



وزارت صنعت، معدن و تجارت

مرکز پژوهشهای کاربردی سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور



وزارت صنعت، معدن و تجارت
سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

مجری طرح:

مهندس محمد تقی کره‌ای

دکتر فریبرز قریب

مجری فنی:

دکتر پژواک دیدار

مشاور:

دکتر محمد هاشم امامی

همکاران فنی:

دکتر لیلا جابرا نصاری، مهندس زهرا مجلسی، مهندس پریسا یوسفی

خرداد ماه ۱۳۹۶

کشور
معدنی

السلام
السلام
السلام

سازمان زمین شناسی

۱	- تقدیر و تشکر
	- فصل اول
۲	- بخش (۱) کلیات
۳	۱-۱- مقدمه
۴	۲-۱- تاریخچه کشف عنصر لیتیم
۴	۳-۱- کلیات عنصر لیتیم
۵	۴-۱- مشخصات فیزیکی و اتمی لیتیم
۷	۵-۱- مشخصات شیمیایی لیتیم
۱۰	۶-۱- ایزوتوپ‌های لیتیم
۱۱	۷-۱- ترکیبات لیتیم
۱۱	۱-۷-۱- استات لیتیم
۱۱	۲-۷-۱- کربنات لیتیم
۱۲	۳-۷-۱- هالیدهای لیتیم
۱۲	۴-۷-۱- فلورید لیتیم
۱۳	۵-۷-۱- کلرید لیتیم
۱۳	۶-۷-۱- برومید لیتیم
۱۵	۷-۷-۱- یدید لیتیم

۱۵	۸-۷-۱- هیدروکسید لیتیم
۱۶	۸-۱- میانگین فراوانی لیتیم در پوسته زمین
۱۸	۹-۱- تاثیرات زیست محیطی
۱۸	۱۰-۱- سمیت ترکیبات لیتیم
۱۹	۱۱-۱- ایمنی و سلامتی فلز لیتیم
۱۹	۱۲-۱- کانی های لیتیم
۲۱	۱-۱۲-۱- کانی اسپدومن
۲۴	۲-۱۲-۱- کانی لپیدولیت
۲۷	۳-۱۲-۱- کانی پتالیت
۳۰	۴-۱۲-۱- کانی یوکریپتیت
۳۲	۵-۱۲-۱- کانی آمبلی گونیت
۳۵	۶-۱۲-۱- کانی هکتوریت
۳۸	۷-۱۲-۱- کانی ژادريت
۴۰	۱۳-۱- فرآیند بازیابی
۴۰	۱۴-۱- کاربردها
۴۱	۱-۱۴-۱- مصارف عمده لیتیم
۴۲	۲-۱۴-۱- متالورژی
۴۲	۳-۱۴-۱- کاربردهای الکتروشیمیایی
۴۳	۱۵-۱- ذخایر عمده لیتیم در جهان
۴۸	۱۶-۱- تجارت جهانی

۵۰

۱۷-۱- قیمت لیتیم در بازار جهانی

۵۴

- بخش ۲) زمین شناسی

۵۵

۲- زمین شناسی و انواع کانسارهای لیتیم

۵۵

۲-۱- کانسارهای پگماتیت گرانیتی

۵۷

۲-۱-۱- طبقه بندی پگماتیت ها

۶۴

۲-۱-۲- شرایط جهانی، محلی و منطقه‌ای مناسب برای تشکیل پگماتیت‌های LCT

۶۵

۲-۱-۳- ارتباطات پگماتیت‌های LCT با سنگ‌های آذرین

۶۶

۲-۱-۴- پگماتیت‌های لیتیم دار و منشأ لیتیم در پگماتیتها

۶۹

۲-۱-۵- راهنمای اکتشافی زمین‌شناختی پگماتیت‌های LCT

۷۰

۲-۱-۶- منابع جهانی پگماتیت‌ها

۷۱

۲-۲- کانسارهای رسوبی لیتیم دار

۷۱

۲-۲-۱- تبخیری های دریاچه ای (نوع ژادریت)

۷۱

۲-۲-۲- کانسارهای هکتوریت

۷۳

۲-۳- کانسارهای شورابه ای

۷۴

۲-۳-۱- شیمی شورابه ها

۷۵

۲-۳-۲- کانسارهای شورابه‌ای لیتیم‌دار

۷۵

۲-۳-۱- شورابه های قاره‌ای

۷۸

۲-۳-۲- شورابه‌های ژئوترمالی

۷۹

۲-۳-۳- شورابه‌های حوضه‌های نفتی

- ۸۳ - ۴-۲-۳-۲- فیزیوگرافی و آب و هوا
- ۸۴ - ۵-۲-۳-۲- اندازه و ساختار نهشته‌ها
- ۸۵ - ۶-۲-۳-۲- راهنمای ارزیابی زمین‌شناسی
- ۸۵ - ۷-۲-۳-۲- منابع جهانی شورابه‌ها
- ۸۶ - بخش ۳) نمونه برداری
- ۸۷ - ۱-۳- نحوه نمونه برداری از سنگهای پگماتیستی
- ۸۹ - ۱-۱-۳- حفاری در سنگهای پگماتیستی جهت اکتشاف کانسار لیتیم
- ۹۱ - ۲-۳- نحوه نمونه برداری در سنگهای رسوبی حاوی لیتیم
- ۹۴ - ۱-۲-۳- حفاری در رسوبات و سنگهای رسوبی ولکانیکی جهت اکتشاف کانسار لیتیم
- ۹۷ - ۲-۲-۳- مراحل آماده سازی نمونه بعد از حفاری
- ۹۸ - ۳-۳- نحوه نمونه برداری از شورابه ها
- ۹۸ - ۱-۳-۳- لزوم برقراری کمپ و آزمایشگاه صحرایی جهت برداشت نمونه از شورابه ها
- ۹۹ - ۲-۳-۳- نکات مهم در مورد نمونه برداری صحرایی از شورابه ها
- ۱۰۰ - ۳-۳-۳- اطلاعاتی که باید در صحرا برای نمونه‌های آب زیرزمینی یادداشت شود
- ۱۰۰ - ۴-۳-۳- اندازه گیرهای صحرایی

- ۱۰۱ - ۳-۳-۵- فواصل نمونه برداری
- ۱۰۲ - ۳-۳-۶- ظروف نمونه برداری و نگهداری آب
- ۱۰۳ - ۳-۳-۷- وسایل نمونه برداری
- ۱۰۳ - ۳-۳-۸- نکاتی درباره نمونه برداری
- ۱۰۴ - ۳-۳-۹- نگهداری آب قبل از آزمایش
- ۱۰۴ - ۳-۳-۱۰- زمان بین نمونه برداری و آزمایش
- ۱۰۷ - ۳-۳-۱۱- برداشت نمونه با اوگر
- ۱۰۷ - ۳-۳-۱۲- حفاری جهت اکتشاف کانسار لیتیم شورا به ای
- ۱۰۸ - ۳-۳-۱۳- مطالعات ژئوفیزیک
- ۱۰۹ - ۳-۳-۱۳-۱- لاگ های ژئوفیزیک
- ۱۱۱ - ۳-۳-۱۴- آنالیز نمونه های حاوی لیتیم در آزمایشگاه اصلی
- ۱۱۲ - ۳-۳-۱۵- مشکلات کار با نمونه های شورا به ای
- فصل دوم
- ۱۱۳ - لیتیم در ایران (معرفی محدوده های امیدبخش)
- ۱۱۴ - ۱-۱- معرفی نواحی مستعد کانی زایی لیتیم در ایران
- ۱۱۵ - ۲-۱- پراکندگی سنگهای پگماتیتهای در ایران
- ۱۲۱ - ۳-۱- نواحی مستعد کانی زایی لیتیم در محیط های شورا به ای و پلایاهای ایران
- ۱۲۱ - ۱-۳-۱- پراکندگی شورا به ها و کفه های نمکی در ایران
- ۱۲۲ - ۱-۳-۲- پلایا در ایران
- ۱۲۳ - ۱-۲-۳-۱- کفه های رسی

- ۱۲۴ ۱-۳-۲-۲- زون مرطوب
- ۱۲۵ ۱-۳-۲-۳- پوسته نمکی
- ۱۲۵ ۱-۳-۲-۴- دریاچه‌های فصلی (متناوب)
- ۱۲۶ ۱-۳-۲-۵- دریاچه دائم
- ۱۲۶ ۱-۳-۲-۶- مرداب
- ۱۲۷ ۱-۳-۲-۷- تقسیم بندی پلایاهای ایران
- ۱۳۳ ۱-۳-۲-۸- معرفی مناطق شورابه ای و پلایاهای مستعد کانه زایی ایران
- ۱۳۳ ۱-۳-۲-۹- پلایاها و شورابه های واقع در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ آباده
- ۱۳۵ ۱-۳-۲-۱۰- پلایاها و شورابه های واقع در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ آران
- ۱۳۵ ۱-۳-۲-۱۱- پلایاها و شورابه های واقع در نقشه های ۱:۲۵۰۰۰۰ اقلید - انار
- ۱۳۸ ۱-۳-۲-۱۲- پلایاها و شورابه های واقع در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ الله آباد
- ۱۳۸ ۱-۳-۲-۱۳- پلایاها و شورابه های واقع در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ انارک
- ۱۴۰ ۱-۳-۲-۱۴- پلایاها و شورابه های واقع در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ بیرجند
- ۱۴۵ ۱-۳-۲-۱۵- پلایاها و شورابه های واقع در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ تبریز
- ۱۴۵ ۱-۳-۲-۱۶- دریاچه ارومیه واقع در نقشه های ۱:۲۵۰۰۰۰ تبریز - ارومیه
- ۱۴۵ ۱-۳-۲-۱۷- پلایاها و شورابه های واقع در نقشه های ۱:۲۵۰۰۰۰ جاجرم - سبزواری
- ۱۴۹ ۱-۳-۲-۱۸- پلایاها و شورابه های واقع در نقشه های ۱:۲۵۰۰۰۰ جندق - طرود - خارتوران
- ۱۴۹ ۱-۳-۲-۱۹- پلایاها و شورابه های واقع در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ خور
- ۱۵۳ ۱-۳-۲-۲۰- پلایاها و شورابه های واقع در نقشه های ۱:۲۵۰۰۰۰ دریاچه هامون
- ۱۵۶ ۱-۳-۲-۲۱- پلایاها و شورابه های واقع در نقشه های ۱:۲۵۰۰۰۰ ده سلم - نخیل آب
- ۱۵۶ ۱-۳-۲-۲۲- پلایاها و شورابه های واقع در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ زابل

- ۱۵۹ ۱-۳-۲-۲۳-پلایاها و شورابه های واقع در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ شاهرخت
- ۱۵۹ ۱-۳-۲-۲۴-پلایاها و شورابه های واقع در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ فردوس
- ۱۶۲ ۱-۳-۲-۲۵-دریاچه حوض سلطان قم واقع در نقشه های ۱:۲۵۰۰۰۰ قم - آران
- ۱۶۲ ۱-۳-۲-۲۶-تالاب میقان واقع در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ قم
- ۱۶۲ ۱-۳-۲-۲۷-پلایاها و شورابه های واقع در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ کاشمر
- ۱۶۶ ۱-۳-۲-۲۸-پلایاها و شورابه های واقع در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ کرمان
- ۱۶۶ ۱-۳-۲-۲۹-پلایاها و شورابه های واقع در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ کوه گوگرد
- ۱۶۹ ۱-۳-۲-۳۰-پلایاها و شورابه های واقع در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ نائین
- ۱۷۲ ۱-۳-۲-۳۱-پلایاها و شورابه های واقع در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ نایبندان
- ۱۷۲ ۱-۳-۲-۳۲-پلایاها و شورابه های واقع در نقشه های ۱:۲۵۰۰۰۰ نیریز - انار
- ۱۷۵ ۱-۳-۲-۳۳-پلایاها و شورابه های واقع در نقشه های ۱:۲۵۰۰۰۰ نیریز - داراب
- ۱۷۵ ۱-۳-۲-۳۴-پلایاها و شورابه های واقع در نقشه های ۱:۲۵۰۰۰۰ نیریز - سیرجان
- ۱۷۸ ۱-۳-۲-۳۵-پلایاها و شورابه های واقع در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ یزد
- ۱۸۱ ۴-۱-پراکندگی محیطهای مناسب لیتیم رسوبی در ایران
- ۱۸۱ ۱-۴-۱- معرفی مناطق مستعد کانه زایی لیتیم نوع رسوبی در ایران
- ۱۸۴ ۱-۴-۲-رسوبات مناسب کانه زایی لیتیم واقع در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ آران-کاشان
- ۱۸۴ ۱-۴-۳-رسوبات مناسب کانه زایی لیتیم واقع در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ اردستان
- ۱۸۷ ۱-۴-۴-رسوبات مناسب کانه زایی لیتیم واقع در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ جغتای - صفی آباد
- ۱۸۷ ۱-۴-۵-رسوبات مناسب کانه زایی لیتیم واقع در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ جلفا
- ۱۹۰ ۱-۴-۶-رسوبات مناسب کانه زایی لیتیم واقع در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ چوپانان - نخلک
- ۱۹۰ ۱-۴-۷-رسوبات مناسب کانه زایی لیتیم واقع در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ خضرآباد - ده شیر

- ۱۹۳ ۸-۴-۱- رسوبات مناسب کانه زایی لیتیم واقع در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ خور
- ۱۹۳ ۹-۴-۱- رسوبات مناسب کانه زایی لیتیم واقع در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ داورزن- باشتین- سبزوار
- ۱۹۶ ۱۰-۴-۱- رسوبات مناسب کانه زایی لیتیم واقع در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ دریاچه نمک - سیاه کوه
- ۱۹۶ ۱۱-۴-۱- رسوبات مناسب کانه زایی لیتیم واقع در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ رحمان آباد
- ۱۹۹ ۱۲-۴-۱- رسوبات مناسب کانه زایی لیتیم واقع در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ زواره
- ۱۹۹ ۱۳-۴-۱- رسوبات مناسب کانه زایی لیتیم واقع در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ سه چنگی و جنوب سه چنگی
- ۲۰۲ ۱۴-۴-۱- رسوبات مناسب کانه زایی لیتیم واقع در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ سهل آباد
- ۲۰۲ ۱۵-۴-۱- رسوبات مناسب کانه زایی لیتیم واقع در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ فرمیهن - تفرش
- ۲۰۵ ۱۶-۴-۱- رسوبات مناسب کانه زایی لیتیم واقع در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ قلعه سردار
- ۲۰۵ ۱۷-۴-۱- رسوبات مناسب کانه زایی لیتیم واقع در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ قم- کهک - سراج و آران
- ۲۰۸ ۱۸-۴-۱- رسوبات مناسب کانه زایی لیتیم واقع در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ انارک - کبودان
- ۲۰۸ ۱۹-۴-۱- رسوبات مناسب کانه زایی لیتیم واقع در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ کوه یخاب
- ۲۱۱ ۲۰-۴-۱- رسوبات مناسب کانه زایی لیتیم واقع در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ گورسفید - زردو
- ۲۱۱ ۲۱-۴-۱- رسوبات مناسب کانه زایی لیتیم واقع در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ لطیف
- ۲۱۴ ۲۲-۴-۱- رسوبات مناسب کانه زایی لیتیم واقع در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ مختاران - سهل آباد
- ۲۱۴ ۲۳-۴-۱- رسوبات مناسب کانه زایی لیتیم واقع در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ مرند - تبریز
- ۲۱۷ ۲۴-۴-۱- رسوبات مناسب کانه زایی لیتیم واقع در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ معلمان - ترود
- ۲۱۷ ۲۵-۴-۱- رسوبات مناسب کانه زایی لیتیم واقع در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ نیر - دهشیر
- ۲۲۰ ۲۶-۴-۱- رسوبات مناسب کانه زایی لیتیم واقع در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ نیر
- ۲۲۲ ۵-۱- نتیجه گیری و پیشنهادات
- ۲۲۴ ۲- منابع

۱-۲- منابع فارسی

۲۲۴

۲-۲- منابع انگلیسی

۲۲۵

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

۵	جدول ۱- خواص مهم لیتیم
۱۴	جدول ۲- حلالیت هالیدهای لیتیم در آب
۱۶	جدول ۳- ترکیبات مختلف لیتیم
۱۷	جدول ۴- فراوانی لیتیم در منابع مختلف
۱۷	جدول ۵- عیار لیتیم در انواع کانسارهای مختلف
۲۰	جدول ۶- کانیهای حاوی عنصر لیتیم
۲۳	جدول ۷- اطلاعات کلی اسپدومن
۲۶	جدول ۸- اطلاعات کلی لپیدولیت
۲۹	جدول ۹- اطلاعات کلی پتالیت
۳۱	جدول ۱۰- اطلاعات کلی یوکرپتیت
۳۴	جدول ۱۱- اطلاعات کلی آمبلی گونیت
۳۷	جدول ۱۲- اطلاعات کلی هکتوریت
۳۹	جدول ۱۳- اطلاعات کلی ژادریت
۴۵	جدول ۱۴- معادن معروف لیتیم دنیا با بیش از ۱۰۰۰۰۰ تن ماده معدنی
۵۱	جدول ۱۵- تولیدات لیتیم دنیا بر حسب ۱۰۰۰ تن
۶۰	جدول ۱۶- طبقه بندی پگماتیت گرانیت ها بر اساس سیستم زمین شناسی، پاراژنتیک و ژئوشیمیایی
۶۱	جدول ۱۷- زیر شاخه های مهم و خصوصیات ۵ کلاس از گرانیت پگماتیت ها ارائه شده
۶۲	جدول ۱۸- طبقه بندی پترولوژیکی گرانیت پگماتیت های عناصر نادر، انشقاق یافته از انواع پلوتون ها

جدول ۱۹- ترکیبات معمول شورابه های حاوی لیتیم ۷۴

جدول ۲۰- روش نمونه برداری، محافظت و مدت زمان نگهداری نمونه های آب ۱۰۵

جدول ۲۱- تقسیم بندی پلایه های ایران بر اساس کرینسلی ۱۲۷

جدول ۲۲- فهرست حوضه های آبریز و مهم ترین پلایه های ایران و بعضی از مشخصات آنها ۱۳۶

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

۴	شکل ۱- نماد شیمیایی عنصر لیتیم
۴	شکل ۲- فلز لیتیم با جلای فلزی
۷	شکل ۳- جایگاه فلز لیتیم در جدول تناوبی
۸	شکل ۴- ساختار هشت وجهی بلور ان- بوتیل لیتیم
۲۱	شکل ۵- کانی اسپدومن که در پگماتیت های والنوت هیل یافت شده اند
۲۲	شکل ۶- بلور بی رنگ و صورتی کانی کونزیت که تراش خورده در کنار بلور سبز رنگ هیدنیت
۲۲	شکل ۷- کانی کونزیت اسپدومن
۲۴	شکل ۸- لپیدولیت در پگماتیت های آرکئن
۲۵	شکل ۹- کانی لپیدولیت نقره ای رنگ معدن هیمالیا
۲۵	شکل ۱۰- کانی لپیدولیت سبز رنگ
۲۷	شکل ۱۱- کانی پتالیت
۲۸	شکل ۱۲- کانی پتالیت کشور برزیل با ...
۲۸	شکل ۱۳- کانی پتالیت صورتی رنگ
۳۰	شکل ۱۴- کانی یوکریپتیت
۳۲	شکل ۱۵- کانی آمبلی گونیت
۳۳	شکل ۱۶- کانی آمبلی گونیت سبز

- شکل ۱۷- کانی هکتوریت ۳۵
- شکل ۱۸- کانی هکتوریت ۳۶
- شکل ۱۹- کانی ژادريت ۳۸
- شکل ۲۰- BGS نمودارهای تولید لیتیم را از دهه‌ی ۱۹۲۰ مقایسه کرده است. ۴۴
- شکل ۲۱- موقعیت کانسارهای لیتیم در دنیا، نقاط مشخص شده معادن لیتیم تا ماه می ۲۰۱۶ هستند ۴۷
- شکل ۲۲- میزان تقاضای محصولات لیتیم از سال ۲۰۱۵-۲۰۲۱ ۴۸
- شکل ۲۳- گزارشهای اخیر صادرات جهانی کربنات، اکسیدها و هیدروکسیدهای لیتیم ۴۹
- شکل ۲۴- کشورهای صادر کننده اصلی کربنات لیتیم، اکسید و هیدروکسیدهای لیتیم ۵۰
- شکل ۲۵- نمودار میزان ذخایر لیتیم کشورهای جهان ۵۲
- شکل ۲۶- نمودار میزان تولیدات لیتیم کشورهای جهان ۵۳
- شکل ۲۷- تصویر شماتیک از توزیع منطقه ای رده ها و زیر رده های.... ۵۷
- شکل ۲۸- نقشه پراکندگی پگماتیت‌های LCT های جهان ۶۶
- شکل ۲۹- کانسار رس هکتوریتی در McDermitt Caldera complex نزدیک به مرز بین ۷۳
- شکل ۳۰- مدل رسوب گذاری شماتیک شورابه لیتیم‌دار که نمایانگر بخشی از یک سیستم ۸۱
- شکل ۳۱- نقشه جهانی نهشته‌های شورابه‌ای لیتیم‌دار. (B) منابع لیتیمی در . ۸۳
- شکل ۳۲- روش برداشت نمونه از توده پگماتیتی لیتیم دار Yellowknife ۸۷
- شکل ۳۳- نقشه برداشت نمونه به روش کانال از توده پگماتیتی لیتیم دار Yellowknife ۸۸
- شکل ۳۴- نقشه حفاریهای انجام شده در معدن لیتیم پگماتیتی Kings Mountain ۹۰
- شکل ۳۵- برونزدهای وسیع در سطح از سنگهای رسی و آلتره.... ۹۱
- شکل ۳۶- نقشه برداشت نمونه به روش نمونه برداری سیستماتیک Cypress' Flagship Dean ۹۲
- شکل ۳۷- فاز ۴، حفاری در منطقه Cypress' Flagship Dean ۹۳

- شکل ۳۸- پروفیل گمانه حفر شده در معدن The King Valley ۹۵
- شکل ۳۹- نقشه مناطق حفاری معدن The King Valley ۹۶
- شکل ۴۰- گراف مراحل آماده سازی نمونه های حاصل از حفاری در معدن The King Valley ۹۷
- شکل ۴۱- نمای از یک پلایا ۹۸
- شکل ۴۲- انجام آزمایشات صحرایی در هنگام برداشت نمونه ۱۰۱
- شکل ۴۳- برداشت نمونه با اوگر و کندن سطح پلایا تا رسیدن به شورابه، جهت برداشت شورابه ۱۰۷
- شکل ۴۴- استخراج شورابه ها در منطقه Clayton Valley ۱۰۸
- شکل ۴۵- مطالعات ژئوفیزیک گراویتی، حوضه لیدا ولی شامل معادن جیمینی شرقی.... ۱۰۹
- شکل ۴۶- حفاری با انواع مته های الماسه و روش سونیک، برداشت نمونه خاک و شورابه ۱۱۰
- شکل ۴۷- دستگاه فلیم فتومتر ۱۱۱
- شکل ۴۷- انواع محیطهای مناسب کانه زایی لیتیم در ایران ۱۱۴
- شکل ۴۸- نقشه پراکندگی سنگهای پگماتیتهای ایران ۱۱۶
- شکل ۴۹- موقعیت قرار گیری پگماتیتهای در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ چادرملو ۱۱۸
- شکل ۵۰- موقعیت قرار گیری پگماتیتهای در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ یزد ۱۱۹
- شکل ۵۱- موقعیت قرار گیری پگماتیتهای در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ زمان آباد ۱۲۰
- شکل ۵۲- نقشه پراکندگی محیطهای مناسب نهشته های شورابه ای لیتیم در ایران ۱۲۲
- شکل ۵۳- نمای شماتیکی از بخش های مختلف یک پلایا و منطقه بندی ... ۱۲۴
- شکل ۵۴- موقعیت پلایاهای ایران و ارتباط آنها با حوضه های ۱۲۹
- شکل ۵۵- موقعیت پلایاها و شورابه های واقع در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ آباده ۱۳۴
- شکل ۵۶- موقعیت پلایاها و شورابه های واقع در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ آران ۱۳۶
- شکل ۵۷- موقعیت پلایاها و شورابه های واقع در نقشه های ۱:۲۵۰۰۰۰ اقلید- انار ۱۳۷

- شکل ۵۸- موقعیت پلایاها و شورآبه های واقع در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ الله آباد ۱۳۹
- شکل ۵۹- موقعیت پلایاها و شورآبه های واقع در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ انارک ۱۴۰
- شکل ۶۰- موقعیت پلایاها و شورآبه های واقع در مرکز نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ بیرجند ۱۴۲
- شکل ۶۱- موقعیت پلایاها و شورآبه های واقع در جنوبغرب نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ بیرجند ۱۴۳
- شکل ۶۲- موقعیت پلایاها و شورآبه های واقع در جنوب شرق نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ بیرجند ۱۴۴
- شکل ۶۳- موقعیت پلایاها و شورآبه های واقع در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ تبریز ۱۴۶
- شکل ۶۴- دریاچه ارومیه واقع در نقشه های ۱:۲۵۰۰۰۰ تبریز- ارومیه ۱۴۷
- شکل ۶۵- موقعیت پلایاها و شورآبه های واقع در نقشه های ۱:۲۵۰۰۰۰ جاجرمد- سبزواری ۱۴۸
- شکل ۶۶- موقعیت پلایاها و شورآبه های واقع در نقشه های ۱:۲۵۰۰۰۰ جندق- طرود - خارتوران ۱۵۰
- شکل ۶۷- موقعیت پلایاها و شورآبه های واقع در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ خور ۱۵۱
- شکل ۶۸- موقعیت پلایاها و شورآبه های واقع در نقشه های ۱:۲۵۰۰۰۰ خور- انارک ۱۵۲
- شکل ۶۹- موقعیت پلایاها و شورآبه های واقع در نقشه های ۱:۲۵۰۰۰۰ خور- طبس - چاه سرب ۱۵۴
- شکل ۷۰- موقعیت پلایاها و شورآبه های واقع در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ دریاچه هامون ۱۵۵
- شکل ۷۱- موقعیت پلایاها و شورآبه های واقع در نقشه های ۱:۲۵۰۰۰۰ ده سلم - نخیل آب ۱۵۷
- شکل ۷۲- موقعیت پلایاها و شورآبه های واقع در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ زابل ۱۵۸
- شکل ۷۳- موقعیت پلایاها و شورآبه های واقع در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ شاهرخت ۱۶۰
- شکل ۷۴- موقعیت پلایاها و شورآبه های واقع در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ فردوس ۱۶۱
- شکل ۷۵- موقعیت دریاچه حوض سلطان واقع در نقشه های ۱:۲۵۰۰۰۰ قم - آران ۱۶۳
- شکل ۷۶- موقعیت تالاب میقان واقع در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ قم ۱۶۴
- شکل ۷۷- موقعیت پلایاها و شورآبه های واقع در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ کاشمر ۱۶۵
- شکل ۷۸- موقعیت پلایاها و شورآبه های واقع در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ کرمان ۱۶۷

- شکل ۷۹- موقعیت پلایاها و شورآبه های واقع در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ کوه گوگرد ۱۶۸
- شکل ۸۰- موقعیت پلایاها و شورآبه های واقع در جنوب غرب نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ نائین ۱۷۰
- شکل ۸۱- موقعیت پلایاها و شورآبه های واقع در نقشه های ۱:۲۵۰۰۰۰ نائین- اردکان ۱۷۱
- شکل ۸۲- موقعیت پلایاها و شورآبه های واقع در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ نایبندان ۱۷۳
- شکل ۸۳- موقعیت پلایاها و شورآبه های واقع در نقشه های ۱:۲۵۰۰۰۰ نیریز - انار ۱۷۴
- شکل ۸۴- موقعیت پلایاها و شورآبه های واقع در نقشه های ۱:۲۵۰۰۰۰ نیریز - داراب ۱۷۶
- شکل ۸۵- موقعیت پلایاها و شورآبه های واقع در نقشه های ۱:۲۵۰۰۰۰ نیریز - سیرجان ۱۷۷
- شکل ۸۶- موقعیت پلایاها و شورآبه های واقع در جنوب نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ یزد ۱۷۹
- شکل ۸۷- موقعیت پلایاها و شورآبه های واقع در نقشه های ۱:۲۵۰۰۰۰ یزد - انار ۱۸۰
- شکل ۸۸- نقشه پراکندگی محیطهای رسوبی مناسب برای کانه زایی لیتیم در ایران.... ۱۸۲
- شکل ۸۹- نقشه همپوشانی تصاویر ماهواره ای استر (جهت بارز سازی مناطق.... ۱۸۳
- شکل ۹۰- موقعیت سازندهای رسوبی مناسب اکتشاف لیتیم واقع در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ آران-کاشان ۱۸۵
- شکل ۹۱- موقعیت سازندهای رسوبی مناسب اکتشاف لیتیم واقع در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ اردستان ۱۸۶
- شکل ۹۲- موقعیت سازندهای رسوبی مناسب اکتشاف لیتیم واقع در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ جغتای - صفی آباد ۱۸۸
- شکل ۹۳- موقعیت سازندهای رسوبی مناسب اکتشاف لیتیم واقع در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ جلفا ۱۸۹
- شکل ۹۴- موقعیت سازندهای رسوبی مناسب اکتشاف لیتیم واقع در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ چوپانان - نخلک ۱۹۱
- شکل ۹۵- موقعیت سازندهای رسوبی مناسب اکتشاف لیتیم واقع در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ خضرآباد - ده شیر ۱۹۲
- شکل ۹۶- موقعیت سازندهای رسوبی مناسب اکتشاف لیتیم واقع در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ خور ۱۹۴
- شکل ۹۷- موقعیت سازندهای رسوبی مناسب اکتشاف لیتیم واقع در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ داورزن- باشتین - سبزوار ۱۹۵
- شکل ۹۸- موقعیت سازندهای رسوبی مناسب اکتشاف لیتیم واقع در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ دریاچه نمک - سیاه کوه ۱۹۷
- شکل ۹۹- موقعیت سازندهای رسوبی مناسب اکتشاف لیتیم واقع در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ رحمان آباد ۱۹۸

- شکل ۱۰۰ - موقعیت سازندهای رسوبی مناسب اکتشاف لیتیم واقع در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ زواره ۲۰۰
- شکل ۱۰۱ - موقعیت سازندهای رسوبی مناسب اکتشاف لیتیم واقع در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ سه چنگی و جنوب سه چنگی ۲۰۱
- شکل ۱۰۲ - موقعیت سازندهای رسوبی مناسب اکتشاف لیتیم واقع در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ سهل آباد ۲۰۳
- شکل ۱۰۳ - موقعیت سازندهای رسوبی مناسب اکتشاف لیتیم واقع در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ فرمهین - تفرش ۲۰۴
- شکل ۱۰۴ - موقعیت سازندهای رسوبی مناسب اکتشاف لیتیم واقع در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ قلعه سردا ۲۰۶
- شکل ۱۰۵ - موقعیت سازندهای رسوبی مناسب اکتشاف لیتیم واقع در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ قم - کهک - سراج و آران ۲۰۷
- شکل ۱۰۶ - موقعیت سازندهای رسوبی مناسب اکتشاف لیتیم واقع در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ انارک - کیودان ۲۰۹
- شکل ۱۰۷ - موقعیت سازندهای رسوبی مناسب اکتشاف لیتیم واقع در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ گوه یخاب ۲۱۰
- شکل ۱۰۸ - موقعیت سازندهای رسوبی مناسب اکتشاف لیتیم واقع در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ گورسفید - زردو ۲۱۲
- شکل ۱۰۹ - موقعیت سازندهای رسوبی مناسب اکتشاف لیتیم واقع در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ لطیف ۲۱۳
- شکل ۱۱۰ - موقعیت سازندهای رسوبی مناسب اکتشاف لیتیم واقع در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ مختاران - سهل آباد ۲۱۵
- شکل ۱۱۱ - موقعیت سازندهای رسوبی مناسب اکتشاف لیتیم واقع در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ تبریز - مرند ۲۱۶
- شکل ۱۱۲ - موقعیت سازندهای رسوبی مناسب اکتشاف لیتیم واقع در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ معلمان - ترود ۲۱۸
- شکل ۱۱۳ - موقعیت سازندهای رسوبی مناسب اکتشاف لیتیم واقع در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ نیر - دهشیر ۲۱۹
- شکل ۱۱۴ - موقعیت سازندهای رسوبی مناسب اکتشاف لیتیم واقع در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ نیر ۲۲۱

تقدیر و تشکر

با حمد و سپاس به درگاه خداوند متعال، بخش آزمایشگاه‌های زمین‌شناسی مرکز پژوهش‌های کاربردی سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور وظیفه خود می‌داند، مراتب تشکر و سپاسگزاری را از تمامی عزیزانی که در تهیه این گزارش یاری نموده‌اند، ابراز نماید.

از جناب آقای مهندس محمد تقی کره ای ریاست محترم سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور به خاطر حمایت‌های بی‌دریغشان تشکر و قدردانی می‌نماید.

از جناب آقای دکتر فریبرز قریب ریاست محترم مرکز پژوهش‌های کاربردی سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور به خاطر همکاری‌های ایشان تشکر و قدردانی می‌نماید.

از خانم مهندس شیدا اسکندری مسئول محترم سایت اکتشاف مرکز پژوهش‌های کاربردی سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور به جهت راهنمایی‌های ارزنده ایشان و در دسترس قرار دادن اطلاعات با ارزش جهت تهیه این گزارش تشکر می‌گردد.

از خانم مهندس شهرزاد ابوتراب و خانم دکتر معصومه خلیج معصومی از همکاران محترم سایت اکتشاف مرکز پژوهش‌های کاربردی سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور به جهت در دسترس قرار دادن اطلاعات کمال تشکر داریم.

از خانم مهندس سهیلا نیلویل مسئول محترم آزمایشگاه ICP-OES مرکز پژوهش‌های کاربردی سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور به جهت راهنمایی‌های ارزنده ایشان و دادن اطلاعات با ارزش جهت تهیه این گزارش تشکر می‌گردد.

از خانم مهندس یگانه احمد زاده تبریزی مسئول محترم آزمایشگاه پلاروگراف مرکز پژوهش‌های کاربردی سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور به جهت راهنمایی‌های ارزنده ایشان و دادن اطلاعات با ارزش جهت تهیه این گزارش تشکر می‌گردد.

کشور

معدنی

اکتشافات

فصل اول

بخش (۱) کلیات

شناسی

سازمان زمین‌شناسی

۱-۱- مقدمه

نام لیتیم گرفته شده از واژه یونانی (litho) به معنی سنگ است و با نماد شیمیایی Li که فلز قلیایی نقره‌ای-سفید و نرم با عدد اتمی ۳ است نمایش داده می‌شود. این عنصر در شرایط استاندارد دما و فشار سبک‌ترین فلز و کم‌چگالی‌ترین عنصر جامد است. مانند دیگر فلزهای قلیایی، لیتیم هم بسیار واکنش پذیر و آتش گیر است به همین دلیل بیشتر آن را زیر روغن صنعتی و یا نفت نگاه می‌دارند. اگر بر روی آن برشی ایجاد شود، بخش بریده شده دارای جلای فلزی خواهد بود اما به دلیل واکنش پذیری زیاد آن خیلی زود با رطوبت هوا واکنش می‌دهد، هوا باعث خوردگی آن می‌شود و به رنگ نقره‌ای تیره مایل به خاکستری و سپس سیاه در می‌آید. به دلیل واکنش پذیری بالای لیتیم، هرگز نمی‌توان آن را به صورت عنصر آزاد در طبیعت پیدا کرد. بلکه همواره در بخشی از یک ترکیب شیمیایی که بیشتر به شکل یونی است، پیدا می‌شود. لیتیم در شبکه تعدادی از کانی‌های پگماتیستی یافت می‌شود اما از آنجایی که در آب حل می‌شود، به صورت یون در آب اقیانوس‌ها و به صورت نمک در آب‌ها و رس دیده می‌شود. در رویکرد تجاری، لیتیم را از الکترولیز آمیخته‌ای از لیتیم کلرید و پتاسیم کلرید بدست می‌آورند.

لیتیم و ترکیب‌های آن کاربردهای فراوانی دارند از آن جمله در شیشه و سرامیک پایدار در برابر گرما، آلیاژهای با مقاومت بالا نسبت به وزن که در فضاپیماها کاربرد دارد، باتری‌های لیتیم و لیتیم-یون. کاربردهای یاد شده بیش از نیمی از لیتیم تولیدی را از آن خود می‌کند.

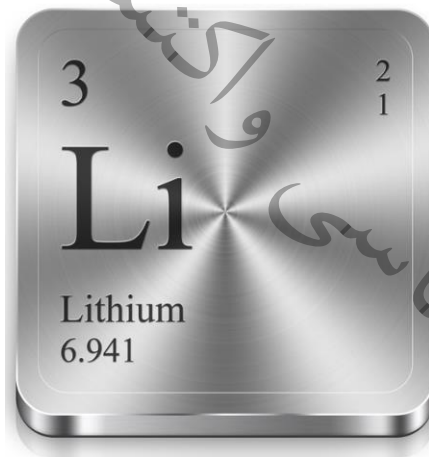
در ظاهر این طور به نظر می‌رسد که لیتیم هیچ نقشی در زندگی حیوان‌ها و گیاهان ندارد و آنها بدون لیتیم هم می‌توانند زنده بمانند، اما در عمل در همه اندام‌های زنده می‌توان ردپای بسیار کم‌رنگ لیتیم را پیدا کرد. یون لیتیم که در قالب نمک‌های گوناگون پیدا می‌شود، بر روی اعصاب انسان اثر می‌گذارد و لیتیم می‌تواند به عنوان دارو در درمان اختلال دوقطبی کمک کند.

۱-۲- تاریخچه کشف عنصر لیتیم

"Johann Arfvedson" عنصر لیتیم را در سال ۱۸۱۷ کشف کرد. "Arfvedson" این عنصر جدید را هنگامی که در سوئد مشغول تجزیه و تحلیل بود، در کانی اسپدومن، لپیدولیت و کانی پتالیت کشف نمود.

"Christian Gmelin" در سال ۱۸۱۸، اولین کسی بود که شاهد قرمز رنگ شدن نمک لیتیم در شعله آتش بود. اما هر دوی این افراد، در جداسازی این عنصر از نمکش ناکام ماندند.

برای اولین بار "W.T. Brande" و "Humphrey Davy" این عنصر را با استفاده از الکترولیز اکسید لیتیم جدا کردند. تولید تجاری فلز لیتیم در سال ۱۹۲۳ بوسیله شرکت آلمانی Metallgesellschaft AG و با استفاده از الکترولیز کلرید لیتیم و کلرید پتاسیم مذاب محقق گشت. ظاهراً نام لیتیم به این علت انتخاب شد که این عنصر در یک کانی معدنی کشف شد، در حالیکه سایر فلزات قلیایی اولین بار در بافتهای گیاهی دیده شده‌اند.



شکل ۱- نماد شیمیایی عنصر لیتیم

۱-۳- کلیات عنصر لیتیم

لیتیم، عنصری شیمیایی و تک ظرفیتی است، با نشان Li و عدد اتمی ۳ که در جدول تناوبی به همراه فلزات قلیایی در گروه ۱ قرار دارد. این عنصر در حالت خالص، فلزی نرم و به رنگ سفید خاکستری می‌باشد که به سرعت در معرض آب و هوا اکسید شده، کدر می‌گردد. لیتیم، سبک‌ترین عنصر جامد بوده، عمدتاً در آلیاژهای انتقال حرارت، در باتری‌ها بکار رفته، در بعضی از تثبیت‌کننده‌های حالت mood stabilizers مورد

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

استفاده قرار می‌گیرد. لیتیم، سبکترین فلزات و دارای چگالی به اندازه نصف چگالی آب است. این عنصر همانند همه فلزات قلیایی به راحتی در آب واکنش داده، به سبب فعالیتش هرگز در طبیعت بصورت آزاد یافت نمی‌شود. با این وجود، هنوز هم واکنش‌پذیری آن از سدیم کمتر است. لیتیم در صورت قرار گرفتن بر روی حرارت، به رنگ زرشکی زیبایی در می‌آید در حالیکه هنگام سوختن بر اثر حرارت شدید، شعله‌های سفید رنگی از خود ساطع می‌نماید.

جدول ۱- خواص مهم لیتیم

Symbol	Li	
Atomic Number	3	
Atomic Weight	6.94	
Density in Solid Form	534	Kg m ³
Melting Point	180.54	0C
Boiling Point	1342	0C
Crystal Structure	Body Centered Cubic	
Hardness	0.6	Mohs Scale
Electrical Resistivity	9.5	mΩ cm
Thermal Conductivity	85	W m ⁻¹ K ⁻¹

برگرفته از: MineralsUK, Centre for sustainable mineral development, British Geological Survey, June 2016

۴-۱- مشخصات فیزیکی و اتمی لیتیم

مانند دیگر فلزهای قلیایی، لیتیم تنها یک الکترون در لایه ظرفیت دارد که تمایل دارد آن را به آسانی از دست دهد و تبدیل به کاتیون شود. به همین دلیل لیتیم یک رسانای خوب گرما و جریان برق است و واکنش‌پذیری بسیار بالایی دارد. با این وجود از نظر واکنش‌پذیری در میان فلزهای قلیایی رتبه آخر را دارد. این واکنش‌پذیری کم نسبت به دیگر عنصرهای گروه، به دلیل نزدیکی زیاد الکترون‌های لایه ظرفیت به هسته اتم لیتیم است. چون دو الکترون باقی‌مانده در تراز ابر الکترونی 1s جای می‌گیرند که تراز انرژی بسیار پایینی دارد برای همین در پیوندهای شیمیایی شرکت نمی‌کنند.

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

فلز لیتیم آنقدر نرم است که با چاقو بریده می‌شود. هنگامی که بریده شد یک سطح نقره‌ای-سفید از آن دیده می‌شود. این قسمت خیلی زود اکسید شده و به رنگ خاکستری در می‌آید. لیتیم دارای یکی از پایین‌ترین نقطه ذوب‌ها در محدوده دمایی 180°C در میان همه فلزها است در حالی که در میان فلزهای قلیایی، بالاترین نقطه ذوب و جوش را دارد.



شکل ۲- فلز لیتیم با جلای فلزی

لیتیم سبک‌ترین فلز جدول تناوبی است با چگالی نزدیک به 0.534 g/cm^3 و یکی از سه فلزی است که روی آب و حتی روغن، شناور می‌ماند. لیتیم کم‌چگالی‌ترین عنصری است که در دمای اتاق بصورت گاز نیست. سبک‌ترین عنصر پس از لیتیم، پتاسیم است که بیش از 60% 0.862 g/cm^3 چگالی دارد. همچنین اگر هلیوم و هیدروژن را کنار بگذاریم، لیتیم کم‌چگالی‌ترین عنصر در میان دیگر عنصرهای جامد و مایع است. برای نمونه لیتیم تنها $3/2$ نیتروژن مایع 0.808 g/cm^3 چگالی دارد.

ضریب انبساط گرمایی لیتیم دو برابر آلومینیم و نزدیک به چهار برابر آهن است. می‌توان گفت لیتیم دارای بالاترین ظرفیت گرمایی در میان همه عنصرهای جامد است. لیتیم در فشار معمولی، در دمایی پایین‌تر از $400 \mu\text{K}$ و در فشارهای بالا، بیش از 20 گیگاپاسکال، در دمای بیش از 9 کلوین ابررسانا می‌گردد. در دمای زیر 70 کلوین، لیتیم هم مانند سدیم دچار استحاله مارتنزیتی می‌شود. همچنین در دمای $4/2$ کلوین دارای سیستم تبلور رومبوهدرال اما در دماهای بالاتر شکل سیستم بلوری اش به سیستم تبلور کوبیک

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

دگرگون می‌شود. در دمای هلیوم مایع (۴ درجه کلوین) ساختار بلوری رومبوهدرال از همه بیشتر دیده شده‌است. در فشارهای بالا، چندشکلی‌های گوناگونی از لیتیم گزارش گردیده است. لیتیم به دلیل ظرفیت گرمایی بسیار بالایی که نسبت به دیگر عنصرهای جامد دارد بیشتر در سردکننده‌ها برای جابجایی گرما به کار گرفته می‌شود.

1	1	1A	2	2	IIA
	1	H hydrogen 1.0079		4	Be beryllium 9.0122
2	3	Li lithium 6.941		12	Mg magnesium 24.305
3	11	Na sodium 22.990		20	

شکل ۳- جایگاه فلز لیتیم در جدول تناوبی

۱-۵- مشخصات شیمیایی لیتیم

لیتیم یک فلز قلیایی (آلکالی) نقره‌ای - سفید تا خاکستری با جلای فلزی زمانی که بدون هوازدگی است. با هوا خیلی زود واکنش می‌دهد و به رنگ‌های کدر و نقره‌ای - طوسی تیره و سپس سیاه تبدیل می‌شود. سبک‌ترین فلز بوده و کمترین دانسیته در کلیه عناصر را دارد در 20°C تبدیل به گاز می‌شود و بر روی آب شناور می‌گردد.

بطور کلی نسبت به دیگر فلزات قلیایی (سدیم، پتاسیم، روبیدیم و سزیم) خیلی نرم، با سختی کمتر از تالک (که یعنی سختی ۱ در مقیاس موهس) است و بنابراین با چاقو برش می‌خورد. این عناصر به راحتی با آب واکنش داده، البته با کمترین انرژی نسبت به فلزات قلیایی دیگر و پتانسیل شعله‌ور شدن و اشتعال با اکسیژن و ممکن است زمانی که در معرض هوای مرطوب قرار بگیرد مشتعل بشود. با این حال در طبیعت به صورت عنصری یافت نمی‌شود و به صورت ترکیبات غیر قابل اشتعال دیده شده است.

اطلاعات منتشر شده مربوط به لیتیم گنج‌کننده است چرا که اصطلاحات توصیفی مختلفی در مورد لیتیم استفاده می‌شود. علامت اختصاری لیتیم (Li) بوده و اکسید لیتیم (Li_2O) همچنین به نام لیتا (lithia) نیز معروف است. همچنین لیتیم طیف گسترده‌ای از ترکیبات شیمیایی از جمله محصولات معروف کربنات لیتیم (Li_2CO_3) یا LCE تشکیل می‌دهد.

لیتیم رسانایی الکتریکی بالا دارد، (در نتیجه مقاومت ویژه پایین) همچنین فلزی الکترون‌گاتیو بوده که این خصوصیت آن را برای استفاده در باتری‌ها ایده‌آل کرده است. بعلاوه لیتیم مقاومت و استحکام مکانیکی سرامیک و شیشه را در برابر شک‌های حرارتی بالا می‌برد.

لیتیم به سادگی با آب واکنش می‌دهد ولی انرژی بسیار کمتری نسبت به دیگری فلزهای قلیایی در این واکنش پدید می‌آید. محصول‌های این واکنش گاز هیدروژن و هیدروکسید لیتیم در محلول آبی است. به دلیل واکنش بالای لیتیم با آب، همواره آن را زیر پوشش هیدروکربن‌های گرانبه‌مانند وازلین نگه می‌دارند. فلزهای قلیایی سنگین‌تر را می‌توان در مواد با گرانبه‌ترین تو، مانند روغن صنعتی نگهداری کرد، لیتیم به اندازه کافی سنگین نیست تا بتواند به طور کامل پایین‌تر از سطح این مایع‌ها قرار گیرد.

در هوای مرطوب لیتیم به سرعت اکسید می‌شود و یک لایه سیاه بر روی آن ساخته می‌شود. این پوشش سیاه رنگ، هیدروکسید لیتیم ($\text{LiOH}\cdot\text{H}_2\text{O}$, LiOH) لیتیم نیتريت (Li_3N) و لیتیم کربنات (Li_2CO_3)، نتیجه یک واکنش دوم میان (LiOH) و (CO_2) است.



شکل ۴- ساختار هشت وجهی بلور ان- بوتیل لیتیم

هنگامی که لیتیم در برابر آتش قرار گیرد، ترکیب‌های آن رنگ لاکه (قرمز سیر) از خود نشان می‌دهند اما در صورتی که این ماده آتش گیرد، شعله به رنگ نقره‌ای در خواهد آمد. هرگاه لیتیم در تماس با آب یا بخار آن، قرار گیرد شعله‌ور می‌شود و با اکسیژن می‌سوزد. لیتیم به خودی خود آتش گیر است و توان انفجار

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

دارد بویژه هنگامی که در هوای آزاد و در تماس با آب قرار گیرد. با این حال این ویژگی لیتیم نسبت به دیگر فلزهای قلیایی، از همه کم‌رنگ تر است. واکنش لیتیم با آب در دمای معمولی، به تندی صورت می‌گیرد اما آسیب رسان نیست و هیدروژن تولیدی به خودی خود آتش نمی‌گیرد. مانند دیگر فلزهای قلیایی، خاموش کردن آتش لیتیم کمی دشوار است و حتماً باید از گردهای خاموش کننده آتش، رده D کمک گرفت. لیتیم تنها فلزی است که در دمای معمولی و شرایط معمولی با نیتروژن واکنش می‌دهد.

لیتیم یک سری همانندی‌های قطری هم با منیزیم دارد. این دو فلز دارای شعاع اتمی و یونی یکسان اند. همانندی‌های شیمیایی این دو عبارتند از: ساختن نیتريد در اثر واکنش با (N_2) ، ساختن اکسید (Li_2O) و پراکسید (Li_2O_2) در هنگام سوختن با (O_2) ، پدیدآوردن نمک‌هایی با ویژگی حل شدنی همانند و ناپایداری گرمایی کربنات و نیتريد آن‌ها. این فلز در دمای بالا با گاز هیدروژن واکنش می‌دهد و لیتیم هیدرید (LiH) را تولید می‌کند.

دیگر ترکیب‌های دوتایی لیتیم عبارتند از هالیدها $(LiI, LiBr, LiCl, LiF)$ و سولفید (Li_2S) ، سوپراکسید (LiO_2) ، کربید (Li_2C_2) . همچنین شمار بسیاری ترکیب‌های غیرآلی هم از این عنصر شناخته شده‌است که در آن لیتیم با یون‌ها آمیخته می‌شود و نمک‌های گوناگونی را پدید می‌آورد. که از آن جمله می‌توان به بورات‌ها، آمیدها، کربنات، نیترات، بوروهیدرید $(LiBH_4)$ و... اشاره کرد. چندین واکنشگر ناب آلی از لیتیم هم شناخته شده‌است که در آن‌ها پیوند کووالانسی مستقیم میان کربن و لیتیم برقرار شده و کربانیون (یون کربنی است که در آن جفت الکترون‌های که به اشتراک گذاشته نشده اند دیده میشوند و یون بار منفی دارد) را ساخته‌است. این‌ها بازها و هسته دوست‌هایی بسیار قوی اند. در بسیاری از ترکیب‌های آلی لیتیم، یون‌های لیتیم دوست دارند به صورت خوشه‌های با تقارن بالا روی هم انباشته می‌شوند. می‌توان گفت این ویژگی برای کاتیون‌های قلیایی معمول است.

۱-۶- ایزوتوپ‌های لیتیم

Li^6 و Li^7 دو ایزوتوپ پایدار لیتیم و دارای بیشترین فراوانی (۹۲/۵٪) است. این دو ایزوتوپ پایدار در مقایسه با دو عنصر سبک و سنگین همسایگی خود یعنی هلیم و بریلیم، به صورت غیرطبیعی، انرژی

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

پیوستگی هسته‌ای پایینی به ازای هر هسته دارند. به جز دوتریوم و هلیم-۳، دو هسته لیتیم انرژی پیوستگی کمتری به ازای هر هسته، نسبت به هر هسته پایدار دیگری دارند. در نتیجه این پدیده، عنصر لیتیم با اینکه وزن اتمی کمی دارد اما در سامانه خورشیدی از دید فراوانی، در میان ۳۲ عنصر، رتبه ۲۵ ام را دارد. هفت ایزوتوپ پرتوزا برای لیتیم پیدا شده‌است که پایدارترین آن‌ها Li^8 با نیمه‌عمر ۸۳۸ میلی ثانیه و Li^9 با نیمه عمر ۱۷۸ میلی ثانیه‌است. دیگر ایزوتوپ‌های پرتوزا نیمه‌عمری کمتر از $8/6$ میلی ثانیه دارند. ناپایدارترین ایزوتوپ این عنصر Li^4 با نیمه‌عمر $10^{-23} \times 7/6$ ثانیه است که در آن پروتون پرتوزایی می‌کند. ایزوتوپها لیتیم، بطور طبیعی متشکل از ۲ ایزوتوپ پایدار Li^7 و Li^6 است که Li^7 فراوان‌تر است (و فور طبیعی ۹۲/۵٪). ۶ رادیوایزوتوپ هم برای آن وجود دارد که پایدارترین آنها، Li^8 با نیمه عمر ۸۳۸ هزارم ثانیه و Li^9 با نیمه عمر $3/178$ هزارم ثانیه می‌باشد. مابقی ایزوتوپهای رادیواکتیو، نیمه عمرهایی کمتر از $5/8$ هزارم ثانیه داشته یا ناشناخته‌اند.

ایزوتوپهای لیتیم طی یک سری فرآیندهای طبیعی مختلف از جمله تشکیل مواد معدنی (رسوب شیمیایی)، متابولیسم، جابجائی یونی (در برخی از کانیها که Li^6 به Li^7 ترجیح داده شده و لیتیم جایگزین منیزیم و آهن می‌شود).

Li^7 یکی از عنصرهای بسیار کهن (یا دقیق‌تر بگوییم هسته‌های بسیار کهن) است، که در جریان هسته‌زایی انفجار بزرگ پدید آمده‌است. گمان آن می‌رود که مقدار اندکی از Li^6 و Li^7 در ستاره‌ها پدید می‌آید اما به همان سرعتی که ایجاد می‌شود به همان سرعت، می‌سوزد و دوباره مصرف می‌شود. علاوه بر این احتمالاً مقدار اندکی از Li^6 و Li^7 در اثر بادهای خورشیدی و برخورد پرتوهای کیهانی با اتم‌های سنگین تر و در نتیجه واپاشی ایزوتوپ‌هایی مانند Be^7 و Be^{10} پدید می‌آیند. هنگامی که لیتیم در جریان هسته‌زایی ستاره‌ها پدید می‌آید دوباره سوخته و مصرف می‌شود. همچنین Li^7 در ستاره‌های کربنی هم می‌تواند تولید شود.

فرایندهای طبیعی گوناگونی می‌توانند ایزوتوپ‌های لیتیم را تولید کنند. از جمله آن‌ها می‌توان به پدیده‌های شیمیایی هنگام ساخت کانی‌ها، دگرگونی و داد و ستدهای یونی اشاره کرد. یون لیتیم در کانی‌های رسی هشت وجهی جایگزین منیزیم و آهن می‌شود.

۷-۱- ترکیبات لیتیم

خواص منحصر به فرد یون لیتیم به دلیل کوچکی اندازه آن باعث بالا بودن چگالی بار الکتریکی بر روی آن شده است. ایزوتوپ Li^6 که دارای شعاع نوترونی بزرگی می‌باشد. کاربردهایی در زمینه وسیله گرما هسته ای، سپرهای نوترونی و تولید تریتیوم پیدا کرده است. تمامی این موارد به ویژه برای راکتورهای جوش هسته ای، جهت واحدهای نیروگاهی آینده اهمیت می‌یابند. از لیتیم برای درمان موثر اختلالات روحی نیز استفاده می‌شود و در کاربردهای دیگر پزشکی نیز پیشنهاد شده است. اندازه و چگالی بار این سبکترین یون فلزی باعث کاربرد در تکنولوژی‌های آینده خواهد شد.

۱-۷-۱- استات لیتیم

استات لیتیم از واکنش بین کربنات لیتیم یا هیدروکسید لیتیم و اسید استیک بدست می‌آید. استات لیتیم دو آبه متبلور $CH_3COOLi \cdot 2H_2O$ در $8/58^\circ C$ در آب تبلور خود ذوب می‌شود. نمک بدون آب در $291^\circ C$ بدون تجزیه شدن ذوب می‌شود. حلالیت این ماده در آب که بر چسب نمک بدون آب بیان می‌شود، در $25^\circ C$ برابر ۳۱ درصد و در $100^\circ C$ برابر ۶۶ درصد است. کاربرد استات لیتیم در ساخت الیاف پلی استر و در فرآیندهای کاتالیستی خاص می‌باشد.

۱-۷-۲- کربنات لیتیم

کربنات لیتیم Li_2CO_3 در فرآیندهای صنعتی از واکنش بین کربنات سدیم و سولفات لیتیم یا کلرید لیتیم در حالت محلول تولید می‌شود. این واکنش تحت درجه حرارت‌های ملایم تر انجام می‌شود، زیرا حلالیت کربنات لیتیم با افزایش دما کاهش می‌یابد. این حلالیت برابر $1/52 - 1/31 - 1/16 - 0/84$ - $0/71$ درصد وزنی به ترتیب در درجه حرارت‌های $0, 20, 40, 60, 80$ و 100 درجه سانتیگراد است.

کربنات لیتیم ماده اولیه واکنش‌های تولیدی بسیاری از نمک‌های لیتیم شامل هیدروکسید است. تجزیه کربنات لیتیم در دمای بالاتر از (726°C نقطه ذوب) صورت می‌گیرد. از کربنات لیتیم در تهیه سرامیک‌های شیشه‌ای لیتیم آلومینوسیلیکات استفاده می‌شود که دارای ضرایب انبساط حرارتی کمی هستند و در گسترده بزرگی از درجه حرارت‌ها قابل کاربرد می‌باشند. این ماده همچنین دارای کاربردهایی در صنایع شیشه و لعاب می‌باشد. پیل‌های سوختی کربنات مذاب، مخلوطی از کربنات‌های لیتیم و پتاسیم است که نقش الکترولیتی دارند. نوع خاصی از کربنات لیتیم در درمان اختلالات روحی شامل افسردگی بالینی و ناراحتی‌های دو قطبی بکار برده می‌شود.

۱-۷-۳- هالیدهای لیتیم

پایداری هالیدهای لیتیم با افزایش وزن اتمی اتم هالوژن کاهش می‌یابد. اما حلالیت آنها از فلورید لیتیم که بسیار کم محلول است شروع می‌شود و تا برومید و یدید لیتیم که بسیار محلول هستند، می‌رسد. پائین بودن نقطه ذوب هالیدهای لیتیم کاربرد آنها را در کمک ذوب‌ها بسیار مناسب ساخته است.

۱-۷-۴- فلورید لیتیم

فلورید لیتیم LiF از واکنش بین کربنات یا هیدروکسید لیتیم و اسید هیدروفلوریک تهیه می‌شود. این نمک در 848°C ذوب و در 2681°C به جوش می‌آید. این ماده یک کمک ذوب قوی برای شیشه‌های، لعاب‌ها و ... می‌باشد و باعث پائین آوردن ضرایب انبساط حرارتی شیشه‌ها می‌شود. این ماده یک جز مهم در ساخت شیشه‌های فلوریدی برای کاربرد نوری مادون قرمز نیز می‌باشد. فلورید لیتیم در کمک ذوب‌های جوشکاری و در لحیم کاری پوششی مفتولی نیز بکار می‌رود. فلورید لیتیم را می‌توان به صورت یکجا از واکنش بین کربنات لیتیم و فلورید آلومینیوم تهیه کرد که به عنوان جزء فعال حاوی لیتیم در بهبود بازدهی الکترولیز در سلول‌های احیاء آلومینیوم بکار می‌رود. این نمک در آب بسیار کم محلول می‌باشد (0.133 گرم نمک در 100 گرم آب در 25°C) و از این نظر شبیه فلوریدهای کلسیم و منیزیم می‌باشد.

