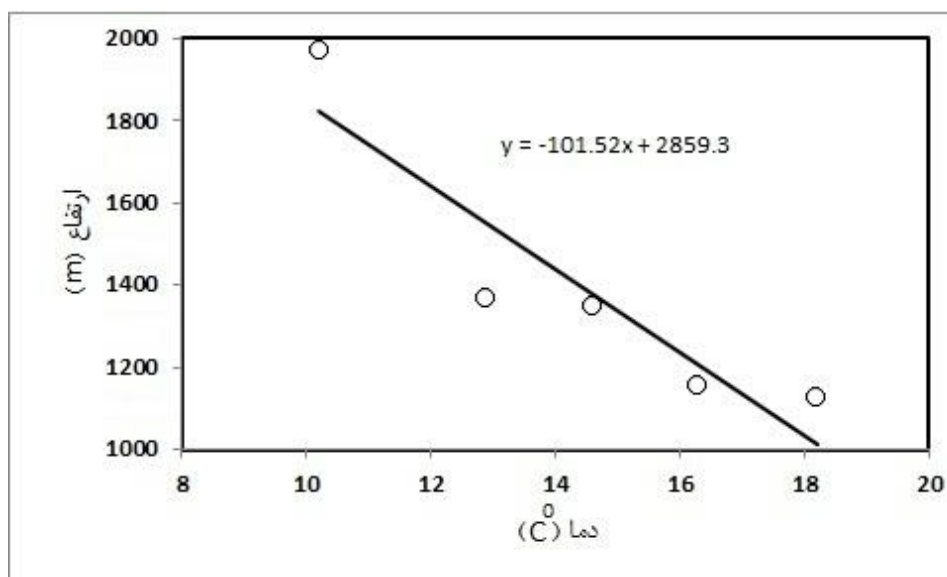
با افزایش ارتفاع میزان درجه حرارت کاهش می‌یابد. به منظور تعیین درجه حرارت از اطلاعات

ایستگاه‌های سینوپتیک سمنان، دامغان، شاهرود، بسطام و مجن استفاده شده است. جدول (۲-۱) اطلاعات درجه حرارت مربوط به ایستگاه‌های ذکر شده در سال ۹۰-۸۹ را نشان می‌دهد.

جدول ۲-۱- اطلاعات درجه حرارت ایستگاه‌های مجاور منطقه مورد مطالعه (سال ۹۰-۸۹)

| نام ایستگاه | UTM (X) | UTM (Y) | ارتفاع (m) | درجه حرارت (C°) |
|-------------|---------|---------|------------|-----------------|
| سمنان       | ۷۱۶۰۳۸  | ۳۹۳۶۶۵۲ | ۱۱۲۷       | ۱۸/۲            |
| دامغان      | ۲۵۸۵۸۹  | ۴۰۰۳۹۲۲ | ۱۱۵۵       | ۱۶/۳            |
| شاهرود      | ۳۱۶۲۰۳  | ۴۰۳۲۱۱۶ | ۱۳۴۹       | ۱۴/۶            |
| بسطام       | ۳۲۰۸۴۰  | ۴۰۳۹۴۱۹ | ۱۳۶۶       | ۱۲/۹            |
| مجن         | ۲۸۷۹۸۹  | ۴۰۴۰۱۶۳ | ۱۹۷۰       | ۱۰/۲            |

با توجه به جدول فوق می‌توان به این نتیجه رسید که با افزایش ارتفاع مقدار دما کاهش پیدا می‌کند. شکل (۴-۱) نمودار دما - ارتفاع ایستگاه‌های مجاور منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۱- نمودار دما - ارتفاع مربوط به ایستگاه‌های مجاور مناطق مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه به لحاظ طبقه‌بندی اقلیمی دمارتن (De Martonne)، در اقلیم نیمه مرطوب و طبقه‌بندی اقلیمی آمبرژه (Emberger) در اقلیم ارتفاعات قرار می‌گیرد.

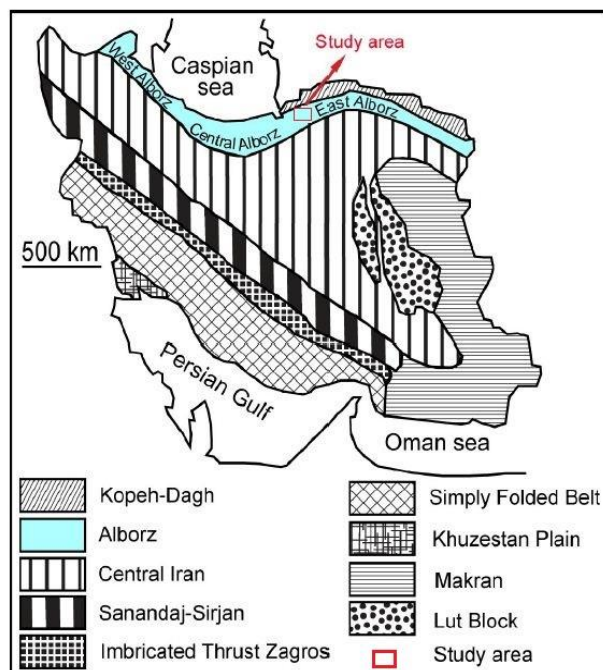
## ۱-۵- زمین ریخت‌شناسی منطقه

منطقه مورد مطالعه از نظر زمین ریخت‌شناسی از مناطق کوهستانی بلند و دره‌های عمیق تشکیل شده است. روند مناطق کوهستانی در این مناطق با توجه به روند کلی البرز، شرقی - غربی می‌باشد. از مناطق مرتفع موجود در این منطقه کوه شاهوار و کهکشان می‌باشد. البته مرتفع‌ترین نقطه، کوه شاهوار می‌باشد که در ارتفاع ۳۹۴۵ متری از سطح دریا واقع شده است. بعد از کوه شاهوار کوه کهکشان با ارتفاع ۳۸۱۳ متری از سطح دریا بالاترین ارتفاع را دارد. منطقه به لحاظ زمین ریخت‌شناسی جز واحد ژئومورفولوژیکی کوهستان به شمار می‌رود.

## ۱-۶- زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

براساس پهنه‌بندی زمین‌شناسی ایران از نظر اشتوکلین (Stocklin) و روتنر (Rutner) ناحیه مورد مطالعه در پهنه‌بندی البرز واقع شده است (شکل ۱-۵). بر اساس تقسیمات اشتوکلین، زون البرز به سه بخش تقسیم می‌شود: البرز شرقی، غربی و مرکزی. بر این اساس، مناطق مورد مطالعه در بخش البرز شرقی قرار می‌گیرند. رشته کوه البرز به عنوان بخشی از نوار شمالی آلپ - هیمالیا، با تصادم خرده ورق ایران و توران در تریاس پسین تکوین یافته و ساختار کنونی آن محصول تأثیر کوهزایی آلپ می‌باشد (Stocklin, 1968).

پهنه رسوبی - ساختاری البرز شامل بلندی‌های شمال صفحه ایران است که به شکل تاقدیسی مرکب (Anticlinorium)، در یک راستای عمومی شرقی - غربی، از آذربایجان تا خراسان امتداد دارد. از نگاه زمین ریخت‌شناسی، مرز شمالی این پهنه منطبق بر تپه ماهورهای متشکل از نهشته‌های ترشیری و دشت ساحلی خزر است. از نگاه زمین‌شناختی مرز شمالی آن را محدود به زمین درز تتیس کهن می‌دانند که از برخورد سنگ‌کره قاره‌ای البرز با سنگ کره توران، در تریاس پسین به وجود آمده است. حد جنوبی البرز چندان روشن نیست (آقاباتی، ۱۳۸۹).



شکل ۱-۵- زون زمین‌شناسی - ساختاری در پهنه نقشه ایران (Stocklin, 1968).

سازندهای مورد بررسی به ترتیب سن شامل سازندهای: سازند ابرسج (اردویسین پسین)، سلطان میدان (سیلورین)، پادها (دونین زیرین - میانی)<sup>۹</sup>، سنگ‌های ولکانیکی (دونین زیرین)، خوش‌ییلاق (دونین میانی<sup>۹</sup> و بالایی)، مبارک (کربونیفر زیرین)، قزل قلعه (کربونیفر بالایی)، دورود (پرمین زیرین)، روته (پرمین میانی)، الیکا (تریاس زیرین و میانی)، شمشک (ژوراسیک پایینی)، لار (ژوراسیک بالایی)، کرج (ائوسن)، کنگلومرای پلیوستوسن و واریزه (کواترنری) می‌باشد. در شکل (۱-۶) نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه آمده است.

#### ۱-۶-۱- سازند ابرسج (اردویسین پسین)

این واحد سنگی ( $O^{sh,s}$ ) در شمال روستای نکارمن و ابرسج و شرق ارتفاعات سیاه مرزکوه رخنمون دارد. بخش زیرین این واحد را سنگهای آواری دانه‌ریز متشکل از شیل سیلتی به رنگ سبز زیتونی و خاکستری رنگ و میان‌لایه‌هایی نازکی از ماسه‌سنگ تشکیل می‌دهد و بخش بالایی آن بیشتر از

ماسه‌سنگهای کوارتزی سفید تا شیری رنگ با میان‌لایه‌هایی از شیل تشکیل شده است. این واحد حدود ۱۰۰۰ تا ۱۲۰۰ متر ضخامت دارد و مرز بالایی آن بصورت پیوسته و هم شیب توسط سنگهای آتشفشانی سیلورین (سلطان میدان) پوشیده می‌شود (زمانی پدرام و کریمی، ۱۳۸۵). البته این واحد در ناحیه شمال باختری روستای قلعه‌نورخان نیز رخنمون دارد. بخش زیرین آن توسط رسوبات آبرفتی پوشیده شده است. لذا تمامی ضخامت آن دیده نمی‌شود و از تناوب شیل به رنگ‌های خاکستری و سبز زیتونی و ماسه‌سنگ میکادار تشکیل شده است که در بخش‌های زیرین لیتولوژی غالب را شیل تشکیل می‌دهد. در بخش بالایی از ماسه سنگ کوارتزی با میان‌لایه‌های شیلی تشکیل یافته است (جعفریان و جلالی، ۱۳۸۳).

#### ۱-۶-۲- سازند سلطان میدان (سیلورین)

مقطع تیپ این سازند ( $S^v$ ) در ۳۰ کیلومتری شمال شاهرود، غرب روستای ابر قرار دارد، ضخامت آن در مقطع تیپ حدود ۶۰۰ متر است که به‌طور هم‌شیب روی سازند قلی قرار گرفته است. از جنوب گرگان (دشت سلطان میدان در جنوب غرب گرگان، مینودشت) تا شمال شاهرود (گردنه خوش‌ییلاق و تیل‌آباد)، گدازه‌های سیلورین حدود ۲۵۰ تا ۷۰۰ متر ضخامت دارند و ژنی (Jeni, 1977) برای این گدازه‌ها نام بازالت‌های سلطان میدان را انتخاب کرده است. این واحد از بازالت، اسپیلیت، آندزیت بازالت، تراکی آندزیت، آندزیت، توف و سنگهای ایگنمبریتی با ترکیب ریولیتی پدید آمده است (زمانی پدرام و کریمی، ۱۳۸۵). در منطقه ابر گدازه‌های بازالتی سیلورین حدود ۷۰۰ متر ضخامت دارند و به طور عمده تیره رنگ بوده و ساخت بالشی دارند که نشانگر تکاپوی آتشفشانی زیردریایی است (آقانباتی، ۱۳۸۹). در منطقه خوش‌ییلاق در پایین و بالای این سازند لایه‌های کنگلومرایی یافت می‌شود که ضخامت آن‌ها گاهی به ۲۰ متر می‌رسد. بنا به نوشته ژنی بازالت‌های سلطان میدان در حوالی شاهرود تا گردنه خوش‌ییلاق با ضخامت متفاوت دیده می‌شوند. سازند سلطان میدان در گردنه خوش‌ییلاق و در حد فاصل روستاهای خوش‌ییلاق و تیل‌آباد از گسترش زیادی برخوردار است. گاهی

در آن گدازه‌های بالشی نیز مشاهده می‌شود (جعفریان و جلالی، ۱۳۸۳). در برخی از رخنمون‌های تقریباً کامل این سازند در دره‌ی کلودر در شمال شرق نکارمن، ده‌ها روانه‌ی بازالتی قابل شناسایی است که برخی از آن‌ها ساخت منشوری زیبایی نشان می‌دهند. (سهایمی، ۱۳۹۰).

### ۱-۶-۳- سازند پادها (دونین زیرین - میانی)<sup>۹</sup>

به عنوان دومین سازند از گروه گوشکمر (Gushkamar) به داشتن رنگ مایل به سرخ - صورتی شاخص است و جدا از تغییر رخساره‌های ناچیز محلی، بیشتر شامل ماسه‌سنگ‌های کواترنری است که لایه‌بندی مورب جناغی و لایه‌بندی مسطح با سیمان ورقی هستند (آقانباتی، ۱۳۸۹). لیتولوژی این سازند (D<sup>s</sup>) عمدتاً از تناوب دولومیت و ماسه‌سنگ کوارتزیتی در بخش پایینی و از تناوب گچ، شیل قرمز و دولومیت در بخش بالایی تشکیل شده است که هر دو بخش روی هم ضخامت برابر ۴۲۹ متر دارند (علوی نائینی، ۱۳۸۸). در اطراف روستاهای نکارمن و ابرسج بر روی سازند سلطان میدان به سن سیلورین ردیفی از سنگهای آواری قرار دارد. این واحد ۱۰۰ تا ۱۲۰ متر ضخامت دارد و از ماسه سنگ کوارتزیتی سفید تا قرمز رنگ، شیل سیلتی قرمز رنگ با میان‌لایه‌هایی از ماسه سنگ و میکروکنگلومرا و ماسه سنگ آهکی کرم رنگ تشکیل شده است که به تدریج به سوی بخش‌های بالایی خود به شیل، سیلتستون، ماسه سنگ دولومیتی با عدسی‌های چرتی و لیمونیتی و سرانجام دولومیت تبدیل می‌شود (زمانی پدram و کریمی، ۱۳۸۵). سازند پادها در نواحی خوش‌بیلاق، تیل‌آباد و میغان از رخنمون و گسترش خوبی برخوردار است. سازند پادها در میغان به دو عضو تقسیم می‌شود. عضو یک (۱۴۰ متر) با یک ناپیوستگی فرسایشی (Nonconformity) روی سازند سلطان میدان قرار می‌گیرد. عضو دو (۱۰۰ متر) با ماسه‌سنگ‌های کوارتزآرنیتی و قرمز آرکوزی و گری‌وکی متناوب با شیل‌های قرمز هستند (اهری‌پور، ۱۳۸۹).

|            |  |                                                         |
|------------|--|---------------------------------------------------------|
| کواترنری   |  | Q <sup>es</sup> : دریای خزر                             |
|            |  | Q <sup>m</sup> : کور، پهنه نمکی، دریاچه نمکی            |
|            |  | Q <sup>al</sup> : آبرفت‌های جوان پستر رودخانه‌ها        |
|            |  | Q <sup>b</sup> : زمین لغزه                              |
| QUATERNARY |  | Q <sup>t2</sup> : پادگانه‌های جوان و مخروط افکنه آبرفتی |
|            |  | Q <sup>t1</sup> : پادگانه‌های قدیمی و مخروط‌های افکنه   |
|            |  | Q <sup>tr</sup> : تراورتن                               |
|            |  | Q <sup>l</sup> : لس                                     |
| PLIO PLOS  |  | Q <sup>pc</sup> : رس ماسه‌ای و سیلت‌دار، رس             |
|            |  | Q-PF: سنگ جوش، ماسه سنگ                                 |
|            |  | PF: سنگ جوش، ماسه سنگ                                   |
|            |  | N <sup>g3</sup> : مارن، ماسه سنگ، و مارن‌های گچ‌دار، گچ |
| NEOGENE    |  | N <sup>g2</sup> : سنگ جوش قرمز رنگ                      |
|            |  | M <sup>u2</sup> : مارن، مارن‌های گچ‌دار قرمز            |
|            |  | M <sup>u1</sup> : ماسه سنگ - سنگ جوش                    |
|            |  | M <sup>s</sup> : گم                                     |

|           |  |                                                                          |
|-----------|--|--------------------------------------------------------------------------|
| سازند خزر |  | M <sup>4</sup> : ماسه سنگ، سنگ آهک‌های ماسه‌دار، سنگ آهله دارای دوکفه‌ای |
|           |  | M <sup>3</sup> : سنگ جوش                                                 |

|             |  |                                                  |
|-------------|--|--------------------------------------------------|
| سازند زیارت |  | E <sup>1</sup> : سنگ آهک نورملیت‌دار             |
|             |  | E <sup>2</sup> : سنگ آهک ماسه‌دار، ماسه سنگ، شیل |
| سازند فجن   |  | Pg1: سنگ جوش قرمز، ماسه سنگ                      |

|              |  |                                                                 |
|--------------|--|-----------------------------------------------------------------|
| سازند تیزکوه |  | K <sup>2</sup> : سنگ آهله، سنگ آهک ماسه‌دار، ماسه سنگ           |
|              |  | K <sup>1</sup> : سنگ آهک اینوسراسوس‌دار، و سنگ آهک مارنی قله‌ای |
|              |  | K <sup>2a</sup> : سنگ آهک اوریتیلین‌دار                         |
|              |  | K <sup>1a</sup> : آریلیت، سنگ آهله ماسه سنگ                     |

|            |  |                                                             |
|------------|--|-------------------------------------------------------------|
| سازند شمشک |  | J <sup>1</sup> : سنگ آهله، دولیت توده‌ای                    |
|            |  | J <sup>2</sup> : سنگ جوش، ماسه سنگ                          |
|            |  | J <sup>2a</sup> : شیل، آریلیت ذغال‌دار، عدسپه‌های ذغالی سنگ |
|            |  | J <sup>1a</sup> : سنگهای آتشفشانی، شیل، پرنگ خاکستری        |

|             |  |                                              |
|-------------|--|----------------------------------------------|
| سازند الیکا |  | Re2: سنگ آهک لایه نازک کرمدار، دولیت توده‌ای |
|             |  | Re1: بونکیت و لاریت در قاعده                 |

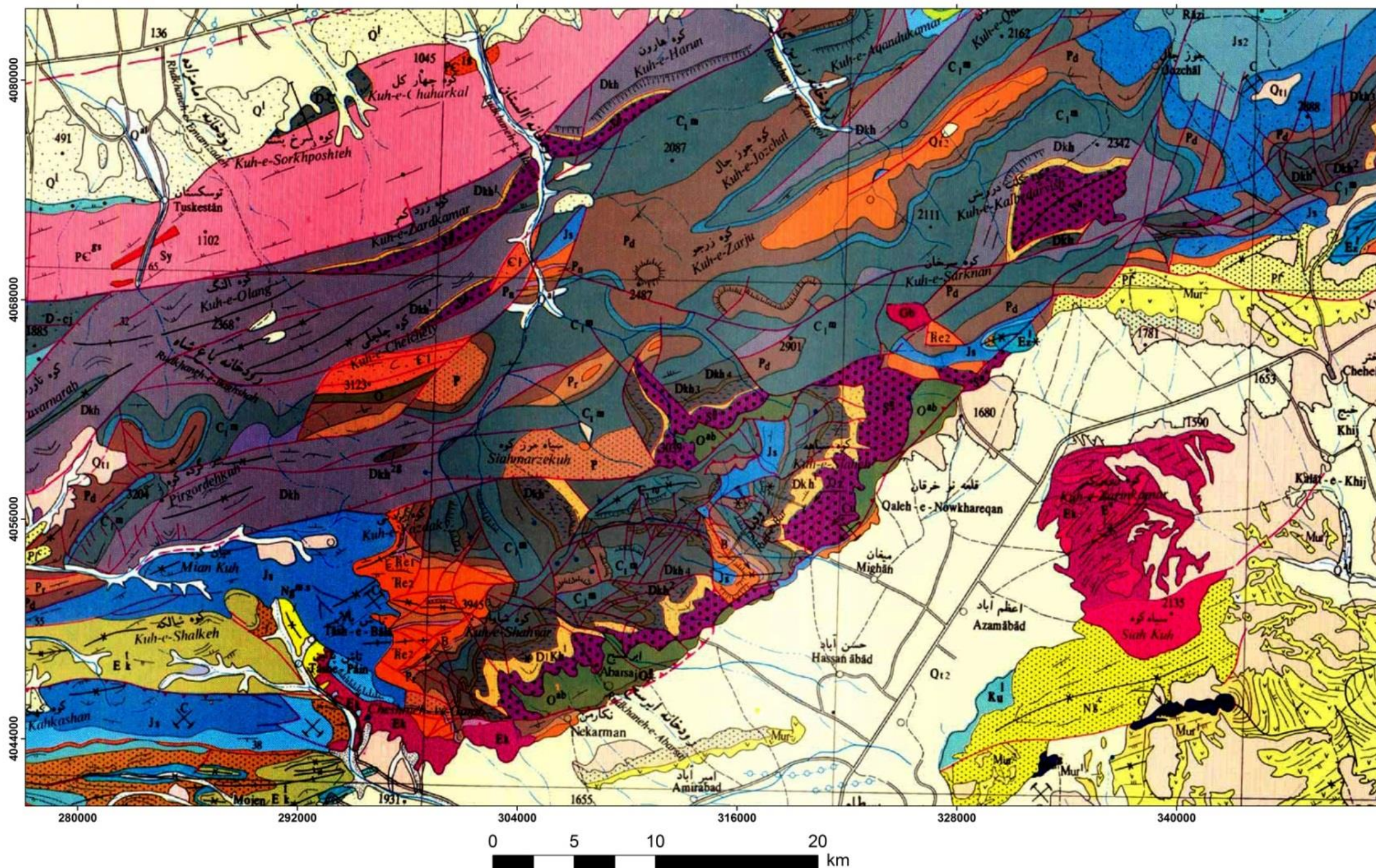
|           |  |                                                                                              |
|-----------|--|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| سازند تسن |  | P <sup>2</sup> : سنگ آهک چرت‌دار، ماسه سنگ، شیل                                              |
|           |  | P <sup>1</sup> : سنگ آهله، خاکستری رنگ، لایه‌بندی منظم فسیل‌دار، پر حسب مکان دیاباز در قاعده |
|           |  | P <sup>2a</sup> : سازند درود                                                                 |
|           |  | P <sup>1a</sup> : ماسه سنگ، ماسه سنگ کوارتزیتی، سنگ آهک آله‌دار و فوزولین‌دار                |

|           |  |                                                                               |
|-----------|--|-------------------------------------------------------------------------------|
| سازند     |  | C <sup>2</sup> : آهک تخم ماهی‌ای، سنگ آهک ماسه‌دار                            |
|           |  | C <sup>1m</sup> : شیل خاکستری سیاه رنگ، سنگ آهله ماسه سنگ کوارتزیتی، در قاعده |
|           |  | Dkh <sup>4</sup> : سنگ آهله، سنگ آهک مارنی، مارن، پرفسیل                      |
|           |  | Dkh <sup>3</sup> : ماسه سنگ دانه درشت قرمز رنگ، و سنگ جوش                     |
| خوش بیلاق |  | Dkh <sup>2</sup> : کنگلومرا، ماسه سنگ، دیاباز، سنگ آهک                        |
|           |  | Dkh <sup>1a</sup> : گچ                                                        |
|           |  | Dkh <sup>1</sup> : ماسه سنگ، ماسه سنگ کوارتزیتی، شیل، سنگ جوش قاعده           |
|           |  | S <sup>2</sup> : سنگهای آتشفشانی نکارمن                                       |

|             |  |                                                   |
|-------------|--|---------------------------------------------------|
| سازند لالون |  | O <sup>2b</sup> : اسپیلت، بازالت، آندزیت پورفیریک |
|             |  | O <sup>2a</sup> : شیل میکاسه، ماسه سنگ کوارتزیتی  |
|             |  | O <sup>1</sup> : سازند ایرج                       |
|             |  | O <sup>0</sup> : سازند استو                       |

|             |  |                                                                      |
|-------------|--|----------------------------------------------------------------------|
| سازند لالون |  | C <sup>1</sup> : ماسه سنگ کوارتزیتی قرمز رنگ، سنگهای آتشفشانی قاعده  |
| در شمال     |  | C <sup>1a</sup> : ماسه سنگ کوارتزیتی قرمز رنگ، سنگهای آتشفشانی قاعده |

|               |  |                                                                |
|---------------|--|----------------------------------------------------------------|
| شیت‌های گرگان |  | Pc <sup>18</sup> : ایگیپریت، سنگ جوش، ماسه سنگ                 |
|               |  | Pc <sup>17</sup> : شیتست سبز، متادایاز، کوارتزیت، قرمز، اسپیلت |
|               |  | Gb: گابرو، دیوریت                                              |
|               |  | Sy: سینیت                                                      |



شکل ۱-۶- نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه (بر گرفته از نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ گرگان)

### ۱-۶-۴- سنگ‌های ولکانیکی

در واحد یک سازند خوش‌ییلاق عدسی‌های کشیده‌ای از سنگ‌های آتشفشانی با ترکیب آلکالی بازالت ( $D^v$ ) به ضخامت ۳۰ متر دیده می‌شود (زمانی پدرام و کریمی، ۱۳۸۵). در برخی نقاط، مانند ناحیه کوه قاسم (شمال نکارمن)، در سازند خوش‌ییلاق، افق‌ها و عدسی‌هایی بزرگ از سنگ‌های ولکانیکی با ترکیب بازالتی و آندزیت بازالتی دیده می‌شوند (جعفریان و جلالی، ۱۳۸۳).

### ۱-۶-۵- سازند خوش‌ییلاق (دونین میانی<sup>۱</sup> و بالایی)

این سازند به عنوان الگوی سنگ‌های دونین میانی<sup>۲</sup> - بالایی البرز شرقی، یکی از سبترترین ردیف‌های دونین البرز است که میان سازند آواری پادها (در زیر) و سازند آهکی مبارک (در بالا) قرار دارد و برش الگوی آن توسط بزرگ‌نیا (۱۹۷۳) در گردنه خوش‌ییلاق مطالعه و معرفی شده است (آقانباتی، ۱۳۸۹). مقطع تیپ این سازند در کنار جاده‌ی آزادشهر به شاهرود در سه کیلومتری جنوب غربی دهکده‌ی خوش‌ییلاق قرار دارد. ضخامت این سازند توسط بزرگ‌نیا (Bozorgnai, 1973) ۱۳۰۰ متر اندازه‌گیری شده است که مرز زیرین آن سازند پادها و مرز فوقانی آن سازند مبارک می‌باشد. آقانباتی (۱۳۸۹) در یک نگاه کلی سازند خوش‌ییلاق را در منطقه تیپ به چهار عضو تقسیم کرده است: عضو آواری پایینی، عضو کربناته پایینی، عضو آواری بالایی و عضو کربناته بالایی. براساس مطالعات انجام شده توسط جعفریان و جلالی (۱۳۸۳) سازند خوش‌ییلاق در گردنه خوش‌ییلاق دارای نظم و ترتیب خوبی است، آن چنان که می‌توان آن را به چهار واحد تقسیم نمود که از پایین به بالا عبارتند از :

واحد  $D_{kh}^1$ : بر روی سازند پادها ردیفی از ماسه سنگ، ماسه سنگ کنگلومرایی به رنگ قرمز تا ارغوانی قرار دارد که در آن میان‌لایه‌هایی از آهک و آهک دولومیتی خاکستری رنگ یافت می‌شوند. این واحد در مجموع ۴۵۰ متر ضخامت دارد و مرز بالایی آن به طور پیوسته و هم شیب به واحد دوم تبدیل می‌شود.

واحد  $D_{kh}^2$ : این بخش از سازند خوش‌ییلاق از آهک‌های بایواسپاریتی ماسه‌ای خاکستری تا زردرنگ به

همراه مارن، دولومیت خاکستری رنگ، افق‌هایی از ژپس به ضخامت ۳ تا ۴ متر و سرانجام آهک بیومیکریتی تا بیواسپاریتی نازک تا متوسط لایه خوب لایه‌بندی شده با میان‌لایه‌هایی از مارن پدید آمده است. این واحد در مجموع ۴۰۰ متر ضخامت دارد.

واحد  $D_{kh}^3$ : بر روی واحد دوم به طور پیوسته و هم شیب انباشته‌های تخریبی شامل ماسه سنگ، ماسه سنگ آهکی و مارن ماسه‌ای قرمز تا قهوه‌ای رنگ جای دارد که در مجموع ضخامت آن‌ها ۵۰ تا ۷۰ متر است.

واحد  $D_{kh}^4$ : بر روی رسوبات آواری واحد سوم، مجموعه‌ای از آهک، آهک دولومیتی و مارن قرار دارد که دربردارنده براکیوپود فراوان است. این بخش از سازند خوش‌ییلاق حدود ۶۰۰ تا ۷۰۰ متر ضخامت دارد. این سازند در منطقه نکارمن در اکثر موارد روی اسپیلیت‌ها قرار گرفته است ولی به‌طور محلی در غرب و شرق روستای ابرسج با کنتاکت گسله در زیر رسوبات اردوئین قرار گرفته است.

سازند خوش‌ییلاق در ناحیه میغان تناوبی از آهک فسیل‌دار تیره رنگ، شیل و ماسه‌سنگ و میان‌لایه‌های کمی از دولومیت با ضخامت ۹۲۵ متر می‌باشد (Wendt et al., 2005).

طبق مطالعات انجام شده توسط حسینی‌نژاد (۱۳۸۵) در منطقه ابرسج این سازند دارای سه واحد به شرح زیر است:

واحد ۱: در ابتدای این واحد کنگلومرای قاعده‌ای وجود دارد که بر روی آن تناوبی از ماسه‌سنگ و کنگلومرا و در انتها مقدار کمی آهک قرار دارد که ضخامت ظاهری آن ۱۸۹ متر می‌باشد.

واحد ۲: این واحد متشکل از ماسه‌سنگ درشت قرمز رنگ و کنگلومرا بوده و دارای ضخامت حدود ۶۰ متر می‌باشد که از آن می‌توان به عنوان یک لایه راهنما در مناطقی که این سازند وجود دارد استفاده نمود.

واحد ۳: بر روی ماسه‌سنگ‌های واحد دوم سنگ آهک، آهک مارنی و مارن پرفسیل واحد سوم قرار می‌گیرد.

اهری‌پور (Ahari pour et al., 2010) این سازند را در مقطع تیپ (گردنه خوش‌ییلاق) مورد بررسی

قرار داده‌است. در این مطالعه ضخامت سازند ۱۲۰۰ متر اندازه‌گیری شده‌است و بر اساس تغییرات در لیتولوژی، رنگ سنگ‌ها و ویژگی محیط رسوبی این سازند را به ۱۷ بخش تقسیم کرده‌است.

#### ۱-۶-۶- سازند مبارک (کربونیفر زیرین)

نام این سازند از دهکده مبارک‌آباد در البرز مرکزی و در شرق تهران توسط آسرتو (Assereto, 1966) گرفته شده‌است. ضخامت این سازند در مقطع تیپ آن ۴۵۰ متر شامل آهک سیاه رنگ همراه با رخنمون‌هایی از مارن سیاه رنگ در قسمت‌های زیرین است. سازند مبارک با ناپیوستگی فرسایشی روی سازند جیروود و توسط سازند دورود با ناپیوستگی فرسایشی پوشیده می‌شود. این واحد سنگی به طور عمده ردیف‌های کربونیفر البرز جنوبی را تداعی می‌کند ولی گسترش آن در البرز شمالی نیز درخور توجه است و حتی در مقایسه با البرز جنوبی سبترای بیشتر دارد (آقانباتی ۱۳۸۹). از نگاه ریخت‌شناسی در مجموع بلندیه‌های متوسطی را می‌سازد در نقاط گوناگون از تنوع لیتولوژیکی نیز برخوردار است. لیتولوژی ممبر ( $\text{Cm}^{\text{sh},1}$ ) این سازند، شامل سنگ آهک‌های نازک و متوسط لایه به رنگ خاکستری تیره، آهک‌های شیلی ورقه‌ای و شیل‌های سیاه رنگ می‌باشد (جعفریان و جلالی ۱۳۸۳). سازند مبارک در منطقه روستای غزنوی از گسترش خوبی برخوردار است و از سنگ آهک‌های نازک و متوسط لایه به رنگ خاکستری تیره، آهک‌های شیلی ورقه‌ای و شیل‌های آلی سیاه رنگ تشکیل شده‌است. ضخامت آن حدود ۴۰۰ متر است (شهرابی، ۱۳۷۸). طبق مطالعات حسینی‌نژاد (۱۳۸۵) در منطقه ابرسج روی آهک‌ها و مارن‌های آهکی واحد سوم خوش‌ییلاق، سازند مبارک یا آهک مبارک به‌طور هم‌شیب قرار دارد. لیتولوژی این سازند در این منطقه شامل رسوب آواری ماسه‌سنگ در قاعده (مرز بین دونین بالایی و کربونیفر زیرین) و شیل خاکستری سیاه رنگ و سنگ آهک می‌باشد. لازم به ذکر است که این سازند در ابرسج در ارتفاعات ۳۵۰۰ متری کوه شاهوار قابل رویت است.

### ۱-۶-۷- سازند قزل قلعه (کربونیفر بالایی)

این سازند نخستین بار در سال ۱۹۷۷ توسط ژنی در دره فاضل آباد واقع در باختر شاه پسند به تهران اندازه گیری و مورد مطالعه قرار گرفته است. سازند قزل قلعه به ضخامت ۲۸۰ متر از سه عضو اصلی تشکیل شده است. عضو یک: به ضخامت ۱۰۰ متر متشکل از آهک ماسه‌ای می‌باشد. عضو دوم: به ضخامت ۷۵ متر متشکل از ماسه سنگ، همراه با چند افق نازک زغالی می‌باشد. عضو سوم: به ضخامت ۱۵۰ متر متشکل از سیلتستون و شیل همراه با چند افق آهک ماسه‌ای می‌باشد (علوی نائینی، ۱۳۸۸). از رودخانه چهارباغ، ارتفاعات سیاه مرزکوه بر روی سازند مبارک قرار دارد و لیتولوژی این سازند (Cgh) شامل لایه‌هایی از شیل خاکستری تیره، مارن ماسه‌ای قرمز رنگ، آهک آلیتی، آهک میکرایتی فسیل‌دار، آهک با تبلور مجدد و آهک ماسه‌ای به رنگ‌های خاکستری تا کرم روشن می‌باشد، این ردیف‌های رسوبی تقریباً ۱۵۰ تا ۲۵۰ متر ستبراً دارد (زمانی پدram و کریمی، ۱۳۸۵).

### ۱-۶-۸- دورود (پرمین زیرین)

برش الگوی سازند دورود در دره علیای جاجرود و در محل پیوند رودخانه دربندسر و شمشک توسط آسرتو (Assereto, 1963)، اندازه گیری شده است. این سازند در برش الگو ۱۵۰ متر ضخامت دارد. بخش زیرین سازند دورود از یک واحد ضخیم متشکل از مارن رسی رنگارنگ با ردیف‌هایی از آهک‌های مارنی سیاه، ماسه سنگ با سیمان آهکی قرمز و سیلتستون قرمز و سبز تشکیل شده است. این واحد با ناپیوستگی ضعیف به وسیله واحد دوم متشکل از شیل‌های قرمز و ماسه‌سنگ‌های قرمز - صورتی پوشیده می‌شود. واحد سوم از کنگلومرای آهکی و در ادامه از آهک‌های متراکم فسیل‌دار خاکستری رنگ تشکیل شده است. واحد چهارم شامل ردیف‌هایی از سیلتستون‌های قرمز و شیل‌های سبز و قرمز می‌باشد (علوی نائینی، ۱۳۸۸).

ممبر (Pd) این سازند در منطقه مورد مطالعه به صورت زیر می‌باشد:

در قاعده با ۱۰ متر ماسه سنگ کوارتزیتی سفید تا شیری رنگ آغاز می‌شود و بر روی آن ماسه سنگ

قرمز رنگ قرار دارد که در آن آهک آنکولیت دار و آهک ماسه ای ( $Pd^I$ ) متوسط تا توده ای (در برخی نقاط) به رنگ خاکستری تا کرم روشن رخنمون دارد (زمانی پدرام و کریمی ۱۳۸۵).

#### ۱-۶-۹- سازند روته (پرمین زیرین)

مقطع تیپ آن از دهکده روته در بالای دره جاجرود در البرز مرکزی گرفته شده است. ضخامت آن در حدود ۲۳۰ متر شامل آهک بایوژنیک، خاکستری تیره با لایه بندی متوسط است که به طور هم شیب بر روی سازند دورود و زیر سازند الیکا قرار دارد (درویش زاده، ۱۳۸۳).

این سازند (Pr) در محدوده نقشه علی آباد به تقریب بیش از ۲۰۰ متر ضخامت داشته و به طور هم شیب بر روی سازند دورود جای دارد، از آهک نازک تا متوسط لایه با لایه بندی خوب به همراه مارن به رنگ خاکستری تا کرم متمایل به زرد تشکیل شده است. در برخی نقاط و در بخش های بالایی خود به آهک و آهک دولومیتی ضخیم لایه تا توده ای چرت دار تبدیل می شود (زمانی پدرام و کریمی، ۱۳۸۵). این واحد بطور معمول ارتفاع ساز است. در بیشتر نواحی (خوش بیلاق، تیل آباد و شرق گرگان)، بدون در نظر گرفتن ردیف های آواری پایه، سازند آهکی روته ردیف های به نسبت همگنی از سنگ آهک های لایه ای، خاکستری تا تیره با تناوب هایی از لایه های نازک مارن دانسته شده است (آقانباتی، ۱۳۸۹).

