

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



۱۳۷۸ / ۲ / ۲۷

دانشگاه شهید بهشتی

دانشکده علوم زمین

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد زمین شناسی گرایش

زمین شناسی اقتصادی

عنوان

بررسی پراکندگی عناصر نادر خاکی (REE) و نیوبیوم

(Nb) در کانسارهای آهن آپاتیتی منطقه بافق

استاد راهنما

دکتر ایرج رساء

اساتید مشاور

دکتر احمد خاکزاد

دکتر اسدا... جعفرزاده

نگارش

کورس فرخندی سرخابی

بهار ۱۳۷۷

۱۱۰۹/۲

"تاییدیه دفاع از پایان نامه"

این پایان نامه توسط آقای / خانم دکتر فرزندی لهرجانی دانشجوی دوره  
کارشناسی ارشد رشته زمین شناسی شاخه گرایش زمین شناسی رسوبی در  
تاریخ ۷۷, ۲, ۱۷ مورد دفاع قرار گرفت و براساس رای هیات داوران با  
نمره ۱۹,۵ و درجه عالی پذیرفته شد.

استاد راهنما: دکتر لویج ساد

استاد مشاور: دکتر لهرجانی زار

هیات ژوری: دکتر منصور و قوی علی

رئیس هیات داوران: دکتر لهرجانی زار

شیمی کسر بر آن تکامل آید  
سوا خوشتر روی سینه آید  
چو سوگیرم خیالت را در آغوش  
مهر آید بدختر و بر گل آید

\*\*\* قصیده به مادر عزیزم \*\*\*

## تشکر و قدردانی

با سپاس بیکران به درگاه ایزد تعالی که توان کاوش و ادراک رموز اسرارآمیز هستی را به مخلوق خود اعطاء کرده تا بلکه لیاقت نائل شدن به درجات کمال را یافته از فهم خود و جهان پیرامون و عظمت پروردگار خویش نصیب گرفته و بهره برد.

در انجام این رساله افراد زیادی نگارنده را یاری رسانده‌اند که جا دارد از یکایک آن‌ها تشکر نمایم. ابتدا از استاد گرامی جناب آقای دکتر رساء که راهنمایی این رساله را به عهده داشتند به جهت فراهم نمودن شرایط مساعد و همچنین رهنمودها، تلاش‌ها و تذکرات موشکافانه و رهگشای ایشان کمال تشکر و قدردانی را می‌نمایم.

همچنین از استاد گرامی جناب آقای دکتر خاکزاد که مشاوره این رساله را به عهده داشتند و همواره از راهنمایی‌ها و نظرات ایشان بهره‌جسته‌ام و هم به واسطه فراهم نمودن نمونه استاندارد که نقش بسیار اساسی در نائل آمدن به هدف این رساله را داشته کمال قدردانی را می‌نمایم.

از استاد بزرگوار جناب آقای دکتر جعفرزاده که از صاحب نظران به نام در منطقه بافق می‌باشند و مشاوره این رساله توسط ایشان سعادت عظیم نصیب اینجانب گردانیده به جهت راهنمایی‌ها و در اختیار قرار دادن تجربیات و اطلاعات گرانبهای علمی و عملی خود که نتیجه دهها سال تلاش و تحقیق در منطقه بوده سپاسگزاری می‌نمایم.

از استاد عزیز جناب آقای دکتر هوشمندزاده گنجینه تجربه و علم و عمل در زمین‌شناسی ایران، که در کمال حوصله با پاسخگویی سؤالات اینجانب بوده‌اند و همچنین به جهت زحمت بازبینی مطالب این رساله که در حد ممکن کاستی‌های آن را برطرف نموده‌اند و افتخار نصیب نگارنده نموده‌اند بسیار قدردانی می‌نمایم.

از استاد محترم جناب آقای دکتر وثوقی به سبب مطالعه مقاطع نازک و پاسخگویی به سؤالات تشکر می‌نمایم. از اساتید گرامی آقایان دکتر حمدی، دکتر درویش‌زاده، دکتر ولی‌زاده، دکتر پورمعافی، دکتر مؤمن‌زاده، دکتر لطفی که با در اختیار قرار دادن وقت کافی پاسخگویی سؤالات نگارنده بوده‌اند بسیار ممنون و سپاسگزارم.