۱-۷-۵- کلرید لیتیم

کلرید لیتیم LiCl از واکنش بین کربنات یا هیدروکسید لیتیم با اسید هیدروکلریک تهیه می‌شود. این نمک در 60.8°C ذوب و در 1382°C به جوش می‌آید. ترکیب اتکتیک حاوی ۴۱ درصد مولی LiCl و ۵۹ درصد مولی KCl با نقطه ذوب 352°C ، LiCl به عنوان الکترولیت در الکترولیز نمک مذاب تولید فلز لیتیم بکار می‌رود. همچنین از این ماده به همراه سایر هالیدهای قلیایی در کک ذوب های جوشکاری و سایر کاربردهای حاوی نمک مذاب همانند الکترولیت برای باتری های لیتیومی با دمای بالا، استفاده می‌شود. این نمک به شدت جاذب الرطوبه است و برای رطوبت زدایی بکار می‌رود. این نمک در آب بسیار محلول است هیدرات های $\text{H}_2\text{O LiCl}\cdot\text{H}_2\text{O-LiCl}_2$ در دماهای زیر 100°C رسوب می‌کند. این نمک در الکل ها و آمین ها نیز حلالیت قابل توجهی دارد.

۱-۷-۶- برومید لیتیم

برومید لیتیم LiBr از واکنش بین کربنات یا هیدروکسید لیتیم و اسید هیدروبرمیک تهیه می‌شود. نمک بدون آب این ماده در 550°C ذوب و در 1310°C به جوش می‌آید. برومید لیتیم یکی از اجزا الکترولیت های اتکتیک دارای نقطه ذوب پائین مصرفی در باتری های لیتیومی با دمای بالا می‌باشد. این نمک که به شدت در آب محلول است. از محلول های آبدار نوع هیدرات های $\text{LiBr}\cdot\text{H}_2\text{O-LiBr}\cdot\text{3H}_2\text{O-LiBr}\cdot\text{2H}_2\text{O}$ متبلور می‌گردد. نمک بدون آب این ترکیب از خشک کردن هیدرات ها، تحت شرایط خلاء و دماهای بالا به دست می‌آید. حلالیت زیاد این نمک و در نتیجه پائین بودن فشار بخار آب محلول های آبدار آن، آنرا برای سیستم های جذبی تهویه هوا مفید می‌سازد. بازدهی های تکنولوژی تهویه هوای جذبی برومید لیتیم از تکنولوژی سرد کننده های فلور و کلرو کربن ها (فرئون ها) نیز پیشی گرفته است. محلول های قلیایی برومید لیتیم می‌تواند با اکسیژن واکنش دهند و تحت شرایط خاص تولید هیپروبرومیت ها و برومات ها نمایند.

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

جدول ۲- حلالیت هالیدهای لیتیم در آب

ترکیب فاز جامد	درصد وزنی نمک لیتیم	درجه حرارت
LiCl		
LiCl ₂ H ₂ O	۴۰/۲	۰
LiCl ₂ H ₂ O+LiCl ₂ H ₂ O	۴۵/۲	۱۹/۴
LiClH ₂ O	۴۵/۲	۲۰
LiClH ₂ O	۴۸/۳	۵۰
LiClH ₂ O	۵۳	۸۰
LiClH ₂ O+LiCl	۵۶	۹۵
LiCl	۵۶/۳	۱۰۰
LiBr		
LiBr ₃ H ₂ O	۵۶/۷	۰
LiBr ₃ H ₂ O+ LiBr ₂ H ₂ O	۵۸/۳	۳
LiBr ₂ H ₂ O	۶۰/۲	۲۰
LiBr ₂ H ₂ O	۶۲	۳۰
LiBr ₂ H ₂ O+ LiBrH ₂ O	۶۲	۴۲/۷
LiBr ₂ H ₂ O	۶۵/۵	۵۰
LiBr ₂ H ₂ O	۶۷/۸	۸۰
LiBr ₂ H ₂ O	۶۹/۵	۱۰۰

برگرفته از: سعادت، ترشیزیان، اکتشاف منابع لیتیم در کاشمر، پایان نامه ۱۳۹۲

۱-۷-۷- دید لیتیم

دید لیتیم، LiI از نظر تهیه دشوارترین هالید لیتیم می باشد و کاربردهای کمی دارد. محلول های آبدار این نمک را می توان از خنثی سازی دقیق اسید هیدرویدیک با کربنات یا هیدروکسید لیتیم تهیه کرد. تغلیظ کردن محلول های آبی آن منجر به تشکیل نمک های تری هیدرات، دی هیدرات و منو هیدرات شده که به ترتیب در ۷۵، ۷۹ و ۱۳۰ درجه سانتیگراد ذوب می شوند. نمک بدون آب را می توان با خشک کردن دقیق و تحت خلاء تهیه کرد. عموماً دید لیتیم بدون آب را از ترکیب نمک لیتیم فاز جامد یا هیدرید لیتیم با ید در محیط حلال های آلی تهیه می کنند. این نمک فوق العاده در آب محلول است (۶۲/۶ درصد وزنی) در $25^{\circ}C$ و محلول های حاصل دارای فشار بخار فوق العاده کمی هستند. دید لیتیم به عنوان الکترولیت در برخی باتری های لیتیومی که در آنها دید لیتیم از واکنش فلز لیتیم با ید تهیه می شود، ایجاد می شود. همچنین از این نمک در تهیه مخلوط نمک های دارای نقطه ذوب پائین و به عنوان کاتالیست در واکنش های آلدول تراکمی نیز استفاده می شود.

۱-۷-۸- هیدروکسید لیتیم

هیدروکسید لیتیم یک آبه $LiOH.H_2O$ را در صنعت از واکنش بین کربنات لیتیم و هیدروکسید کلسیم در دوغاب های آبی تهیه می کنند. در این واکنش کربنات کلسیم تولید می شود که پس از جداسازی آن، محلول باقیمانده را برای کریستالیزاسیون و تولید هیدروکسید لیتیم یک آبه بکار می برند. هیدروکسید لیتیم محلول ترین هیدروکسید قلیایی است و حلالیت آن با دما تغییر چندانی نمی کند. از هیدروکسید لیتیم می توان در ساخت نمک های مختلف لیتیم استفاده کرد. مصرف عمده این نمک در ساخت استئارات لیتیم (یک ترکیب صابونی است که از واکنش اسید استئاریک با هیدروکسید لیتیم ساخته می شود) است. که تا مقدار ۱۰٪ وزنی به گریس های روانکاری افزوده می شود. نمک حاصل دارای حلالیت کمی در آب بوده و ویسکوزیته گریس را در دماهای کم و زیاد تا حد قابل قبولی افزایش می دهد. هیدروکسید لیتیم در تولید جوهرها نیز بکار می رود و به عنوان منبع یون های لیتیم برای جلوگیری از لخته شدن قلیایی در بتن ها نیز پیشنهاد شده است. هیدروکسید لیتیم بدون آب $LiOH$ از حرارت دادن هیدروکسید لیتیم یک آبه تا دمای

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

بالای 100°C بدست می‌آید. این نمک در 462°C ذوب می‌شود. هیدروکسید لیتیم بدون آب یک جاذب بسیار موثر برای دی‌اکسید کربن است. ساختمان متخلخل این نمک این امکان را فراهم می‌سازد، که کاملاً به کربنات تبدیل شود بدون اینکه در راندمان جذب کاهشی مشاهده شود. بنابراین LiOH نقش مهمی در حذف دی‌اکسید کربن از محیط‌های تنفسی سر بسته همانند زیر دریایی‌ها و یا سفینه‌های فضایی دارد. تقریباً 750 گرم هیدروکسید لیتیم برای جذب دی‌اکسید کربن تولید شده بوسیله یک نفر در یک روز مورد نیاز است.

جدول ۳- ترکیبات مختلف لیتیم

ترکیب شیمیایی مختلف لیتیم	فرمول شیمیایی	ترکیبات		
		مقادیر لیتیم	مقادیر اکسید لیتیم	مقادیر کربنات لیتیم
لیتیم	Li		۲/۱۵۳	
اکسید لیتیم	Li ₂ O	۰/۴۶۴		۲/۴۷۳
کربنات لیتیم	Li ₂ CO ₃	۰/۱۸۸	۰/۴۰۴	
کلرید لیتیم	LiCl	۰/۱۶۳	۰/۳۶۲	۰/۸۷۱
برومید لیتیم	LiBr	۰/۰۸۰	۰/۱۷۲	۰/۴۲۵
هیدروکسید لیتیم مونو هیدراته	LiOH.H ₂ O	۰/۱۶۵	۰/۳۵۶	۰/۸۸۰
باتی لیتیم	C ₄ HgLi	۰/۱۰۸	۰/۲۳۳	۰/۵۷۶

برگرفته از: MineralsUK, Centre for sustainable mineral development, British Geological Survey, June 2016

۱-۸- میانگین فراوانی لیتیم در پوسته زمین

برآورد میانگین فراوانی لیتیم در پوسته زمین متفاوت بوده اما این احتمال وجود دارد که در حدود ۱۷ الی ۲۰ ppm باشد. در سنگهای آذرین فراوانی آن معمولاً ۳۸-۴۰ ppm اما در سنگهای رسوبی مقدار آن ممکن به بیش از ۵۳-۶۰ ppm (اوانز، ۲۰۱۴، کانس، ۲۰۰۶).

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

جدول ۴- فراوانی لیتیم در منابع مختلف

نوع	کمترین عیار (%Li)	معادن
شورابه	۰/۰۲	- Searles Lake closed at avg. 0.008% Li - Lowest content is Silver Peak, operating at avg. 0.02% Li since 1966
پگماتیت (اسپدومن)	۰/۵۹	- Lowest content is Jiajika, operating at 0.59% Li - Kings Mountain closed at avg. grade of 0.69% Li - Note: Bikita and Yichun are operating and may have lower Li content, but their Li content could not be verified
سنگهای رسوبی (هکتوریت)	۰/۲۷	- Kings Valley being explored, avg. 0.27% Li content - Western Lithium used avg. 0.27% Li as cutoff
سنگهای رسوبی (ژادریت)	۰/۰۹۶	- Jadar Valley being explored, avg. 0.096% Li content - No other jadarite deposits

برگرفته از: Paul Gruber, Pablo Medina, Ann Arbor, A project submitted in partial fulfillment of requirements for the

degree of Master of Science(Natural Resources and Environment), University of Michigan, April, 2010

جدول ۵- عیار لیتیم در انواع کانسارهای مختلف

	Deposit type	Brief description	Typical grade	Examples
Minerals	Pegmatites	Coarse – grained igneous rock formed during late-stage crystallisation of magmas	1.5-4% Li ₂ O	Greenbushes, Australia, North Carolina, USA, Bikita, Zimbabwe
	Hectorite	Lenses of smectite clay in association with volcanic centres	0.4% Li ₂ O	Kings Valley, Nevada, USA, Sonora, Mexico
	Jadarite	Altered sediments in an enclosed basin	1.5% Li ₂ O	Jadar, Sebia
Brines	Continental	Salt pans or salars in enclosed basins with lithium	0.04-0.15% Li	Clayton Valley, USA; Salar de Atacama, Chile, Salar de Hombre Muerto, Argentina

		enrichment likely to be from hot springs		
	Geothermal	Elevated levels of lithium contained in steam at geothermal power stations	0.01- 0.035% Li	Salton Sea area, California, USA
	Oilfield	Elevated levels of lithium contained in waters or brines produced in oilfields	0.01- 0.05% Li	Smackover oilfield, Arkansas, USA

برگرفته از: MineralsUK, Centre for sustainable mineral development, British Geological Survey, June 2016

۹-۱- تأثیرات زیست محیطی

لیتیم هم مانند سایر فلزات آلكالی (قلیایی) به شکل خالص خود بسیار قابل اشتعال و اندکی قابل انفجار است. زمانی که در معرض هوا و بخصوص آب قرار می‌گیرد. این فلز خورنده است و با دقت باید حمل شود تا از تماس با پوست جلوگیری شود. زمانی که لیتیم ذخیره می‌شود، باید در یک مایع هیدروکربن غیر قابل اشتعال مانند انواع هیدروکربن سبک نفت قرار گیرد. تصور بر این است که لیتیم اندکی سمی باشد. این بدان معنی است که زمانی که لیتیم ایجاد مسمومیت می‌کند، غلظت خون تغییر می‌کند.

۱۰-۱- سمیت ترکیبات لیتیم

یون لیتیم به مقدار ۰/۵ گرم در روز کربنات لیتیم، برای درمان بیماران دو قطبی مصرف می‌شود. اما مصرف غلظت‌های بالاتر (۵ گرم در روز LiOH) می‌تواند کشنده باشد. تا هنگام نوشتن این متن یون لیتیم باعث ایجاد بیماری‌های صنعتی نشده است. اما هیدروکسید لیتیم، چه به صورت مستقیم و چه حاصل از هیدرولیز سایر املاح لیتیم، می‌تواند باعث سوزش کاستیکی شود. در صورت تماس پوست بدن با هالیدهای لیتیم آب موجود در پوست را جذب می‌کند.

ایمنی و سلامتی فلز لیتیم

این فلز در اداره حمل و نقل ایالات متحده، در دسته مواد خطرناک در حالت مرطوب، قرار گرفته شده است. نشر گازهای قابل اشتعال هنگام واکنش با آب، ایجاد خوردگی در تماس با چشم و پوست و اشتعال پذیری در حالت جامد در مقایسه با سایر فلزات قلیایی، لیتیم را جزو دسته خطرناک قرار داده است. زیرا در تماس با آب آتش نمی‌گیرد. اما هنگامیکه سطح لیتیم حل شود و یا بر اثر آتش حرارت ببیند به شدت آتش می‌گیرد. لذا بایستی از تماس آن با رطوبت جلوگیری شود. لیتیم را می‌توان بدون هیچ مشکلی تا دمای $^{\circ}\text{C}$ ۲۲۵ در محیط آرگون، هلیوم یا دی‌اکسید کربن جابجا نمود. لیتیم مایع براحتی در هوا آتش می‌گیرد و هنگامیکه آتش گرفت بایستی از روش‌های ویژه‌ای برای خاموش کردن آن استفاده کرد. پودر خشک کلرید لیتیم یک ماده آتش خاموش‌کن موثر است. از پودرهای مس ویژه نیز می‌توان برای این کار استفاده کرد، اما هرگز بایستی از آب، ماسه، تتراکلرید کربن و دی‌اکسید کربن برای خاموش کردن این آتش استفاده نمود. عموماً لیتیم را در روغن‌های معدنی و یا در روغن‌هایی که باعث پوشاندن سطح فلز با یک لایه غیر فعال می‌شود، در بشکه‌های فلزی در بسته‌نگهداری می‌کنند. اگر بشکه از نظر هوا کاملاً آب‌بندی نشده باشد یکسری واکنش‌های سطحی به آرامی صورت می‌گیرد و نیتريد لیتیم تشکیل می‌شود. در شرایطی که هیچگونه هوایی به داخل بشکه نفوذ نکند لیتیم را می‌توان به مدت غیر محدود انبار نمود.

۱۱-۱- کانی‌های لیتیم

لیتیم بخاطر واکنش پذیری بالا به صورت عنصر آزاد در طبیعت وجود ندارد. هر چند بیش از ۱۰۰ کانی شناخته شده حاوی لیتیم بوده و تعداد کمی از آنها در حال حاضر برای استخراج اقتصادی هستند. کانی‌های معمولی که در کانسارهای اقتصادی لیتیم مشاهده شده‌اند در جدول زیر مختصراً شرح داده شده است. همچنین لیتیم را می‌توان در اشکال مختلف از شوره‌ها استحصال کرد.

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

جدول ۶-کانیهای حاوی عنصر لیتیم

Mineral name	Chemical formula	Lithium content (Li%)	Appearance (Colour & Lustre)
Spodumene	$\text{LiAl}(\text{SiO}_3)_2$	3.7	White, colourless, grey, pink, lilac, yellow or green; vitreous
Lepidolite	$\text{K}(\text{Li},\text{Al})_3(\text{Al},\text{Si},\text{Rb})_4\text{O}_{10}(\text{F},\text{OH})_2$	1.39-3.6	Colourless, grey/white, lilac, yellow or white; vitreous to pearl
Petalite	$\text{LiAlSi}_4\text{O}_{10}$	1.6-2.27	Colourless, grey, yellow or white; vitreous to pearly
Eucryptite	LiAlSiO_4	2.1-5.53	Brown, colourless or white; vitreous
Amblygonite	$(\text{Li},\text{Na})\text{AlPO}_4(\text{F},\text{OH})$	3.4-4.7	White, yellow or grey; vitreous to pearly
Hectorite	$\text{Na}_{0.3}(\text{Mg},\text{Li})_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$	0.54	White, opaque; earthy
Jadarite	${}_3\text{O}_7(\text{OH})\text{BSiNaLi}$	7.3	White; porcellanous

MineralsUK, Centre for sustainable mineral development, British Geological Survey, June 2016 :برگرفته از:

۱-۱۲-۱- کانی اسپدومن



شکل ۵- کانی اسپدومن که در پگماتیت‌های والنوت هیل یافت شده اند

اسپدومن، با فرمول شیمیایی $\text{LiAl}(\text{SiO}_3)_2$ فراوان‌ترین کانی حاوی لیتیم در کانسارهای اقتصادی است. که در اشکال منشوری، بلورهای پراکنده، بلورهای در گرانیت و پگماتیت اغلب در کنار کوارتز دیده می‌شوند با سختی بین ۶/۵ تا ۷ در مقیاس موس Mohs و چگالی kg m^{-3} ۳/۱ الی ۳/۲ همچنین دارای رخ‌های طولی بوده و در هوا به کائولینیت و مونت‌موریونیت تجزیه می‌شود. بعضی از انواع آن مانند کونزیت و یا هیدنیت (kunzite or hiddenite) کیفیت گوهر بودن را دارند (کانزاس، ۲۰۰۶؛ گرت، ۲۰۰۴).

اسپدومن، مجموعه‌ای از کانیه‌ها با رنگ‌های متفاوت از سبز - کرم تا نارنجی است. که از منابع مهم Li به شمار می‌رود. نام این کانی از واژه اسپودیوس اخذ شده است. در اسیدها نامحلول بوده و رنگ شعله را قرمز می‌کند.

همچنین اسپدومن، که سیلیکات لیتیم و آلومینیوم است، جزو کانیه‌های سیلیکاته و گروه پیروکسن با شبکه بلوری مونوکلینیک و اشکال منشوری می‌باشد، برای اولین بار در آمریکا کشف شد. و از نظر شکل بلور، قرصی شکل - طویل - منشوری - ماکله با رنگ خاکستری - سیاه جواهری - قرمز (شبه هیدنیت) صورتی تا بنفش مشابه (کونزیت)، شفافیت، شفاف - نیمه کدر، شکستگی صدفی - نامنظم،

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

جلا مات - شیشه ای، رخ ضعیف - مطابق با سطح، کامل - مطابق با، سیستم تبلور، مونوکلینیک و در رده بندی سیلیکات است، همچنین خاصیت مغناطیسی ندارد و منشأ تشکیل آن پگماتیتی - مجاورتی است. کانی های هم پاراژنز، (با مشخصات سختی - چگالی - اشعه X یکسان) اسکاپولیت - آمتیست - لپیدولیت - کوارتز - بریل - تورمالین است، از نظر رژیمان بلوری، آگرگات فشرده - دسته علفی - شعاعی - رخ دار و کمیاب است. بیشتر در سوئد، انگلستان، ایرلند، ماداگاسکار، زیمبابوه، برزیل و آمریکا یافت می شود.



شکل ۶- بلور بی رنگ و صورتی کانی کونزیت که تراش خورده در کنار بلور سبز رنگ هیدنیت



شکل ۷- کانی کونزیت اسپدومن

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

جدول ۷- اطلاعات کلی اسپدومن		
دلیل نامگذاری	لومینسانس سبز - کرم تا نارنجی دارد. از منابع مهم Li به شمار می‌رود. از واژه اسپودیوس اخذ شده است.	
نام دیگر کانی	Spodumene	
مشخصه بلوری	دسته بندی	کانی سیلیکاته، پیروکسن
	نام شیمیایی	Lithium aluminium silicate
	سیستم تبلور	منوکلینیک
فرمول شیمیایی	$LiAl(SiO_3)_2$	
واکنش شیمیایی	نامحلول در اسیدها - رنگ شعله را قرمز می‌کند	
رده بندی	سیلیکات منشوری	
اطلاعات کانی شناسی		
شکل بلوری	قرصی شکل - طویل - منشوری - ماکله	
شکل ظاهری	بلوری - آگرگات فشرده - دسته علفی - شعاعی - رخ دار کمیاب است و بیشتر در سوئد، انگلستان، ایرلند، ماداگاسکار، زیمبابوه، برزیل و آمریکا	
رنگ	خاکستری - سیاه جواهری - قرمز (شبه هیدنیت) صورتی تا بنفش (مشابه کونزیت)	
رنگ خاکه	سیاه	
سختی موس	۶/۵-۷	
وزن مخصوص	۳/۱	
رخ	ضعیف - مطابق با سطح، کامل	
جلا	مات - شیشه ای	
شکستگی	صدفی - نامنظم	
شفافیت	شفاف - نیمه کدر	
خاصیت مغناطیسی	ندارد.	
پاراژنز	اسکاپولیت - آمیتست - لپیدولیت - کوارتز - بریل - تورمالین	
اطلاعات معدنی		
منشا تشکیل	پگماتیتی - مجاورتی	
محل پیدایش	آمریکا	

۱-۱۲-۲- کانی لپیدولیت



شکل ۸- لپیدولیت در پگماتیت های آرکنن

لپیدولیت، با فرمول شیمیایی $K(Li,Al)_3(Al,Si,Rb)_4O_{10}(F,OH)_2$ ، کانی سیلیکاتی از گروه میکا و دومین منبع لیتیم است. این کانی یکی از منابع بزرگ فلزهای قلیایی نادر، روبیدیم و سزیم است. ورقه‌های آن قابل انعطاف است و دارای لومینسانس گاه سبز، نقره ای، طوسی و دیگر رنگها می‌باشد. در سنگ‌های گرانیت پگماتی، گاهی در دمای بالا در کوارتز، گریزن و گرانیت تشکیل می‌شود. لپیدولیت با کوارتز، آمبلی‌گونیت، فلدسپار، تورمالین، کلومبیت، کاسیتريت، توپاز و بریل مرتبط است. تقریباً کمیاب است و در آلمان، چکسلواکی، ایتالیا، کالیفرنیا، ماداگاسکار، موزامبیک، روسیه، برزیل، ژاپن و ... یافت می‌شود.

لپیدولیت یک فرم غیر معمول از میکا است که در پگماتیتها یافت می‌شود. دارای سختی بین ۲/۵ تا ۳ در مقیاس موس و چگالی بین $2/8 \text{ kg m}^{-3}$ تا ۳ دارد. مونوکلینیک و در رده‌بندی سیلیکات است. دارای رخ های صفحه ای که به بلور آن شکل کتاب مانند داده است. همچنین لپیدولیت های حاوی پتاسیم روبیدیم و سزیم ممکن کانسارهای با ارزشی تشکیل دهند (کانزاس، ۲۰۰۶؛ گرت، ۲۰۰۴).



شکل ۹- کانی لپیدولیت نقره ای رنگ معدن هیمالیا



شکل ۱۰- کانی لپیدولیت سبز رنگ

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

جدول ۸- اطلاعات کلی لپیدولیت		
دلیل نامگذاری	از کلمات یونانی lepidion به معنای پولک و lithos به مفهوم سنگ گرفته شده است.	
نام دیگر کانی	Lepidolite	
مشخصه بلوری	دسته بندی	فیلوسیلیکات
	نام شیمیایی	گروه میکا
	سیستم تبلور	منوکلینیک
فرمول شیمیایی	$K(Li,Al)_3(Al,Si,Rb)_4O_{10}(F,OH)_2$	
واکنش شیمیایی	ترکیب شیمیایی پیچیده و متغیر	
رده بندی	فیلوسیلیکات منشوری	
اطلاعات کانی شناسی		
شکل بلوری	متغیر	
شکل ظاهری	بلوری، دانه‌های ورقه‌ای یا پولکی، توده‌ای، دانه‌ای	
رنگ	بنفش، قرمز روشن، خاکستری، متمایل به سبز، سفید	
رنگ خاکه	سفید، صورتی روشن	
سختی موس	۲/۵-۳	
وزن مخصوص	۲/۸-۳	
رخ	عالی {۰۰۱}	
جلا	صدفی	
شکستگی	غیر یکنواخت	
شفافیت	شفاف، نیمه شفاف	
خاصیت مغناطیسی	ندارد.	
پاراژنز	ارتوز، آلبیت، کوارتز، البایت و غیره	
اطلاعات معدنی		
منشا تشکیل	پگماتیتی، گریزن	
محل پیدایش	چکسلواکی	

۱-۱۲-۳- کانی پتالیت



شکل ۱۱- کانی پتالیت

پتالیت، با فرمول شیمیایی $\text{LiAlSi}_4\text{O}_{10}$ شامل مجموعه‌ای از کانی هاست و دارای لومینسانس نارنجی، سفید و زرد رنگ است. نام آن از کلمه یونانی Petalon به معنای برگ گرفته شده است. نامحلول در اسیدها و به راحتی ذوب می‌شود. با رنگ شعله قرمز بوده ترکیب شیمیایی آن شامل؛ Li_2O : ۴/۹٪ - Al_2O_3 : ۱۶/۷٪ - SiO_2 : ۷۸/۴٪.

برای اولین بار در چکسلواکی کشف شد و از نظر شکل بلور منشوری - پهن و کوتاه - ماکله، رنگ؛ بی رنگ - سفید - خاکستری - متمایل به قرمز، شفافیت؛ شفاف - نیمه شفاف، شکستگی صدفی و جلا شیشه‌ای، رخ کامل - مطابق با سطح خوب - مطابق با سطح، سیستم تبلور؛ مونوکلینیک و در رده بندی سیلیکات است و منشأ تشکیل آن پگماتیتهای است. دارای سختی بین ۶/۵ تا ۶ در مقیاس موس و چگالی $2/4 \text{ m} / \text{kg}^3$ دارد.

کانی های هم پاراژنز شامل لپیدولیت - اسپودومن - تورمالین است. از نظر ژیزمان؛ بلوری - آگرگات، توده‌ای تقریباً کمیاب است و بیشتر در ایتالیا، سوئد، نامبیا، زیمبابوه، پرو، آمریکا، برزیل و استرالیا یافت می‌شود.

پتالیت کانی مونوکلینیک با دو رخ جهتدار بوده که اغلب با لپیدولیت در پگماتیت ها همراه می باشد.



شکل ۱۲- کانی پتالیت کشور برزیل با تراش Faceted



شکل ۱۳- کانی پتالیت صورتی رنگ

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

جدول ۹- اطلاعات کلی پتالیت		
دلیل نامگذاری	دارای لومینسانس نارنجی، سفید، زرد از کلمه یونانی Petalon به معنای برگ گرفته است.	
نام دیگر کانی	Petalite	
مشخصه بلوری	دسته بندی	تکتوسیلیکات
	نام شیمیایی	Lithium aluminium tectosilicate
	سیستم تبلور	منوکلینیک
فرمول شیمیایی	LiAlSi₄O₁₀	
واکنش شیمیایی	نامحلول در اسیدها، به راحتی ذوب می‌شود با رنگ شعله قرمز	
رده بندی	تکتوسیلیکات منشوری	
اطلاعات کانی شناسی		
شکل بلوری	منشوری - پهن و کوتاه - ماکله	
شکل ظاهری	بلوری - آگرگات توده‌ای تقریباً کمیاب است و بیشتر در ایتالیا، سوئد، نامبیا، زیمبابوه، پرو، آمریکا، برزیل و استرالیا	
رنگ	بی رنگ - سفید - خاکستری - متمایل به قرمز	
رنگ خاکی	سفید	
سختی موس	۶/۵	
وزن مخصوص	۲/۴	
رخ	کامل - مطابق با سطح خوب - مطابق با سطح	
جلا	شیشه ای	
شکستگی	صدفی	
شفافیت	شفاف، نیمه‌شفاف	
خاصیت مغناطیسی	ندارد.	
پاراژنز	لپیدولیت - اسپودومن - تورمالین	
اطلاعات معدنی		
منشا تشکیل	پگماتیتی	
محل پیدایش	چکسلواکی	

۱-۱۲-۴- کانی یوکریپتیت



شکل ۱۴- کانی یوکریپتیت

یوکریپتیت، با فرمول شیمیایی LiAlSiO_4 کانی سیلیکات آلومینیوم لیتیم است. سیستم بلوری، تریگونال - رومبوهدرال است. به طور معمول به فرمهای دانه تا توده ای و ممکن به شکل پزودومرف جایگزین اسپدومن بشود. شکننده بوده و دارای شکستگی صدفی و رخهای تیره است. شفاف و نیمه شفاف بوده و در رنگهای، بی رنگ، سفید به قهوه ای تغییر می کند. سختی ۶/۵ موس و وزن مخصوص آن $2/67 \text{ kg/m}^3$ است.

در پگماتیت ها غنی از لیتیم در ارتباط با آلبیت، اسپدومن، پتالیت، آمبلی گونیت، لیدولیت و کوارتز یافت می شود و محصول ثانویه از آلتره شدن اسپدومن می باشد. برای اولین بار در سال ۱۸۸۰ در Connecticut, Branchville کشف شده است. اسم این کانی یونانی و به معنی به خوبی پنهان شده است، به طور معمول در کنار آلبیت تشکیل می شود. کانی یوکریپتیت از قدیم به عنوان ماده معدنی لیتیم در زیمباوه بوده، اما این کانی نسبتاً کمیاب، امروزه از نظر اقتصادی اهمیت کمتری دارد. (کانزاس، ۲۰۰۶؛ گرت، ۲۰۰۴).

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

جدول ۱۰- اطلاعات کلی یوکریپتیت	
دلیل نامگذاری	اسم این کانی یونانی و به معنی به خوبی پنهان شده است.
نام دیگر کانی	Eucryptite
مشخصه بلوری	سیلیکات
	دسته بندی
	سیلیکات آلومینیوم لیتیم
	نام شیمیایی
	تریگونال
	سیستم تبلور
فرمول شیمیایی	$LiAlSiO_4$
واکنش شیمیایی	محصول ثانویه از آلتره شدن اسپدومن بوده است.
رده بندی	سیلیکات رومبوهدرال
اطلاعات کانی شناسی	
شکل بلوری	به شکل بلور آن نادر است
شکل ظاهری	دانه ای آگرگات و توده‌ای
رنگ	بی رنگ - سفید - قهوه ای
رنگ خاکه	سفید
سختی موس	۶/۵
وزن مخصوص	۲/۶۷
رخ	تیره
جلا	شیشه ای
شکستگی	صدفی
شفافیت	شفاف، نیمه شفاف
خاصیت مغناطیسی	ندارد.
پاراژنز	آلبیت، اسپدومن، پتالیت، آمبلی گونیت، لپدولیت و کوارتز
اطلاعات معدنی	
منشا تشکیل	محصول ثانویه از آلتره شدن اسپدومن
محل پیدایش	زیمباوه

۱-۱۲-۵-کانی آمبلی گونیت



شکل ۱۵- کانی آمبلی گونیت

آمبلی گونیت، با فرمول شیمیایی $(Li,Na)AlPO_4(F,OH)$ ترکیبی از لیتیم، سدیم، آلومنیوم، فسفات، فلوراید و هیدروکسید است. معمولاً این کانی در کانسارهای پگماتیت به همراه کانیهای آلبیت و فلدسپارها یافت می‌شود و حتی با این کانیها چگالی، کلیواژ و تست شعله یکسان دارد. یک سری از آمبلی گونیت‌ها همراه با کانی مونته براسیت تشکیل می‌شوند. مقدار Li با نسبت تغییرات محتوای F/OH متغیر است.

آمبلی گونیت مجموعه ای از کانی‌هایی با لومینسانس نارنجی و در دامنه وسیعی از رنگهای سفید، صورتی، سبز، آبی، زرد طلایی یافت می‌شود. نام این کانی از واژه‌های یونانی amblus یعنی صاف شده و gonia به معنای زاویه گرفته شده است. این کانی به سختی در اسیدها حل می‌شود.

آمبلی گونیت همراه با سری montebrazite و endmember فلوئور پایین شکل می‌گیرد. همچنین به همراه پگماتیت‌های گرانیتی و رگه‌های قلع درجه حرارت بالا و گرایزن‌ها تشکیل می‌شود.

آمبلی گونیت با کانیهای اسپدومن، آپاتیت، لپیدوتیت، تورمالین و دیگر کانی‌های حاوی لیتیم در رگه‌های پگماتیتی یافت می‌شود که شامل ۱۰٪ لیتیم جهانی است و به عنوان منبع مهم اقتصادی لیتیم در طول تاریخ بهره برداری شده است. از منابع مهم آن می‌توان در کالیفرنیا و فرانسه نام برد.

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

از نظر شکل بلور، رشته‌ای - خوشه جواهری، رنگ سفید، زرد خاکستری، متمایل به آبی، متمایل به سبز، از نظر شفافیت غیر شفاف، نیمه کدر، شکستگی آن به صورت نامنظم، خشن، نیمه صدفی است. دارای سختی، ۵/۵ تا ۶ در مقیاس موس می باشد. دانسیته، $2/89-3/11 \text{ kg/m}^3$ (کانزاس، ۲۰۰۶؛ گرت، ۲۰۰۴).

دارای جلای شیشه‌ای، صدفی و چرب است. از لحاظ رخ کامل و مطابق با سطح بوده و دارای سیستم تبلور، مونوکلینیک و در رده‌بندی فسفات است. همچنین خاصیت مغناطیسی ندارد و منشأ تشکیل آن پنوماتولیتی است.

کانی‌های هم‌پاراژنز، (با چگالی، خواص نوری، واکنش‌های شیمیایی و اشعه X یکسان) آلپیت، آپاتیت، پولوسیت، اسپودومن، تورمالین و غیره است. از نظر ژیزمان، آگرگات کریپوکریستالین، لوله‌ای شکل، بلوری، توده‌ای کمیاب است و بیشتر در سوئد، فرانسه، نامیبیا، آمریکا، برزیل و زیمبابوه یافت می‌شود.



شکل ۱۶- کانی آمبلی گونیت سبز

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

جدول ۱۱- اطلاعات کلی آمبلی گونیت		
دلیل نامگذاری	لومینسانس نارنجی کامل در امتداد طویل خود نشان می‌دهد. از واژه‌های یونانی amblyus یعنی صاف شده و gonia به معنای زاویه گرفته شده است.	
نام دیگر کانی	Amblygonite	
مشخصه بلوری	دسته بندی	کانیهای فسفات
	نام شیمیایی	Fluorophosphate
	سیستم تبلور	تریکلینیک
فرمول شیمیایی	(Li,Na)AlPO₄ (F,OH)	
واکنش شیمیایی	به سختی در اسیدها حل می‌شود.	
رده بندی	فسفات پیناکویدال	
اطلاعات کانی شناسی		
شکل بلوری	رشته‌ای - خوشه جواهری	
شکل ظاهری	آگرگات کریستالین - لوله‌ای شکل - بلوری - توده‌ای کمیاب است و بیشتر در سوئد، فرانسه، نامیبیا، آمریکا، برزیل	
رنگ	سفید - زرد خاکستری - متمایل به آبی - متمایل به سبز	
رنگ خاکی	سفید	
سختی موس	۵/۵-۶	
وزن مخصوص	۳-۲/۸	
رخ	کامل - مطابق با سطح	
جلا	شیشه‌ای - صدفی - چرب	
شکستگی	نامنظم - خشن - نیمه صدفی	
شفافیت	غیر شفاف - نیمه کدر	
خاصیت مغناطیسی	ندارد.	
پاراژنز	آلبیت - آپاتیت - پولوسیت - اسپودومن - تورمالین	
اطلاعات معدنی		
منشا تشکیل	پنوماتولیتی	
محل پیدایش	سوئد، فرانسه، نامیبیا، آمریکا، برزیل و زیمبابوه	

۱-۱۲-۶-کانی هکتوریت



شکل ۱۷- کانی هکتوریت

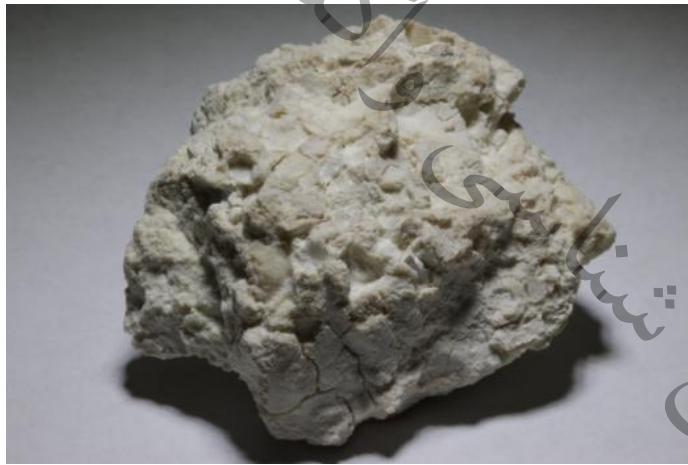
هکتوریت، با فرمول شیمیایی $\text{Na}_{0.3}(\text{Mg},\text{Li})_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ کانی رسی کمیاب نرم، چرب، سفید رنگ است. هکتوریت برای اولین بار در ۱۹۴۱ کشف شد و نامش را از محلی در ایالات متحده نزدیک هکتور (در سان برناردینو، کالیفرنیا، در ۳۰ مایلی شرق بارستو) برگرفته شد. هکتوریت به همراه بنتونیت به عنوان یک محصول آلتراسیون کلینوپتیلولیت از خاکستر آتشفشانی و توف با محتوای شیشه ای بالا و حاوی منیزیم است. سختی، ۱-۲ در مقیاس موس و دانسیته، 3 kg/m^3 -۲ می باشد. هکتوریت در رنگهای بژ، قهوه ای و خاک رس ghassoul پیدا شده است، معادن این کانی در کوه های اطلس در مراکش می باشد.

با وجود نادر بودن این کانی، از لحاظ اقتصادی عملاً به عنوان معدن هکتوریت مقادیر زیادی از مواد معدنی را در بر می گیرد. هکتوریت عمدتاً در ساخت مواد آرایشی، مواد شیمیایی و دیگر کاربردهای صنعتی استفاده می شود، این کانی منبع مهمی برای استحصال فلز لیتیم است. هکتوریت ماده ای نرم و رسی بوده که ترکیباتی مثل سدیم، لیتیم، منیزیم، سیلیکون، هیدروژن و اکسیژن دارد. از نانو رس هکتوریت در پلی پروپیلن و پی وی سی استفاده می کنند و مزیت‌های زیادی در حوزه ثبات حرارتی نسبت به MMT و بنتونیت دارد. نانوکامپوزیت‌های خاک رس و پلیمر یک مثال موردی از نانوتکنولوژی هستند. در این نوع مواد، از خاک رس‌های نوع اسمکتیت (Smectite-type) از قبیل هکتوریت، مونت موریلونیت و میکای سنتزی، به عنوان پرکننده برای بهبود خواص پلیمرها استفاده می‌شود.

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

هکتوریت جزو کانی‌های مهم بنتونیت است. بنتونیت یک کانی رسی بوده که اساساً از کانی‌های گروه اسمکتیت تشکیل شده است. اسمکتیت شامل سریهای دی‌اکتاهدرا و تری‌اکتاهدرا است. کانی‌های سری دی‌اکتاهدرا عبارتند از: مونت‌موریونیت، بیدلیت و نانترونیت. انواع تری‌اکتاهدرا شامل کانیه‌های هکتوریت و ساپونیت است. از خواص مهم کانی‌های خانواده اسمکتیت، جانشینی یونی، خاصیت شکل‌پذیری، انبساط و انقباض یونی آن‌ها را می‌توان نام برد.

همچنین هکتوریت، اندازه ذرات کوچکتر، سطح ویژه بزرگتر و ظرفیت بالای تبادل کاتیونی، خواص ویسکوزیته و آماس آن را از مونت‌موریونیت بیشتر میکند (گل‌حفاری). هکتوریت یا مخلوط آن با مونت‌موریونیت برای تعلیق داروهای ضد اسید معده، پاک‌کننده‌های ساینده، گندزدهای مایع، ژله‌سازی، مواد آرایش صورت، خمیر ریش، پماد جوش و ... استفاده می‌شود.



شکل ۱۸- کانی هکتوریت

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

جدول ۱۲- اطلاعات کلی هکتوریت	
دلیل نامگذاری	نامش را از محلی در ایالات متحده نزدیک هکتور (در سان برناردینو، کالیفرنیا، در ۳۰ مایلی شرق بارستو) برگرفته شد.
نام دیگر کانی	Hectorite
مشخصه بلوری	کانی فیلوسیلیکات اسمکتیت
	انواع تری اکتاهدرا
	منوکلینیک
فرمول شیمیایی	$\text{Na}_{0.3}(\text{Mg},\text{Li})_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$
واکنش شیمیایی	خواص مهم کانی های خانواده اسمکتیت را دارد
رده بندی	فیلوسیلیکات پرسیماتیک
اطلاعات کانی شناسی	
شکل بلوری	بی شکل
شکل ظاهری	کانی رسی کمیاب نرم، چرب
رنگ	سفید، کرم، قهوه ای کم رنگ، رنگهای بژ، قهوه ای و خاک رس
رنگ خاکه	سفید
سختی موس	۲-۱
وزن مخصوص	۳-۲
رخ	ندارد
جلا	چرب
شکستگی	صدفی - نامنظم
شفافیت	کدر
خاصیت مغناطیسی	ندارد.
پاراژنز	بنتونیت
اطلاعات معدنی	
منشا تشکیل	آلتراسیون کلینوپتیلولیت از خاکستر آتشفشانی و توف با محتوای شیشه ای بالا و حاوی منیزیم
محل پیدایش	معادن این کانی در کوه های اطلس در مراکش

۱-۱۲-۷- کانی ژادریت



شکل ۱۹- کانی ژادریت

ژادریت، با فرمول شیمیایی $\text{LiNaSiB}_3\text{O}_7(\text{OH})$ or $\text{Na}_2\text{OLi}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_2(\text{B}_2\text{O}_3)_3\text{H}_2\text{O}$ این کانی به رنگ سفید و خاکی، کانی سیلیکاته و منوکلینیک است.

در نوامبر ۲۰۰۶ در گمانه و حفاری‌های که در Jadar Valley در صربستان به عنوان کانی جدید کشف شد، پس از آن دانشمندان در موزه تاریخ طبیعی لندن و شورای تحقیقات ملی کانادا بر روی آن آزمایش انجام دادند. زمین‌شناسان در بررسی و اکتشاف معدن ریوتینتو این کانی را کشف و ندول‌های کوچک و گرد در گمانه و حفاری‌ها یافتند. سختی ۴ تا ۵ در مقیاس موس و دانسیته آن $2/45 \text{ kg/m}^3$ است. هنگامی که در زیر نور UV قرار می‌گیرد به رنگ صورتی و نارنجی در می‌آید.

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

جدول ۱۳ - اطلاعات کلی ژادریت		
دلیل نامگذاری	در نوامبر ۲۰۰۶ در گمانه و حفاریهای که در Jadar Valley در صربستان به عنوان کانی جدید کشف شد.	
نام دیگر کانی	Jadarite	
مشخصه بلوری	دسته بندی	کانی سیلیکاته
	نام شیمیایی	Sodium lithium boron silicate hydroxide
	سیستم تبلور	منو کلینیک
فرمول شیمیایی	$\text{LiNaSiB}_3\text{O}_7(\text{OH})$ OR $\text{Na}_2\text{OLi}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_2(\text{B}_2\text{O}_3)3\text{H}_2\text{O}$	
واکنش شیمیایی	زیر نور UV قرار میگیرد به رنگ صورتی و نارنجی در میاید	
رده بندی	نزوسیلیکات پریسماتیک	
اطلاعات کانی شناسی		
شکل بلوری	گرد و بی شکل	
شکل ظاهری	دانه های آنهدرال	
رنگ	رنگ سفید و خاکی	
رنگ خاکه	سفید	
سختی موس	۴-۵	
وزن مخصوص	۳/۴۵	
رخ	ندارد ، شکننده است	
جلا	کدر	
شکستگی	نامنظم تا صدفی	
شفافیت	شفاف تا مات	
خاصیت مغناطیسی	ندارد.	
پاراژنز	کانیهای هیدراته	
اطلاعات معدنی		
منشا تشکیل	ندول های کوچک	
محل پیدایش	صربستان	

۱-۱۲- فرآیند بازیابی

لیتیم از شورابه دریاچه نمک سیلوپیریک در نودا و دریاچه نمک Atacama در شیلی استخراج می‌گردد. هر دو فرآیند توسط شرکت معدنی Foote توسعه داده شده است. فرآیند سیلوپیریک شامل پمپ کردن شورابه از چاه‌های زیر زمینی عمیق به حوضچه‌های خورشیدی می‌باشد، که در این محل شورابه تا غلظت بالای ۵۰۰۰ ppm لیتیم تغلیظ می‌شود. سپس یون لیتیم توسط سود رسوب داده شده و کربنات لیتیم با خلوص بالا تشکیل می‌گردد. در آتاکاما شورابه اولیه تا غلظت تقریبی ۳۰۰۰ ppm لیتیم تغلیظ می‌شود، تا محلول تقریباً از کلرید لیتیم اشباع شود. سپس این محلول توسط کشتی به آنتوفاگاستای شیلی منتقل می‌گردد و در آنجا با سود مخلوط شده و تولید کربنات لیتیم می‌کند. در حال حاضر استخراج لیتیم از شورابه دریاچه Searles متوقف شده است.

۱-۱۳- کاربردها

از آن جایی که لیتیم گرمای ویژه زیادی دارد (بزرگترین گرمای ویژه جامدات)، از لیتیم در انتقال حرارتی استفاده می‌شود. لیتیم یک ماده مهم آند باتری است که ناشی از پتانسیل الکتروشیمیایی بالا می‌باشد و امروزه یکی از مهمترین کاربردهای لیتیم در ساخت باتریهای لیتیومی و صنایع الکترونیکی همانند باتریهای موبایل، لب تاب و باتریهای خودرو می‌باشد. نمک‌های لیتیم دار مانند کربنات لیتیم Li_2CO_3 یا سیترات لیتیم بی نظمی دو قطبی ایجاد می‌کند. کلرید لیتیم و برمید لیتیم در نهایت رطوبت‌گیری می‌شود و به صورت فراوانی در خشک‌کننده‌ها مورد استفاده دارد. استارات لیتیم در دمای بالا خاصیت روان‌کنندگی (مانند روغن گریس) دارد. انواع سخت تر لیتیم به عنوان عامل آلیاژی استفاده می‌شود که برای سنتز مواد آلی و کاربردهای هسته‌ای انجام می‌گیرد. آلیاژهای فلزات مس، کادمیوم، آلومینیوم و منگنز برای ساخت بخش‌های عملکرد بالا استفاده می‌گردد. لیتیم در صنایع شیشه و سرامیک نیز استفاده می‌شود که شامل شیشه تلسکوپی ۲۰۰ اینچی در کوه پالامور Palomar می‌باشد. هیدروکسید لیتیم برای استخراج دی‌اکسید کربن از هوا در فضا و زیر دریا بکار می‌رود.

از دیگر موارد استفاده لیتیم در صنایع داروسازی، ایجاد عوامل هیدروژن کننده، مایعات انتقال دهنده حرارتی موشک، سنتز ویتامین A، خنک کننده رآکتورهای هسته ای، تشکیل دستگاههای با خاصیت شناوری در زیر آب و تولید تریتیوم (ایزوتوپ هیدروژن) و ... می باشد.

۱-۱۴-۱ - مصارف عمده لیتیم

عمده ترین کاربرد فلز لیتیم در تولید ترکیبات اورگانومتالیک آلکیل و آریل لیتیم از طریق واکنش لیتیم پودری با ترکیبات هالیدی مواد متناظر است. فلز لیتیم در ساخت آلکوکسایدها و اورگانوسیلان و نیز برای احیاء بکار برده می شود. سایر کاربردهای این فلز شامل ساخت باتری های لیتیومی و آلیاژهای لیتیم می باشد. همچنین از این فلز در ساخت هیدرید لیتیم و نیتريد لیتیم نیز استفاده می شود.

از لیتیم، می توان به علت گرمای ویژه اش (بالتر از تمامی جامدات) در انتقال حرارت استفاده کرد. همچنین به علت خاصیت Electrochemical، ماده مهمی در آند باطری ها محسوب می شود.

نمک های لیتیم، مثل کربنات لیتیم (Li_2CO_3) و نیترات لیتیم، تثبیت کننده های حالت هستند، که در درمان بیماریهای متضاد نقش دارند.

لیتیم کلرید و لیتیم برمید، به شدت رطوبت را جذب می کنند، لذا در خشک کننده ها به کرات کاربرد دارند.

استارات لیتیم، یک ماده لیز کننده کلی در دمای بالا و برای تمامی مقاصد به شمار می رود.

لیتیم، عاملی آلیاژ ساز است که در تولید ترکیبات آلی مورد استفاده قرار گرفته، نیز دارای کاربردهای

اتمی می باشد.

گاهی اوقات از لیتیم در ساخت شیشه و سرامیک استفاده می گردد، مانند شیشه های ۲۰۰ اینچی

تلسکوپ در Palomat Mt. در فضاپیماها و زیردریائی، همچنین برای خارج کردن دی اکسید کربن از هوا از هیدروکسید لیتیم استفاده می شود.

از آلیاژ این فلز با آلومینیوم، کادمیم، مس و منگنز در ساخت قطعات هواپیماهای بلند پرواز استفاده می‌گردد. پیدایش لیتیم بسیار پراکنده است، اما به علت واکنش پذیری زیادی که دارد، در طبیعت بصورت آزاد وجود ندارد و همیشه بصورت ترکیب با یک یا چند عنصر یا ترکیبات دیگر دیده می‌شود. این فلز در حالیکه در بسیاری از شوره‌های طبیعی وجود دارد، بخش کوچکی از کلیه سنگ‌های آذرین را تشکیل داده است.

۱-۱۴-۲- متالورژی

لیتیم با بسیاری از فلزات تشکیل آلیاژ می‌دهد. کاربردهای اولیه آلیاژهای لیتیمی که در آلمان ساخته می‌شد در تولید آلیاژ سرب - لیتیم که با متال (Bahnmatal) نامیده می‌شد (حاوی ۰/۰۴ درصد لیتیم) برای استفاده در یاتاقان‌های دستگاه‌های حمل و نقل ریلی و نیز در تهیه آلیاژ آلومینیوم - لیتیم که اصطلاحاً سلرون Scleron نامیده می‌شود، بود. در ۱۹۵۷ در ایالات متحده آلیاژ آلومینیوم، ۵/۴٪ مس، ۱/۱٪ لیتیم، ۰/۱۵٪ منگنز، ۰/۲٪ کادیوم و باقیمانده آلومینیوم) برای کاربرد در ساخت اجزاء هواپیماهای نظامی معرفی شد. آلیاژهای لیتیم - منیزیم در خلال جنگ جهانی دوم توسعه یافت و کاربردهایی در زمینه هواپیمایی پیدا کرد. وجود لیتیم در این آلیاژ باعث تغییر ساختار تبلور منیزیم از حالت عادی شش وجهی به ساختمان bcc شده که در نتیجه باعث کاهش قابل توجه چگالی و افزایش چکش‌خواری آن می‌شود. لیتیم در عملیات متالورژی برای کارگیری و حذف ناخالصی‌ها بکار می‌رود. در پالایش مس، فلز لیتیم با هیدروژن واکنش می‌دهد و هیدرید لیتیم تولید می‌نماید که در ادامه این ماده به همراه فلز لیتیم با اکسید مس واکنش داده و تولید مس و هیدروکسید لیتیم و اکسید لیتیم می‌نماید. سپس نمک لیتیم حاصل را از سطح مس مذاب جمع‌آوری می‌کنند.

۱-۱۴-۳- کاربردهای الکتروشیمیایی

باتری‌های لیتیمی دارای مصارف گوناگونی در پزشکی، صنعت و کاربردهای نظامی می‌باشند. مزایای باتری‌های لیتیمی شامل سبکی و چگالی انرژی زیاد، تأخیر ولتاژی کم و سرعت کم در تخلیه خود بخودی

است. مصرف کنندگان، این باتری‌ها را در وسایل الکترونیکی همانند ساعت، دوربین و ماشین‌های محاسبه به عنوان پشتیبانی حافظه RAM-CMOS بکار می‌برند. باتری‌های لیتیومی دارای سازگاری خاصی در خصوص شکل‌های غیر متعارف و کوچک ساخته شدن هستند که آنها را برای کاربرد در وسایل الکترونیکی ظریف مناسب می‌سازد. کاربردهای پزشکی شامل کاربرد در باتری‌های قلب مصنوعی است. کاربردهای صنعتی شامل تامین انرژی برای دستگاه‌های کنترل از راه دور همانند وسایل حفار چاه‌های نفت می‌باشد. باتری‌های لیتیومی در زمینه نظامی دارای کاربردهای وسیعی از کاربرد در وسایل ارتباطی تا تامین‌کننده ذخیره انرژی برای سیستم‌های پرتاب موشک می‌باشند.

۱-۱۴- ذخایر عمده لیتیم در جهان

منابع جهانی لیتیم تخمین زده شده به وسیله USGS در حدود ۴۱ میلیون تن است، بزرگترین منابع در بولیوی، شیلی، آرژانتین، آمریکا، چین و استرالیا می‌باشد. همچنین USGS منابع جهانی در حال برداشت لیتیم در حدود ۱۴ میلیون تن تخمین زده است، که بیشترین منابع در شیلی، چین، آرژانتین و استرالیا می‌باشد (جاسکولا، ۲۰۱۶).

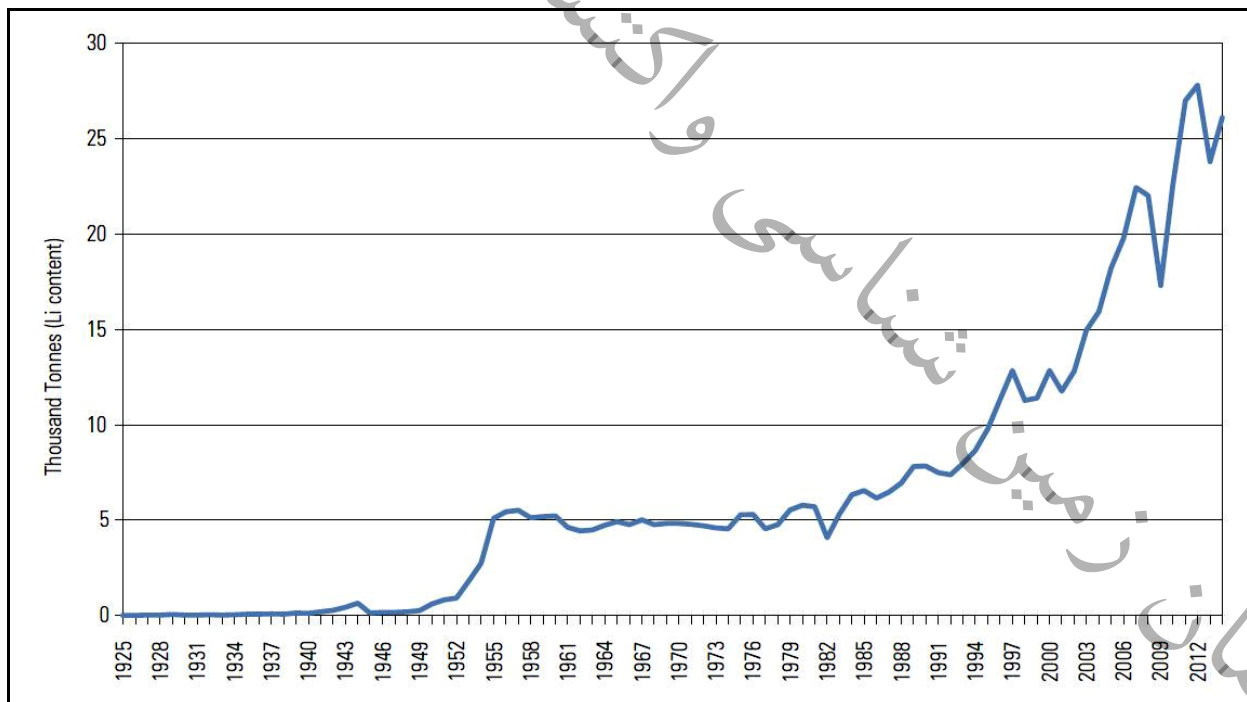
۸ کشور به عنوان تولیدکننده لیتیم در سال ۲۰۱۴ شناخته شدند. از اینها، ۵ کشور (استرالیا، چین، زامبیا، پرتغال و برزیل) از کانی‌های لیتیم دار در حالی که ۴ کشور (شیلی، آرژانتین، چین و آمریکا) از شورابه‌ها لیتیم را استخراج می‌کنند. چین تنها کشوری است که با دو روش تولیدکننده لیتیم می‌باشد.

مقایسه وزنی تولیدات ناخالص کشورهای تولیدکننده از کانی‌ها و شورابه‌های لیتیم دار از هم مشکل است با توجه به اینکه میزان لیتیم موجود در این دو منبع با هم متفاوت می‌باشد. به طور مثال، در سال ۲۰۱۴ استرالیا از کانی اسپدومن در حدود ۴۴۰۰۰۰ تن تولید کرده در حالیکه در شیلی با توجه به این که بزرگتر از استرالیا می‌باشد در حدود ۶۱۰۰۰ تن از شورابه‌ها استخراج شده است. (طبق رفرنس (براون، ۲۰۱۶))

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

مقدار تولید کلی جهانی در سال ۲۰۱۴ در حدود ۲۶۱۰۰ تن بوده که این مقدار در حدود ۱۰ درصد در مقایسه با تولید ۲۳۸۰۰ تن در سال ۲۰۱۳ افزایش یافته اما هنوز نسبت به سال ۲۰۱۲ در حدود ۶ درصد کاهش داشته است. در سال ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ میزان استخراج لیتیم در حدود ۲۶ درصد کاهش داشته، که این به علت کاهش رکورد اقتصادی کشورهای عضو اکو می باشد. اما در سال ۲۰۱۰ تولید رشد داشته و در سال ۲۰۱۱ در حدود ۱۹ درصد نسبت به سال ۲۰۱۰ افزایش یافته است (براون، ۲۰۱۶).

BGS نمودارهای تولید لیتیم را از دهه ۱۹۲۰ مقایسه کرده است. جالب است که تا قبل از اواخر دهه ۱۹۵۰ این روند تولید خطی بوده و از اوایل دهه ۱۹۸۰ بیش از ۴ برابر افزایش داشته است. این امر بدون شک بخاطر افزایش تقاضا در بازار جهانی برای لیتیم به دنبال یافتن کاربردهای جدید برای این عنصر، بوده است، اما همچنین بدلیل کاهش قابل ملاحظه در هزینه‌های همراه با تولید لیتیم از شورابه‌ها نیز بوده است.



شکل ۲۰- BGS نمودارهای تولید لیتیم را از دهه‌ی ۱۹۲۰ مقایسه کرده است.