بر اساس مطالعات حسینی نژاد (۱۳۸۵) در منطقه ابرسج این سازند با ماسه سنگ کوارتزیتی سفید رنگ شروع می شود و در بعضی مناطق این ماسه سنگ تبدیل به ماسه سنگ قرمز می شود، در روی این لایه سنگ آهک تیره دیده می شود. لایه بوکسیتی به عنوان لایه کلیدی در تمام مناطق مرز بین روته و الیکا وجود دارد. بر اساس مطالعات شهرابی (۱۳۷۸) در منطقه غزنوی این سازند شامل آهک های نازک لایه شیلی و شیل آهکی با فرسایش نرم بوده و با ناپیوستگی فرسایشی توسط سازند الیکا پوشیده می شود.

## ۱-۶-۱۰- الیکا (تریاس زیرین و میانی)

سنگ‌های تریاس پایینی - میانی البرز، ردیف‌های کربناتی آهکی - دولومیتی به نام سازند الیکا هستند که بُرش الگوی آن را گلوس (Glaus, 1964) در دره نور و در ۵ کیلومتری پایین دست روستای الیکا، به ضخامت ۲۹۵ متر، مطالعه و معرفی کرده است. مقطع اصلی سازند الیکا از نظر سنگ‌شناسی از دو بخش تشکیل شده است:

بخش اول: شامل ۹۵ متر آهک ورقه‌ای نازک لایه تا آهک شیلی است که به‌طور محلی مارنی و به‌ندرت دولومیتی و اغلب به رنگ زرد متمایل به خاکستری دیده می‌شود، در ضمن در این قسمت آهک‌های به رنگ خاکستری مایل به سبز با آثار کرمی شکل مشاهده می‌گردد.

بخش دوم: در قسمت بالایی این سازند ۲۰۰ متر دولومیت و آهک دولومیتی با لایه‌بندی ضخیم به رنگ زرد آجری تا خاکستری قرار دارد. در مقطع اصلی سازند الیکا به‌طور هم‌شیب روی سازند نسن و با ناپیوستگی فرسایشی زیر سازند شمشک قرار دارد (درویش‌زاده، ۱۳۸۳).

واحدهای تشکیل دهنده سازند الیکا در ناحیه پل غزنوی نظم بهتری از دیگر نقاط دارند و فاقد پوشش جنگلی هستند. در منطقه یادشده قاعده این سازند با حدود ۱۰ متر ماسه سنگ لاتریتی آغاز می‌شود که به گونه ناپیوسته، ولی هم شیب، روی نهشته‌های پرمین جای گرفته است. روی افق لاتریتی از پایین به بالا طبقات متوسط تا ضخیم لایه آهکی به رنگ‌های مختلف و دولومیت خاکستری و بالاخره بخش فوقانی، شامل آهک رنگین متوسط لایه با میان لایه‌های کنگلومرایی، قرار گرفته است. این سازند معمولاً توسط سازند شمشک و با ارتباطی ناپیوسته (در محل مذکور هم‌شیب) پوشیده می‌شود (شهرابی، ۱۳۷۸).

در محدوده نقشه علی‌آباد سازند الیکا به سه بخش زیر تقسیم می‌شود (زمانی پدرام و کریمی، ۱۳۸۳):  
TR<sub>1</sub>: از آهک ورقه‌ای تا نازک لایه با سطح فرسایشی به رنگ‌های نارنجی، زرد و خاکستری تشکیل شده که ۷۰ تا ۱۰۰ متر ضخامت دارد. و مرز زیرین آن با ناپیوستگی هم شیب بر روی آهک‌های خوب لایه‌بندی شده سازند روته جای دارد.

TR<sub>2</sub>: از آهک دولومیتی و دولومیت‌های متوسط تا ضخیم لایه با ساخت نواری و با سطح فرسایشی به رنگ‌های نارنجی، زرد و قرمز تشکیل شده و حدود ۲۵۰ تا ۴۰۰ متر ضخامت دارد. به طور هم‌شیب و پیوسته بر روی واحد TR<sub>1</sub> قرار می‌گیرد.

TR<sub>3</sub>: از دولومیت ضخیم لایه تا توده ای خاکستری تا خاکستری روشن تشکیل شده که با ناپیوستگی کمی زاویه دار توسط سنگ‌های آواری سازند شمشک پوشیده شده است.

سازند الیکا در منطقه غزنوی، با ضخامتی بالغ بر ۳۲۲ متر شامل دو بخش زیرین و فوقانی است. بخش زیرین به سن تریاس زیرین ۱۲۳ متر ضخامت داشته و به‌طور عمده تناوبی از شیل، سنگ آهک‌های نازک تا متوسط لایه، دارای آثار زیستی فراوان (آهک ورمیکوله) می‌باشد. لایه‌های کنگلومرای درون سازندی (شاخص رخساره‌های طوفانی)، از ویژگی‌های بارز این بخش محسوب می‌شود. بخش بالایی آن به سن تریاس میانی، دارای ۱۹۹ متر ضخامت بوده و شامل تناوبی از شیل، سنگ آهک دولومیتی و دولومیت متوسط تا ضخیم لایه است. این بخش، با یک افق ضخیم ماسه‌سنگی از بخش زیرین تفکیک می‌شود (شهرابی، ۱۳۷۸).

در دره میغان و ابرسج لایه های آهکی الیکا چین‌خوردگی‌ها و تغییرات شیب زیادی را نشان می‌دهند (حسینی‌نژاد، ۱۳۸۵).

#### ۱-۶-۱۱- شمشک (ژوراسیک پایینی)

برش الگوی سازند شمشک را آسرتو (Assereto, 1966) در بالا دست دره روته، اندازه‌گیری و معرفی کرده است. سازند شمشک دارای چهار بخش سنگی قابل تشخیص در مقطع اصلی است که شامل بخش ماسه سنگ زیرین، بخش زغال دار زیرین، بخش ماسه سنگ بالایی و بخش زغال دار بالایی می‌باشد. سازند شمشک در محدوده نقشه علی‌آباد را می‌توان به سه واحد سنگی تقسیم نمود که از پایین به بالا عبارتند از :

واحد زیرین (J<sub>s1</sub>): این بخش در نیمه جنوبی ورقه (شمال شرقی روستای ابرسج و شرق روستای تاش)

برونزد دارد، در آغاز از ۴۰ متر ماسه سنگ ضخیم لایه به رنگ قهوه ای سوخته تا خاکستری به همراه گره‌هایی با هسته لیمونیتی و شیل سیلتی پدید آمده است، بر روی آن به صورت پیوسته و تدریجی تناوبی از شیل خاکستری تا سبز زیتونی و ماسه سنگ متوسط تا ضخیم لایه خاکستری تا سبز کم رنگ جای دارند.

واحد میانی ( $J_{s2}$ ): این بخش بطور عمده در دره تاش برونزد دارد و از تناوب شیل خاکستری تیره تا سیاه، گاهی سبز زیتونی و ماسه سنگ نازک تا متوسط لایه با سطح فرسایشی قهوه ای تا خاکستری رنگ پدید آمده است. این بخش به صورت پیوسته و هم شیب بر روی واحد ( $J_{s1}$ ) قرار دارد، از گسترش به نسبت وسیعی برخوردار است و در آن افق های زغال‌دار دیده می‌شود.

واحد فوقانی ( $J_{s3}$ ): این بخش در دامنه‌های شرقی دره ناهارخوران رخنمون دارد و از مارن سبز تا خاکستری رنگ با میان‌لایه‌هایی از ماسه سنگ و ماسه سنگ کنگلومرای پدید آمده است (زمانی پدرام و کریمی، ۱۳۸۵).

#### ۱-۶-۱۲- لار (ژوراسیک بالایی)

برش الگو سازند لار با ضخامت ۲۵۰ تا ۳۰۰ متر در دره لار واقع در شمال شرقی گرمابدر در حوضه رودخانه لار قرار دارد و به طور مستقیم بر روی تناوب‌های مارنی سازند دلیچای قرار گرفته است و مرز بالایی آن همواره فرسایشی است که در نقاط مختلف با تشکیلات گوناگون پوشیده شده است (Assereto, 1966). این سازند ( $J^1$ ) در مجموع از آهک های متوسط تا ضخیم لایه تشکیل شده و بطور معمول ارتفاعات بلند را می‌سازد. در بخش های تحتانی بطور عمده آهک کریستالین کرم رنگ و در بخش های فوقانی آهک خاکستری با میان لایه های مارنی دیده می‌شود. چرت های سیلیسی بصورت اشکال نواری و قلوه ای در این سازند مشاهده می‌شود (جعفریان و جلالی ۱۳۸۳).

بر اساس مطالعات زمانی پدرام و کریمی (۱۳۸۵)، این سازند در ارتفاعات شاهکوه رخنمون دارد و ضخامت آن ۴۵۰ متر برآورد می‌گردد، مرز زیرین سازند لار به نظر بگونه هم شیب بر روی سازند

شمشک جای دارد و مرز بالایی آن با ناپیوستگی هم شیب و یا کمی زاویه دار بوسیله سنگ‌های کرتاسه بالایی پوشیده می شود. سازند لار از آهک، آهک و دولومیت و دولومیت ضخیم لایه تا توده ای پدید آمده و ارتفاعات ستیغ ساز شاهکوه را می سازد. آهک ها در بیشتر نقاط کریستالین و بطور پراکنده در آن قلو و نوارهایی از چرت دیده می شود.

### ۱-۶-۱۳- سازند کرج (اوسن)

در سال ۱۹۶۷، ددوال (Dedual)، در دره کرج برشی از این سازند را معرفی نمود. برش الگوی سازند کرج نوعی برش مرکب است که در دو مقطع جداگانه اندازه‌گیری شده است. در برش الگو با ضخامت ۳۳۰۰ متر ضخامت به ۵ عضو تقسیم شده که از پایین به بالا عبارتند از: بخش شیل پایینی (۱۰۵۵ متر)، بخش توف میانی (۱۱۷۷ متر)، شیل آسارا (۶۷ متر)، بخش توف بالایی (۹۱۷ متر) و شیل کندوان (۱۵۰ متر) (آقانباتی، ۱۳۸۹). سازند کرج دارای ضخامت زیادی است که از توف‌های سبز رنگ، سنگ‌های رسوبی و گدازه‌های آتشفشانی و به ندرت سنگ‌های تبخیری تشکیل شده است (علوی نائینی، ۱۳۸۸).

سازند کرج در منطقه مورد مطالعه متشکل از واحدهای زیر می‌باشد:

واحد  $E^{m,t,c}$ : این واحد در دامنه شمالی ارتفاعات شاهکوه و کوه شاکله رخنمون دارد و از لحاظ سنگ‌شناسی شامل مارن، مارن ماسه ای قرمز رنگ، توف سبزرنگ به همراه میان‌لایه هایی از ماسه سنگ توفی ورقه ای تا متوسط لایه به رنگ خاکستری متمایل به سبز و لایه‌های کنگلومرای توفی متوسط تا ضخیم لایه است.

واحد  $E^s$ : این واحد بطور گسترده در غرب روستای تاش رخنمون دارد و عمدتاً از ماسه سنگ، ماسه سنگ توفی و آهکی متوسط تا ضخیم لایه با سطح فرسایشی به رنگ کرم متمایل به زرد پدید آمده است که در آن میان‌لایه هایی از شیل رخنمون دارد. مرز زیرین آن بطور هم شیب بر روی واحد  $E^{m,t,c}$  جای دارد و مرز بالایی آن به وسیله نهشته های کواترنری پوشیده می شود (زمانی پدرام و

کریمی، ۱۳۸۵).

#### ۱-۶-۱۴- نهشته‌های پلیوسن

این واحد در جنوب روستای نکارمن رخنمون دارد و از دیدگاه ریخت‌شناسی تپه کم ارتفاعی را با روند شمال شرقی - جنوب غربی پدید آورده است. ضخامت آن به چند ده متر می‌رسد و از کنگلومرای کم و بیش زاویه‌دار (کمتر از ۱۵ درجه) با لایه بندی به هم ریخته و نامشخص تشکیل شده است. کنگلومرا از نوع پلی‌ژنیک، ولی بیشتر قلوها از جنس سنگ‌های آتشفشانی هستند، از این رو رنگ سطح فرسایشی آن خاکستری تا خاکستری تیره است، خمیره آن از نوع ماسه، سیلت و توف است و به علت داشتن سیمان ماسه ای از استحکام و فشردگی بسیار ضعیفی برخوردار است. این واحد نشانگر مراحل پایانی رسوب‌گذاری در منطقه است که با ناپیوستگی کم و بیش زاویه‌دار بر روی سنگ‌های ائوسن بالایی جای دارد (زمانی پدram و کریمی، ۱۳۸۵).

#### ۱-۶-۱۵- واریزه (کواترنری)

دوره کواترنری نسبت به سایر دوران‌ها و دوره‌های زمین‌شناسی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، زیرا تشکیل نهشته‌های آن‌ها و پدیده‌های مختلف زمین‌شناسی که در دوره کواترنر به وقوع پیوسته‌اند و یا به وقوع می‌پیوندند به دلیل عهد حاضر بودن آن‌ها ما را به مشاهده مستقیم این پدیده‌ها در دوره کواترنر هدایت می‌کند و از رخدادهایی که در این دوره در پیش چشم ما به وقوع می‌پیوندند می‌توانیم به پدیده‌های گوناگون اتفاق افتاده در گذشته پی ببریم (علوی نائینی، ۱۳۸۸). واحد ( $Q^{sc}$ )، واریزه‌های دامنه‌ای بلندی‌ها است که در پای دامنه‌های تند و پرشیب دیده می‌شود.

#### ۱-۷- زمین‌شناسی ساختمانی منطقه مورد مطالعه

همانطور که گفته شد رشته کوه البرز به عنوان بخشی از نوار شمالی آلپ هیمالیا، با تصادم خرده ورق

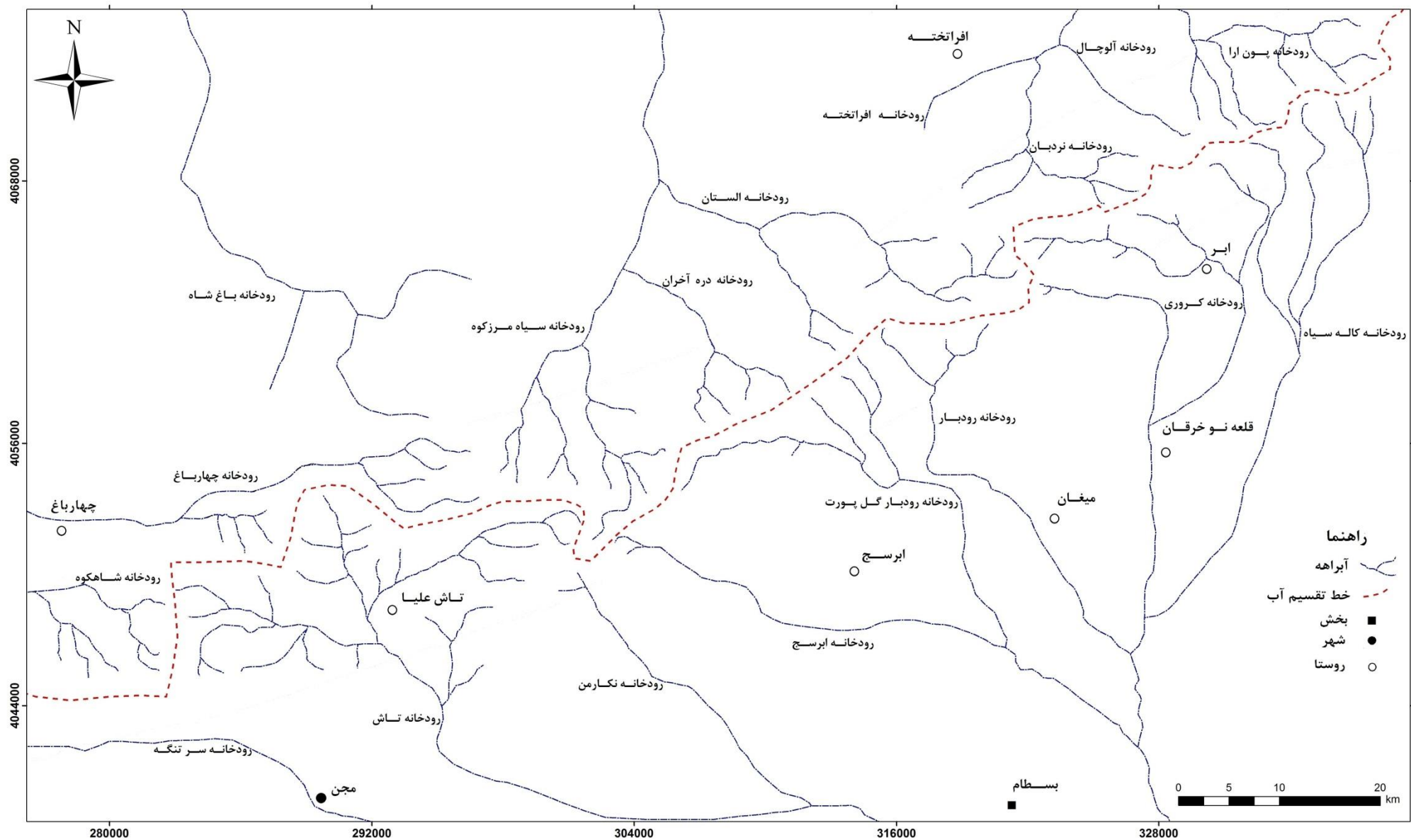
ایران و توران در تریاس پسین تکوین یافته و ساختار کنونی آن محصول تاثیر کوهزایی آلپ می‌باشد. (آقانباتی، ۱۳۸۹). رشته کوه‌های البرز در نگاه‌های کلی به شکل کمانی است که روندی تقریباً شرقی - غربی دارد و حاشیه جنوبی حوضه فروافتاده دریاچه خزر را تشکیل داده است. روند این رشته کوه در غرب، شمال غربی - جنوب شرقی است. به طوریکه می‌توان آن را تقریباً موازی بخش شمالی راندگی اصلی زاگرس در نظر گرفت و در البرز شرقی این روند شمال شرق - جنوب غرب است. با توجه به راستای ساخت‌های مشاهده شده در منطقه (چین ها و گسل‌های معکوس و راندگی) روند کوتاه شدگی اعمال شده NW-SE می‌باشد (جعفریان و جلالی، ۱۳۸۳).

## ۸-۱- هیدرولوژی منطقه

همانطور که قبلاً اشاره شد، منطقه مورد مطالعه شامل مناطق مرتفع البرز (بین دشت بسطام و استان گلستان) می‌باشد. در این منطقه تعدادی رودخانه جریان دارد که مهم‌ترین آن‌ها در دامنه شمالی واقع شده‌اند. رودخانه‌های مهم دامنه شمالی شامل شاهکوه، چهارباغ، رودبار سیاه مرزکوه و نردبان و رودخانه‌های مهم دامنه جنوبی شامل تاش، ابرسج، رودبار گل یورت و نکارمن می‌باشد. شکل (۷-۱) موقعیت رودخانه‌های موجود در مناطق مرتفع البرز (بین دشت بسطام و استان گلستان) را نشان می‌دهد. در هر دو دامنه شمالی و جنوبی منطقه مورد مطالعه، به علت شیب زیاد، سیل‌خیزی منطقه نسبتاً زیاد است و این مسئله به ویژه در دامنه جنوبی که پوشش گیاهی ناچیز است از اهمیت بیشتری برخوردار است.

## ۹-۱- هیدروژئولوژی منطقه

با توجه به اطلاعات به دست آمده از شرکت آب منطقه‌ای استان گلستان و اداره آب‌های زیرزمینی شهرستان شاهرود تعداد زیادی چشمه در محدوده منطقه مورد مطالعه وجود دارد. تعداد این چشمه حدود ۱۸۰۰ عدد می‌باشد. اکثر این چشمه‌ها دارای حوضه آبرگیر محدود و دبی اندک می‌باشند.



شکل ۱-۷- موقعیت رودخانه‌های موجود در مناطق مرتفع البرز (بین دشت بسطام و استان گلستان)

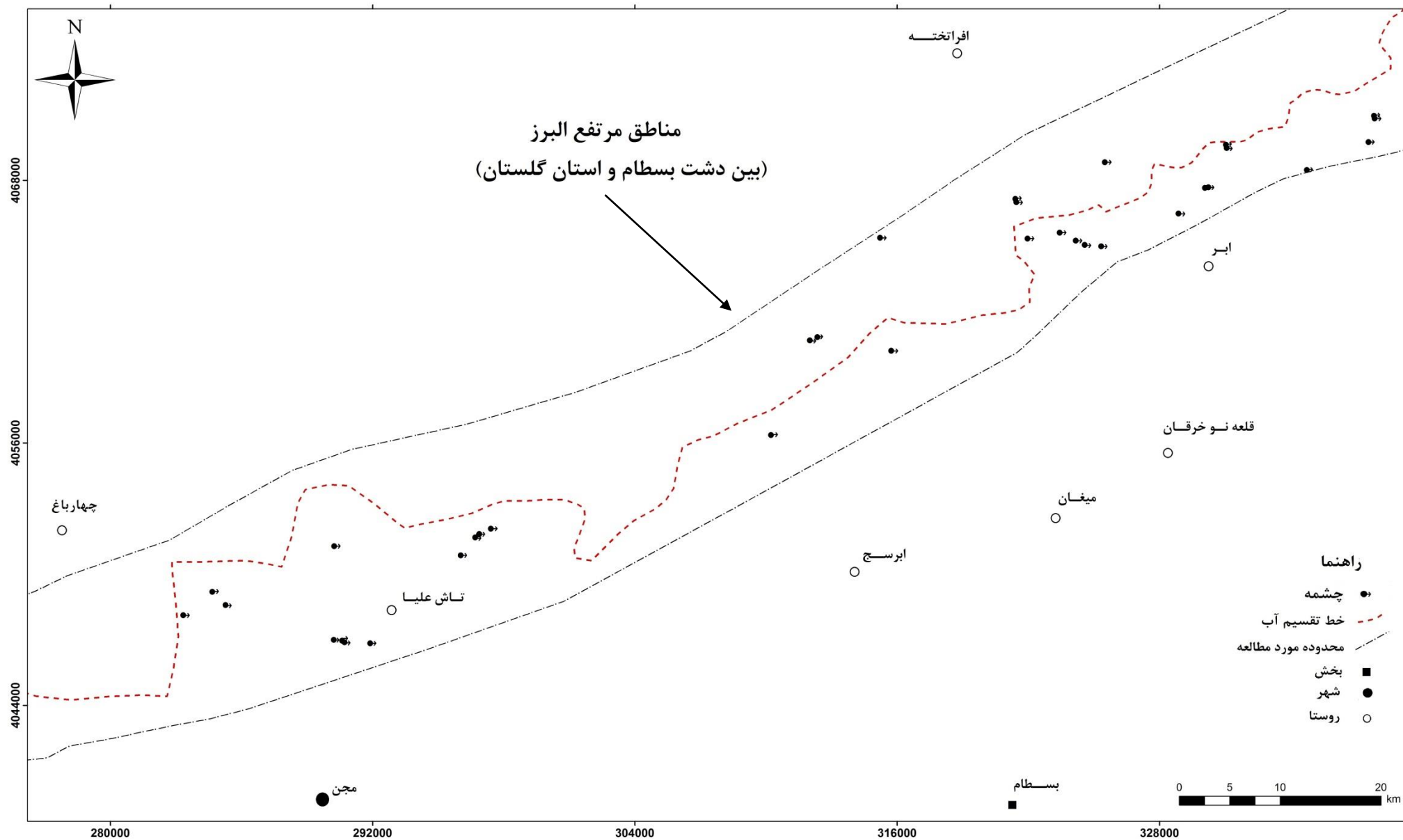
در جدول (۱-۳) اطلاعاتی در مورد چشمه‌هایی با دبی برابر و بیش از سه لیتر بر ثانیه که در محدوده مورد مطالعه قرار دارد، ارائه شده است. در شکل (۱-۸) موقعیت چشمه‌های موجود در مناطق مرتفع البرز (بین دشت بسطام و استان گلستان) نشان داده شده است.

جدول ۱-۳- اطلاعات چشمه‌های با دبی برابر و بالاتر از ۳ لیتر در ثانیه و محدوده منطقه مورد مطالعه

| نام چشمه                | Utm (X) | Utm (Y) | آبدهی (lit/s) | رخنمون در سازند     |
|-------------------------|---------|---------|---------------|---------------------|
| دره اوراز               | ۳۲۳۴۳۰  | ۴۰۶۵۶۰۳ | ۳             | شمشک                |
| چشمه دره مار            | ۳۲۵۳۳۴  | ۴۰۶۴۹۸۴ | ۳             | شمشک                |
| دره اصل کوردرو          | ۳۲۱۹۶۰  | ۴۰۶۵۳۳۸ | ۳             | شمشک                |
| دره دهنه پیر شماره ۶    | ۲۹۶۰۲۹  | ۴۰۵۰۸۴۹ | ۳             | شمشک                |
| رودخانه تاش             | ۲۹۰۶۰۴  | ۴۰۴۶۹۴۷ | ۳             | آبرفت               |
| دره اصلی میشی           | ۲۶۹۹۶۴  | ۴۰۵۱۶۷۳ | ۳             | شمشک                |
| چشمه دره پیر نو         | ۲۹۰۲۴۱  | ۴۰۵۱۲۶۵ | ۳             | شمشک                |
| دره بالای امامزاده زغال | ۳۳۴۷۴۲  | ۴۰۶۸۴۷۵ | ۳             | شمشک                |
| گند آب                  | ۲۸۴۶۶۰  | ۴۰۴۹۱۸۸ | ۳             | کرج                 |
| چشمه شریف کشته          | ۳۲۱۴۵۰  | ۴۰۶۷۰۰۰ | ۳             | مبارک               |
| چشمه مرتع شریف کشته     | ۳۲۱۴۰۰  | ۴۰۶۷۱۵۰ | ۳             | مبارک               |
| دره آبعلی ۲             | ۳۳۷۸۱۰  | ۴۰۷۰۹۵۰ | ۳/۵           | الیکا               |
| دره قاسم قول            | ۳۳۰۰۷۵  | ۴۰۶۷۶۵۵ | ۴             | شمشک                |
| دره کوردور              | ۳۲۴۱۶۵  | ۴۰۶۵۲۳۹ | ۴             | شمشک                |
| رودخانه تاش ۸           | ۲۹۰۲۲۳  | ۴۰۴۶۹۹۱ | ۴             | آبرفتهای رودخانه ای |
| رودخانه تاش ۴           | ۲۹۱۸۹۰  | ۴۰۴۶۸۲۶ | ۴             | پادگانهای آبرفتی    |
| دره میشی                | ۲۹۶۸۷۳  | ۴۰۵۱۸۲۴ | ۴             | لار                 |
| حاج مهدی                | ۳۳۷۵۶۵  | ۴۰۶۹۷۴۶ | ۴             | الیکا               |
| دره آبعلی ۵             | ۳۳۷۸۴۳  | ۴۰۷۰۸۲۵ | ۴/۵           | الیکا               |
| دره درخت سر ۲           | ۳۲۴۵۷۵  | ۴۰۶۵۰۴۵ | ۵             | شمشک                |
| دره قاسم قول ۲          | ۳۳۰۲۳۹  | ۴۰۶۷۶۸۳ | ۵             | شمشک                |
| رودخانه تاش ۶           | ۲۹۰۷۱۱  | ۴۰۴۶۷۷۹ | ۵             | آبرفتهای رودخانه ای |
| دره مریم                | ۳۳۱۰۷۶  | ۴۰۶۹۴۷۵ | ۵             | مبارک               |
| دراز لته ۱              | ۳۱۵۲۱۵  | ۴۰۶۵۳۷۵ | ۵/۲۳          | مبارک               |
| دره مریم                | ۳۳۱۰۳۹  | ۴۰۶۹۲۳  | ۷             | مبارک               |
| مندلی بیک (آرام قدیم)   | ۳۱۲۰۰۰  | ۴۰۶۰۶۷۵ | ۷/۶۳          | نکارمن              |
| سیاه تپه ۱              | ۲۸۳۳۳۳  | ۴۰۴۸۱۱۱ | ۸             | شمشک                |

جدول ۱-۳- ادامه

| نام چشمه               | Utm (X) | Utm (Y) | آبدهی (lit/s) | رخنمون در سازند     |
|------------------------|---------|---------|---------------|---------------------|
| سیاه تپه ۲             | ۲۸۵۲۷۳  | ۴۰۴۸۵۸۱ | ۸             | شمشک                |
| شاه پسند               | ۳۲۵۵۰۰  | ۴۰۶۸۸۲۵ | ۸/۷           | مبارک               |
| دره دیور               | ۳۲۸۸۶۷  | ۴۰۶۶۴۷۷ | ۱۰            | شمشک                |
| شماره ۱ دازگه          | ۲۹۶۸۶۵  | ۴۰۵۱۸۰۹ | ۱۰            | شمشک                |
| دره شماره ۱ دره گل برد | ۳۱۰۲۲۹  | ۴۰۵۶۳۴۸ | ۱۰            | مبارک               |
| ورقرق ۲                | ۳۱۲۳۵۰  | ۴۰۶۰۸۲۵ | ۱۱/۲          | سلطان میدان و ابرسج |
| تنگه حیدر ۲            | ۳۱۵۷۲۴  | ۴۰۶۰۲۰۹ | ۱۵            | مبارک               |
| دره تنگه اهار شماره ۱  | ۲۹۷۴۰۴  | ۴۰۵۲۰۷۲ | ۲۰            | شمشک                |



شکل ۱-۸- موقعیت چشمه‌های با دبی بیش از ۳ لیتر بر ثانیه موجود در مناطق مرتفع البرز (بین دشت بسطام و استان گلستان)

## فصل دوم: مروری بر مطالعات پیشین

### ۲-۱- انتقال آب بین حوضه‌ای

امروزه به علت تغییرات زیاد در بارندگی و افزایش جمعیت و یا احتیاجات کشاورزی موضوع انتقال آب از سرچشمه‌های مرتفع بسیار حائز اهمیت می‌باشد. اوج طراحی و اجرای پروژه‌های عظیم انتقال آب در کشورهای صنعتی و پیشرفته به دهه‌های ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ باز می‌گردد. وایت (White, 1970) دهه ۱۹۷۰ میلادی را نقطه عطفی در مدیریت منابع آب جهان معرفی کرده است. انتقال آب از یک حوضه به حوضه دیگر در بعضی از کشورها از جمله آمریکا، شوروی سابق و چین یکی از راه‌های معمول افزایش منابع آب حوضه‌های خشک بوده است (Biswas, 1979). قرار گرفتن ایران در منطقه نیمه‌خشک و توزیع نامتناسب منابع آب، نزولات جوی و خاک در سطح کشور در کنار عواملی چون تغییرات اقلیمی، خشکسالی، حفظ محیط زیست، وضعیت خاص اکولوژی، حفظ الگوی فعلی پراکنش جمعیت، صنعت و کشاورزی و ایجاد تعادل منطقه‌ای متناسب با نیازهای توسعه از یک سو و توجه به توزیع متوازن و مدیریت بهینه منابع آب از سوی دیگر، اجرای طرح‌های انتقال در کشور را به عنوان یک راهبرد موجب شده است (حلبیان و شبنکاری، ۱۳۸۹). در بیشتر مطالعات، انتقال آب از طریق تونل از سدها و آب‌های سطحی مطرح شده است. از چنین طرح‌هایی می‌توان به انتقال آب از رودخانه کارون به اصفهان با استفاده از تونل‌های کوهرنگ ۱، ۲ و ۳، انتقال آب از رودخانه کارون به شوشتر، تونل انتقال آب چشمه روزیه سمنان در ارتفاعات و یا انتقال آب از رودخانه خیرآباد به حاشیه جنوبی خلیج فارس اشاره نمود (حاجیان، ۱۳۸۲).

یوجوویچ (Yevjevich, 2001)، مشکلات جدی ناشی از انتقال آب بین حوضه‌ای بین کشورهای مختلف

را بررسی کرده و مشخصه‌های ژئومورفولوژی، زمین‌شناسی و هیدرولوژیکی را از پارامترهای بسیار موثر در این مبحث می‌داند. شائو و ونگ (Shao and Wang, 2003) امکان‌پذیری انتقال آب بین حوضه‌های آبریز رودخانه‌های زرد و یانگ تسه را در راستای طرح انتقال آب از شمال به جنوب چین، بررسی کرده‌اند. آنها اثرات این طرح را بر قوانین آب، روند سیاست‌گذاری، روش‌های موجود مدیریت حوضه‌های آبریز و همچنین محیط زیست حوضه‌های آبریز، مورد ارزیابی قرار داده‌اند.

فنج و همکاران (Feng et al., 2007) برای بررسی اثرات اقتصادی - اجتماعی طرح انتقال آب از شمال به جنوب چین، یک سیستم پشتیبانی در تصمیم‌گیری، تهیه و ارائه نموده‌اند که آسیب‌پذیری منابع آب موجود را ارزیابی می‌کند. در ایران نیز کارآموز و همکاران (Karamouz et al., 2007) با بررسی طرح انتقال آب از حوضه رودخانه کارون به رفسنجان در حوضه آبریز مرکزی، مدل بهینه‌سازی با تابع هدف اقتصادی به منظور حداکثر نمودن منافع خاص را تدوین نموده‌اند. آن‌ها شبیه‌سازی ماهانه متغیرهای کیفی، اثرات زیست محیطی این طرح انتقال را نیز بررسی کرده‌اند.

از مهم‌ترین طرح‌های بین حوضه‌ای در کشور می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- تونل بهشت‌آباد برای انتقال آب رودخانه بهشت‌آباد به زاینده‌رود
- تونل کوه‌رنگ به منظور انتقال آب از سرشاخه‌های کارون به زاینده‌رود
- انتقال آب گلاب به منظور انتقال آب از سد زاینده‌رود به کاشان
- کانال زیاران برای انتقال آب از سد طالقان به دشت قزوین
- تونل انتقال آب قمرود به منظور انتقال آب از شاخه‌های رودخانه دز به رودخانه قمرود
- انتقال آب رودخانه سیروان به دشت ذهاب توسط یک بند انحرافی (رضاپور طبری، ۱۳۹۰).

## ۲-۱-۱- مثال‌هایی از انتقال آب بین حوضه‌ای

تونل‌های زیادی در سرتاسر دنیا برای انتقال آب ایجاد شده است. در زیر به بررسی تعدادی از تونل‌های انتقال آب در سراسر دنیا پرداخته شده است.

- تونل انتقال آب پیاجین (Paijanne) آب آشامیدنی برای یک میلیون نفر از مردم در فنلاند را فراهم می‌آورد. این تونل آب دریاچه پیاجین را در شمال فنلاند به مناطق جنوبی فنلاند منتقل می‌کند. این تونل دارای ۱۲۰ کیلومتر طول می‌باشد (Lipponen, 2007).

- آب حوضه رودخانه کلرادو در جنوب غربی ایالات متحده آمریکا با استفاده از کانال‌های بزرگ، ایستگاه‌های پمپاژ و تونل منتقل می‌شود. طول این تونل ۳۰۰ کیلومتر بوده که سالانه مقدار  $10^9 \times 5/5$  مترمکعب آب را از حوضه رودخانه کلرادو به کالیفرنیا منتقل می‌کند. موارد مصرف این آب به طور عمده در کشاورزی جنوب کالیفرنیا می‌باشد. البته از این آب برای تامین آب در شهرهای دیگری همچون لس آنجلس، سانتیگو استفاده می‌شود (Openlearn.open.ac.uk).

- سد پریار (Periyar) در بالا دست رودخانه‌ای به همین نام در غرب شهر گیتس (Gates) در کشور هند به منظور ذخیره آب ساخته شده است. آب‌های ذخیره شده در این سد را به وسیله تونلی به طول ۱۷۳۹ متر و ظرفیت تخلیه بار ۴۰/۷۵ مترمکعب بر ثانیه به رودخانه ویاجیا (Vaigai) منتقل می‌شود که باعث جبران کم آبی این رودخانه می‌شود (Jain et al., 2007).

- پروژه تامین آب ملامچی (Melamchi) یکی از پروژه‌های انتقال آب بین حوضه‌ای می‌باشد. رودخانه ملامچی در ۴۰ کیلومتری دره کاتاماندو (Kathmandu) در نپال قرار دارد. در این دره حدود ۱/۵ میلیون نفر زندگی می‌کند. با استفاده از تونلی به طول ۲۶/۵ کیلومتر، حدود ۲۰۰۰ لیتر در ثانیه آب را از رودخانه ملامچی به دره کاتماندو منتقل می‌کند (Khadka and Khanal, 2008).

- پروژه تامین آب ایالت گیوتنگ (Gauteng) که سال ۱۹۸۷ آغاز شد، یکی از مهمترین پروژه‌های آفریقای جنوبی می‌باشد. این پروژه شامل دو سد و تونل می‌باشد. شروع این طرح از ارتفاعات لسوتو (Lesotho) و از سد کتسه (Katse) با ظرفیت ۱۹۵۰ میلیون متر مکعب می‌باشد. ابتدا تونلی به طول ۴۵ کیلومتر و قطر ۴/۹۵ متر آب سد کتسه را به سد موئلا (Muela) منتقل می‌کند. سپس تونل دیگری به طول ۳۶ کیلومتر آب سد موئلا را به رودخانه اش (Ash) در ایالت گیوتنگ منتقل می‌نماید. دبی آب ورودی به رودخانه اش ۱۸ مترمکعب در ثانیه می‌باشد (De graaf and Bell, 1996).