همچنین وظیفه خود می‌دانم که از مساعدت‌های دوستان و سروران عزیز و گرامی که با علاقه مرا در

مراحل مختلف همراهی کرده‌اند تشکر نمایم.

از آقایان مهندس محمد مهدی صفاری که در مطالعه SEM بسیار زحمت کشیدند، حجت‌الله جهانگیری به جهت کمک در مطالعه مقاطع، علی پندآموز و مصطفی عسگری به جهت همراهی و یاری در عملیات صحرائی، و تبادل اطلاعات، منصور قربانی به جهت تبادل اطلاعات و پاسخگویی به سؤالات جواد همتی در ابتکار برای آنالیز نمونه‌ها، سیامک وراثی به جهت فراهم نمودن نمونه کمکی جهت استاندارد، علی حریری در همکاری برای فراهم کردن نمونه‌ها آرش شریفی به جهت تبادل اطلاعات و سعید نایب اسداله دماوندی و تهمتن امینیان به جهت مساعدت در امر تایپ و تکثیر کمال تشکر و قدردانی را می‌نمایم.

همچنین از مسئولین محترم دانشکده بویژه آقای مهندس صادقی جهت همکاری در امور آزمایشگاه مهندس نجفیان جهت عکسبرداری میکروسکوپی آقایان زارع و بابائی جهت مساعدت در تهیه مقاطع و بودر بسیار سپاسگزارم.

در پایان از تمامی افرادی که به نحوی اینجانب را در انجام این رساله یاری رسانده‌ام و نام آنها ذکر نشده نیز تشکر کرده برای آنها و اساتید و دوستان و افراد نامبرده آرزوی توفیق روزافزون از پروردگار می‌نمایم.

## مقدمه

کانسارهای آهن فسفردار منطقه بافق از شگفتیهای زمین‌شناسی ایران و جهان می‌باشند و همواره مورد توجه و بازدید کارشناسان داخلی و خارجی بوده و می‌باشد. این کانسارها در حال حاضر میزبان آپاتیت‌های آذرین ایران نیز می‌باشند و غنی بودن آنها از عناصر نادر خاکی خود دریچه‌ای دیگر به گستره علم و تحقیق را در مورد آنها می‌گشاید.

در این پایان‌نامه علاوه بر موضوع پتانسیل‌یابی کلی برای عناصر نادر خاکی در آپاتیت‌های منطقه تلاش گردیده تا شواهد و واقعیات موجود در قالب تحقیقات قدیمی‌تر انجام شده و مشاهدات توأم با آن جمع‌آوری شده در کنار تیپ‌های مختلف جهانی قرار گرفته و مقایسه گردند. با امید به این که این مطالب مورد استفاده علاقه‌مندان برای تحقیق بیشتر گردد و ارزش این گنجینه گرانبهای خفته در بیابان‌های آرام در قلب کشور ایران روز به روز بیشتر شناخته و شناسانده شود.

## چکیده

در منطقه ایران مرکزی در استان یزد حدود ۷۰ آنومالی آهن شناخته شده که از زرنند تا پشت بادام ادامه دارد. اغلب این کانسارها از نوع آهن فسفردار (آپاتیت دار) بوده که این ماده اغلب بعنوان مزاحم در فرآوری آهن تلقی می شود. در برخی مناطق مقدار آپاتیت افزایش چشمگیری یافته و بصورت رگه های آپاتیته (اسفوردی، لکه سیاه، زیرگان و ...) نمود می یابد در این کانسارها آپاتیت به عنوان ماده معدنی در نظر گرفته می شود. در حال حاضر کانسارهای آپاتیت اسفوردی و آهن چادرملو به عنوان تولیدکننده کنسانتره آپاتیت (اولی محصول اصلی و در دومی محصول فرعی) می باشند که مجموعاً توان تولید کنسانتره آپاتیت حدود ۸/۵۹ میلیون تن را دارند. از توان تولید دیگر کانسارهای آهن برای محصول جانبی آپاتیت (چاه گز، چغارت، ...) نباید غافل بود که نیاز به بررسی های خاص خود را دارد.