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

جدول ۱۴- معادن معروف لیتیم دنیا با بیش از ۱۰۰۰۰۰ تن ماده معدنی

Deposit	Country	Type	Resource (Mt Li)	Avg. Concentration (% Li)
Uyuni	Bolivia	Brine	10.2	0.0532
Atacama	Chile	Brine	6.3	0.14
Kings Mountain Belt	USA	Pegmatite	5.454	0.68
Qaidam	China	Brine	2.02	0.03
Kings Valley, NV	USA	Sedimentary Rock	2.0	0.27
Zabuye	China	Brine	1.53	0.068
Manono/Kitotolo	Congo	Pegmatite	1.145	0.58
Rincon	Argentina	Brine	1.118	0.033
Brawley	USA	Brine	1.0	--
Jadar Valley	Serbia	Sedimentary Rock	0.99	0.0087
Hombre Muerto	Argentina	Brine	0.8	0.052
Smackover	USA	Brine	0.75	0.0146
Gajika	China	Pegmatite	0.591	--
Greenbushes	Australia	Pegmatite	0.56	1.59
Beaverhill	Canada	Brine	0.515	--
Yichun	China	Pegmatite	0.325	--
Salton Sea	USA	Brine	0.316	0.02
Silver Peak	USA	Brine	0.3	0.02
Kolmorzerskoe	Russia	Pegmatite	0.288	--
Maerking	China	Pegmatite	0.225	--
Maricunga	Chile	Brine	0.22	0.092
Jiajika	China	Pegmatite	0.204	0.59
Daoxian	China	Pegmatite	0.182	--
DXC	China	Brine	0.181	0.04
Olaroz	Argentina	Brine	0.156	0.07
Other (producing)	Brazil, Canada, China, Portugal	Pegmatite	0.147	--
Goltsovoe	Russia	Pegmatite	0.139	--
Polmostundrovskoe	Russia	Pegmatite	0.139	--
Ulug-Tanzek	Russia	Pegmatite	0.139	--
Urikskoe	Russia	Pegmatite	0.139	--

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

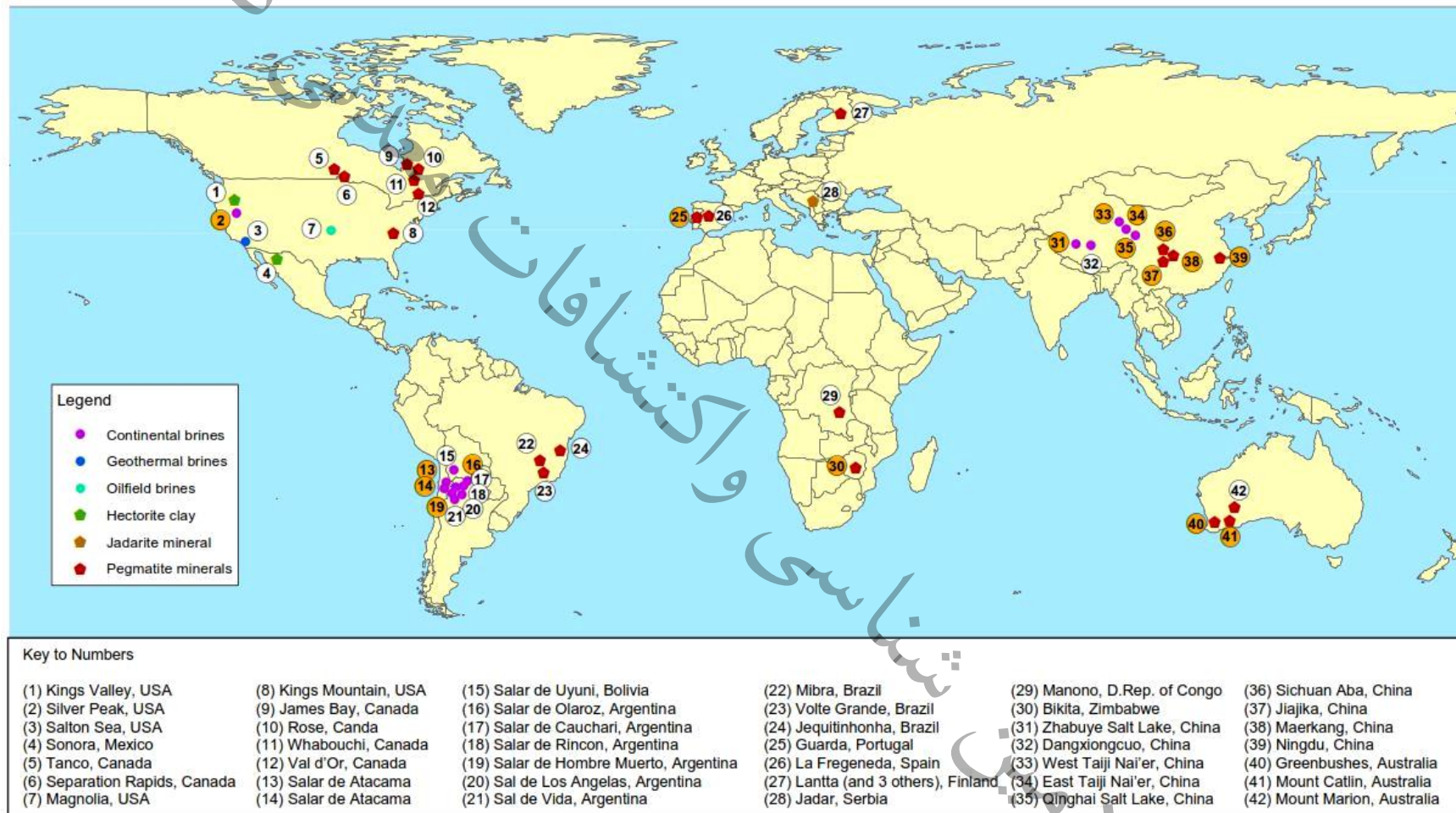
Koralpa	Austria	Pegmatite	0.1	--
Mibra	Brazil	Pegmatite	0.1	--
Bikita	Zimbabwe	Pegmatite	0.0567	--
Dead Sea	Israel	Brine	--	0.001
Great Salt Lake	USA	Brine	--	0.004
Searles Lake	USA	Brine	--	0.005
Total			38.33	

برگرفته از: Paul Gruber, Pablo Medina, Ann Arbor, A project submitted in partial fulfillment of requirements for the

degree of Master of Science(Natural Resources and Environment), University of Michigan, April, 2010

سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور

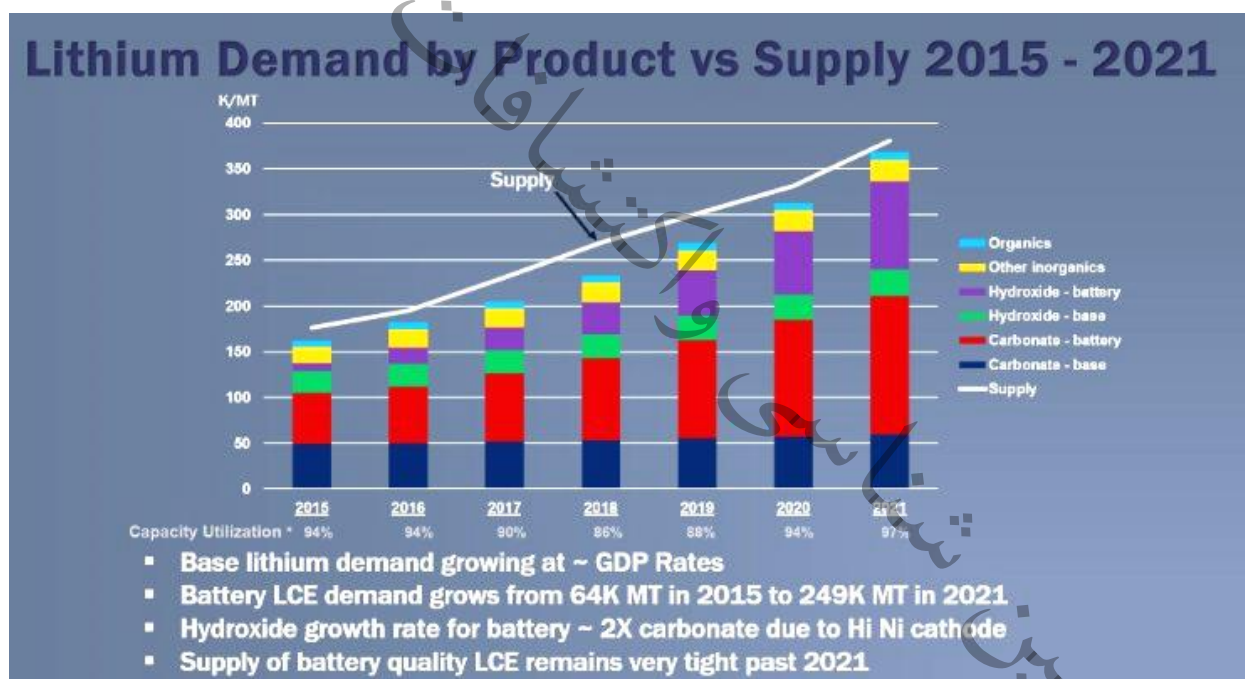
امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)



شکل ۲۱- موقعیت کنسارهای لیتیم در دنیا، نقاط مشخص شده معادن لیتیم تا ماه می ۲۰۱۶ هستند

۱-۱۵- تجارت جهانی

لیتیم در سطح جهان در اشکال مختلف داد و ستد می‌شود، از جمله شامل کنسانتره، کربنات‌ها، اکسیدها و هیدروکسیدها، کلرید، برمید و فلزی است. اطلاعات تجاری برای کنسانتره لیتیم جهت استفاده در سیستم هماهنگ کدهای تجاری قابل دسترس نیست (به عنوان ترکیبی شناخته می‌شود) چرا که با خیلی از کالاهای دیگر ترکیبی بوده و تحت عنوان کد HS260790 برای "سنگ معدن و کنسانتره" شناخته می‌شود. با این حال، اطلاعات برای کربنات لیتیم (کد HS 283691) اکسید لیتیم و هیدروکسیدهای لیتیم (HS) کد ۲۸۲۵۲۰ در دسترس هستند. اطلاعات تجاری برای لیتیم در اشکال دیگر نیز در دسترس نیست زیرا لیتیم با عناصر دیگر ترکیب شده است.



شکل ۲۲- میزان تقاضای محصولات لیتیم از سال ۲۰۱۵-۲۰۲۱

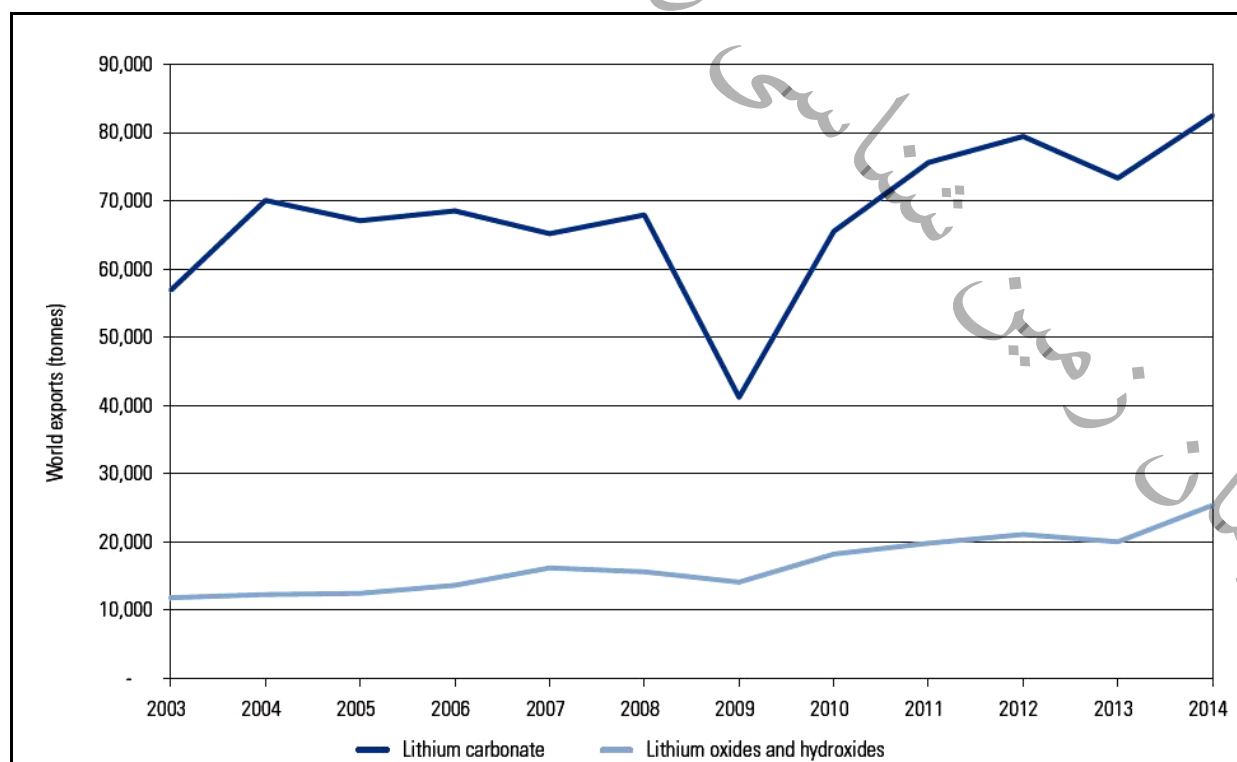
مشخص شده که بسیاری از اسپدومن تولید شده در استرالیا تا حد زیادی به عنوان کنسانتره به چین جهت تبدیل شدن به لیتیم کربنات صادر شده است، اما این موضوع را نمی‌توان از منابع معمول به دلیل مسائل کد تجارت تأییدیه گرفت.

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

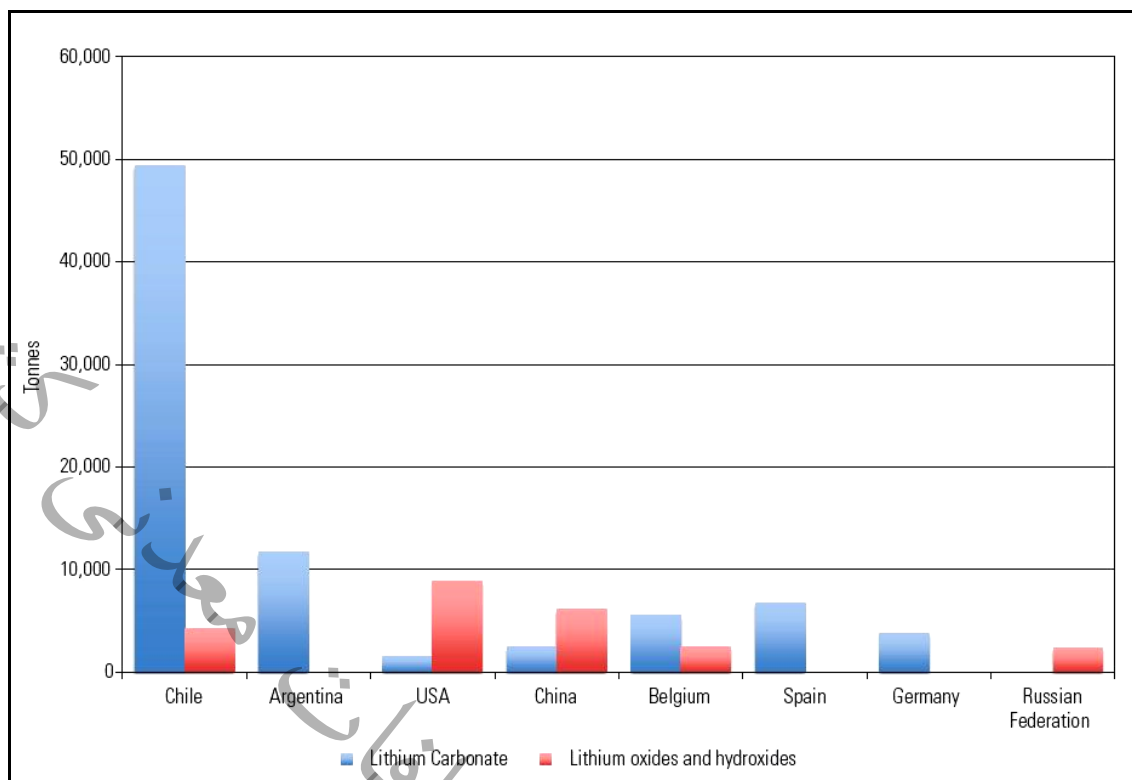
صادرات جهانی کربنات لیتیم کاهش قابل توجهی در سال ۲۰۰۹ نشان داد اما روند بهبود خوبی در سال ۲۰۱۰ و ۲۰۱۱ داشته است، این صعود نیز در حال حاضر در ارقام صادرات جهانی اکسیدها و هیدروکسیدهای لیتیم وجود دارد.

کشورهای صادر کننده اصلی کربنات لیتیم، اکسید و هیدروکسیدهای لیتیم در سال ۲۰۱۴ در نمودارهای زیر نشان داده شده است.

مهمترین صادرات قابل توجه اکسیدهای لیتیم و هیدروکسیدهای لیتیم از ایالات متحده آمریکا و کربنات از آرژانتین است. در سال ۲۰۱۴، به مقدار ۳۸۷۴۹ تن کربنات لیتیم، از کشور شیلی صادر شده که نزدیک به ۶۰ درصد از کل صادرات جهان است. و در مقایسه با دومین صادر کننده بزرگ جهان، آرژانتین با ۱۴ درصد کل صادرات دنیا شامل شده است. همچنین ایالات متحده آمریکا بزرگترین صادر کننده اکسیدهای لیتیم و هیدروکسیدهای لیتیم بالغ بر ۸۸۸۵ تن یا ۳۵ درصد از کل صادرات جهان در سال ۲۰۱۴ است. چین در مقام دوم صادر کننده اکسیدها و هیدروکسیدهای لیتیم با ۲۴ درصد از کل صادرات جهانی جزو یکی از بزرگترین صادر کننده‌های لیتیم به حساب می‌آید.



شکل ۲۳- گزارش‌های اخیر صادرات جهانی کربنات، اکسیدها و هیدروکسیدهای لیتیم



شکل ۲۴- کشورهای صادر کننده اصلی کربنات لیتیم، اکسید و هیدروکسیدهای لیتیم در سال ۲۰۱۴

۱-۱۶- قیمت لیتیم در بازار جهانی

لیتیم در اشکال مختلف، از جمله کنسانتره لیتیم اسپدومن، لیتیم اسپدومن شیشه‌ای، کربنات لیتیم، پتالیت و دیگر سنگ معدنهای لیتیم در بازار فروش در قیمت‌های مختلف داد و ستد می‌شود. قیمت لیتیم اسپدومن به طور مداوم در سال‌های اخیر گزارش نشده است. با این حال به نظر می‌رسد که قیمت بین سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۰۶ نسبتاً با ثبات بوده است. سپس از قیمت ۳۳۰-۳۵۰ دلار در هر تن در ژانویه سال ۲۰۰۶ به بیش از دو برابر به قیمت ۷۲۰-۷۷۰ دلار در هر تن در ژانویه ۲۰۱۱ رسیده است. در ماه مارس سال ۲۰۱۶، قیمت برای کنسانتره اسپدومن با عیار بیش از ۷/۵ درصد Li_2O CIF آسیا تنی ۷۸۸-۷۸۰ دلار گزارش شده است.

روند قیمت کربنات لیتیم برای دوره‌ای از ۲۰۰۲ تا اوایل ۲۰۱۶ مشابه با اسپدومن است. قیمت نسبتاً ثابت بوده اما به طور قابل توجهی از سال ۲۰۰۵ افزایش یافته است. در ژانویه سال ۲۰۰۵ کربنات لیتیم

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

آمریکا به قیمت هر پوند ۰/۹۵-۱/۴۰ دلار بود در حالی که تا سال ۲۰۰۷ قیمت ۳- ۲/۷۰ دلار به ازای هر پوند در ایالات متحده است.

قیمت های سال ۲۰۰۹ با توجه به اثرات رکود اقتصادی جهانی کاهش یافته، نتیجتاً در تولید بازتاب داشته است. هرچند با برخی از نوسانات پس از آن بهبود یافت، و در آوریل ۲۰۱۶ به قیمت ۳-۳/۵۰ دلار به ازای هر پوند آمریکا رسیده بود.

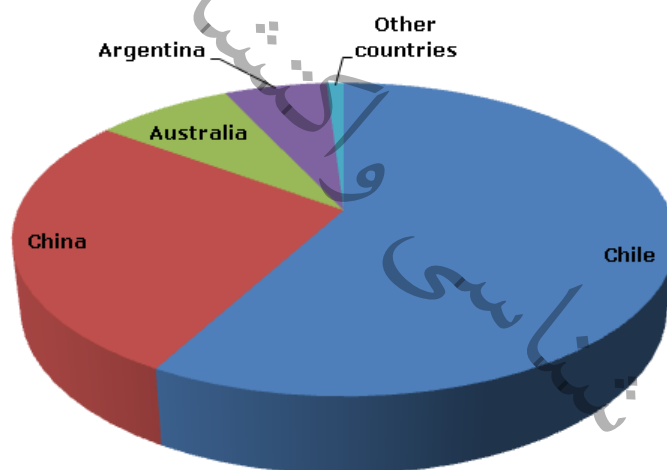
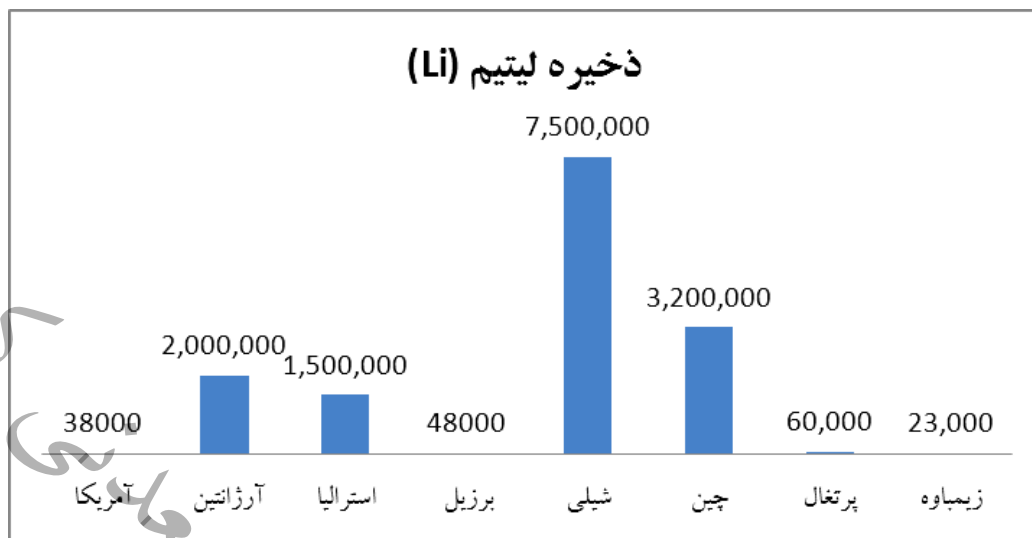
ترکیبات لیتیم نیز در بازارهای جهانی به فروش می رسند و قیمت ها می توانند به طور قابل توجهی متفاوت باشند، حتی قیمت بالای ۲۰ دلار در هر کیلو کربنات لیتیم در مجلات تجارت نقل شده است. به نقل از مجلات ایالات متحده، هیدروکسید لیتیم با بیش از ۲۵ دلار در هر کیلوگرم است. قیمت های بالا لحظه ای بوده و تمایل به مصرف موجب بالا رفتن قیمت می شود. به نقل از یک مجله تجاری قیمت کربنات لیتیم به ۱۰-۱۵ دلار در هر کیلوگرم در آوریل ۲۰۱۶ رسید در حالی که هیدروکسید لیتیم ۱۴-۲۰ دلار در هر کیلوگرم بوده است (مک کورمیک، ۲۰۱۶).

جدول ۱۵- تولیدات لیتیم دنیا برحسب ۱۰۰۰ تن

لیتیم (Li)		
کشور	تولیدات (۱۰۰۰ تن)	ذخیره (۱۰۰۰ تن)
آمریکا		38000
آرژانتین	3800	2,000,000
استرالیا	13,400	1,500,000
برزیل	160	48000
شیلی	11,700	7,500,000
چین	2,200	3,200,000
پرتغال	300	60,000
زیمبابوه	900	23,000

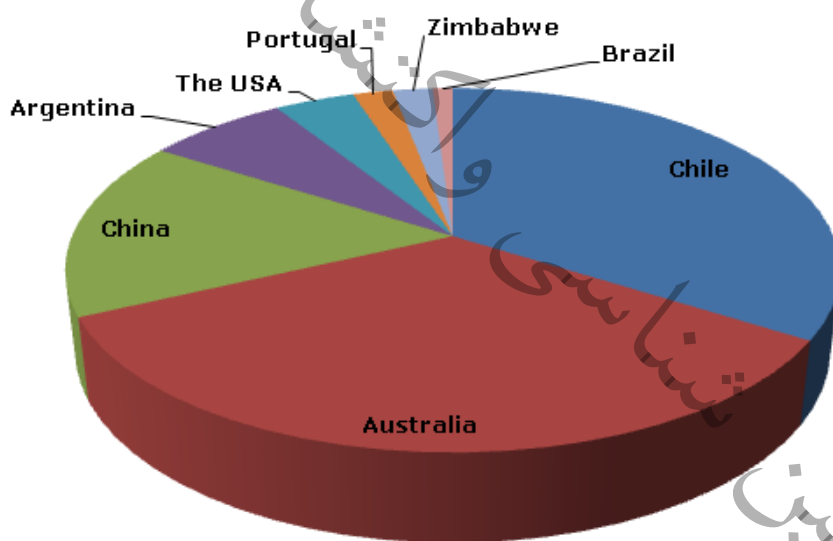
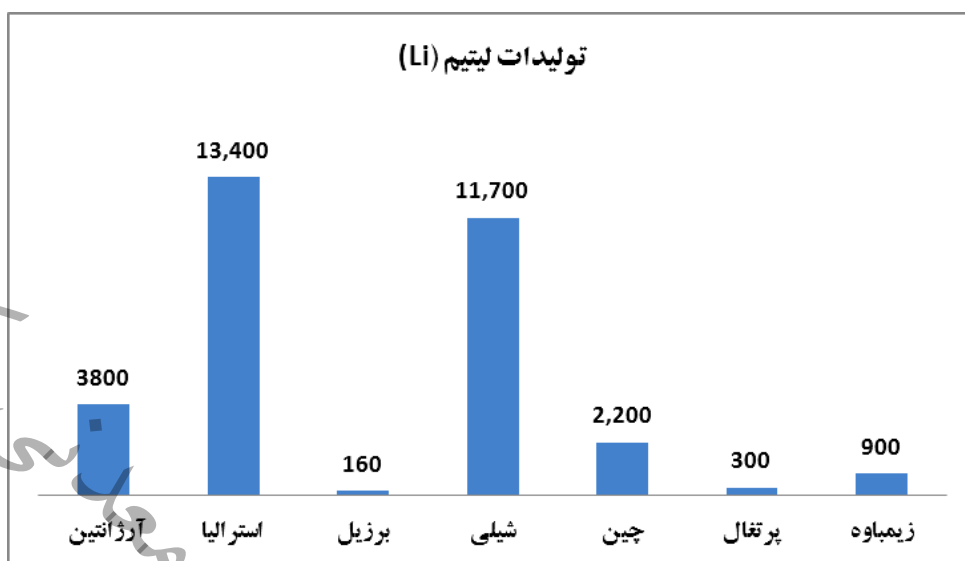
برگرفته از: U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, January 2016

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)



شکل ۲۵- نمودار میزان ذخایر لیتیم کشورهای جهان

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)



شکل ۲۶- نمودار میزان تولیدات لیتیم کشورهای جهان

بخش ۲) زمین‌شناسی

کشور
معدنی
اکتشافات
شناسی
سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور

۲-

زمین‌شناسی و انواع کانسارهای لیتیم

کانسارهای لیتیم به دو دسته بزرگ پگماتیتی و شورابه‌ای تقسیم می‌شوند. از نظر کانی‌شناسی، بیشترین مقدار لیتیم از کانیه‌های موجود در کانسارهای پگماتیتی استحصال می‌شود. اما منابع آینده را می‌توان هکتوریتها و ژادریت (لیتیم رسوبی) نام برد. لیتیم در ابتدا از استخراج کانسارهای شورابه‌ای حاصل از شورابه‌های قاره‌ای بدست می‌آمد. اما امروزه از شورابه‌های ژئوترمالی و چاههای نفتی نیز مورد توجه قرار گرفته است.

امروزه معدنکاری لیتیم از سه تیپ کانسار صورت می‌گیرد: شورابه‌ها (زمین‌گرمایی) - حوضه‌های نفتی - قاره‌ای)، پگماتیت‌ها، سنگ‌های رسوبی. شورابه‌های قاره‌ای و پگماتیت‌ها (کانسارهای سنگ سخت) منابع اصلی برای تولید لیتیم تجاری هستند. عموماً استخراج لیتیم از منابع شورابه‌ای بسیار اقتصادی‌تر از کانسنگ سخت است.

در گذشته تولید لیتیم از سنگ سخت رایج بود اما امروزه بخاطر پایین بودن قیمت استخراج کربنات لیتیم از شورابه‌های قاره‌ای بویژه در آمریکای لاتین، از اولویت بیشتری برخوردار است. در ادامه رده‌بندی کانسارهای اصلی و عملیات اکتشاف آنها را به تفسیر شرح داده شده است.

۲-۱- کانسارهای پگماتیت‌گرانییتی

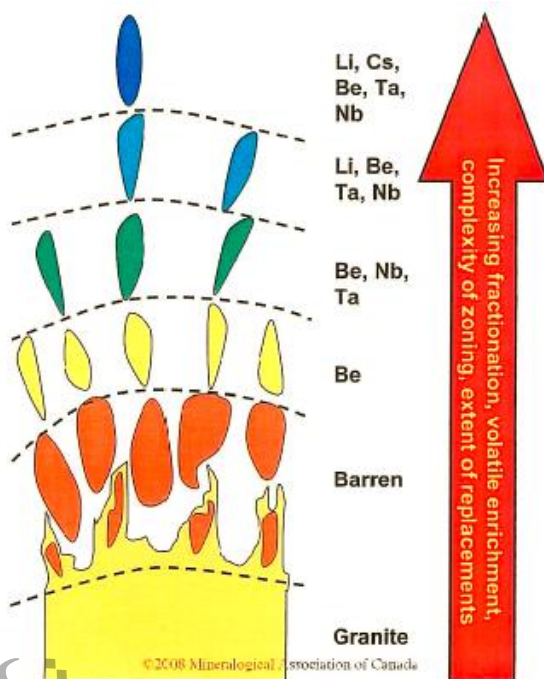
پگماتیت‌ها بعنوان "سنگ‌هایی اساساً آذرین، بیشتر با ترکیب گرانییتی که از سایر سنگ‌های آذرین بواسطه دانه‌های فوق‌العاده درشت و متنوع یا فراوانی بافت گرافیکی اسکلتی متمایز می‌گردند" معرفی شده‌اند (لاندن، ۲۰۱۴). پگماتیت‌ها بصورت لنزها، دایک‌ها یا رگه‌هایی که معمولاً نزدیک یا همراه با توده‌های نفوذی بزرگ یافت می‌شوند، می‌باشند. بلورهای دانه درشتی که در پگماتیت مشاهده می‌شوند عمدتاً با حضور حجم زیادی از عناصر فرار (مانند بر، فلورین، کلر یا آب)، که نرخ هسته‌زایی را کاهش می‌دهند (بعنوان مثال کاهش در تعداد مراکز مورد نیاز برای هسته‌زایی)، اما باعث افزایش نرخ انتشار یونی (بعنوان مثال اجازه به یون‌ها برای مهاجرت بیشتر درون شبکه بلوری) می‌شوند، کنترل می‌شوند. این عوامل منجر به

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

تشکیل بلورهای کمتر و بزرگ‌تر می‌شود. بسیاری از پگماتیت‌ها بدنال تبلور تفریقی توسعه یافته ماگمای مادر سرشار از سیال بارور (بعنوان مثال غنی از فلز) تشکیل می‌شوند.

پگماتیت‌های گرانیته، شامل کوارتز، پرتیت و آلبیت با مقداری مسکوویت، بیوتیت یا هر دو هستند. آنها می‌توانند با توجه به عنصرهای لیتوفیل پگماتیت‌های مزبور ممکن است همگن و بدون منطقه بندی، یا نا همگن و دارای منطقه بندی باشند (گیلبرت و پارک ۱۹۹۷).

مذاب‌های پگماتیته به دلیل داشتن چگالی کم، سیالیت زیاد و پایداری حرارتی بهتر نسبت به ماگماهای گرانیته، در صورت فراهم بودن کانال‌های مناسب تمایل خواهند داشت که از نفوذی‌های گرانیته دور شده به سمت بالا مهاجرت نمایند. نتیجتاً، هاله‌های پگماتیته در رأس توده پلوتونی و نیز در پهلوهای آن پراکنده می‌شوند. ویسکوزیته و لیکیدوس مذاب‌های پگماتیته با غنی‌شدگی در (Be, Rb, Cs) و کاهش Li, P, B, F, H_2O می‌یابد. لذا مذاب‌های پگماتیته شدیداً تفریق یافته، بسیار متحرک (Mobile) بوده و در مقایسه با مذاب‌های اولیه، معمولاً بسیار دورتر از والد گرانیته خودشان مهاجرت می‌نمایند. این نتایج در توزیع منطقه‌ای رده‌ها و زیر رده‌های پگماتیته موجود در سقف گرانیته‌های زایا، بطور شماتیک در شکل زیر نمایش داده شده است. البته ابعاد هندسی و درجه تقارن در توزیع پگماتیت، به محیط ساختمانی موضعی که گروهی از پگماتیت‌ها در آن جای می‌گیرند، بستگی دارد. بنابراین باید الگوهای ساختمانی در تعریف گروه‌های پگماتیته از نظر گسترش ناحیه‌ای و روندهای تفریق آن در نظر گرفته شود. پیچیدگی‌های بافتی پگماتیت‌های گرانیته عموماً با تفریق پیش‌رونده و تغییر در عناصر کمیاب افزایش می‌یابد. از حاشیه گرانیته بطرف خارج، ویژگی‌های ساختمانی پگماتیت‌ها از گرانیته هموزن با بافت‌های گرانیته و گرافیکی تا زون‌های چند فازی کاملاً تفریق یافته و نهایتاً هسته تغییر می‌کند. تعداد و شدت فرآیندهای متاسوماتیک همزمان با این تکامل منطقه‌ای افزایش می‌یابد و عمدتاً تجمعات دگرگونی نهایی (واحد‌های آلبیتی، کمپلکس‌های مسکوویت + کوارتز) است که کانی‌زایی قابل توجهی از Ta را در خود دارد.

کشور
معدنی

شکل ۲۷- تصویر شماتیک از توزیع منطقه ای رده ها و زیر رده های پگماتیتهی موجود در سقف گرانیت های بارور (اقتباس از ترومن و چرنی ۱۹۸۲)

۲-۱-۱- طبقه بندی پگماتیت ها

گرچه، چندین طبقه بندی برای پگماتیت ها وجود دارد، اما الگوی چرنی (۱۹۹۱) کاربردی تر می باشد. زیرا پگماتیت ها را بر اساس ویژگی مجموعه های فلزی آنها تفکیک می کند و تقریباً مفهوم ژنتیکی را در آن اعمال کرده است. دو گروه از پگماتیت ها تشخیص داده شده اند، گروه Nb-Y-F که بیشتر با گرانیت های ساب آلكالین تا متآلومین (بیشتر نوع I) همراهند و گروه Cs-Ta Li- که غنی از عنصر بر (B) بوده و با گرانیت های پرآلومین (اغلب نوع S) همراه هستند (راب، ۲۰۰۵).

برخی پگماتیت ها مشخصاً نتیجه ذوب بخشی درجات پایین بوده و دایک های فرعی و جدایش هایی را در کمرندهای دگرگونی درجه بالا تشکیل می دهند. سایر پگماتیت ها، با پهنه های گنبدی شکل از توده های نفوذی بزرگ گرانیتی مرتبط هستند و ممکن است از نظر ژنتیکی با بخش های بسیار تفریق یافته و اشباع شده از چنین توده هایی در ارتباط باشند. از طرف دیگر، برخی از پگماتیت ها بدون تردید محصول تبلور گرانیت اشباع از آب نیستند (راب، ۲۰۰۵).

براساس عمق تشکیل پگماتیت‌ها را به انواع زیر تقسیم می‌کنند:

۱. پگماتیت‌های کم‌عمق یا پگماتیت‌های حفره‌دار: این نوع پگماتیت‌ها در عمق ۱/۵ الی ۳/۵ کیلومتری از سطح زمین تشکیل شده‌اند و به دلیل فشار کم محیط تشکیل دارای فضاهای خالی در بین بلورها می‌باشند. این گروه گاهی حاوی کانیهای قیمتی بریل و توپاز و بندرت کانی‌های Sn، Li و عناصر کمیاب است.
۲. پگماتیت‌های عمق متوسط یا پگماتیت‌های حاوی عناصر کمیاب: این گروه از پگماتیت‌ها که در عمق ۳/۵ الی ۷ کیلومتری از سطح زمین تشکیل شده‌اند حاوی کانی‌های دارای عناصر کمیابی نظیر Cs، Rb، Li، Cs، Be، Nb-Ta، Hf، Zr، Ge، B، F، P می‌باشند. ارزش اقتصادی این پگماتیت‌ها از سه نوع دیگر بیشتر است.
۳. پگماتیت‌های عمیق یا پگماتیت‌های ساده یا پگماتیت‌های میکادار: پگماتیت‌ها در عمق ۷ تا ۱۱ کیلومتری تشکیل شده‌اند. اکثراً واجد ۲ نوع میکا و کانی‌های فرعی نظیر گارنت، تورمالین، کیانیت، زیرکن، آپاتیت و مونازیت هستند. این گروه معمولاً به شکل پرشدگی شکستگی‌ها در سطح وسیعی توزیع شده است. پتانسیل اقتصادی این گروه بسیار کم و بندرت برای اورانیوم و عناصر کمیاب مقرون به صرفه اقتصادی است.
۴. پگماتیت‌های بسیار عمیق یا پگماتیت‌های سرامیکی: این پگماتیت‌ها که اعماق بیش از ۱۱ کیلومتر تشکیل شده‌اند معمولاً فاقد کانی‌سازی بوده و تنها برای تولید انواع سرامیک مناسب‌اند. طبقه بندی مدرن پگماتیت‌ها به شدت تحت تأثیر طبقه بندی‌ها عمق - زون سنگ‌های گرانیتی که توسط (بادینگتون ۱۹۵۹) و (گینزبرگ و همکاران، ۱۹۷۹) ارائه گردیده، قرار دارد که در این طبقه بندی آنها عمق جایگیری و ارتباط با توده‌های دگرگونی و گرانیتی را مد نظر قرار داده‌اند. طبقه بندی جدید، طبقه بندی (چرنی و همکاران، ۲۰۰۵) تنها در جلسه GAC/MAC در هالیفیکس مطرح گردید. این طبقه بندی، ترکیبی از طبقه بندی (چرنی، ۱۹۹۱) و (اریک، ۲۰۰۴) می‌باشد و یک طبقه بندی جدید پتروژنتیکی است که در آن سه خانواده متمایز معرفی می‌گردد: "خانواده NYF با تجمع پیشرونده از نیویوم، ایتریوم و فلوتور (به علاوه بریلیوم، عناصر نادر خاکی، اسکاندینیم، تیتانیم، زیرکونیم، توریم و اورانیم)، تفریق از گرانیت‌های نوع A و I ساب آلومین تا مت‌آلومین که توسط انواع فرایندهای گوناگون مربوط به پوسته تهی شده و/یا گوشته سازنده، بوجود آمده‌اند. خانواده LCT پرآلومین بوسیله تجمع بالای از لیتیم،

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

سزیم و تانتالیم (به علاوه روبیدیم، بریلیم، قلع، بور، فسفر و فلئور) که بطور عمده از گرانیتهای نوع S و معمولاً به مقدار کمتر از گرانیتهای نوع I مشتق شده اند و خانواده مخلوط NYF + LCT با منشأ گوناگون می باشند (به عنوان مثال، پلوتون NYF آلوده شده با سوپراکراست های غیر تهی شده Un-depleted (Supracrustals)). همچنین در جلسه (2005) GAC/MAC توسط (مارتین و دی ویتو، 2005) پیشنهاد شد که طبقه بندی زون عمقی (depth zone) نمی تواند برای دو رده ژئوشیمیایی اصلی از پگماتیت های LCT و NYF پیشنهاد گردد. آنها پیشنهاد نمودند که خاستگاه تکتونیکی تعیین کننده طبیعت ماگمای والد و ماگماهای غنی از عناصر نادر مشتق شده از آنها هستند. بنابراین، پگماتیت های LCT در محیطهای تکتونیکی فشارشی (مناطق کوهزایی) و پگماتیت های NYF از محیط های تکتونیکی کششی (مناطق غیر کوهزایی) تولید می شوند.

اختلاط NYF و LCT در نتیجه آلودگی (آلایش)، در مراحل ماگمایی و یا پس از ماگمایی (Post-magmatic) می باشند که در طی مسیر تکاملی در آن از سنگ های NYF از طریق رطوبت سیالات نه تنها لیتیم و بور که حتی کلسیم و منیزیم را از سنگ میزبان خود دریافت نموده اند، بطوری که بخشی از توده پگماتیتهای ممکن است دارای تورمالین دراوبیتی (Dravitic)، البایتی (Elbaitic) و لیدوکواتیتی (Liddicoatitic)، دانبوریت (Danburite) و دیگر گونه های عجیب و غریب مانند میکروولیت (Microlite)، فرسمیت (Fersmite)، لاندونیت (Londonite) و پزوتاتیت (Pezzottatite) باشند.

پیشنهاد گردیده که برخی از پگماتیت های عجیب و غریب ماداگاسکار با خصوصیات هیبریدی یا مخلوطی از NYF/LCT ممکن است بوسیله ذوب دوباره پگماتیت های نوع NYF به همراه سیالات متاسوماتیک وجود بیابند. همچنین پیشنهاد می شود که پگماتیت ها ممکن است توسط آناتکسی سنگ های پوسته و جبهه، که احتمالاً قبلاً دگرسانی متاسوماتیکی (metasomatically altered) در آنها رخ داده است، بوجود آمده باشند.

واضح است که گرایش به سمت یک طبقه بندی پتروژنتیکی در حال رخ دادن است. طبقه بندی پتروژنتیکی می تواند ارتباط بین پگماتیت ها و رژیم تکتونیکی و ارتباط بین فرایند شکل گیری ماگما را

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

برقرار نماید، که این به منظور پیشبرد درک ما از پیدایش پگماتیت‌ها درون فرایندهای زمینی در مقیاس بزرگتر، ضروری است. طبقه بندی (مارتین و دی ویتو، 2005) یک گام مهم در این راستا می باشد.

جدول ۱۶- طبقه بندی پگماتیت‌گرانیت‌ها بر اساس سیستم زمین‌شناسی، پاراژنتیک و ژئوشیمیایی توسط

(چرنی و همکاران، 2005)

شبه مدل	مدل	زیر رده	رده
		AB- LREE AB- HREE	محیط بسیار عمیق (AB)
			مسکویت (MS)
		MREL- REE MREL-Li	مسکویت حاوی عناصر نادر خاکی (MSREL)
بریل - کولومبیت بریل - کولومبیت - فسفات اسپودمن پتالیت لپیدولیت البیت آمبلی گونیت	آلانیت - مونازیت اگزیت گادولینت بریل کمپلکس آلبیت - اسپودمن آلبیت	REL- REE	عناصر نادر خاکی (REL)
	توپاز - بریل گادونیت - فروگوسونیت بریل - توپاز	MI-REE MI-Li	میارولیتیک

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

	MI- اسپودمن MI- پتالیت MI- لپیدولیت	کمپلکس	
--	---	--------	--

جدول ۱۷- زیر شاخه های مهم و خصوصیات ۵ کلاس از گرانیتهای پگماتیت ها ارائه شده توسط

(چرنی و همکاران، ۲۰۰۵)

ارتباط با گرانیتهای	عناصر فرعی مدل	محیط دگرگونی	رده زیر رده مدل- زیر مدل
هیچ (جدایش آنا تکسی دریاچه ای)	Y, U, Th, Zr, Ti, Nb, LREE, HREE کانی سازی ضعیف تا متوسط	آمفیبولیت بالایی، فشار پایین تا بالا؛ رخساره گرانولیت؛ فشار تقریبی ۴ تا ۹ کیلو بار، دمای ۷۰۰ تا ۸۰۰ درجه سانتیگراد	محیط بسیار عمیق (AB) AB- HREE AB- LREE AB-U
هیچ (توده- های آنا تکسیک) حاشیه ای و بیرونی	Ca, Ba, Sr, Fe > Mn فاقد عناصر نادر کانی سازی (میکا و کانی های سرامیکی)	فشار بالا، رخساره آمفیبولیت باروین (کیانیت - سیلیمانیت) فشار ۵ تا ۸ کیلو بار، دمای تقریبی ۶۵۰ تا ۵۸۰ درجه سانتیگراد	مسکویت (MS)
درونی تا بیرونی؛ برخی بطور ضعیف توصیف شده اند.	Be, Y, REE, Ti, U, Th, Nb- Ta: مسکویت، بیوتیت، آلمانین - اسپسارتین گارنت، (کیانیت، سیلیمانیت) Li, Be, Nb بریل، کاسیتريت، کلمبیت، لپیدولیت، (اسپودمن)	رخساره آمفیبولیت (دما)، فشار متوسط تا بالا؛ فشار ۳ تا ۷ کیلو بار، دمای تقریبی ۶۵۰ تا ۵۲۰ درجه سانتیگراد	مسکویت حاوی عناصر نادر (MSREL) MSREL- REE MSREL-Li
درونی یا حاشیه ای (بندرت خارجی)	Be, Y, REE, U, Th, Nb > Ta, F	رخساره های گوناگون، بزرگ و سطحی پسازمانی ناحیه ای روی سنگ های میزبان تاثیر می گذارند	عناصر نادر REL-REE آلانیت - موناژیت

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

			اکسینیت گادولینیت
(درونی تا حاشیه‌ای) بیرونی	Li, Rb, Cs, Be, Ga, Sn, Hf, Nb-Ta, B, P, F	رخساره آمفیبولیت فشار پایین، آبوکوما (آندالوزیت - سیلیمانیت) تا رخساره شیست سبز بالایی؛ فشار تقریبی ۲ تا ۴ کیلوبار، دمای تقریبی ۴۵۰ تا ۶۵۰ درجه سانتیگراد	REL-Li بریل (بریل - کلمبیت؛ بریل - کلمبیت - فسفات) کمپلکس (اسپودومن؛ پتالیت؛ لپیدولیت؛ البائیت؛ آمیلیگونیت) آلبیت - اسپودومن آلبیت
درونی تا حاشیه‌ای (درونی تا حاشیه‌ای) تا بیرونی	Be, Y, Nb, REE, F, Ti, U, Th, Zr Li, Be, B, F, Ta>Nb	حوادث پسازمانی محلی بسیار کم فشار که سنگ‌های میزبان را متاثر می- سازند. آمفیبولیت تا شیست سبز کم فشار، فشار ۳ تا ۱/۵ کیلوبار، دمای ۴۰۰ تا ۵۰۰ درجه سانتیگراد	میارولیتیک (MI) MI- REE MI-Li

جدول ۱۸- طبقه بندی پترولوژیکی گرانیت پگماتیت های عناصر نادر، انشقاق یافته از انواع پلوتون ها توسط

(چرنی و همکاران، ۲۰۰۵)

خانواده	زیر رده پگماتیت	نشانه‌های ژئوشیمیایی	ترکیب پگماتیت حجیم	گرانیت- های همراه	ترکیب گرانیت حجیم	سنگ- شناسی منبع
LCT	REL-Li MI- Li	Li, Rb, Cs, Be, Sn, Ga, Ta>Nb, (B, P, F)	پرآلمین تا ساب آلمین	همزمان با کوهزایی تا پس از کوهزایی (تا غیر کوهزایی)؛	پرآلمین، S, I تیپ یا مخلوطی از آنها	پوسته تهی نشده بالایی تا میانی ابرپوسته- ای و گنیس‌های

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

پایه‌ای	به شدت غیر یکنواخت				
گرانولیت- های گوشته تهی شده میانی تا پایینی، یا گرانیتوئیدهای جوان	فعالیت‌های همزمان- پیش و پس تا اساساً غیرکوهزایی؛ شبه یکنواخت	ساب آلومین تا متا آلومین (تا ساب آلکان)	Nb>Ta, Ti, Y, Sc, REE, Zr, U, Th, F	REL- REE MI- REE	NYF
پروتولیت- های مخلوط شده یا هضم ابریسته‌ها با گرانیت‌های NYF	پساکوهزایی تا غیرکوهزایی؛ غیریکنواخت	متا آلومین تا پرآلومین متوسط	مخلوط شده	لايه‌های مقاطع LCT & NYF	مخلوط شده

پگماتیت‌های دارای عناصر نادر خاکی به دو گروه عمده تقسیم می‌شوند:

پگماتیت LCT: حاوی عناصر لیتیم، سریم، تانتالیم

پگماتیت NYF: حاوی عناصر نیوبیوم، ایتیریم، فلورین

پگماتیت LCT منبع یک سوم تولید جهانی لیتیم، بیشتر تانتالیوم و تمامی سریم است. از کانسارهای

گروه پگماتیت LCT می‌توان به این موارد اشاره نمود: بزرگترین کانسار تانکو، کانادا (۲/۱ میلیون تن، اکسید

تانتالیم ۰/۱۲۵ درصد)، گرین بوشز، استرالیا (۷۰/۴ میلیون تن، اکسید لیتیم ۲/۶ درصد)، بیکیتا، زیمباوه

(۱۲ میلیون تن، ۱/۴ درصد).

پگماتیت LCT نماینده بالاترین تفریق و آخرین سازنده متبلور شده مذاب گرانیتی هستند. گرانیت‌های

مادر پرآلومین، تیپ S می‌باشند.

پگماتیت‌های LCT یک زیر گروه پتروگرافیکی از پگماتیت گرانیت هستند که با گرانیت‌های خاص همراهند و از عناصر ناسازگار مانند Ta-Rb-Sn-Cs-Li غنی شده‌اند. کانی‌های اصلی کوارتز، پتاسیم فلدسپار، آلبیت، مسکویت، کانی‌های فرعی گارنت، تورمالین و آپاتیت هستند. کانی‌های لیتیم دار عبارتند از: اسپودومن، پتالیت، لپیدولیت.

کانسار پگماتیت گرانیتی به شکل گرانولار دانه ای یا مجموعه ای از دانه ها یافت می شود. کانی‌های اقتصادی مهم آن اسپودومن و بریل می باشند. عیار معدنکاری در این کانسار $\text{Li}_2\text{O}: 0.7-1\%$ و $\text{Be}: 0.1\%$ است مانند کانسار ایسترن برزیل.

کانسار گرایزن کوارتزی، به فرم رگه ای در داخل گرانیت ها دیده می شود. اسپودومن و بریل از کانی های اقتصادی مهم آن به شمار می روند. عیار معدن کاری از این نوع کانسار $\text{Li}_2\text{O}: 0.7-1\%$ و $\text{Be}: 0.1\%$ می باشد مانند کانسار تین هندوستان.

گرایزن، ذخیره در کانسار گرایزن به شکل رگچه ای بوده و زینوالدیت به عنوان کانی اقتصادی مهم آن به شمار می رود. عیار معدن کاری در این نوع کانسار $\text{Li}_2\text{O}: 0.7-1\%$ می باشد مانند کانسار سینووچ در چک و اسلواکی.

۲-۱-۲ - شرایط جهانی، محلی و منطقه‌ای مناسب برای تشکیل پگماتیت‌های LCT

پگماتیت‌های LCT درون کوهزایی‌های درون سرزمینی قرار گرفته‌اند، بطوریکه اکنون در هسته کراتونهای پرکامبرین بوده و محصول صفحات همگرا هستند. مثل کوهزایی حاشیه همگرا (پگماتیت هیمالیا، کالیفرنیا) و کوهزایی برخوردی (کوه میکا، ماین) و بیشتر مرتبط با برخورد هستند تا فرورانش. بعنوان مثال، بر پایه یک مطالعه جهانی، چرنی (۱۹۹۱) پیشنهاد می‌کند که بیشتر پگماتیت‌های LCT نسبت به سنگ‌های دربرگیرنده سین تکتونیک تاخیری هستند تا بعد از تکتونیک اولیه.

بیشتر پگماتیت‌های LCT بدرون سنگ‌های متاسدیمنتری و بصورت تیپیک در آمفیبولیت فشار پایین تا رخساره‌های شیست سبز بالایی نفوذ کرده‌اند (چرنی، ۱۹۹۲). اندکی از پگماتیت‌های LCT در گرانیت،

(گرین لیک، کانادا) (چرنی و همکاران، ۲۰۰۵)، گابرو (پالاجیف، کالیفرنیا) (سیمون و همکاران، ۲۰۰۹) یا سایر سنگ‌های آذرین هستند و رسوبات دگرگون نشده یا سکانس‌های آتشفشانی محتمل نیستند.

توزیع سنی- جهانی پگماتیت‌های LCT (تاگو، ۲۰۱۱، مک کائولی و برادلی، ۲۰۱۱) مشابه سن توزیع گرانیت کوهزایی و زیرکون‌های آواری است (برادلی، ۲۰۱۱). پگماتیت‌های LCT حداکثر سن ۲۶۵۰، ۱۸۰۰، ۵۲۵، ۳۵۰، ۱۰۰ میلیون سال دارند که قابل مقایسه با زمان‌های کوهزایی برخوردی حداقل پیک در ۱۰۰ میلیون سال است (برادلی، ۲۰۱۱). بین این پالس‌ها اینتروال‌های طولانی مدت بودند که حاوی اندکی یا هیچ پگماتیت‌های LCT بودند. توریع سنی ظاهراً فیلتری اولیه در جستجو برای پگماتیت‌های LCT در نواحی مرزی فراهم می‌سازد. بزرگترین نهشته‌ها در آرکن تشکیل شده‌اند. پس کوهزایی‌های این زمان بالاترین پتانسیل کانسازگی را دارند.

۲-۱-۳ - ارتباطات پگماتیت‌های LCT با سنگ‌های آذرین

پگماتیت‌های LCT نمایانگر بالاترین تفریق و آخرین سازندگان متبلور شده مذاب گرانیته هستند. گرانیته‌های مادر بصورت تیپیک پرآلومین، تیپ S هستند. گرچه برخی از مثال‌های آرکن مت‌آلومین و تیپ I هستند (مارتین و دی وتیو، ۲۰۰۵).

پگماتیت‌های LCT از نظر عناصر ناسازگار مثل Li-Cs-Sn-Rb-Ta غنی شده‌اند و از سایر پگماتیت‌های عناصر نادر متمایز گشته‌اند. مذاب‌های سازنده پگماتیت‌های LCT از آب، فلورین، فسفر و بور غنی شده‌اند، این سازندگان دمای سالیدوس را کاسته و ویسکوزیته و چگالی و در نتیجه تصلب ماگما را افزایش می‌دهند.

پگماتیت‌ها می‌توانند دایک‌های نازک و نهشته‌های متبلور توده‌ای را بسازند. مطالعات میانبارهای سیال دمای تشکیل حدود ۳۵۰-۵۵۰ درجه سانتیگراد و فشار نسبی ۳ کیلو بار را نشان می‌دهد (لاندن، ۲۰۰۸).



شکل ۲۸- نقشه پراکندگی پگماتیت‌های LCT های جهان

۲-۱-۴ - پگماتیت‌های لیتیم دار و منشأ لیتیم در پگماتیت‌ها

منشأ لیتیم در پگماتیت‌ها و دلیل اینکه چرا برخی از آنها غنی از لیتیم هستند و سایرین نیستند، موضوع بسیاری از تحقیقات و بحث‌ها در سال‌های اخیر بوده است. پروسه‌های تشکیل پگماتیت‌ها بطور قابل ملاحظه‌ای بسیار پیچیده‌تر از تأثیرات نسبتاً ساده تبلور تفریقی از ماگمای گرانیتی است. علاوه بر این، تنوع در شرایط فشار و دما هنگام تشکیل، در پیوند با تکامل ماگما، تعیین کننده عناصری است که در پگماتیت‌ها یافت می‌شوند. پگماتیت‌ها در ۵ رده اصلی و زیر رده‌های خاص هر یک، تقسیم‌بندی می‌شوند. ۳ مورد از این زیر رده‌ها پتانسیلی برای لیتیم محسوب می‌شوند. (چرنی و اریک، ۲۰۰۵) پگماتیت‌ها را به دو خانواده بر حسب ترکیب شیمیایی شان تقسیم کردند؛ NYF (نیوبیوم، ایتریم و عنصر نادر خاکی) و LCT (لیتیم، سزیم و تانتالیم).

سه عدد از بزرگ‌ترین کانسارهای لیتیم در کارولینای شمالی، آمریکا، در مانونو در جمهوری دموکراتیک

کنگو و در گرین بوشز استرالیا، در سال‌های اخیر جزو منابع رده دوم تولید لیتیم محسوب می‌شوند.

پگماتیت لیتیم‌دار در ناحیه کینگ مانتین کارولینای شمالی، آمریکا اساساً از اوایل ۱۹۰۶ شناسایی شده است (کارپنتر، ۱۹۹۵) اما در ابتدا بندرت فعالیت می‌کرد. از دهه ۱۹۵۰ معدنکاری از نظر مقیاس بزرگتر شد و برای سالیان زیادی این ناحیه منطقه اصلی برای تولید جهانی لیتیم بود. رخنمون‌های پگماتیت‌ها در یال غربی زون برشی کینگ مانتین که سنگ‌های دگرگونی درجه بالای پیه‌مونت را از کمر بند کینگ مانتین جدا می‌سازد خود سنگ‌های دگرگونی درجه پایین است. کانسنگ‌های گزارش شده در بردارنده ۱/۵ درصد اکسید لیتیم و همچنین پگماتیت‌ها کاسیتريت‌دار هستند (کارپنتر و همکاران، ۱۹۹۵). منابع توسعه نیافته در این ناحیه هنوز شامل بیش از ۲/۵ میلیون تن لیتیم ارزیابی می‌شوند (اوانز، ۲۰۱۴).

اگرچه، باور این است که پگماتیت مانونو در جمهوری دموکراتیک کنگو دارای بیش از ۲ میلیون تن لیتیم باشد (اوانز، ۲۰۱۴)، در گذشته برای استخراج کاسیتريت و کلمبیت معدنکاری شده‌است. این کانسار تقریباً ۵ کیلومتر طول، بیش از ۴۰۰ متر پهنا و کانسنگ پگماتیتی منطقه‌بندی شده نزدیک سطح ۲۵-۱۰ درصد اسپودومن دارد (گرت، ۲۰۰۴).

بزرگ‌ترین عملیات معدنکاری کانی‌های لیتیم در گرین بوشز، غرب استرالیا صورت گرفته است. این توده پگماتیتی تقریباً ۵ کیلومتر طول و بیش از ۳۰۰ متر پهنا دارد. گرین بوشز بین زون برشی دونی‌بروک - بریج - تاون و سنگ‌های نفوذی کمر بند دگرگونه بالینگاپ در جنوب ییلگرن کراتون، واقع شده؛ گرچه وسیعاً بوسیله رسوبات ترشیری و لاتریت مسدود شده است. پگماتیت شامل ۵ منطقه مشخص کانیایی است: زون حاشیه تماسی؛ زون فلدسپار پتاسیم؛ یک زون آلبیتی؛ یک زون مختلط و یک زون اسپودومن (اینگهام و همکاران، ۲۰۱۰). بطور کلی، اسپودومن نماینده ۲۶ درصد از کل پگماتیت است، اما در زون اسپودومن می‌تواند تا ۵۰ درصد هم برسد. تا سپتامبر ۲۰۱۲ ارزیابی ذخیره محاسبه شده ۰/۶ میلیون تن با میانگین ۳/۲ درصد اکسید لیتیم، منابع نشان داده شده ۱۱۷/۹ میلیون تن در ۲/۴ درصد اکسید لیتیم و منابع استنباطی ۲/۱ میلیون تن در ۰/۲ درصد اکسید لیتیم ارزیابی می‌شود (اینگهام و همکاران، ۲۰۱۲).