- تونل یاکامبو - گیوبر (Yacambu'- Quibor) به طول ۲۳/۳ کیلومتر و قطر ۵ متر برای انتقال ۳۴۷ میلیون متر مکعب آب از سد یاکامبو (در ناحیه گرمسیری مرطوب) به حوضه گیوبر (در ناحیه نیمه خشک) در غرب ونزوئلا طراحی شده است. نیازهای شهری و کشاورزی به منابع آب در حوضه گیوبر نسبت به منابع موجود در این حوضه بسیار زیاد می باشد و همین امر باعث کاهش قابل توجه سطح آب زیرزمینی در این حوضه شده است (Hoek and Guevara, 2009).

- در مناطق شرقی ایالت آندرا پرادش (Andhra Pradesh) در هند هر سال تنها ۲۰ سانتیمتر بارندگی اتفاق می افتد. گروه آبیاری این ایالت امیدوار است تا شرایط خشکسالی مزمن و آلودگی آب نوشیدنی در این ناحیه را با طرح انتقال آب عظیم که متشکل از بیش از ۱۲۰ کیلومتر تونل است، کاهش دهند. سد سریسالام (Srisaalam) که بر روی رودخانه کریشنا (Krishna) احداث شده است، قرار است این کمبود را جبران کند (Willis, 2011).

- مسیر غربی پروژه انتقال آب شمال به جنوب در کشور چین شامل انتقال ۱۷ میلیون متر مکعب از جریان اصلی و شاخه های فرعی رودخانه یانگ تسه به بالا دست رودخانه زرد می باشد. این انتقال شامل سه مرحله شامل پنج سد، هفت تونل و کانال می باشد. همانطور که گفته شد این پروژه شامل هفت تونل می باشد که مجموع طول این تونل ها ۲۴۴/۷ کیلومتر می باشد. طول و قطر این هفت تونل عبارتند از: تونل (۱): (۱۳/۶ کیلومتر طول و ۵ کیلومتر قطر)، تونل (۲): (۳۳/۲ طول و ۶/۶۴ متر قطر)، تونل (۳): (۷۳ کیلومتر طول و ۸/۲۱ متر قطر)، تونل (۴): (۳ کیلومتر طول و ۸/۲۱ متر قطر)، تونل (۵): (۵۵/۴ کیلومتر طول و ۹/۴ متر قطر)، تونل (۶): (۱۵/۵ کیلومتر طول و ۹/۵۸ متر قطر) و تونل (۷): (۵۰/۴ کیلومتر طول و ۹/۵۸ متر قطر) (Fengsheng and Xin, 2003).

- انتقال آب رودخانه هانکابامبا (Huancabamba) در کشور پرو با استفاده از تونل الموس ترانسندینو (Olmos Transandino)، به میزان ۲/۰۵ میلیون متر مکعب به سد لیمون (Limon) انجام می گیرد. طول این تونل ۲۰ کیلومتر و قطر آن ۵/۳ متر می باشد. این آب برای آبیاری ۵۵۰۰۰ هکتار زمین کشاورزی استفاده می شود (Willis, 2003).

- انتقال آب از رودخانه دز به قم‌رود به وسیله احداث تونل یکی از این پروژه‌های انجام گرفته در ایران می‌باشد. هدف اصلی این پروژه تأمین آب شرب برای شهرستان‌های قم، دلیجان، محلات، خمین و گلپایگان است. این تونل دارای ۳۵/۷ کیلومتر طول است که در چهار فاز ۹ کیلومتری احداث شده است (Sereshki et al., 2008).

- حوضه زاینده‌رود به دلیل تأمین آب شرب و بهداشتی استان‌های اصفهان، چهارمحال و بختیاری و یزد، دارا بودن توان‌های بالای کشاورزی، گردشگری و نیز در برگرفتن قطب‌های بزرگ صنعتی و جمعیتی از اهمیت زیادی برخوردار است. با توجه به افزایش سطح زیر کشت و افزایش میزان جمعیت و تعدد صنایع، نیاز آبی حوضه زاینده رود به سرعت در حال افزایش است. انتقال آب به زاینده‌رود از طریق سرشاخه‌های کارون توسط طرح‌های زیر انجام می‌گیرد:

کوهرنگ ۱، ۲ (انتقال سالانه ۶۱۱/۲ میلیون متر مکعب)، کوهرنگ ۳ (انتقال سالانه ۲۴۵/۱ میلیون متر مکعب)، ماربران (انتقال سالانه ۱۱۱/۷ میلیون متر مکعب)، بهشت‌آباد (انتقال سالانه ۱۰۴۵ میلیون متر مکعب)، چشمه لنگان (انتقال سالانه ۱۳۶/۶ میلیون متر مکعب) و سد سولگان (انتقال سالانه ۲۲۵ میلیون متر مکعب). مجموع انتقال آب از سرشاخه‌های کارون به زاینده‌رود برابر ۲۴۳۸/۶ میلیون متر مکعب در سال می‌باشد (حلبیان و شبنکاری، ۱۳۸۹). به طور مثال تونل کوهرنگ ۳، که در زون زاگرس احداث شده است، حدود ۲۳/۴ کیلومتر طول و ۴ متر قطر دارد. همانطور که بیان گردید، این تونل سالانه حدود ۳۰۰ میلیون متر مکعب آب را از رودخانه کارون به زاینده‌رود منتقل می‌کند (Shahidi and Vafaeian, 2005). همچنین تونل انتقال آب بهشت‌آباد که ۶۵ کیلومتر طول و ۵/۵ متر قطر دارد، حدود ۱۰۴۵ میلیون متر مکعب آب را منتقل می‌نماید. حوضه آبریز بهشت‌آباد از زیرحوضه‌های کارون بزرگ است که مساحت آن ۵۱۱۰ کیلومتر مربع می‌باشد (حلبیان و شبنکاری، ۱۳۸۹).

- پروژه تونل انتقال آب بابلک، بخشی از طرح سد مخزنی البرز محسوب می‌گردد که به منظور تأمین بخشی از آب مورد نیاز در مخزن سد البرز در استان مازندران در نظر گرفته شده است. این تونل با

مقطع اصلاح شده به صورت نعل اسبی به قطر ۴/۲ متر با راستای شمال غرب - جنوب شرق و طول ۲۸۵۰ متر در حال اجراست. این تونل آب رودخانه بابلک را به رودخانه بابل رود در بالادست محل سد اصلی البرز منتقل خواهد نمود (Dadashi et al., 2011)

- تونل انتقال آب کرج آب سد امیرکبیر در کرج به شمال غرب تهران منتقل می‌نماید. طول این تونل ۳۰ کیلومتر می‌باشد. این آب برای مصارف خانگی، صنعتی و کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Hassanpour et al., 2009).

## ۲-۲- روش‌های تخمین رواناب سطحی

پیش‌بینی و تعیین میزان کمی فرآیندهای تولید رواناب و انتقال آن به نقطه خروجی حوضه آبریز از اهمیت خاصی برخوردار است. رواناب سطحی تابع متغیرهای مختلفی همچون مدت و شدت بارش، نوع خاک، رطوبت خاک، کاربری اراضی، پوشش خاک و شیب می‌باشد (Elhakeem, 2009). روش‌های زیادی برای تعیین میزان رواناب وجود دارد. از جمله این روش‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

- روش استدلالی: ضریب رواناب معرف بخشی از بارندگی است که به طور مستقیم به رواناب تبدیل می‌شود. مفهوم ضریب رواناب برای اولین بار در قرن بیستم مطرح شده است و در حال حاضر نیز به منظور طرح و محاسبات مهندسی از آن استفاده می‌گردد (Sherman, 1932). به نقل از گل‌محمدی، (۱۳۸۷). کاربرد دیگر ضریب رواناب در دستیابی به مدل‌های فراوانی سیل می‌باشد که در آنها با استفاده از میزان بارندگی فراوانی سیل تخمین زده می‌شود و در مهار آن به کار برده می‌شود (Sivapalan, 2005).

- رابطه شرمن - موکاس (Sherman-Mucus): براساس این ایده برآورد رواناب سطحی با داشتن اطلاعات زیر امکان پذیر است: ۱- شرایط خاک حوضه، ۲- نحوه کاربری اراضی، ۳- میزان بارندگی قبلی، ۴- دوام مدت بارندگی و مقدار بارندگی تجمعی، ۵- درجه حرارت متوسط سالیانه و ۶- زمان

وقوع بارندگی. (Rallison, 1980)

- معادله رواناب سازمان حفاظت خاک (SCS): این روش در سال ۱۹۵۴ توسط سازمان حفاظت خاک آمریکا پیشنهاد گردید. نتایج کار بر روی آن نشان داد که مدل قادر است بر روی هر نوع حوضه آبخیز شهری، طبیعی، مختلط (ترکیبی از شهری و طبیعی) به کار رود. این روش همچنین در حوضه‌هایی که دارای آمار بارندگی و دبی نیز هستند قابل استفاده می‌باشد (نشاط، ۱۳۸۵). این روش یک روش بسیار گسترده می‌باشد که دلیل این گسترده بودن نیاز به پارامترهای کم برای تعیین رواناب و ساده بودن آن می‌باشد (Bhayan et al., 2003).

- روش جاستین (Justin): این روش بر اساس عملکرد مشابه حوضه‌ها استوار است. در این روش از یک حوضه آبریز که دارای آمار بوده استفاده می‌گردد. (علیزاده، ۱۳۸۹)

- روش بیلان آب: میزان رواناب با استفاده از معادله بیلان آب که از بارندگی، نفوذ و تبخیر و تعرق حاصل می‌شود، تخمین زده می‌شود (Song, 2010).

## ۲-۲-۱- مثال‌هایی از تخمین رواناب سطحی

- ژانژو و جیژو (Xianzhao and Jiazhu, 2008)، به منظور تخمین میزان رواناب در حوضه‌های آبریز مسطح رسی در چین از روش SCS استفاده نموده‌اند. آن‌ها با جمع‌آوری و ارزیابی نقشه‌های کاربری اراضی، خاک، توپوگرافی و همچنین اطلاعات آب و هوا در منطقه مورد مطالعه، لایه‌های مربوطه را در نرم‌افزار GIS تهیه نمودند. سپس با استفاده از روش SCS مقدار رواناب محاسبه نموده و نتایج بدست آمده را با اندازه‌گیری‌های مربوط به ایستگاه هیدرومتری موجود در منطقه مقایسه کردند. خطای نسبی محاسبات انجام شده در زمان‌های مختلف از ۶/۷ تا ۲۳/۳ درصد متغیر می‌باشد. به طور مثال در ۲۷ جولای سال ۱۹۹۶ ارتفاع رواناب به دست آمده از روش SCS برابر با ۲/۸۸ میلیمتر و از ایستگاه هیدرومتری برابر با ۲/۷۰ میلیمتر می‌باشد که خطای نسبی روش SCS حدود ۶/۷ درصد

می‌شود.

- نشاط و صدقی (۱۳۸۵) به منظور تخمین رواناب در حوضه آب گلال در استان خوزستان از روش SCS استفاده نمودند. این حوضه دارای وسعتی برابر با ۱۵۵/۱۵۵ کیلومتر مربع می‌باشد. خود این حوضه به شش زیر حوضه‌های کوچکتر تقسیم شد. ابتدا با استفاده از ایستگاه‌های باران‌سنجی موجود در منطقه میزان بارندگی در این حوضه تعیین گردید. در مرحله بعد گروه هیدرولوژیکی خاک در سطح این حوضه تعیین گردید. سپس با تعیین شماره منحنی میزان رواناب در زیر حوضه‌های مختلف این حوضه در زمان‌های مختلف تعیین گردید. بیشترین حجم رواناب مربوط به زیر حوضه یک به مقدار ۱/۸۶ میلیون مترمکعب و کمترین میزان مربوط به زیر حوضه پنج به میزان ۰/۶۵ میلیون مترمکعب می‌باشد.

- پرادهان و همکاران (Pradhan et al., 2010) به منظور تعیین مقدار رواناب حوضه تیستا (Teesta) در کشور هند از روش GIS استفاده نموده‌اند. این حوضه به چهار زیر گروه تقسیم گردید. در این تحقیق نیز ابتدا از نقشه‌های توپوگرافی به منظور تعیین دقیق محدوده حوضه و همچنین از ایستگاه‌های موجود باران‌سنجی به منظور تعیین میزان بارندگی استفاده گردید. به منظور تهیه نقشه‌های کاربری اراضی و پوشش گیاهی از عکس‌های ماهواره‌ای IRS 1-C LISS III استفاده شد. نقشه زهکشی نیز با استفاده از نرم‌افزار ERDAS ترسیم شد. اطلاعات خاک نیز با استفاده از نقشه تهیه شده به دست آمد. سپس با استفاده از داده‌های جمع‌آوری شده و تعریف آن‌ها در نرم‌افزار GIS از طریق روش SCS میزان رواناب در هر یک از زیر حوضه‌ها تعیین گردید. در این تحقیق همبستگی زیادی بین این مدل تعریف شده و اطلاعات ایستگاه‌های هیدرومتری وجود دارد.

- محمدنژاد و همکاران (۱۳۸۹) به منظور تعیین میزان رواناب در حوضه شهری گناباد از روش‌های استدلالی و SCS (مدل SWMM) استفاده کرده‌اند. کل این حوضه به ۱۵۶ زیر حوضه تقسیم گردید که ۱۱۱ زیر حوضه در منطقه شهری و بقیه در مناطق غیر شهری قرار دارند. لازم به ذکر است مدل

SWMM یکی از پیشرفته‌ترین مدل‌ها جهت تحلیل مربوط به برآورد سیلاب و آبدهی کانال‌های مستقل و مختلط (سطحی و زیرزمینی) محسوب می‌شود. بر اساس محاسبات انجام شده، نتایج نشان می‌دهد که مجموع رواناب کل زیر حوضه‌ها به روش استدلالی برابر  $21/23$  متر مکعب بر ثانیه و به روش SCS برابر  $19/68$  متر مکعب بر ثانیه می‌باشد.

- آموتها و پورچلوان (Amutha and Porchelvan, 2009) به منظور تعیین رواناب سطحی در زیر حوضه مالاتار (Malattar) در کشور هند از روش SCS استفاده نموده‌اند. در این تحقیق از نقشه‌های توپوگرافی، زهکشی، خاک و عکس‌های ماهواره‌ای Landsat TM استفاده شده‌است. کمترین رواناب مربوط به سال ۱۹۷۱ برابر با ۳۲ میلیون متر مکعب در سال و بیشترین رواناب مربوط به سال ۲۰۰۷ برابر با ۴۷ میلیون متر مکعب در سال می‌باشد.

- خدادادی (۱۳۸۹) از روش‌های SCS و جاستین برای برآورد رواناب حوضه‌های دریان و هریس در استان آذربایجان شرقی استفاده کرده است. با تقسیم‌بندی‌های انجام شده این دو حوضه به ۱۲ زیر حوضه تقسیم گردید. از روش SCS مقدار رواناب برای ۱۲ زیر حوضه تعیین گردید که بیشترین رواناب مربوط به زیرحوضه سه برابر با ۲۵ میلیون متر مکعب در سال و کمترین مربوط به زیرحوضه نه برابر با چهار میلیون متر مکعب در سال می‌باشد. به منظور استفاده از روش جاستین ابتدا ضریب جاستین با استفاده از اطلاعات هیدرومتری حوضه دریان تعیین گردید. بیشترین مقدار رواناب مربوط به زیرحوضه ۱۰ برابر با  $6/45$  میلیون متر مکعب در سال و کمترین برای زیرحوضه ۱۲ برابر با  $1/55$  میلیون متر مکعب در سال برآورد شد.

- مانوهاران و موروگاپان (Manoharan and Murugappan, 2012) به منظور تخمین حجم رواناب در حوضه دریاچه پرومال (Perumal) در هند از روش SCS بر پایه GIS استفاده نموده‌اند. در این حوضه ابتدا نقشه کاربری اراضی تهیه شده و سپس شرایط رطوبتی خاک محاسبه شده و با توجه به این اطلاعات مقدار CN تخمین زده شده و به این ترتیب میزان رواناب برای این حوضه در سال‌های مختلف با توجه به میزان بارندگی محاسبه گردید.

- مزیدی و نبوتی‌زاده (۱۳۸۹) با استفاده از روش انجمن تحقیقات کشاورزی هند رواناب سالانه حوضه بالارود در استان خوزستان را تخمین زده است. به طور مثال حجم رواناب (سال ۸۵-۸۴) به دست آمده از این روش برابر ۷۵ میلیون متر مکعب در سال تخمین زده شد. آن‌ها به این نتیجه رسیده‌اند که نتایج حاصل از این روش مطابقت زیادی با مقدار اصلی رواناب حاصله از ایستگاه‌های هیدرومتری دارد.

## فصل سوم: روش انجام کار

در این فصل کلیه کارهایی که برای تعیین میزان رواناب حوضه‌های موجود در مناطق مرتفع دامنه شمالی البرز انجام شده است، به طور مختصر بیان می‌گردد. به طور کلی مراحل انجام این تحقیق به صورت زیر می‌باشد:

- جمع‌آوری اطلاعات و آمار و ارزیابی کیفی آن‌ها
- بازدیدهای صحرایی
- تهیه نقشه‌های مورد نیاز (زمین‌شناسی، پوشش گیاهی و شیب)
- تهیه لایه‌های اطلاعاتی از نقشه‌های فوق در محیط GIS
- انتخاب روش مناسب برای تعیین میزان رواناب سطحی

### ۳-۱- جمع‌آوری اطلاعات و آمار و ارزیابی کیفی آن‌ها

به منظور برآورد حجم رواناب در حوضه‌های موجود در مناطق مرتفع دامنه شمالی البرز از نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ علی‌آباد و خوش‌یلاق استفاده شده است. به این ترتیب که در این نقشه‌ها نوار مرتفع بین دشت بسطام و استان گرگان مورد مطالعه و مسیر مورد مطالعه انتخاب گردید. همچنین برای انجام بررسی‌های بیشتر در این مناطق اطلاعات بارش ایستگاه‌های اطراف این مناطق و چشمه‌های موجود در مناطق مورد مطالعه از شرکت سهامی آب منطقه‌ای گلستان و اداره آب زیرزمینی شهرستان شاهرود جمع‌آوری گردید. لازم به ذکر است که جهت ترسیم حوضه‌های آبگیر

موجود در مناطق مرتفع دامنه شمالی از عکس‌های ماهواره‌ای استفاده شده است.

### ۳-۲- بازدیدهای صحرایی

بعد از انتخاب حوضه‌های مورد نظر مسیرهایی برای پیمایش انتخاب گردید. به منظور جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات سنگ‌شناسی، ریخت‌شناسی و وضعیت پوشش گیاهی مطالعات صحرایی انجام گرفت. در مطالعات صحرایی ویژگی‌های زمین‌شناسی از قبیل شناسایی سازندهای زمین‌شناسی، وضعیت هندسی حوضه‌ها و وضعیت پوشش گیاهی مورد بررسی کامل قرار گرفت.

### ۳-۳- تهیه نقشه‌های مورد نیاز

الف- نقشه زمین‌شناسی

به منظور تهیه نقشه زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه از نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ علی‌آباد و خوش‌یلاق و همچنین بازدیدهای صحرایی و عکس‌های ماهواره‌ای استفاده گردید. در این نقشه‌ها سازندهای زمین‌شناسی و مسیر آبراهه‌ها موجود و محدوده هر حوضه مشخص شده است. با توجه به تراوایی سازندهای مختلف زمین‌شناسی، تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی حائز اهمیت می‌باشد. هر چه تراوایی سازندی زیاد باشد حجم رواناب کاهش می‌یابد و بالعکس.

ب- نقشه پوشش گیاهی

برای تهیه نقشه پوشش گیاهی از عکس‌های ماهواره‌ای Landsat استفاده شده است. در این نقشه‌ها پوشش گیاهی به ۵ دسته تقسیم گردیده است که به ترتیب تراکم (کم به زیاد) عبارتند از: فاقد پوشش گیاهی، مراتع طبیعی با پوشش متوسط، مراتع طبیعی با پوشش خوب، پوشش جنگلی متوسط و پوشش جنگلی خوب. پوشش گیاهی به دلایل متعددی از ایجاد رواناب جلوگیری به عمل می‌آورد.

بنابراین، هرچه تراکم پوشش گیاهی بیشتر باشد، این عامل باعث کاهش حجم رواناب خواهد شد.

### ج- نقشه شیب

برای تهیه نقشه شیب توپوگرافی از نقشه توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰۰ گرگان و همچنین نقشه توپوگرافی تهیه شده از عکس‌های DEM در نرم‌افزار Global Mapper 13 استفاده گردید. از عوامل مهم در تولید رواناب شیب می‌باشد. به این ترتیب که در مناطق پر شیب حجم رواناب بسیار زیاد و در مناطق پست و با شیب کم حجم رواناب ناچیز می‌باشد.

## ۳-۴- تهیه لایه‌های اطلاعاتی

با تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی، پوشش گیاهی و شیب هر کدام از نقشه در نرم‌افزار Arc GIS 9.3 تعریف می‌گردد. در نقشه زمین‌شناسی با توجه به وجود انواع لیتولوژی‌هایی با تراوایی متفاوت و تاثیر آن‌ها بر حجم رواناب می‌توان آن‌ها را تقسیم‌بندی و در نتیجه امتیازدهی نمود. در نقشه پوشش گیاهی نیز با توجه به تراکم پوشش گیاهی و تاثیر بر حجم رواناب می‌توان آن‌ها تقسیم‌بندی و در نتیجه امتیازدهی نمود. و در نهایت در نقشه شیب با توجه به تغییرات شیب توپوگرافی و تاثیر آن‌ها بر حجم رواناب می‌توان آن‌ها تقسیم‌بندی و در نتیجه امتیازدهی را بر روی آن‌ها انجام داد.

## ۳-۵- انتخاب روش مناسب برای تعیین میزان رواناب سطحی

انتخاب روش مناسب عمدتاً به دو عامل وابسته است: اولین عامل منطقه‌ای نبودن روش (نداشتن ضرائب منطقه‌ای) است. دومین عامل قابل دسترس بودن اطلاعات مورد نیاز می‌باشد. با توجه به عدم وجود اطلاعات فراگیر در منطقه مورد مطالعه در این تحقیق از دو روش "سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS)" و "روش استدلالی" استفاده شده است. این روش‌ها به طور مختصر ارائه می‌شوند.

## ۳-۵-۱- روش سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS)

در این روش با استفاده از اطلاعاتی همچون لیتولوژی و تراوایی زمین ابتدا گروه‌های هیدرولوژیکی در بخش‌های مختلف حوضه مورد نظر مشخص می‌شود. سپس با توجه به گروه‌های هیدرولوژیکی مشخص شده و نوع پوشش گیاهی مقدار شماره منحنی (CN) در بخش‌های مختلف حوضه مورد نظر تعیین می‌گردد. برای برآورد مقدار میانگین وزنی شماره منحنی در حوضه مورد نظر، ابتدا باید مساحت هر یک از زون‌ها تعیین گردد. بدین منظور با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS 9.3 مساحت هر یک از زون‌ها تعیین شده است. سپس مقدار میانگین وزنی شماره منحنی برای حوضه‌های مورد نظر بدست می‌آید. با مشخص شدن مقدار میانگین شماره منحنی با استفاده از معادله‌های (۱-۳) و (۲-۳) ارتفاع رواناب در حوضه مورد نظر محاسبه می‌شود (Aron *et al.*, 1977).

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \quad \text{معادله (۱-۳)}$$

$$Q = \frac{(P - 0.2 S)^2}{(P + 0.8 S)} \quad \text{معادله (۲-۳)}$$

$S$  = حداکثر پتانسیل نفوذ

$CN$  = شماره منحنی (بدون بعد)

$Q$  = ارتفاع رواناب (اینچ)

$P$  = ارتفاع بارندگی (اینچ)

لازم به ذکر است که برای برآورد مقدار (CN) و دخالت کمتر قضاوت کارشناسی از روش کمی جدیدی استفاده شده است که در آن شاخصی به نام شاخص رواناب معرفی شده است. برای تعیین شاخص رواناب ابتدا سه پارامتر پوشش گیاهی، لیتولوژی و تغییرات شیب را که در حوضه‌های مورد

مطالعه مورد بررسی قرار گرفته بود با توجه به تاثیرگذاری آن‌ها بر شاخص رواناب تقسیم‌بندی نموده و به هر طبقه یک امتیاز بین دو تا ده اختصاص داده شد و علاوه بر این، با توجه به اهمیت این پارامترها، به ویژه در منطقه مورد نظر، برای هر کدام یک وزن لحاظ شده است. سپس نقشه‌های مورد نظر را Arc GIS 9.3 تعریف کرده تا بر روی نقشه‌های فوق‌الذکر امتیازدهی انجام شده و با استفاده از معادله (۳-۳)، شاخص رواناب تعیین گردد.

$$R = (1 - K_s) \frac{\sum_{i=1}^n P_i A_i W_i}{\sum_{i=1}^n A_i W_i} \quad \text{معادله (۳-۳)}$$

$R$  = شاخص رواناب

$K_s$  = سهم برف از بارش

$P$  = امتیاز پارامتر مورد نظر

$A$  = مساحت هر زون

$W$  = وزن پارامتر مورد نظر

با توجه به مطالب گفته شده تنها پارامتر مجهول سهم برف از بارش ( $K_s$ ) می‌باشد که با توجه به ارتفاع متوسط حوضه‌های مورد مطالعه میزان  $K_s$  برای هر یک از حوضه‌های مورد مطالعه تعیین می‌گردد. همانطور که گفته شد، در روش SCS ابتدا شماره منحنی (CN) تعیین می‌گردد. با توجه به اینکه مقدار شاخص رواناب ( $R$ ) بین صفر تا ده و همچنین شماره منحنی (CN) بین صفر تا ۱۰۰ قرار دارد، می‌توان با تعیین شاخص رواناب، از معادله (۴-۳) برای تعیین شماره منحنی استفاده نمود.

$$CN=10 \times R \quad \text{معادله (۴-۳)}$$

## ۳-۵-۲- روش استدلالی

مقدار ضریب رواناب در حوضه‌های مختلف متفاوت است و به عوامل متعددی از قبیل شیب حوضه، نوع پوشش گیاهی، شدت بارندگی و لیتولوژی بستگی دارد. روش استدلالی یکی از رایج‌ترین و ساده‌ترین روش‌های برآورد رواناب در حوضه‌ها می‌باشد. در این روش از معادله (۳-۵) استفاده می‌شود.

$$h_{\text{runoff}} = C \times P \quad \text{معادله (۳-۵)}$$

$h_{\text{runoff}}$  = ارتفاع رواناب (mm)

$C$  = ضریب رواناب (بدون بعد)

$P$  = مقدار بارندگی (mm)

در این روش نیز ابتدا باید ضریب رواناب ( $C$ ) را برای هر یک از حوضه‌های مورد مطالعه تعیین نمود. در اینجا نیز با توجه به اینکه مقدار شاخص رواناب ( $R$ ) بین صفر تا ده و همچنین ضریب رواناب ( $C$ ) بین صفر تا ۱ قرار دارد، می‌توان با تعیین شاخص رواناب، از معادله (۳-۶) برای تعیین ضریب رواناب استفاده نمود.

$$C = 0.1 \times R \quad \text{معادله (۳-۶)}$$

## فصل چهارم: ارزیابی حجم آب‌های سطحی موجود در نقاط مرتفع

### دامنه شمالی البرز، شمال دشت بسطام

#### ۴-۱- مقدمه

در این فصل به منظور ارزیابی حجم آب‌های سطحی در نقاط مرتفع دامنه شمالی البرز جهت انتقال به دامنه جنوبی آن در محدوده شمال بسطام، ابتدا با بررسی عکس‌های ماهواره‌ای، آبراهه‌های مناطق مرتفع دامنه شمالی البرز شناسایی گردید. همچنین مناطقی که انتقال آب آن‌ها از طریق تونل‌هایی با مسافت حدود دو کیلومتر امکان پذیر بود، شناسایی شد. با استفاده از نرم‌افزار Global Mapper 13 این آبراهه‌ها به طور دقیق بررسی و محدوده حوضه هریک از آن‌ها ترسیم شد. سپس با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS 9.3 مساحت دقیق هریک از این حوضه‌ها تعیین گردید. آنگاه با استفاده از عکس‌های DEM مربوط به مناطق مورد مطالعه، ارتفاع متوسط این مناطق نیز تعیین شد. همانطور که در فصل اول گفته شد با استفاده از ایستگاه‌های هواشناسی موجود در منطقه مورد مطالعه نمودار ارتفاع - بارش این ایستگاه‌ها ترسیم و بر این اساس مقدار بارش هریک از حوضه‌ها برآورد گردیده است. سپس با انجام بازدیدهای صحرایی، عکس‌های ماهواره‌ای و نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ علی‌آباد و خوش‌یلاق هر یک از حوضه‌ها از نظر لیتولوژی، پوشش گیاهی و تغییرات شیب مورد بررسی قرار گرفت. بنابراین با توجه به هر یک از این پارامترها، با استفاده از روش‌های (SCS) و استدلالی، حجم رواناب حوضه‌های مورد نظر تعیین گردید.

#### ۴-۲- برآورد شاخص رواناب

به منظور برآورد حجم رواناب ابتدا شاخص رواناب (Runoff index) تعیین شده و سپس با توجه به این شاخص از دو روش فوق‌الذکر برای تعیین حجم رواناب استفاده شده است. همانطور که در فصل سوم بیان گردید، ابتدا سه پارامتر پوشش گیاهی، لیتولوژی و تغییرات شیب در هر یک از حوضه‌ها مورد بررسی قرار خواهد گرفت. برای بدست آوردن شاخص رواناب هر یک از پارامترهای تاثیرگذار بر شاخص رواناب تقسیم‌بندی شده و به هر طبقه یک امتیاز بین دو تا ده اختصاص داده شد. علاوه بر این، با توجه به اهمیت این پارامترها، به ویژه در منطقه مورد نظر، برای هر کدام یک وزن لحاظ شده است. سپس نقشه‌های مورد نظر را در Arc GIS 9.3 تعریف کرده تا بر روی نقشه‌های فوق امتیازدهی انجام شده و با استفاده از معادله (۴-۱)، شاخص رواناب تعیین گردد.

$$R = (1 - K_s) \frac{\sum_{i=1}^n P_i A_i W_i}{\sum_{i=1}^n A_i W_i} \quad \text{معادله (۴-۱)}$$

$R$  = شاخص رواناب

$K_s$  = سهم برف از بارش

$P$  = امتیاز پارامتر مورد نظر

$A$  = مساحت هر وزن

$W$  = وزن پارامتر مورد نظر

#### ۴-۲-۱- ارزیابی تاثیر لیتولوژی بر شاخص رواناب

لیتولوژی‌های مختلف با توجه به تراوایی متفاوت آن‌ها درجه تولید رواناب متنوعی را شامل می‌شوند. بنابراین انواع لیتولوژی‌ها را می‌توان به لحاظ درجه تاثیرگذاری آن‌ها بر شاخص رواناب تقسیم‌بندی و در نتیجه امتیازدهی نمود.

همانطور که در فصل اول اشاره گردید، مهم‌ترین سازندهای موجود در منطقه مورد مطالعه شامل سازندهای ابرسج ( $O^{sh}$ )، سلطان میدان ( $S^v$ )، سنگ‌های ولکانیکی ( $D^v$ )، پادها ( $D^s$ )، خوش‌ییلاق ( $D_{kh}^1, D_{kh}^2, D_{kh}^3, D_{kh}^4$ )، مبارک ( $cm^{sh,1}$ )، قزل قلعه ( $Cgh$ )، درود ( $P, Pd, Pd^1$ )، الیکا ( $Jl, Q^{sc}$ )، شمشک ( $J_{s1}, J_{s2}$ )، لار ( $Jl$ )، کرج ( $E^s, E^{m,t,s}$ ) و واریزه ( $Q^{sc}$ ) می‌باشد.

با توجه به تراوایی هریک از سازندهای فوق در منطقه مورد مطالعه، می‌توان آن‌ها را به لحاظ تاثیرگذاری بر شاخص رواناب تقسیم‌بندی نمود. جدول (۴-۱) تقسیم‌بندی و امتیازدهی به سازندهای مختلف موجود در منطقه را نشان می‌دهد. شکل (۴-۱) تغییرات لیتولوژی را در یکی از حوضه‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد.

جدول ۴-۱- تقسیم‌بندی و امتیازدهی به سازندهای مختلف موجود در منطقه مورد مطالعه

بر اساس تاثیرگذاری بر شاخص رواناب

| نوع سازند                                              | تراوایی   | امتیاز |
|--------------------------------------------------------|-----------|--------|
| $O^{sh}, S^v, D^v, E^{m,t,s}, J_{s2}$                  | خیلی کم   | ۱۰     |
| $Cgh, Pd, D^s, J_{s1}, E^s$                            | کم        | ۸      |
| $cm^{sh,1}, D_{kh}^1, D_{kh}^2, D_{kh}^3, D_{kh}^4, P$ | متوسط     | ۶      |
| $TR_1, TR_2$                                           | زیاد      | ۴      |
| $Jl, Q^{sc}, Pd^1$                                     | خیلی زیاد | ۲      |



شکل ۴-۱- تغییرات لیتولوژی در یکی از حوضه‌های مورد مطالعه (دید به سمت جنوب)

#### ۲-۲-۴- ارزیابی تاثیر پوشش گیاهی بر شاخص رواناب

همانطور که بیان شد، پوشش گیاهی به دلایل متعددی از ایجاد رواناب جلوگیری به عمل می‌آورد. بنابراین، هرچه تراکم پوشش گیاهی بیشتر باشد، این عامل باعث کاهش حجم رواناب خواهد شد. با توجه به انواع پوشش گیاهی و تراکم آن‌ها می‌توان آن‌ها را به لحاظ درجه تاثیرگذاری بر شاخص رواناب تقسیم‌بندی و امتیازدهی نمود. جدول (۲-۴) تقسیم‌بندی و امتیازدهی به انواع پوشش گیاهی منطقه را ارائه می‌دهد. همچنین شکل (۲-۴) تغییرات پوشش گیاهی را در یکی از حوضه‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد.

جدول ۲-۴- تقسیم‌بندی و امتیازدهی به پوشش گیاهی بر اساس تاثیرگذاری بر شاخص رواناب

| امتیاز | ظرفیت ایجاد رواناب | نوع پوشش گیاهی و تراکم آن‌ها |
|--------|--------------------|------------------------------|
| ۲      | خیلی کم            | پوشش جنگلی خوب               |
| ۴      | کم                 | پوشش جنگلی متوسط             |
| ۶      | متوسط              | مراتع طبیعی با پوشش خوب      |
| ۸      | زیاد               | مراتع طبیعی با پوشش متوسط    |
| ۱۰     | خیلی زیاد          | مراتع طبیعی با پوشش ضعیف     |



شکل ۲-۴- تغییرات پوشش گیاهی در یکی از حوضه‌های مورد مطالعه (دید به سمت شرق)

#### ۳-۲-۴- ارزیابی تاثیر شیب بر شاخص رواناب

به طور کلی شیب زمین یکی از عوامل مهم تاثیرگذار بر ایجاد رواناب است. به این ترتیب که در مناطق پر شیب شاخص رواناب بسیار زیاد و در مناطق پست و با شیب کم شاخص رواناب ناچیز می‌باشد. بنابراین، شیب‌های مختلف را می‌توان بر اساس درجه تاثیرگذاری بر شاخص رواناب تقسیم‌بندی و امتیازدهی نمود (جدول ۳-۴). شکل (۳-۴) تغییرات شیب را در یکی از حوضه‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد.

جدول ۳-۴- تقسیم‌بندی و امتیازدهی به شیب بر اساس تاثیرگذاری بر شاخص رواناب

| مقدار شیب | ظرفیت ایجاد رواناب | امتیاز |
|-----------|--------------------|--------|
| $>40$     | خیلی زیاد          | ۱۰     |
| ۲۰-۴۰     | زیاد               | ۸      |
| ۱۰-۲۰     | متوسط              | ۶      |
| ۵-۱۰      | کم                 | ۴      |
| ۰-۵       | خیلی کم            | ۲      |



شکل ۳-۴- تغییرات شیب در یکی از حوضه‌های مورد مطالعه

نظر به این که درجه تاثیرگذاری هر یک از عوامل سه‌گانه فوق در ایجاد رواناب یکسان نمی‌باشد، برای هر کدام از آن‌ها یک وزن در نظر گرفته می‌شود. در منطقه مورد مطالعه با توجه به خصوصیات و تغییرات این عوامل، به هر کدام از آن‌ها یک وزن داده شده است. پارامتر شیب نسبت به دو پارامتر لیتولوژی و پوشش گیاهی و همچنین لیتولوژی نسبت به پوشش گیاهی تغییرات بیشتری را در حوضه‌های مورد مطالعه دارند بنابراین نسبت به دو پارامتر دیگر وزن بیشتری را به خود اختصاص می‌دهد. جدول (۴-۴) نحوه وزن‌دهی به عوامل مهم تاثیرگذار بر شاخص رواناب را نشان می‌دهد.