دو نوع آپاتیت: رگه ای (تیپ اسفوردی، پیروکسنیتی) و پراکنده در آهن را می توان در نظر گرفت بررسی ها نشان داده که هر دو نوع آپاتیت های مذکور از نوع فلئوئور آپاتیت با مقادیر قابل ملاحظه ای Cl (دهم درصد) و مقادیر بالائی REE هستند. در آنالیزهای انجام شده در این رساله و مقایسه با نتایج قبلی آپاتیت های رگه ای اسفوردی، لکه سیاه زیرگان، جنوب چادرملو و آپاتیت های داخل آهن در چغارت و چادرملو دارای حدود ۱/۶-۱٪ از این عناصر بوده که به طور متوسط و تقریبی عناصر Ce با ۴۹/۱٪، La ۱۸٪، Nd ۱۷٪، Y ۷/۶٪، Pr ۴/۳٪، Sm ۱/۵٪، Gd ۰/۷٪، Dy ۰/۶٪، Er ۰/۵٪، Yb ۰/۳٪، Eu، Tb، Ho، Tm، Lu هر یک ۰/۱-۰/۲٪ مقدار کل را تشکیل می دهند.

دیاگرام های عنکبوتی نسبت بسیار بالای  $\frac{LREE}{HREE}$  را نشان می دهند.

مطالعات SEM در کنار اطلاعات قبلی میزان قابل ملاحظه ای از محتوای REE آپاتیت ها را به صورت ادخال هائی از کانی های REE بویژه مونازیت نشان می دهد که خود مسئله استحصال این عناصر را پیچیده تر می کند. هیچ متمرکزی از Nb در این تحقیق بدست نیامد.

این کانسارها از تیپ کایرونای سوئد معرفی شده اند و در مورد ژنز آنها محلول های ماگمایی حاوی فسفات و اکسید آهن جدا شده از ماگمای اولترامافیک با گرایش آلکالن در اعماق پوسته با همراهی مواد فراد فراوان که موجب متاسوماتیسم سنگ های میزبان این کانسارها (فلدسپات Na و K ترمولیت، اکتینولیت و ...) گشته اند پیشنهاد شده است.



## نحوه کار

در این رساله پس از جمع آوری اطلاعات مشخص شده که تمرکز REE در کانسارهای آپاتیتی منطقه عمدتاً مربوط به آپاتیت می باشد لذا با تهیه و تکمیل نقشه آنومالی های فسفات منطقه شکل و نحوه نمونه برداری ها برای آنالیز REE جدا نمودن کانی آپاتیت با بالاترین خلوص ممکن بود که مورد آنالیز XRF و Micro Probe قرار گرفتند. تعداد ۳۱ عدد مقطع نازک، ۴ عدد مقطع صیقلی ۲ عدد مقطع صیقلی جهت مطالعات SEM، تهیه ۳۱ آنالیز پودری XRF صورت گرفته که ۱۸ عدد آن مربوط به آنالیزهای ویژه REE می باشند.

## فصل اول

### فهرست مطالب:

صفحه	عنوان
	۱ - ۱ - جغرافیای استان یزد
	نقشه راهها و موقعیت منطقه مورد مطالعه
	۱ - ۲ - زمین شناسی منطقه
۱ - ۵	چینه شناسی، ماگماتیسم گرانیت های زیرگان و ناریگان.....

## فصل دوم

۳۲	۲ - ۱ - معرفی عناصر نادر خاکی و نیوبیوم.....
۳۲ - ۳۸	۲ - ۲ - تاریخچه، موارد استفاده.....
۳۸ - ۴۰	۲ - ۳ - خواص عنصری.....
۴۱ - ۴۷	۲ - ۴ - ژئوشیمی و فراوانی Nb, REE.....
۴۷ - ۵۴	۲ - ۵ - کانی شناسی.....
۵۴ - ۶۲	۲ - ۶ - پتروژنز Nb, REE پتروژنز ماگمای آکالن.....
۶۲ - ۷۲	۲ - ۶ - ۲ - ماگماتیسم زون ریفت قاره ای و انواع آن.....
۷۳ - ۷۶	خلاصه و نتایج.....
	۲ - ۷ - کریستالیت ها و ارتباط شکل، اندازه، پراکندگی، پترولوژی و پتروژنز
۷۶ - ۸۸	کریستالیت ها.....