نخستین عملیات معدنکاری در گرین بوشز با گشودن اولین پیت استخراجی قلع در ۱۸۸۸ و در دهه ۱۹۴۰ با عملیات تولید تانتالیم دنبال شد. تولید تانتالیم معدن در طی دهه‌ها بسیار بیشتر شد و افزایش

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

تقاضا در دهه ۱۹۹۰ منجر به توسعه معدنکاری زیرزمینی گردید که از ۲۰۰۱ آغاز شد. لیتیم در بخش‌های دگرسان نشده پگماتیت گرین بوشز در اواخر دهه ۱۹۴۰ کشف شد (اوانز، ۲۰۱۴) اما معدنکاری لیتیم تا ۱۹۸۳ آغاز نشد. طرح تهیه لیتیم در ۲۰۱۲ تا ظرفیت ۷۴۰۰۰۰ تن در سال افزایش داده شد (اینگهام و همکاران، ۲۰۱۲). عملیات لیتیم گرین بوشز توسط شرکت لیتیم تالیسون که خود از الحاق دو شرکت گروه صنعتی چنگ دو تیان کیو (۵۱ درصد) و آلبه مارله (۴۹ درصد) بوجود آمده، انجام می‌شود.

علاوه بر گرین بوشز در استرالیا، ذخائر گلکسی در معدن مانت کاتلین از اواخر ۲۰۱۰ آغاز بکار کردند. این منابع در کمربند راونستروپ گرینستون، پگماتیتهایی که نسبتاً صاف است و بصورت تپیکال کمتر از ۳۰ متری زیر سطح زمین قرار گرفته، با کانه زایی بالای ۲۰ متر ضخامت (گروه اسنودن، ۲۰۱۰) قرار دارد.

سایر کانسارهای پگماتیت مشهور شامل بیکیتا در زیمباوه و تانکو در کانادا هستند. پگماتیت بیکیتا در طول ۱۷۰۰ متر و در پهناهای گوناگون تا ۷۰ متر، بیرون زدگی دارد. یک زون پگماتیتهی پیچیده با امکان بیش از ۱۳ گونه زون‌های کانیاپی مختلف و تنوع قابل ملاحظه‌ایی در امتدادش، است (کرنی و همکاران، ۲۰۰۳). این پگماتیت همچنین دربردارنده اغلب کانی‌های لیتیم مثل اسپودمن، پتالیت، لپیدولیت، ایوکریپتیت و آمبلیگونیت است (ون نوررینگ و کوندلیف، ۱۹۸۷). از نظر تاریخی این پگماتیت منبع اصلی تولید لیتیم و همچنین در گذشته بریل، کاسیتريت و تانتالوم بوده است. تولید در ۲۰۱۴ به تقریباً ۴۴۰۰۰ تن کانی لیتیم یا غلظت ۴/۲ درصد اکسید لیتیم رسید.

پگماتیت تانکو، بخشی از گروه پگماتیت‌های برنیک لیک، در مانیتوبا، کانادا دیگر کمپلکس پگماتیت زونه با بیش از ۱۰۰ کانی مختلف شامل پتالیت، اسپودمن، ایوکریپتیت و لپیدولیت است. تقریباً ۱۵۲۰ متر طول، ۱۰۶۰ متر پهنا و بالای ۱۰۰ متر ضخامت دارد اما در سطح رخنمون ندارد. تولید لیتیم از آن در سال ۲۰۱۰ آغاز شد اما معدنکاری زیرزمینی اکنون متمرکز بر روی استخراج سزیم شده است (شرکت کوبوت، ۲۰۰۱؛ مارتینز و همکاران، ۲۰۱۳).

۲-۱-۵- راهنمای اکتشافی زمین‌شناختی پگماتیت‌های LCT

شناسایی والدین احتمالی گرانیتی یک قدم کلیدی در ارزیابی یک ناحیه برای پتانسیل پگماتیت‌های LCT است. گرانیت‌های بارور، پرآلومین و دربردارنده‌ی مسکویت دانه درشت سبز نسبت به نقره‌ای، پتاسیم فلدسپار سفید نسبت به صورتی و گارنت، فلورین و یا کردیریت همراه‌اش است (سلوی و همکاران، ۲۰۰۵). گرانیت بارور مقادیر بالایی سزیم، لیتیم، روبیدیم، قلع و تانتالیم و مقادیر پایینی کلسیم، آهن و منیزیم دارد، آنها همچنین نسبت‌های عنصری غیر محلول دارد (برای مثال نسبت منیزیم به لیتیم کمتر از ۱۰ و نسبت سدیم به تانتالیم کمتر از ۸) (سلوی و همکاران، ۲۰۰۵). به دلیل اینکه تمامی پگماتیت‌های LCT نمی‌توانند به گرانیت مادر شناخته شده‌ای نسبت داده شوند، غیبت گرانیت‌های بارور در سطح پتانسیل پگماتیت‌های LCT را نفی نمی‌کند.

سلوی و همکاران (۲۰۰۵) خطوط راهنمای اکتشافی را با استفاده از کانی‌شناسی و منطقه بندی شیمیایی خلاصه کرده‌اند. پگماتیت‌های LCT در گروه‌هایی قرار می‌گیرند که شامل ده‌ها تا صدها منطقه منفرد و پوششی تا ده‌ها کیلومترمربع است (چرنی، ۱۹۹۱). پگماتیت‌های LCT شناخته شده تا ۱۰ کیلومتری گرانیت مادر ساخته می‌شوند (برک و تیندل، ۱۹۹۷)، دورترین پگماتیت‌ها بیشترین تفریق یافتگی را دارند. پگماتیت‌ها بصورت تیپیکال منطقه بندی کانی‌شناسی و ژئوشیمیایی متحدالمرکز نشان می‌دهند، در حدود پلوتون رخنمون یافته یا متداخل-هم در خروجی نقشه و هم در برش متقاطع نزدیک‌ترین و کم اهمیت‌ترین توده پگماتیتی در ناحیه LCT دربردارنده تنها کانی‌های سنگ ساز استاندارد گرانیت تیپ S است. در بخشی که بیشترین تفریق را دارد، در زون‌های هم‌مرکز، بریل ظاهر می‌شود، سپس کلمبیت، تانتالیت و اسپودومن و در نهایت پلوسیت. بیشترین ناحیه تفریق یافته غنی شده از پگماتیت نوع عناصر نادر تنها ۱-۲ درصد جمعیت پگماتیت‌ها را دربر می‌گیرند. درون ناحیه مرزی پگماتیت‌ها، تعدادی از روندهای تفریق کانیایی به آشکار شدن منطقه بندی ناحیه‌ای و در نتیجه تعیین بیشترین نقاط امیدبخش کمک می‌کند.

اسمدز (۱۹۹۲) مشاهده کرد که در پگماتیت‌های سوییس قلع بیشتر از ۵۰۰ ppm در مسکویت، شاخص خوبی برای کاسیتريت به ویژه هنگامی که با مقادیر پایین منیزیم و آهن جفت شده است. گرانیت‌های بارور آلماندین قرمز، غنی از آهن هستند، در حالیکه بیشتر پگماتیت‌های تحول یافته می‌توانند مقادیری اسپسارتین نارنجی سرشار از منیزیم داشته باشند.

تورمالین در گرانیت‌های بارور در بخش خارجی پگماتیت‌های LCT، سیاه است و لیتیم و منیزیم کمی دارد، زون‌های داخلی بیشتر پگماتیت‌های تفریق یافته عموماً تورمالین دارند، در وارپته‌ای از البائیت صورتی تا سبز، که از لیتیم و منیزیم غنی است. بریل تغییرات رنگی با افزایش تفریق نشان می‌دهد از سبز یا قهوه‌ای در پگماتیت‌های کمتر تحول یافته تا رنگ پریده، سفید و صورتی در بیشتر توده‌های تحول یافته است. هوازگی در پگماتیت‌های LCT می‌تواند نتیجه آنومالی‌های خاکی و کانی‌های شاخص باشد. اسمیت و دیگران (۱۹۸۷) ثابت کردند که آرسنیک، بریلیوم، آنتیموان، قلع، ۱۲ تا ۲۰ کیلومتر هاله خاک‌های لاتریتی اطراف پگماتیت گرین بوشز، نیوبیوم و تانتالیم و بور هاله کوچکتر ۱ تا ۲ کیلومتری می‌سازند. کاسیتريت، تانتالیوم، البائیت و اسپسارتین بطور قابل ملاحظه‌ای متراکم هستند و ماندگاری دارند تا بعنوان کانی سنگین راهنما منظور شوند. عناصر سنگین متحرک مثل لیتیم، روبیدیوم و سزیم و سازندگان فراری مثل بور و فلورین به جایگزینی در سنگ‌های میزبان مجاور پگماتیت‌های LCT تمایل دارند.

۲-۱-۶- منابع جهانی پگماتیت‌ها

در ذیل به شماری از منابع جهانی پگماتیت‌ها اشاره می‌شود، برای دیدن منابع بیشتر به نقشه پراکندگی پگماتیت‌های جهان مراجعه فرمایید.

آمریکای شمالی: کریستال مانت، بلک مانت، سن دیگو، لیتل ناهانی.

آمریکای جنوبی: ماموئس، ولتاگرانده، لاس کوئسواس، سن لوئیس.

اروپا: زاونتیسکوف، الب، کواس دو باروسو، بریس ساگو، کورالپه، لینستر.

شرق دور: آلتای، جای جیکا، گوانپو، پینیگ، موآن تان، اورلوکا.

۲-۲- کانسارهای رسوبی لیتیم دار

هشت درصد منابع لیتیمی را در برداشته و در قالب نهشته های رسی و تبخیری های دریاچه ای جای

می گیرند.

۲-۲-۱- تبخیری های دریاچه ای (نوع ژادریت)

شناخته شده ترین این نوع کانسار در صربستان در منطقه ژادر می باشد، که دارای ژادریت لیتیم و بور بوده و حاوی ذخیره $125/3$ میلیون تن با عیار $1/8$ درصد اکسید است. ژادریت کانی جدیدی است که تنها در حوزه ژادار در صربستان شناسایی شده است. این حوزه از شیل‌های نفتی، دولومیکریته‌ها، سنگ‌های رسوبی پیروکلاستیک و تبخیری ها که در محیط‌های دریاچه ای کوهستانی تشکیل شده است. ژادریت به دو صورت توده ای شکل با چندین متر ضخامت و همچنین نودول‌های کوچک درون زمینه ریزدانه کربناتی دیده می شود (استنلی و همکاران، 2007).

در حال حاضر این باور وجود دارد که ژادریت ممکن است توسط اثر متقابل بین رسوبات آواری، توف ها و یا کانیهای رسی، و شورابه ها با منشأ هیدروترمال تشکیل شده باشد (کسلر، 2012).

ژادریت در سال 2007 توسط ریوتینتو و کانسار ژادار در نزدیکی شهر Loznica کشف شد، حاوی یک منبع ثابت شده به مقدار $125/3$ میلیون تن لیتیم با عیار میانگین $1/8$ درصد Li_2O و بعلاوه یک معدن از کانیهای بور کشف شده می باشد. پروژه ژادار اخیراً در فاز پیش امکان سنجی است که شامل تحقیق بیشتر در کانسارها، بررسی دوباره و به روز کردن روشهای پردازشی، مطالعات محیط زیستی و تجزیه و تحلیل اجتماعی و اقتصادی می باشد (ریو تینتو، 2011). همچنین شرکت های دیگر اکتشاف ژادریت را در منطقه آغاز کردند.

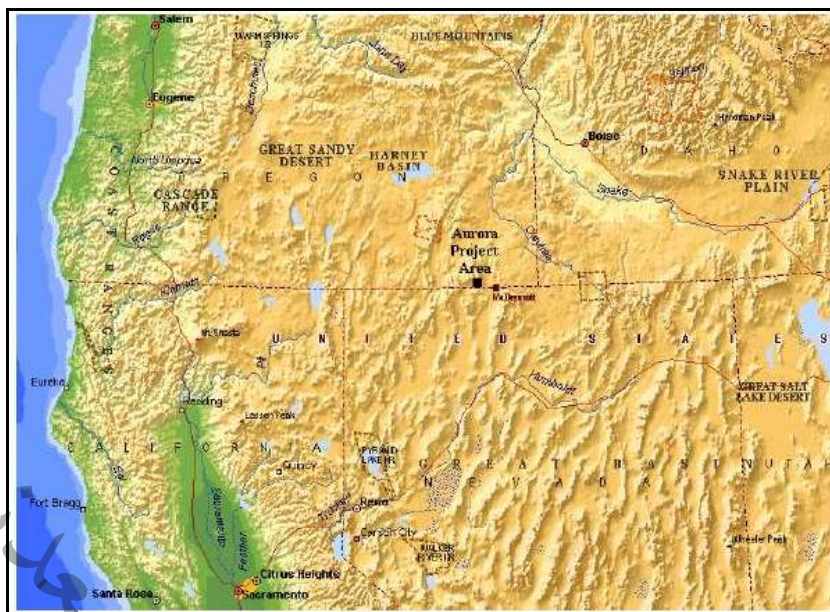
۲-۲-۲- کانسارهای هکتوریت

لیتیم در قالب کانی اسمکتیت (هکتوریت) یافت می‌شود که از منیزیم و لیتیم غنی شده است. کینگ ولی در نوادا یکی از این منابع است که ۴۸/۱ میلیون تن هکتوریت، ۰/۲۷ درصد لیتیم دارد.

کانسار رسهای هکتوریتی کمیاب بوده و ممکن است که در نتیجه حداقل سه فرایند زمین‌شناسی شکل بگیرند: آلتراسیون خاکسترهای ولکانیکی یا شیشه‌های ولکانیکی، رسوبات آبهای دریاچه‌ای، یا ترکیب لیتیم در کانسار رسهای اسمکتیت (آشر و بولیندر، ۱۹۹۱). همه این سه فرایند نیازمند یک محیط خشک و مرتبط با آبهای قلیایی است، سنگهای ولکانیکی و چشمه‌های آب گرم که به طور معمول تراورتن یا سیلیس ریز دانه نهشته می‌شوند (زینتک و اوریس، ۲۰۰۵).

اگر چه هکتوریت در آریزونا (هکتوریت نامش را از این محل گرفته است) کشف شد ولی امروزه در کالیفرنیا استخراج می‌شود رسها به عنوان یک منبع لیتیم در بیشتر کشورها در نظر گرفته نمی‌شود و خاک رس در استخراج نفت و گاز و در برنامه‌های کاربردی حفاری استفاده می‌شود. امروزه شرکت لیتیم آمریکا (که قبلاً به عنوان شرکت لیتیم غربی شناخته می‌شد) در حال توسعه پروژه لیتیم نوادا (که قبلاً به عنوان پروژه لیتیم Kings Valley شناخته می‌شد) می‌باشد.

بر روی خاک رس هکتوریتی که در منطقه McDermitt Caldera complex نزدیک به مرز بین نوادا و اورگان است، پنج محدوده معدنی لیتیم جداگانه شناسایی شده است. منابع اخیر از سال ۲۰۱۱ که در این منطقه کشف شده بترتیب شامل، منطقه ۱ با بیش از هفت میلیون تن لیتیم ۰/۴۵۷٪ و منطقه ۲ بیش از هشت میلیون تن لیتیم ۰/۴۳۵٪، منطقه ۳ با بیش از هفت میلیون تن لیتیم ۰/۴۱۶٪، و دیگر مناطق با عیار لیتیم ۴۰۰۰ ppm برآورد شده اند (اشنایدر و همکاران، ۲۰۱۲).



شکل ۲۹- کانسار رس هکتوریتی در McDermitt Caldera complex نزدیک به مرز بین نوادا و اورگان

۲-۳- کانسارهای شورابه ای

ذخیره در این نوع کانسارها در رسوبات دریاچه ای و شورابه ها بوده و همراه با کارنالیت می باشد. عیار معدن کاری در این نوع کانسار $0.06\% - 0.15\% \text{Li}_2\text{O}$ می باشد مانند کانسار Searles lake آمریکا. برخی از شورابه ها حاوی مقدار کمی لیتیم می باشند. به طور متداول منابع شورابه که حاوی لیتیم هستند عبارتند از: شورابه سیلوپیریک در نوادا 400 ppm دریاچه Searles در کالیفرنیا 50ppm و دریاچه بزرگ نمک آمریکا 40ppm که هنوز به عنوان منبع تامین لیتیم از آن استفاده می شود. آب دریا کمتر از 0.2 ppm لیتیم دارد، تولید لیتیم از سیلوپیریک در دهه ۱۹۷۰ شروع شد. غلظت لیتیم در این شورابه در حال حاضر کم شده است و اکنون تولید اصلی از شورابه های دریاچه نمک Atacama در شیلی انجام می گیرد. منابع متداول شورابه که حاوی لیتیم هستند در دشت های مرتفع بولیوی آرژانتین، بسترهای نمک شیلی و تعدادی از بسترهای نمک در مرکز و غرب چین پیدا شده اند.

۲-۳-۱- شیمی شورابه‌ها

شورابه، این اصطلاح اشاره به هر نوع مایع حاوی سطح بالایی از مواد جامد محلول در آن دارد که بطور معمول حاوی ترکیبات عناصر سدیم (Na) و کلرید (Cl) همانند نمک است اما معمولاً حاوی کلسیم (Ca)، پتاسیم (K)، منیزیم (Mg) و کربنات (CO₃) نیز می‌باشد.

لیتیم معمولاً در مقادیر خیلی کم در شورابه‌ها و آب‌ها یافت می‌شود، به طور مثال در آب دریا حاوی بطور میانگین ۱۸ ppm (نسبت به کل مواد محلول که ۳۵۰۰۰ ppm است) است. با این حال، محتوای لیتیم می‌تواند به طور قابل توجهی افزایش یافته، به ویژه آب‌های ژئوترمالی در دمای بالا می‌توانند این عنصر را از سنگ‌های اطراف شسته باشند و موجب تمرکز و اقتصادی شدن بشوند. البته شورابه‌های حاوی لیتیم به طور معمول با تبخیر شدن متمرکز می‌شوند. در جدول زیر به طور خاص ترکیبات شورابه‌های حاوی لیتیم توضیح داده شده است.

جدول ۱۹- ترکیبات معمول شورابه‌های حاوی لیتیم

حوضه دریاچه نمک کوئیدام، چین	دریاچه نمک زابویه، چین	سالار رینکو، آرژانتین	سالار موهبر موئرتو، آرژانتین	سالار آناکاما، شیلی	کلیتون ولی، آمریکا	
کلید مقادیر به درصد وزنی هستند						
۰/۰۳	۰/۰۵-۰/۱۰	۰/۰۳	۰/۰۵-۰/۰۶	۰/۱۱-۰/۳۱	۰/۰۲-۰/۰۴	
۰/۶۰-۰/۶۶	۲/۶۴-۳/۸۳	۰/۶۲-۰/۶۶	۰/۵۲-۰/۶۲	۱/۸۰-۲/۹۷	۰/۵۳-۱/۰۰	
۰/۴۷-۳/۵۱	۰-۰/۰۱	۰/۲۸-۰/۳۰	۰/۰۵-۰/۰۹	۰/۸۲-۱/۵۳	۰/۰۳-۰/۰۶	
۰/۰۲-۰/۴۲	۰-۰/۰۱	۰/۰۴-۰/۰۶	۰/۰۵-۰/۰۹	۰/۰۲-۰/۰۴	۰/۰۲-۰/۰۵	
۰/۰۳-۰/۰۵	۰/۲۹-۱/۴۶	۰/۰۴	۰/۰۲-۰/۰۴	۰/۰۶-۰/۰۷	۰-۰/۰۱	
۶/۲۰-۶/۸۴	-۱۰/۸۱ ۱۰/۶۶	۹/۴۶-۹/۷۹	۹/۷۹-۱۰/۳۰	۱/۰۳-۹/۱۰	۶/۲۰-۷/۵۰	
۹/۲۰-۲۰/۴۲	۱۲/۱۶-۱۲/۳۱	۱۵/۸۰	۱۵/۸۰-۱۶/۸۰	۲/۰۲-۱۸/۹۵	۱۰/۱۰-۱۱/۷۰	

برگرفته از، (Evans, 2014; Garratt, 2004; Pavlovic and Fowler, 2004; King, 2010; Shengsong, 1986). Other elements and

compounds may also be present. Li, lithium; K, potassium; Mg, magnesium; Ca, calcium; B, boron; Na, sodium; Cl, chlorine

۲-۳-۲- کانسارهای شورابه‌ای لیتیم‌دار

نهشته‌های شورابه‌ای لیتیم‌دار در حدود ۳/۴ تولید جهانی لیتیم را دارد (گزارش سازمان زمین‌شناسی آمریکا، ۲۰۱۱). شورابه‌ها ۶۶ درصد تولید لیتیم دنیا را دارند و اغلب در چین، آرژانتین و تبت قرار دارند. کانسارهای شورابه‌ای لیتیم‌دار تجمعی از آب‌های زیرزمینی شور هستند که از لیتیم غیر محلول اشباع شده‌اند. شورابه‌ها بصورت شاخص حامل ۱۴۰۰-۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر لیتیم است که به سطح زمین پمپ می‌شود و بدنبال تبخیر در سکانسی در کولاب متمرکز می‌شود که در هر لایه غلظت بیشتری از لیتیم خواهد داشت. بعد از گذشت چند ماه تا یکسال بسته به آب و هوا، غلظت ۱-۲ درصد لیتیم در پروسه‌های شیمیایی بصورت کربنات لیتیم و فلز لیتیم می‌رسد.

انواع کانسارهای شورابه‌ای لیتیم‌دار عبارتند از: شورابه‌های قاره‌ای، شورابه‌های ژئوترمالی و شورابه‌های حوضه‌های نفتی.

۲-۳-۱- شورابه‌های قاره‌ای

اکثر تولید لیتیم دنیا را دارند و مثلث لیتیم در آند، شامل کشورهای آرژانتین، شیلی و بولیوی مثال گویایی در این زمینه است. آتاکامای شیلی با ۶/۳ میلیون تن لیتیم و عیار ۰/۱۴ درصد بهترین نمونه از این تیپ کانسارها است.

این کانسارها در حوضه‌های بسته‌ای که جریان‌ات آب سطحی و زیرسطحی به سمت آن تقریباً از لیتیم غنی شده‌اند، قرار دارد. کانسارهای اقتصادی این تیپ معمولاً در نواحی با میزان بالای تبخیر خورشیدی و در نتیجه افزایش تغلیظ لیتیم، واقع گردیده‌اند. بصورت تیپیک این حوضه‌ها شامل دریاچه نمکی و کفه نمکی هستند و لیتیم اغلب تولید جانبی با سایر کانی‌ها مثل پتاسیم و بر است (اوانز، ۲۰۱۴).

استخراج کلرید لیتیم از کلیتون ولی، نوادا، آمریکا از ۱۹۶۶ آغاز شده است. این دریاچه پلایایی مساحت ۷۲ کیلومترمربعی را با حوضه زهکشی ۱۳۴۲ کیلومترمربعی شامل می‌شود (مونک و همکاران؛ ۲۰۱۱).

غلظت متوسط لیتیم در زمان استخراج صنعتی و در آغاز تقریباً ۴۰۰ ppm بوده است، گرچه این مقدار پس

از آن کاهش یافته است (گرت، ۲۰۰۴). تاریخچه زمین‌شناسی این ناحیه بخاطر دوره‌های فشارش و دگرگونی که با کشش و گسلش دنبال می‌شوند، پیچیده است. بالاترین مقادیر لیتیم در توف‌های آتشفشانی، ریولیت‌ها و کانسارهای دریاچه ای شناسایی شده است (مونک و همکاران؛ ۲۰۱۱) اما تصور می‌شود که تغلیظ شدگی بیشتری بواسطه عملیات چشمه‌های آبگرم قرار گرفته در امتداد گسل سیلور پیک وجود داشته باشد (گرت، ۲۰۰۴). شورابه‌های لیتیم‌دار از شش ناحیه آبخوان زیرسطحی پمپ می‌شوند که هر یک خصوصیات ژئوشیمیایی اندکی متفاوت با دیگری دارد. مونک و همکاران (۲۰۱۱) به این جمع بندی رسیده اند که لیتیم در شورابه نتیجه تاریخچه پیچیده‌ای است که شامل تبخیر، اختلاط آب‌های سطحی و انحلال و ته نشست هالیت و هکتوریت می‌باشد.

یکی از مشهورترین نواحی کانسارهای شورابه‌ای لیتیم‌دار قاره‌ای دریاچه‌های نمکی و کفه‌های نمکی آند مرکزی در آمریکای جنوبی است که به محلی سالارها نامیده می‌شوند. در اینجا زون فرورانشی وجود دارد که باعث بالا آمدگی صفحه آلتی پلانو- پونا و تشکیل کمان آتشفشانی گردیده است. این فرورانش یک سری حوضه‌های بسته ای که از غرب با آتشفشان‌ها و از شرق با زمین‌های مرتفع محدود شده اند، را بوجود آورده و به سنگ‌های آتشفشانی، بلوک‌های گسلی یا مخروط افکنه‌ها تقسیم شده‌اند (آلونسون و همکاران؛ ۱۹۹۱). ناحیه زهکشی داخلی تقریباً ۴۰۰۰۰۰ کیلومترمربع وسعت دارد و در حدود ۱۵۰ حوضه، با بیش از ۱۰۰ دریاچه و کفه نمکی (اریکسون و سالاس، ۱۹۸۷) می‌باشد. آب و هوای خشک در این ناحیه منجر به تشکیل کانسارهای تبخیری، مثل هالیت و ژپس شده است، زیرا تبخیر بیشتر از جریان سیال به داخل حوضه است (آلونسون و همکاران؛ ۱۹۹۱). طبیعت دقیق این کانسارهای تبخیری متنوع به تاریخچه هیدرولوژیکی هر حوضه وابسته است. تغییرات در بافت آواری رسوبات و درجات تخلخل متفاوت، گوناگونی دیگری را باعث می‌شود که در برخی موارد منجر به شکستگی‌هایی در تبخیری‌ها می‌شود. دلایل برای چنین میزان بالایی از لیتیم در این شورابه‌ها روشن نیست. گرچه، احتمالاً منبع غایی عنصری در توده ماگمایی آلتی پلانو- پونا که در اعماق این ناحیه قرار دارد، است (هوستون و همکاران؛ ۲۰۱۱).

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

یکی از شاخص‌ترین کانسارهای شورابه‌ای قاره‌ای در این منطقه، در بحث استخراج لیتیم، سالار آتاکاما در شیلی است. تولید از بخش جنوبی این سالار در ۱۹۸۴ آغاز شد، توسعه ثانویه در بخش شمالی منطقه در سال ۱۹۹۶ اقتصادی‌تر بوده است (اوانز، ۲۰۱۴). این دریاچه پلایایی یکی از بزرگ‌ترین‌ها در جهان است و ناحیه‌ای با وسعت ۳۰۰۰ کیلومترمربع و حوضه زهکشی تقریبی ۱۱۸۰۰ کیلومترمربع را می‌سازد (گرت، ۲۰۰۴). بخش شمالی بواسطه کفه‌های گلی و کولاب‌های کوچکی که مشوق نهشت کانی‌های خاص و در نتیجه تغلیظ شورابه و قادر ساختن تبلور هالیت خالص بیشتر در جنوب است، شناخته می‌شود. تصور می‌شود لیتیم با سالار از طریق آب قنات و رودخانه‌های متناوب روی یال شرقی، وارد می‌شود. غلظت لیتیم بین ۱۰۰۰ ppm تا ۴۰۰۰ ppm متغیر است و میانگین آن بین دو عملیات استخراجی اکتشافی ۱۵۰۰ ppm است (گرت، ۲۰۰۴).

لیتیم همچنین از سالار دهومبرم‌رتو در آرژانتین، که یک دریاچه پلایایی با وسعت ۵۶۵ کیلومترمربع است، استخراج می‌شود. سطح سالار بطور بخشی سیلابی و بخش دیگر خشک است اما در زیر سطح یک توده متراکم نمک با بیش از ۵۰ متر ضخامت قرار دارد. شورابه لیتیم‌دار عمدتاً در سطح واقع شده و در بخش بیشتر متخلخل این توده نمک و بطور تیپیک شامل ۵۰۰-۶۰۰ ppm لیتیم است، گرچه غلظت‌ها در دامنه ۱۹۰-۹۰۰ ppm گزارش شده‌اند (گرت، ۲۰۰۴).

در نوامبر ۲۰۱۴، تولید از سالار دو اولارز در آرژانتین آغاز شد، یک دریاچه نمکی که تقریباً ۲۵ کیلومتر از شمال تا جنوب و ۲۰ کیلومتر از شرق تا غرب پهنا دارد. این سالار در بخش شمالی حوضه اولارز-کواچری واقع شده‌است، که تقریباً ۶۰۰۰ کیلومترمربع می‌باشد. از شورابه این سالار بیش از ۱۲۰۰ ppm لیتیم، با غلظت متوسط تقریبی ۵۰۰ ppm گزارش شده‌است (هوستون و گان، ۲۰۱۱). مطالعه امکان‌سنجی این ذخایر ثابت شده و ذخایر قطعی لیتیم را ۳۷۰۰۰ تن، ذخایر احتمالی را ۴۷۷۰۰۰ تن و منابع اندازه‌گیری شده را ۵۷۶۰۰۰ تن و منابع مشخص شده را ۱۶۵۰۰۰۰ تن، با عیار حد ۳۵۴ میلی‌گرم بر لیتر توصیف می‌کنند (کینگ و همکاران؛ ۲۰۱۲).

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

در سالار دو رینکون در آرژانتین تولید پایلوت اوایل ۲۰۱۱ آغاز شد (اوانز، ۲۰۱۴). این دریاچه پلایا تقریباً ۵۰۰ کیلومترمربع در ناحیه‌ای با یک توده نمکی که ۲۶۰ کیلومترمربع را پوشانیده، است. غلظت لیتیم این شورابه ۳۳۰ ppm (پاولوویک و فولر، ۲۰۰۴).

یک ناحیه مهم دیگر تولید شورابه‌های قاره‌ای در فلات تبت در چین است که استخراج از دریاچه نمک زانبوی و دریاچه‌های نمکی دیگری مانند زی‌تایجی‌نئی‌یر و دونگ‌تائی‌جی نائیر در حوضه کوئین‌دام صورت گرفته‌است. حوضه‌ها در این فلات در هنگام شکل‌گیری هیمالیا بوجود آمده‌اند، ناحیه‌ای که تاریخچه پیچیده گسلش و تغییر شکل دارد (زوان و همکاران، ۲۰۱۱).

دریاچه نمکی زانبویدر بخش غربی فلات تبت در ارتفاع ۴۴۲۱ متری بالای سطح دریا قرار گرفته و از اطراف با کوه‌هایی با بیش از ۶۵۰۰ متر ارتفاع احاطه شده‌است. آب و هوای منطقه مرطوب و خشک است و کفه نمکی ناحیه‌ای به وسعت ۲۴۰ کیلومترمربع را پوشانیده‌است. این منطقه خشک است با از دست دادن تبخیری بیش از سه برابر ته نشست و همچنین سرد است با میانگین دمای سالانه ۱ درجه سانتیگراد می‌باشد (زنگ و همکاران، ۲۰۰۷).

حوضه کوئین‌دام، بطرف شمال فلات، ناحیه‌ای به وسعت ۹۰۰۰۰ کیلومترمربع با ناحیه آبیگیری تقریبی ۲۵۰۰۰۰ کیلومترمربع را می‌پوشاند. این حوضه دربردارنده ۲۸ دریاچه نمکی مجزا، دریاچه شور، یک دریاچه آب تازه و تعدادی پلایای خشک (یا کفه نمکی) است. دریاچه‌های شور و پلایاها بیش از یک چهارم کل منطقه حوضه را می‌پوشانند. آب و هوا بشدت خشک است با نرخ تبخیری که بسیار بیشتر از ته نشست است. دریاچه‌های زی‌تایجی‌نئی‌یر و دونگ‌تائی‌جی نائیر تقریباً ۲۸۰۰ متر بالاتر از سطح دریا هستند و نواحی سطحی به وسعت ۳۲ و ۱۱۶ کیلومترمربع را به ترتیب می‌پوشانند.

۲-۲-۳-۲- شورابه‌های ژئوترمالی

۳ درصد تولید جهانی لیتیم را نمایندگی می‌کنند. سالتون‌سی کالیفرنیا مثالی در این زمینه است. سطوح بالاتر مقادیر لیتیم در دامنه‌ای بین ۱۲ تا ۳۵۰ ppm، در تعدادی از نواحی ژئوترمالی مانند: ریکی

جانز، ایسلند؛ و ایراکی، نیوزیلند؛ سسانو، ایتالیا؛ آلساکسه، فرانسه؛ کیوشو، ژاپن؛ و بویژه سالتون سی در کالیفرنیا، آمریکا؛ گزارش شده است. این تیپ شورابه‌ها همچنین در مجراهای عمیق حرارتی اقیانوسی مثل آنچه در امتداد بالا آمدگی شرقی اقیانوس آرام و حوضه فیجی شمالی، مشاهده شده‌اند (گرت، ۲۰۰۴). بسیاری از حوضه‌های شورابه‌ای قاره‌ای از دریاچه‌های شور یا پهنه‌های نمکی زیر آنها، استخراج می‌شوند و در نتیجه فعالیت‌های زمین‌گرمایی از لیتیم غنی شده‌اند و می‌توان اینگونه فرض کرد که نواحی زمین‌گرمایی می‌توانند در آینده منبع لیتیم باشند در کنار آنچه بعنوان منابع تجدید پذیر انرژی شناخته می‌شوند.

سالتون سی در کالیفرنیا ۳۷۰ مگاوات برق از انرژی زمین‌گرمایی تولید می‌کند. آب گرمی که از زمین خارج می‌شود علاوه بر چرخاندن توربین‌ها برای تولید برق حاوی لیتیم، منیزیم و روی است. لیتیم گزارش شده ppm ۱۰۰-۲۰۰ است.

۲-۳-۲-۳- شورابه‌های حوضه‌های نفتی

۳ درصد تولید لیتیم را دارند. اسمک اور در گالف کاست آمریکا با ذخیره ۰/۷۵ درصد و ۰/۱۵ درصد لیتیم نمونه‌ای از این منابع است. پروسه استخراج نفت و گاز از چاه‌ها به ناچار شامل استخراج آب و شورابه از سازندهای زیر زمین نیز می‌شود. در اندکی از حوضه‌های نفتی این آب‌ها یا شورابه‌ها غلظت‌های متوسط تا بالایی از لیتیم به همراه سایر عناصر مانند بروم، دارند. در بیشتر موارد این آب یا شورابه، محصولی پسماند محسوب می‌شود و معمولاً بدون زمین بخاطر پرهیز از آلودگی‌های زیسن محیطی، برگردانده می‌شود.

شورابه حوضه نفتی اسموک‌اور در کالیفرنیا، آمریکا؛ یکی از بالاترین غلظت‌های لیتیم تا ppm ۵۰۰ در عمق ۴۸۰۰-۱۸۰۰ متری زیر سطح زمین را دارد (گرت، ۲۰۰۴). نفت و شورابه‌ای که از سازند اسموک‌اور با ضخامت ۲۱۳ متر سنگ آهک اوولیتی پمپ می‌شوند؛ پوشاننده حوضه نمکی ضخیم لایه‌ای از هالیت، انیدریت و ژپس هستند. کالینز (۱۹۷۶) محاسبه کرد که لیتیم در آب‌های سازند اسموک‌اور از سنگ‌های آتشفشانی تریاس در ناحیه گالف کاست، منشأ گرفته است، اما متذکر شد که این آب‌ها باید با هجوم مکرر آب چشمه یا آب دریا و فواصل زمانی تبخیر، نسبت به لیتیم تغلیظ شوند.

با توجه به تمامی مطالب ذکر شده در قبل، تمامی نهشته‌های شورابه‌ای لیتیم‌دار در ویژگی‌های مشترک

زیر هستند

(۱) آب و هوای خشک (۲) حوضه‌های بسته در پلایا یا سالار (۳) فرونشست تکتونیکی (۴) فعالیت‌های

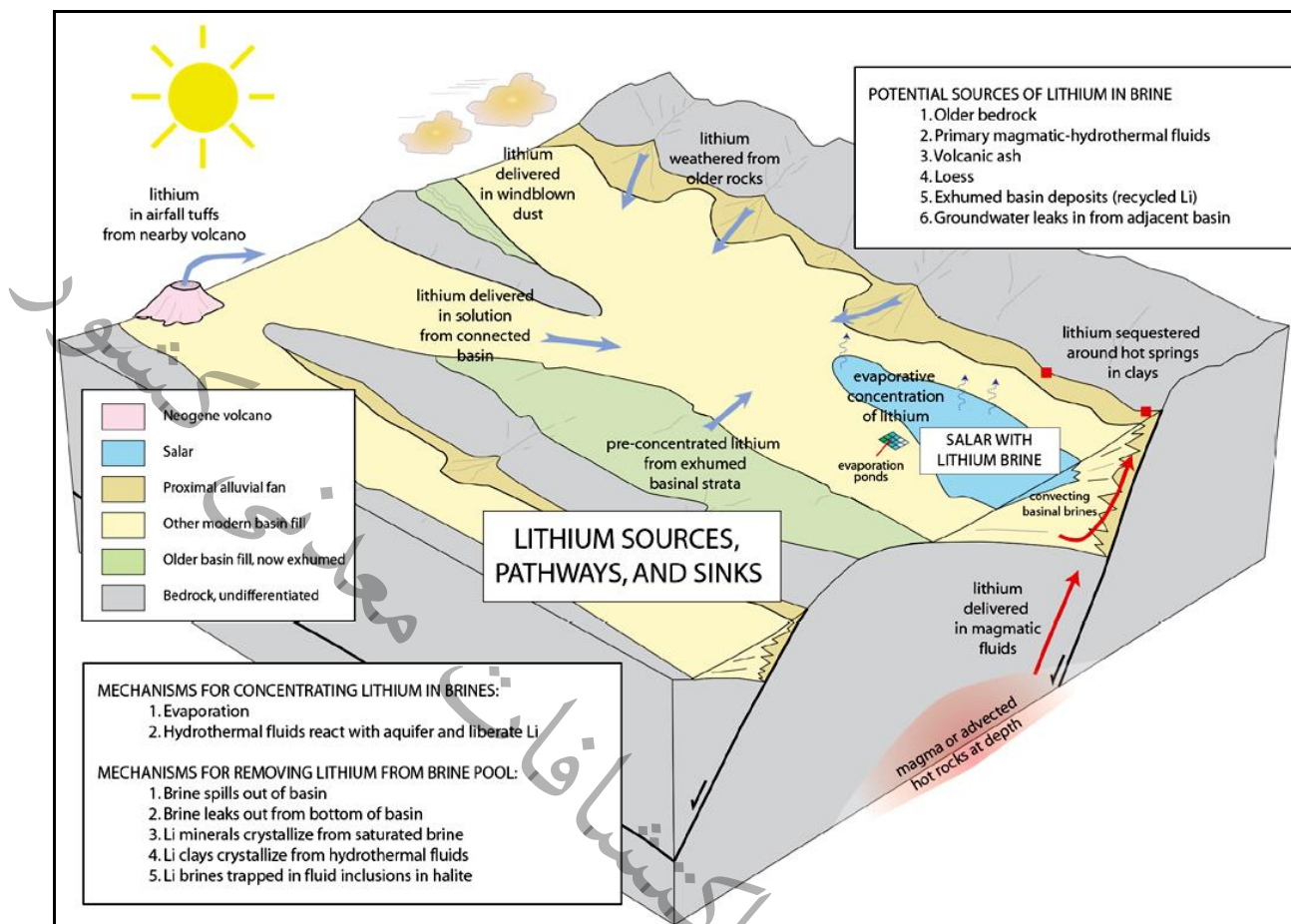
آذرین یا ژئوترمال (۵) سنگ‌های منشا مناسب (۶) یک یا بیشتر آبخوان مناسب (۷) زمان مناسب برای تغلیظ یک شورابه.

مفاهیم کلیدی مدل پیشنهادی نهشت شورابه‌های لیتیم‌دار در شکل زیر نمایش داده شده است. اساساً لیتیم بدنبال هوازدگی یا اشتقاق از سیالات هیدروترمالی با تنوعی از منابع سنگی گوناگون در یک حوضه بسته آزاد می‌شود.

شواهد بدست آمده از کلیتون ولی پیشنهاد می‌کند که ویتریک توف‌های فلسیک می‌توانند سنگ اولیه مناسبی باشند (پرایس و همکاران، ۲۰۰۰). منبع مهم دیگر لیتیم در کلیتون ولی، بالاآمدگی طبقات نئوژن است که قبلاً بدنبال دگرسانی گرمایی به هکتوریت تبدیل شده‌اند.

لیتیم بسیار محلول است و برخلاف کلسیم، پتاسیم و سدیم، هنگامی که بدنبال تبخیر تغلیظ می‌شود، به آسانی کانی تبخیری نمی‌سازد. در عوض تا پایان در شورابه‌های باقیمانده در نواحی زیرسطحی کم عمق، می‌ماند. شورابه‌های اقتصادی از ۲۰۰ تا ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر، لیتیم دارند (گروبر و همکاران، ۲۰۰۱، کسلر و همکاران، ۲۰۱۲). سایر عناصر محلول مثل بر و پتاسیم بعنوان محصول جانبی یا همراه لیتیم ارزش اقتصادی دارند و یا به عنوان عناصر سمی که در پسماند می‌مانند، دیده می‌شوند (شورابه‌ها می‌توانند در بردارنده عناصر ناخواسته‌ای (مثل منیزیم) باشند) (گروت، ۲۰۰۴).

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)



شکل ۳۰- مدل رسوب گذاری شماتیک شورابه لیتیم دار که نمایانگر بخشی از یک سیستم حوضه‌ای بسته در بردارنده‌ی زیرحوضه‌های مرتبط است.

مکانیسم‌های تغلیظ لیتیم در شورابه‌ها: (۱) تبخیر، (۲) واکنش سیالات گرمایی با آبخوان و آزاد شدن لیتیم.

مکانیسم‌های حذف لیتیم از کولاب شورابه‌ای: (۱) نشت شورابه از حوضه، (۲) نشت شورابه از کف حوضه، (۳) تبلور کانی‌های لیتیم از حوضه اشباع شده، (۴) تبلور رس‌های لیتیم دار از سیالات گرمایی، (۵) شورابه لیتیم دار به تله افتاده در میانبارهای سیال هالیت.

منابع احتمالی شورابه لیتیم: (۱) سنگ بستر قدیمی تر، (۲) سیالات اولیه ماگمایی گرمایی، (۳) خاکستر آتشفشانی، (۴) لس-ها، (۵) نهشته‌های حوضه‌ای از خاک خارج شده، (۶) نشت آب زیرزمینی از حوضه مجاور.

برخی از حوضه‌های نفتی قدیمی از لیتیم غنی شده‌اند (کاناس، ۱۹۷۶). بجز قرارگیری در یک آب و هوای خشک، بازیافت لیتیم در کولاب‌های تبخیری صرفه اقتصادی ندارند. شورابه‌های سیستم‌های حوضه بسته می‌توانند از کلرید سدیم، کلرید کلسیم، برم و ید غنی شوند (وارن، ۲۰۱۰). تفاوت‌ها بازتاب دهنده

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

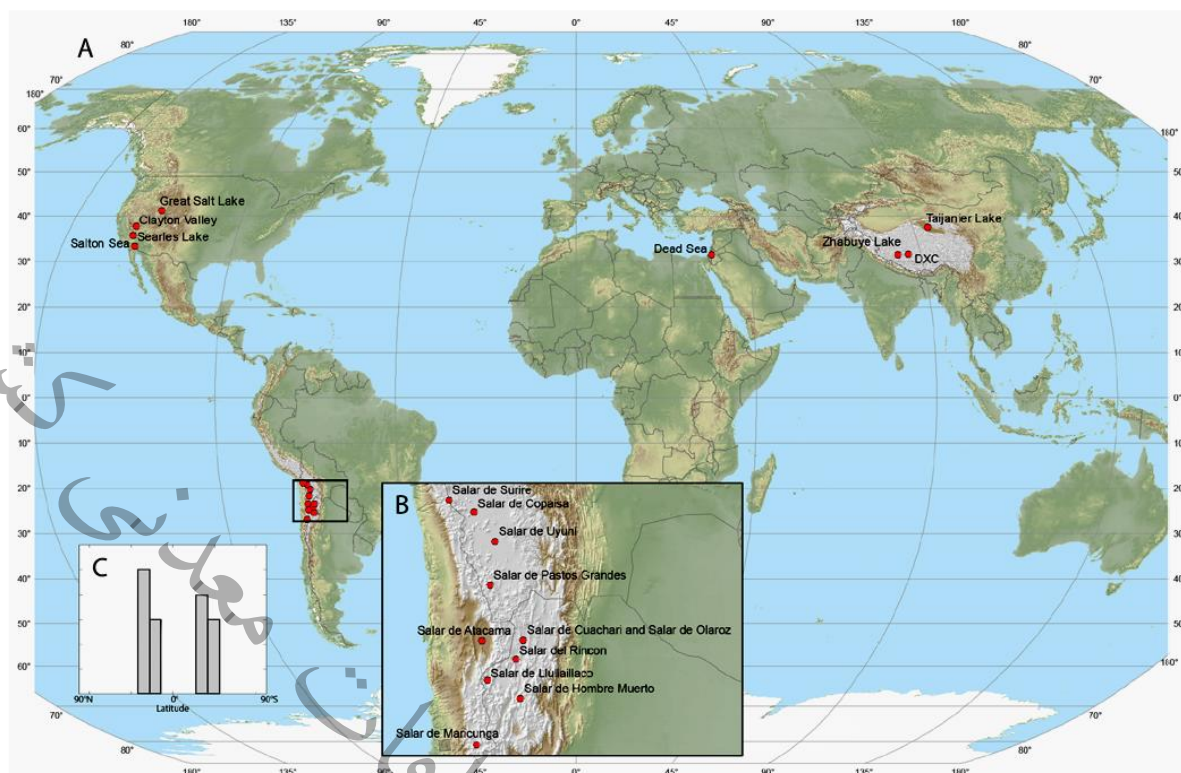
شیمی سنگ بستر (اویگستر، ۱۹۸۰) و شاید هم شرایط گرمایی باشند. بیشتر نواحی شورابه‌ای لیتیم همراه با کلرید سدیم هستند، اما عکس این قضیه لزوماً صادق نمی‌باشد و به همین دلیل است که بیشتر تبخیری-های کلرید سدیم تهی از شورابه لیتیمی هستند. نهشته‌های لیتیم رسی گرمایی (بعنوان مثال هکتوریت) اغلب در همان حوضه‌های شورابه‌ای لیتیمی یافت می‌شوند و دلیلی بر این فرض هستند که همزمان بوجود آمده‌اند (وین، ۱۹۸۰).

نهشته‌های شورابه‌ای لیتیمی اغلب با کانه‌زایی بورات در نواحی خشک، حوضه‌های بسته و در نهایت مخلوطی از پروسه‌های گرمایی و تبخیری، همراه هستند. تمامی نهشته‌های شورابه‌ای لیتیمی حوضه بسته که امروزه اقتصادی هستند، متعلق به زمان کواترنری هستند. حوضه‌های دارنده‌ی شورابه‌های غنی از لیتیم، از نظر تکتونیکی منشا‌های گوناگونی دارند.

کلیتون ولی، نوادا، آمریکا (ذخیره ۰/۲ میلیون تن) درون حوضه وستیغ ایالت کششی غرب آمریکا واقع شده است، این منطقه در یک سیستم نیمه‌گرانی بین هسته یک کمپلکس دگرگونی جوان و زون‌های شکستگی‌اش واقع شده است (اولدر و همکاران، ۲۰۰۹).

سالار آتاکاما (ذخیره ۶/۳ میلیون تن) و سالار عیونی (۱۰/۲ میلیون تن) در آلتیپلانوی شیلی و بولیوی، فلات‌های درون قاره‌ای زهکشی شده در امتداد ستیغ کوهزایی همگرا-حاشیه‌ای آند هستند که شامل تعدادی حوضه‌های بسته است؛ حوضه سالار آتاکاما به تنهایی یک حوضه درون‌کمانی قاره‌ای است.

سالتون سی، کالیفرنیا، یک حوضه امتداد لغز واقع در یک قوس آزاد یک قطعه درون قاره‌ای گسل ترانسفورم سن آندریاس است. دریاچه زابویه که یک حوضه بسته در فلات تبت است، کوهزایی برخوردی هیمالیا-تبت، بوده که در واقع یک گرابن محسوب می‌شود.



شکل ۳۱- نقشه جهانی نهشته‌های شورابه‌ای لیتیم‌دار. (B) منابع لیتیمی در آمریکای لاتین. (C) هیستوگرام نمایانگر توزیع بایومدال عرض جغرافیایی (نقاط قرمز). نهشته‌های شورابه‌ای لیتیم‌دار در شمال و جنوب کمربندهای خشک قرار دارند.

۲-۳-۴- فیزیوگرافی و آب و هوا

مهمترین و تنها فاکتوری که تعیین می‌کند یک حوضه غیر دریایی می‌تواند شورابه لیتیم‌دار را در خود مجتمع سازد یا نه، بسته بودن حوضه است.

حوضه بسته بخاطر تکتونیک بوجود می‌آید اما تنها جایی باقی می‌ماند که دوره‌های طولانی مدت تبخیر باعث افزایش رسوبگذاری شود. اگر نرخ طولانی مدت رسوبگذاری در حوضه افزایش قابل ملاحظه‌ای داشته باشد، نهایتاً آب دریاچه بسیار بالاتر از نقطه‌ای خواهد بود که زهکشی تقسیم می‌شود و هر گونه لیتیم غیر محلول را حمل می‌کند. در حوضه‌های نمایش داده شده در روی نقشه جهانی قبل، ۳ عدد خشک، ۱۱ عدد حاوی آب و ۱ عدد هیبریدی است. بطور جهانی، شورابه‌های لیتیم‌دار در کمربندهای عرض‌های خشک در دو

سمت استوا (شکل 2C) و زون‌های مطلوب بین ۱۹ و ۳۷ درجه شمال و جنوب قرار گرفته‌اند. اثرات بارش - سایه می‌تواند گسترشی به شمال - جنوب این عرض‌های مطلوب بدهد.

۲-۳-۲-۵- اندازه و ساختار نهشته‌ها

شورابه‌های میزبان لیتیم از نظر اندازه در سه رده قرار می‌گیرند. کف سالار عیونی حدود ۱۴۰۰۰ کیلومتر مربع است و آبگیری کل آن ۴۷۰۰۰ کیلومتر مربع است. در طرف دیگر طیف، کف کلیتون ولی حدود ۱۰۰ کیلومتر مربع با آبگیری ۱۴۰۰ کیلومتر مربع است، این منطقه از نظر توپوگرافی پایین‌ترین حوضه میان پنج حوضه مجاورش است که از نظر هیدروژئولوژیکی بوسیله آب‌های زیرزمینی به یکدیگر متصل هستند (زامپیرو، ۲۰۰۴). این منطقه از آبگیرهای متصل به یکدیگر که ناحیه موثرتری برای سیستم شورابه لیتیم کلیتون ولی می‌سازند، ساخته شده‌است.

گسل‌های فعال در حوضه‌های شورابه‌ای لیتیم‌دار حضوری موثر دارند. فرورانش مرتبط با گسل‌ها فضایی برای تجمع بوجود می‌آورد. یک حوضه ضخیم پر شده نیازمند فراهم شدن آبخوانی با مقادیر معتدله‌ای است تا منابع شورابه‌ای دوام پذیری را نگهدارد. در مقابل، حوضه‌های سطحی و مصنوعی در نواحی کراتونی مثل دریاچه صحرا که کنترل کننده گسلی دارند، برای شورابه لیتیم مستعد شناخته نمی‌شود. برخی شورابه‌ها بوسیله گسل‌های درون حوضه‌ای، بریده می‌شوند. کولاب شورابه‌ای در کلیتون ولی و سالار آتاکاما در امتداد گسل‌های درون حوضه‌ای فعال واقع شده‌اند که توزیع آبخوان‌ها و همچنین تاثیرات الگوهای جریان‌ات آب-های زیرزمینی را کنترل می‌کنند. این گسل‌های درون حوضه‌ای با گودال‌ها و نداشتن نمودهای سطحی شناخته می‌شوند (زامپیرو، ۲۰۰۴؛ جردن و همکاران، ۲۰۰۲).

بدلیل دارا بودن آبخوان‌هایی با ابعاد هندسی گوناگون، شورابه‌های لیتیم دار نسبت به وضعیت کنونی که همه جا در عمق هستند، در زیر سطح قرار دارند. در سالار آتاکاما شورابه در ۳۰ متری بالای هسته‌های هالیتی متخلخل قرار دارد (گارت، ۲۰۰۴). اطلاعات اندکی درباره پتانسیل آبخوان‌های شورابه‌ای در عمق

آتاکاما داریم. در کلیتون ولی، شورابه‌ها از ۶ آبخوان با شیب ملایم که ترکیبات متنوعی از خاکستر، فانگلوئرا، توف و هالیت دارند، پمپ می‌شوند (زامپیرو، ۲۰۰۴).

۲-۳-۲-۶- راهنمای ارزیابی زمین‌شناسی

آب و هوای خشک و بسته بودن حوضه و فعال بودن تکتونیکی حوضه از شواهد اساسی هستند. سایر موارد عبارتند از: شار زمین‌گرمایی بالا رونده به مثابه شاهدهی از آتشفشان جوان و یا چشمه‌های آبگرم. سنگ منشاهایی مثل فلسیک ویتریک توف که مقادیر قابل توجه و آماده‌ای از لیتیم دارند، مناسب هستند اما کافی نیستند. زیرا لیتیم در بیشتر سنگ‌های پوسته‌ای در مقادیر پی‌پی‌ام وجود دارد. شاخصه مورد نیاز بعدی، حضور هکتوریت است که می‌تواند با دورسنجی تصاویر استر شناسایی شود.

۲-۳-۲-۷- منابع جهانی شورابه‌ها

آمریکای شمالی: گریت سالتون لیک، سیرلیس لیک، کلیتون ولی، سالتون سی
آمریکای جنوبی: سالار سیرو، سالار عیونی، سالار کوپاسیا، سالار پاسدوس گراندس، سالار آتاکاما، سالار
کواچری، سالار اولاروز، سالار رنیکون، سالار لیوای لاکو، سالار هومبرموئیرو، یالار مانکون چا
خاورمیانه: دریای مرده
شرق دور (چین و تبت): دریاچه زانبویه، دریاچه تای جان ایز، DXC

کشور

معدنی

بخش ۳) نمونه برداری

اکتشافات

ژئوشناسی

سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور

۳- نمونه برداری

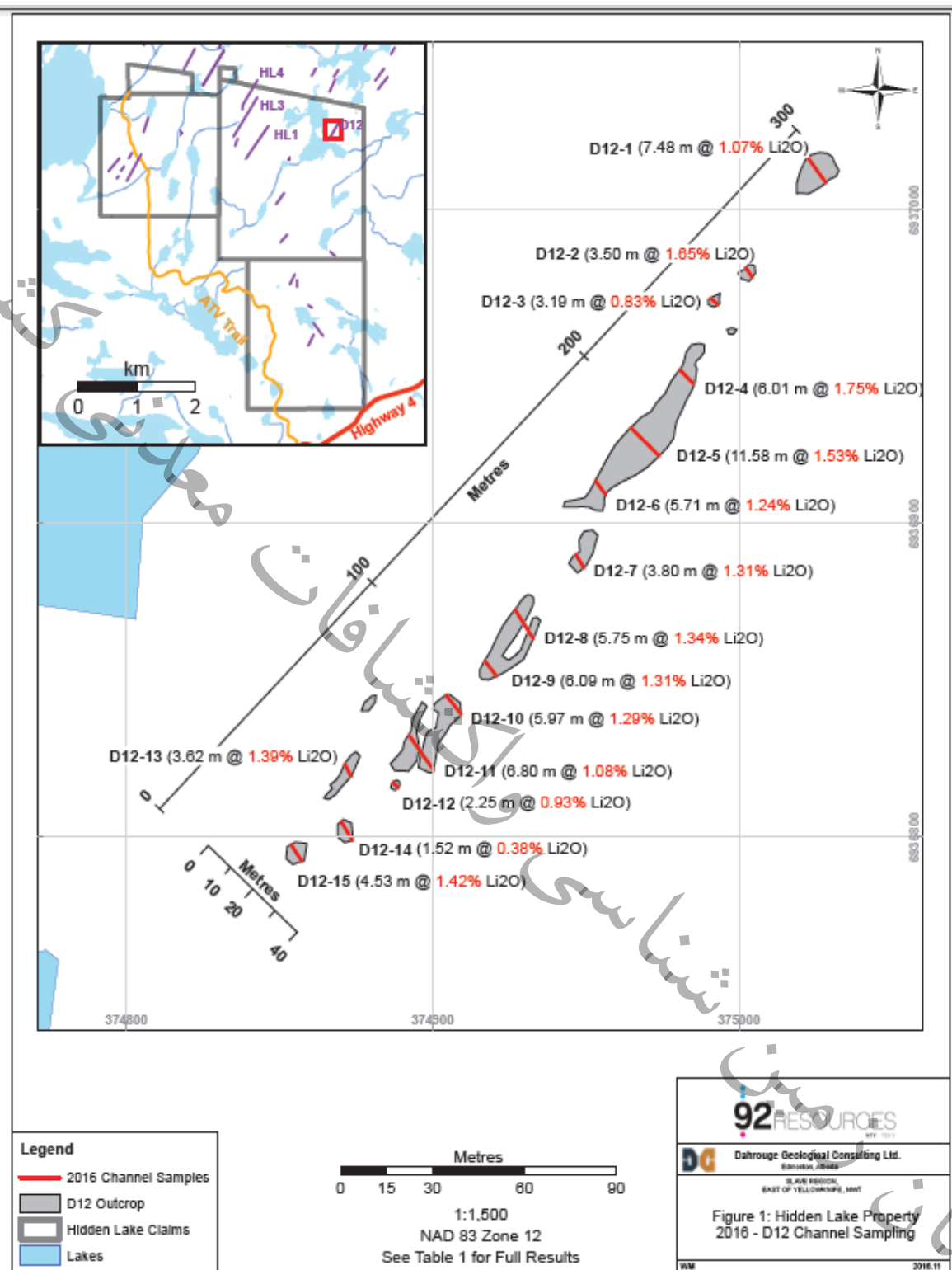
۳-۱- نحوه نمونه برداری از سنگهای پگماتیتی

اکثر اوقات توده های پگماتیتی به طور پراکنده و در حجم های کمتر از نوع رسوبی شناسایی می شوند، از این جهت نمونه برداری به صورت نمونه برداری کانالی از خود توده پگماتیتی بوده به همین منظور از نحوه نمونه برداری از پگماتیتهای در منطقه کمر بند پگماتیتی لیتیم دار Yellowknife در شمال غرب Territories ("NWT") کانادا الگو برداری شد. نقشه تهیه شده از منطقه (شکل ۳۳) خود گویای روش نمونه برداری در منطقه مورد مطالعه است.