جدول ۴-۴- نحوه وزن‌دهی به عوامل مختلف تاثیرگذار بر شاخص رواناب

| عامل تاثیرگذار بر شاخص رواناب | ظرفیت ایجاد رواناب |
|-------------------------------|--------------------|
| لیتولوژی                      | ۰/۸                |
| پوشش گیاهی                    | ۰/۷                |
| شیب                           | ۰/۹                |

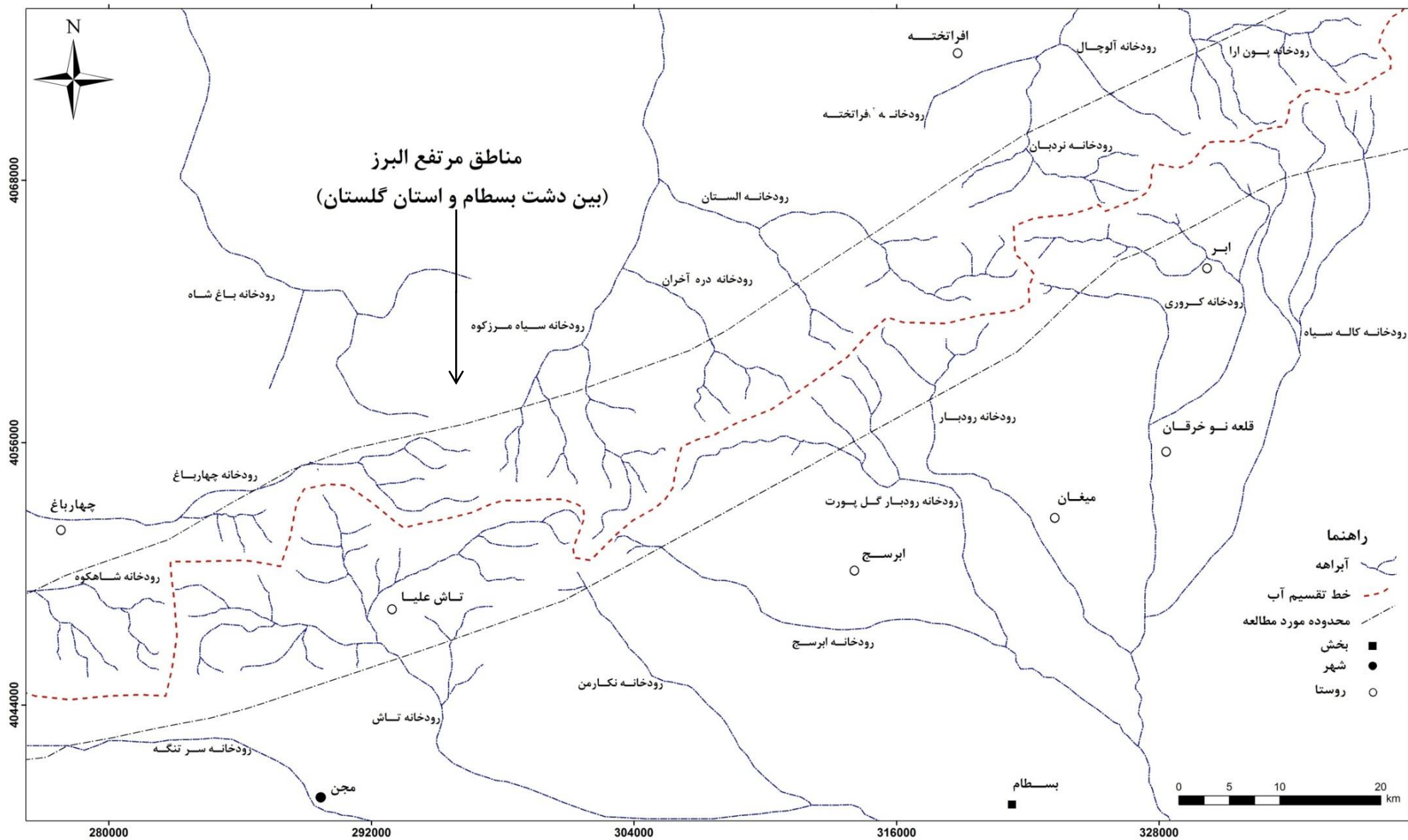
#### ۴-۳- تهیه نمودار بارندگی - ارتفاع برای منطقه مورد مطالعه

با توجه به این که در منطقه مورد مطالعه هیچ ایستگاه باران‌سنجی وجود ندارد، بنابراین لازم است با توجه به ایستگاه‌های مجاور، نمودار بارندگی - ارتفاع برای این منطقه تهیه شود (شکل ۱-۳). همانطور که در فصل اول گفته شد، از اطلاعات ایستگاه‌های باران‌سنجی مجاور منطقه مورد مطالعه در دامنه جنوبی، که به لحاظ وضعیت بارش بیشترین انطباق را با منطقه مورد مطالعه دارد، استفاده شده است.

#### ۴-۴- حوضه‌های موجود در مناطق مرتفع دامنه شمالی البرز

همانطور که بیان شد، ابتدا آبراهه‌های موجود در مناطق مرتفع البرز (بین استان گلستان و دشت بسطام) مورد ارزیابی قرار گرفت. لازم به ذکر است که آبراهه‌های انتخاب شده در دامنه شمالی واقع شده‌اند و جریان تمام آن‌ها به سمت استان گلستان می‌باشد. به طور مثال در ارتفاعات شاهوار

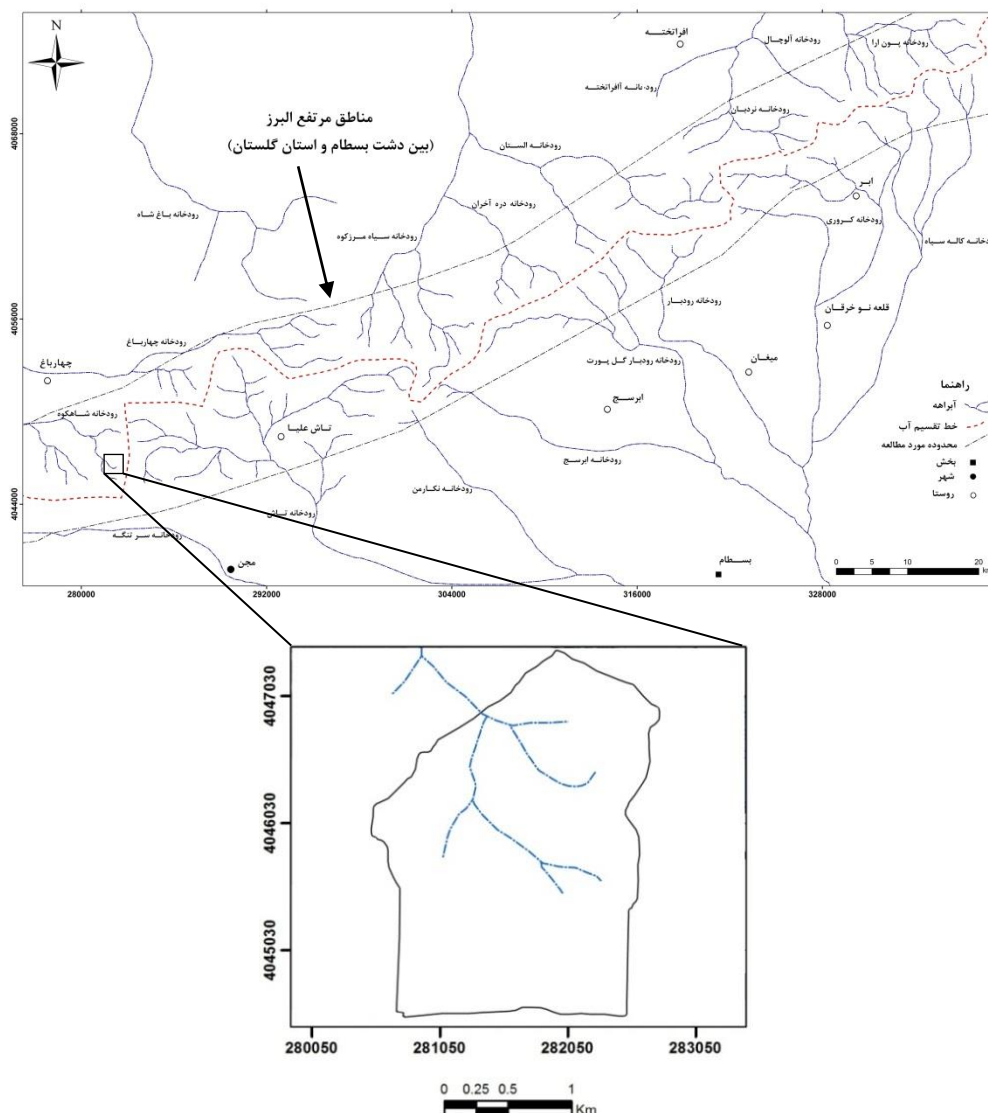
آبراهه‌هایی وجود دارد که در دامنه شمالی واقع شده است ولی جریان آب آن‌ها وارد دامنه جنوبی (دره تاش) می‌شود. شکل (۴-۴) موقعیت این آبراهه‌ها را نشان می‌دهد. آبراهه‌هایی که امکان انتقال آب آن‌ها از طریق تونل‌های کوتاه (حدود دو کیلومتر) به دامنه جنوبی فراهم است، شناسایی گردید. تعداد این آبراهه‌ها ۱۵ عدد می‌باشد. با توجه به مطالب گفته شده، پارامترهای مورد نظر در هر یک از حوضه این آبراهه‌ها مورد بررسی قرار خواهند گرفت.



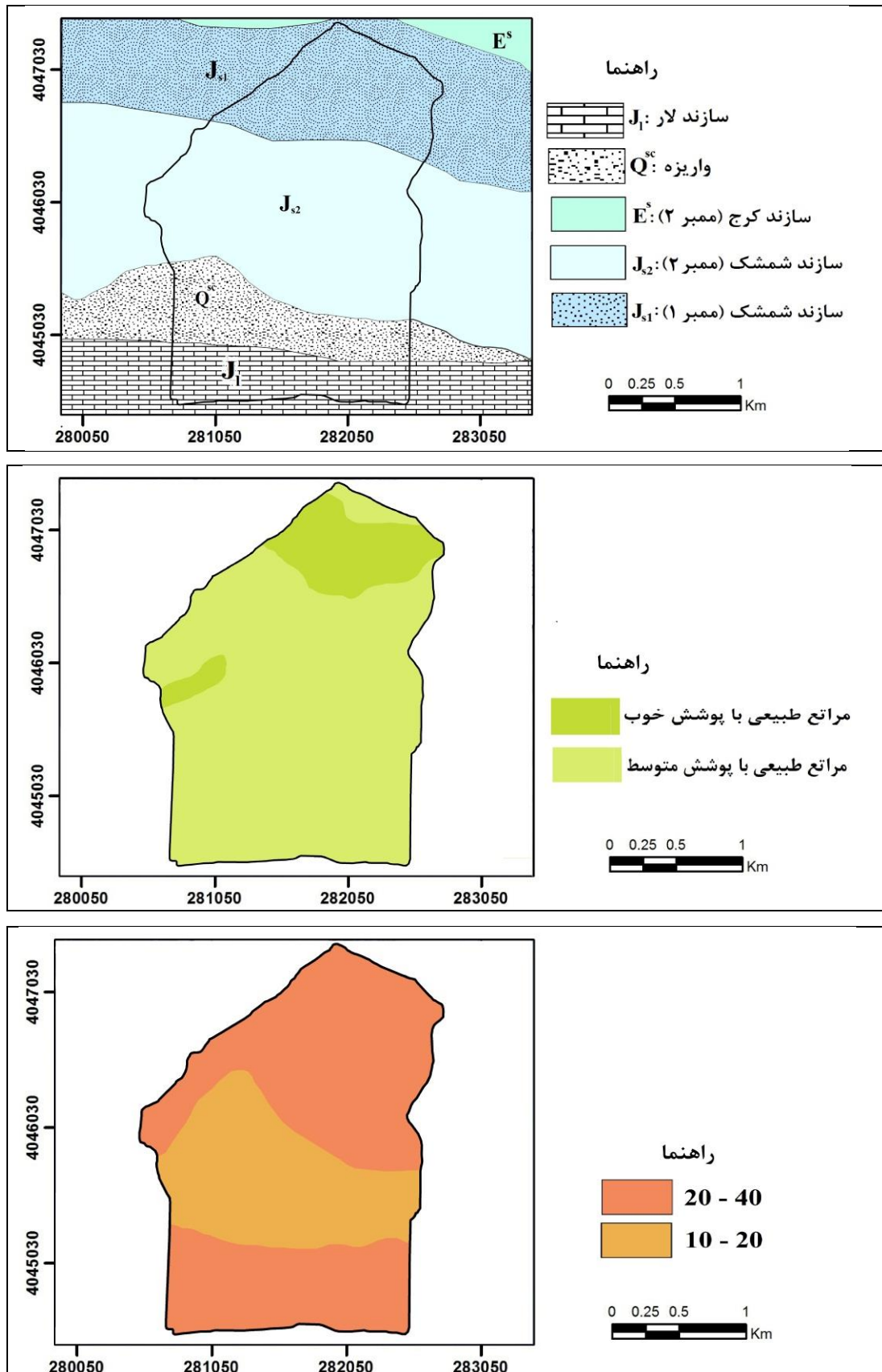
شکل ۴-۴- نقشه آبراهه‌های موجود در مناطق مرتفع البرز (بین دشت بسطام و استان گلستان)

۴-۴-۱- حوضه آبریز شماره (۱)

موقعیت این حوضه در شکل (۴-۵) نشان داده شده است. این حوضه با مساحت حدود پنج کیلومتر مربع بزرگترین حوضه در منطقه مورد مطالعه است. با استفاده از روش هیپسومتری مقدار ارتفاع متوسط این حوضه برابر با ۲۸۸۳ متر به دست آمده است. برای تعیین مقدار بارش از نمودار بارندگی - ارتفاع (شکل ۱-۳) استفاده شده است. بر این اساس میزان بارش متوسط سالانه این حوضه حدود ۵۲۷ میلیمتر می‌باشد. شکل (۴-۶) نقشه‌های لیتولوژی، پوشش گیاهی و شیب این حوضه را نشان می‌دهد.



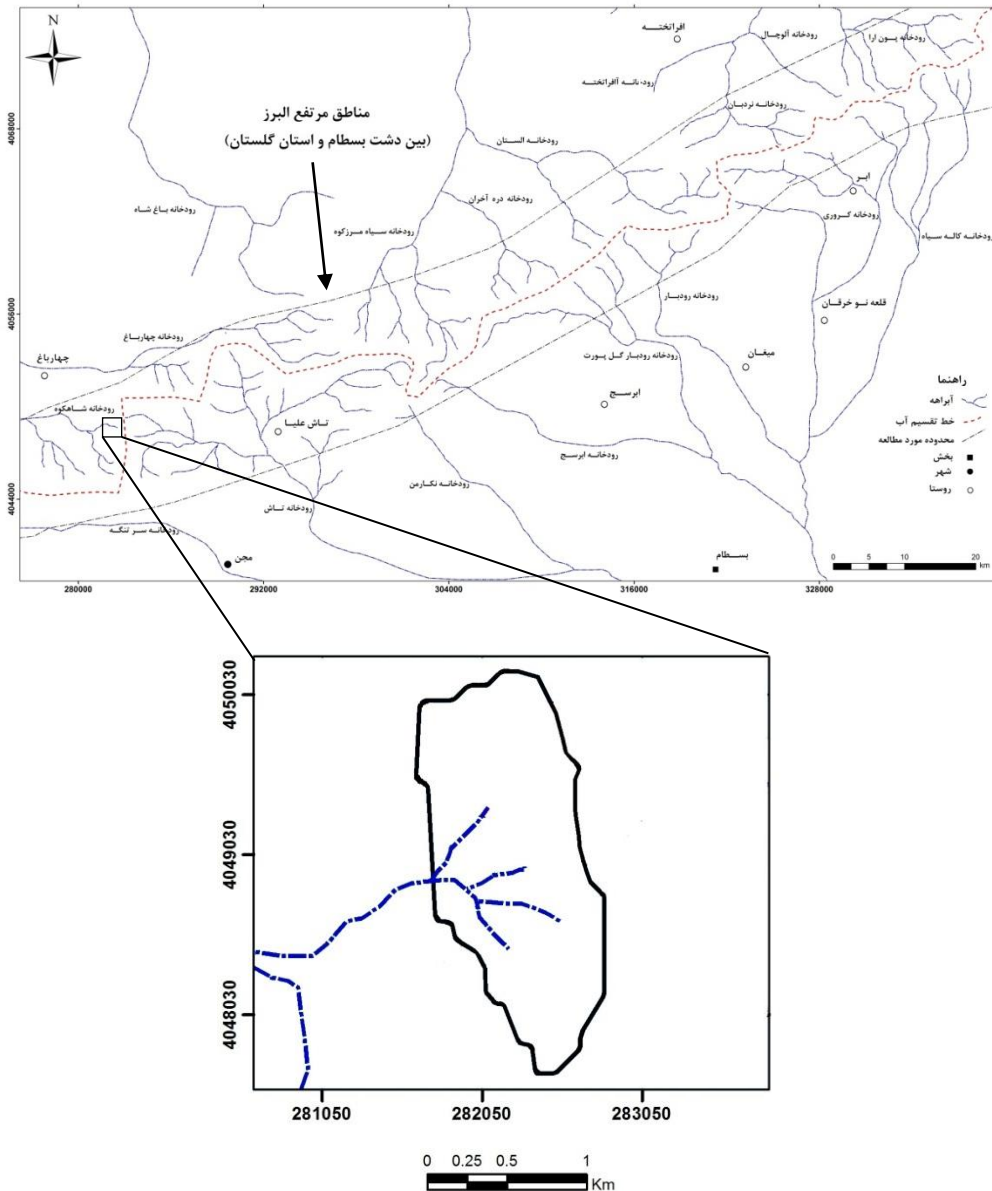
شکل ۴-۵- موقعیت جغرافیایی حوضه آبرگیر شماره (۱)



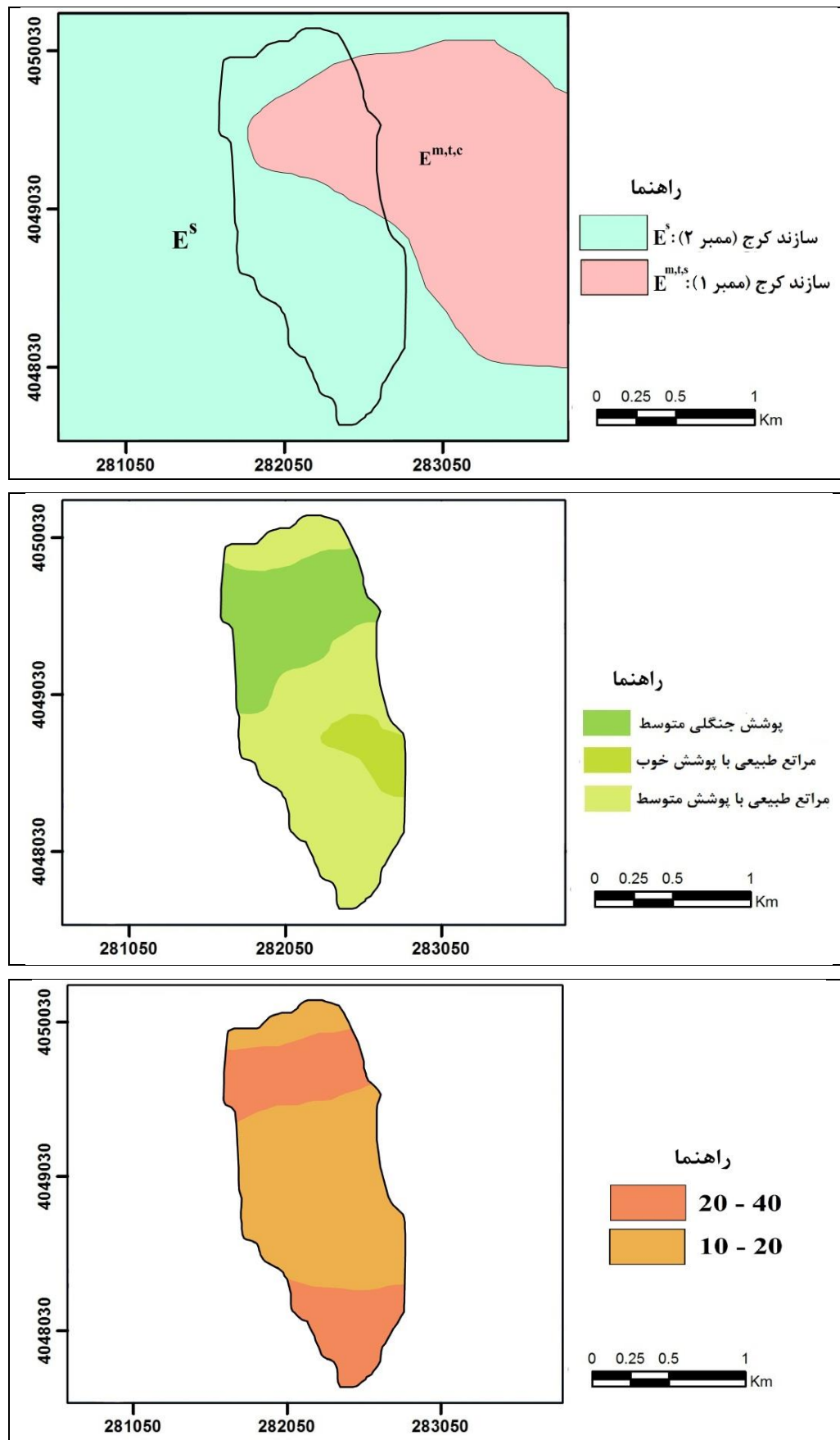
شکل ۴-۶- نقشه‌های لیتولوژی (بالا)، پوشش گیاهی (وسط) و شیب (پایین) در حوضه آبریز شماره (۱)

۴-۴-۲- حوضه آبگیر شماره (۲)

شکل (۴-۷) موقعیت حوضه آبگیر شماره (۲) و آبراهه‌های موجود در آن نشان می‌دهد. مساحت این حوضه برابر با دو کیلومتر مربع است. ارتفاع متوسط این حوضه با استفاده از روش هیپسومتری محاسبه گردیده است که برابر با ۲۷۶۲ متر می‌باشد. مقدار بارندگی سالانه این حوضه برابر با ۴۹۹ میلیمتر برآورد می‌گردد. شکل (۴-۸) نقشه‌های لیتولوژی، پوشش گیاهی و شیب این حوضه را نشان می‌دهد.



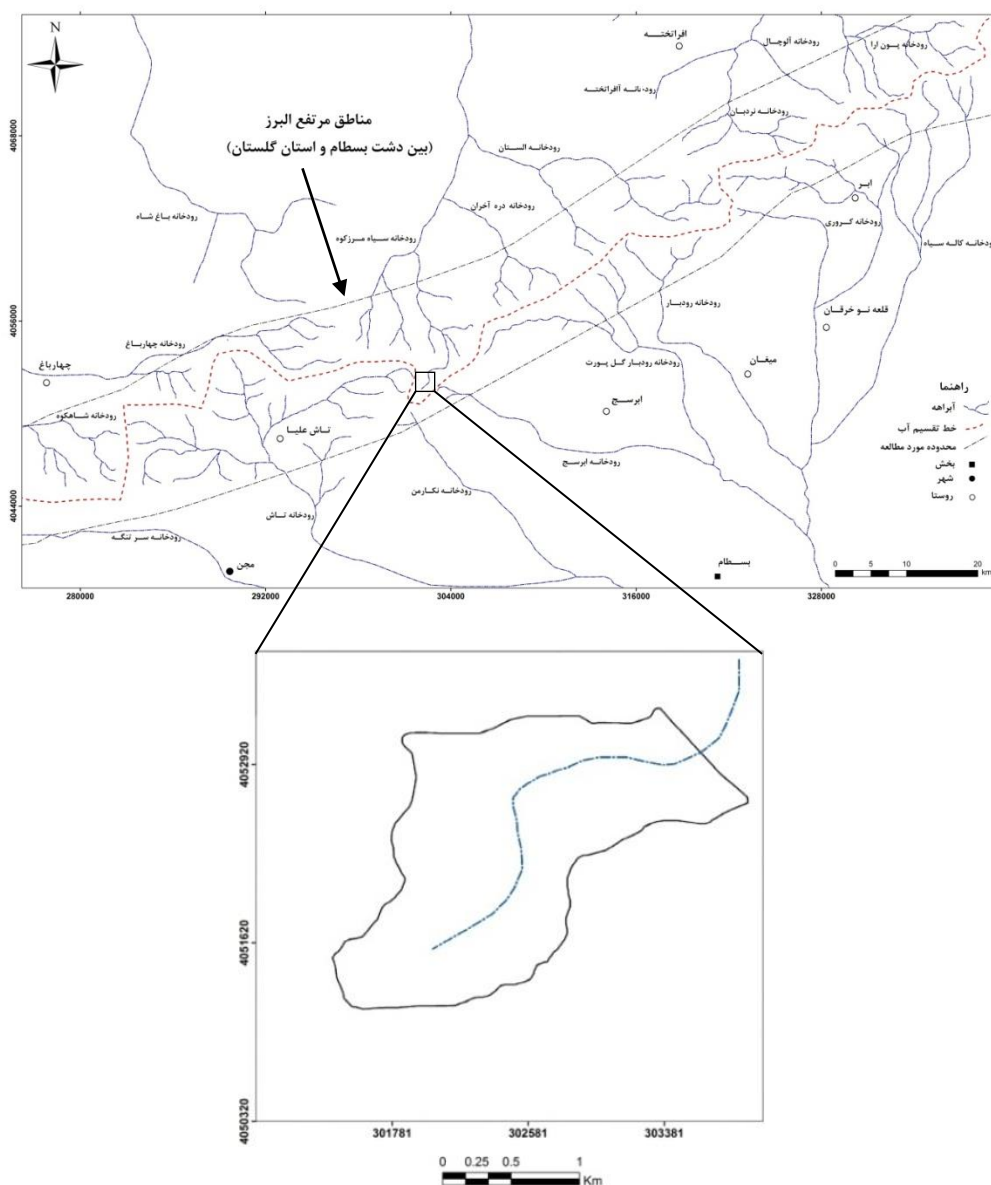
شکل ۴-۷- موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز شماره (۲)



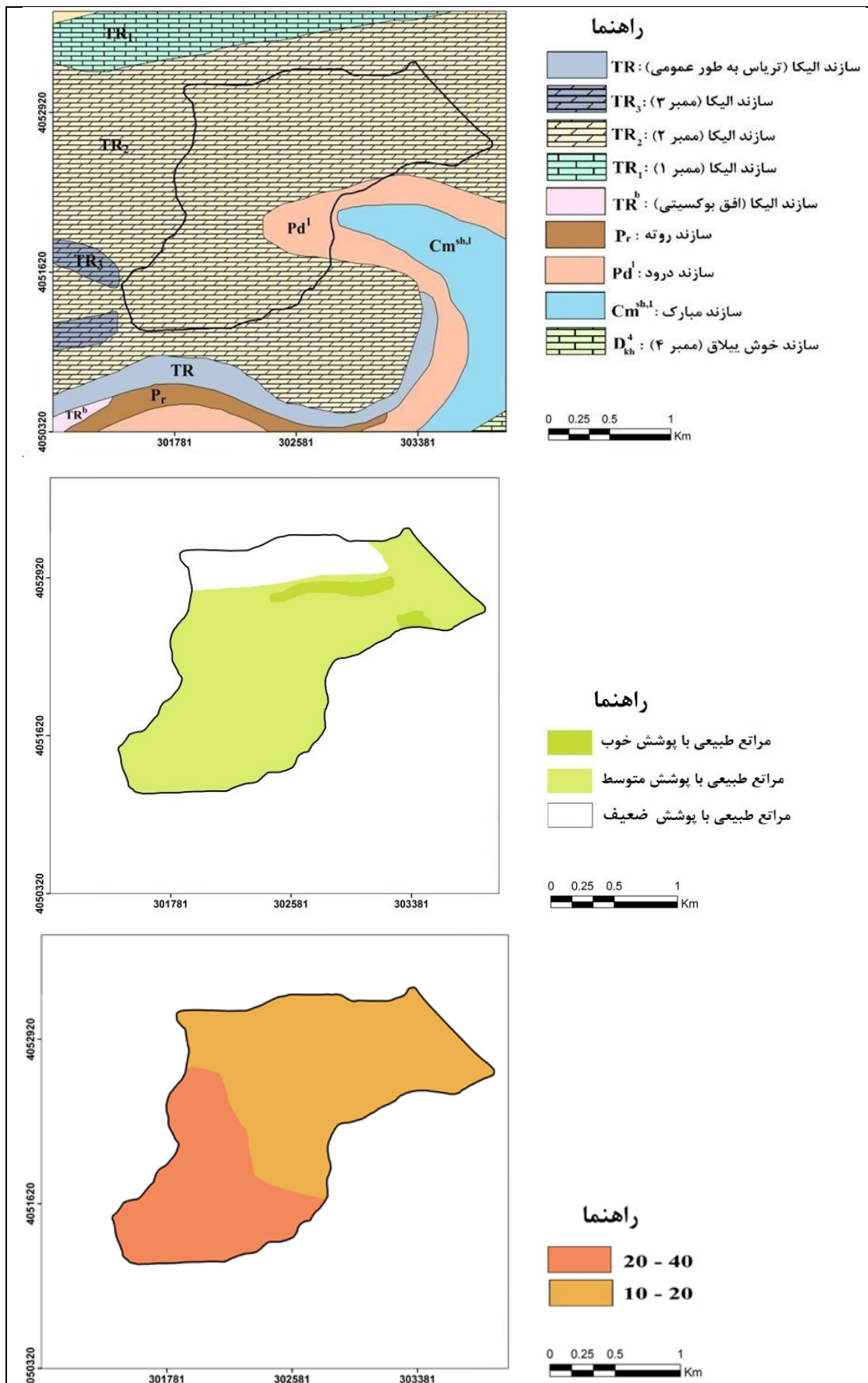
شکل ۴-۸- نقشه‌های لیتولوژی (بالا)، پوشش گیاهی (وسط) و شیب (پایین) در حوضه آبریز شماره (۲)

#### ۳-۴-۴- حوضه آبرگیر شماره (۳)

این حوضه در نقاط مرتفع کوه شاهوار قرار دارد. شکل (۴-۹) موقعیت این حوضه را نشان می‌دهد. مساحت این حوضه آبرگیر برابر با سه کیلومتر مربع است که بعد از حوضه شماره (۱) بزرگترین حوضه به شمار می‌رود. ارتفاع متوسط این حوضه برابر با ۳۵۵۷ متر می‌باشد که در مقایسه با دیگر حوضه‌های مورد مطالعه، بالاترین ارتفاع را دارا می‌باشد. مقدار بارندگی در این حوضه برابر با ۶۸۷ میلیمتر در سال می‌باشد. در شکل (۴-۱۰) نقشه‌های لیتولوژی، پوشش گیاهی و شیب آمده است.



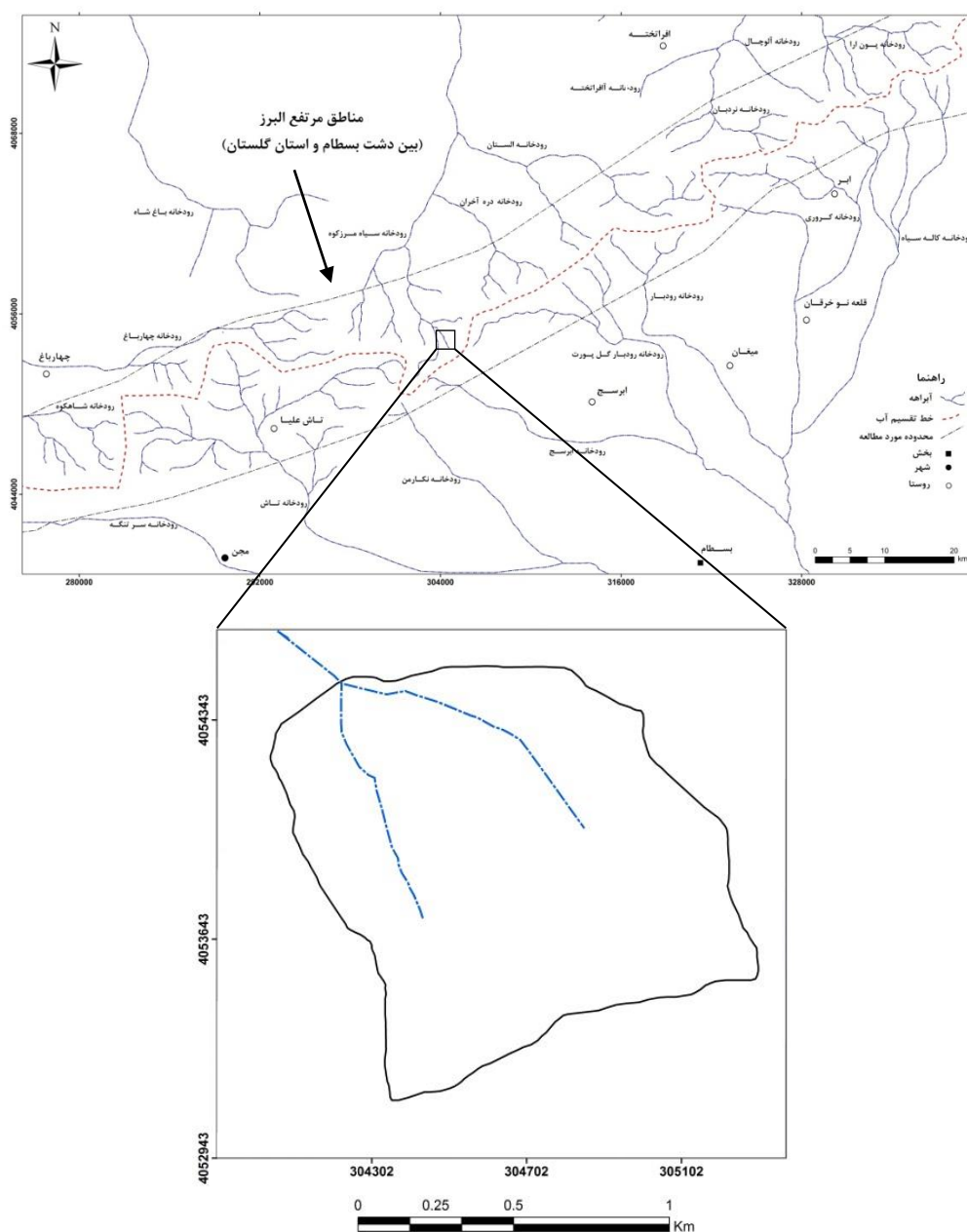
شکل ۴-۹- موقعیت جغرافیایی حوضه آبرگیر شماره (۳)



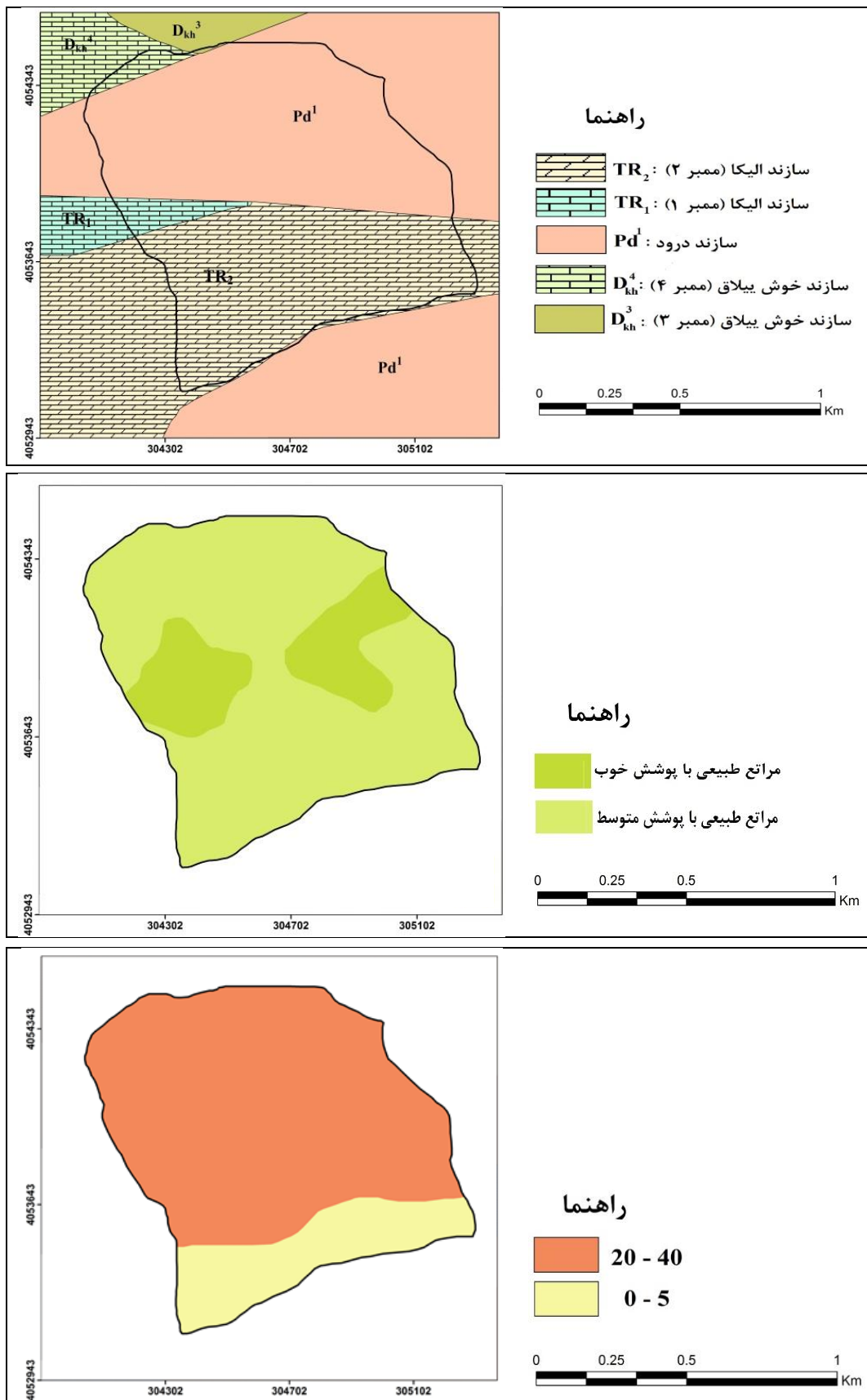
شکل ۴-۱۰- نقشه‌های لیتولوژی (بالا)، پوشش گیاهی (وسط) و شیب (پایین) در حوضه آبریز شماره (۳)

#### ۴-۴-۴- حوضه آبرگیر شماره (۴)

موقعیت این حوضه در شکل (۴-۱۱) نشان داده شده است. مساحت این حوضه آبرگیر برابر با ۱/۲ کیلومتر مربع می‌باشد. ارتفاع متوسط این حوضه برابر با ۳۲۹۰ متر است. بر اساس نمودار بارندگی - ارتفاع میزان بارش این حوضه برابر با ۶۲۴ میلیمتر در سال می‌باشد. در شکل (۴-۱۲) نقشه‌های لیتولوژی، پوشش گیاهی و شیب نشان داده شده است.