## فصل سوم

### ۳- زمین شناسی کانساری

- ۸۹ ..... (1991) Catlhact, Karyakin, Dybkov - تقسیم بندی
- ۸۹ - ۹۱ ..... (1981) - تقسیم بندی اسمیرنوف
- ۹۲ - ۹۳ ..... (1986) - تقسیم بندی هندرسون
- ۹۴ - ۹۵ ..... (1966) Heinrich - تقسیم بندی
- ۹۶ - ۹۹ ..... (1992) Evans - تقسیم

## فصل چهارم

- ۱۰۰ - ۱۰۲ ..... ۱ - ۴ - کانیهای فسفات
- ۱۰۲ - ۱۰۷ ..... ۲ - ۴ - انواع نهشته ها و کانسارهای فسفات
- ۱۰۷ - ۱۰۹ ..... ۳ - ۴ - منابع، ذخایر و تولید جهانی فسفات
- ۱۰۹ - ۱۲۰ ..... ۴ - ۴ - مصارف آپاتیت، کشورها و کانسارهای مهم تولید کننده Nb, REE، آپاتیت آذربین
- ۱۲۱ - ۱۲۶ ..... ۵ - ۴ - منابع و ذخایر، تولید، نیاز و واردات فسفات در ایران

## فصل پنجم

- ۱۲۷ ..... ۱ - ۵ - زمین شناسی اقتصادی Nb, REE، عیار، تناژ کانسارها
- ۱۲۸ - ۱۳۰ ..... ۲ - ۵ - قیمت و مصرف جهانی کنسانتره و عناصر خالص و اکسید Nb, REE