نمونه برداری با روش نمونه برداری کانالی از توده های پگماتیتی در منطقه بوده که ۸۵ نمونه سنگی از منطقه ای به طول ۲۷۵ متر در ۱۵ کانال حفر شده برداشت شده است و نمونه ها برای انجام آنالیزهای شیمیایی با روش ICP به آزمایشگاه ارسال شده است. (بوگنر، ۲۰۱۶)



شکل ۳۲- روش برداشت نمونه از توده پگماتیتی لیتیم دار Yellowknife



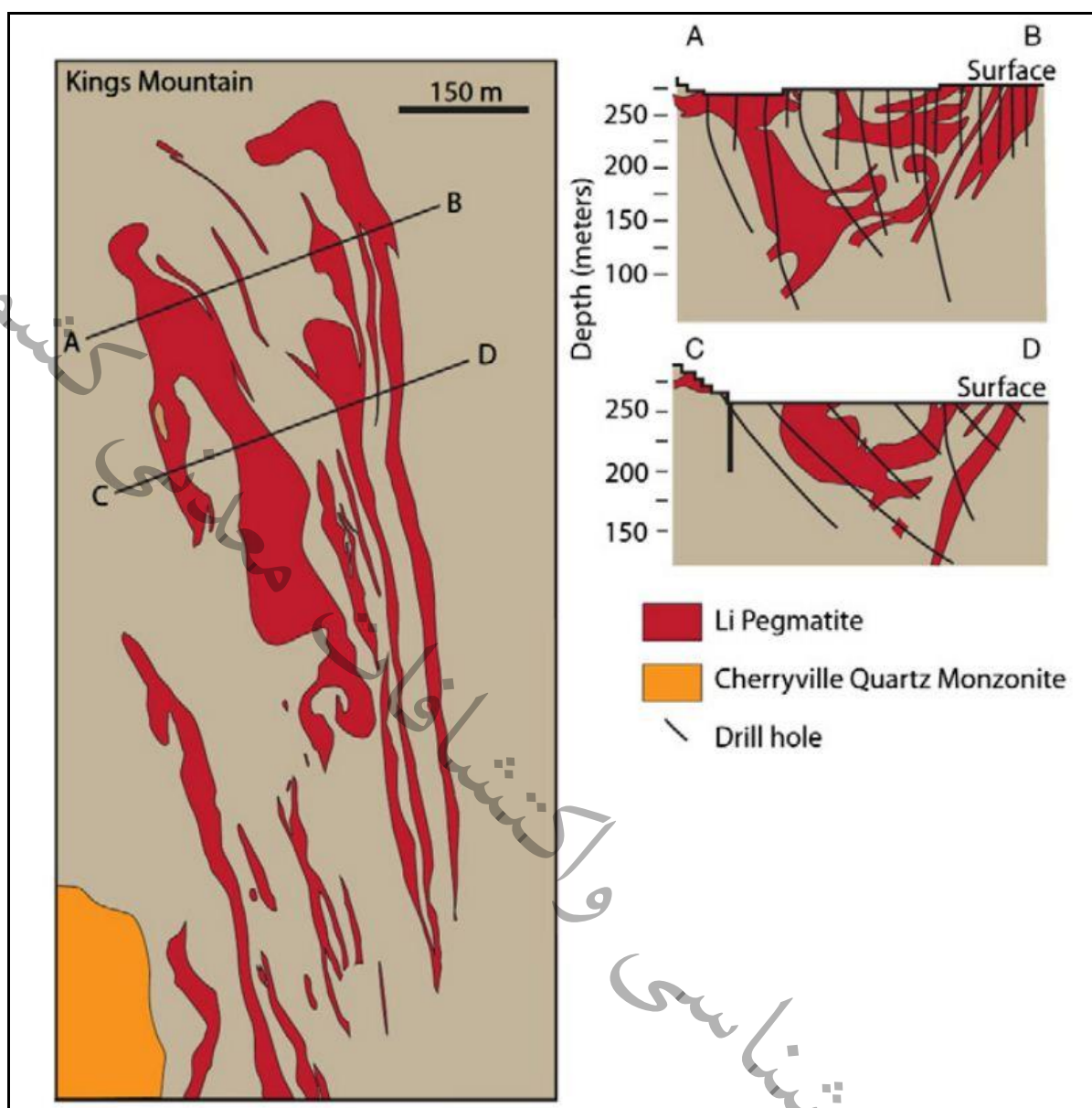
شکل ۳۳- نقشه برداشت نمونه به روش کانال از توده پگماتیتهی لیتیم دار Yellowknife

۳-۱-۱- حفاری درسنگهای پگماتیتهای جهت اکتشاف کانسار لیتیم

بعد از مرحله نمونه برداری سطحی و مشخص شدن نقاط با ارزش و آنومالی لیتیم، جهت دسترسی به لایه های اصلی و توده معدنی با ارزش نیاز به حفاری در منطقه میباشد. چرا که امکان حرکت لایه، تغییر شکل یافتگی، چین خوردگی، گسل خوردگی و کلا پدیده های تکتونیکی موجب پنهان شدن لایه های حاوی لیتیم را می تواند، موجب شود. از طرفی لیتیم یک عنصر موبیل با توانایی واکنشی و حل پذیری بالا است. و با سیالات ماگمایی و فومرولها حرکت نموده و در ادامه گسل خوردگیها و شیارهای و شکستگیها در سطح ظاهر میگردد. به همین علت لزوم شناسایی لایه های زیرین الزامی است. چرا که ممکن است توده اصلی در عمق واقع باشند. به عنوان نمونه پگماتیتهای منطقه Kings Mountain، از بزرگترین و مهمترین کانسارهای پگماتیت در شمال آمریکا است، این معدن منحصر به فرد لیتیم پگماتیتهای در کمربندی از سنگهای نفوذی و معمولاً به موازات سنگهای متورق بوده و در ابعاد وسیع از سطح تا عمق ۹۰ متری و طول ۱ کیلومتری شکل گرفته است (کسلر، ۱۹۷۶).

از نظر کیفی به طور متوسط از ۲۰ درصد اسپدومن، ۳۲ درصد کوارتز، ۴۱ درصد فلدسپار و ۶ درصد مسکوویت و مابقی شامل ۱ درصد حاوی تقریباً ۵۰ کانی مختلف همچون kinglymountite فسفات کلسیم- منگنز و آهن تشکیل شده است (وایت، ۱۹۸۱؛ کسلر، ۱۹۶۱).

پگماتیتهای به طور قابل ملاحظه ای همگن هستند و اساساً زون بندی ندارند. معدنکاری بطور قابل ملاحظه ای ساده تر از دیگر معادن پگماتیت است. به اندازه حدود ۶/۴۵ میلیون تن لیتیم ۰/۷ درصد تخمین زده شده است.



شکل ۳۴- نقشه حفاری‌های انجام شده در معدن لیتیم پگماتیته Kings Mountain

تعبیر شکل پیدا کردن لایه در عمق، لزوم حفاری تا عمق ۱۵۰ متری را موجب شده است. شکل ۳۴ دو مقطع AB و CD را به نمایش درآورده که از سطح تا عمق ۱۰۰ و عمق ۱۵۰ متری لزوم حفاری و شناسایی لایه‌های حاوی لیتیم را تشریح مینماید.

۳-۲- نحوه نمونه برداری در سنگهای رسوبی حاوی لیتیم

به علت گستردگی لایه های رسوبی، خصوصیات عنصر لیتیم و موبیلیتی این عنصر، تأثیر شوره ها، آبهای سطحی و سطوح ایستابی آب بر میزان لیتیم، جهت اکتشاف عنصر لیتیم در سنگهای رسوبی لزوم نمونه برداری به تعداد زیاد در چند مرحله (فاز) کاملاً مشهود است. به همین دلیل از نحوه نمونه برداری از سنگهای رسوبی منطقه Clayton Valley در نوادا، آمریکا الگو برداری شد.

این منطقه شامل منطقه معدنی از جنس سنگهای رسی غنی از لیتیم به نام Cypress' Flagship Dean است. منطقه حدود ۱۵۲۰ هکتار در نزدیکی معادن لیتیم بوده و در واقع میزان لیتیم 100 ppm و میزان Li_2CO_3 532 ppm تخمین زده شده است.



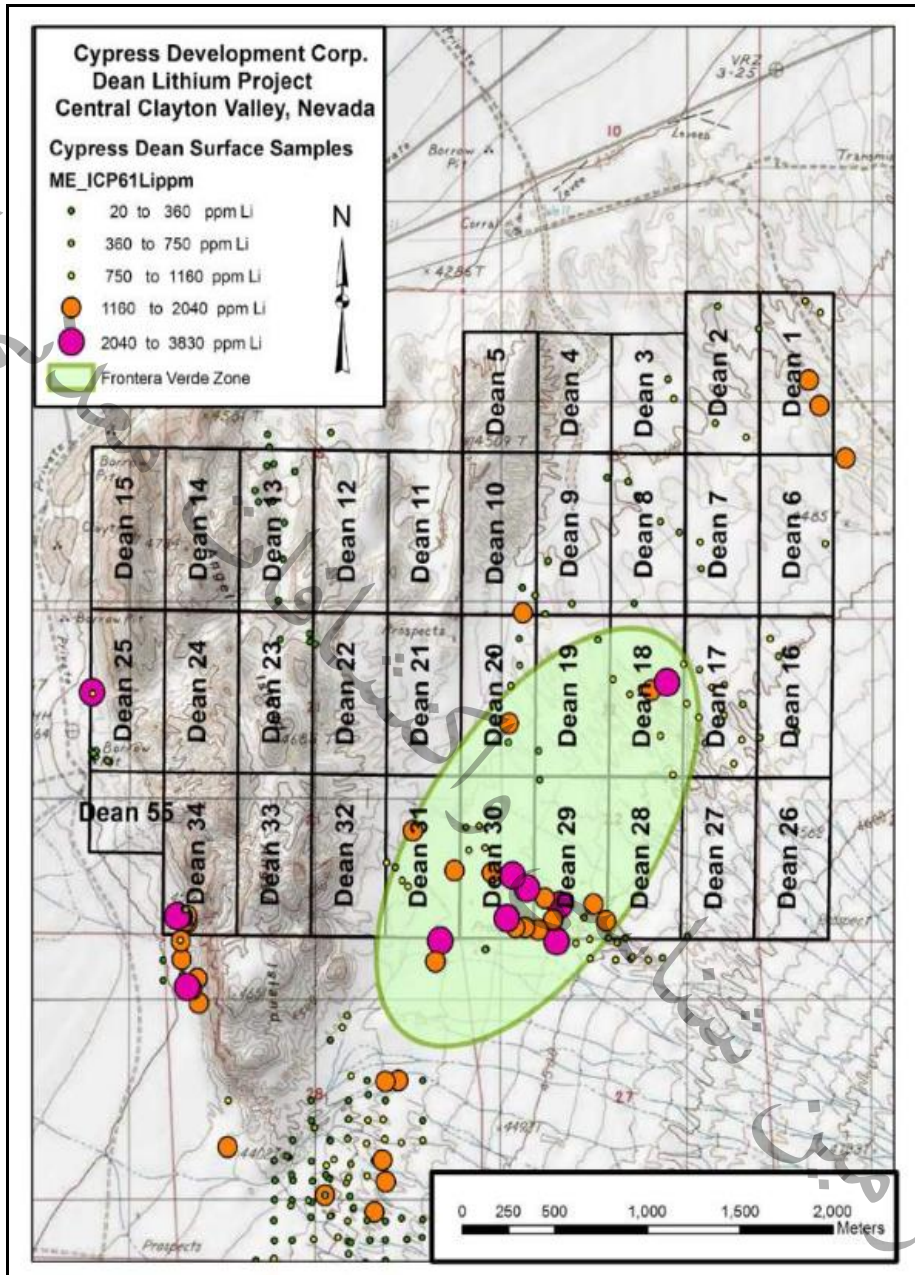
شکل ۳۵- برونزدهای وسیع در سطح از سنگهای رسی و آتره سبز رنگ Cypress' Flagship Dean

نمونه برداری سطحی شامل ۳ فاز برداشت نمونه سطحی است، به روش نمونه برداری سیستماتیک تراورسی یا برشهای عرضی از سنگهای رسی سبز تا سفید استخوانی حاوی رسوبات بالا آمده از رسوبات حوضه دریاچه ای به همراه شوره ها غنی از لیتیم است. آنومالی عناصر بر (B) و پتاسیم (K) تمایل به همبستگی با لیتیم دارند و تراورسها در سرتاسر منطقه گسترده بوده و زمین شناسی منطقه نشان دهنده وجود واحد های حاوی لیتیم در زیر لایه های جوان آلوویوم است. تحقیقات اولیه نشان داده تناژ مهمی از سنگهای حاوی لیتیم بالا، شامل سنگهای رسی غنی از لیتیم غیرهکتوریتی با میان لایه های از سنگهای کربناته تبخیری،

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

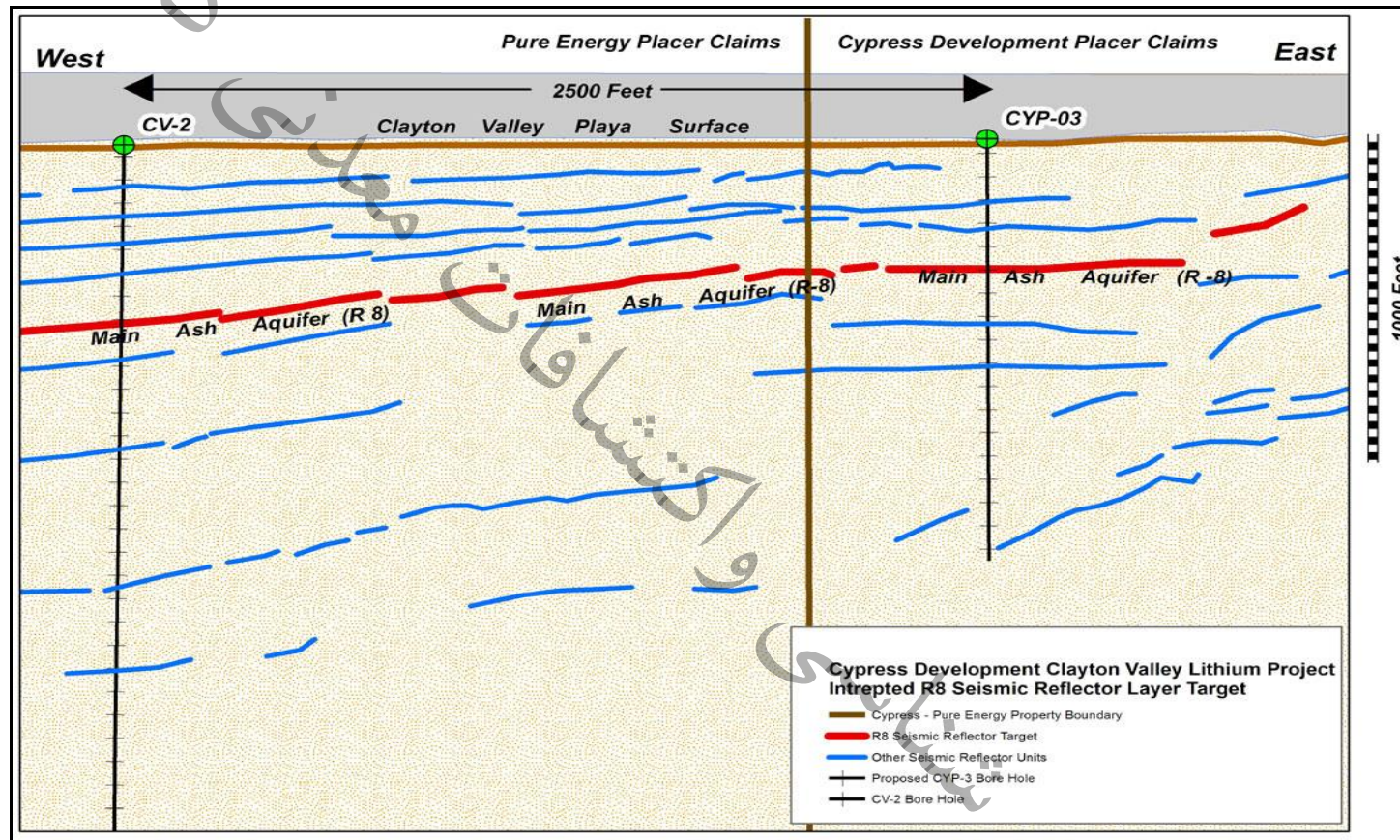
حاصل از رسوبات دریاچه ای و گل سنگ با میان لایه های از خاکسترهای آتشفشانی در منطقه می باشند.

(دان، 2016)



شکل ۳۶- نقشه برداشت نمونه به روش نمونه برداری سیستماتیک تراورس منطقه Cypress' Flagship Dean

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)



شکل ۳۷- فاز ۴، حفاری در منطقه Dean Flagship Cypress

مرحله فاز ۴، شامل حفاری در مناطق آنومالی عنصر لیتیم است که در نتیجه مطالعه و نمونه برداری سطحی در طی ۳ فاز قبلی با بالاترین میزان لیتیم حاصل شده

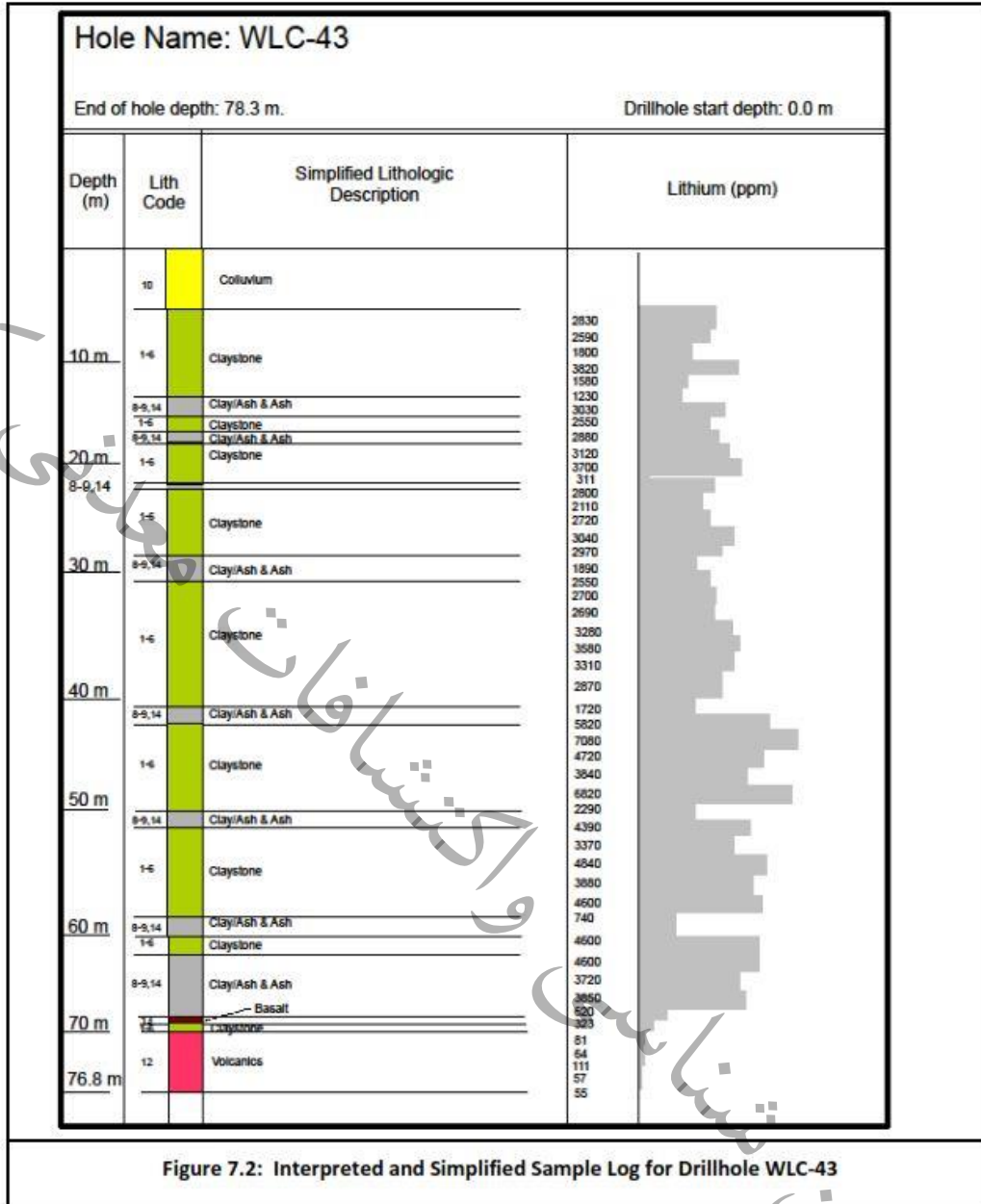
است.

۳-۲-۱- حفاری در رسوبات و سنگهای رسوبی ولکانیکی جهت اکتشاف کانسار لیتیم

به علت پدیده های تکتونیکی، خاصیت حلالیت بالای نمکهای لیتیم و حمل این عنصر در شورابه ها امکان تجمع لیتیم در سکانس های مختلف رسوبی وجود دارد. بدین علت نیاز مطالعه لایه های زیرین کاملاً ضروری بوده تا به نتیجه درست دست یافت. در راستای این هدف به فعالیت های صورت گرفته در منطقه معدنی The King Valley در نوادا، آمریکا اشاره می شود.

حفر گمانه توسط شرکت لیتیم آمریکا تا عمق ۶۷-۳۶ متری از سطح زمین انجام شده است. با لیتولوژی رسی/ خاکستر آتشفشانی غنی از لیتیم و شامل دو منطقه است؛ عدسی اول: لایه های غنی از لیتیم در عمیقترین لایه های کانسار (۳۰ متر) با لیتیم بالاتر از ۴۰۰۰ ppm، عدسی دوم: واقع در ۱۰ کیلومتری شمال و شمال غرب عدسی اول از لایه های سبز تیره از کانیهای رسی تشکیل شده است و لایه های غنی از لیتیم معمولاً ۱۰ تا ۶۰ متر ضخامت دارند، با ذخیره لیتیم بیش از ۱۵۰۰ ppm توسط آلویوم ها پوشانده شده اند. هر دو منطقه لایه ها حاوی لیتیم رسی_ سنگهای ولکانوکلاستیک رسوبی است، کانیها شامل کانیهای رسی منیزیم دار هکتوریت و گروه ایلیت می باشند.

لایه های حاوی لیتیم، گسترش جانبی زیاد دارند و تا ۵۰۰ متر مغزه و حفاری شده اند. ضخامت کانی زایی متفاوت و در عدسی ها بیش از ۹۰ متر و نوع لایه های متقاطع در حدود ۳۰ متر است. نتیجه حفر ۱۹۸ گمانه ۱۹۵۶۳ متر حفاری در کل منطقه بوده که کربنات لیتیم اولیه به مقدار لیتیم ۲۰۰۰ ppm یا ۰/۲۰ درصد است.

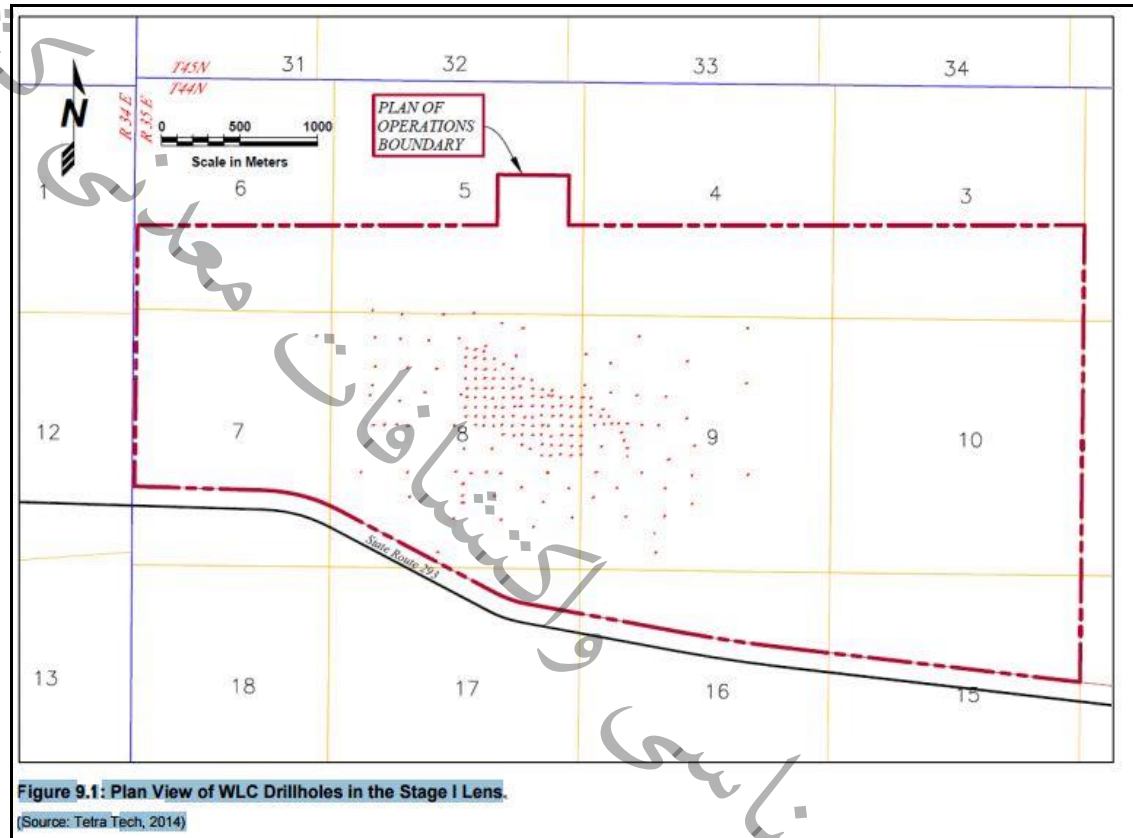


شکل ۳۸- پروفیل گمانه حفر شده در معدن The King Valley

با مطالعه گمانه حفر شده می توان دریافت که بیشترین مقدار لیتیم در عمق ۴۰ تا ۵۰ متری در سنگهای

رسی با عیار ۷۰۸۰ ppm لیتیم نهفته است.

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

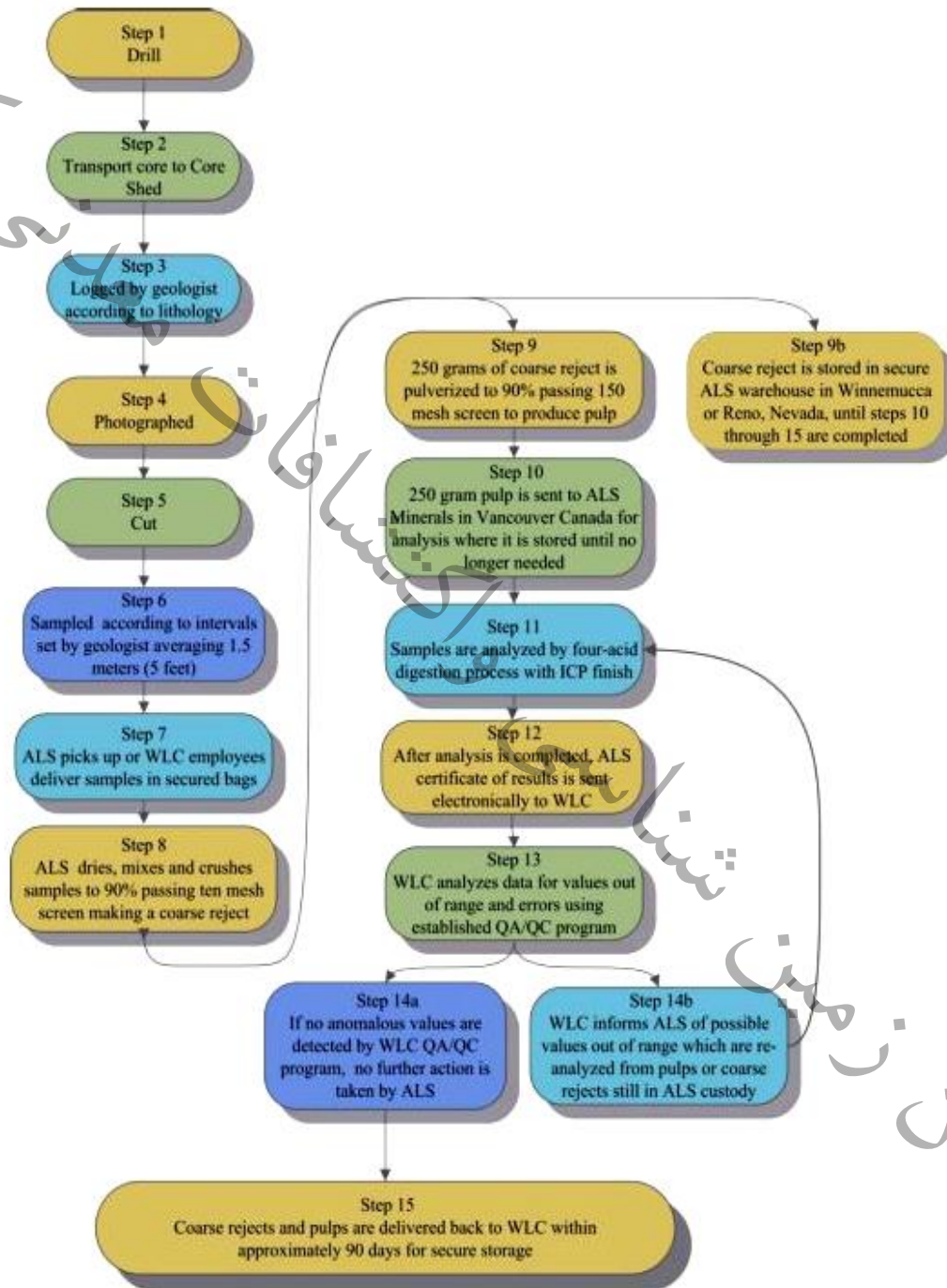


شکل ۳۹- نقشه مناطق حفاری معدن The King Valley

۲-۲-۳- مراحل آماده سازی نمونه بعد از حفاری

بعد از حفاری و برداشت نمونه ها، مراحل آماده سازی و آنالیز نمونه ها در شکل زیر به نمایش در آمده

است.



شکل ۴۰- گراف مراحل آماده سازی نمونه های حاصل از حفاری در معدن The King Valley

۳-۳- نحوه نمونه برداری از شورابه ها

۳-۳-۱- لزوم برقراری کمپ و آزمایشگاه صحرائی جهت برداشت نمونه از شورابه ها

طبق مطالعات انجام شده نیاز به برپا کردن آزمایشگاه صحرائی و فراهم نمودن دستگاه مولتی متر (جهت آنالیزهای پایه شامل دما، فشار، Eh، pH و...) و همچنین دستگاه فلیم فوتومتر جهت (آنالیز مقدار لیتیم نمونه ها) به منظور مطالعات اولیه کاملاً لازم و ضروری می باشد.

چرا که با توجه به نوع نمونه که شورابه است و تغییر پذیری سریع شورابه ها و احتمال خراب شدن نمونه ها لازم است، مرحله آنالیزهای پایه گاهی تا ۳ بار انجام شود. بدین صورت که، در مرحله اول؛ در محل برداشت نمونه در مرحله دوم؛ در آزمایشگاه صحرائی و در مرحله آخر؛ در آزمایشگاه اصلی انجام می شود. همچنین با استفاده از دستگاه فلیم فوتومتر و آنالیز مقدار لیتیم نمونه ها، می توان از این طریق علاوه بر صرف زمان و هزینه کمتر در مرحله برداشت و انتقال نمونه به آزمایشگاه اصلی، مراحل آماده سازی نمونه برای آزمایشگاه اصلی، حذف و کم کردن تعداد نمونه ها و در نتیجه بدست آوردن دید بهتر به کارشناسان پروژه و برداشت بهتر نمونه و نتیجتاً بدست آوردن مناطقی با درصد بالای از فلز لیتیم حاصل میگردد.



شکل ۴۱- نمای از یک پلایا

۳-۳-۲- نکات مهم در مورد نمونه‌برداری صحرائی از شورابه‌ها

اگر شرایط خاصی وجود نداشته باشد، لزومی ندارد که تمامی یون‌های موجود در آب مورد آزمایش قرار گیرد. آزمایش‌های ساده آب در صحرا و یا در آزمایشگاه انجام می‌گیرد.

اگر تجزیه شیمیایی در آزمایشگاه‌های مرکزی انجام گیرد در هنگام نمونه برداری لازم است موارد زیر رعایت شود:

۱. نمونه‌برداری از چشمه‌ها باید از سرچشمه و نمونه‌برداری از چاه‌ها با استفاده از ظروف خاص از زیر سطح ایستابی صورت گیرد.

۲. حداقل حجم نمونه برداشت شده باید ۲ لیتر باشد.

۳. نمونه‌ها باید در ظرف‌های شیشه‌ای و یا در ظرف‌هایی که با آب واکنش ندهند نگهداری شود.

۴. ظرف‌ها قبل از استفاده باید تمیز باشند و با آبی که در آن نمونه‌برداری و نگهداری می‌شود واکنش ندهند، همچنین حداقل سه بار شسته شوند.

۵. درپوش ظرف‌های شیشه‌ای نباید از اشیایی مانند چوب و کاغذ باشد. ظرف‌های نمونه‌برداری باید با درپوش‌های کائوچویی یا شیشه‌ای بسته شوند. درپوش‌های مورد استفاده قبلاً باید در آب جوش استریل شده و برای این که آب از ظرف‌ها ریخته نشود، درپوش‌ها محکم بسته شوند.

۶. ظرف نمونه‌برداری باید از آب کاملاً پر باشد و نباید هوایی بین درپوش و آب باقی بماند.

۷. بر روی هر ظرف نمونه برچسبی چسبانده شود که به راحتی قابل جدا شدن نباشد و بر روی این برچسب، نام محل نمونه‌برداری، شماره چاه، چشمه یا قنات، مشخصات حقیقی و یا حقوقی برداشت کننده، تاریخ و اطلاعات لازم نوشته شود.

۸. در ماه‌های سرد و یخبندان باید نمونه‌ها طوری محافظت شوند که یخ نزنند (در داخل پارچه پیچیده شوند).

۹. مشخصات فیزیکی در محل نمونه‌برداری از قبیل pH، گاز CO₂، EC و دما ثبت شوند. اگر pH و

گاز CO₂ قابل اندازه‌گیری نیستند حداکثر در مدت دو روز این آزمایشات انجام گیرند.

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

۱۰. مدت زمان اندازه‌گیری خوردگی آبها نباید بیشتر از زمان اندازه‌گیری گازها باشد.

۳-۳-۳- اطلاعاتی که باید در صحرا برای نمونه‌های آب زیرزمینی یادداشت شود

۱. تاریخ: روز/ ماه/ سال
۲. زمان: ساعت، دقیقه (مشخص کننده محدوده زمان، مقدار روشنایی روز و غیره)
۳. نمونه‌گیر: نام و نام خانوادگی
۴. محل نمونه‌گیری: محلی که نمونه برداری انجام می‌شود و همچنین شماره چاه، چشمه یا قنات (محل نمونه، شماره ماخذ چاه در نقشه یا جدول)
۵. عمق چاه: بر حسب متر
۶. سطح ایستابی
۷. سطح هیدرولیکی
۸. اطلاعات مربوط به پمپ و توضیحات کلی در مورد سطح مبنا
۹. اظهار نظر نمونه‌گیر: هر گونه اطلاع مناسبی که به تفسیر داده‌ها کمک می‌کند.
۱۰. وضعیت ظاهری نمونه: مثل روشن، کدر یا رنگی بودن نمونه (هر وضعیتی که دارد ذکر شود)

۳-۳-۴- اندازه‌گیری‌های صحرائی

شامل:

۱. عمقی که نمونه‌گیری صورت گرفته است (عمق زیر سطح مبنا و سطح مبنای مورد استفاده ذکر شود)
۲. نمونه‌گیری از چاه پمپاژ (مشخص شود که چه مدت قبل از نمونه‌گیری پمپ روشن شده است)
۳. دما بر حسب درجه سانتیگراد
۴. اکسیژن محلول بر حسب میلیگرم بر لیتر

۵. درجه اشباع

۶. قلیائیت به pH (بر حسب میلی‌گرم بر لیتر CaCO_3)

۷. Eh (بر حسب mv)

۸. EC هدایت الکتریکی، اندازه گیری شده در دمای محل نمونه برداری (سطحی یا زیرزمینی)



شکل ۴۲- انجام آزمایشات صحرائی در هنگام برداشت نمونه

۳-۳-۵- فواصل نمونه برداری

فاصله دو نمونه برداری از آبهای سطحی یا زیرزمینی باید طوری باشد که هیچ نوع تغییرات مهمی در

کیفیت آب از نظر دور نماند و برای این مطلب دو مساله پیش می‌آید.

۱. آنکه اندازه این تغییرات و اهمیت آن چقدر است.

۲. اینکه چه نتایجی از نظر فیزیکی و شیمیایی و اقتصادی از این آمار انتظار می‌توان داشت. زیرا یک

برنامه نمونه‌برداری مستلزم تهیه یک آمار دقیق با پرسنل و وسایل موجود است.

آب‌های سطحی دائماً از نظر کیفیت در تغییر می‌باشند. ولی این تغییرات در یک منطقه ممکن است

برای مدتی از نظر تغییرات جوی و غیره ناچیز باشد، ولی در مواقع بارندگی و یا عبور آب از قسمتهایی که

دارای املاح محلول می‌باشند تغییرات آب در زمان‌های مختلف خیلی زیاد خواهد بود.

تغییرات آب‌های زیرزمینی ممکن است بیشتر مربوط به میزان آبدهی و مقدار پمپاژ باشد. در فصول

بارانی بر اثر نزولات جوی، این تغییرات بیشتر است. ولی باز در مقایسه با آب‌های سطحی این تغییرات کمتر

خواهد بود و به این لحاظ فاصله دو هفته یک بار یا ماهانه یک بار برای نمونه‌برداری از آب‌های زیرزمینی

کافی به نظر می‌رسد.

۳-۳-۶- ظروف نمونه‌برداری و نگهداری آب

در انتخاب ظروف نمونه آب باید از نظر اندازه، شکل، حجم، مقاومت در مقابل حلالها، املاح و شکسته

شدن دقت لازم به عمل آید. برتری یک ظرف بر ظرف دیگر بسیار متغیر و زیاد است و فقط با تجربه و

امکانات موجود می‌توتن بهترین را انتخاب انجام داد. همینطور این ظروف در آزمایشگاه‌های مختلف متفاوتند.

ظروف پلاستیکی در صورتی که دارای درب پیچی محکم باشند و یا شیشه‌هایی که در مقابل بر مقاوم باشند،

برای نگهداری نمونه آب مناسبند.

در کتاب استاندارد ASTM استفاده از شیشه‌های معمولی را برای آب ممنوع کرده است، مگر اینکه

جدار داخلی این شیشه‌ها قبلاً به وسیله پارافین اندود شده باشد. قبل از استفاده از ظروف تازه باید آنها را

کاملاً تمیز نمود و برای دو تا سه روز آنها را در آب نگهداشت تا اکثر املاح محلول که در جدار شیشه موجود

است در آب حل شده و خارج گردد.

برای یک آزمایش کامل یک تا دو لیتر آب کافی است. برای نمونه‌هایی که باید میزان گازهای محلول آن اندازه‌گیری شود، ظروف مخصوص لازم است که از خروج گازهای آب جلوگیری نماید و همچنین از نظر حمل و نقل باید ترتیبی داد که ظروف تحت فشار واقع نشوند، زیرا بعضی از ظروف به خصوص ظروف شکستنی ممکن است در اثر فشار بشکند. پس از نمونه‌برداری درب شیشه‌ها باید کاملاً بسته شود و در این مورد می‌توان از چوب پنبه معمولی استفاده می‌شود بایستی قبلاً آن را با پارافین آغشته کرد و بعداً نیز درب شیشه را با پارافین پوشانید.

۳-۳-۷ - وسایل نمونه‌برداری

این وسایل بر حسب نوع و منظور از نمونه‌برداری بسیار متفاوت می‌باشند. وسیله نمونه‌برداری ساده عبارت است از استوانه‌ای که شیشه نمونه آب را در آن قرار می‌دهند و این استوانه را بوسیله میله آهنی در آب فرو می‌کنند و منتظر می‌شود که پر شود و یا این استوانه را به کابلی که دور قرقره‌ای پیچیده شده است وصل می‌نمایند و وزنه‌ای نیز زیر آن آویزان می‌کنند و استوانه و وزنه را تا عمق معینی در آب فرو می‌برند و عمل نمونه‌برداری را انجام می‌دهند.

برای نمونه‌برداری از نظر میزان رسوب یا مواد معلق نیز می‌توان در آبهای کم عمق بوسیله دست یا میله آهنی و شیشه‌های دهان گشاد و در آبهای عمیق و سیلابی بوسیله نمونه‌بردار مخصوص، که می‌توان آن را روی پل یا کابل یا قایق قرار داد، نمونه لازم را تهیه نمود.

۳-۳-۸ - نکاتی درباره نمونه‌برداری

در مورد آب‌های زیرزمینی بهتر است که از نمونه‌برداری آب‌های راکد خودداری نمود و اجازه داد که چاه مدتی کار کند و بعد نمونه تهیه نمود. تمام شیشه‌ها قبل از نمونه‌برداری باید دو تا سه مرتبه با آب مربوطه شسته شود و همیشه لازم است که سرشیشه قدری خالی باشد تا در صورت انبساط آب بر اثر ازدیاد دما اشکالی پیش نیاید.

چندین پارامتر آب زیرزمینی غالباً در سر چاه و همینطور در آزمایشگاه اندازه گیری می‌شود. اندازه گیری این پارامترها از این نظر حائز اهمیت است که می‌توان به میزان این تغییرات بین زمان اندازه گیری در صحرا و آزمایشگاه پی برد. این تغییرات به علت کاهش فشار نمونه آب زیرزمینی، بعد از خالی کردن از بطری می‌باشد. در موقع نمونه‌برداری لازم است که یک توضیح کلی در مورد وضعیت ظاهری نمونه مانند زلالی و کدر بودن و غیره ارائه داده شود.

۳-۳-۹- نگهداری آب قبل از آزمایش

به دلیل آن که یون بعضی از فلزات سنگین، که به مقدار بسیار جزئی در آب موجود می‌باشد وضع ثابتی ندارند، ۵۰ میلی لیتر آب بطور جداگانه برای تعیین فلزات سنگین برداشته و نگهداری می‌شود. این مقدار نمونه باید در یک بطری از جنس پلی‌اتیلن نگهداری و یک میلی لیتر اسید نیتریک هم به آن اضافه شود تا فلزات را بصورت محلول نگهداری کند. در غیر اینصورت به دلیل عمل اکسایش- کاهش، جذب یا رسوب ممکن است تغییراتی در حالت آنها پیدا شود و از محیط خارج گردند.

۳-۳-۱۰- زمان بین نمونه‌برداری و آزمایش

یون‌های موجود در آب به خصوص وجود بر سبب می‌شود شیشه معمولی که آب در آنها نگهداری می‌شود تحت تاثیر واکنش‌های شیمیایی قرار گیرد و در نتیجه کیفیت آب پس از مدتی با آنچه در موقع نمونه‌برداری داشته است، تفاوت نماید. در نتیجه در مواقعی که از شیشه‌های معمولی استفاده می‌شود فاصله بین نمونه‌برداری و آزمایش نباید از ۲۰ روز تجاوز نماید. ولی چنانچه از شیشه‌های پیرکس یا پلاستیک استفاده شود، می‌توان این فاصله زمانی را تا حدود ۲ ماه افزایش داد.

نمونه‌ها باید در جعبه‌های چوبی محکمی که آنها را از شکستن و تحت فشار قرار دادن حفظ نماید، نگهداری و سپس به آزمایشگاه ارسال نمود. اندازه این جعبه‌ها نباید طوری باشد که وزن آن از نظر حمل و

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

نقل سنگین و مشکل گردد. روی جعبه‌ها باید کلمه شکستنی نوشته شود و طرف بالای آن مشخص گردد، تا در موقع حمل احتیاط‌های لازم به عمل آید.

جدول ۲۰- روش نمونه‌برداری، محافظت و مدت زمان نگهداری نمونه‌های آب

(ASTM-1982)

مدت نگهداری نمونه	حفاظت از نمونه	جنس ظرف	مقدار نمونه لازم (ml)	نوع آزمایش
۲۴ ساعت	در ۴۰°C نگهداری می‌شود	پلاستیک، شیشه	۱۰۰	اسیدیته
۲۴ ساعت	در ۴۰°C نگهداری می‌شود	پلاستیک، شیشه	۱۰۰	قلیائیت
۲۴ ساعت	در ۴۰°C نگهداری می‌شود	پلاستیک، شیشه	۱۰۰	برم
۷ روز	-----	پلاستیک، شیشه	۵۰	کلر
قابل نگهداری نیست	در محل آزمایش می‌شود	پلاستیک، شیشه	۳۰۰	اکسیژن محلول (با الکتروود)
قابل نگهداری نیست	در محل آزمایش می‌شود	پلاستیک، شیشه	۳۰۰	اکسیژن محلول (با روش وینکلر)
۷ روز	در ۴۰°C نگهداری می‌شود	پلاستیک، شیشه	۳۰۰	فلوئور
۷ روز	در ۴۰°C نگهداری می‌شود	پلاستیک، شیشه	۱۰۰	سختی
۲۴ ساعت	در ۴۰°C نگهداری می‌شود	پلاستیک، شیشه	۱۰۰	ید

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

۶ ماه	جداسازی در محل	پلاستیک، شیشه	۲۰۰	فلزات حل شده
۶ ماه	با اضافه کردن اسید نیتریک و در $pH < 2$ نگهداری می‌شود	پلاستیک، شیشه	۲۰۰	مواد معلق
۶ ماه	جداسازی در محل	پلاستیک، شیشه	۱۰۰	مجموع کل فلزات
۳۸ روز در ظرف شیشه‌ای	جدا سازی و با افزایش اسید نیتریک و در $pH < 2$ نگهداری می- شود	پلاستیک، شیشه	۱۰۰	جیوه محلول
۶ ساعت	در محل اندازه گیری	پلاستیک، شیشه	۲۵	pH
۲۴ ساعت	در $40^{\circ}C$ نگهداری می‌شود	پلاستیک، شیشه	۱۰۰	هدایت الکتریکی ویژه
۷ روز	در $40^{\circ}C$ نگهداری می‌شود	پلاستیک، شیشه	۵۰	سولفات
۲۴ ساعت	در $40^{\circ}C$ نگهداری می‌شود	پلاستیک، شیشه	۵۰	سولفید
۲۴ ساعت	۲ میلی لیتر استات روی اضافه می‌شود	پلاستیک، شیشه	۵۰	گوگرد

۳-۳-۱۱- برداشت نمونه با اوگر

جهت دسترسی و برداشت شورابه‌ها، از اوگر دستی برای برداشت لایه‌های رویی استفاده می‌شود. بدین ترتیب که لایه‌های نمک سطحی تا عمق دسترسی به شورابه توسط اوگر کنده می‌شود. با اوگر عمقی متفاوت از $0/3$ تا ۲ متر (بستگی به منطقه) می‌کنند و نمونه‌ها را جهت آزمایش هم از نمک سطحی و هم از شورابه‌ها برداشت می‌کنند.



شکل ۴۳- برداشت نمونه با اوگر و کندن سطح پلایا تا رسیدن به شورابه، جهت برداشت شورابه

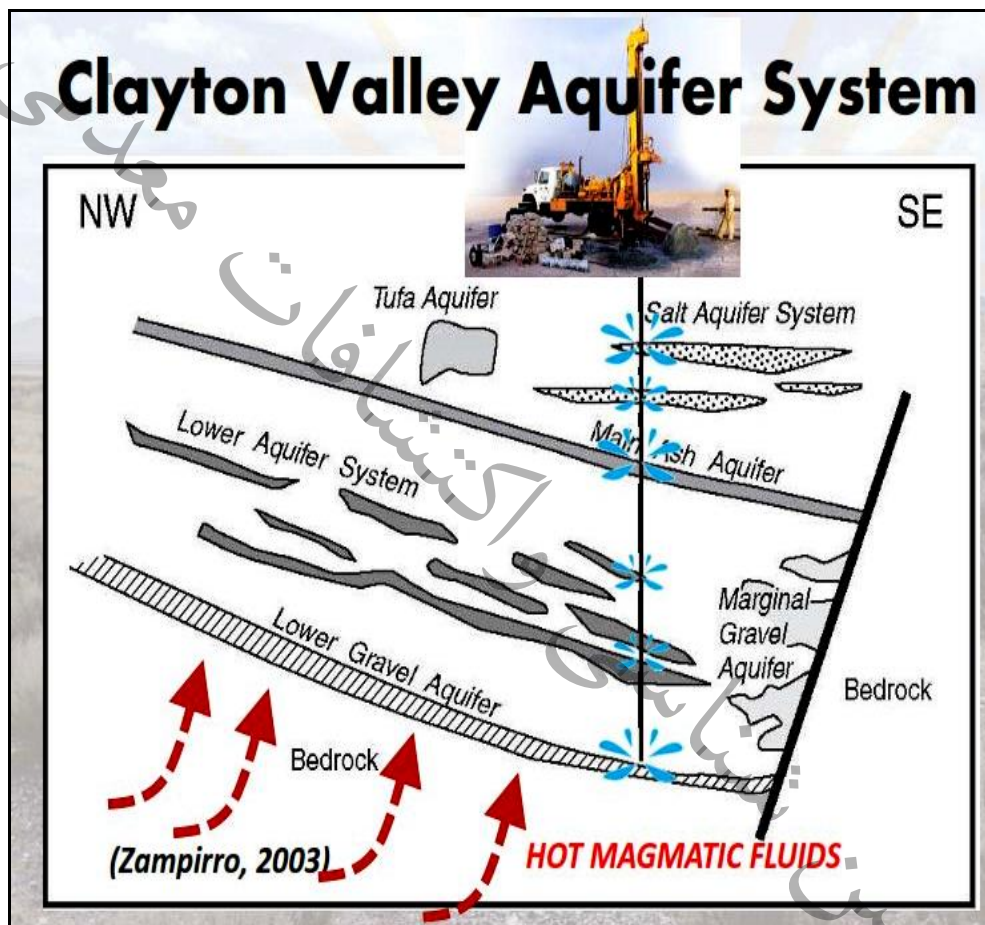
۳-۳-۱۲- حفاری جهت اکتشاف کانسار لیتیم شورابه‌ای

به منظور برداشت نمونه از عمق و شناسایی لایه‌های زیرین یک پلایا، همچنین استخراج شورابه‌ها لازم است که حفاری انجام شود. به همیت دلیل به فعالیت‌های صورت گرفته در منطقه Clayton Valley، آمریکا اشاره می‌شود.

منطقه شامل ۶ معدن به مساحت ۲۰۲۰۰ هکتار است، منشأ لیتیم منطقه در سنگ‌های ریولیتی می‌باشد. مراحل کار شامل (۱) مطالعات مقدماتی زمین‌شناسی (۲) برداشت نمونه‌های سطحی (۳) مطالعات ژئوفیزیکی

(۴) حفاری

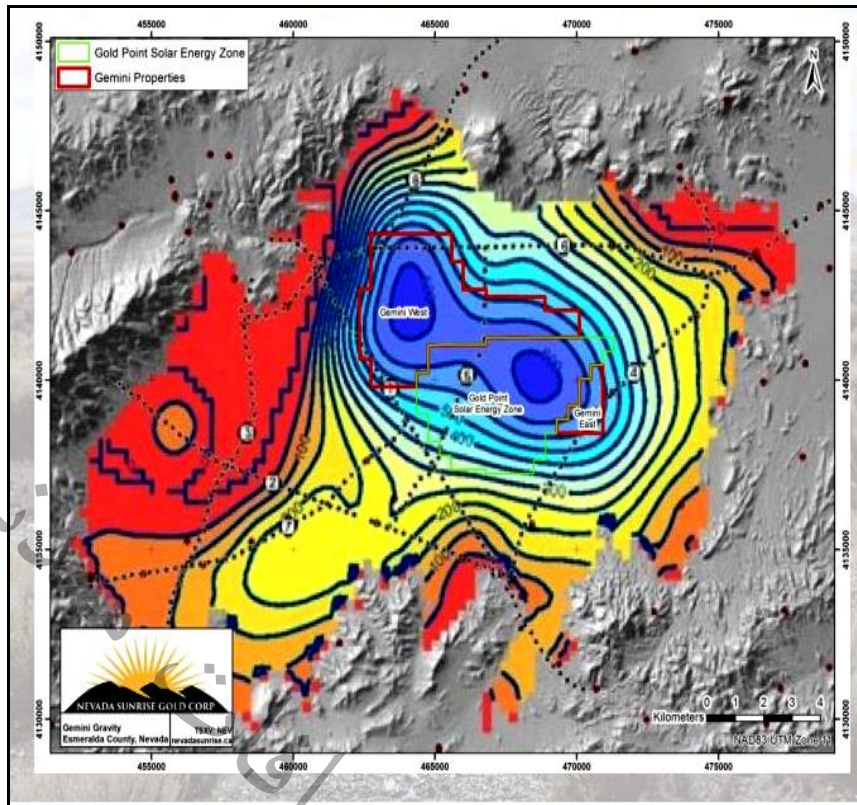
شورابه را از عمق ۱۰۰-۲۵۰ متری از سفره های آب های زیر زمینی استخراج میکنند. که این آبها از آبهای گرم ماگمایی سرچشمه گرفته و توسط لایه های نمک و خاکسترهای آتشفشانی با عیار لیتیم ppm ۳۰۰ غنی شدگی یافته اند، بعد از نهشته شدن و خشک شدن در حوضچه های تبخیری تا ppm ۶۰۰۰ فراوری می شوند. این پروژه در حوضه های شورابه ای سیلور پیک به مساحت ۶ مایل مربع می باشد.



شکل ۴۴- استخراج شورابه ها در منطقه Clayton Valley

۳-۳-۱۳- مطالعات ژئوفیزیک

از مطالعات ژئوفیزیکی نوع گراویتی، جهت یافتن شورابه ها و سفره های زیر زمینی حاوی لیتیم استفاده می شود. از این طریق جهت حرکت آبهای زیرزمینی، سطح ایستابی و احتمالاً محل تجمع سفره های زیر زمینی حاوی لیتیم را می توان شناسایی نمود.



شکل ۴۵- مطالعات ژئوفیزیک گراویتی، حوضه لیدا ولی شامل معادن جیمینی شرقی و جیمینی غربی که توسط دانشگاه دالاس- تگزاس آمریکا مطالعه شده است.

۳-۱۳-۱- لاگ های ژئوفیزیک

انواع لاگهای مورد استفاده در این مرحله عبارتند از:

- لاگ گامای طبیعی:

اشعه گاما از کانی های رسی و افقهای ولکانیکی بخاطر وجود کانی های اورانیوم، توریم و پتاسیم، ساطع می شود. کانی های تبخیری مثل هالیت و ژپس مقادیر بسیار اندکی مواد رادیواکتیو دارند. اشعه گاما برای سنگ شناسی و انطباق لایه ها در چاه ها کاربرد فراوان دارد.

- لاگ چگالی یا لاگ گاما-گاما:

چگالی کانی ها مبنای این روش است. این لاگ اشعه گاما را ساطع و دریافت می کند. همراه با لاگ گاما می تواند سنگ شناسی و تخلخل را نشان دهد.

- لاگ نوترون:

برای اندازه‌گیری میزان هیدروژن و به تبع آن تخلخل سازند استفاده می‌شود. دو سوند با فواصل مختلف به منظور نفوذ به اعماق دور و نزدیک چاه، بسته به ابعاد چاه، استفاده می‌شود.

از آنجایی که محتوی یون هیدروژن عمدتاً بوسیله محتوی سیال (آب) فضاهای خالی اندازه‌گیری می‌شود، لاگ را می‌توان طوری کالیبره نمود که تخلخل کل را بصورت برجا و سر چاه نشان دهد.

- تکنیک روتاری:

برای شناسایی مرزهای هیدروژئولوژیکی سالار اولاروز این چاه‌ها با عمق ۴۰۰ متر حفر شدند. از مغزه‌های بدست آمده برای تهیه لاگ‌های ژئوفیزیکی و زمین‌شناسی استفاده می‌شود. در صورت امکان و برداشت نمونه سیال از آن برای آوردن چگالی و مقدار جامد غیر محلول کل، استفاده می‌شود.



شکل ۴۶- حفاری با انواع مته‌های الماسه و روش سونیک، برداشت نمونه خاک و شورابه از پلایا، طرز نگهداری نمونه‌ها

۳-۳-۱۴- آنالیز نمونه های حاوی لیتیم در آزمایشگاه اصلی

لیتیم را می توان از طریق انتشار نور شدید نارنجی مایل به قرمز هنگام قرار گرفتن در شعله شناسایی کرد. شعله سنج فوتوالکتریک (Flame photometer)، این دستگاه در تجزیه و تحلیل شیمیایی معدنی برای تعیین غلظت یون های فلزی خاص از جمله سدیم، پتاسیم، لیتیم و کلسیم مورد استفاده قرار میگیرد. گروه ۱ و ۲ فلزات با توجه به انرژی های تحریک پذیری کم به شعله نورسنجی بسیار حساس هستند. در اصل، تست شعله بوده بطوری که با شدت رنگ شعله می توان مقدار عنصر مورد نظر را شناسایی کرد. شدت رنگ به انرژی که توسط اتم جذب شده بستگی دارد. در یک زمان ثابت، شعله به نمونه تابیده می شود. و دستگاه دارای فیلترهای جهت سنجش رنگ و حذف نفوذ یون های مزاحم دیگر است. قبل از استفاده، دستگاه نیاز به کالیبراسیون با یک سری از استانداردهای یون در آزمایشگاه دارد. شعله سنج برای اندازه گیری همزمان تا ۴ غلظت عنصر خاکی قلیایی و قلیایی در نمونه های آبی می تواند کار کند. همچنین از دستگاه جذب اتمی و دستگاه ICP- OES جهت آنالیزه های تکمیلی و شناسایی نمونه های با مقدار لیتیم بالا و عناصر مهم همراه لیتیم همچون سزیم، روبیدیم، باریوم و ... به کار میرود. همچنین از دستگاه ICP- MAS جهت شناسایی ایزوتوپهای لیتیم موجود در نمونه ها و بیشتر به منظور کارهای تحقیقاتی استفاده میشود.



شکل ۴۷- دستگاه فلیم فتومتر

۳-۳-۱۵- مشکلات کار با نمونه های شورابه ای

آنالیز نمونه های شورابه توسط دستگاه ICP-OES به دلایل و مشکلات ذیل پیشنهاد نمی گردد:

بدلیل غلظت بالای نمک های محلول و غیر محلول در نمونه های شورابه و رسوب این نمک ها در محل

تورچ دستگاه امکان آنالیز این نمونه ها مقدور نمی باشد لذا بایستی نمونه ها رقیق گردد در پروسه رقیق

سازی نمونه ها حساسیت دستگاه برای اندازه گیری عناصر Trace کاهش پیدا میکند.

همچنین رسوب نمک در محل تورچ دستگاه باعث تخریب تورچ می گردد با توجه به هزینه بالای تورچ

در صورتی که روش جایگزین وجود داشته باشد این روش توصیه نمی گردد.

با توجه به اختلاف ویسکوزیته نمونه های شورابه با محلول های استاندارد (matrix effects) و ایجاد

دریفت در منحنی کالیبراسیون و نیز ایجاد خطای آنالیز از یک نمونه به نمونه دیگر (Memory Effect)

روش ICP-OES جهت آنالیز نمونه های شورابه مناسب نیست.

حد تشخیص لیتیم با استفاده دستگاه جذب اتمی 100 ppb می باشد. لذا دستگاه جذب اتمی جایگزین

مناسبی برای تکنیک ICP-OES است.