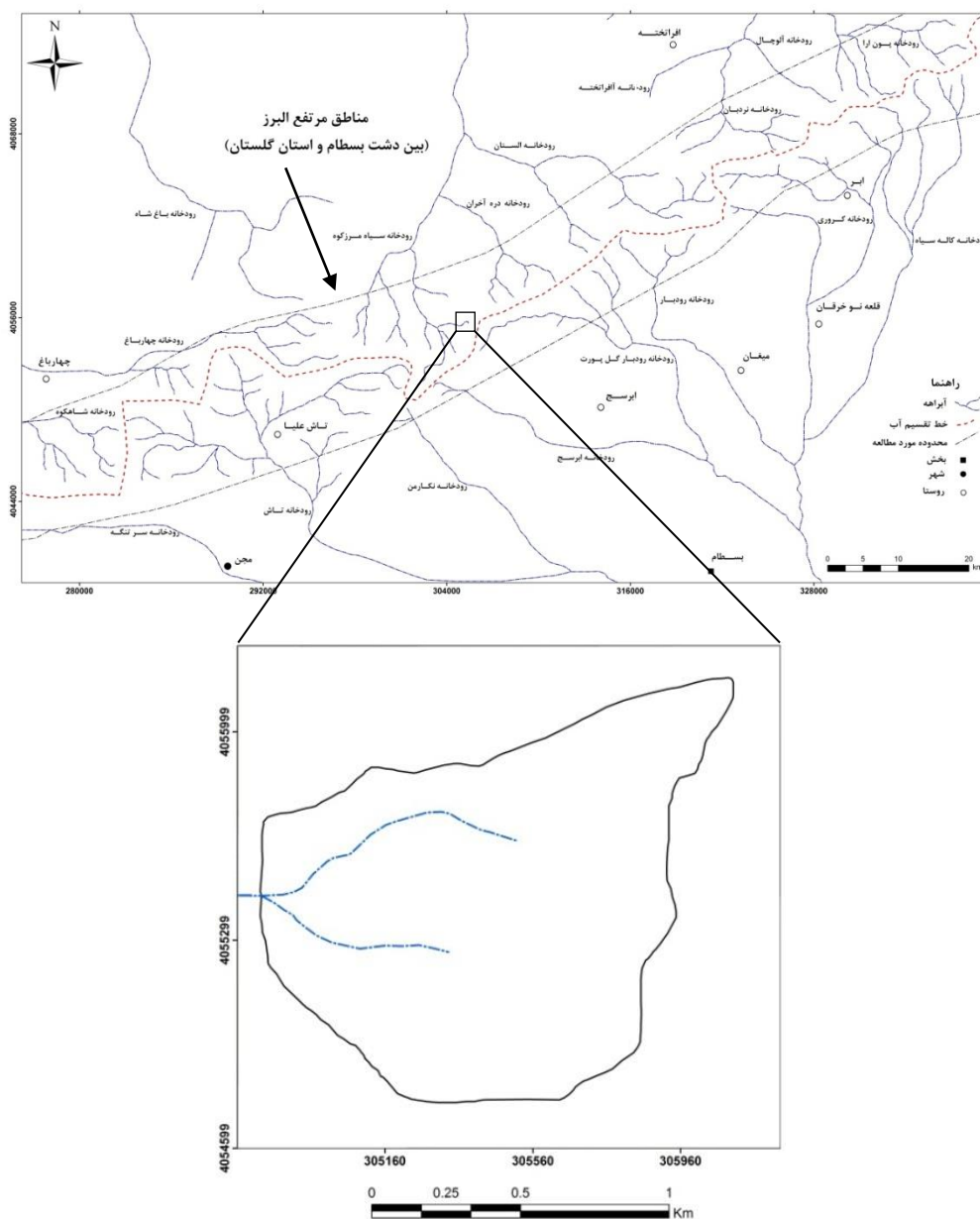
شکل ۴-۱۱- موقعیت جغرافیایی حوضه آبرگیر شماره (۴)



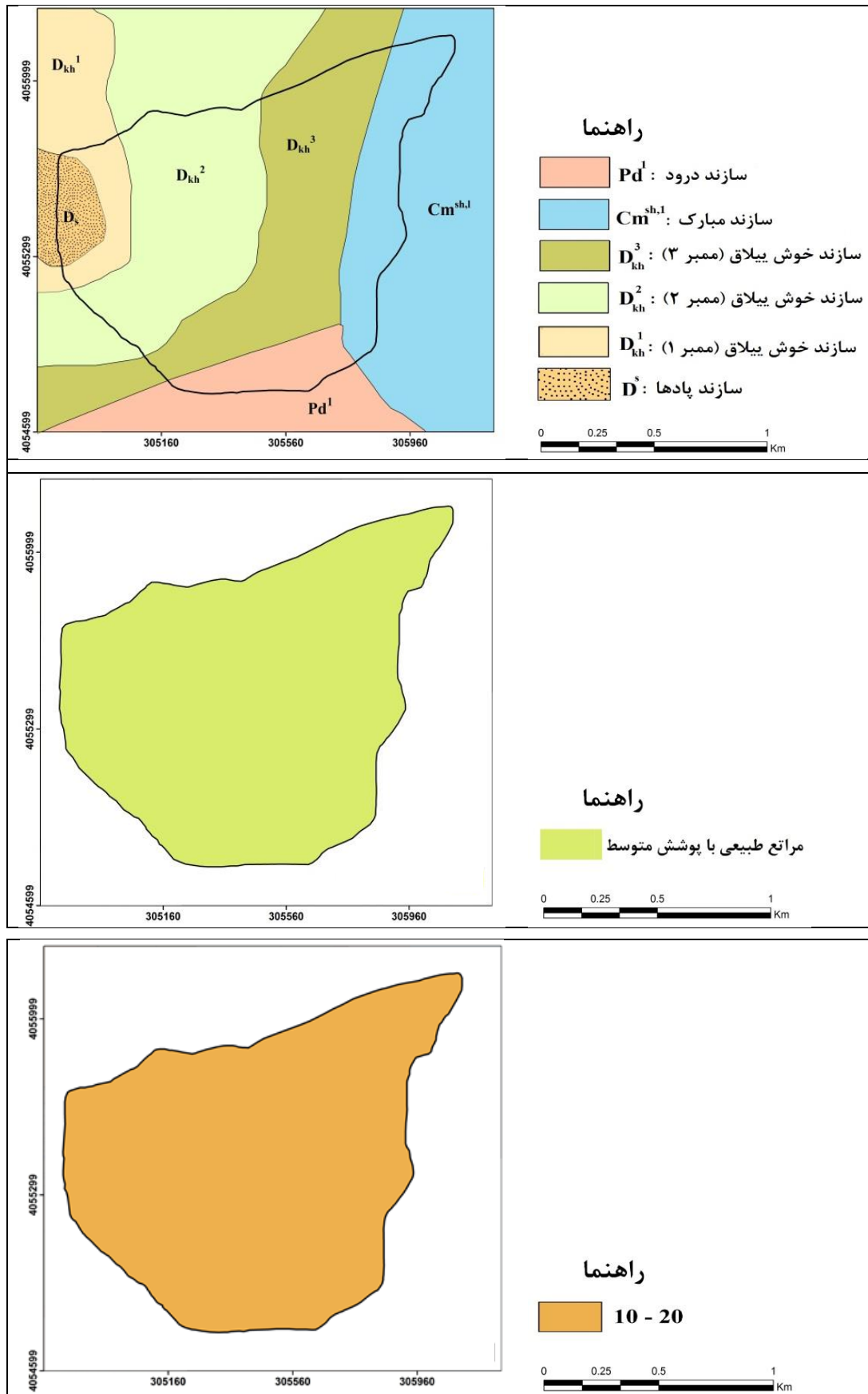
شکل ۴-۱۲- نقشه‌های لیتولوژی (بالا)، پوشش گیاهی (وسط) و شیب (پایین) در حوضه آبریز شماره (۴)

#### ۴-۴-۵- حوضه آبرگیر شماره (۵)

در شکل (۴-۱۳) موقعیت این حوضه آبرگیر را می‌توان مشاهده نمود. مساحت اندازه‌گیری شده این حوضه برابر با  $\frac{1}{3}$  کیلومتر مربع می‌باشد. ارتفاع متوسط این حوضه با استفاده از روش هیپسومتری برابر با ۳۲۲۴ متر است. مقدار بارش این حوضه برابر با ۶۰۸ میلیمتر در سال تخمین زده می‌شود. در شکل (۴-۱۴) نقشه‌های لیتولوژی، پوشش گیاهی و شیب مربوط به این حوضه آمده است.



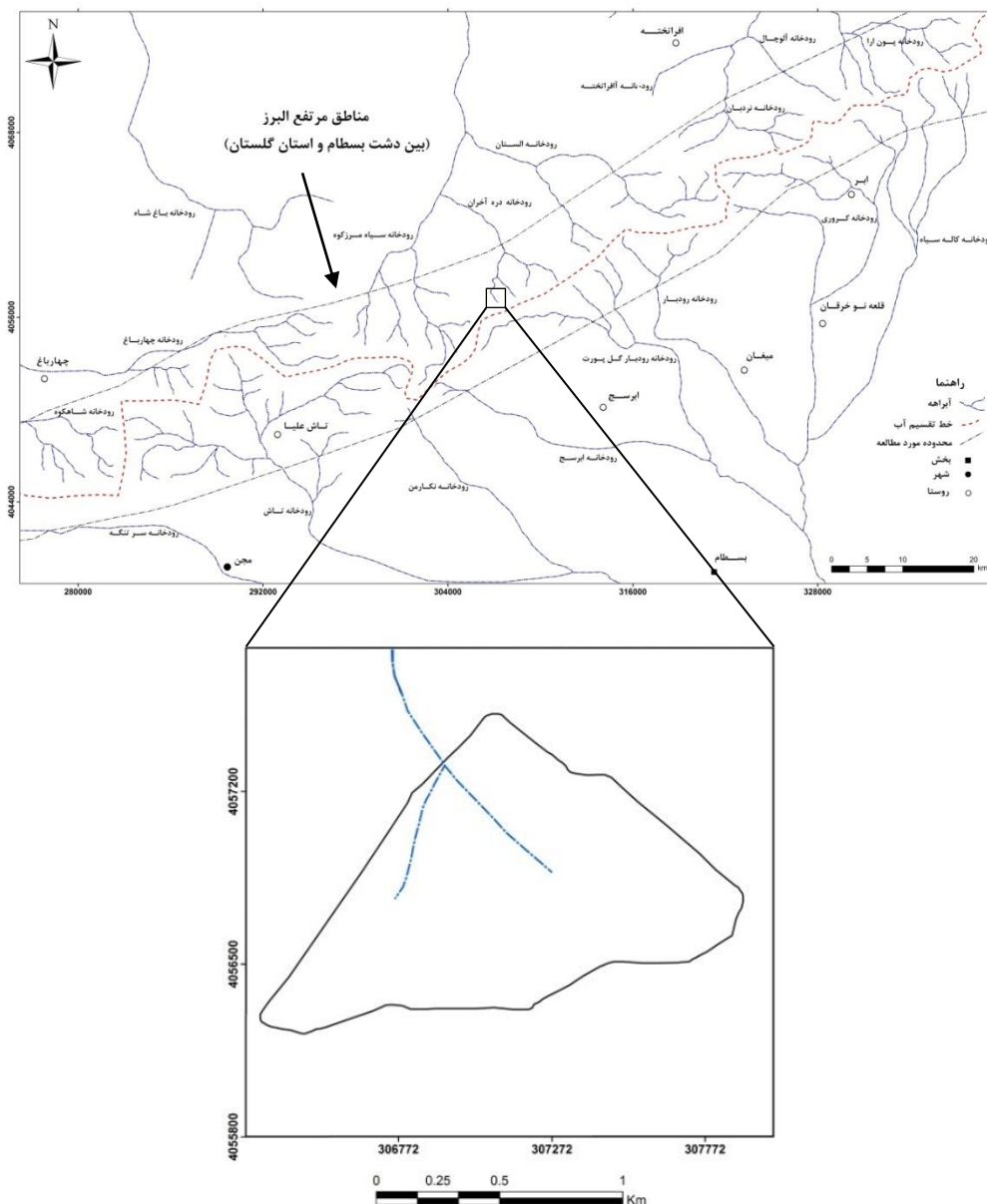
شکل ۴-۱۳- موقعیت جغرافیایی حوضه آبرگیر شماره (۵)



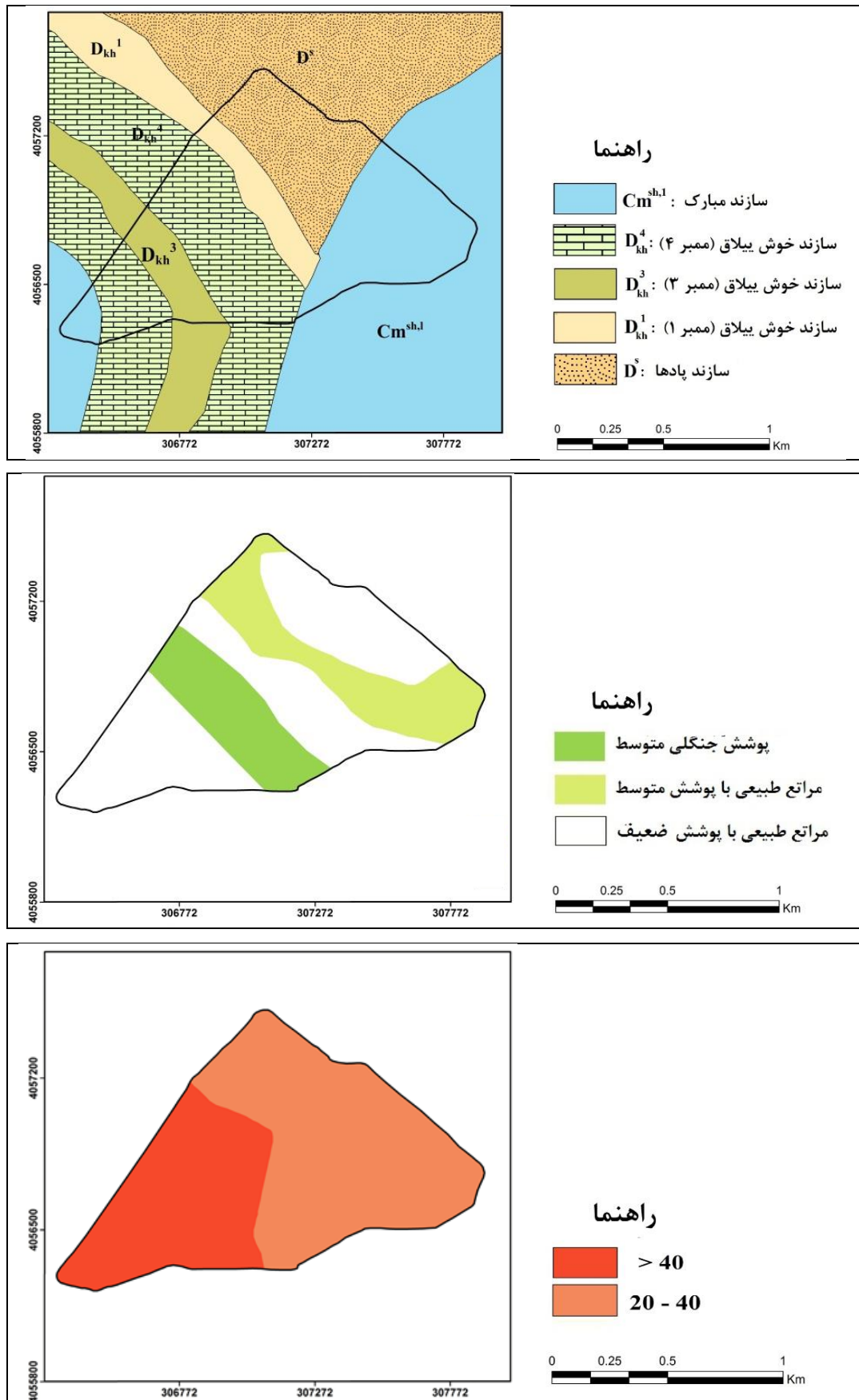
شکل ۴-۱۴- نقشه‌های لیتولوژی (بالا)، پوشش گیاهی (وسط) و شیب (پایین) در حوضه آبریز شماره (۵)

#### ۴-۴-۶- حوضه آبرگیر شماره (۶)

شکل (۴-۱۵) موقعیت حوضه آبرگیر شماره (۶) و آبراهه‌های موجود در آن نشان می‌دهد. مساحت این حوضه آبرگیر برابر با ۱/۲ کیلومتر مربع می‌باشد. این حوضه دارای تنوع لیتولوژیکی زیادی نسبت به دیگر حوضه‌ها است. ارتفاع متوسط این حوضه برابر با ۲۸۶۱ متر می‌باشد. در این حوضه نیز با استفاده از نمودار بارندگی - ارتفاع مقدار بارش سالانه برابر با ۵۲۲ میلیمتر برآورد می‌گردد. در شکل (۴-۱۶) نقشه‌های لیتولوژی، پوشش گیاهی و شیب این حوضه نشان داده شده است.



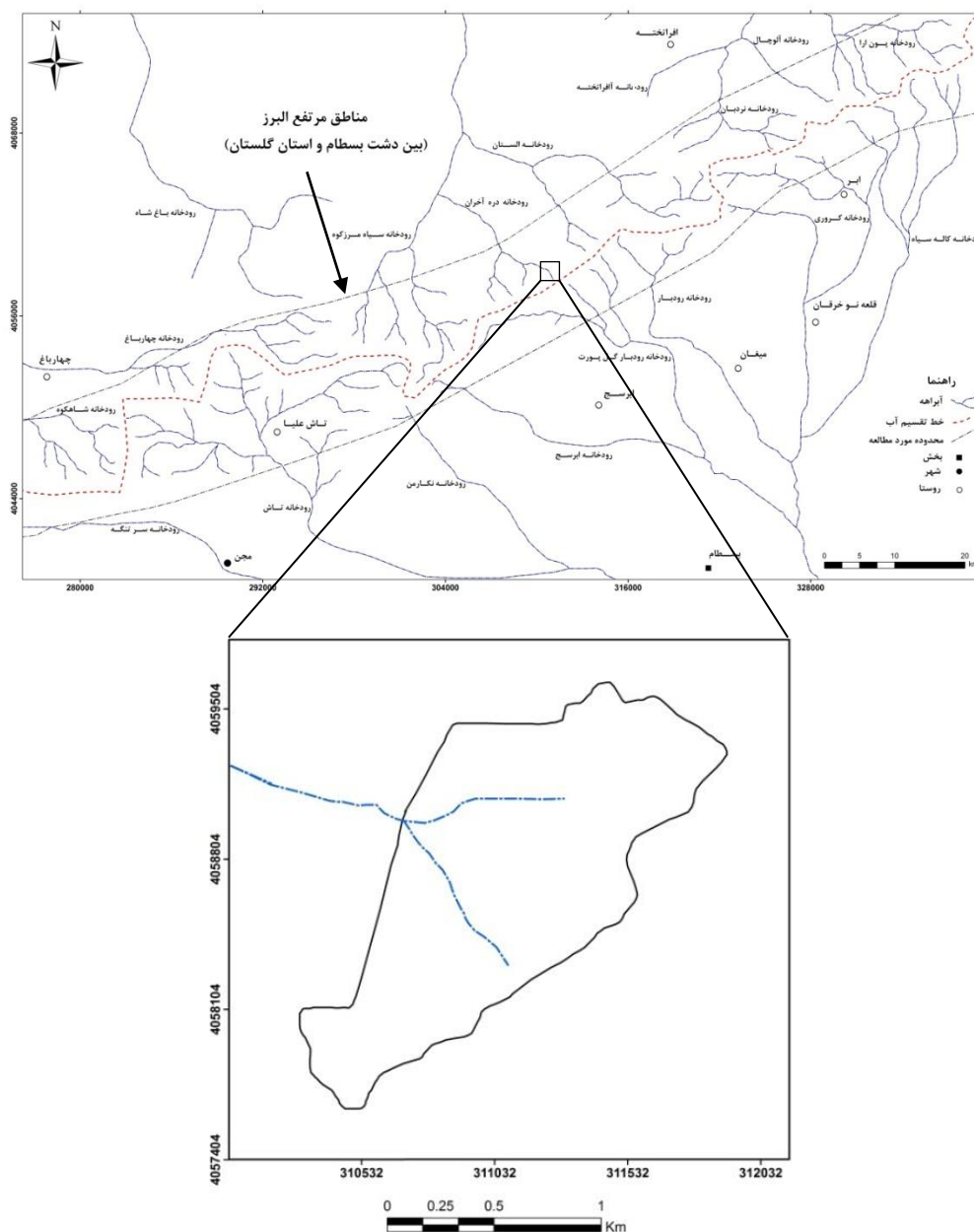
شکل ۴-۱۵- موقعیت جغرافیایی حوضه آبرگیر شماره (۶)



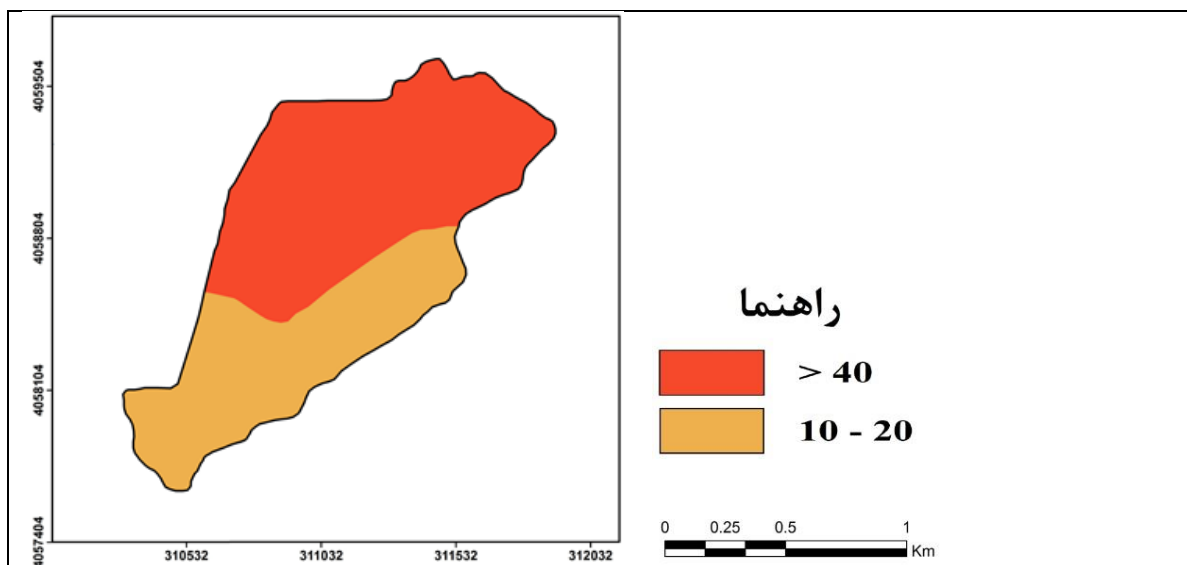
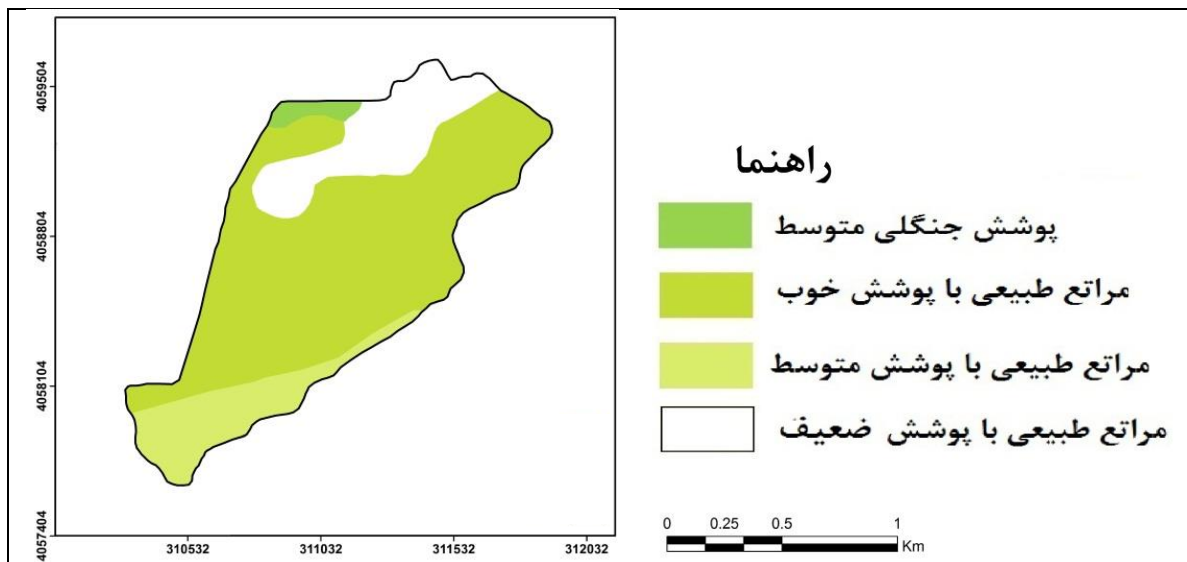
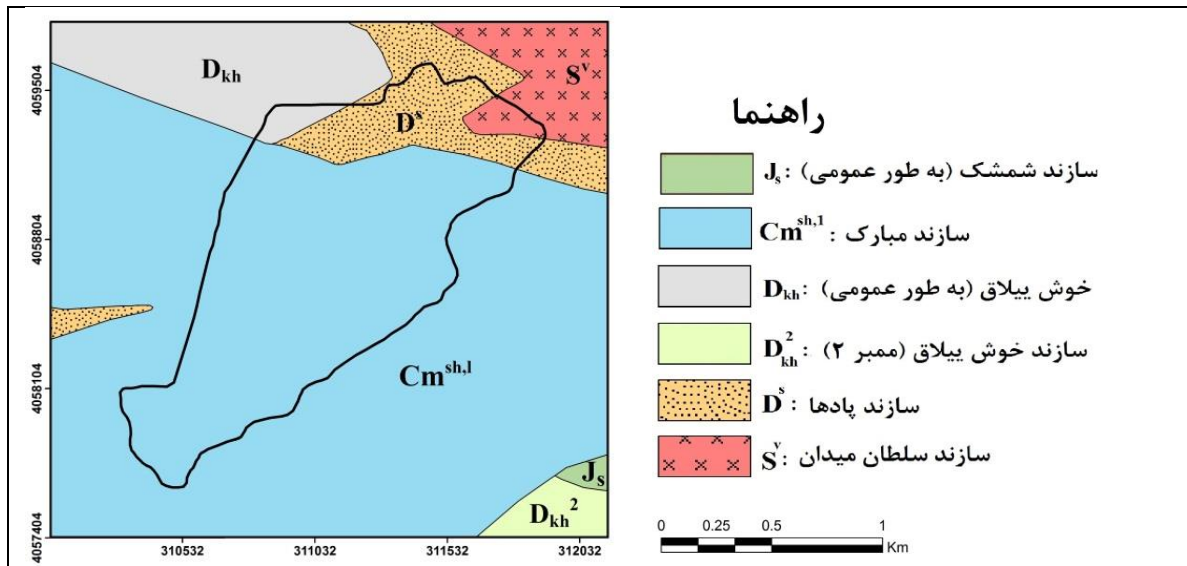
شکل ۴-۱۶- نقشه‌های لیتولوژی (بالا)، پوشش گیاهی (وسط) و شیب (پایین) در حوضه آبریز شماره (۶)

۴-۴-۷- حوضه آبریز شماره (۷)

در شکل (۴-۱۷) موقعیت این حوضه آبگیر نشان داده شده است. مساحت این حوضه آبگیر برابر با ۱/۵ کیلومتر مربع می‌باشد. ارتفاع متوسط این حوضه با استفاده از روش هیپسومتری، ۲۸۲۷ متر برآورد شده است. میزان بارش در این حوضه برابر با ۵۱۴ میلیمتر در سال می‌باشد. در شکل (۴-۱۸) نقشه‌های لیتولوژی، پوشش گیاهی و شیب این حوضه نشان داده شده است.



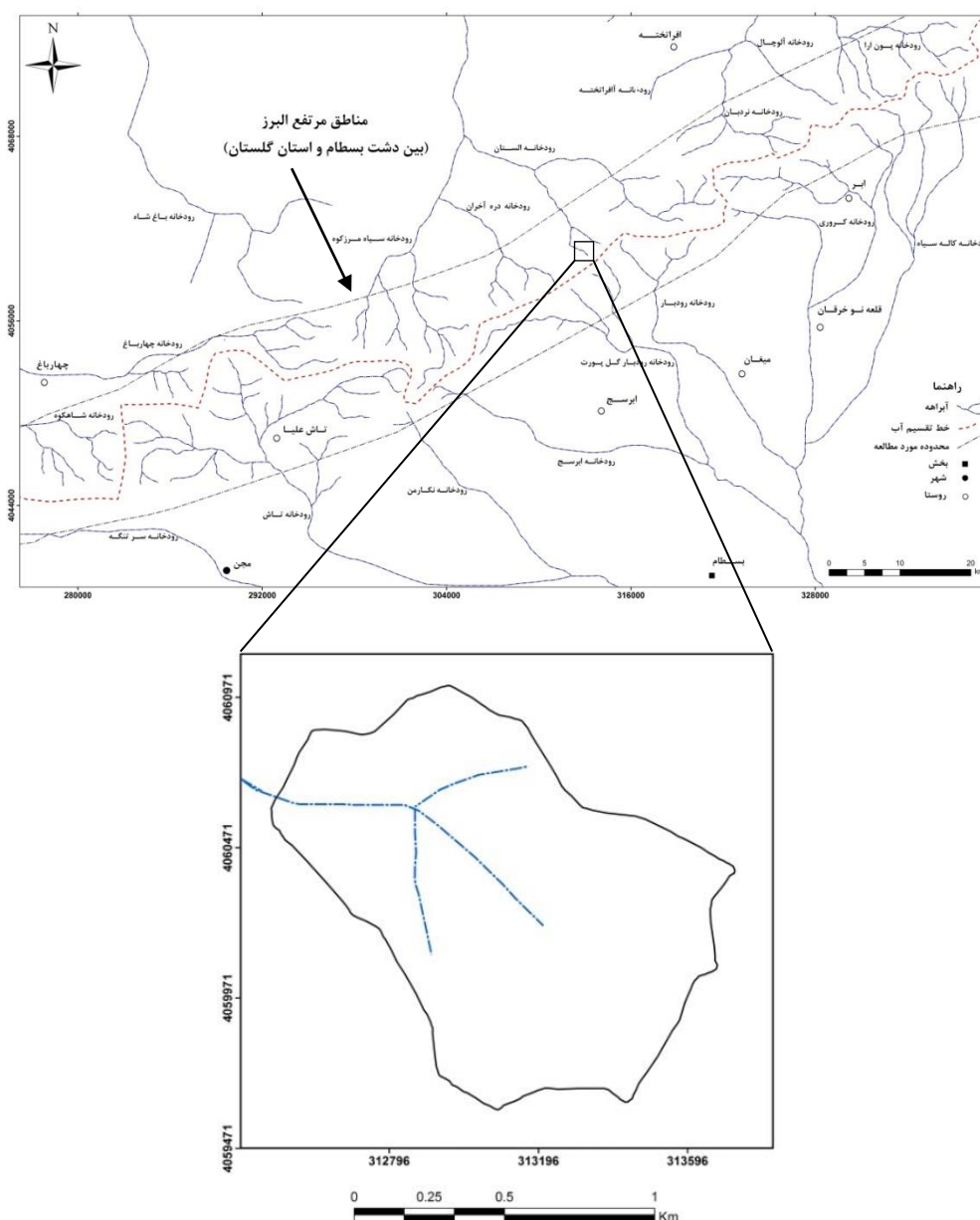
شکل ۴-۱۷- موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز شماره (۷)



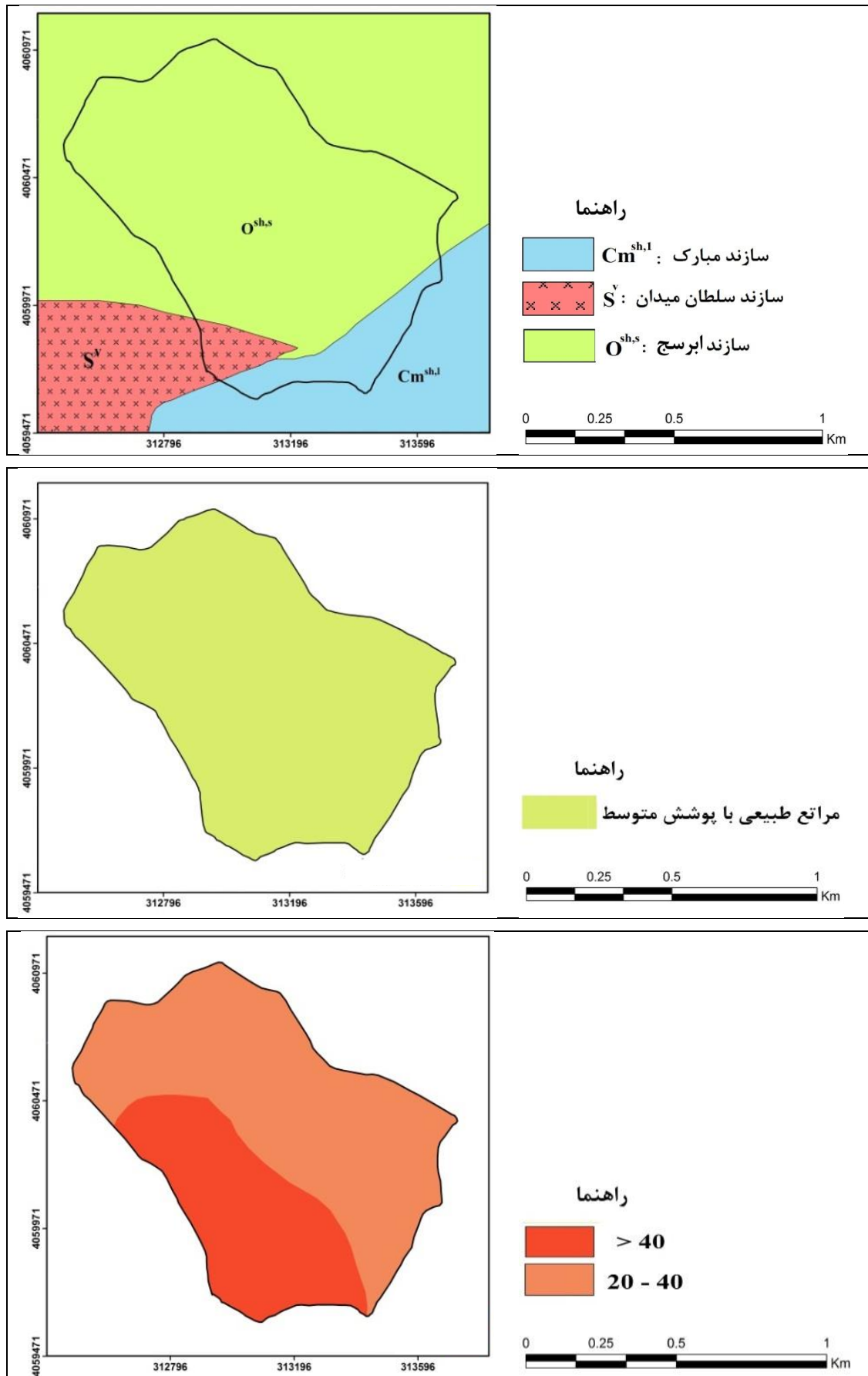
شکل ۴-۱۸- نقشه‌های لیتولوژی (بالا)، پوشش گیاهی (وسط) و شیب (پایین) در حوضه آبریز شماره (۷)

۴-۴-۸- حوضه آبگیر شماره (۸)

شکل (۴-۱۹) موقعیت این حوضه آبگیر و آبراهه‌های موجود در آن را نشان می‌دهد. مساحت این حوضه آبگیر برابر با ۱/۲ کیلومتر مربع می‌باشد. ارتفاع متوسط این حوضه برابر با ۲۶۴۲ متر می‌باشد. میزان بارش نیز با استفاده از نمودار بارندگی - ارتفاع حوضه برابر با ۴۷۰ میلیمتر در سال برآورد می‌گردد. شکل (۴-۲۰) نقشه‌های لیتولوژی، پوشش گیاهی و شیب مربوط به این حوضه را نشان می‌دهد.