۳- ۵- تولیدات تجارتي و صنعتي، نحوه استحصال ..... ۱۳۷- ۱۳۱

۴- ۵- چشم انداز آینده منابع جهاني ..... ۱۴۰- ۱۳۸

### فصل هشتم

۱- ۶- کانسارهای آهن منطقه پراکندگی و ذخیره عيار ..... ۱۴۹- ۱۴۲

۲- ۶- تاريخچه اکتشاف فسفات آذرين در ايران مرکزي ..... ۱۵۳- ۱۴۹

۳- ۶- برآورد ذخائر و منابع آپاتيت آذرين منطقه ..... ۱۵۷- ۱۵۳

۴- ۶- متاسوماتيسيم و انواع آن در منطقه و در کانسارهای آهن آپاتيتي ..... ۱۶۵- ۱۵۷

### فصل نهم

۱- ۷- کانی زائي آپاتيت و ارتباط با تمرکز و پراکندگی REE، صور مختلف پيدایش

آپاتيت ..... ۱۷۷- ۱۶۷

۲- ۱- ۷- نتايج آناليزها و نمودارها

- مقدمه ..... ۱۷۸

- نتايج آناليزهای کارشناسان روس (۱۹۷۹) ..... ۱۸۳- ۱۷۹

- کد و محل نمونه برداری آپاتيتها ..... ۱۸۴

- نمودارهای نتايج آناليز REE (۱۸ تا ۷) ..... ۱۹۳- ۱۸۵

- جداول خلاصه نتايج آناليز (۱۰ تا ۱- ۷) ..... ۲۰۰- ۱۹۴

- جداول نرماليزه برای محاسبه تقريبي عناصر ..... ۲۰۳- ۲۰۱

نادرخاکی (۱۱- ۷) Eu, Tm, Dy, Lu

- نمودارهای عنکبوتی (۲۴ تا ۱۹ - ۷) ..... ۲۰۴-۲۰۹

۲-۲-۷- میزان ذخیره REE منطقه بافق ..... ۲۰۹-۲۱۱

### فصل هشتم

- مطالعات SEM تصاویر BEI نتایج آنالیزهای کیفی ..... ۲۱۳-۲۲۲

- خلاصه ..... ۲۲۳

### فصل نهم

۹- ژنرکانسارهای آهن - آپاتیتی منطقه بافق، نظرات مختلف ابراز شده ... ۲۳۰-۲۲۵

- شواهد موجود ..... ۲۳۱-۲۳۲

- نتیجه گیری کلی از تحقیقات رساله ..... ۲۳۳-۲۳۵

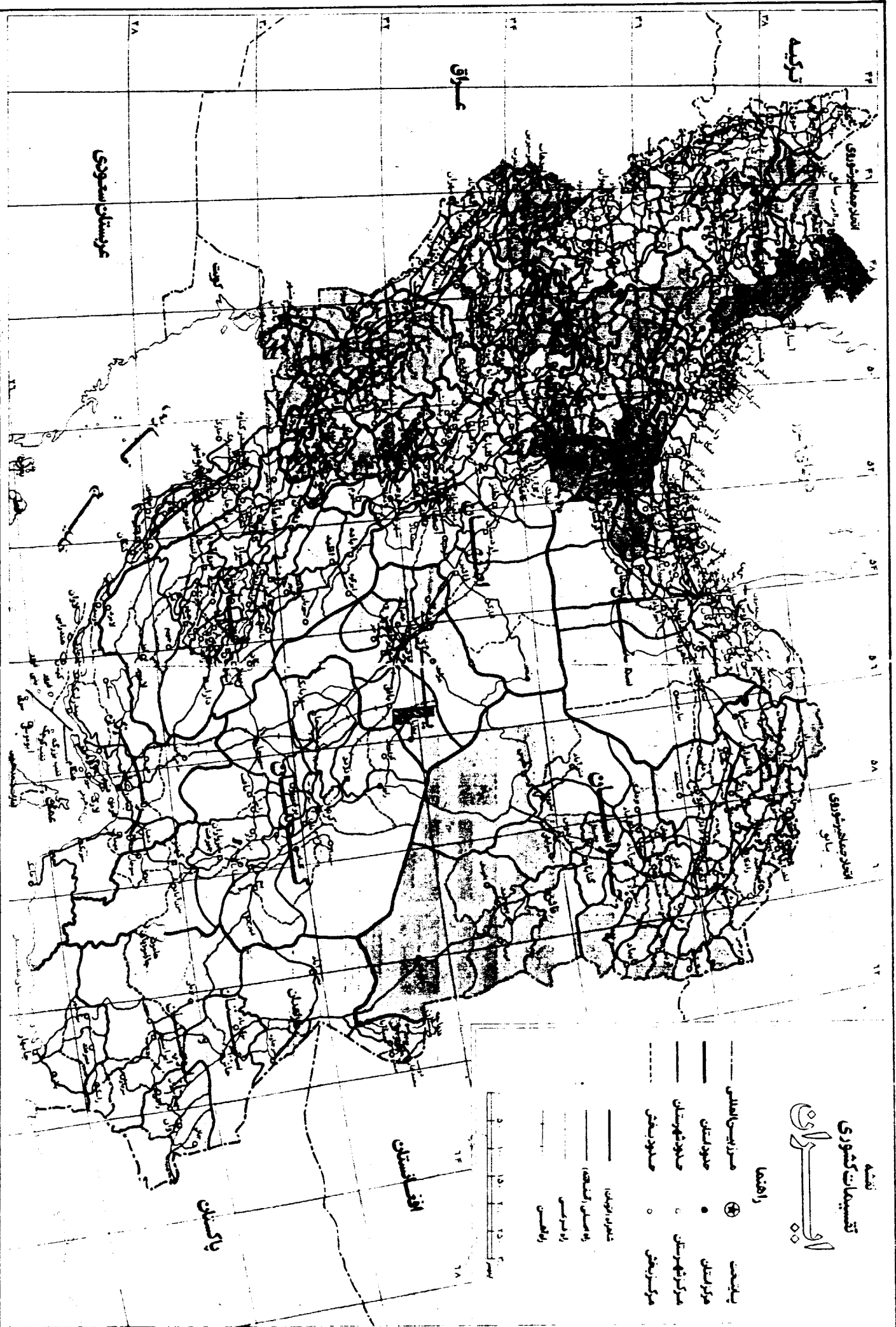
- پیشنهادات ..... ۲۳۵-۲۳۶

### ضمیمه

جدول ۱ مقاطع نازک و صیقلی ..... ۱

جدول ۲ نتایج آنالیزها ..... ۲

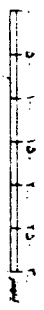
چکیده انگلیسی ..... ۳



نقشه  
تقسیمات کشوری  
افغانستان

راهنما

- ⊕ مرکز استان
- مرکز شهرستان
- مرکز بخش
- ⊕ مرکز ولسوالی
- راه اصلی منطقه
- راه فرعی
- راه محلی
- ⊕ مرکز ولسوالی
- مرکز بخش