فصل دوم

لیتیم در ایران

(معرفی محدوده‌های امیدبخش)

۱-۱- معرفی نواحی مستعد کانی زایی لیتیم در ایران

با توجه به مطالب ذکر شده در بخش‌های قبلی این گزارش، کناسرها و محیط‌های مناسب برای تجمع

لیتیم عبارتند از:

- سنگ‌های پگماتیستی و پگماتیتهای گرانیتی حاوی کانیهای لیتیم دار اسپودومن، لپیدولیت، پتالیت و

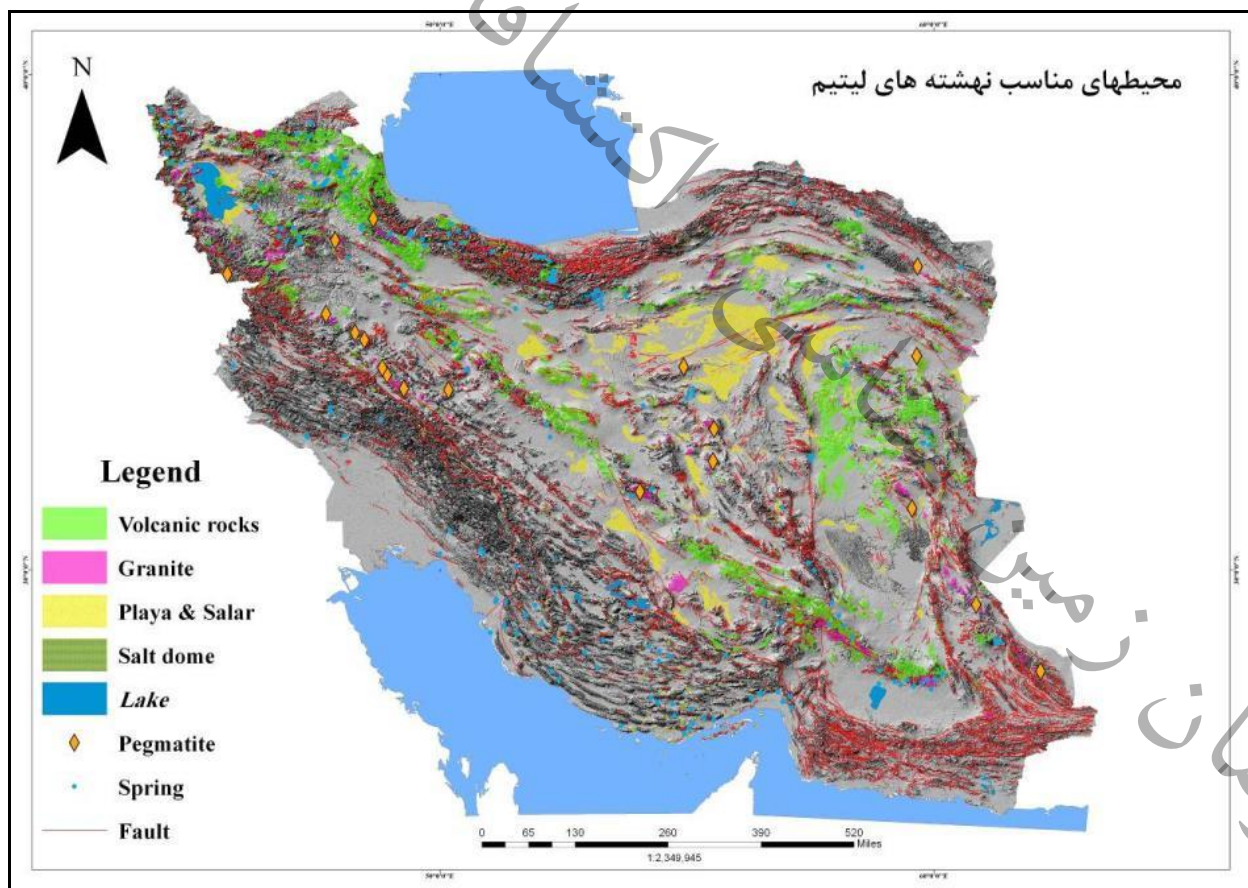
آمبلی گونیت.

- محیط‌های شورابه ای (شامل: شورابه های قاره ای، شورابه های ژئوترمالی و شورابه های نفتی)

- کناسرهای رسوبی لیتیم دار (انواع هکتوریتی یا ژادریتی)

در ایران خوشبختانه کلیه این سنگها و محیطها وجود داشته که در ذیل به پراکنندگی هر محیط در ایران

و اولیویت بندی اکتشافی هر کدام با توجه به شرایط مناسب شکل گیری لیتیم در آنها پرداخته می شود.



شکل ۴۷- انواع محیط‌های مناسب کانه زایی لیتیم در ایران

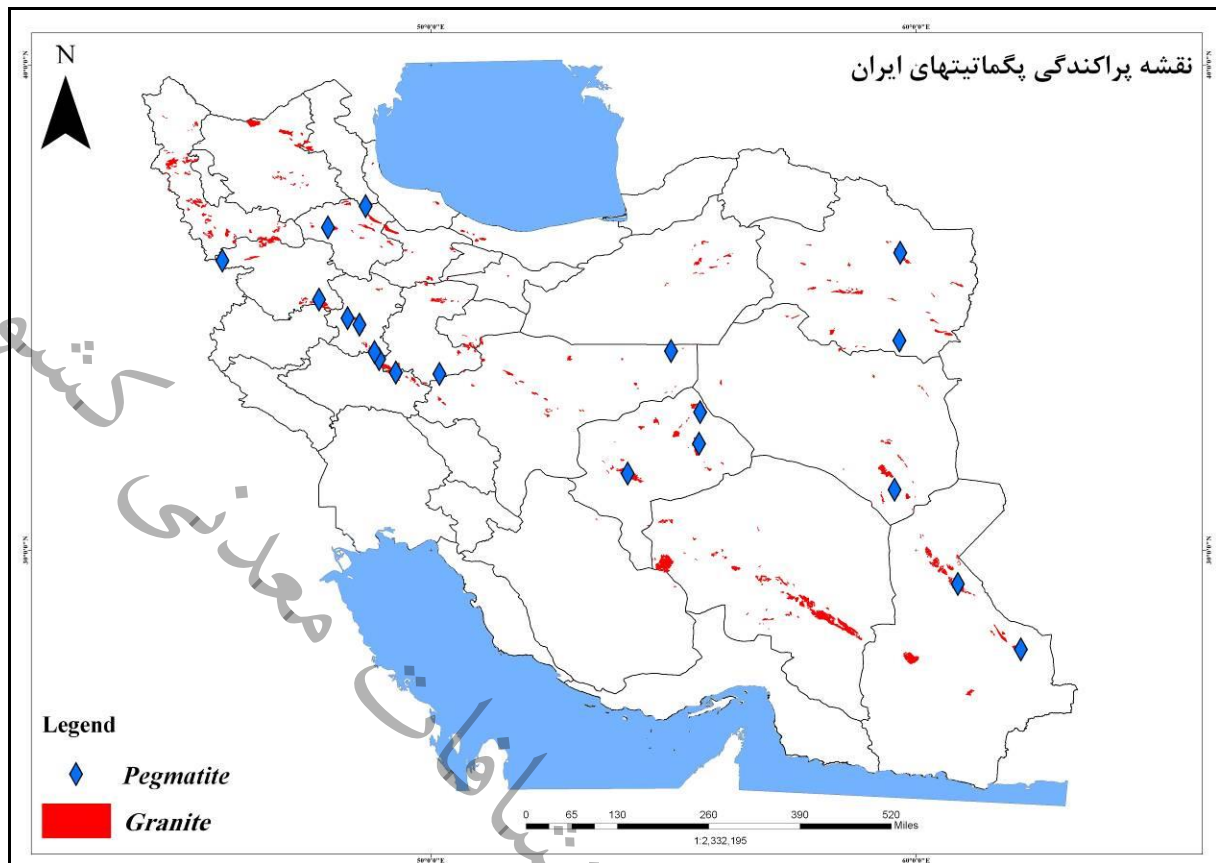
۱-۲- پراکندگی سنگهای پگماتیتهی در ایران

با توجه به نقشه های زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ کل کشور و با توجه به مطالعات و گزارشات سنگ

شناسی در کشور، در ایران حدود ۱۹ رخنمون از سنگهای پگماتیتهی گرانیتی وجود دارد که عبارتند از:

۱. پگماتیتهای جنوب مشهد در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ مشهد
۲. پگماتیتهای موجود در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ سلطان آباد در شمال شرق ایران
۳. پگماتیتهای موجود در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ چاه داشی (ده سلم) در شرق ایران
۴. پگماتیتهای موجود در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ زاهدان در جنوب شرق ایران
۵. پگماتیتهای موجود در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ کوشکوک - تلخ آب در جنوب شرق ایران
۶. پگماتیتهای موجود در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ مصر در ایران مرکزی
۷. پگماتیتهای موجود در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ زمان آباد در ایران مرکزی
۸. پگماتیتهای موجود در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ چادرملو در ایران مرکزی
۹. پگماتیتهای موجود در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ یزد در ایران مرکزی
۱۰. پگماتیتهای موجود در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ ماسوله در البرز مرکزی
۱۱. پگماتیتهای موجود در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ ماه نشان در البرز مرکزی
۱۲. پگماتیتهای موجود در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ بانه در زون سنندج سیرجان
۱۳. پگماتیتهای موجود در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ قروه در زون سنندج سیرجان
۱۴. پگماتیتهای موجود در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ تویسرکان در زون سنندج سیرجان
۱۵. پگماتیتهای موجود در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ همدان در زون سنندج سیرجان
۱۶. پگماتیتهای موجود در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ ملایر در زون سنندج سیرجان
۱۷. پگماتیتهای موجود در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ بروجرد در زون سنندج سیرجان
۱۸. پگماتیتهای موجود در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ شازند در زون سنندج سیرجان
۱۹. پگماتیتهای موجود در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ محلات در زون سنندج سیرجان

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)



شکل ۴۸- نقشه پراکندگی سنگهای پگماتیتهای ایران

با توجه به مطالعات قبلی پگماتیتهای جنوب مشهد از نوع لپیدولیت دار بوده و میزان لیتیم (Li_2O) اندازه گیری شده آنها از نمونه های سطحی حدود ۰/۲-۰/۴٪ می باشد، که نشان دهنده امید بخش بودن این پگماتیتهای بوده و نیاز به مطالعات زیرسطحی و عمقی این سنگها از نظر میزان فراوانی لیتیم در آنها می باشد.

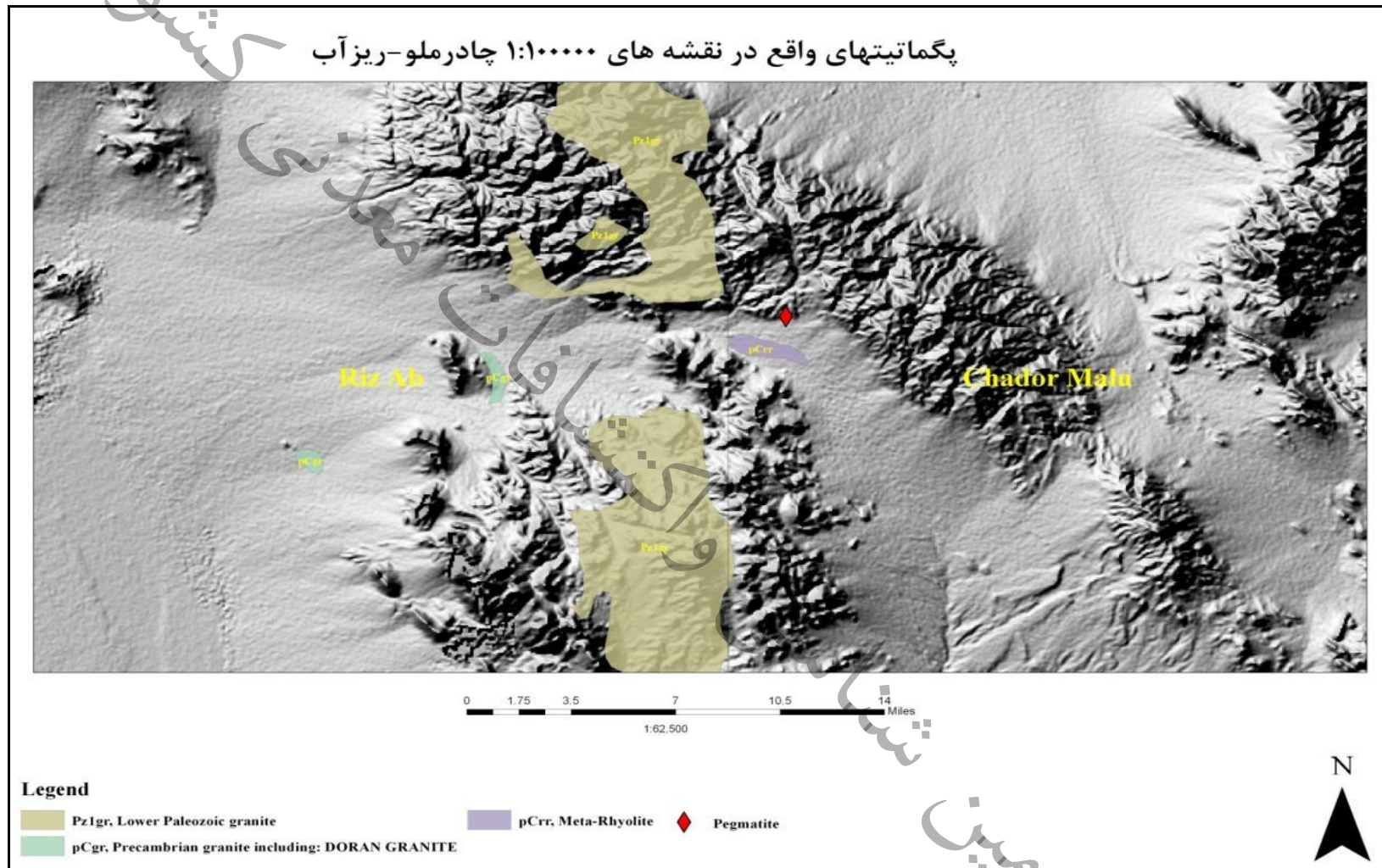
همچنین پگماتیتهای غرب ایران در زون ساندج-سیرجان (شامل پگماتیتهای قروه، همدان، تویسرکان، ملایر، بروجرد و شازند) از نظر کانه سازی لیتیم به نظر عقیم بوده و میزان لیتیم اندازه گیری شده در آنها (Li_2O) کمتر از ۰/۰۱٪ می باشد.

پگماتیتهای ماه نشان نیز که در نقشه پیرامون کوه دمرلو واقع شده اند، از نظر کانه زایی لیتیم عقیم بوده و میزان لیتیم (Li) اندازه گیری شده در آنها کمتر از ۴۵ ppm می باشد.

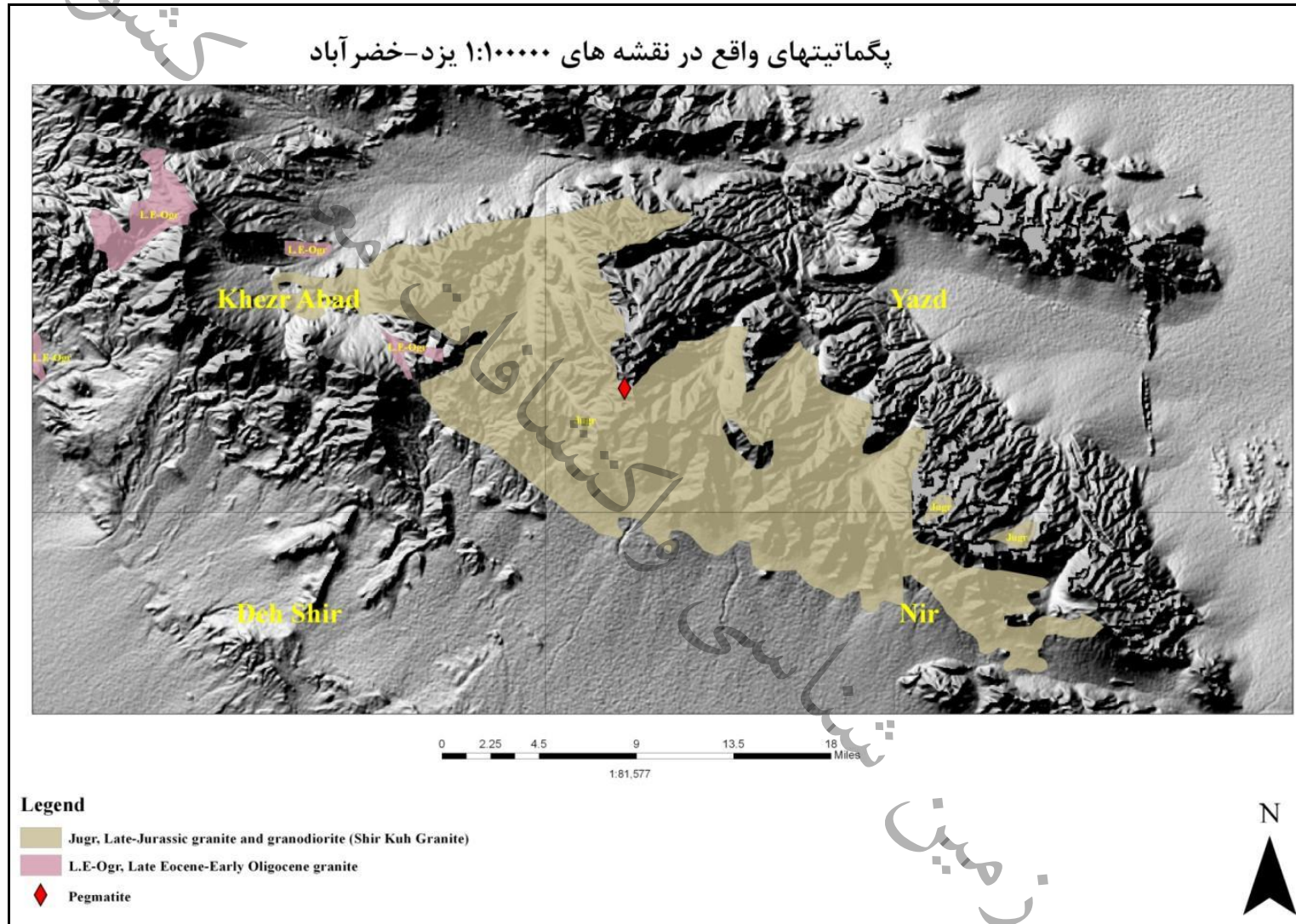
امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

با توجه به مطالعات انصاری و همکاران ۱۳۸۷، پگماتیتهای ایران مرکزی دارای کانیهای آمبلیگونیته، لپیدولیت و اسپودومن بوده که از این نظر پگماتیتهای مناسب جهت کانه زایی لیتیم می باشند. متأسفانه از دیگر پگماتیتهای ایران گزارشی در دست نمی باشد و نیاز به مطالعه بیشتر در زمینه نوع آنها و مقادیر لیتیم در آنها می باشد.

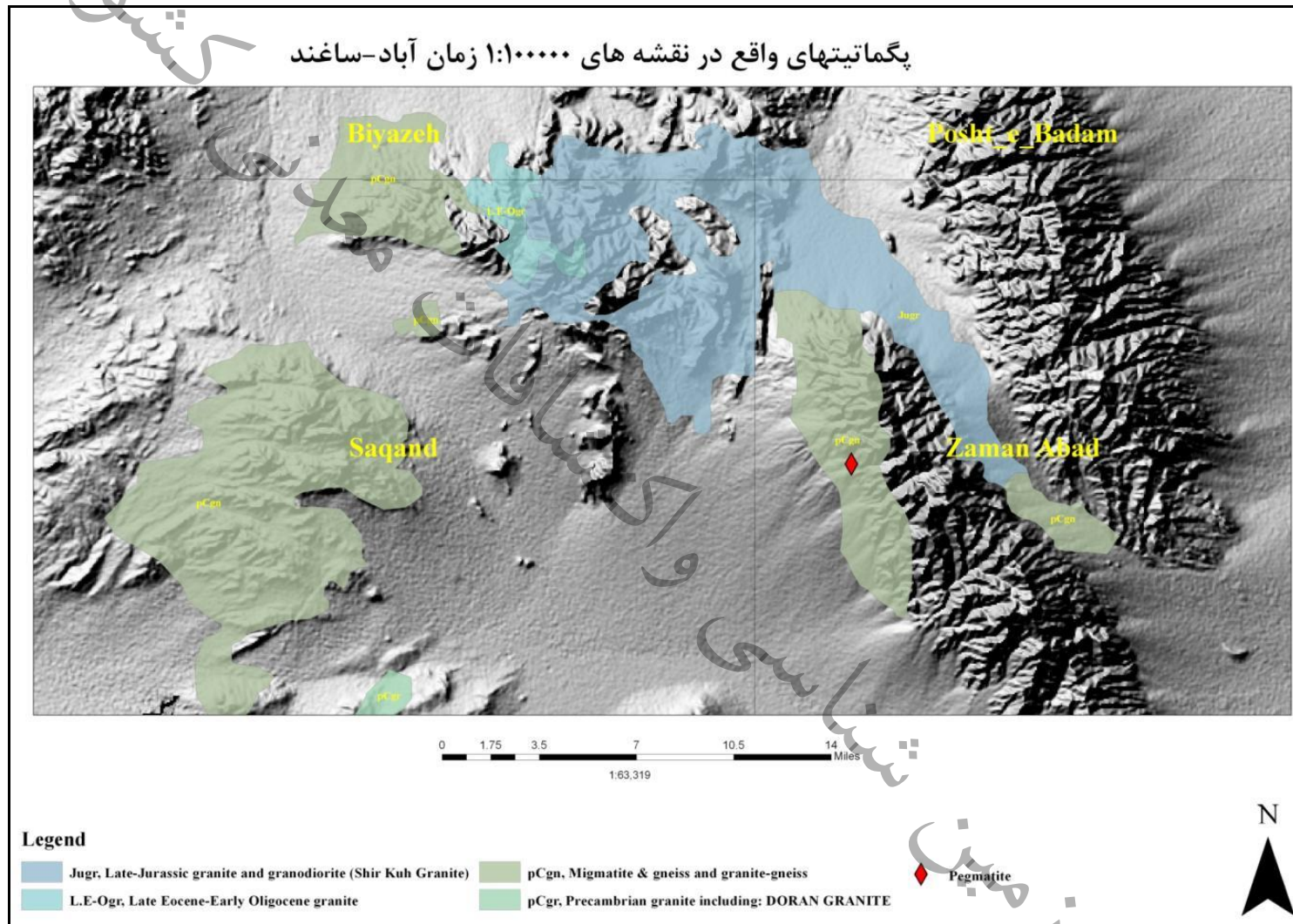
با توجه به مطالعات انصاری و همکاران ۱۳۸۷، پیشنهاد می شود که پگماتیتهای واقع در برکه های ۱:۱۰۰۰۰۰ یزد، زمان آباد و چادرملو جهت بررسی پتانسیل لیتیم در آنها در اولویت، قرار گیرند.



شکل ۴۹- موقعیت قرار گیری پگماتیتهای در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ چادرملو



شکل ۵۰- موقعیت قرار گیری پگماتیتهای در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ یزد



شکل ۵۱- موقعیت قرار گیری پگماتیتها در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ زمان آباد

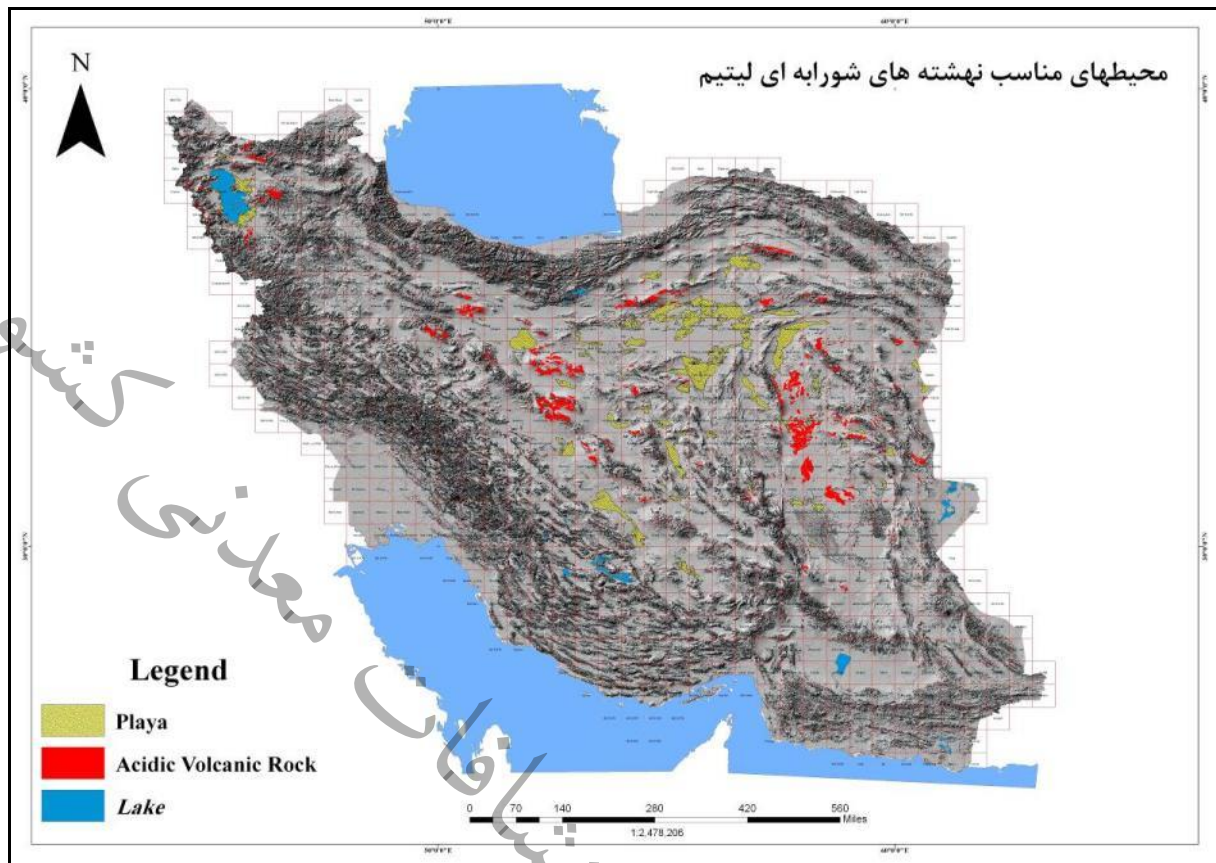
۳-۱- نواحی مستعد کانی زایی لیتیم در محیط‌های شورابه‌ای و پلایاهای ایران

۱-۳-۱- پراکندگی شورابه‌ها و کفه‌های نمکی در ایران

در ایران عمده مناطق شورابه‌ای و کفه‌های نمکی در زون ایران مرکزی، البرز، زون سنندج-سیرجان و شرق ایران (مکران) واقع شده است. همانطور که در بخش‌های قبل ذکر شده کنسارهای شورابه‌ای لیتیم دار باید حاوی خصوصیات زیر باشند:

- (۱) آب و هوای خشک
- (۲) حوضه‌های بسته در پلایا یا سالار
- (۳) فرونشست تکتونیکی
- (۴) فعالیت‌های آذرین یا ژئوترمال
- (۵) سنگ‌های منشا مناسب
- (۶) یک یا بیشتر آبخوان مناسب
- (۷) زمان مناسب برای تغلیظ یک شورابه

در ایران چندین محیط مناسب جهت کانه زایی لیتیم شورابه‌ای وجود دارد. که موقعیت و پراکندگی آنها را در کشور در نقشه (شکل ۵۲) نمایش داده شده است و در ادامه به تفکیک به معرفی هر کدام پرداخته می‌شود.



شکل ۵۲- نقشه پراکندگی محیط‌های مناسب نهشته‌های شورابه‌ای لیتیم در ایران

۱-۳-۲- پلایا در ایران

پلایا به نواحی کفه‌ای و کم عمق در حوضه‌های خشکی اطلاق می‌شود که توسط رسوبات دریاچه‌ای پوشیده شده باشند و بعبارت دیگر پست‌ترین قسمت یک حوضه آبریز در نواحی صحرایی گرم و نیمه خشک را پلایا می‌نامند. در ایران واژه کویر را معمولاً مترادف با نام پلایه و واژه دق را برای کفه‌های متشکل از رس و سیلت همراه با کمی املاح بکار می‌برند.

پلایاها از نقطه نظر هیدرولوژیکی حوضه‌های بسته‌ای هستند که میزان تبخیر در آنها بیش از نزولات و جریان‌های آبی وارده می‌باشد. اگرچه تعدادی از آنها ممکن است در بعضی از فصول سال و حتی گاه برای چندین سال متوالی نیز، نیز در قسمت‌های کم عمق، پوشیده از آب باشند که در اینصورت دریاچه‌های موقتی تشکیل می‌شوند که به دریاچه‌های پلایا موسومند. این دریاچه‌ها معمولاً بطور تناوبی در فصل مرطوب دارای آب و در فصل خشک بدون آب هستند.

ساختار ژنتیکی پلایا صرفنظر از شرایط اوروگرافی به میزان زیادی تحت کنترل تکتونیک و در درجه دوم اهمیت تحت تاثیر عرض جغرافیایی می‌باشد. پس می‌توان گفت که پلایاها، بطور معمول دارای یک کفه صاف و کم ارتفاع هستند که در اطراف به مخروط افکنه‌ها ختم می‌شوند و در نهایت توسط کوه‌هایی که شیب توپوگرافی قابل توجهی بطرف آنها دارند احاطه شده و بوسیله جریان‌های موقت و فصلی و بندرت دائمی تغذیه می‌گردند. این کفه‌ها معمولاً حاوی یک حجم آب شور دائمی بنام شورابه هستند که نزدیک به سطح زمین واقع شده‌اند.

مهم‌ترین زون‌هایی که در یک پلایا ممکن است مشاهده شوند، عبارتند از: کفه رسی، زون مرطوب، پوسته نمکی، دریاچه فصلی، دریاچه دائمی، باتلاق.

لازم بذکر است که در یک پلایا تمامی این زون‌ها و یا تعدادی از آنها می‌تواند وجود داشته باشد. تعداد زون‌هایی که در یک پلایا مشاهده می‌شود مبنای تقسیم بندی پلایاها را تشکیل می‌دهد (شکل ۵۳).

۱-۲-۳-۱- کفه های رسی

همانطور که در شکل نشان داده شده کفه رسی از بخش انتهایی مخروط افکنه آغاز می‌شود. جنس رسوبات این زون از سیلت و رس همراه با اندکی ماسه ریز و مقادیر متغیری از نمک تشکیل شده و غالباً در مجاورت زون مرطوب قرار می‌گیرد. از لحاظ لیتوژی کفه‌های رسی با زون مرطوب مشابهت دارند و بر اساس موقعیت بالاتر نسبت به زون مرطوب قابل تشخیصند. بطوریکه در فصل خشک زون مرطوب زیر سطح ایستابی و زون رسی در بالای سطح ایستابی واقع می‌شوند.

سطح کفه رسی ممکن است بوسیله زه آب‌های سطحی تغییر و یا اینکه در نتیجه تبلور نمک بهم زده شود. نمک‌ها در حقیقت املاح موجود در شورابه بوده که بر اثر موئینه‌ای به سطح می‌رسند و در نتیجه تبخیر بر جای می‌مانند. در حالت اخیر سطح کم ثبات و نامنظمی ایجاد می‌شود که اصطلاحاً زمین پف کرده Puffy ground نام دارد و خاص پهنه‌های رسی می‌باشد. علت پف داشتن این سطوح، وجود مقادیر قابل توجهی نمک همراه با رس در کفه رسی است. مقدار نمک در زون رسی گاهی به بیش از ۴۷ درصد وزنی نیز می‌-

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

رسد. گفتنی است لازمه تشکیل زمین پف کرده در کفه‌های رسی سطح ایستابی بالا و شوری زیاد آب است.

لبه‌های زمین پف کرده ممکن است از چند سانتیمتر تا ۵۰ سانتیمتر برجستگی داشته باشد.

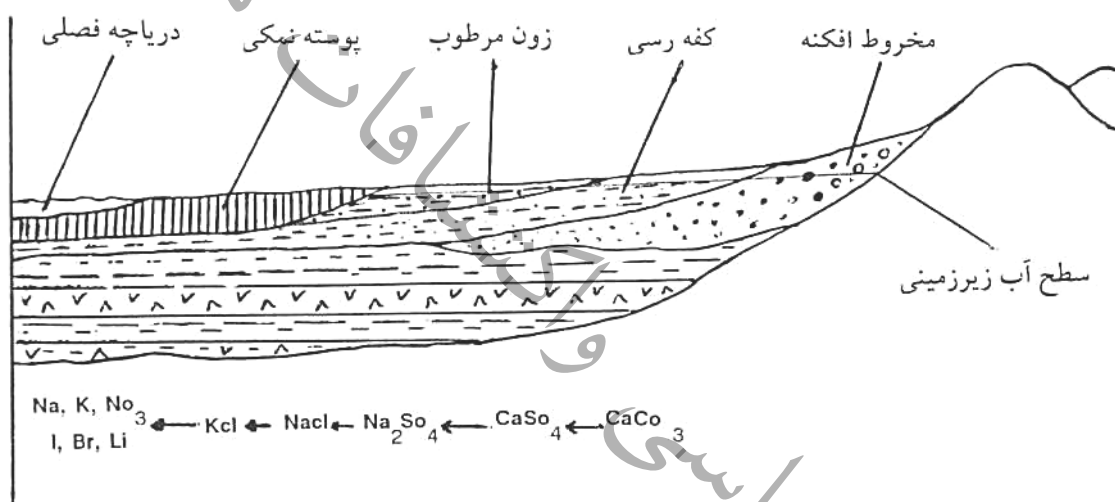
بالا آمدن سطح آب زیرزمینی و یا نوسان آن گاهاً سبب حل شدن نمک موجود در رسوبات کفه رسی

می‌شود که در نتیجه ساخت‌هایی شبیه به کارست تشکیل می‌شود و با فرو ریختن پوشش بالایی Sinkholes

بوجود می‌آیند.

بر روی سطح رسوبات کفه رسی در اثر خشک شدن ترک‌هایی بشکل پلی‌گونال بوجود می‌آید که گاه قطر

آنها به ۶۰ متر می‌رسد ولی معمولاً قطر چند ضلعی‌ها کمتر از ۱ متر است.



شکل ۵۳- نمای شماتیکی از بخش‌های مختلف یک پلایا و منطقه‌بندی کانیایی آن از حاشیه به سمت مرکز

۱-۳-۲-۲- زون مرطوب

این زون منطقه حدواسط کفه رسی و پوسته نمکی در یک پلایا را در بر می‌گیرد. جنس رسوبات آن

بطور عمده شامل سیلت و رس می‌باشد که غالباً مقداری هالیت و ژپس نیز به‌همراه دارد. گاهی اوقات در

سطح زون مرطوب قشر بسیار نازکی از نمک مشاهده می‌شود. این زون یک زون تدریجی است که متناوباً از

آب اشباع می‌شود و همواره رطوبت در سطح یا نزدیکی سطح زمین وجود دارد. آب زون مرطوب از مخروط

افکنه‌های پلایا تامین می‌شود بطوریکه بخش اشباع از آب مخروط افکنه‌ها در اعماق واقع می‌شود. اما به

طرف انتهایی مخروط بخاطر وجود لایه‌های محدود کننده و نفوذناپذیر رسی شرایط آرتزین بوجود آمده و آب در عمق بسیار کم قرار می‌گیرد و نهایتاً بر روی سطح پلایا سر ریز کرده و یک بخش مرطوب بوجود می‌آورد.

در مجموع زون‌های مرطوب ۱۰ درصد کل مساحت پلایا در ایران را بخود اختصاص داده‌اند و بزرگترین زون مرطوب متعلق به پلایای قم با مساحت ۹۲۵ کیلومترمربع گزارش شده است (کرینسلی، ۱۹۷۰).

۱-۳-۲-۳- پوسته نمکی

یک سطح سخت، هموار و نمناک است که ضخامت قشر نمک از چند میلیمتر تا ۶/۸ متر تغییر می‌کند. ترکیب بیشتر پوسته‌های نمکی شامل ۹۹ درصد هالیت و مقادیر اندکی سایر مواد است، اگرچه گاه ممکن است بعضی از پوسته‌های نمکی مقدار زیادی مواد آواری درشت و کانی‌های رسی را با خود داشته باشند، بطوریکه خصوصیات فیزیکی آنها تغییر کند.

پوسته‌های نمکی بخاطر خصوصیت جذب سطحی آب همواره مرطوب می‌باشند و رطوبت آنها نشانگر بالا بودن سطح آب زیرزمینی است. این زون پست‌ترین بخش پلایا را اشغال می‌کند و ممکن است در تماس جانبی با هر نوع سطحی باشد اگرچه بطور معمول بیشتر با زون‌های مرطوب در تماس است.

در مجموع پوسته‌های نمکی ۴۱ درصد از کل مساحت پلایاهای ایران را تشکیل داده و بعد از کفه‌های رسی، آنها بیشترین سطح معمول در پلایاها را بخود اختصاص داده‌اند. بزرگترین پوسته نمکی ایران ۱۹۶۷۶ کیلومترمربع وسعت دارد که متعلق به پلایای کویر بزرگ است.

۱-۳-۲-۴- دریاچه‌های فصلی (متناوب)

معمولاً در پایان فصل‌های خشک ناپدید می‌شوند اگرچه ممکن است بطور استثناء در طی چند سال مرطوب متوالی نیز باقی بمانند. آنها حتی در دوره‌های با بیشترین بارندگی نیز خیلی کم عمق هستند. تحول

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

کانی‌های تبخیری، همچنین ترکیب شورابه‌هایب یک پلایا ارتباط مستقیم با شیمی آب و محیط تغذیه کننده پلایا دارد.

دریاچه‌های فصلی با زون‌های مرطوب، پوسته‌های نمکی و حتی با کفه‌های رسی ممکن است همجوار باشند.

۱-۳-۲-۵- دریاچه دائم

در پلایاهای مختلف ممکن است، ابعاد و بزرگی گوناگونی داشته باشند. دریاچه دائمی در اندازه قابل توجه، دریاچه هامون است که وجودش مرهون رودخانه هیرمند بوده که از کوه‌های هندوکش در افغانستان سرچشمه می‌گیرد. بیشترین مساحت آن در فصل‌های مرطوب ۳۰۰۰ کیلومتر مربع و عمق آن ۱۱ متر می‌باشد. د فصل تابستان د رائر نقصان آب جریان‌های ورودی و تبخیر ناشی از حرارت و باد، وسعت آن کاهش پیدا می‌کند.

علاوه بر دریاچه هامون، دریاچه کوچکتری به نام خور جناور در پلایاهای ایران گزارش شده که ۸ درصد سطح پلایا را اشغال می‌کند. در مجموع این دو دریاچه فقط ۲ درصد از مجموع سطح پلایهای ایران را دربر گرفته‌اند.

۱-۳-۲-۶- مرداب

مرداب‌هایی در حاشیه دریاچه هامون و در پلایای جازموریان گزارش شده‌اند. مرداب‌ها معمولاً در حاشیه زون مرطوب و در تماس بلافصل با دریاچه‌ها واقع می‌شوند. آنها معمولاً در طی فصول خشک نیز توسط جریان‌هایی تغذیه می‌شوند. بطور کلی ۴ درصد از مجموع کل نواحی پلایای ایران را این نوع سطح بخود اختصاص داده است.

۱-۳-۲-۷- تقسیم بندی پلایاهای ایران

پلایاها را با توجه به زون‌ها و نوع سطح موجود در آنها طبقه بندی نموده‌اند. بر این اساس آقایی

کرینسلی (۱۹۷۰) پلایاهای مطالعه شده در ایران را در ۷ گروه زیر قرار می‌دهد.

جدول ۲۱- تقسیم بندی پلایه‌های ایران بر اساس کرینسلی، ۱۹۷۰

تعداد در ایران	زون‌های تشکیل دهنده پلایا	نام پلایا	گروه (تیپ) پلایا
۲۷	کفه رسی	Clay flat playa	A
۵	کفه رسی - زون مرطوب	Wet clay flat playa	B
۷	کفه رسی - پوسته نمکی	Clay flat crust playa- Salt crust	C
۷	کفه رسی - زون مرطوب - پوسته نمکی	Wet clay flat- Salt crust playa	D
۷	پوسته نمکی	Salt crust playa	E
۵	دارای دریاچه فصلی	Intermittent lake playa	F
۲	دارای دریاچه دائمی	Perennial lake playa	G

در ادامه مختصری راجع به هر یک از تیپ‌های مختلف پلایای ایران بحث می‌کنیم:

پلایای نوع A: در حقیقت یک کفه رسی هستند و هیچ نوع دیگری در آنها مشاهده نمی‌شود. این

نوع پلایا در ایران از لحاظ مساحت در محدوده مساحت‌های بین ۲۱۰۳-۳۵ کیلومتر مربع واقع می‌شوند

(کرینسلی، ۱۹۷۰). این پلایا برای گسترش به یک حوضه بسته و یک محیط هیدرولوژیکی که در آن تبخیر

بر هرز آب‌های سطحی غالب باشد، نیاز دارد. پلایا ممکن است بستر قبلی یک دریاچه یا استخر داخلی بوده

که بطور فصلی از یک لایه نازک آب حاوی بار رسوبی ریزدانه پوشیده می‌شود. بار رسوبی توسط رودخانه‌های

اطراف حمل شده است.

بالا بودن سطح ایستابی آب در این نوع پلایا ایجاد Puffy Ground خواهد کرد، همچنین ممکن است منجر به تجمع محلی گیاهان در سطح و تشکیل پشته‌ها و تپه‌های ماسه‌ای گردد. پایین بودن سطح آب سبب سفت و محکم شدن رس‌ها می‌شود.

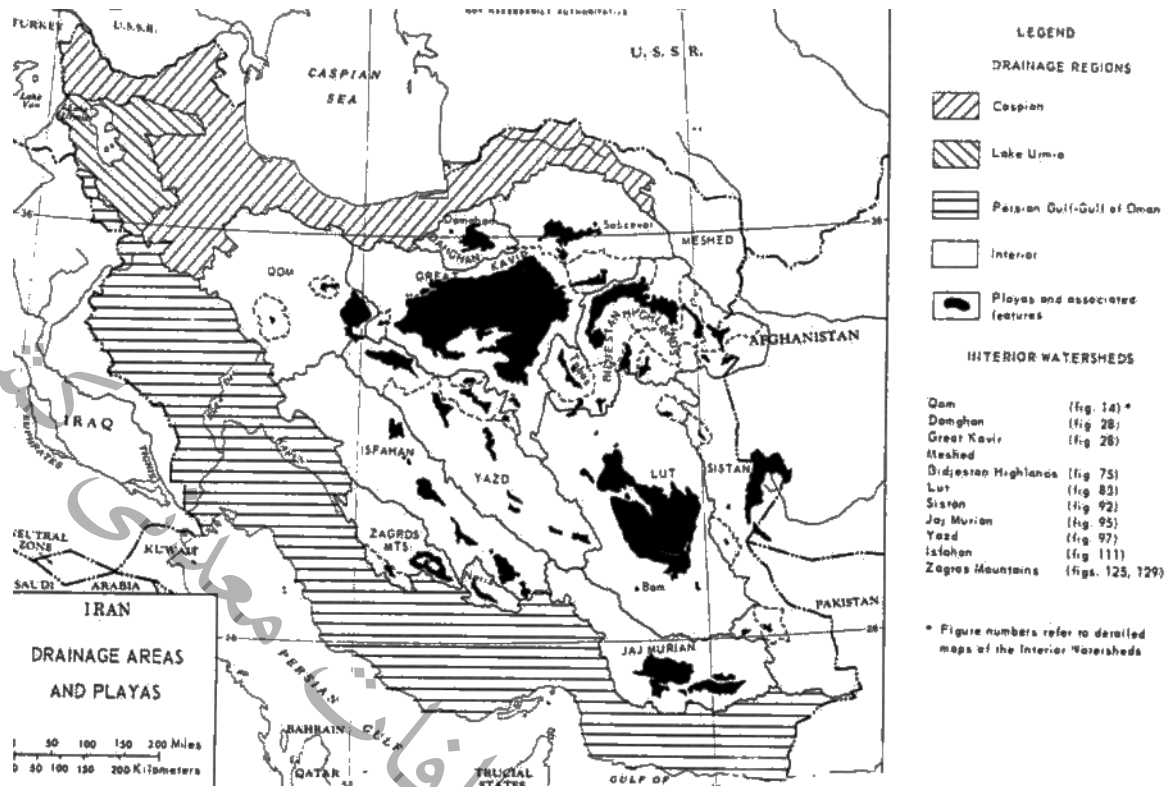
پلایای نوع B: شامل یک پهنه رسی و یک زون مرطوب است و از لحاظ لیتولوژیکی مشابه نوع A می‌باشد ولی بخشی از آن (زون مرطوب) در فصل خشک در زیر سطح ایستابی قرار می‌گیرد. از لحاظ وسعت، پلایای نوع B در ایران در محدوده مساحت‌های بین ۴۲۵ - ۱۷۰ کیلومترمربع واقع می‌شوند. زون مرطوب ممکن است در مجاورت مخروط افکنه باشد و یا اینکه توسط کفه رسی احاطه شود. با توجه به شواهد ریخت‌شناسی و چینه‌شناسی این نوع پلایا شاید بتوان گفت که پلایای تیپ B از پلایای تیپ A در نتیجه بالا آمدن سطح ایستابی ناشی شده‌اند.

پلایای نوع C: شامل یک کفه رسی و یک پوسته نمکی است که معمولاً پوسته نمکی توسط کفه رسی احاطه شده است و یک حالت تدریجی بین پلایای نوع A و پلایای نوع E را نشان می‌دهد. حوضه‌هایی که اینگونه پلایا در آن شکل می‌گیرند شامل سنگ‌های میوسن و تبخیری‌ها می‌باشند. در ایران وسعت پلایای نوع C از ۱۱۵ تا ۱۶۲۵ کیلومترمربع متغیر است.

پلایای نوع D: شامل کفه رسی، زون مرطوب و پوسته نمکی است. بزرگترین پلایای ایران در این گروه واقع می‌شوند و در واقع ۵۷ درصد از مساحت کل پلایاهای ایران را این نوع بخود اختصاص داده‌اند.

پلایای نوع E: دارای سطحی است که بطور کامل از نمک پوشیده شده است. از مجموع ۶۰ پلایای مطالعه شده در ایران ۷ پلایا در این گروه واقع شده‌اند و مجموعاً حدود ۱ درصد از وسعت کل پلایاهای ایران را در بر گرفته‌اند. از لحاظ وسعت، بزرگترین پلایای این تیپ در ایران ۳۷۵ کیلومترمربع و کوچکترین پلایا ۲۵ کیلومترمربع مساحت دارد. تمامی این پلایاها وابسته به سنگ‌های میوسن هستند و یا فاضلاب نهایی برای رودهایی می‌باشند که از میان سنگ‌های میوسن عبور کرده‌اند.

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)



شکل ۵۴- موقعیت پلایه‌های ایران و ارتباط آنها با حوضه‌های آبریز (اقتباس از کرینسلی، ۱۹۷۰)

پلایای نوع F: از یک دریاچه غیر دائمی بعلاوه یک یا چند سطح دیگر پلایا می‌باشند. حضور دریاچه یک توازن حساس بین تبخیر از سطح دریاچه و زهکش آب‌های ورودی را نشان می‌دهد. از لحاظ هیدرولوژیکی، این گروه از پلایا در حد بین پلایا و دریاچه قرار می‌گیرند.

پلایای نوع G: هر یک از انواع پلایای که در بالا ذکر شد چنانچه دارای یک دریاچه دائمی باشند در این گروه جای می‌گیرند. دو نوع پلایا از تیپ G در ایران گزارش شده که مجموعاً ۲ درصد از سطح کل پلایاها را در بر می‌گیرد.

در ادامه به معرفی پلایاهای شناخته شده در سرزمین ایران می‌پردازیم. تغییرات آب و هوای جهانی تقریباً ۱۲ هزار سال قبل از میلاد در نتیجه پسروی پهنه‌های یخی و یخچال‌ها بوجود آمد و متعاقب آن دریاچه‌ها در نواحی فروافتاده بسته ظاهر شدند. در اثر گرم شدن هوا و غالب شدن نسبت به بارش این دریاچه‌ها خشکیده شدند و بعضی از پلایاهای کنونی را بوجود آوردند. سرزمین ایران نیز از این قاعده

مستثنی نبوده و در سراسر مناطق پست پلایا گسترش دارند، بعلاوه تعدادی نیز در حوضه‌های بین کوهی دیده می‌شوند.

تقسیم بندی کلی و مطالعه حوضه‌های آبریز ایران و پلایاهای هر یک از آنها در خلال سال‌های ۱۹۷۰-۱۹۶۷ توسط کرینسلی و همکاران انجام پذیرفته است. در این مطالعات مجموعاً ۱۱ حوضه آبریز در ایران به نام‌های قم، دامغان، کویر بزرگ، بجستان، لوت، سیستان، جازموریان، یزد، اصفهان، زاگرس و مشهد مشخص شده است، که بزرگ‌ترین آنها حوضه آبریز کویر بزرگ حدود ۲۰۰۷۴۷ کیلومترمربع وسعت دارد. هر یک از حوضه‌های آبریز (بجز مشهد) دارای یک یا چند پلایا می‌باشند که در جدول ۲۲ بعضی از مشخصات آنها از جمله مساحت کل پلایا و مساحت کل نوع سطحی که هر حوضه آبریز را پوشانده آورده شده است.

آقای کرینسلی (۱۹۷۰) و گروه همراه سیمای سطحی و مورفولوژی ۶۰ پلایا د ر ایران را بمنظور بررسی و تعیین پراکندگی، مساحت و سایر مشخصاتشان مورد مطالعه قرار دادند. مساحت این پلایا از ۲۵ الی ۵۲۸۲۵ کیلومترمربع (کویر بزرگ) تغییر می‌کنند و بعد از کویر نمک بزرگ‌ترین پلایا (بجستان) ۴۶۸۵ کیلومترمربع وسعت داشته و تعداد ۳۳ پلایا مساحتی کمتر از ۳۰۰ کیلومترمربع را دارا می‌باشند. جدول زیر مهم‌ترین پلایاهای ایران همراه با برخی از مشخصات آنها را نشان می‌دهد. این تعداد پلایا در ۳ گروه ۲۰ تایی و توسط سه روش عملیات صحرایی، مشاهده در پرواز با ارتفاع کم و فتوژئولوژی مورد بررسی واقع شده‌اند.

در این مطالعات کرینسلی دو هدف اساسی را دنبال می‌کرد:

- ۱- اطلاع از وضعیت هیدرولوژی و ریخت‌شناسی پلایا بعلاوه ارتباط جغرافیایی پلایها با یکدیگر و با حوضه‌های آبریزشان
- ۲- مقایسه آب و هوای پلیستوسن در ایران مرکزی با دیگر نواحی خشک عهد حاضر و بدست آوردن گسترش کمربند آب و هوایی در طی پلیستوسن.

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

جدول ۲۲- فهرست حوضه‌های آبریز و مهم‌ترین پلایه‌های ایران و بعضی از مشخصات آنها (کرینسل، ۱۹۷۰)

نام حوضه آبریز	شماره پلایا	نام پلایا	انواع پلایای سطحی	نوع پلایا	مساحت پلایا (کیلومتر مربع)	مساحت یوسته نمکی (کیلومتر مربع)
قم	۱	اراک	sc	E	۱۴۳	۱۳۵
	۲	دریاچه حوض سلطان	wz, sc	D	۲۸۸	۶۸
	۳	قم	wz, sc	D	۲۷۲۵	۱۸۰۰
دامغان	۴	دامغان	cf, wz, sc	D	۲۳۹۱	۴۶۶
	۵	شرق دامغان	cf	A	۷۵	
کویر بزرگ	۶	سبزواری	cf	A	۲۱۰۳	۱۹۶۷۶
	۷	کویر بزرگ	cf, wz, sc	D	۵۲۸۲۵	
	۸	بردسکن	cf	A	۷۶۲	
	۹	سیاه کوه	cf, wz	B	۱۷۰	
۱۰	جنوب غرب	cf	A	۶۰		
بجستان	۱۱	بجستان			۴۶۸۵	۷۰۳
	۱۲	ترت	cf, wz, sc	D	۱۵۴۹	
	۱۳	قائن	cf	A	۴۸۶	
	۱۴	خواف	cf	A	۶۶۹	
	۱۵	یزدان	cf, sc	C	۶۶۹	
	۱۶	طبس	cf	A	۲۴۰	
	۱۷	زنوگان	cf, sc, il	F	۹۲۵	
	۱۸	سیروان	cf	A	۲۱۵	
	۱۹	چاهک	cf	A	۴۵۰	
لوت	۲۰	کاهک	cf	A	۱۱۰	۳۲۳
	۲۱	A	cf	A	۶۵	
	۲۲	B	cf	A	۷۵	
	۲۳	C	cf	A	۵۰	

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

	۲۴	D	cf	A	۱۵۰	۱۰۰
	۲۵	E	sc	E	۲۹۰	۳۷۵
	۲۶	F	sc	E	۱۰۰	۳۰
	۲۷	G	sc	E	۳۷۵	
	۲۸	H	cf	A	۳۰	
	۲۹	I	cf	A	۵۰۰	
	۳۰	J	cf	A	۲۰۰	
	۳۱	K	cf	A	۷۵	
	۳۲	L			۱۱۵	
سیستان	۳۳	هامون - هیرمند	cf, l, sw	G	۲۹۹۹	
	۳۴	غرب	cf	A	۳۵	
	۳۵	اسماعیل آباد	cf, wz, sc	D	۱۸۸	
	۳۶	خور جیناوار	cf, wz, il, l	G	۹۰	
	۳۷	چاه غائب	cf	A	۱۲۰	
	۳۸	خاش	cf	A	۱۴۵	
جازموریان	۳۹	جازموریان	wz, il, sw	F	۳۷۷۵	
یزد	۴۰	اردستان			۱۵۲۵	۴۲۵
	۴۱	گونوگو			۱۷۰	
	۴۲	شمال غرب	cf, sc	C	۲۸۰	
	۴۳	زرین	cf, wz	B	۳۰۰	
	۴۴	جنوب شرق	cf, wz	B	۱۱۵	۴۵
	۴۵	شمال شرقی	cf, sc	C	۱۲۵۰	۵۲۵
	۴۶	عقدا	cf, sc	C	۷۵۰	۳۰۰
	۴۷	بافق	cf	A	۱۷۵	
	۴۸	شمال بیاضه	cf	A	۲۲۵	
	۴۹	جنوب بیاضه			۲۰۰	
		کیوتر خان				

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

		ورزنه				
	۵۰	گاوخونی			۵۵۰	
	۵۱	(شمال غرب)	cf, il	F		
	۵۲	گاوخونی	sc	E	۳۰	۳۰
	۵۳	(جنوب شرق)	sc	E	۶۰	۶۰
اصفهان	۵۴	ابرقو	cf, wz, sc	D	۱۵۹۰	۱۰۱۵
	۵۵	میدان لاور	cf, sc	C	۱۰۰۰	۸۵
	۵۶	شمال غرب	sc	E	۲۵	۲۵
	۵۷	سیرجان	cf, sc	C	۱۶۲۵	۵۲۵
		سیرجان	cf	A	۴۰۰	
		ابراهیم آباد				
	۵۸	میدان گیل	cf, wz	B	۴۲۵	
زاگرس	۵۹	نیریز	cf, sc, il	F	۱۹۱۵	۷۴۷
	۶۰	شیراز	cf, sc, il	F	۲۵۷	۵۶

cf: کفه نمکی؛ WZ: زون مرطوب؛ SC: پوسته نمکی؛ il: دریاچه موقت؛ l: دریاچه؛ SW: مرداب

۱-۳-۲-۸ - معرفی مناطق شورابه ای و پلایه‌های مستعد کانه زایی ایران

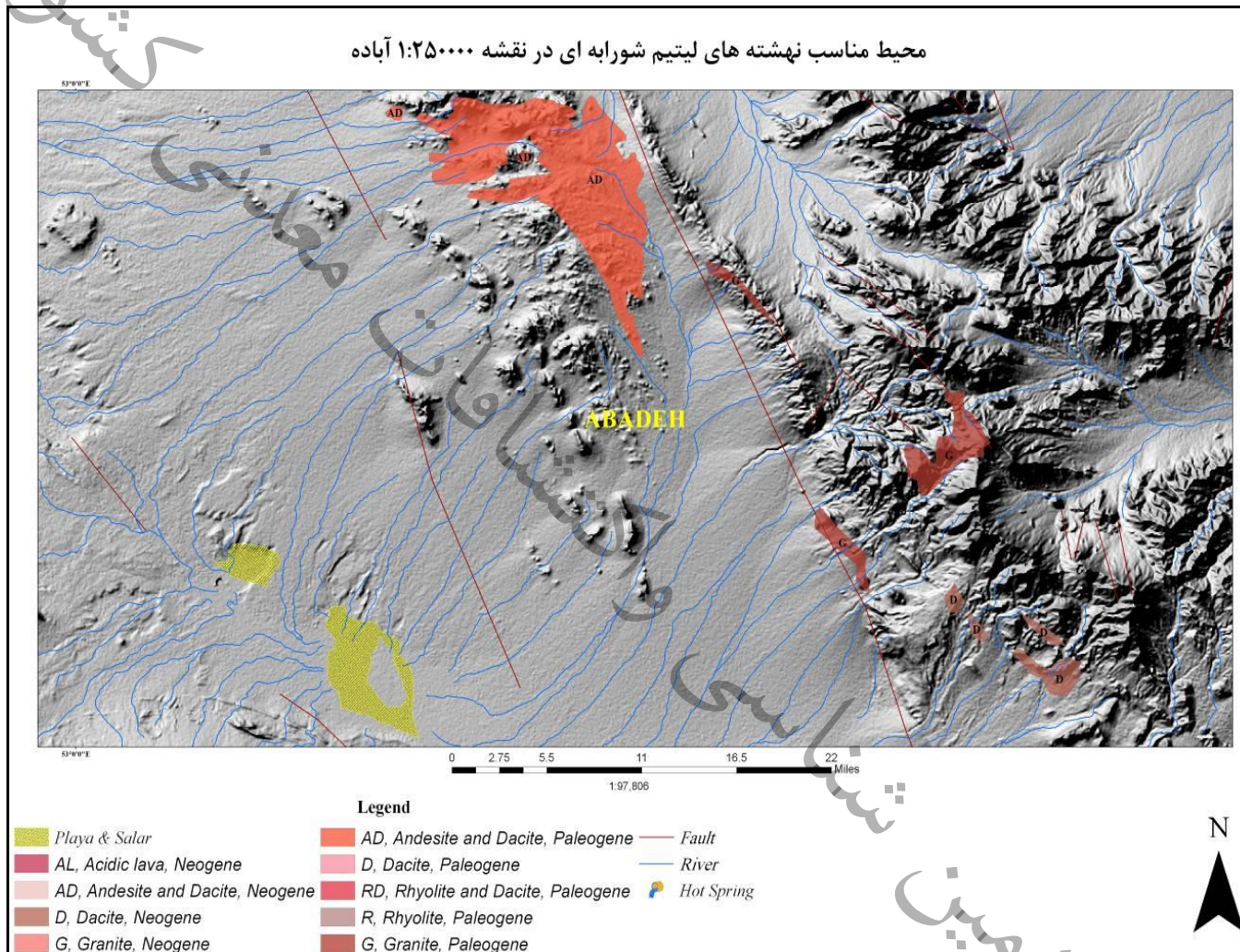
وسعت پلایه‌ها در ایران حدود ۴۵۷۷۰ کیلومتر مربع است که در این بین با توجه به شرایط مناسب زمین شناسی حدود ۲۳۷۷۸ کیلومتر مربع مناسب برای کانه زایی لیتیم متصور می‌باشد این محدوده‌های مناسب برای کانه زایی لیتیم نوع شورابه ای به در ادامه به تفکیک ذکر گردیده است.