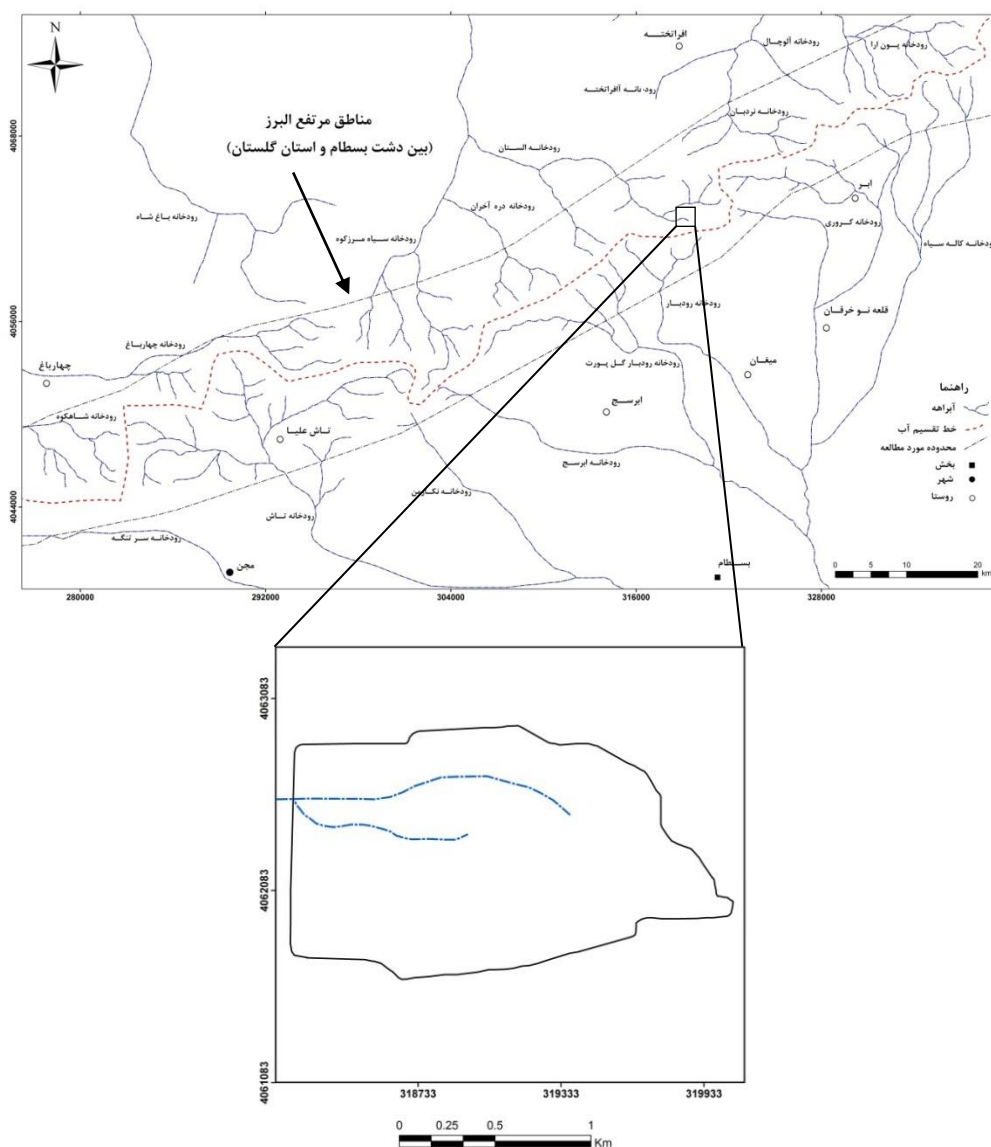
شکل ۴-۱۹- موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز شماره (۸)



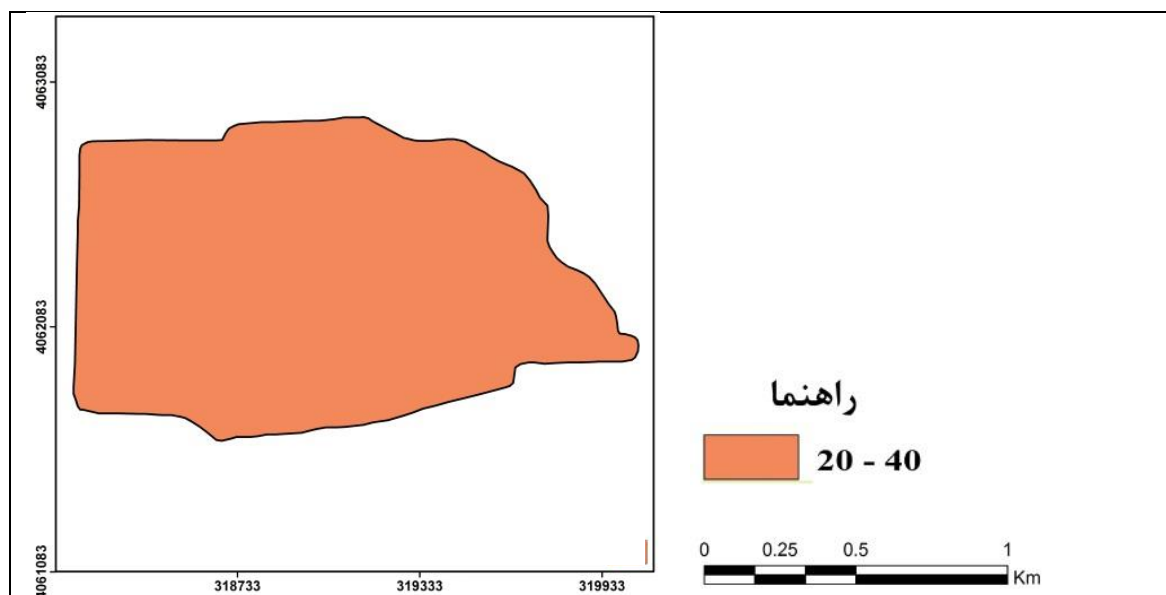
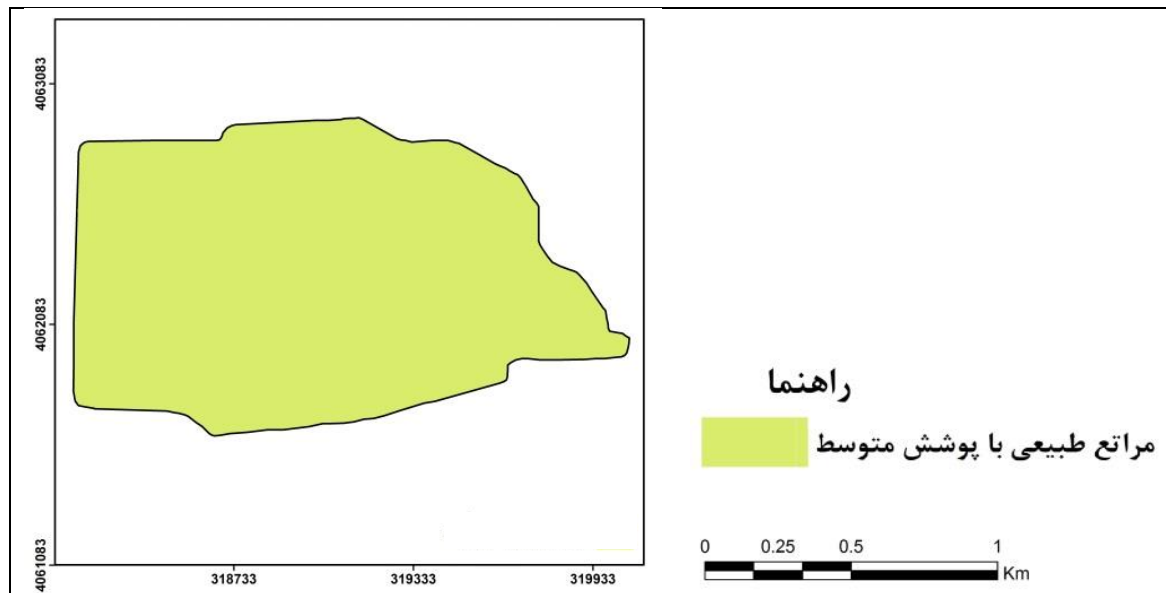
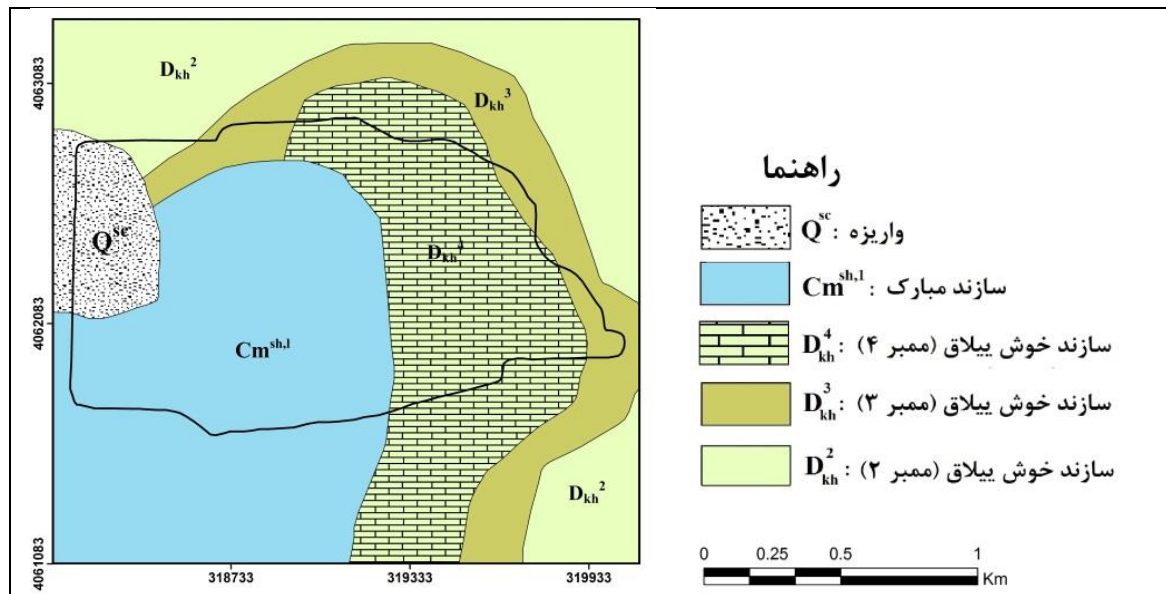
شکل ۴-۲۰- نقشه‌های لیتولوژی (بالا)، پوشش گیاهی (وسط) و شیب (پایین) در حوضه آبریز شماره (۸)

#### ۹-۴-۴- حوضه آبگیر شماره (۹)

در شکل (۴-۲۱) موقعیت این حوضه آبگیر را می‌توان مشاهده نمود. مساحت این حوضه برابر با دو کیلومتر مربع می‌باشد. ارتفاع متوسط این حوضه با استفاده از روش هیپسومتری برابر با ۲۴۲۷ متر می‌باشد. بر اساس نمودار بارندگی - ارتفاع میزان بارش سالانه این حوضه برابر با ۴۱۹ میلیمتر برآورد می‌گردد. در شکل (۴-۲۲) نقشه‌های لیتولوژی، پوشش گیاهی و شیب این حوضه نشان داده شده است.



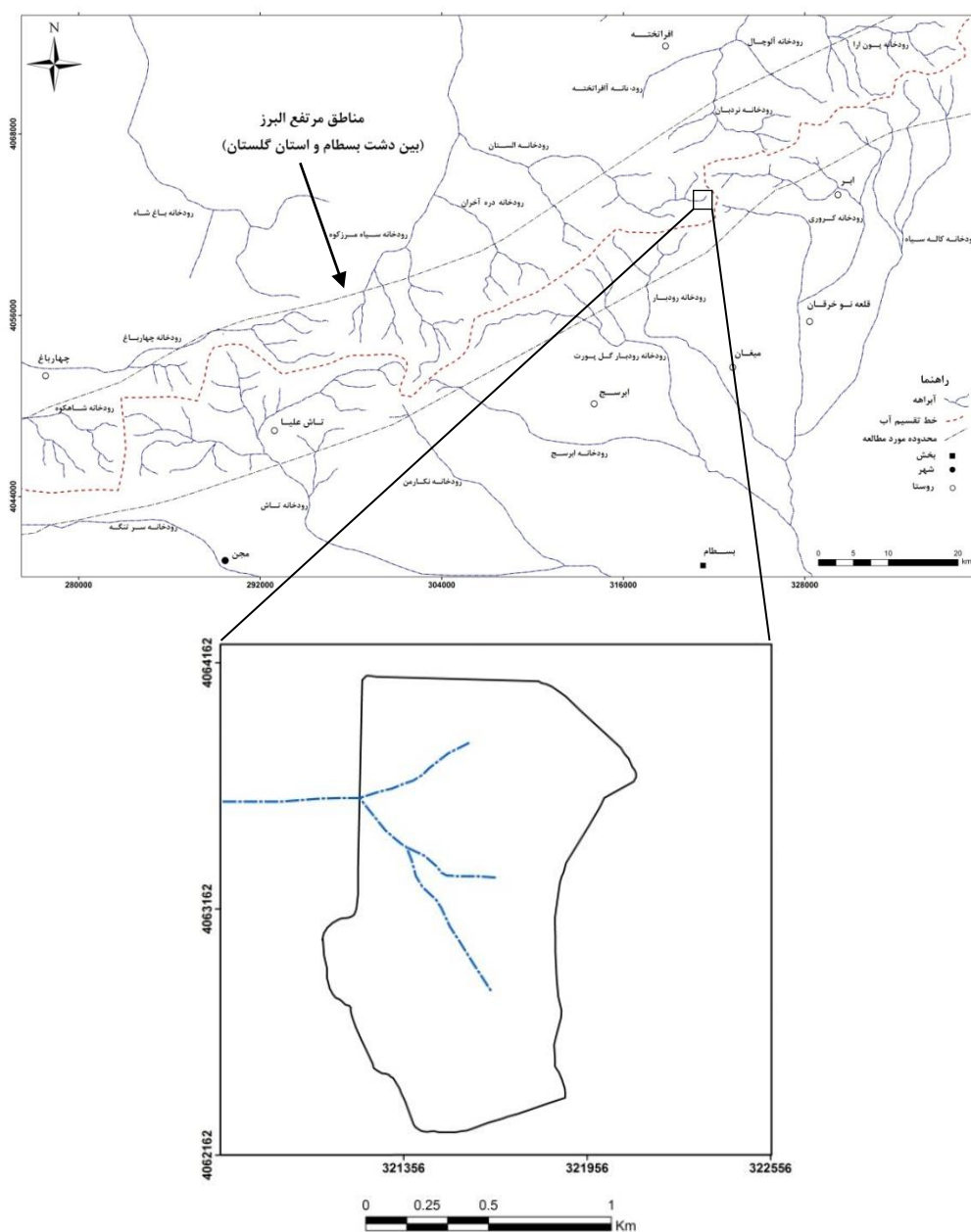
شکل ۴-۲۱- موقعیت جغرافیایی حوضه آبگیر شماره (۹)



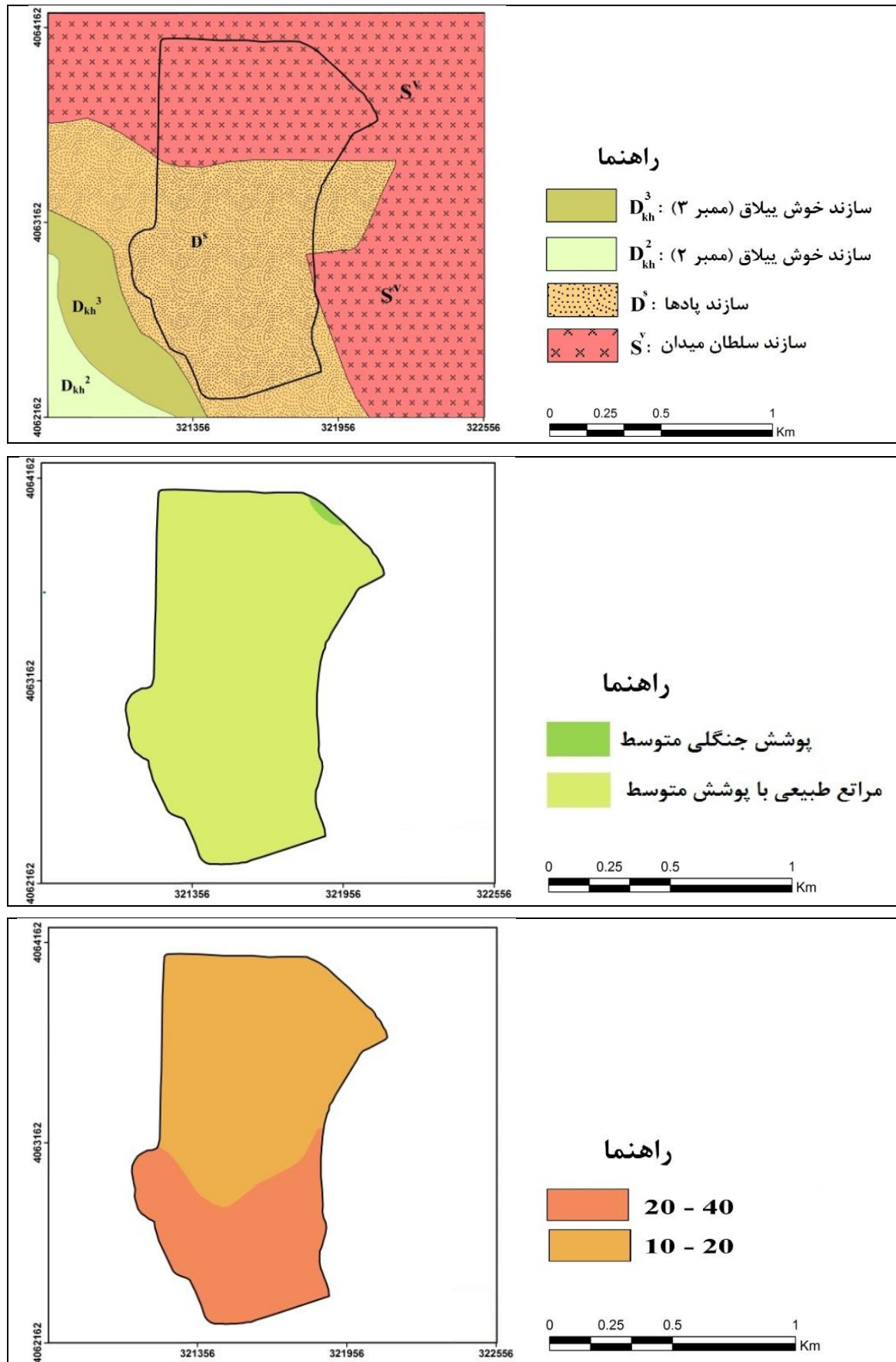
شکل ۴-۲۲- نقشه‌های لیتولوژی (بالا)، پوشش گیاهی (وسط) و شیب (پایین) در حوضه آبریز شماره (۹)

#### ۴-۱۰- حوضه آبگیر شماره (۱۰)

موقعیت حوضه شماره (۱۰) در شکل (۴-۲۳) نشان داده شده است. مساحت این حوضه برابر با ۱/۵ کیلومتر مربع می‌باشد. ارتفاع متوسط این حوضه برابر با ۲۴۷۰ متر می‌باشد. میزان بارش این حوضه برابر با ۴۳۰ میلیمتر در سال است. در شکل (۴-۲۴) نقشه‌های لیتولوژی، پوشش گیاهی و شیب مربوط به این حوضه نشان داده شده است.



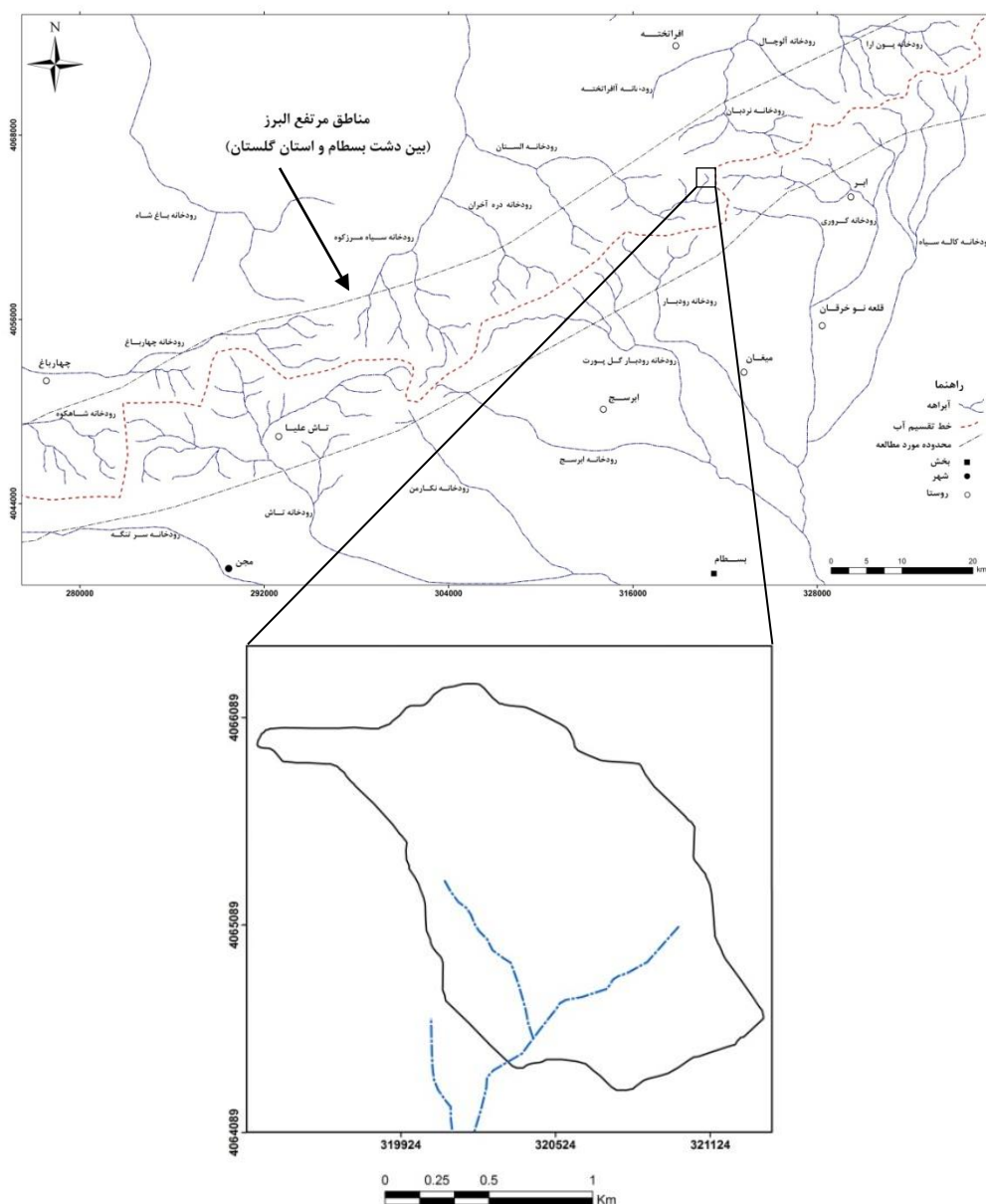
شکل ۴-۲۳- موقعیت جغرافیایی حوضه آبگیر شماره (۱۰)



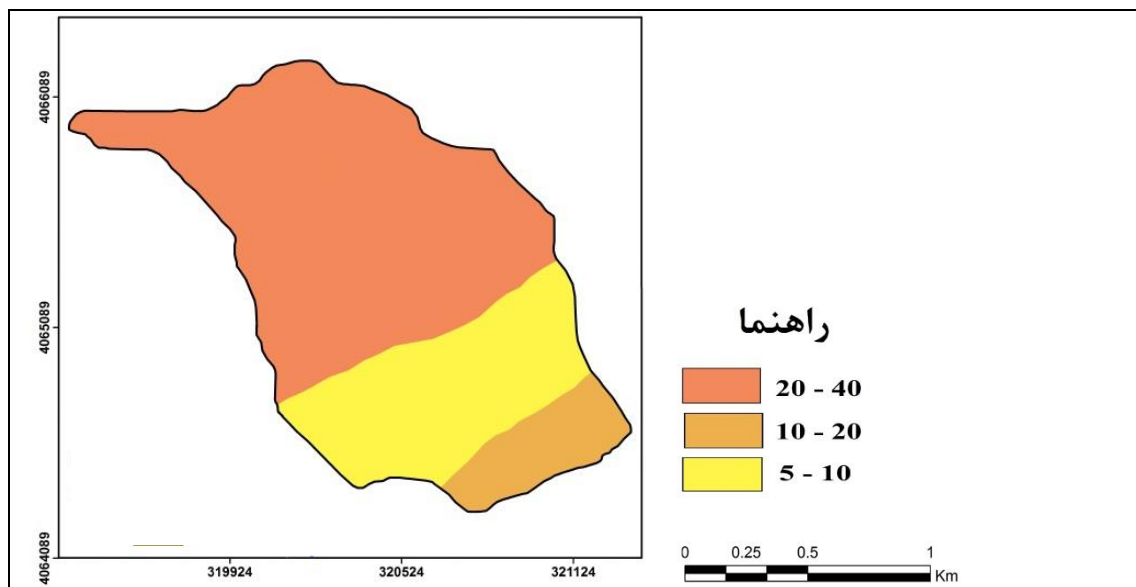
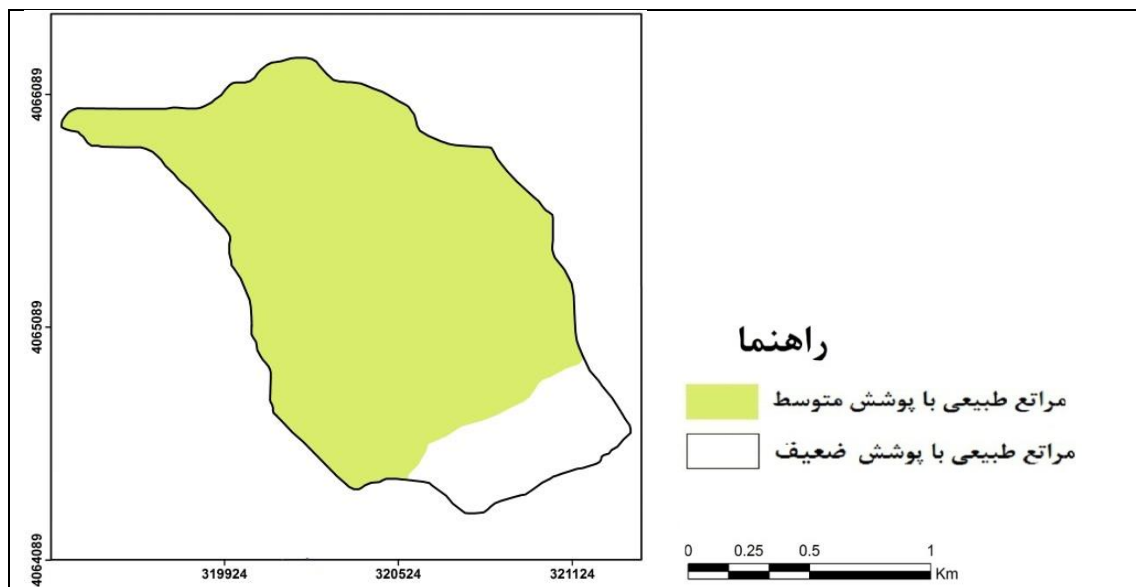
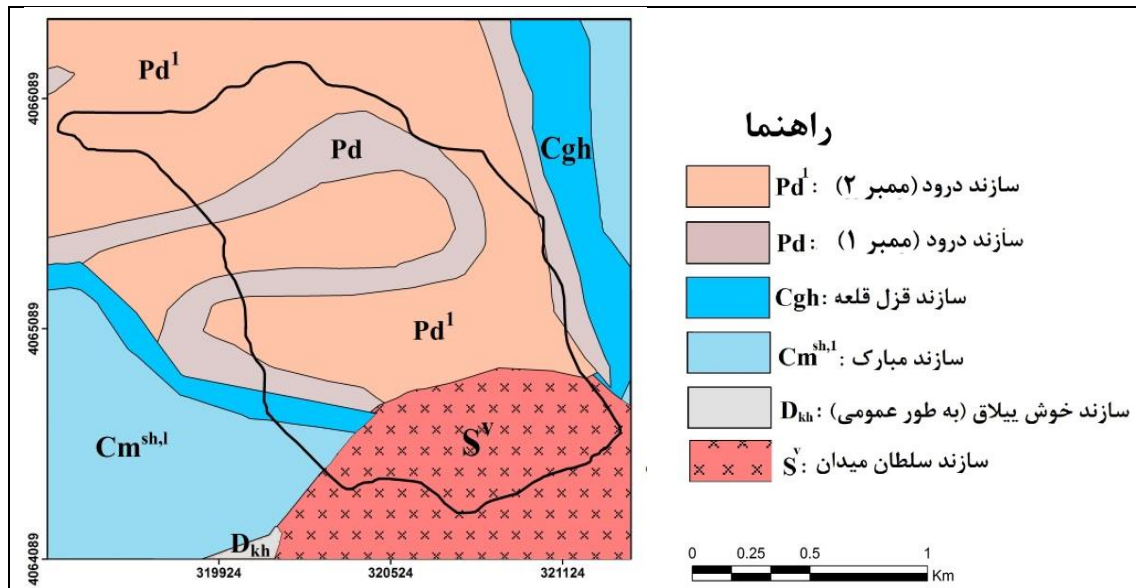
شکل ۴-۲۴- نقشه‌های لیتولوژی (بالا)، پوشش گیاهی (وسط) و شیب (پایین) در حوضه آبریز شماره (۱۰)

#### ۴-۱۱- حوضه آبریز شماره (۱۱)

در شکل (۴-۲۵) موقعیت این حوضه آبریز و آبراهه‌های موجود در آن نشان داده شده‌است. مساحت اندازه‌گیری شده این حوضه آبریز برابر با دو کیلومتر مربع می‌باشد. ارتفاع متوسط این حوضه برابر با ۲۴۲۳ متر است. بر اساس نمودار بارندگی - ارتفاع میزان بارش این حوضه برابر با ۴۱۸ میلیمتر در سال تخمین زده می‌شود. شکل (۴-۲۶) نقشه‌های لیتولوژی، پوشش گیاهی و شیب این حوضه آبریز را نشان می‌دهد.



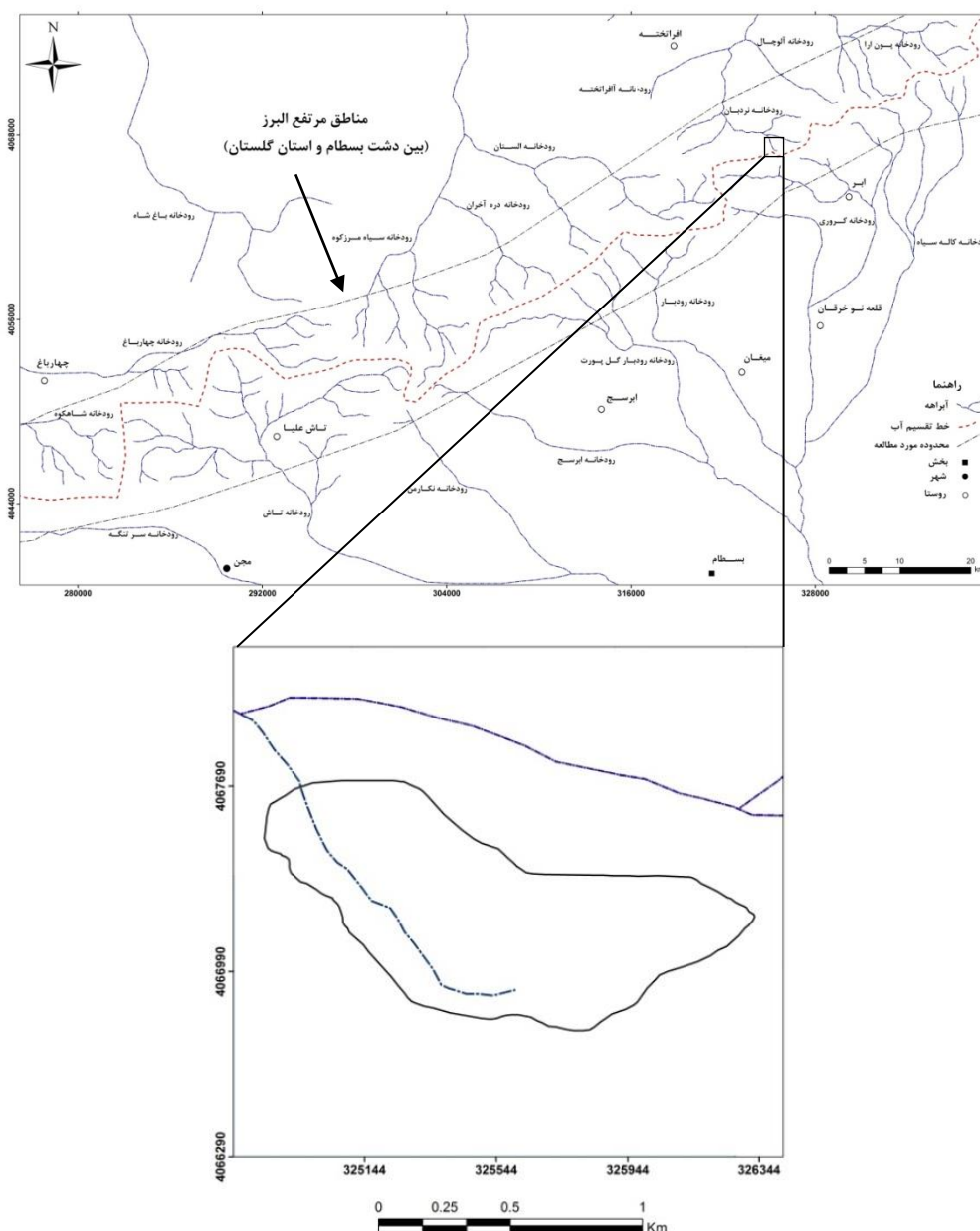
شکل ۴-۲۵- موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز شماره (۱۱)



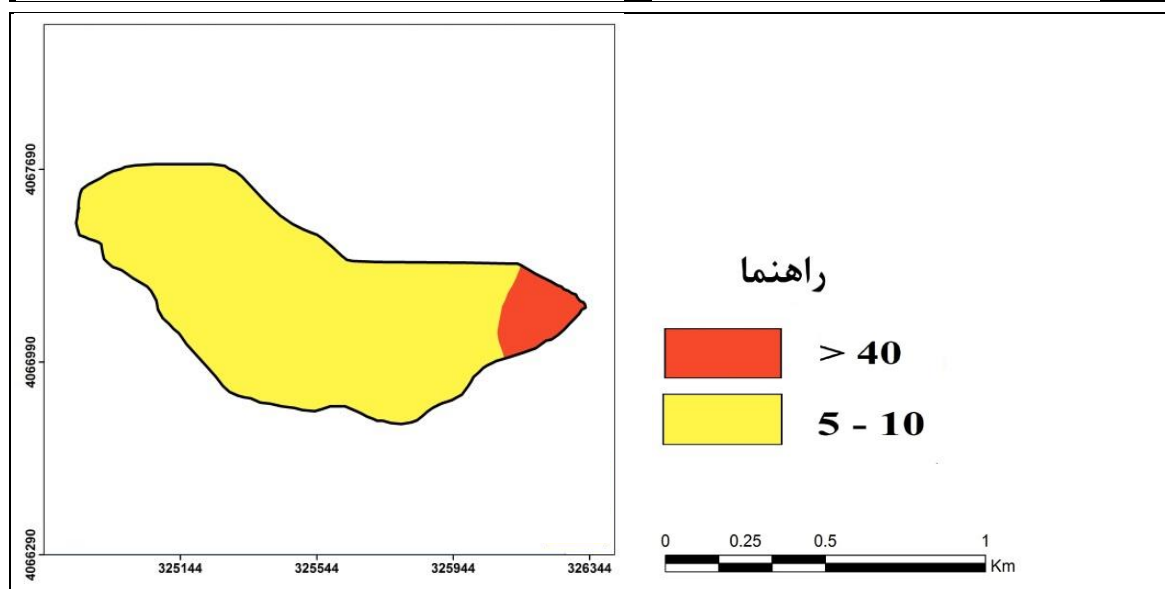
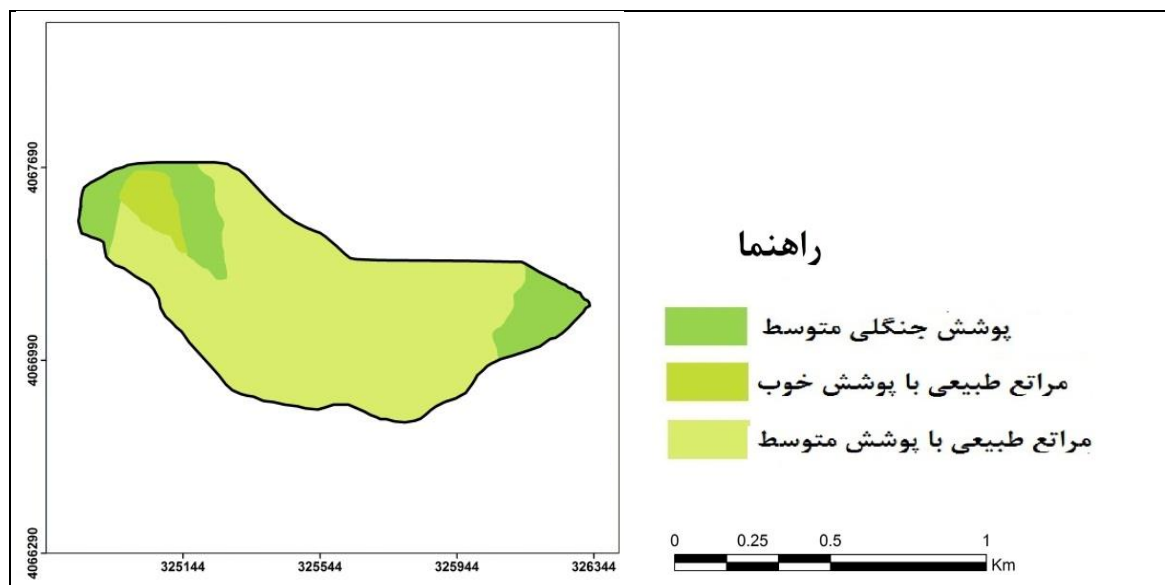
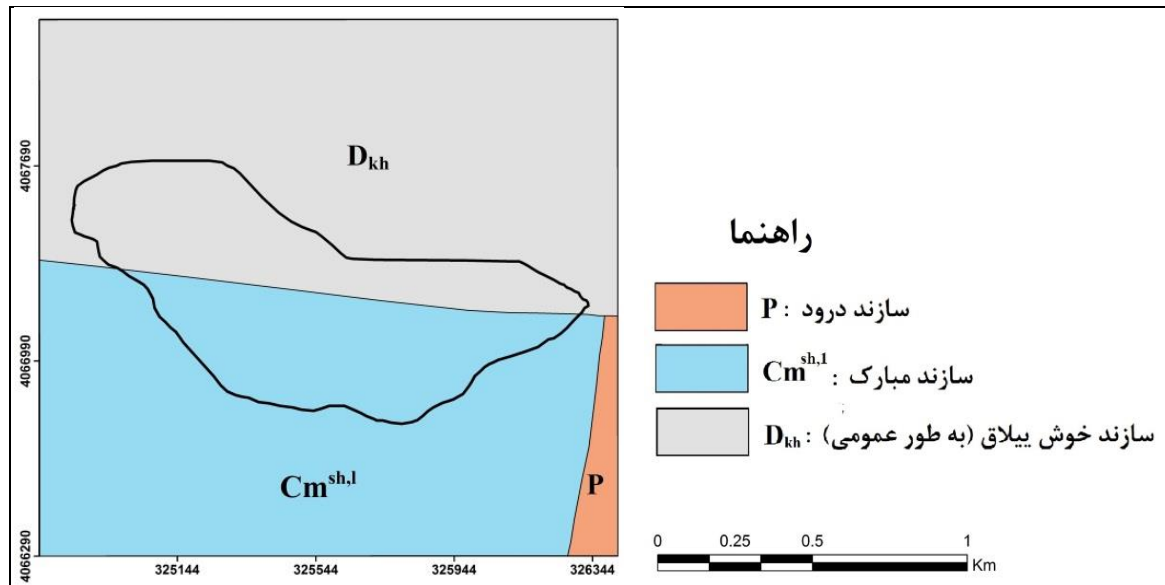
شکل ۴-۲۶- نقشه‌های لیتولوژی (بالا)، پوشش گیاهی (وسط) و شیب (پایین) در حوضه آبریز شماره (۱۱)

#### ۴-۱۲- حوضه آبرگیر شماره (۱۲)

شکل (۴-۲۷) موقعیت حوضه آبرگیر شماره (۱۲) را نشان می‌دهد. مساحت این حوضه آبرگیر برابر با یک کیلومتر مربع می‌باشد. ارتفاع متوسط این حوضه برابر با ۲۰۸۶ متر می‌باشد. میزان بارش در این حوضه برابر با ۳۳۹ میلیمتر در سال برآورد می‌گردد. در این حوضه کمترین مقدار بارش رخ می‌دهد. شکل (۴-۲۸) نقشه‌های لیتولوژی، پوشش گیاهی و شیب مربوط به این حوضه را نشان می‌دهد.