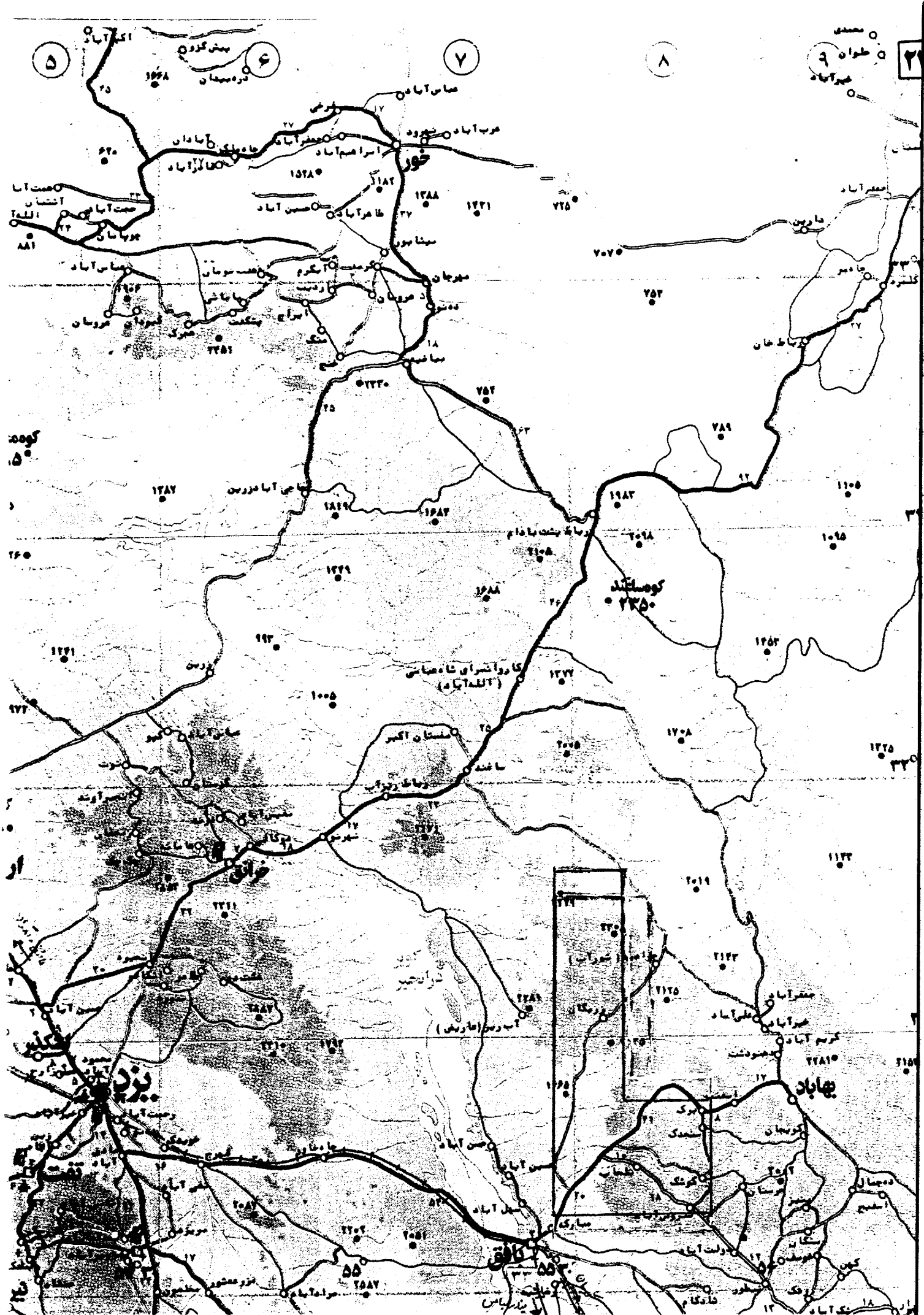


عراق

ترکیه

پاکستان

افغانستان



۱:۱۰۰۰۰۰۰

نقشه ۱-۲ محدوده مورد مطالعه