۱-۳-۲-۹ - پلایه‌ها و شورابه‌های واقع در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ آباده

این منطقه در محدوده زون سنندج - سیرجان واقع شده است. در این محدوده کفه‌های نمکی توسط سنگهای آذرین پالئوژن با ترکیب آندزیت و داسیت در بالا دست و آبراهه‌هایی که از این سنگها عبور کرده

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

محیط مناسب نهشته‌های لیتیم شورا به ای در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ آباده



شکل ۵۵- موقعیت پلایاها و شورآبه‌های واقع در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ آباده

به درون مناطق پایین دست و حوضه های پلایایی می ریزند، تغذیه می شوند. گسله‌های موجود در این منطقه عموماً روند شمال غرب - جنوب شرق داشته و این حوضه پلایایی در بین این مناطق گسلی با روندی همسو با گسلها واقع شده است (شکل ۵۵).

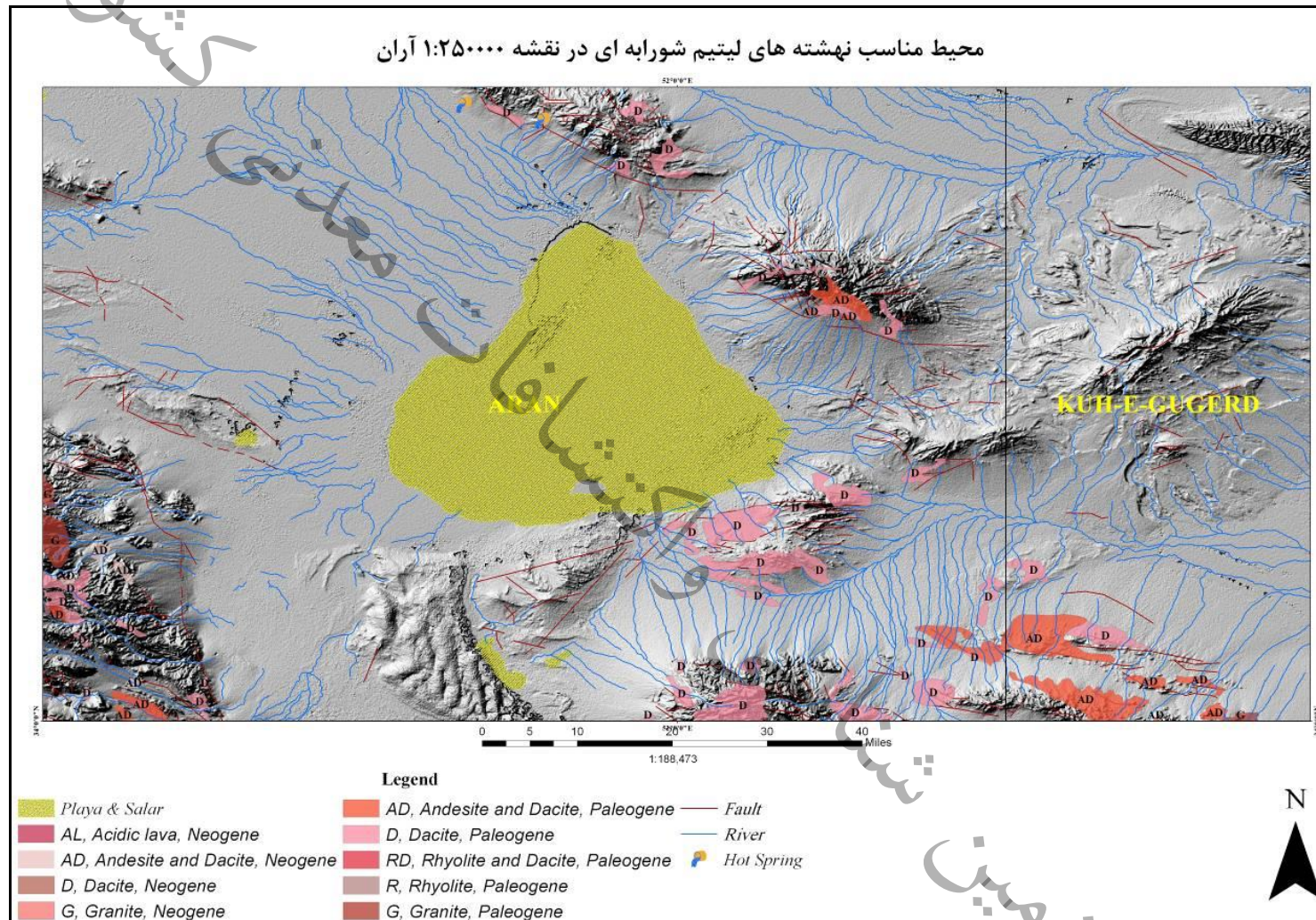
۱-۳-۲-۱۰ - پلایاها و شورابه های واقع در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ آران

این منطقه بخشی از زون ایران مرکزی می باشد. در این محدوده، دریاچه نمکی آران (قم) توسط سنگهای آذرین پالئوژن با ترکیب عمدتاً داسیت در بالا دست و آبراهه هایی که از این سنگها عبور کرده و به درون مناطق پایین دست و حوضه های پلایایی می ریزند، تغذیه می شوند. این دریاچه توسط گسله‌های فراوان محصور شده است (شکل ۵۶) این دریاچه به لحاظ وسعت حدود ۱۷۷۵ کیلومترمربع می باشد و یکی از بزرگترین دریاچه های نمک ایران است.

۱-۳-۲-۱۱ - پلایاها و شورابه های واقع در نقشه های ۱:۲۵۰۰۰۰ اقلید - انار

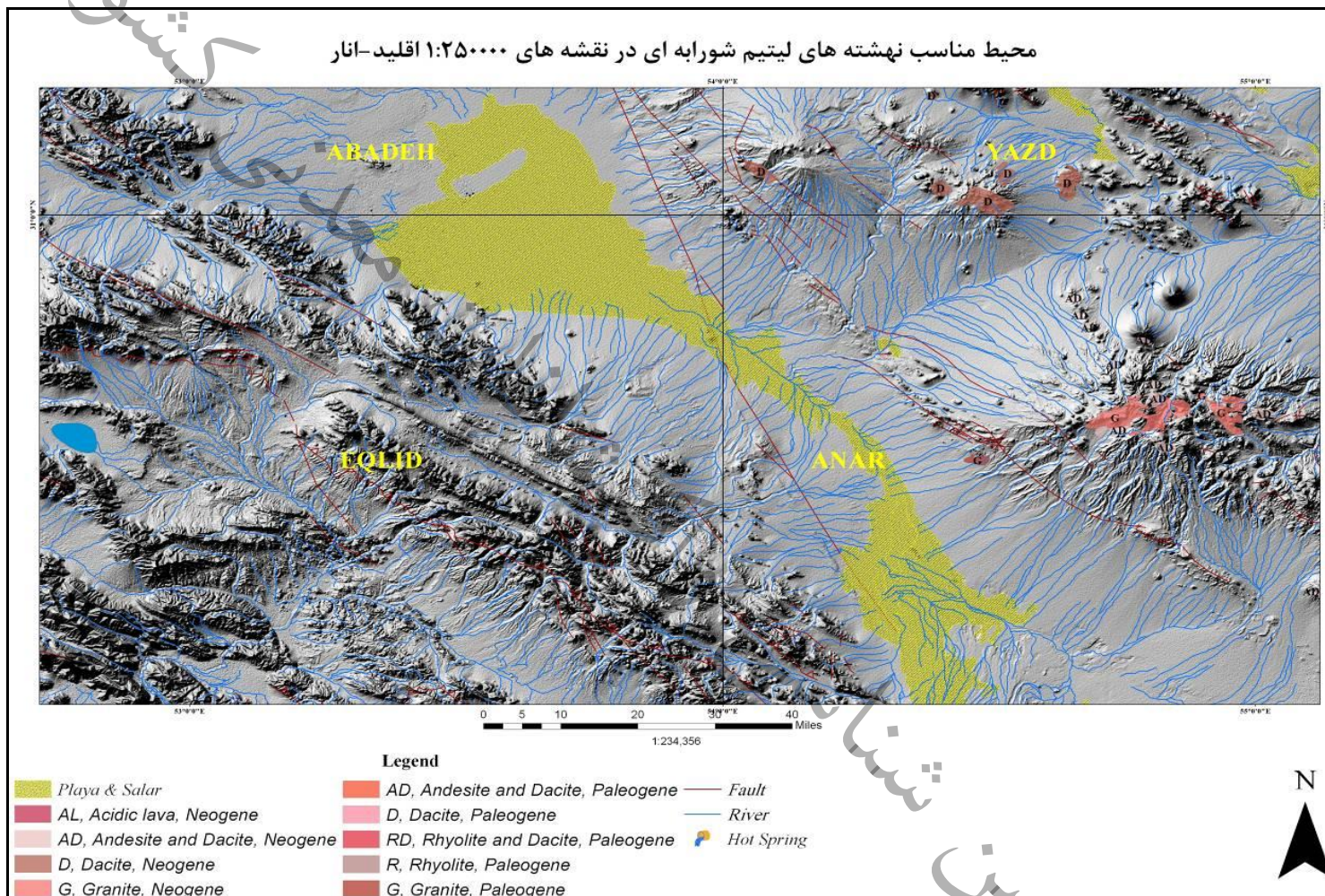
این منطقه در محدوده زون سسندج - سیرجان واقع شده است. در این محدوده دریاچه نمکی و حوضه پلایایی توسط سنگهای داسیتی با سن نئوژن و همچنین سنگهای آندزیتی - داسیتی با سن پالئوژن در قسمت شمالی این دریاچه و آبراهه هایی که از این سنگها عبور کرده و به درون مناطق پایین دست و حوضه های پلایایی می ریزند، تغذیه می شوند. گسله‌های موجود در این منطقه عموماً روند شمالغرب - جنوب شرق داشته و این حوضه پلایایی در بین این مناطق گسلی با روندی همسو با گسلها واقع شده است (شکل ۵۷).

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)



شکل ۵۶- موقعیت پلایاها و شورآبه‌های واقع در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ آرآن

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)



شکل ۵۷- موقعیت پلایاها و شورآبه‌های واقع در نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰۰ اقلید-انار

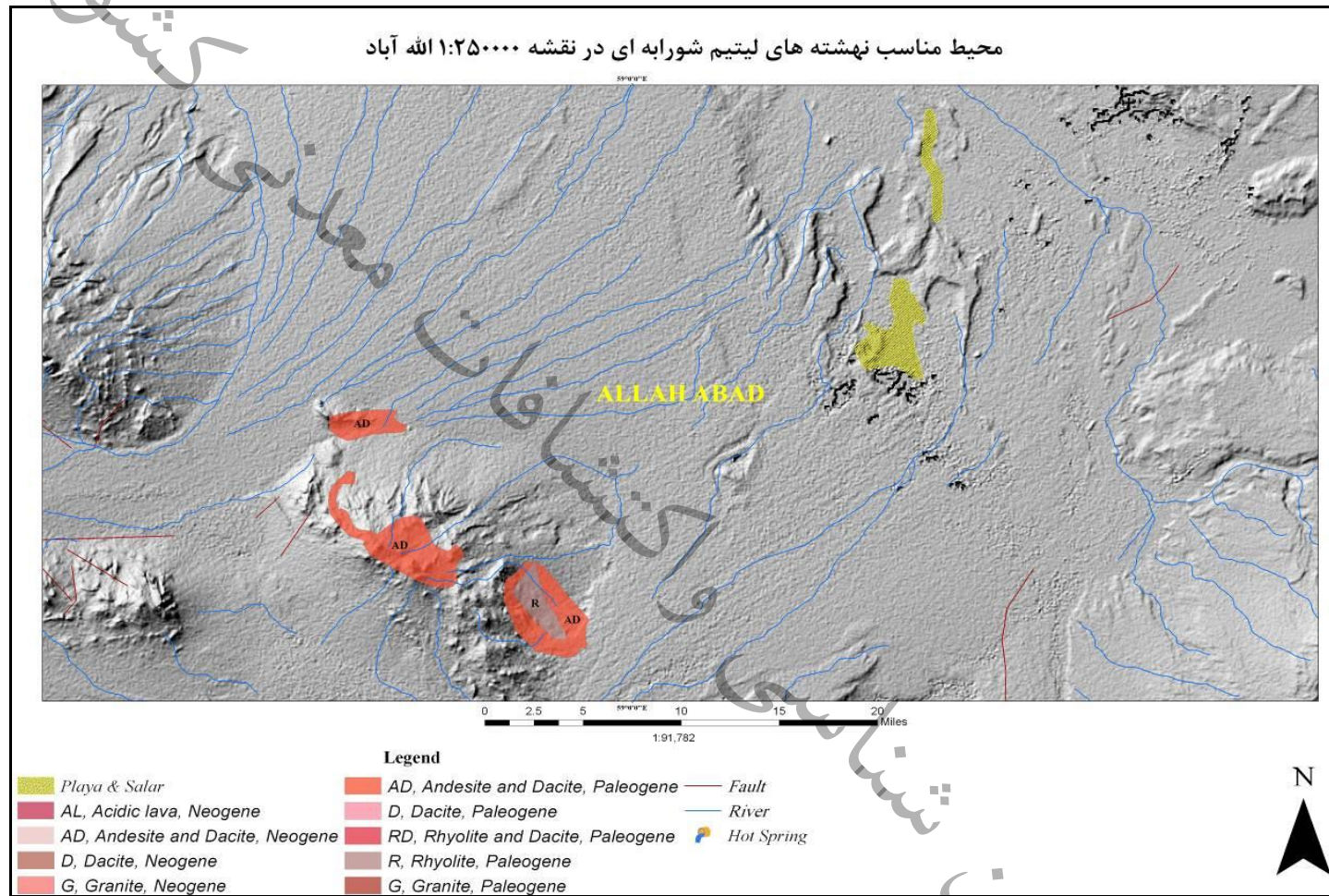
۱-۳-۲-۱۲ - پلایاها و شورابه های واقع در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ الله آباد

این منطقه در شرق زون ایران مرکزی واقع شده است. در این محدوده حوضه پلایایی توسط سنگهای آندزیت - داسیتی و ریولیتی با سن پالئوژن واقع در جنوبغرب این دریاچه و آبراهه هایی که از این سنگها عبور کرده و به درون مناطق پایین دست و حوضه های پلایایی می ریزند، تغذیه می شوند. گسلهای موجود در این منطقه عموماً روند شمالی - جنوبی و شرقی - غربی می باشند (شکل ۵۸).

۱-۳-۲-۱۳ - پلایاها و شورابه های واقع در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ انارک

این منطقه در زون ایران مرکزی واقع شده است. در این محدوده حوضه پلایایی عمدتاً توسط سنگهای داسیتی و کمتر آندزیت - داسیتی با سن پالئوژن واقع در شمال این دریاچه و آبراهه هایی که از این سنگها عبور کرده و به درون مناطق پایین دست و حوضه های پلایایی می ریزند، تغذیه می شوند. گسلهای موجود در این منطقه عموماً روند شرقی - غربی داشته و این حوضه نیز با همان روند شرقی - غربی در بین این گسلها کشیده شده است (شکل ۵۹).

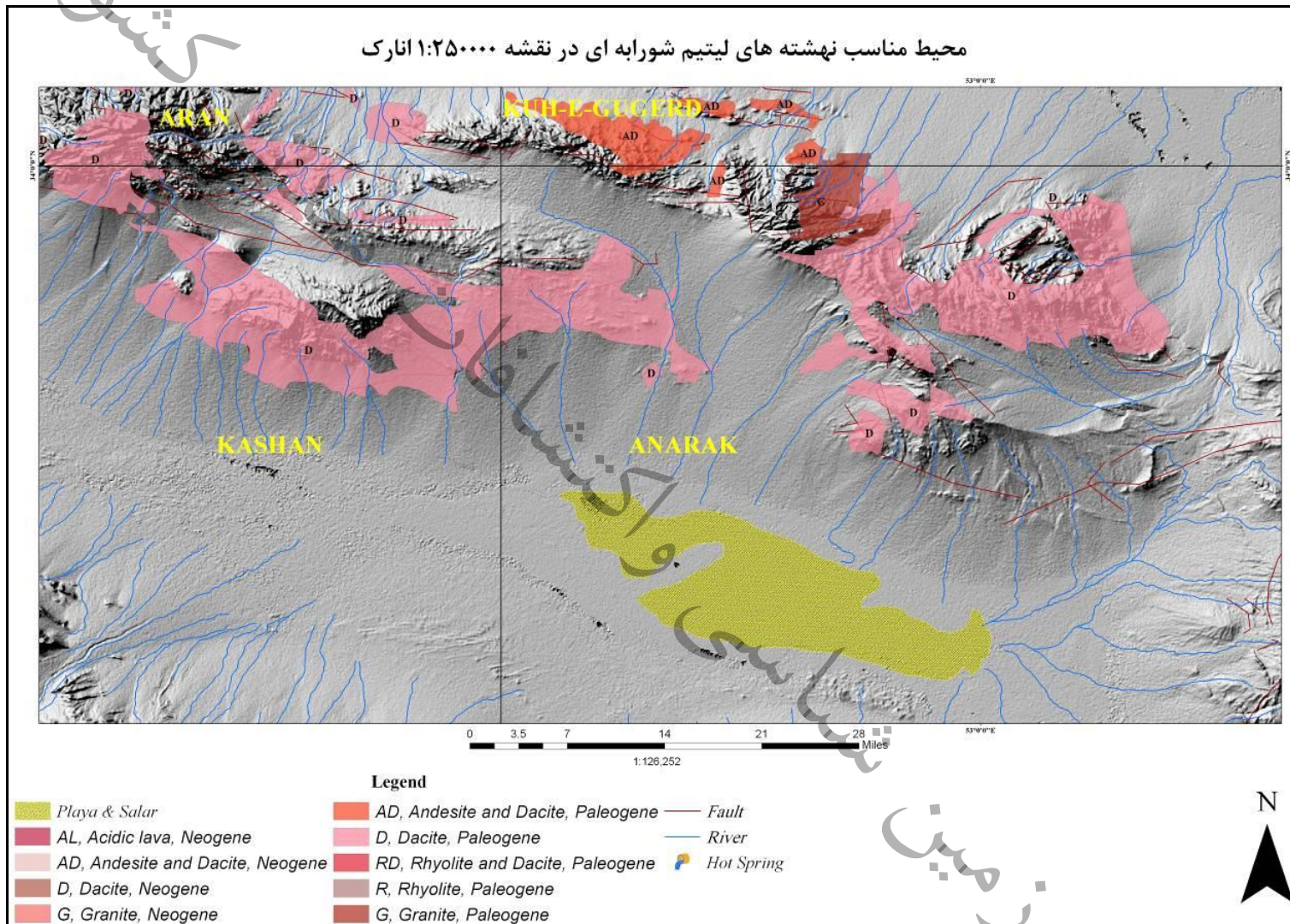
امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)



شکل ۵۸- موقعیت پلایاها و شورابه های واقع در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ الله آباد

سازمان زمین‌شناسی

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)



شکل ۵۹- موقعیت پلایاها و شورآبه های واقع در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ انارک

۱-۳-۲-۱۴ - پلایاها و شورابه های واقع در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ بیرجند

این منطقه در زون ایران مرکزی واقع شده است. در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ بیرجند سه منطقه پلایایی یکی در مرکز نقشه، دیگری در جنوب غرب و سومین در جنوب شرق نقشه دیده می شوند.

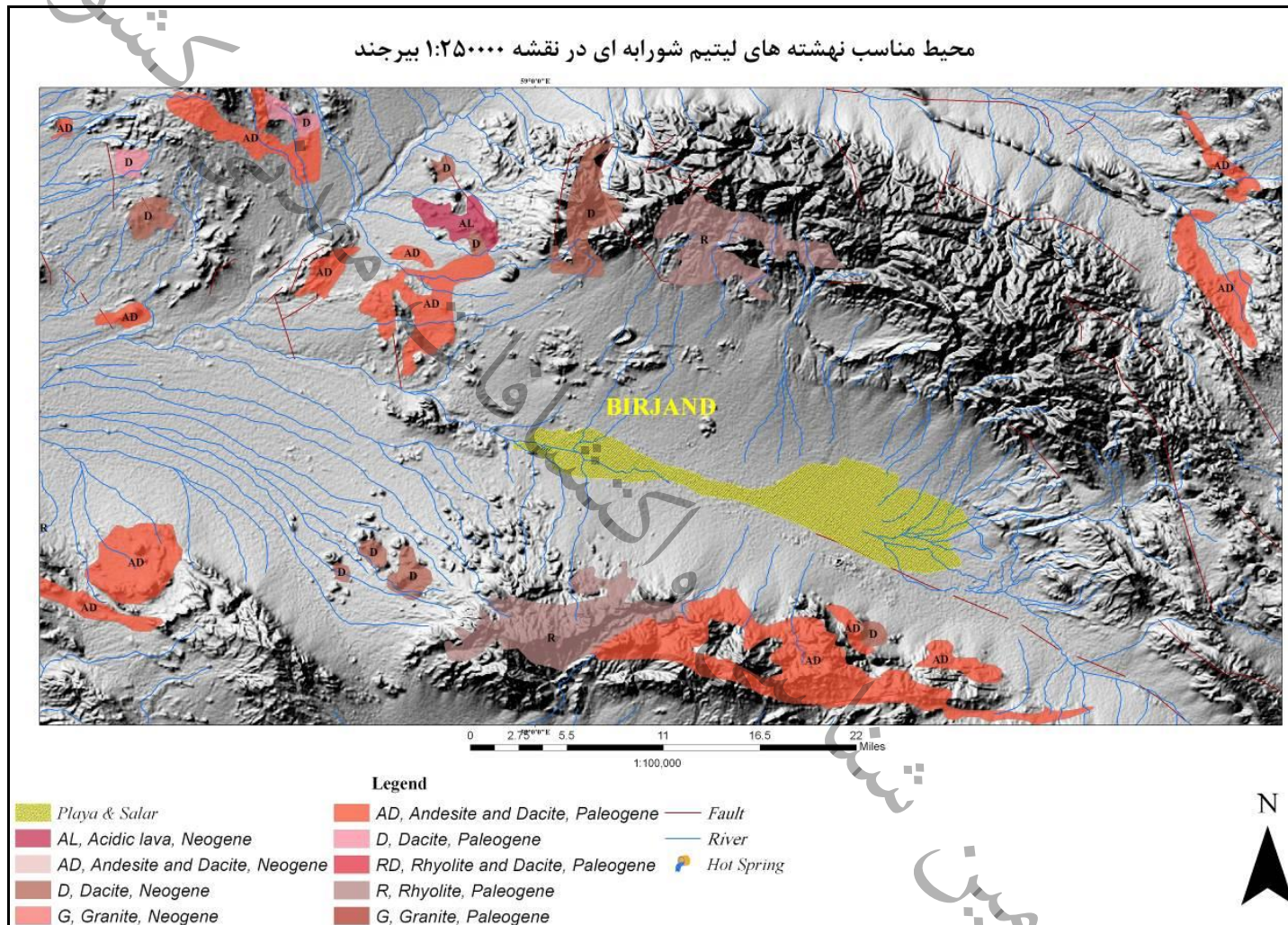
در منطقه پلایایی واقع در مرکز نقشه، عمدتاً سنگهای ریولیتی با سن پالئوژن در شمال و جنوب این پلایا دیده می شوند. همچنین سنگهای داسیتی نئوژن و آندزیت - داسیتی پالئوژن نیز در شمال و جنوب این پلایا دیده می شوند که به عنوان سنگهای تغذیه کننده این پلایا از طریق حوضه های آبریز به این محدوده می باشند. گسلهای موجود در این منطقه عموماً روند شمال غربی - جنوب شرقی داشته و این حوضه نیز با همان روند شمال غربی - جنوب شرقی در بین این گسلها کشیده شده است (شکل ۶۰).

در منطقه پلایایی واقع در جنوب غرب نقشه، عمدتاً سنگهای ریولیتی با سن پالئوژن در شمالغرب و سنگهای آندزیت - داسیتی پالئوژن شمال این پلایا دیده می شوند که به عنوان سنگهای تغذیه کننده این پلایا از طریق حوضه های آبریز به این محدوده می باشند. گسلهای موجود در این منطقه عموماً روند شمال غربی - جنوب شرقی دارند (شکل ۶۱).

در منطقه پلایایی واقع در جنوب شرق نقشه، سنگهای آندزیت و داسیتی پالئوژن در غرب این پلایا به عنوان سنگهای تغذیه کننده این حوضه از طریق سیستم آبراه های دیده می شوند. گسلهای موجود در این منطقه عموماً روند شمال غربی - جنوب شرقی دارند (شکل ۶۲).

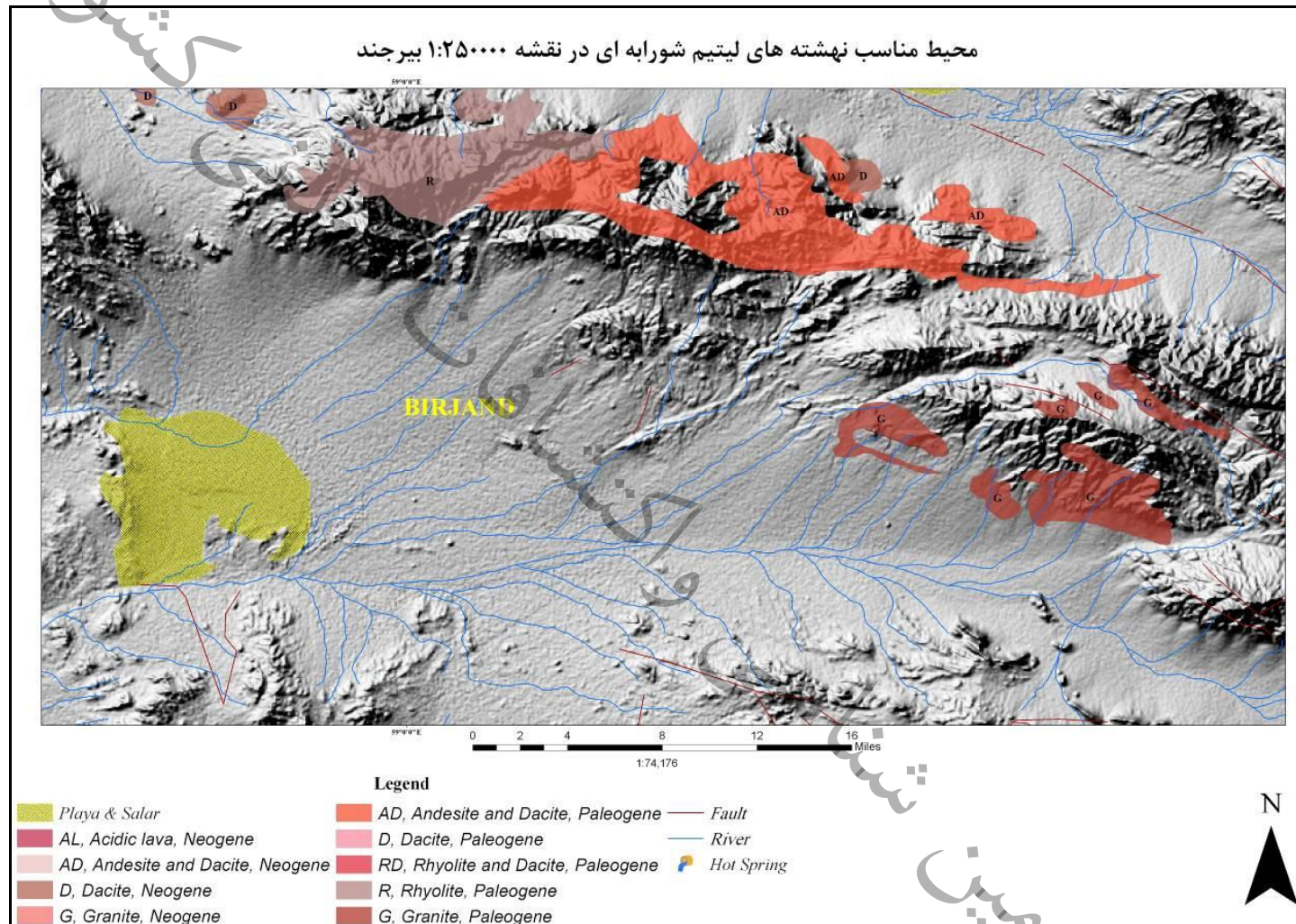
امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

محیط مناسب نهشته‌های لیتیم شورابه ای در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ بیرجند



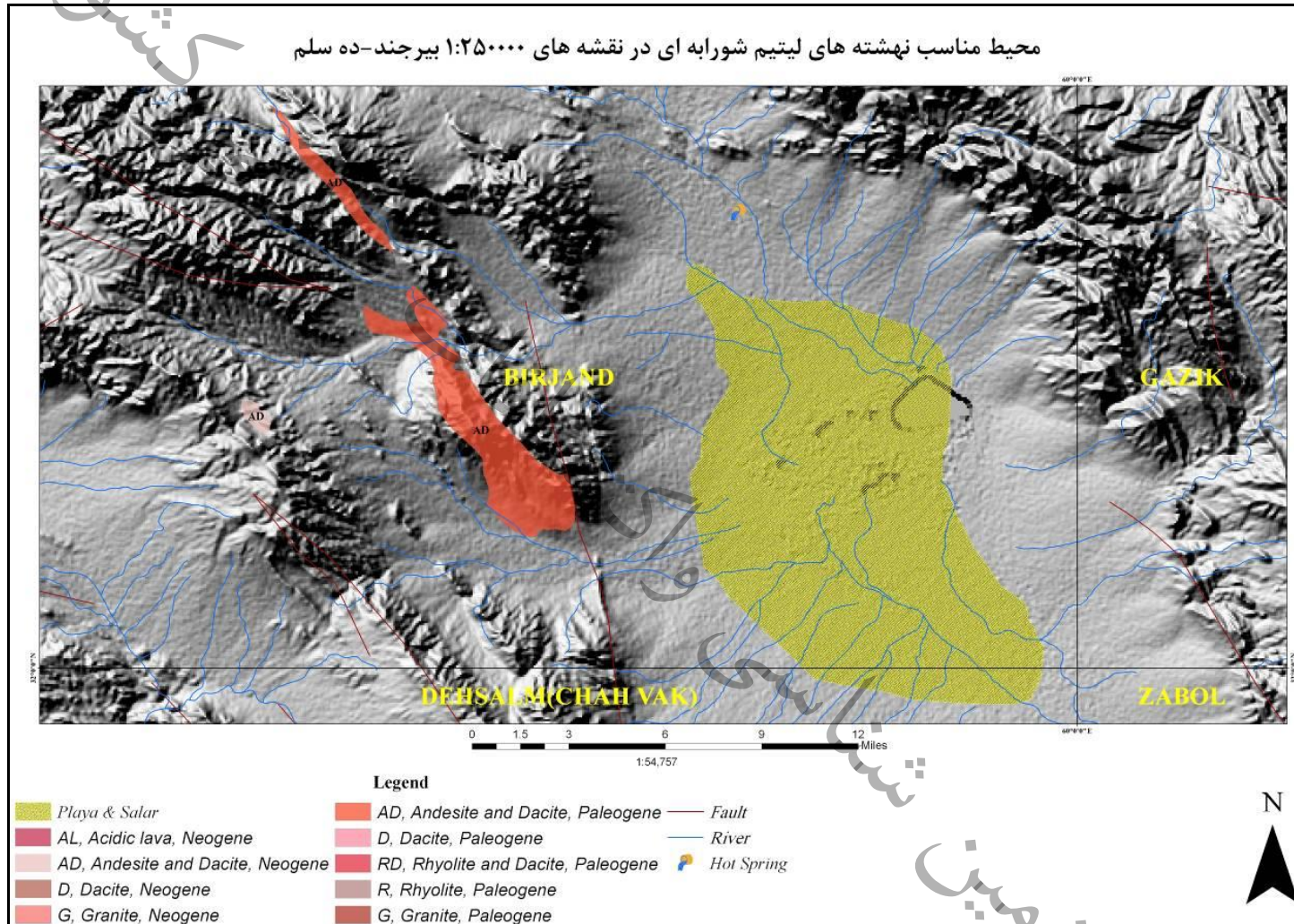
شکل ۶۰- موقعیت پلایاها و شورآبه‌های واقع در مرکز نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ بیرجند

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)



شکل ۶۱- موقعیت پلایاها و شورابه های واقع در جنوبغرب نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ بیرجند

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)



شکل ۶۲- موقعیت پلایاها و شورآبه‌های واقع در جنوب شرق نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ بیرجند

۱-۳-۲-۱۵ - پلایاها و شورابه های واقع در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ تبریز

این منطقه در زون البرز واقع شده است. در این محدوده حوضه پلایایی عمدتاً توسط سنگهای داسیتی پالئوژن و سنگهای آذرین اسیدی نئوژن در شرق و جنوب شرق توسط رودخانه ها و سیستم آبراهه ای حوضه تغذیه می شوند. این حوضه پلایایی توسط گسلهای موجود در این منطقه محصور گردیده اند. شایان ذکر است که در این منطقه چشمه های آب گرم دیده می شوند که نقش تغذیه کننده این پلایا را بازی می کنند (شکل ۶۳).

۱-۳-۲-۱۶ - دریاچه ارومیه واقع در نقشه های ۱:۲۵۰۰۰۰ تبریز - ارومیه

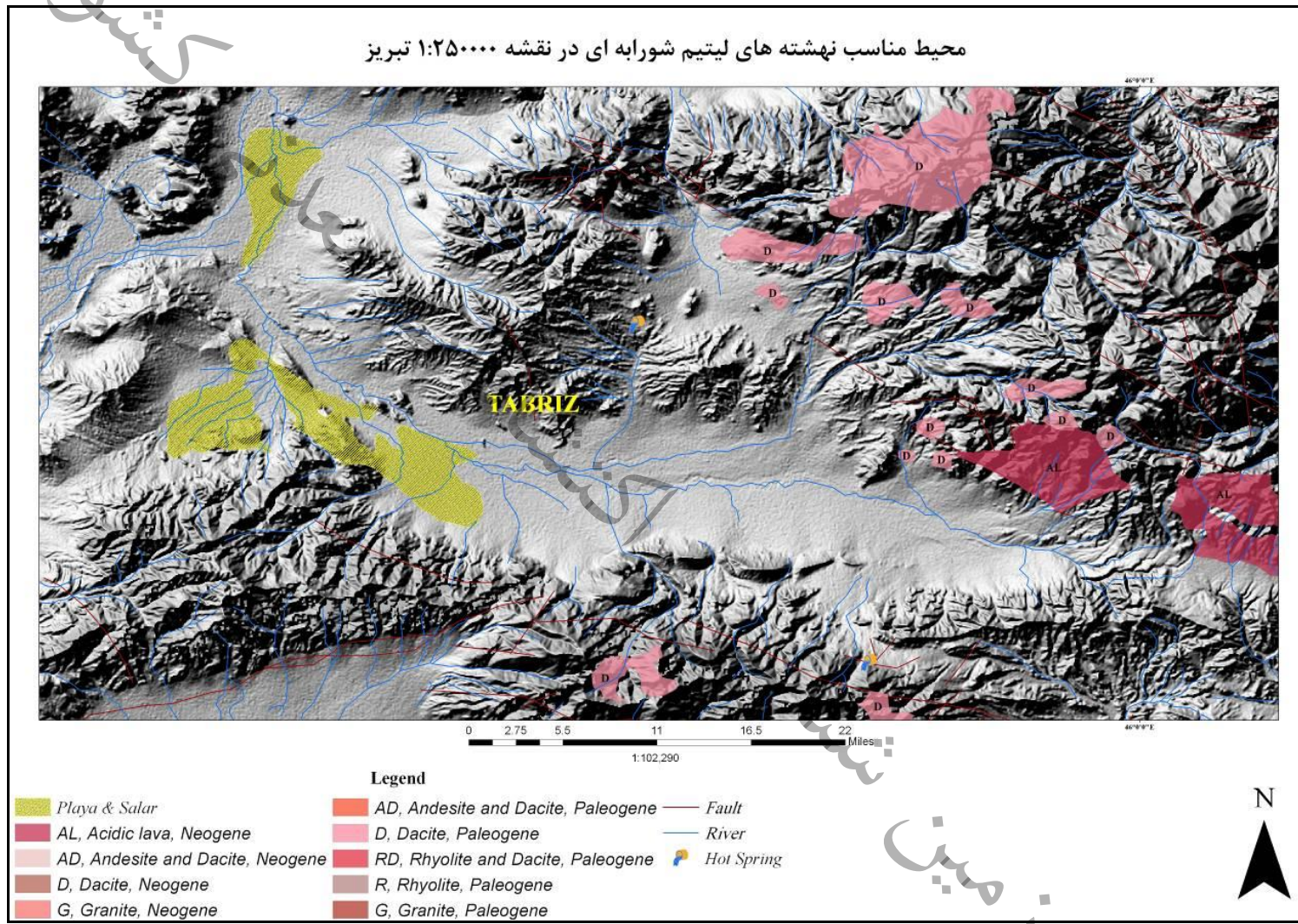
دریاچه ارومیه بزرگترین دریاچه آب شور ایران بوده که در زون البرز واقع شده است. این دریاچه و حوضه پلایایی اطراف آن در قسمت غربی خود از سنگهای داسیتی با سن پالئوژن و نئوژن واقع در کوه سبلان توسط سیستم آبراهه ای و رودخانه ای تغذیه می گردد. این دریاچه توسط گسلهای موجود در این منطقه محصور گردیده و چشمه های آب گرم فراوانی در اطراف این دریاچه وجود دارد که مسئول بخشی از تغذیه این دریاچه می باشند. (شکل ۶۴).

۱-۳-۲-۱۷ - پلایاها و شورابه های واقع در نقشه های ۱:۲۵۰۰۰۰ جاجرم - سبزوار

این منطقه در زون البرز شرقی واقع شده است. در این محدوده حوضه پلایایی در بخش شمالی عمدتاً توسط سنگهای داسیتی پالئوژن و نئوژن توسط سیستم آبراهه ای حوضه تغذیه می شوند. گسلهای اصلی در این منطقه روند شمال غرب - جنوب شرق داشته و این حوضه پلایایی توسط گسلهای موجود در منطقه محصور گردیده اند (شکل ۶۵).

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

محیط مناسب نهشته های لیتیم شورابه ای در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ تبریز



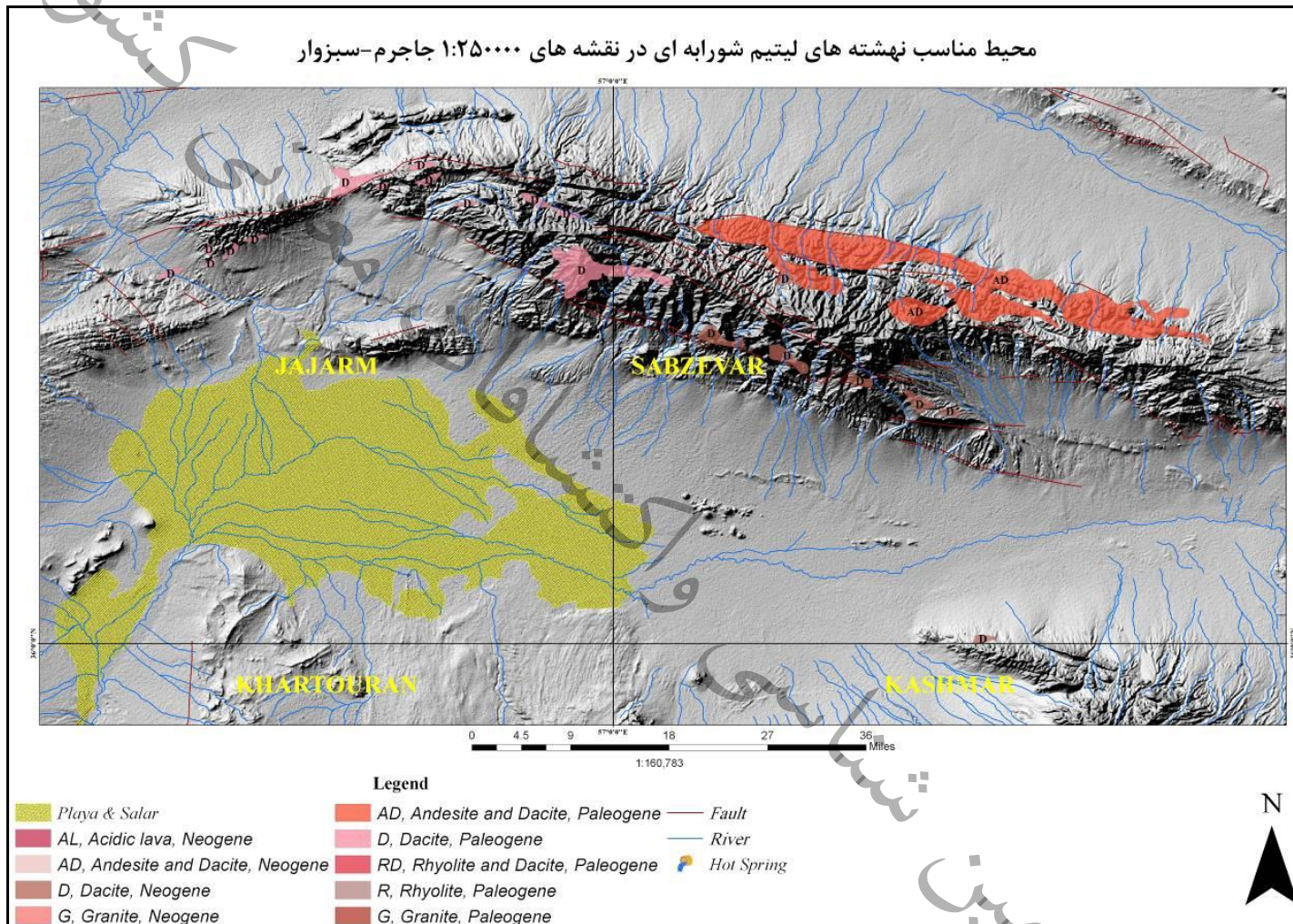
شکل ۶۳- موقعیت پلایاها و شورآبه های واقع در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ تبریز

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)



شکل ۶۴- دریاچه ارومیه واقع در نقشه های ۱:۲۵۰۰۰۰ تبریز-ارومیه

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)



شکل ۶۵- موقعیت پلایاها و شورابه‌های واقع در نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰۰ جاجرم-سبزوار

۱-۳-۲-۱۸ - پلایاها و شورابه های واقع در نقشه های ۱:۲۵۰۰۰۰ جندق - طرود - خارتوران

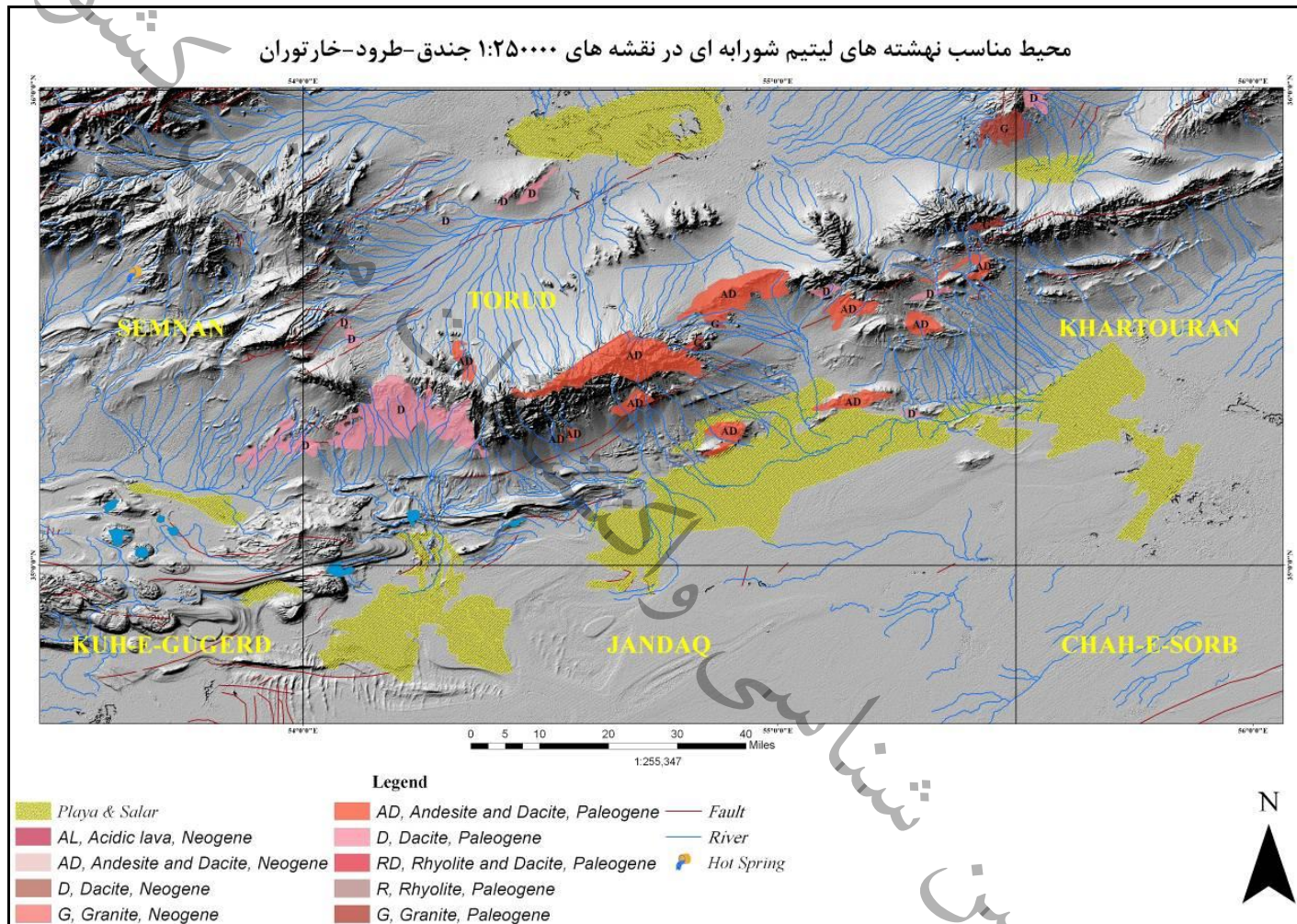
این منطقه در دو زون البرز و ایران مرکزی واقع شده است. در این محدوده حوضه پلایایی عمدتاً توسط سنگهای آندزیت - داسیت و داسیتی پالئوژن در بالا دست از طریق سیستم آبراهه ای حوضه، تغذیه می شوند. گسلهای اصلی در این منطقه روند شمال شرق - جنوب غرب تا شرقی - غربی می باشند که این حوضه های پلایایی توسط این گسلهای موجود در منطقه محصور گردیده اند. لازم به ذکر است که در این محدوده بیرون زدگی های نسبتاً زیادی از دیابیرهای نمکی دیده می شود که به وسیله حوضه های آبریز بخشی از پلایاهای منطقه را تغذیه می کنند (شکل ۶۶).

۱-۳-۲-۱۹ - پلایاها و شورابه های واقع در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ خور

این منطقه در زون ایران مرکزی واقع شده است. در این نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ چندین محدوده پلایایی دیده می شود که در قسمت‌های جنوبی، شمال غرب و شرق و شمال شرق دیده می شوند. در محدوده جنوبی این نقشه، حوضه پلایایی عمدتاً توسط سنگهای آندزیت - داسیت پالئوژن در بلندی های شمالی بالا دست از طریق سیستم آبراهه ای حوضه، تغذیه می شوند. گسلهای اصلی در این منطقه روند شرقی - غربی و شمالی - جنوبی داشته که این حوضه پلایایی را محصور نموده اند (شکل ۶۷).

در محدوده شمال غرب این نقشه و در فصل مشترک با نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ انارک، حوضه پلایایی عمدتاً توسط سنگهای آندزیت - داسیت پالئوژن در بلندی های شمالی بالا دست از طریق سیستم آبراهه ای حوضه، تغذیه می شوند. گسلهای اصلی در این منطقه روند شمال شرقی - جنوب غربی و شمالی - جنوبی داشته که این حوضه پلایایی را محصور نموده اند (شکل ۶۸).

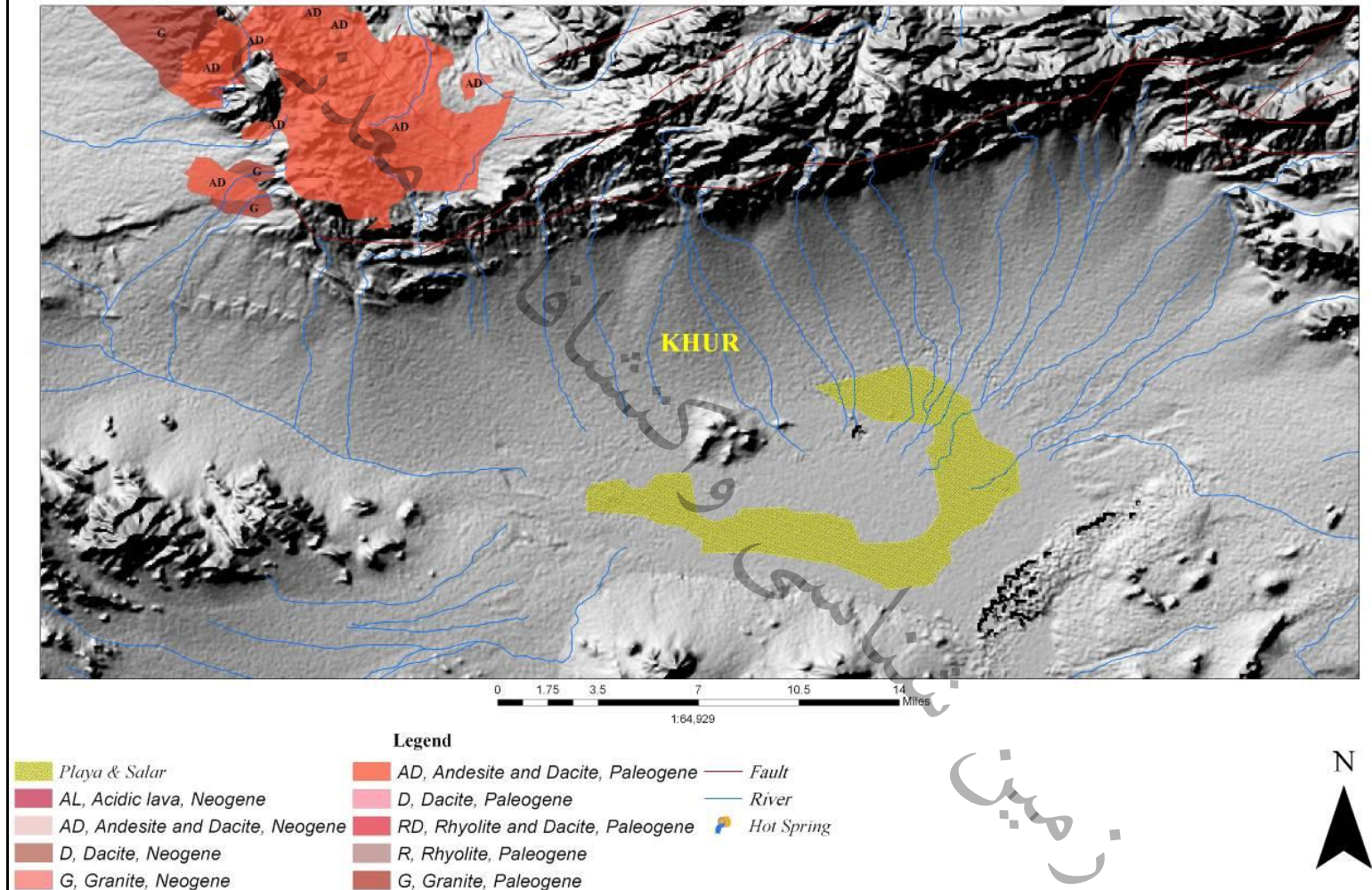
امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)



شکل ۶۶- موقعیت پلایاها و شورآبه های واقع در نقشه های ۱:۲۵۰۰۰۰ جندق - طرود - خارتوران

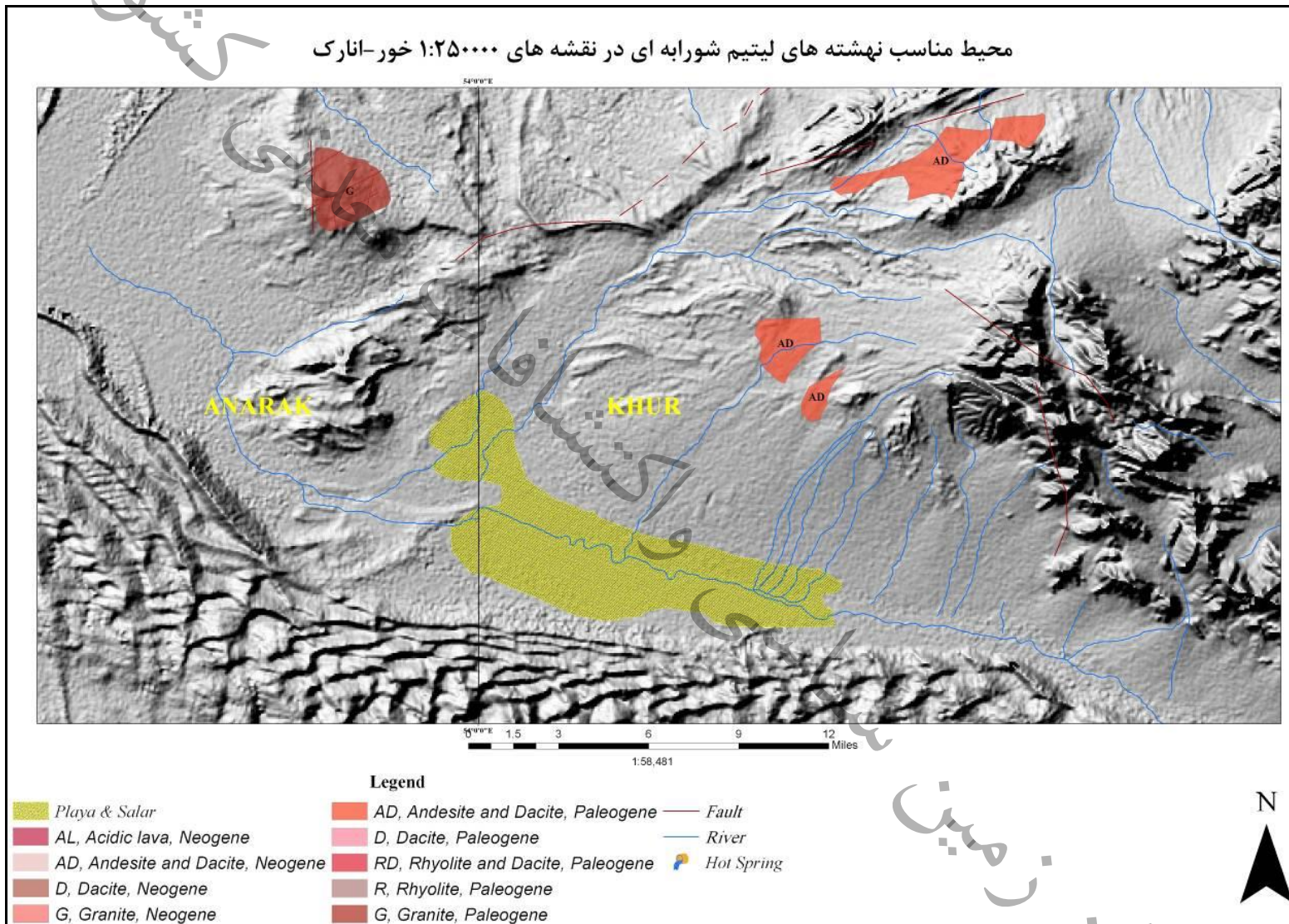
امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

محیط مناسب نهشته های لیتیم شورابه ای در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ خور



شکل ۶۷- موقعیت پلایا و شورابه های واقع در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ خور

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)



شکل ۶۸- موقعیت پلایا و شورابه های واقع در نقشه های ۱:۲۵۰۰۰۰ خور-انارک

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

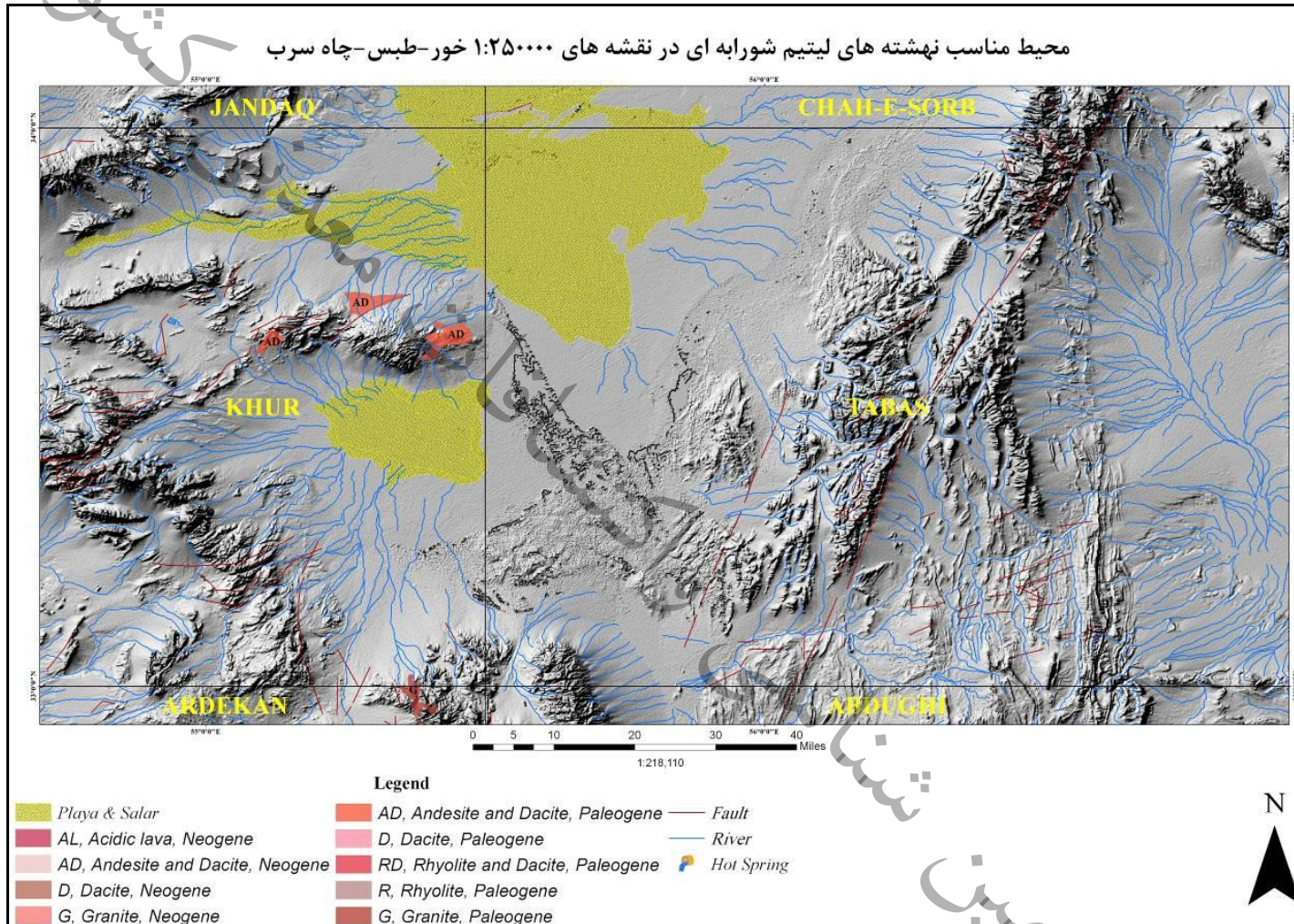
در محدوده شمال شرق و شرق این نقشه و در فصل مشترک با نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ طبس در شرق و نقشه های ۱:۲۵۰۰۰۰ جندق و چاه سرب در شمال و شمال شرق، حوضه های پلایایی عمدتاً توسط سنگهای آندزیت - داسیت پالئوژن در بالا دست از طریق سیستم آبراهه ای حوضه، تغذیه می شوند. گسلهای اصلی در این منطقه روند شمال شرقی - جنوب غربی و شمالی - جنوبی داشته که این حوضه پلایایی را محصور نموده اند (شکل ۶۹).