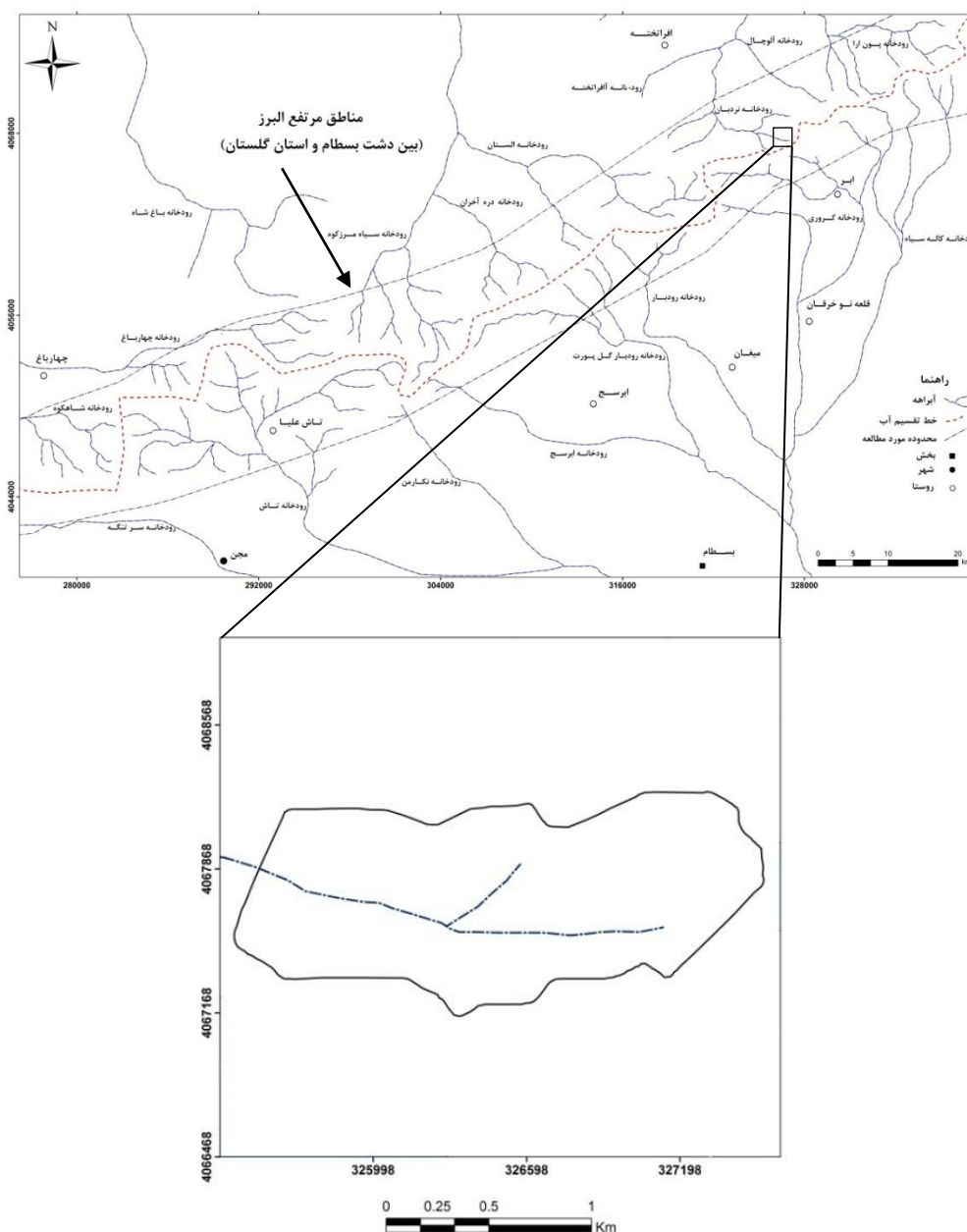
شکل ۴-۲۷- موقعیت جغرافیایی حوضه آبرگیر شماره (۱۲)



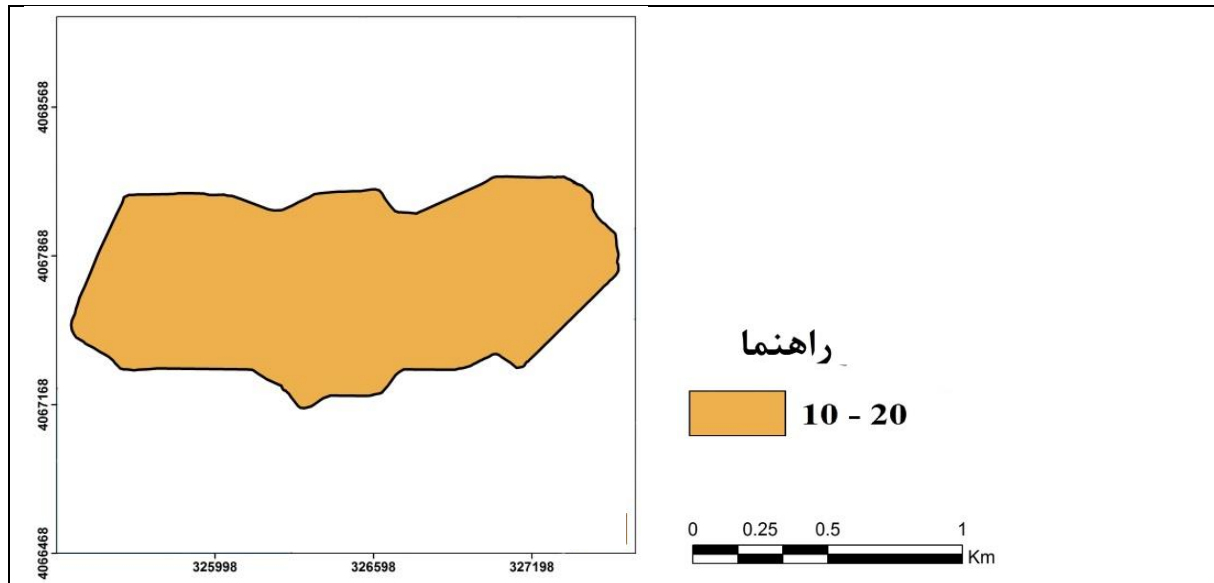
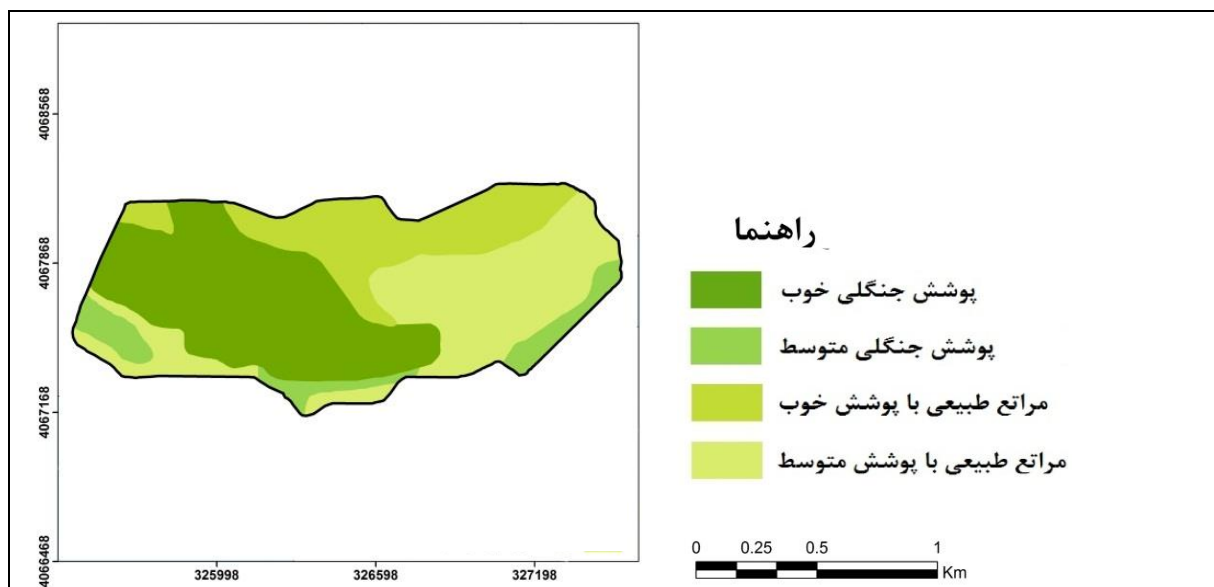
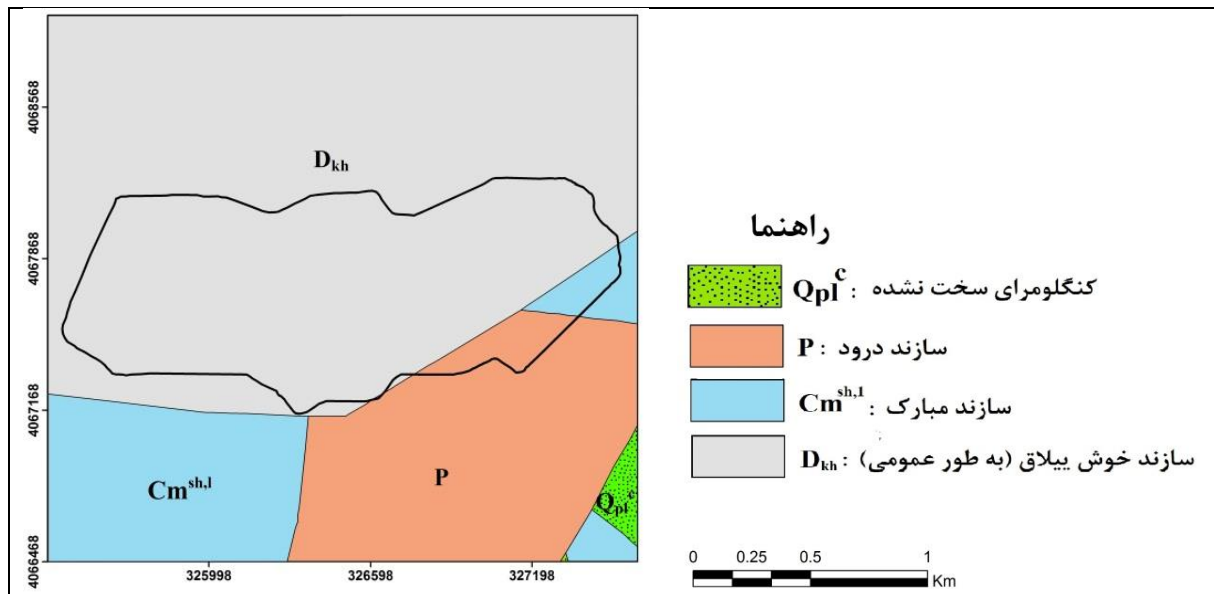
شکل ۴-۲۸- نقشه‌های لیتولوژی (بالا)، پوشش گیاهی (وسط) و شیب (پایین) در حوضه آبریز شماره (۱۲)

#### ۴-۴-۱۳- حوضه آبریز شماره (۱۳)

موقعیت این حوضه آبریز در شکل (۴-۲۹) نشان داده شده است. مساحت این حوضه برابر با دو کیلومتر مربع می‌باشد. با استفاده از روش هیپسومتری ارتفاع متوسط این حوضه برابر با ۲۱۶۲ متر برآورد می‌گردد. میزان بارش در این حوضه ۳۵۷ میلیمتر در سال تعیین می‌گردد. شکل (۴-۳۰) نقشه‌های لیتولوژی، پوشش گیاهی و شیب حوضه آبریز شماره (۱۳) را نشان می‌دهد.



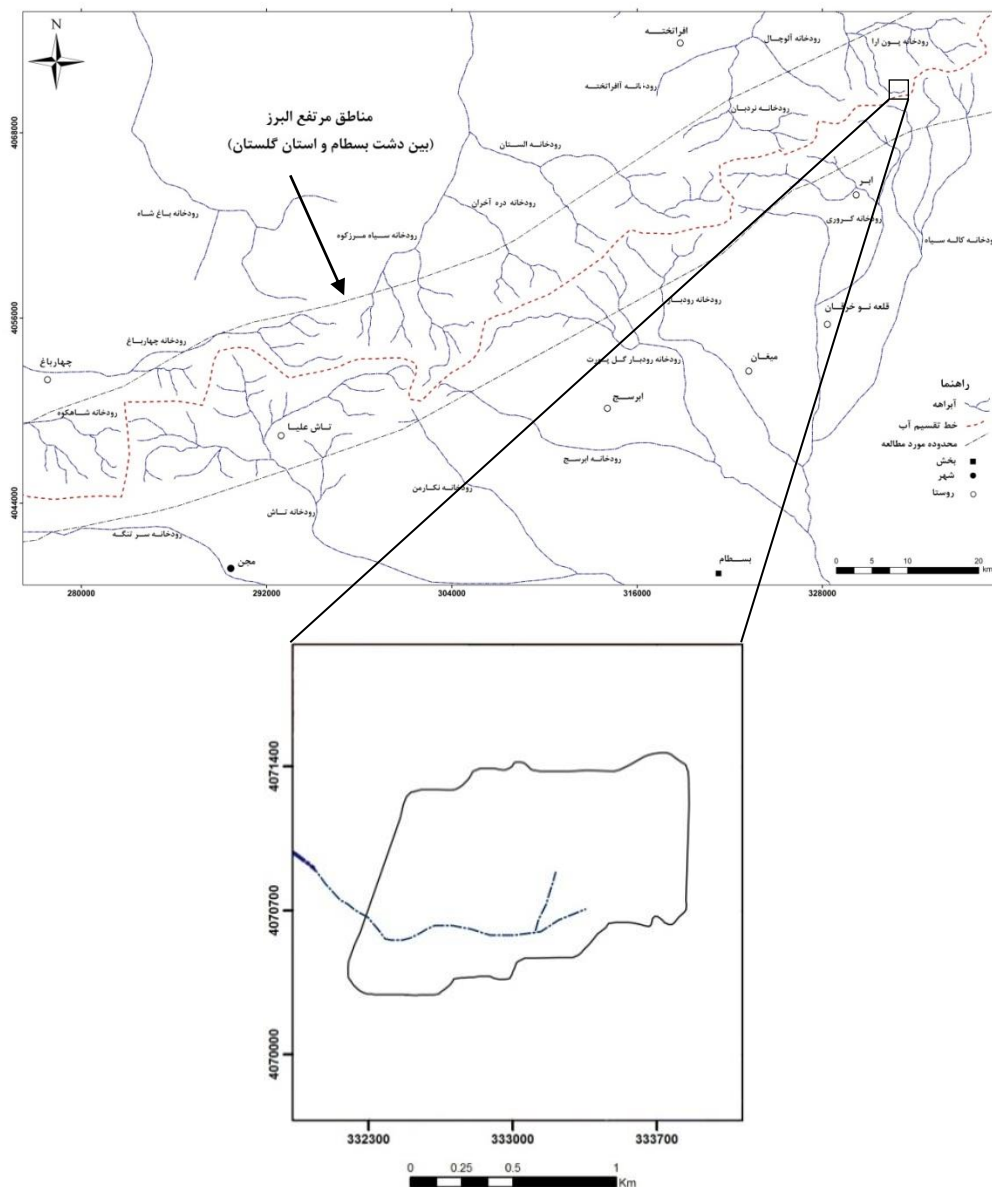
شکل ۴-۲۹- موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز شماره (۱۳)



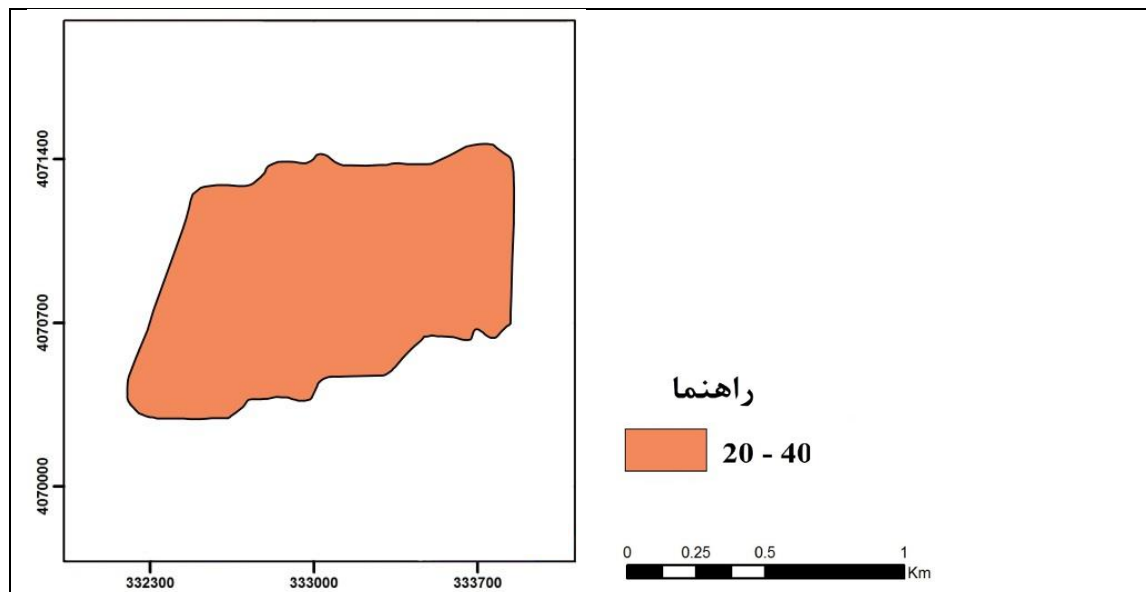
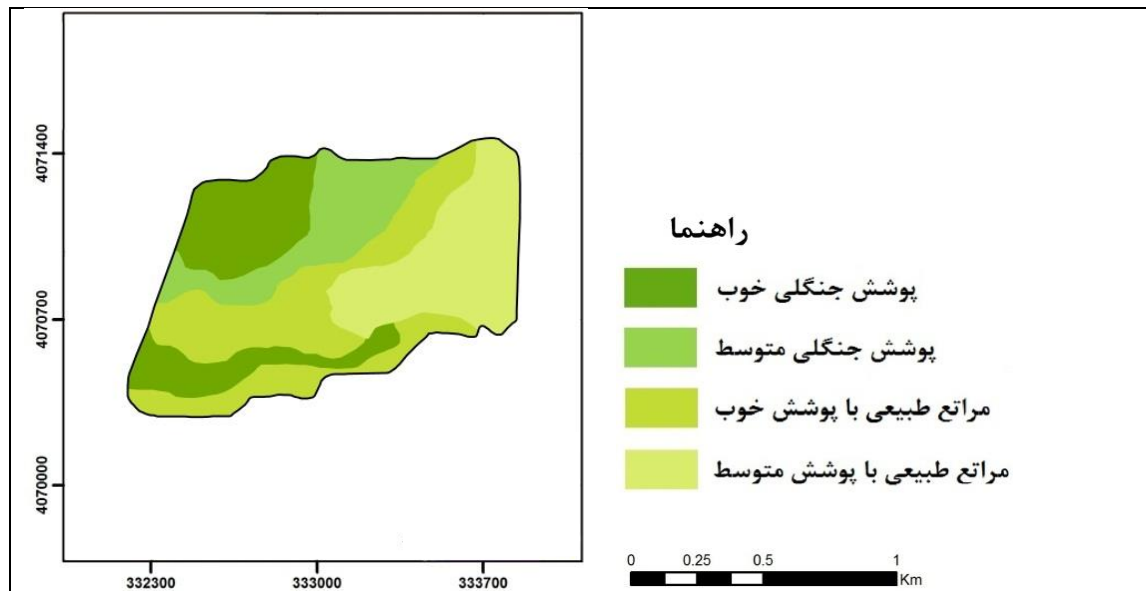
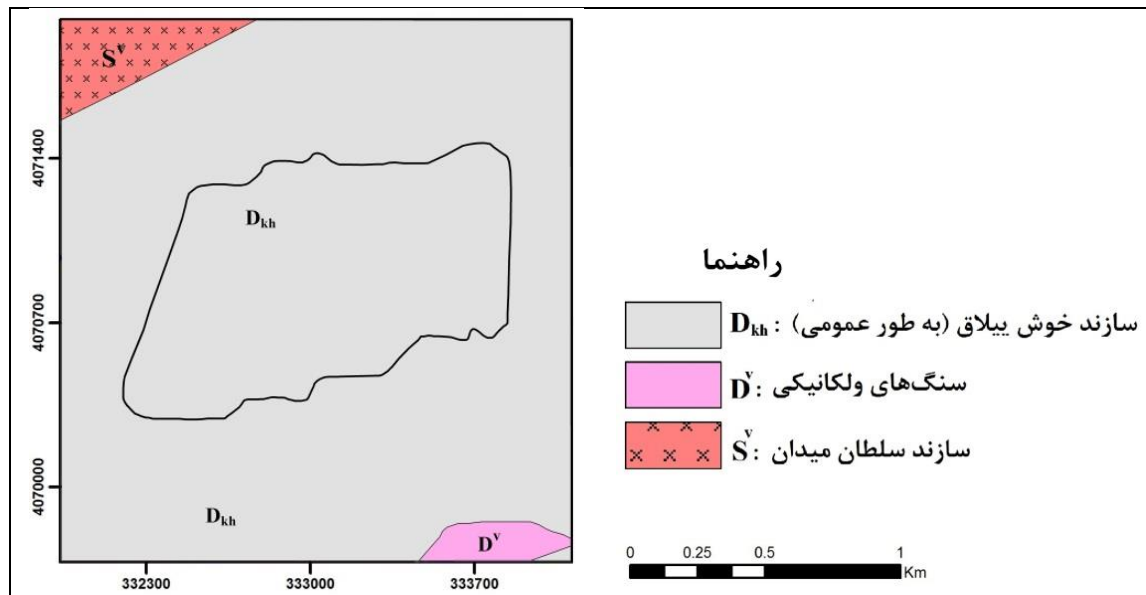
شکل ۴-۳- نقشه‌های لیتولوژی (بالا)، پوشش گیاهی (وسط) و شیب (پایین) در حوضه آبریز شماره (۱۳)

#### ۴-۴-۱۴- حوضه آبرگیر شماره (۱۴)

در شکل (۴-۳۱) موقعیت این حوضه آبرگیر و آبراهه‌های موجود در آن آمده است. مساحت این حوضه آبرگیر برابر با ۱/۵ کیلومتر مربع می‌باشد. ارتفاع متوسط این حوضه با استفاده از روش هیپسومتری، ۲۳۰۶ متر برآورد شده است. مقدار بارندگی نیز با استفاده از نمودار بارندگی - ارتفاع برابر با ۳۹۱ میلیمتر در سال تخمین زده می‌شود. در شکل (۴-۳۲) نقشه‌های لیتولوژی، پوشش گیاهی و شیب مربوط به این حوضه نشان داده شده است.



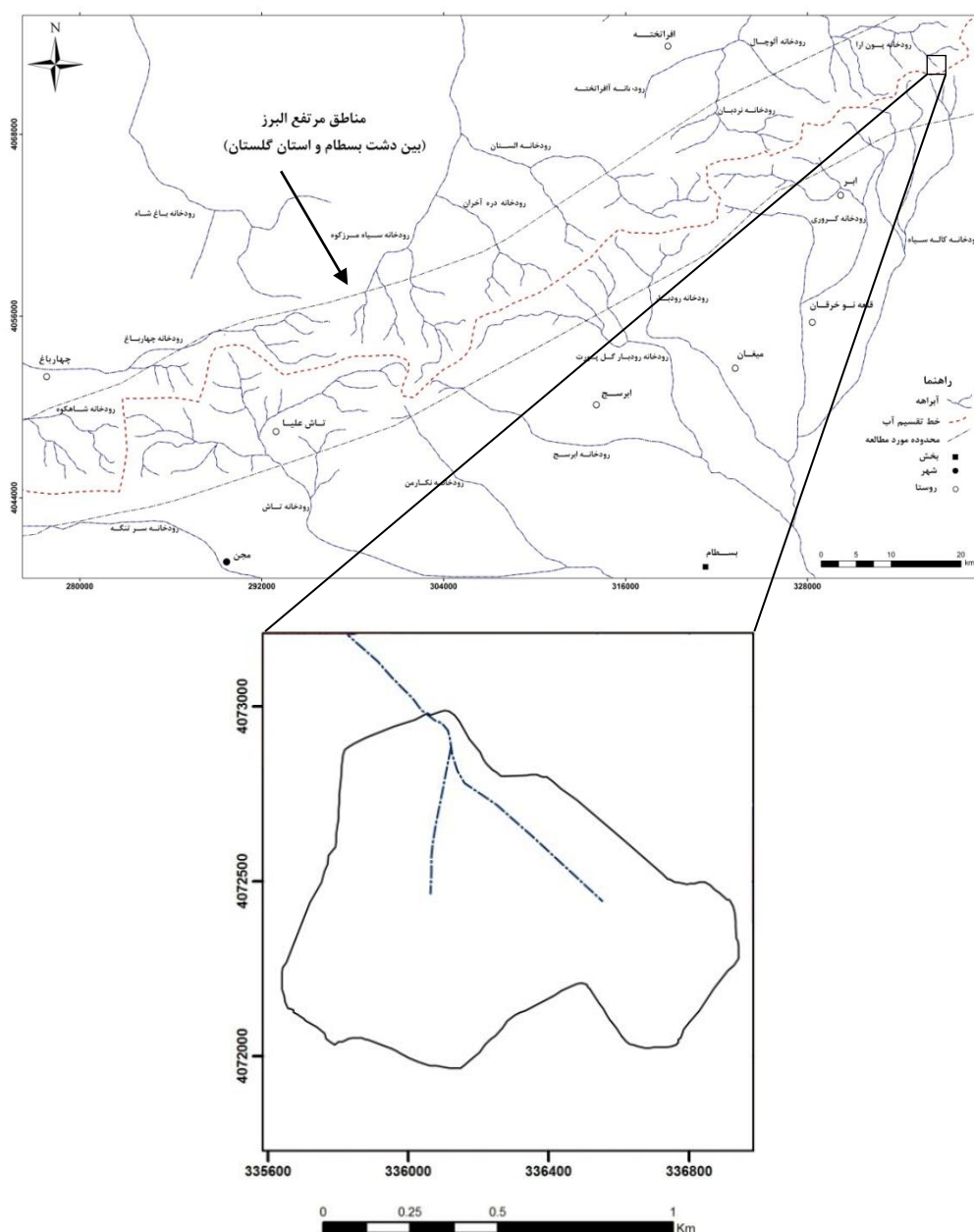
شکل ۴-۳۱- موقعیت جغرافیایی حوضه آبرگیر شماره (۱۴)



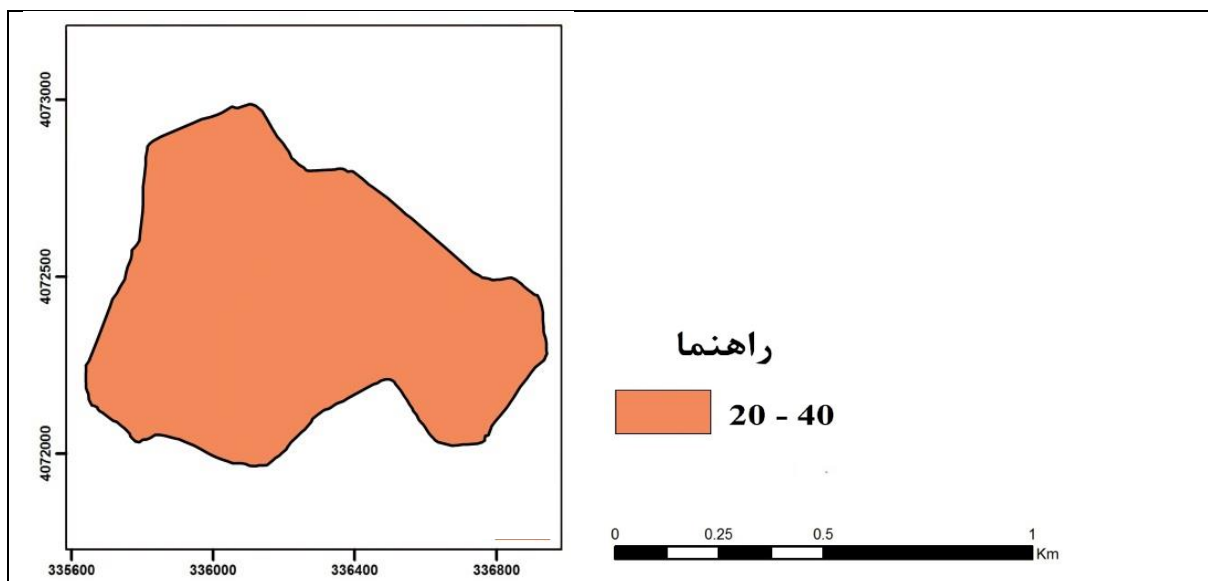
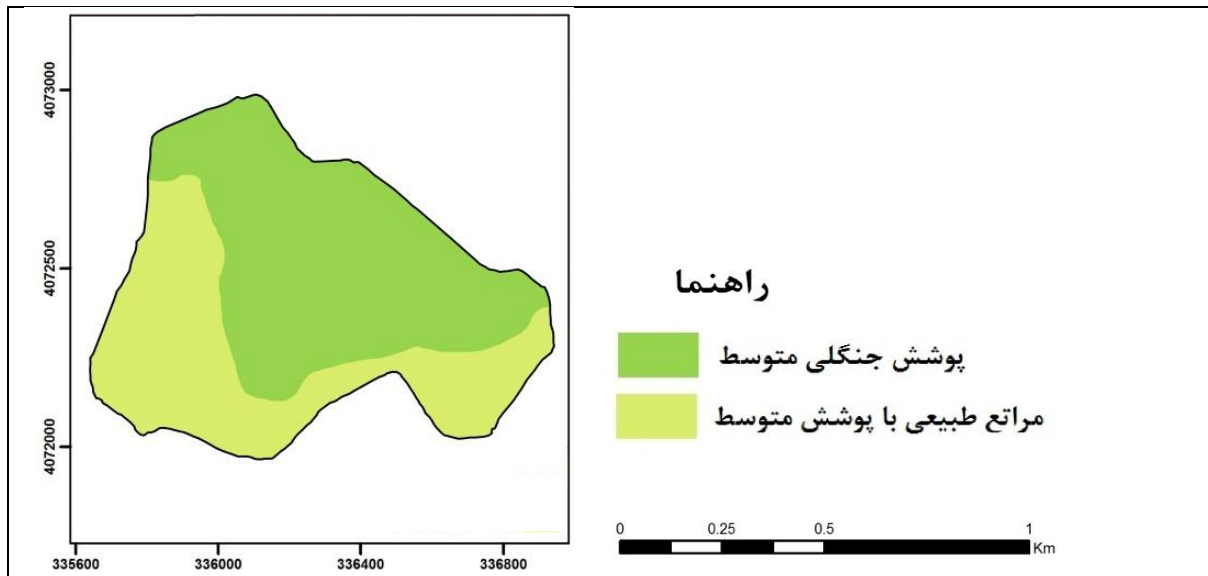
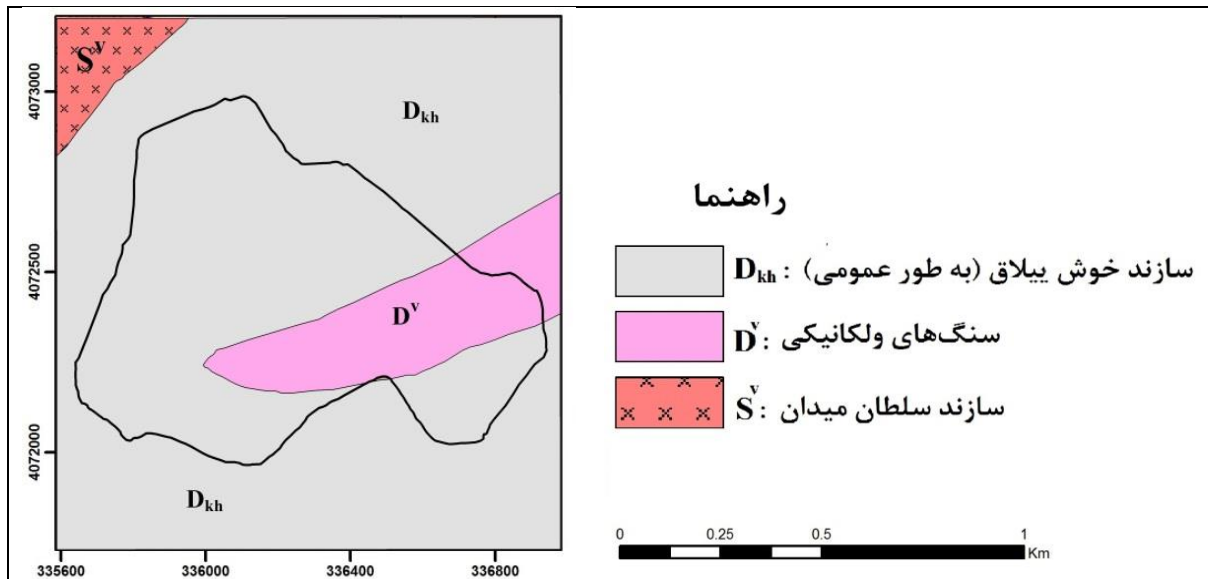
شکل ۴-۳۲- نقشه‌های لیتولوژی (بالا)، پوشش گیاهی (وسط) و شیب (پایین) در حوضه آبریز شماره (۱۴)

#### ۴-۱۵- حوضه آبریز شماره (۱۵)

موقعیت این آبراهه در شکل (۴-۳۳) آمده است. مساحت حوضه آبریز این آبراهه برابر با یک کیلومترمربع می‌باشد. ارتفاع متوسط این حوضه برابر با ۲۵۳۱ متر می‌باشد. با استفاده از نمودار بارندگی - ارتفاع مقدار بارندگی این حوضه برابر با ۴۴۴ میلیمتر در سال برآورد شده است. شکل (۴-۳۴) نقشه‌های لیتولوژی، پوشش گیاهی و شیب در محدوده این حوضه آبریز را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۳۳- موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز شماره (۱۵)



شکل ۴-۳۴- نقشه‌های لیتولوژی (بالا)، پوشش گیاهی (وسط) و شیب (پایین) در حوضه آبریز شماره (۱۵)

#### ۴-۵- برآورد شاخص رواناب در حوضه‌های مورد مطالعه

همانطور که بیان گردید، به منظور تعیین شاخص رواناب پارامترهای لیتولوژی، پوشش گیاهی و شیب در هر یک از حوضه‌های مورد مطالعه بررسی گردید. با توجه به معادله (۴-۱) و وزن هر یک از پارامترهای فوق شاخص رواناب تمام حوضه‌ها برآورد گردید. در معادله (۴-۱) همچنین باید سهم برف از بارش ( $K_s$ ) را نیز تعیین نمود. با توجه به ارتفاع متوسط حوضه‌های مورد مطالعه میزان ( $K_s$ ) تعیین می‌گردد. در جدول (۴-۵) ضریب ( $K_s$ ) برای هر یک از حوضه‌های مورد مطالعه تعیین شده است.

جدول ۴-۵- ضریب ( $K_s$ ) تعیین شده برای حوضه‌های مورد مطالعه

| شماره حوضه | ارتفاع متوسط (m) | $K_s$ |
|------------|------------------|-------|
| ۱          | ۲۸۸۳             | ۰/۵۲  |
| ۲          | ۲۷۶۲             | ۰/۴۸  |
| ۳          | ۳۵۵۷             | ۰/۶   |
| ۴          | ۳۲۹۰             | ۰/۵۷  |
| ۵          | ۳۲۲۴             | ۰/۵۵  |
| ۶          | ۲۸۶۱             | ۰/۵۱  |
| ۷          | ۲۸۲۷             | ۰/۵   |
| ۸          | ۲۶۴۲             | ۰/۴۷  |
| ۹          | ۲۴۲۷             | ۰/۴۴  |
| ۱۰         | ۲۴۷۰             | ۰/۴۵  |
| ۱۱         | ۲۴۲۳             | ۰/۴۴  |
| ۱۲         | ۲۰۸۶             | ۰/۴   |
| ۱۳         | ۲۱۶۲             | ۰/۴۱  |
| ۱۴         | ۲۳۰۶             | ۰/۴۳  |
| ۱۵         | ۲۵۳۱             | ۰/۴۶  |

با توجه به نقشه‌های لیتولوژی، شیب و پوشش گیاهی و با بکارگیری معادله (۴-۱)، شاخص رواناب برای حوضه‌های آبگیر پانزده‌گانه مورد نظر، محاسبه شده است. در جدول (۴-۶) شاخص رواناب حوضه‌های مورد مطالعه به همراه دیگر خصوصیات آن‌ها ارائه شده است.

جدول ۴-۶- شاخص رواناب تعیین شده برای حوضه‌های مورد مطالعه

| شماره حوضه | مساحت ( $Km^2$ ) | ارتفاع متوسط (m) | بارش سالانه (mm) | شاخص رواناب |
|------------|------------------|------------------|------------------|-------------|
| ۱          | ۵                | ۲۸۸۳             | ۵۲۷              | ۳/۶۸        |
| ۲          | ۲                | ۲۷۶۲             | ۴۹۹              | ۳/۹۰        |
| ۳          | ۳                | ۳۵۵۷             | ۶۸۷              | ۲/۵۲        |
| ۴          | ۱/۲              | ۳۲۹۰             | ۶۲۴              | ۲/۲۹        |
| ۵          | ۱/۳              | ۳۲۲۴             | ۶۰۸              | ۲/۶۵        |
| ۶          | ۱/۲              | ۲۸۶۱             | ۵۲۲              | ۳/۸۹        |
| ۷          | ۱/۵              | ۲۸۲۷             | ۵۱۴              | ۳/۶۳        |
| ۸          | ۱/۲              | ۲۶۴۲             | ۴۷۰              | ۴/۶۱        |
| ۹          | ۲                | ۲۴۲۷             | ۴۱۹              | ۳/۶۹        |
| ۱۰         | ۱/۵              | ۲۴۷۰             | ۴۳۰              | ۴/۲۹        |
| ۱۱         | ۲                | ۲۴۲۳             | ۴۱۸              | ۳/۸۴        |
| ۱۲         | ۱                | ۲۰۸۶             | ۳۳۹              | ۳/۴۷        |
| ۱۳         | ۲                | ۲۱۶۲             | ۳۵۷              | ۳/۴۵        |
| ۱۴         | ۱/۵              | ۲۳۰۶             | ۳۹۱              | ۳/۶۹        |
| ۱۵         | ۱                | ۲۵۳۱             | ۴۴۴              | ۳/۸۵        |

با توجه به جدول فوق کمترین مقدار شاخص رواناب در حوضه‌های مورد مطالعه ۲/۲۹ و بیشترین مقدار آن ۴/۶۱ می‌باشد.

#### ۴-۶- برآورد حجم رواناب سالانه در حوضه‌های مورد مطالعه

همانطور که گفته شد برای برآورد حجم رواناب در حوضه‌های فاقد آمار روش‌های بی‌شماری ارائه شده است که هر کدام معایب و مزایایی را شامل می‌شوند. به دلیل اینکه بعضی از این روش‌ها منطقه‌ای بوده و همچنین دارای ضرائب منطقه‌ای می‌باشد بکارگیری آن‌ها از دقت کافی برخوردار نمی‌باشد. برخی دیگر دارای پارامترهایی هستند که دستیابی به آن‌ها به سهولت امکان‌پذیر نمی‌باشد. در این تحقیق از دو روش معروف که معایب فوق‌الذکر را شامل نمی‌شوند، استفاده شده است. این روش‌ها شامل روش سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) و روش استدلالی می‌باشند.

#### ۴-۶-۱- روش SCS

در ابتدا با توجه به مطالب گفته شده در فصل سوم شماره منحنی برای حوضه‌های مورد مطالعه با توجه به معادله (۴-۲) تعیین می‌گردد.

$$CN=10 \times R \quad \text{معادله (۴-۲)}$$

بنابراین با توجه به مقدار شاخص رواناب تعیین شده برای هر یک از حوضه‌های مورد مطالعه (جدول ۴-۵)، شماره منحنی (CN) براساس معادله (۴-۲) تعیین می‌گردد. شماره منحنی (CN) تعیین شده برای هر یک از حوضه‌های مورد مطالعه در جدول (۴-۷) آمده است.

جدول ۴-۷- مقدار CN در هر یک از حوضه‌های مورد مطالعه

| شماره حوضه | شاخص رواناب | CN   |
|------------|-------------|------|
| ۱          | ۳/۶۸        | ۳۶/۸ |
| ۲          | ۳/۹۰        | ۳۹   |
| ۳          | ۲/۵۲        | ۲۲/۵ |
| ۴          | ۲/۲۹        | ۲۲/۹ |
| ۵          | ۲/۶۵        | ۲۶/۵ |
| ۶          | ۳/۸۹        | ۳۸/۹ |
| ۷          | ۳/۶۳        | ۳۶/۳ |
| ۸          | ۴/۶۱        | ۴۶/۱ |
| ۹          | ۳/۶۹        | ۳۶/۹ |
| ۱۰         | ۴/۲۹        | ۴۲/۹ |
| ۱۱         | ۳/۸۴        | ۳۸/۴ |
| ۱۲         | ۳/۴۷        | ۳۴/۷ |
| ۱۳         | ۳/۴۵        | ۳۴/۵ |
| ۱۴         | ۳/۶۹        | ۳۶/۹ |
| ۱۵         | ۳/۸۵        | ۳۸/۵ |

بنابراین با تعیین مقدار (CN) ابتدا حداکثر پتانسیل نفوذ و سپس ارتفاع رواناب تعیین می‌گردد. با استفاده از مساحت هر حوضه و میزان بارش حجم رواناب برای هر یک از حوضه‌های مورد مطالعه برآورد می‌گردد. در جدول (۴-۸) ارتفاع رواناب و حجم رواناب تعیین شده از روش (SCS) آمده است.

جدول ۴-۸- ارتفاع رواناب و حجم رواناب برای حوضه‌های مورد مطالعه (با استفاده از روش SCS)

| شماره حوضه | CN   | ارتفاع رواناب (mm) | حجم رواناب ( $\times 10^3 \text{ m}^3$ ) |
|------------|------|--------------------|------------------------------------------|
| ۱          | ۳۶/۸ | ۲۲۲                | ۱۱۰۸                                     |
| ۲          | ۳۹   | ۲۱۵                | ۴۳۱                                      |
| ۳          | ۲۲/۵ | ۲۲۳                | ۶۶۹                                      |
| ۴          | ۲۲/۹ | ۱۵۸                | ۱۸۹                                      |
| ۵          | ۲۶/۵ | ۱۸۷                | ۲۴۴                                      |
| ۶          | ۳۸/۹ | ۲۳۳                | ۲۸۰                                      |
| ۷          | ۳۶/۳ | ۲۰۸                | ۳۱۱                                      |
| ۸          | ۴۶/۱ | ۲۳۹                | ۲۸۶                                      |
| ۹          | ۳۶/۹ | ۱۴۵                | ۲۸۹                                      |
| ۱۰         | ۴۲/۹ | ۱۸۷                | ۲۸۱                                      |
| ۱۱         | ۳۸/۴ | ۱۵۳                | ۳۰۶                                      |
| ۱۲         | ۳۴/۷ | ۸۲                 | ۸۲                                       |
| ۱۳         | ۳۴/۵ | ۹۱                 | ۱۸۳                                      |
| ۱۴         | ۳۶/۹ | ۱۲۵                | ۱۸۸                                      |
| ۱۵         | ۳۸/۵ | ۱۷۲                | ۱۷۲                                      |

همانطور که در جدول زیر آمده است حداکثر حجم رواناب مربوط به حوضه آبگیر شماره (۱) به میزان

۱/۱ میلیون متر مکعب در سال و کمترین حجم رواناب مربوط به حوضه آبگیر شماره (۱۲) به میزان

۰/۰۸ میلیون متر مکعب در سال می‌باشد.

بنابراین مجموع آب انتقالی از حوضه‌های پانزده‌گانه در مناطق مرتفع دامنه شمالی با استفاده از روش

SCS پنج میلیون متر مکعب در سال برآورد می‌گردد.

#### ۴-۶-۲- روش استدلالی

در روش استدلالی نیز همانطور که در فصل سوم به آن پرداخته شد، ابتدا باید ضریب رواناب در هر

یک از حوضه‌های مورد مطالعه تعیین گردد. برای تعیین ضریب رواناب (C) با توجه به شاخص رواناب

(R) از معادله (۳-۴) استفاده می‌گردد.

$$C=0.1 \times R$$

معادله (۳-۴)

بنابراین با توجه به مقدار شاخص رواناب تعیین شده برای هر یک از حوضه‌های مورد مطالعه، ضریب رواناب (C) براساس معادله (۳-۴) تعیین می‌گردد. ضریب رواناب تعیین شده برای هر یک از حوضه‌های مورد مطالعه در جدول (۹-۴) آمده است.

جدول ۹-۴- مقدار ضریب رواناب در هر یک از حوضه‌های مورد مطالعه

| شماره حوضه | شاخص رواناب | ضریب رواناب |
|------------|-------------|-------------|
| ۱          | ۳/۶۸        | ۰/۳۶        |
| ۲          | ۳/۹۰        | ۰/۳۹        |
| ۳          | ۲/۵۲        | ۰/۲۵        |
| ۴          | ۲/۲۹        | ۰/۲۲        |
| ۵          | ۲/۶۵        | ۰/۲۶        |
| ۶          | ۳/۸۹        | ۰/۳۸        |
| ۷          | ۳/۶۳        | ۰/۳۶        |
| ۸          | ۴/۶۱        | ۰/۴۶        |
| ۹          | ۳/۶۹        | ۰/۳۶        |
| ۱۰         | ۴/۲۹        | ۰/۴۲        |
| ۱۱         | ۳/۸۴        | ۰/۳۸        |
| ۱۲         | ۳/۴۷        | ۰/۳۴        |
| ۱۳         | ۳/۴۵        | ۰/۳۴        |
| ۱۴         | ۳/۶۹        | ۰/۳۶        |
| ۱۵         | ۳/۸۵        | ۰/۳۸        |

بنابراین با تعیین مقدار ضریب رواناب ابتدا با استفاده از معادله (۳-۳) ارتفاع رواناب و سپس با استفاده از مساحت و ارتفاع رواناب، حجم رواناب تعیین می‌گردد. در جدول (۱۰-۴) ارتفاع رواناب و حجم رواناب تعیین شده از روش استدلالی آمده است.

همانطور که در جدول زیر آمده است، حداکثر حجم رواناب مربوط به حوضه آبگیر شماره (۱) به میزان ۰/۹۷ میلیون متر مکعب در سال و کمترین حجم رواناب مربوط به حوضه آبگیر شماره (۱۲) به میزان ۰/۱۱ میلیون متر مکعب در سال می‌باشد.

بنابراین مجموع آب انتقالی از حوضه‌های پانزده‌گانه در مناطق مرتفع دامنه شمالی با استفاده از روش استدلالی، ۴/۷ میلیون متر مکعب در سال برآورد می‌گردد.

جدول ۴-۱۰- ارتفاع رواناب و حجم رواناب برای حوضه‌های مورد مطالعه (با استفاده از روش استدلالی)

| شماره حوضه | ضریب رواناب | ارتفاع رواناب (mm) | حجم رواناب ( $\times 10^3 \text{ m}^3$ ) |
|------------|-------------|--------------------|------------------------------------------|
| ۱          | ۰/۳۶        | ۱۹۴                | ۹۷۲                                      |
| ۲          | ۰/۳۹        | ۱۹۵                | ۳۸۹                                      |
| ۳          | ۰/۲۵        | ۱۷۳                | ۵۲۰                                      |
| ۴          | ۰/۲۲        | ۱۴۳                | ۱۷۲                                      |
| ۵          | ۰/۲۶        | ۱۶۲                | ۲۱۰                                      |
| ۶          | ۰/۳۸        | ۲۰۴                | ۲۴۴                                      |
| ۷          | ۰/۳۶        | ۱۸۷                | ۲۸۰                                      |
| ۸          | ۰/۴۶        | ۲۱۷                | ۲۶۰                                      |
| ۹          | ۰/۳۶        | ۱۵۵                | ۳۱۰                                      |
| ۱۰         | ۰/۴۲        | ۱۸۴                | ۲۷۶                                      |
| ۱۱         | ۰/۳۸        | ۱۶۱                | ۳۲۲                                      |
| ۱۲         | ۰/۳۴        | ۱۱۸                | ۱۱۸                                      |
| ۱۳         | ۰/۳۴        | ۱۲۳                | ۲۴۶                                      |
| ۱۴         | ۰/۳۶        | ۱۴۴                | ۲۱۶                                      |
| ۱۵         | ۰/۳۸        | ۱۷۱                | ۱۷۱                                      |

حال با توجه به جداول (۴-۸) و (۴-۱۰) مجموع حجم آب انتقالی از مناطق مرتفع دامنه شمالی البرز به دامنه جنوبی با استفاده از روش (SCS) برابر با پنج میلیون متر مکعب در سال و روش استدلالی برابر با ۴/۷ میلیون متر مکعب می‌باشد. لازم به ذکر است که برخی از مناطق به دلیل کوچک بودن حوضه‌ها دارای مقادیر آب اندکی می‌باشند، لذا احداث تونل در این مناطق مقرون به صرفه نیست ولی با توجه به قرارگیری این حوضه‌ها در مجاورت یکدیگر می‌توان با احداث یک تونل از چند حوضه آب برداشت نمود. به طور مثال حوضه‌های ۱ و ۲ یا حوضه‌های ۳، ۴، ۵ و ۶ و ... در نزدیکی یکدیگر قرار دارند.

## فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها

### ۵-۱- مقدمه

همانطور که قبلاً اشاره گردید، منطقه مورد مطالعه در مناطق مرتفع دامنه شمالی البرز (بین دشت بسطام و استان گلستان) قرار دارد. دشت بسطام با افت شدید سطح آب زیرزمینی که سالانه ۸۰ سانتیمتر می‌باشد، مواجه است. از آنجایی که در نواحی شمالی این دشت، جریان‌های سطحی به سمت استان گلستان می‌باشد و با توجه به این‌که استان با کمبود آب مواجه نیست، می‌توان جریان‌های سطحی را شناسایی و با انتقال آن‌ها به داخل دشت بسطام تا حدودی کمبود آب موجود در این دشت را جبران نمود.

### ۵-۲- حوضه‌های شناسایی شده

همانطور که گفته شد، ابتدا حوضه‌های آبریزی که می‌توان آب موجود در آن‌ها را با احداث تونلی به طول دو کیلومتر به داخل دشت بسطام منتقل نمود، مشخص شدند. تعداد حوضه‌های آبریز مورد نظر ۱۵ حوضه بوده که وسیع‌ترین آن‌ها حوضه حدود پنج کیلومتر مربع و کوچک‌ترین آن‌ها حدود یک کیلومتر مربع مساحت دارد. پارامترهایی همچون لیتولوژی، پوشش گیاهی و شیب در هر یک از حوضه‌های مورد مطالعه، بررسی و به صورت لایه‌های اطلاعاتی در محیط GIS تهیه گردید.

### ۵-۳- برآورد حجم رواناب در حوضه‌های مورد مطالعه

به منظور برآورد حجم رواناب در حوضه‌های مورد مطالعه، از روش‌های (SCS) و استدلالی استفاده شده است. ابتدا برای تعیین شاخص رواناب سه پارامتر پوشش گیاهی، لیتولوژی و تغییرات شیب در حوضه‌های مورد مطالعه، با توجه به تاثیرگذاری آن‌ها بر شاخص رواناب تقسیم‌بندی شده و به هر طبقه یک امتیاز بین دو تا ده اختصاص داده شد و علاوه بر این، با توجه به اهمیت این پارامترها، به ویژه در منطقه مورد نظر، برای هر کدام یک وزن لحاظ شده است.

سپس با توجه به روابط تعیین شده بین شاخص رواناب و دو پارامتر شماره منحنی (CN) و ضریب رواناب، میزان رواناب با استفاده از دو روش فوق تعیین گردید.

با استفاده از روش (SCS) حداکثر حجم رواناب مربوط به حوضه آبگیر شماره (۱) به میزان  $۱/۱$  میلیون متر مکعب در سال و کمترین حجم رواناب مربوط به حوضه آبگیر شماره (۱۲) به میزان  $۰/۰۸$  میلیون متر مکعب در سال می‌باشد. مجموع آب انتقالی از دامنه شمالی پنج میلیون متر مکعب در سال برآورد می‌گردد.

همچنین با استفاده از روش استدلالی حداکثر حجم رواناب مربوط به حوضه آبگیر شماره (۱) به میزان  $۰/۹۷$  میلیون متر مکعب در سال و کمترین حجم رواناب مربوط به حوضه آبگیر شماره (۱۲) به میزان  $۰/۱۱$  میلیون متر مکعب در سال می‌باشد. مجموع آب انتقالی از دامنه شمالی  $۴/۷$  میلیون متر مکعب در سال برآورد می‌گردد.

در جدول (۵-۱) حجم رواناب برای هر یک از حوضه‌های مورد مطالعه با استفاده از دو روش فوق نشان داده شده است.

### ۵-۴- تخمین حجم آب انتقالی به دشت بسطام

همانطور که بیان گردید، در مجموع حجم آب انتقالی به دشت بسطام از طریق روش SCS، حدود پنج

میلیون مترمکعب و از طریق روش استدلالی  $4/7$  میلیون متر مکعب تخمین زده می‌شود. همانطور که قبلاً نیز گفته شد، برخی از حوضه‌ها به دلیل کوچک بودن دارای مقادیر آب اندکی می‌باشند، به همین دلیل احداث تونل در این مناطق مقرون به صرفه نیست ولی با توجه به قرارگیری این حوضه‌ها در مجاورت یکدیگر می‌توان با احداث یک تونل از چند حوضه آب برداشت نمود.

جدول ۵-۱- تعیین حجم رواناب با استفاده از دو روش SCS و استدلالی

| شماره حوضه | روش SCS حجم رواناب<br>( $\times 10^3 \text{ m}^3$ ) | روش استدلالی حجم رواناب<br>( $\times 10^3 \text{ m}^3$ ) |
|------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| ۱          | ۱۱۰۸                                                | ۹۷۲                                                      |
| ۲          | ۴۳۱                                                 | ۳۸۹                                                      |
| ۳          | ۶۶۹                                                 | ۵۲۰                                                      |
| ۴          | ۱۸۹                                                 | ۱۷۲                                                      |
| ۵          | ۲۴۴                                                 | ۲۱۰                                                      |
| ۶          | ۲۸۰                                                 | ۲۴۴                                                      |
| ۷          | ۳۱۱                                                 | ۲۸۰                                                      |
| ۸          | ۲۸۶                                                 | ۲۶۰                                                      |
| ۹          | ۲۸۹                                                 | ۳۱۰                                                      |
| ۱۰         | ۲۸۱                                                 | ۲۷۶                                                      |
| ۱۱         | ۳۰۶                                                 | ۳۲۲                                                      |
| ۱۲         | ۸۲                                                  | ۱۱۸                                                      |
| ۱۳         | ۱۸۳                                                 | ۲۴۶                                                      |
| ۱۴         | ۱۸۸                                                 | ۲۱۶                                                      |
| ۱۵         | ۱۷۲                                                 | ۱۷۱                                                      |

## ۵-۵- پیشنهادها

به منظور افزایش دقت در نتایج به دست آمده از این تحقیق موارد زیر پیشنهاد می‌گردد.

۱- اندازه‌گیری حجم واناب سالانه دو یا سه حوضه در منطقه مورد مطالعه به عنوان حوضه‌های شاهد.

۲- واسنجی مدل پیشنهاد شده با استفاده از نتیجه مربوط به اندازه‌گیری حجم رواناب در حوضه‌های شاهد.

## منابع

- اداره آب‌های زیرزمینی شهرستان شاهرود، (۱۳۹۰)، آمار چشمه‌های موجود در منطقه مورد مطالعه.
- اداره هواشناسی شهرستان شاهرود، (۱۳۹۰)، آمار بارندگی و دما ایستگاه‌های موجود در منطقه مورد مطالعه.
- آقاباتی ع، (۱۳۸۹)، "زمین شناسی ایران"، انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۶۰۶ صفحه.
- اهری پور ر، (۱۳۸۵)، پایان نامه دکتری: "میکروفاسیس، محیط رسوبی و چینه‌شناسی سکانسی سنگ‌های رسوبی دونین (سازندهای پادها و خوش‌بیلاق) در شرق البرز"، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی.
- پدرام زمانی م. و کریمی ح. ر، (۱۳۸۵)، "گزارش زمین‌شناسی نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰۰ علی‌آباد" انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی، ۱۹ صفحه.
- جعفریان م. ب. و جلالی ع، (۱۳۸۳)، "گزارش زمین‌شناسی نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰۰ خوش‌بیلاق" انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی، ۱۹ صفحه.
- حاجیان م، (۱۳۸۲)، "تاثیر حفر تونل بر منابع آب زیرزمینی"، ششمین کنفرانس تونل، دانشکده عمران دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران.
- حسینی‌نژاد ج، (۱۳۸۵)، پایان نامه دکتری: "بیواستراتیگرافی نهشته‌های دونین فوقانی (فامنین) در البرز شرقی بر مبنای گونیاتیت‌ها بازوپایان و کنودونت‌ها"، دانشکده علوم زمین، دانشگاه اصفهان.
- حلبیان ا. ح. شبانکاری م، (۱۳۸۸)، "مدیریت منابع آب در ایران (مطالعه موردی: چالش‌های انتقال آب از بهشت‌آباد به زاینده‌رود)"، چهارمین کنگره بین المللی جغرافیادانان جهان اسلام، تهران.
- خدادادی س، (۱۳۸۹)، "برآورد رواناب سطحی زیر حوضه‌های بدون آمار شمال شرق دریاچه ارومیه به دو روش جاستین و SCS با استفاده از GIS"، اولین همایش ملی مدیریت منابع آب اراضی ساحلی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، گروه مهندسی آب.
- درویش زاده ع، (۱۳۸۳)، "زمین‌شناسی ایران"، انتشارات امیرکبیر، ۴۲۳ صفحه.
- رضاپور طبری م. م، (۱۳۹۰)، "بهره‌برداری تلفیقی از منابع آب سطحی و زیرزمینی با رویکرد انتقال آب بین حوضه‌ای: محدوده مطالعاتی پیرانشهر"، مجله آب و فاضلاب، شماره ۴، صفحه ۱۰۳-۱۱۳.
- سهامی ط، (۱۳۹۰)، پایان نامه کارشناسی ارشد: "زمین شناسی و پتروژنز بازالت سلطان میدان در مناطق نگارمن و ابرسج، شمال شاهرود"، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود.

- شرکت آب منطقه‌ای استان گلستان، (۱۳۹۰)، آمار چشمه‌های موجود در منطقه مورد مطالعه.
- علوی نائینی م، (۱۳۸۸)، "چکیده‌ای از چینه‌شناسی ایران"، انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۶۰۶ صفحه.
- شهرابی م، (۱۳۷۸)، "تریاس در ایران"، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۲۷۹ صفحه.
- علیزاده ا، (۱۳۸۹)، "اصول هیدرولوژی کاربردی" چاپ هفدهم، انتشارات آستان قدس رضوی، ۳۵۷ صفحه.
- گلمحمدی گ، معروفی ص. و محمدی ک، (۱۳۸۷)، "منطقه‌ای نمودن ضریب رواناب در استان همدان با استفاده از ضریب رواناب و GIS"، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، شماره ۴۶، صفحه ۵۰۱-۵۱۴.
- نشاط ع. و صدقی ح، (۱۳۸۵)، "برآورد میزان رواناب با استفاده از روش سازمان حفاظت خاک (SCS) و مدل HEC-HMS در حوضه آبخیز باغ ملک- استان خوزستان"، مجله علوم کشاورزی، شماره ۴، صفحه ۷۸۷-۷۹۸.
- محمدنژاد ب، خسرویان ا. و محمدیان ع، (۱۳۸۹)، "رواناب ناشی از بارش به روش‌های استدلالی و هیدروگراف واحد در طارحی شبکه جمع‌آوری آب‌های سطحی"، نهمین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
- مزیدی ا. و علی‌زاده نبوتی م، (۱۳۸۹)، "بررسی و محاسبه ضریب رواناب حوضه آبریز دز (مطالعه موردی حوضه آبریز بالارود)"، همایش کاربرد جغرافیایی طبیعی در برنامه‌ریزی محیطی، دانشگاه آزاد اسلامی خرم‌آباد.
- نقشه توپوگرافی گرگان، مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰، سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، ۱۳۸۲.
- نقشه راه‌های ایران، مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰۰، سازمان نقشه برداری کشور.
- نقشه زمین‌شناسی خوش‌یلاق، ۱:۱۰۰۰۰۰، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۸۳.
- نقشه زمین‌شناسی علی‌آباد، ۱:۱۰۰۰۰۰، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۸۵.
- نقشه زمین‌شناسی گرگان، مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۶۹.

## References

- Aharipour R., Moussavi M. R., Mosaddegh H. and Mistiaen B. (2010) "Evolution of the Khoshyeilagh Formation platform during the Middle to Upper Devonian in the Eastern-Alborz Mountains, NE Iran: Facies analysis, paleoenvironments, and sequence stratigraphy" *Stratigraphy and sedimentology* 26<sup>th</sup>, Vol. 40, No. 3, pp. 31-62.
- Amutha R., Porchelvan P. (2009) "Estimation of surface runoff in Malattar sub-watershed using SCS-CN method" *Journal Indian Soc. Remote Sens* , No. 37, pp. 291-304.
- Aron G., Miller JV. A. C. and Lakatos D. F. (1977) "Infiltration Formula Based on SCS Curve Number" *Journal of the irrigation and drainage division, proceeding of the American Society of Civil Engineers*, Vol. 103, No. 4, pp. 419-427.
- Assereto R. (1963) "The Paleozoic formation in central Elborz (Iran)" Preliminary note, *Rivista Italiana di paleontologia e stratigrafia*, No. 69, pp. 503-543.
- Assereto R. (1966) "The Jurassic Shemshak formation in central Elborz (Iran)" *Rivista Italiana di paleontologia e stratigrafia*, Vol. 74, No. 1, pp. 3-21.
- Bhuyan S. J., Mankin KR. and Koelliker J. K. (2003) "Watershed-scale AMC selection for hydrologic modeling" *Trans ASAE*, No. 46, pp.237-244.
- Biswas, A. K. (1979) "North American water transfers: An overview.In interregional water transfers", Editors G.N.Golubev and A. K. Biswas, pergamon press, Oxford, pp. 79-90.
- Bozorgnai, F. (1973) "Paleozoic formation stratigraphy of central basin of Iran and its intercontinental position", *Bulletin of the Iranian Petroleum Institute*, No. 24, pp. 69-75.
- Dadashi E., Ahangari K., Noorzad A. and Arab A. R. (2012) "Support system suggestion based on back-analysis resu;t case study: Babolak water conveyance tunnel" *Arab J Geosci*, No. 5, pp. 1297-1306.
- De graaf P. G. F. and Bell F. G. (1996) "The Delivery Tunnel North, Lesotho Highlands Water Project" *Geotechnical and Geological Engineering*, No. 15, pp. 95-120.
- Elhakeem V. and Papanicolaou A. N. (2009) "Estimation of the Runoff Curve Number via Direct Rainfall Simulator Measurements in the State of Iowa, USA" *Water Resour Manage*, DOI 10.1007/s11269-008-9390-1.
- Feng S., Li L. X., Duan, Z. G. and Zhang J. L. (2007) "Assessing the impacts of south-to-north water transfer project with decision support system." *Decision Support systems*, Vol. 42, No. 4, pp. 1989-2003.

- Fengsheng Sh. and Xin L. (2003) "Long and deep diversion tunnels of 1<sup>st</sup> stage project in west route of south-north water transfer project" Chinese Journal of rock mechanics and engineering, Vol. 22, No. 9, pp. 1527-1532.
- Glaus M. (1964) "Trias und Oberperm in Zentralen Elborz (Persian)" *Eclig Geol Helv*, Vol. 57, No. 2, pp. 491-508.
- Hassanpour J., Rostami J., Khamsehchian M., Bruland A. and Tavakoli H. R. (2010) "TBM performance analysis in pyroclastic rocks: a case history of Karaj water conveyance tunnel" *Rock mech rock Eng*, No. 43, pp. 427-445.
- Hoek E. and Gevara R. (2009) "Overcoming Squeezing in the Yacambu'-Quibor Tunnel, Venezuela" *Rock Mech Rock Engng*, No. 42, pp. 389-418.
- Jain S. K., Agarwal P. K. and Singh V. P. (2007) "Hydrology and Water Resources of India" *Water Science and Technology Library*, No. 57, pp. 1065-1109.
- Jenny J., (1977) "Géologie et stratigraphie de Elburz oriental entre Aliabad et Shahrud, Iran" *Thèse Université de Genève*, 238 p.
- Karamouz M., Mojahedi E. and Ahadi A. (2007) "Economic assessment in development of operating plices for inter-basin water transfer." *Iran water Resources Reserch*, Vol. 3, No. 2, pp 10-25.
- Khadka R. B. and Khanal A. B. (2008) "Environmental management plan (EMP) for Melamchi water supply project, Nepal" *Environ Monit Assess*, No. 146, pp. 225-234.
- Lipponen A. (2007) "Applying GIS to assess the vulnerability of the Pa'ija'ne water-conveyance tunnel in Finland" *Environ Geol*, No. 53, pp. 493-499.
- Manoharan A. and Murugappan A. (2012) "Estimation of runoff in an ungauged rural watershed, Tamklnadu state, India" *International Journal of Engineering Science and Technology*, Vol. 4, No. 02, pp. 449-456.
- [Openlearn.open.ac.uk/](http://Openlearn.open.ac.uk/)
- Pradhan R., Pradhan M. P., Ghose M. K., Agarwal V. A. and Agarwal S. (2010) "Estimation of Rainfall-Runoff using Remote Sensing and GIS in and around Singtam, East Sikkim" *International journal of geomatics and geosciences*, Vol. 1, No. 3, pp. 466-476.
- Rallison R. E. (1980) "Origin and Evaluation of SCS Run off Equation" *Proceedings of Watershed Management, Symposium, ASCE, Boise. Idaho.*
- Ruttner A.W. (1993) "Southern borderland of Triassic Laurasia in north-east Iran". *Geologische Rundschau*, No. 82, pp. 110-120.

- Sereshki F., Ataei M., Alavi H. A., Soltani A. and Zorabadi M. (2008) "Computation of TBM discs life case study: Dez – Qomrud water transfer tunnel, Iran" 8th International Scientific Conference. No. 1, pp. 443-456.
- Shahidi A. R. and Vafaeian M. (2005) "Analysis of longitudinal profile of the tunnels in the active faulted zone and designing the flexible lining (for Koohrang-III tunnel)" *Tunnelling and Underground Space Technology*, No. 20, pp. 213-221.
- Shao X. and Wang H. (2003) "Inter-basin transfer projects and their implications: A china study." *Intl. J. River Basin Management*, Vol. 1, No. 1, pp. 5-14.
- Sivapalan M., Blöschl G., Merz R. and Gutknecht D. (2005) "Linking flood frequency to long-term water balance: incorporating effects of seasonality" *Water Resour.* Vol. 41, No. 6, doi: 10.1029/2004WR003439.
- Song J. Y. (2010) "Estimate runoff using water balance" Texas A&M University, Zachry Department of Civil Engineering.
- Stockline J. (1968) "Structural history and tectonics of Iran a review", *A. A. P. G. Bull.* pp. 1229- 1258.
- Wendt J., Kaufmann B., Farsan N., Karimi Bavandpur A. R. (2005), "Devonian/Lower Carboniferous stratigraphy, facies patterns and palaeogeography of Iran Part II. Northern and central Iran" *Acta Geologica Polonica*, Vol. 55, No. 1, pp. 31-97.
- Willis D. (2007), "Tunnelling through the Mountains of Peru", The Robbins Company, pp. 60–62.
- Willis D. (2011), "Double Shield TBM for Indian Water Tunnel", The Robbins Company, pp. 49-52.
- Xianzhao L., Jiazhu L. (2008) "Application of SCS Model in Estimation of Runoff from Small Watershed in Loess Plateau of China" *Chin. Geogra. Sci.* Vol. 18, No. 3, pp. 235-241.
- Yevjevich V. (2011) "Water diversions and inter-basin transfers" *International Water Resources Association Water International*, Vol. 26, No. 3, pp. 342-348.

## **Abstract**

Increasing demands for water, necessitate management of surface water resources. Due to the high variabilities in rainfall, and population growth and the need for new water resources, transfer of water from the high altitude basins have been considered, recently. The study area is located at north of Bastam plain. Rainfall at northern flanks of the Alborz mountain is considerably more than the south. There is no shortage of water at the northern regions of Alborz mountains and part of the surface water are being drained into the sea, annually. Groundwater levels at Bastam plain in south of Alborz are being decreased sharply, with an annual average rate of about 80 cm. Field Studies and satellite images indicate that, there are 15 basins on the northern flanks of the Alborz mountain in which their surface waters can be transferred to south regions using a 2 Km long tunnel. Volume of runoff in each basins was estimated by (SCS) and rational techniques. For more accurate estimation of curve number (CN) in the SCS method and runoff coefficient in rational technique, a new quantitative method based on calculation runoff index was applied. To determine the runoff index, lithology, vegetation cover and slope of the study area were considered. These parameters according to their influence on runoff index were classified with a score from two to ten, for each class. The layers were weighted averaged using Arc GIS 9.3 and runoff index was calculated. This value was converted to CN and runoff coefficient considering hydrological conditions. Finally, volume of runoff was estimated by SCS and rational methods. Calculated volume of runoff were about 5 and 4.7 MCM per year, by SCS and rational methods, respectively, for different basins.

**Keyword:** Alborz, Bastam, Water transfer, Runoff index, SCS Method, Rational Method



**Shahrood University of Technology**

**Faculty of Earth Sciences**

**Hydrogeology and Environmental Geology Group**

**M. Sc. Thesis**

# **Evaluating the potential of surface water resources at northern flank of Alborz, north of Bastam plain**

**Ali Dorostkar**

**Supervisors:**

**Dr. G. H. Karami**

**Advisor:**

**Dr. A. Taheri**

**February 2013**