۱-۳-۲-۲۰ - پلایاها و شورابه های واقع در نقشه های ۱:۲۵۰۰۰۰ دریاچه هامون

این منطقه در زون مکران واقع شده است. در این نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ دو محدوده پلایایی دیده می شود که در قسمتهای جنوب غربی و مرکز این نقشه واقع شده اند. در محدوده جنوب غرب این نقشه، حوضه پلایایی عمدتاً توسط سنگهای گرانیتی پالئوژن در بلندی های غربی بالا دست از طریق سیستم آبراهه ای حوضه، تغذیه می شوند. گسلهای اصلی در این منطقه روند شمالی - جنوبی داشته که این حوضه پلایایی را محصور نموده اند (شکل ۷۰).

در قسمت مرکزی این نقشه، حوضه پلایایی عمدتاً توسط سنگهای ریولیت - داسیت پالئوژن در بلندی های غربی بالا دست از طریق سیستم آبراهه ای حوضه، تغذیه می شوند. گسلهای اصلی در این منطقه نیز روندهای شمالی - جنوبی و شمال غرب - جنوب شرقی دارند که این حوضه پلایایی را محصور نموده اند (شکل ۷۰).

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

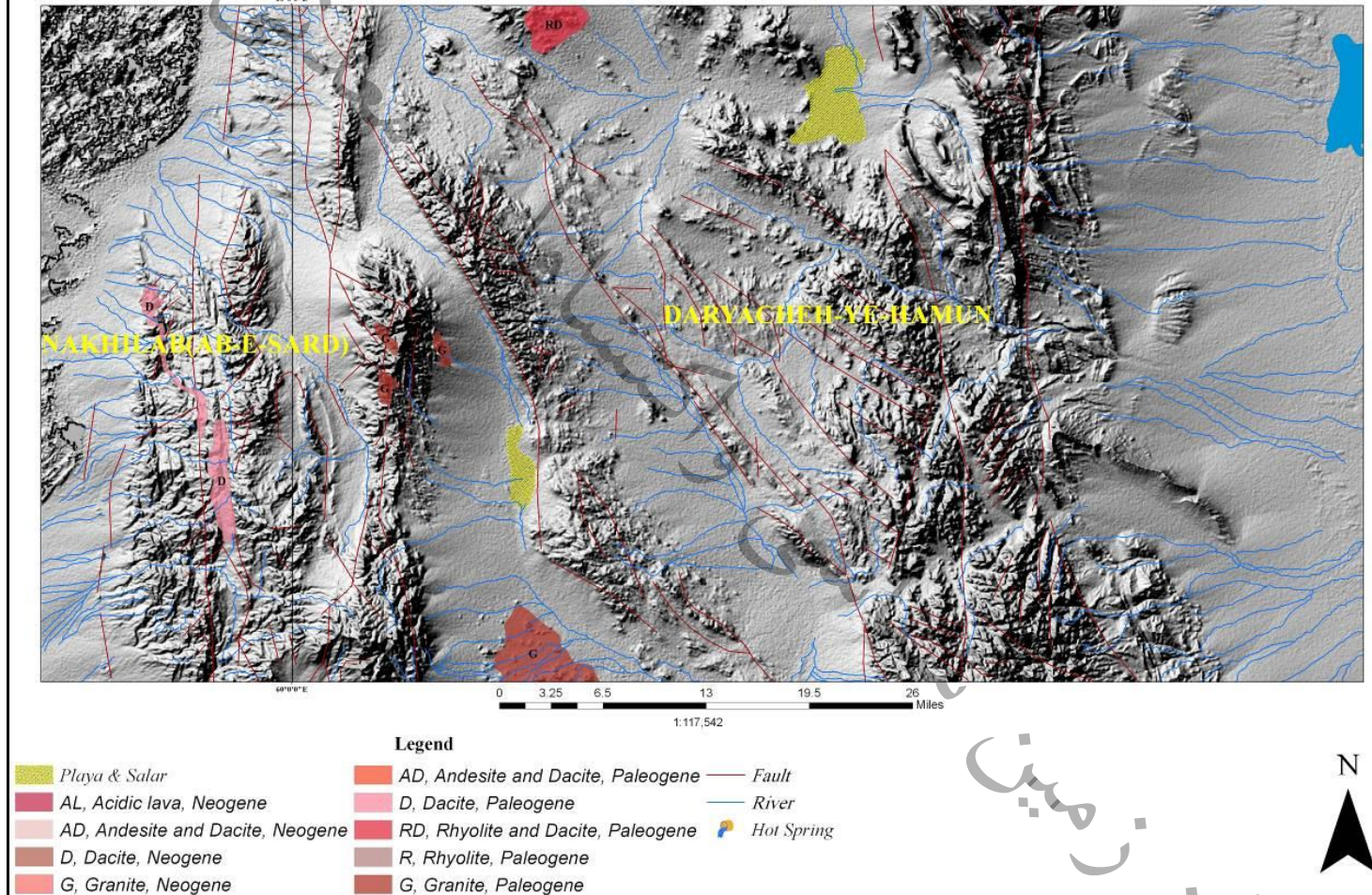


شکل ۶۹- موقعیت پلایا و شورابه‌های واقع در نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰۰ خور-طیس-چاه سرب

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

اکتشاف

محیط مناسب نهشته های لیتیم شورابه ای در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ دریاچه هامون



شکل ۷۰- موقعیت پلایاها و شورابه های واقع در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ دریاچه هامون

سازمان زمین‌شناسی

۱-۳-۲۱- پلایاها و شورابه های واقع در نقشه های ۱:۲۵۰۰۰۰ ده سلم - نخیل آب

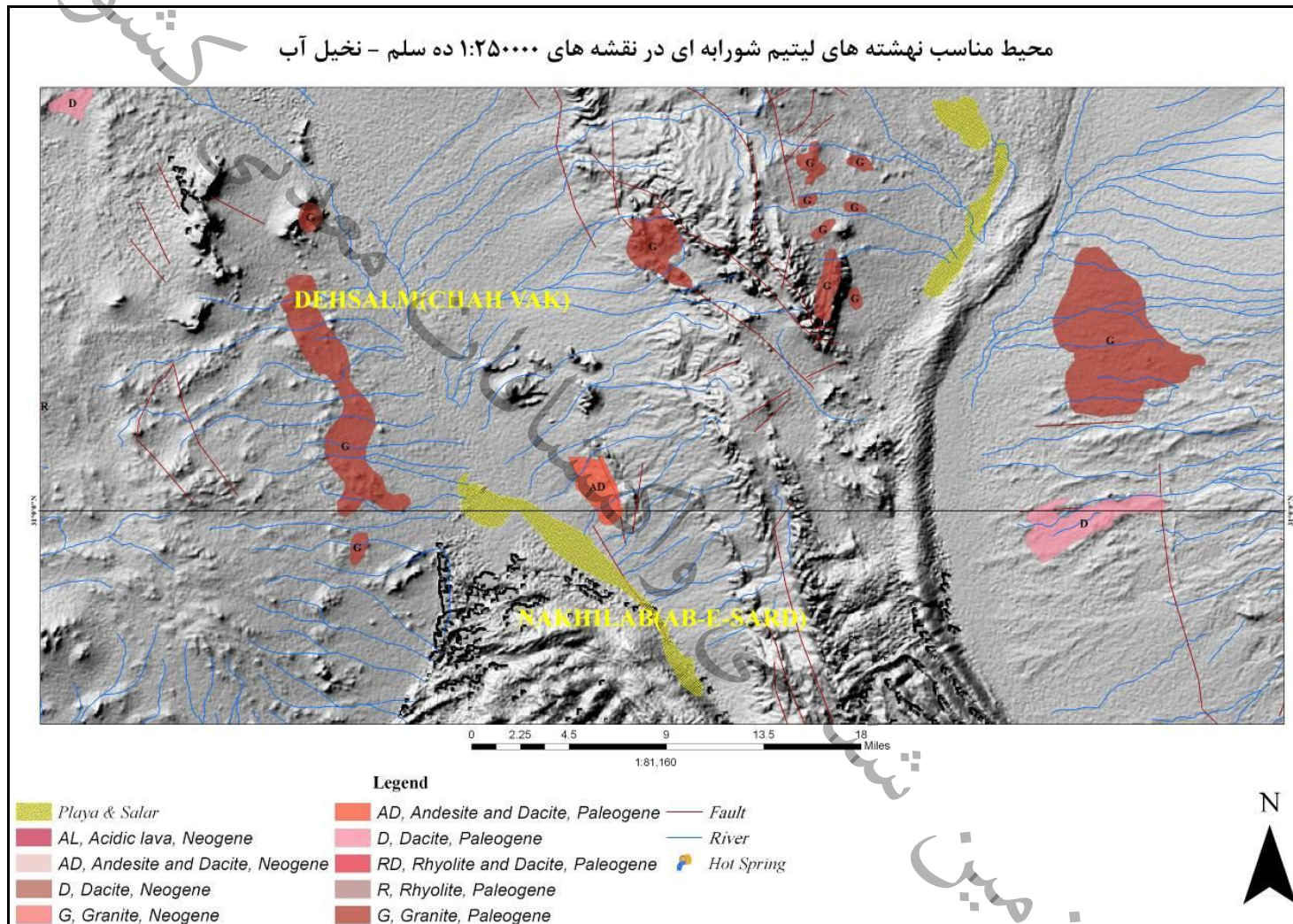
این منطقه در زون ایران مرکزی واقع شده است. در این محدوده حوضه پلایایی عمدتاً توسط سنگهای آندزیت - داسیت و داسیتی پالئوژن در بالا دست از طریق سیستم آبراهه ای حوضه، تغذیه می شوند. گسلهای اصلی در این منطقه روند شمالی- جنوبی می باشند که این حوضه های پلایایی توسط این گسلهای موجود در منطقه محصور گردیده اند (شکل ۷۱).

همچنین در قسمت جنوبی نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ ده سلم پلایاهایی دیده می شود که توسط سنگهای گرانیتی پالئوژن محصور شده اند و از طریق سیستم آبراهه های این حوضه تغذیه می گردند که در شکل ۷۱ قابل رویت می باشد.

۱-۳-۲۲- پلایاها و شورابه های واقع در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ زابل

این منطقه در زون مکران واقع شده است. در این محدوده یک حوضه پلایایی و شورابه ای مهم دیده می شود که توسط سنگهای ریولیت - داسیتی پالئوژن در بالا دست از طریق سیستم آبراهه ای حوضه، تغذیه می شود. گسلهای اصلی در این منطقه روند شمالی- جنوبی و شمال غرب - جنوب شرق داشته که این حوضه های پلایایی توسط این گسلها محصور گردیده اند (شکل ۷۲).

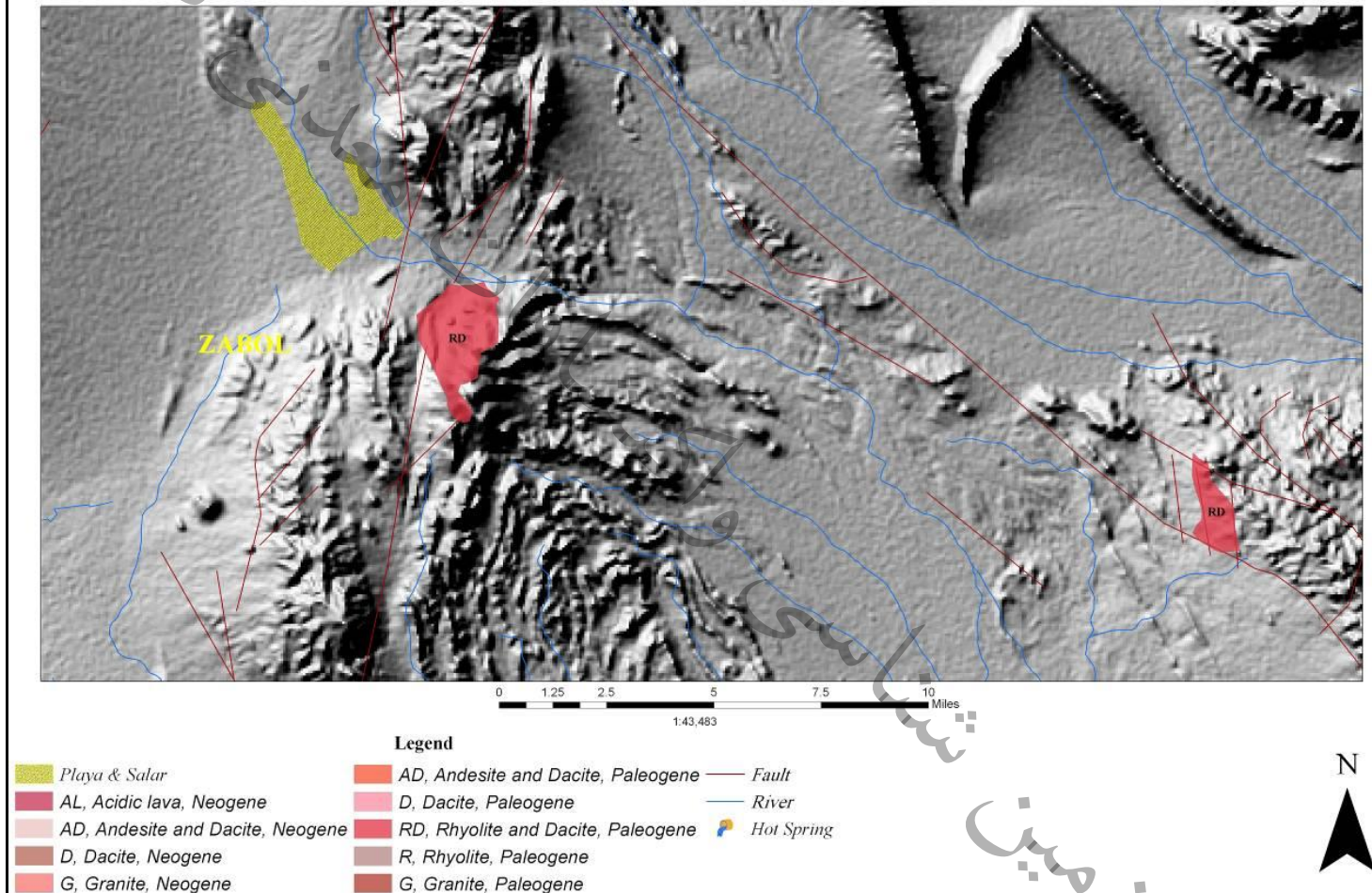
امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)



شکل ۷۱- موقعیت پلایاها و شورابه‌های واقع در نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰۰ ده سلم - نخیل آب

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

محیط مناسب نهشته های لیتیم شورابه ای در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ زابل



شکل ۷۲- موقعیت پلایاها و شورآبه واقع در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ زابل

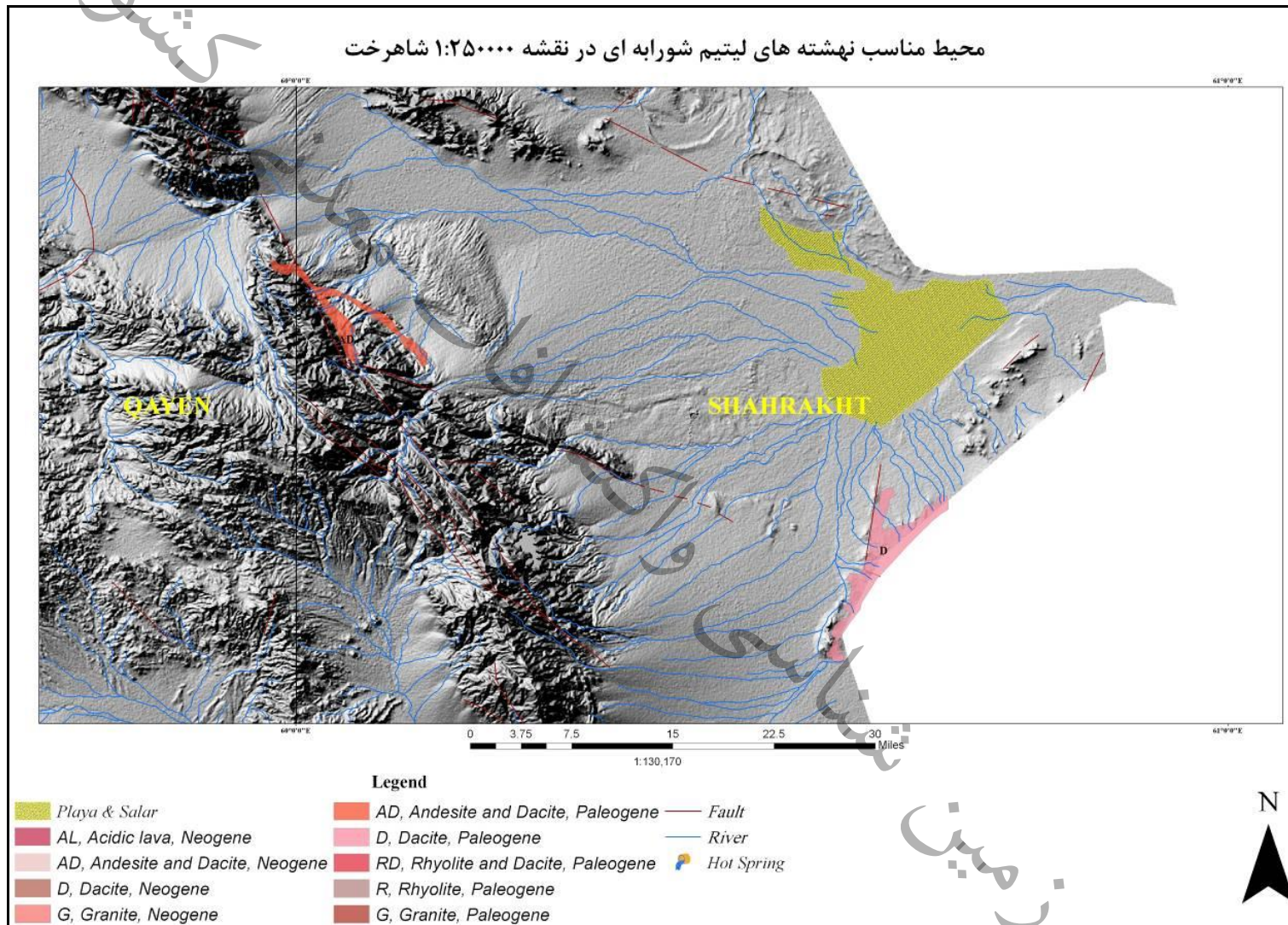
۱-۳-۲-۲۳ - پلایاها و شورابه های واقع در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ شاهرخت

این منطقه در زون ایران مرکزی واقع شده است. در این محدوده یک حوضه پلایایی و شورآبه ای مهم دیده می شود که توسط سنگهای آندزیت - داسیتی پالئوژن در غرب و سنگهای داسیتی در جنوب از طریق سیستم آبراهه ای حوضه، تغذیه می شود. گسلهای اصلی در این منطقه روند شمال غرب- جنوب شرق دارند که این حوضه های پلایایی توسط این گسلها محصور گردیده است (شکل ۷۳).

۱-۳-۲-۲۴ - پلایاها و شورابه های واقع در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ فردوس

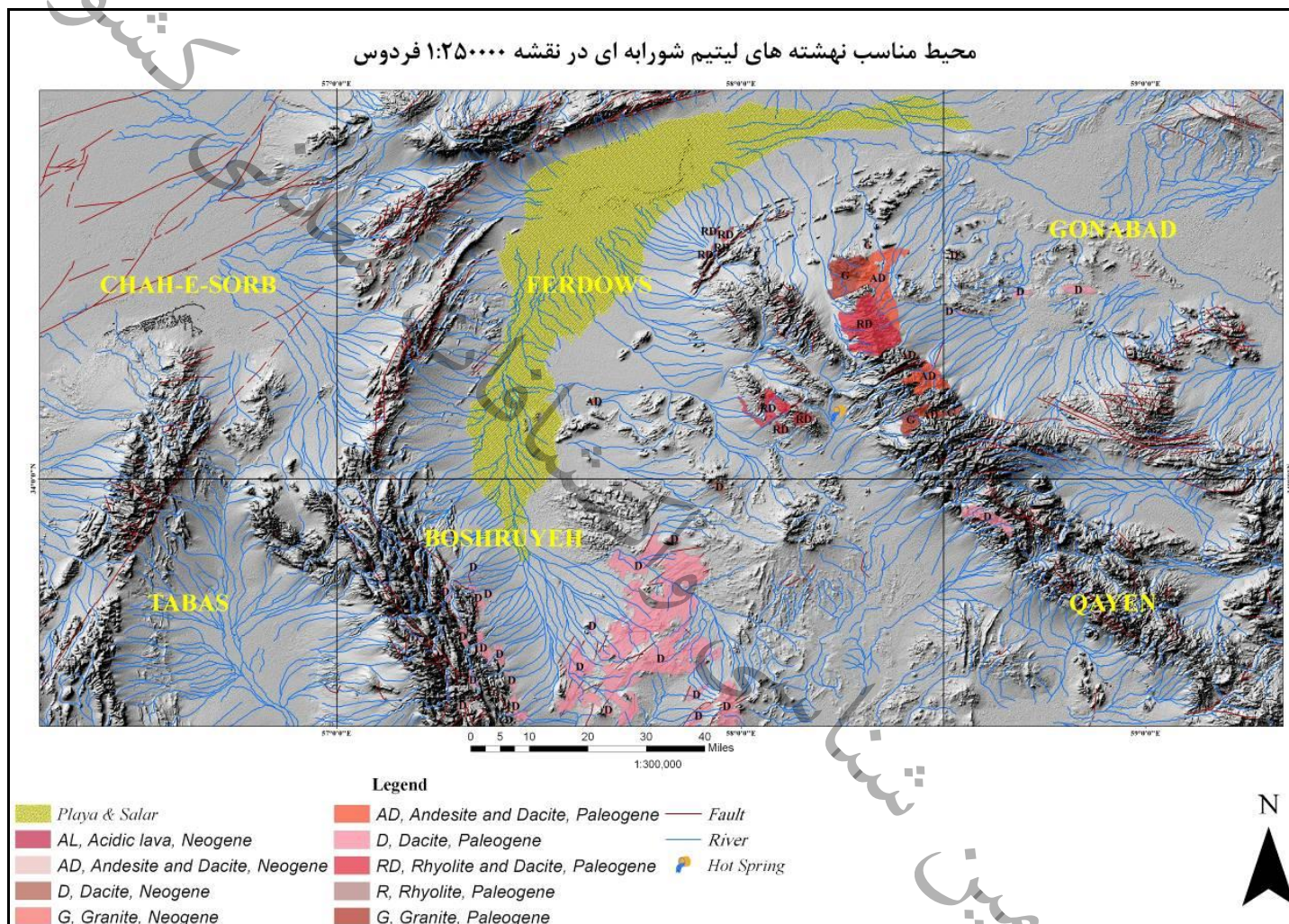
این منطقه در زون ایران مرکزی واقع شده است. در این محدوده یک حوضه پلایایی و شورآبه ای مهم دیده می شود که توسط سنگهای آندزیت - داسیت، داسیت - ریولیت و داسیتی پالئوژن در شرق و جنوب شرق از طریق سیستم آبراهه ای حوضه، تغذیه می شود. گسلهای اصلی در این منطقه روندهای شمال شرق - جنوب غرب و شرقی - غربی دارند که این حوضه های پلایایی توسط این گسلها محصور گردیده است (شکل ۷۴).

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)



شکل ۷۳- موقعیت پلایاها و شورآبه واقع در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ شاهرخت

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)



شکل ۷۴- موقعیت پلایاها و شورآبه واقع در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ فردوس

۱-۳-۲-۲۵ - دریاچه حوض سلطان قم واقع در نقشه های ۱:۲۵۰۰۰۰ قم - آران

این منطقه در زون ایران مرکزی در مسیر جاده تهران- قم واقع شده است. این دریاچه توسط سنگهای آندزیت - داسیتی و داسیتی پالئوژن در شمال و غرب از طریق سیستم آبراهه ای حوضه، تغذیه می شود. گسلهای اصلی در این منطقه روندهای شمال غرب- جنوب شرق دارند که این حوضه های پلایایی توسط این گسلها محصور گردیده است (شکل ۷۵).

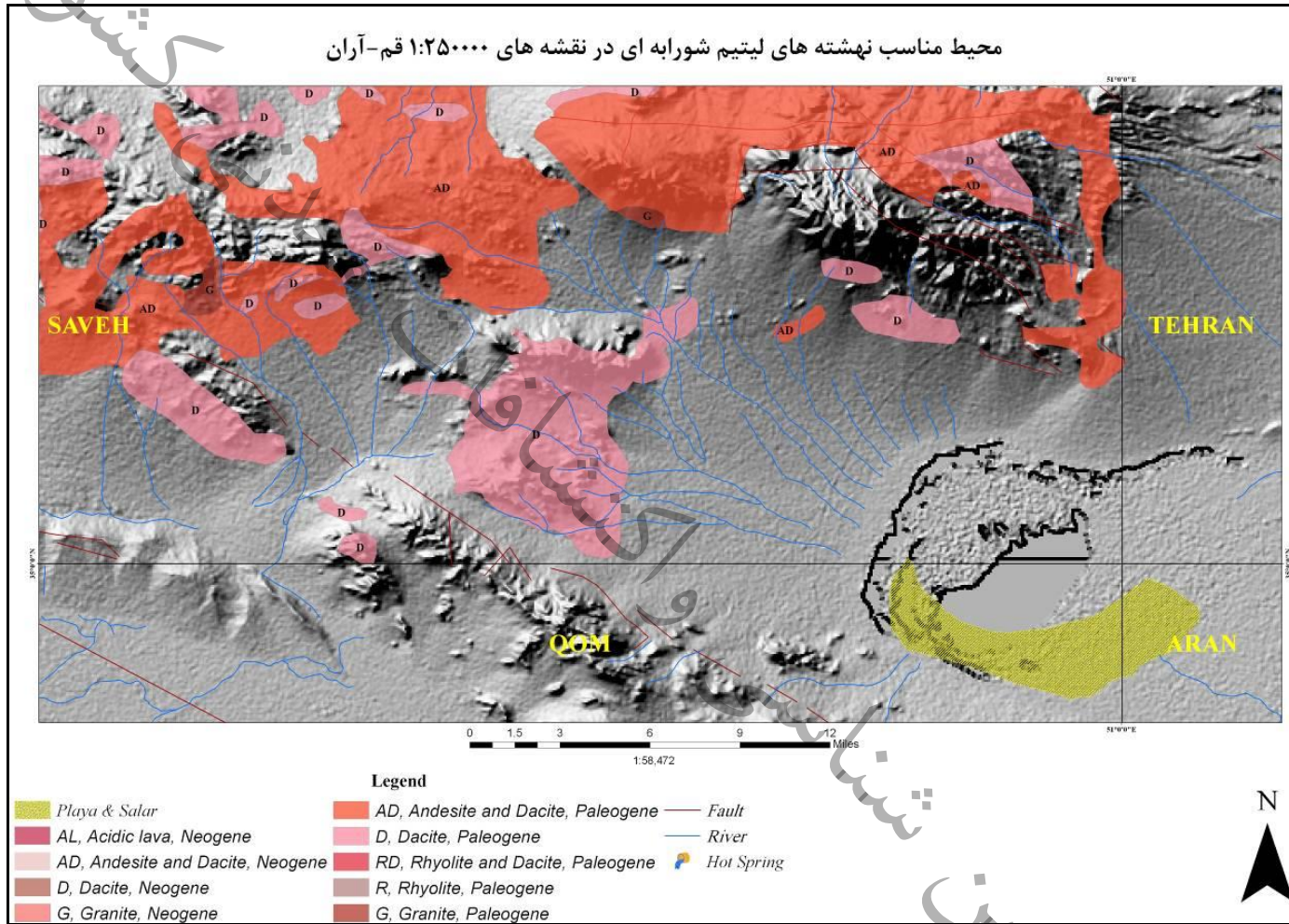
۱-۳-۲-۲۶ - تالاب میقان واقع در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ قم

این منطقه در زون ایران مرکزی در ۱۵ کیلومتری شمال شرقی شهر اراک واقع شده است. این دریاچه توسط سنگهای آندزیت - داسیتی پالئوژن در شمال از طریق سیستم آبراهه ای و رودخانه ای حوضه، تغذیه می شود. گسلهای اصلی در این منطقه روندهای شمال غرب- جنوب شرق دارند که این حوضه های پلایایی توسط این گسلها محصور گردیده است (شکل ۷۶).

۱-۳-۲-۲۷ - پلایاها و شورابه های واقع در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ کاشمر

این منطقه در بین زونهای ایران مرکزی و البرز واقع شده است. در این محدوده یک حوضه پلایایی و شورابه ای مهم دیده می شود که توسط سنگهای آندزیت - داسیت و داسیتی پالئوژن در شمال و شمال شرق از طریق سیستم آبراهه ای حوضه، تغذیه می شود. گسلهای اصلی در این منطقه روندهای شرقی - غربی دارند که این حوضه های پلایایی در میان این گسلها محصور گردیده است (شکل ۷۷).

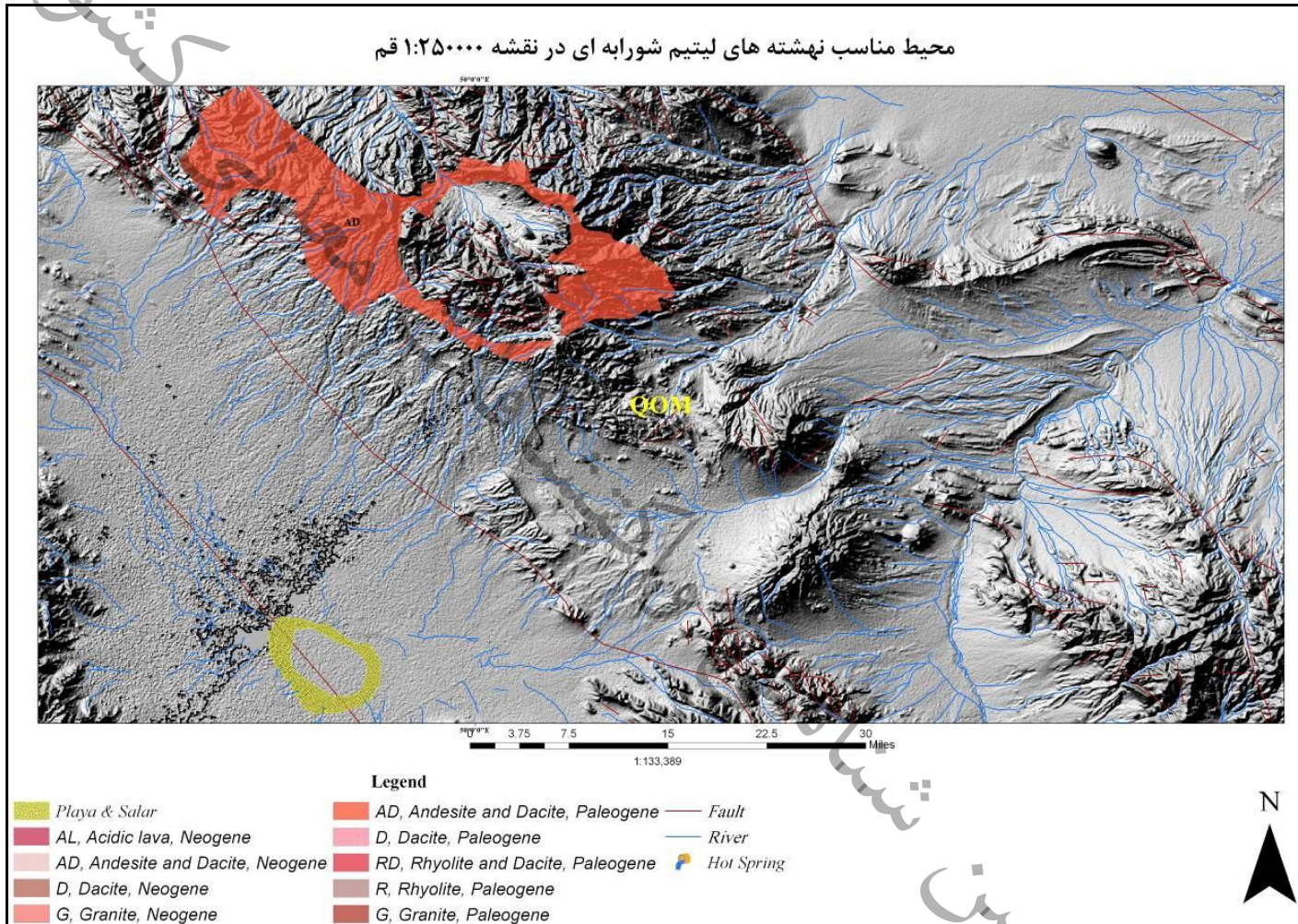
امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)



شکل ۷۵- موقعیت دریاچه حوض سلطان واقع در نقشه های ۱:۲۵۰۰۰۰ قم - آران

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

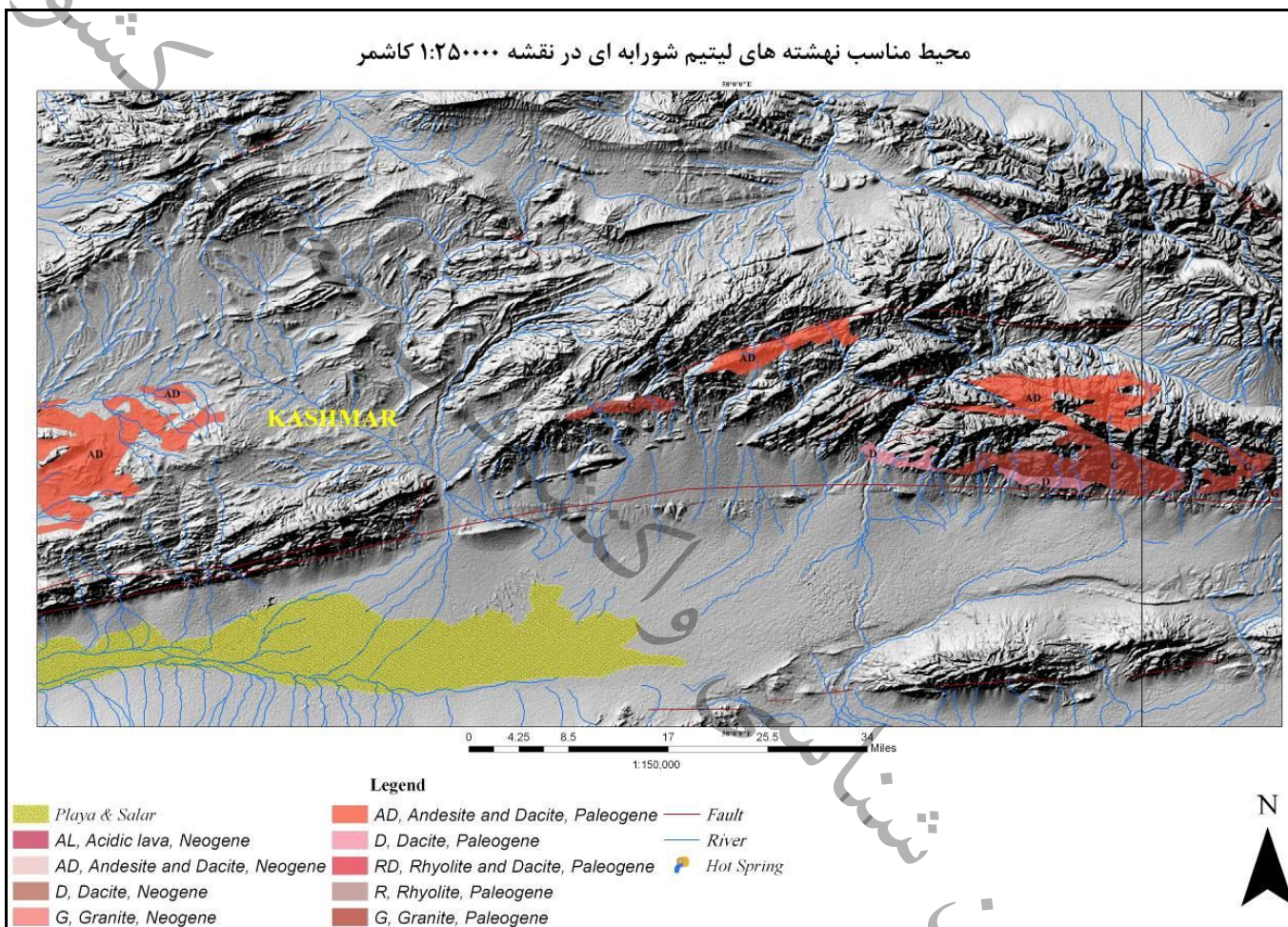
محیط مناسب نهشته های لیتیم شورابه ای در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ قم



شکل ۷۶- موقعیت تالاب میقان واقع در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ قم

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

محیط مناسب نهشته‌های لیتیم شورابه‌ای در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ کاشمر



شکل ۷۷- موقعیت پلایاها و شورابه‌های واقع در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ کاشمر

۱-۳-۲-۲۸ - پلایاها و شورابه های واقع در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ کرمان

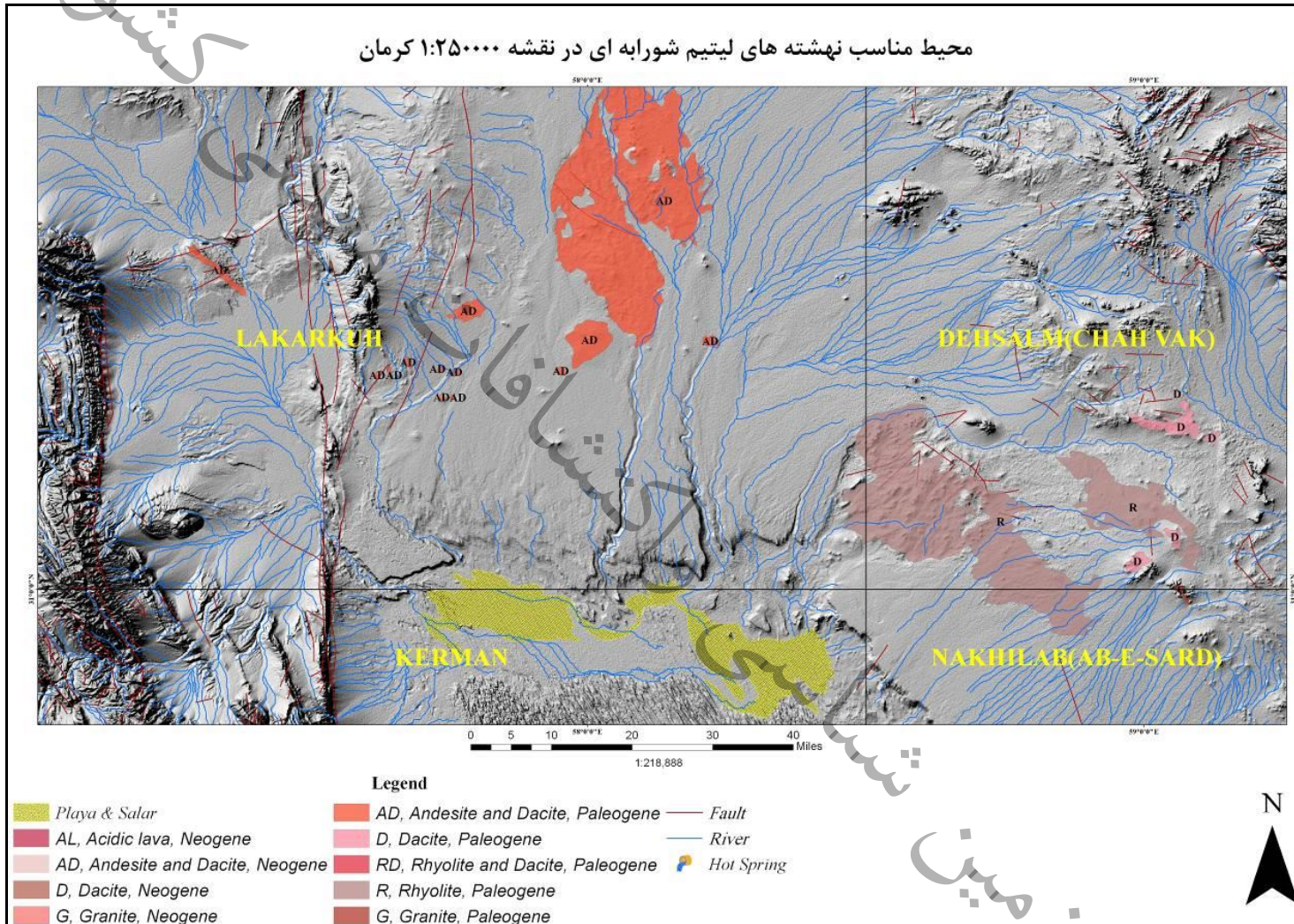
این منطقه در زون ایران مرکزی واقع شده است. در این محدوده یک حوضه پلایایی و شورابه ای بسیار مهم دیده می شود که توسط سنگهای آندزیت - داسیت پالئوژن در شمال و سنگهای ریولیتی پالئوژن در شمال شرق از طریق سیستم آبراهه ای حوضه، تغذیه می شود. گسلهای اصلی در این منطقه عمدتاً روندی شمالی - جنوبی دارند که این حوضه های پلایایی در میان این گسلها محصور گردیده است (شکل ۷۸).

۱-۳-۲-۲۹ - پلایاها و شورابه های واقع در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ کوه گوگرد

این منطقه در زون ایران مرکزی واقع شده است. در این محدوده یک حوضه پلایایی و شورابه ای مهم دیده می شود که توسط سنگهای آندزیت - داسیت و داسیتی پالئوژن در جنوب و جنوب غرب از طریق سیستم آبراهه ای حوضه، تغذیه می شود. گسلهای اصلی در این منطقه عمدتاً روندی شرقی - غربی دارند که این حوضه های پلایایی را محصور کرده اند (شکل ۷۹).

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

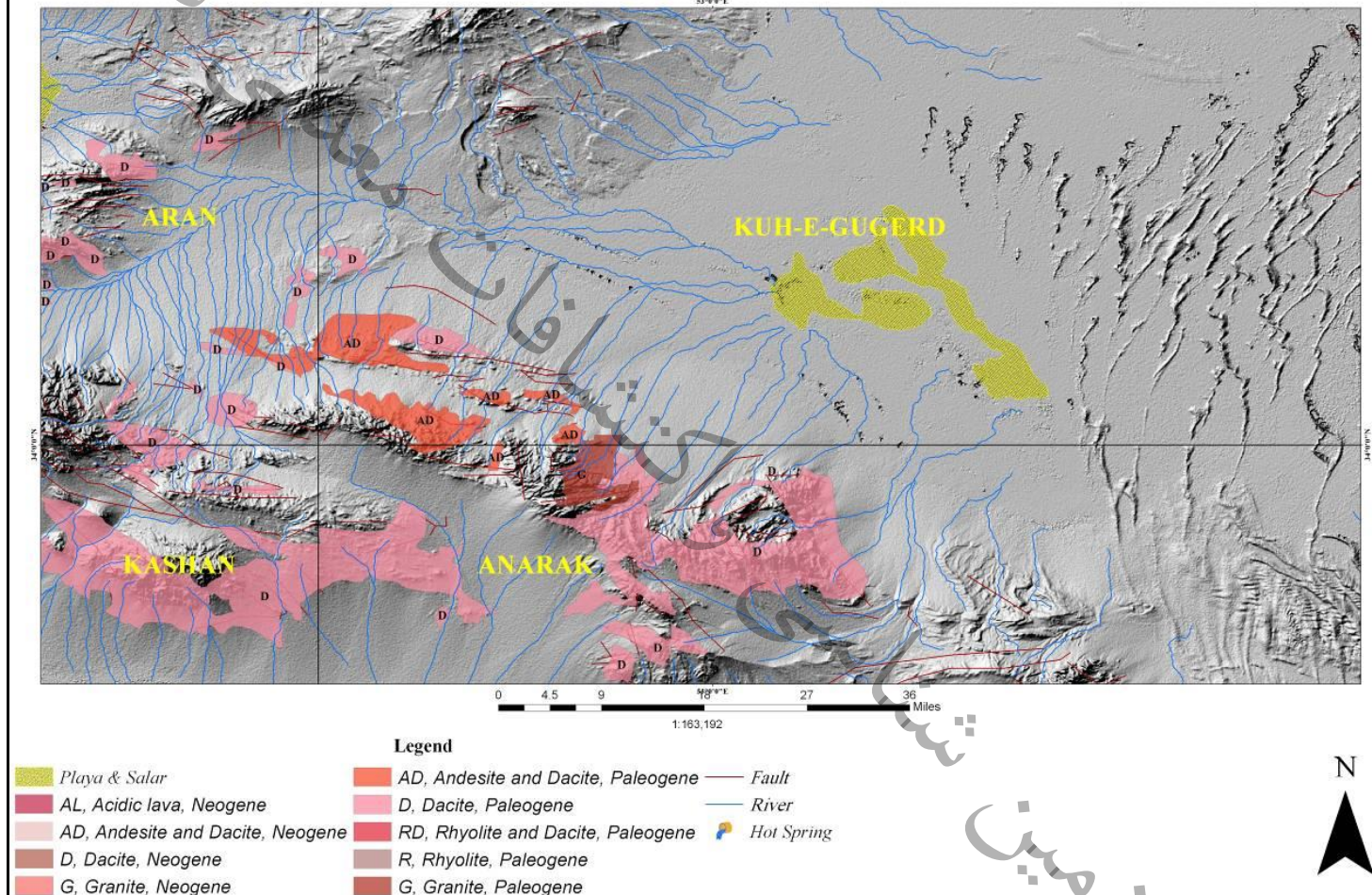
محیط مناسب نهشته های لیتیم شورابه ای در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ کرمان



شکل ۷۸- موقعیت پلایاها و شورابه های واقع در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ کرمان

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

محیط مناسب نهشته‌های لیتیم شورابه‌ای در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ کوه گوگرد



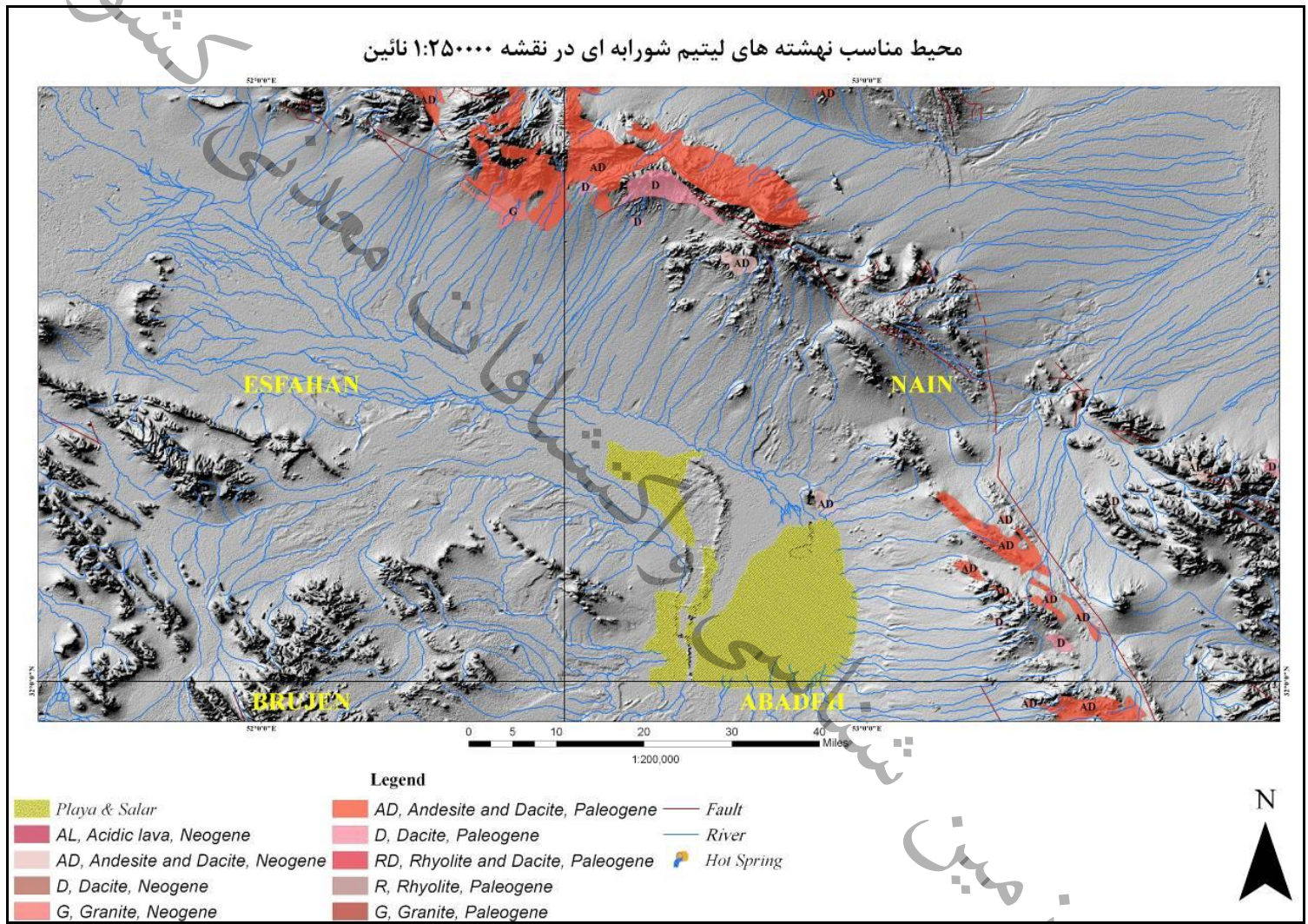
شکل ۷۹- موقعیت پلایاها و شورابه‌های واقع در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ کوه گوگرد

۱-۳-۲-۳۰ - پلایاها و شورابه های واقع در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ نائین

این منطقه در زون ایران مرکزی واقع شده است. در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ نائین دو محدوده پلایایی یکی در جنوب غرب و دیگری در شمال شرق و در فصل مشترک با نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ اردکان دیده می شود. در قسمت جنوب غربی نقشه، یک حوضه پلایایی و شورابه ای که توسط سنگهای آندزیت - داسیت و داسیتی پالئوژن در شمال و شرق از طریق سیستم آبراهه ای حوضه، تغذیه می شود، دیده می شود. گسلهای اصلی در این منطقه عمدتاً روندی شمال غربی - جنوب شرقی دارند که این حوضه های پلایایی را محصور کرده اند (شکل ۸۰).

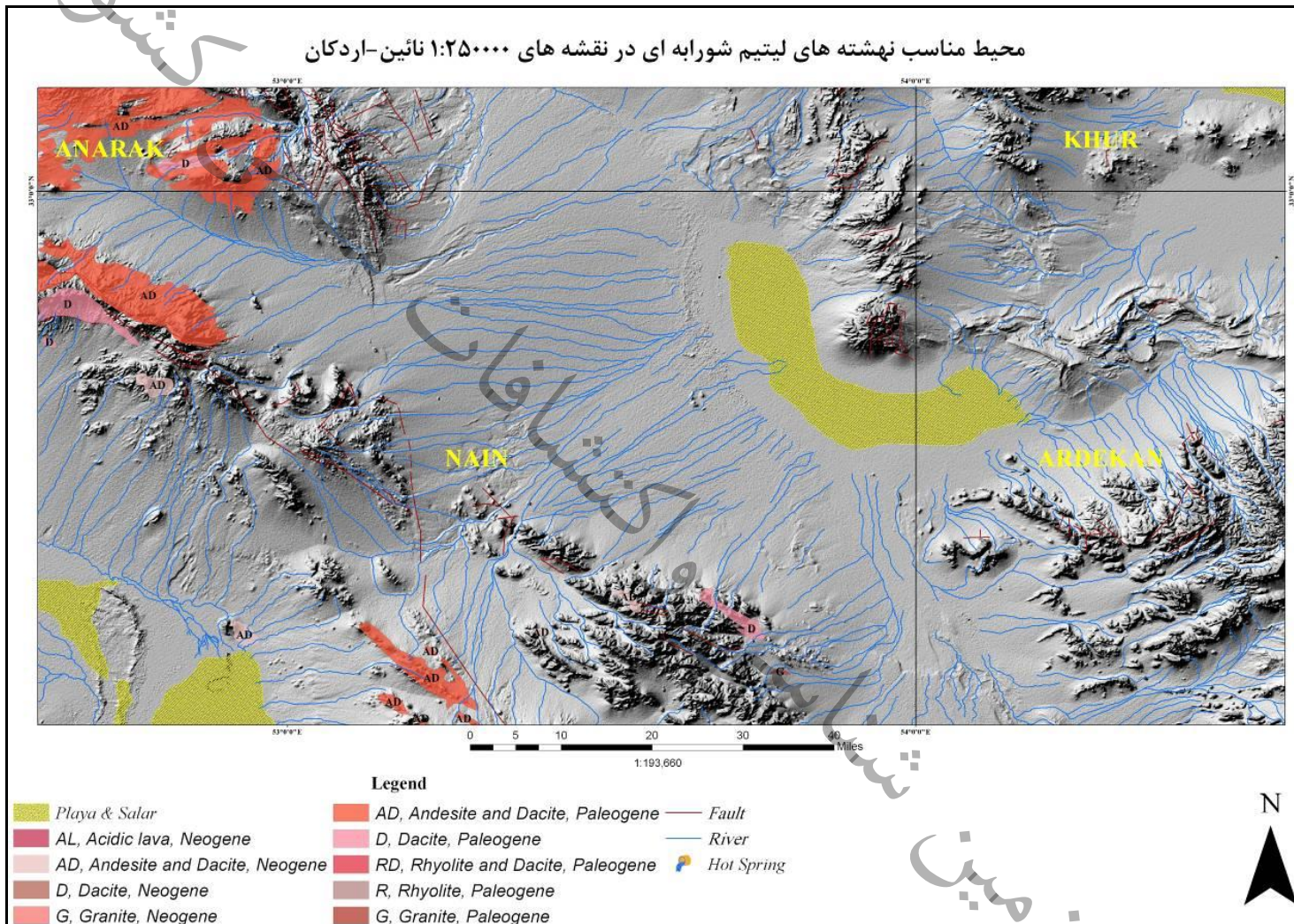
در قسمت شمال شرقی نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ نائین در فصل مشترک نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ اردکان، یک حوضه پلایایی و شورابه ای که توسط سنگهای آندزیت - داسیت و داسیتی پالئوژن در بخش غربی از طریق سیستم آبراهه ای حوضه، تغذیه می شود، دیده می شود. گسلهای اصلی در این منطقه عمدتاً روندی شمال غربی - جنوب شرقی دارند که این حوضه های پلایایی را در بر گرفته اند (شکل ۸۱).

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)



شکل ۸۰- موقعیت پلایاها و شورآبه‌های واقع در جنوب غرب نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ نائین

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)



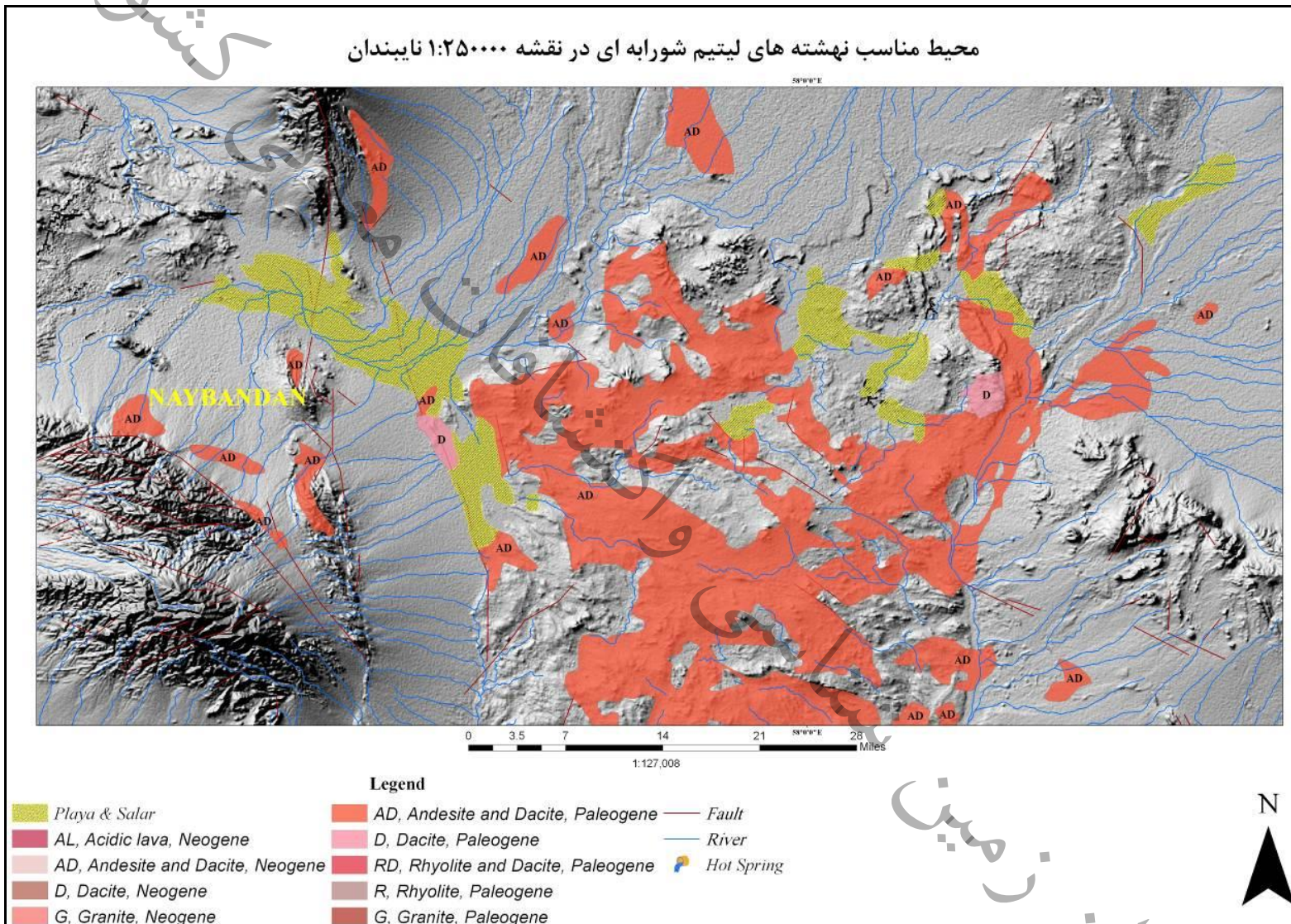
شکل ۸۱- موقعیت پلایاها و شورابه های واقع در نقشه های ۱:۲۵۰۰۰۰ نائین- اردکان

۱-۳-۲-۳۱ - پلایاها و شورابه های واقع در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ نایبندان

این منطقه در زون ایران مرکزی واقع شده است. در این محدوده حوضه های پلایایی و شورآبه ای مهمی دیده می شوند که توسط سنگهای آندزیت - داسیت و داسیتی پالئوژن محصور شده اند و از طریق سیستم آبراهه ای حوضه، تغذیه می شود. گسلهای اصلی در این منطقه عمدتاً روندهای شمالی - جنوبی تا شمال غرب - جنوب شرقی دارند که این حوضه های پلایایی را در بر گرفته اند (شکل ۸۲).

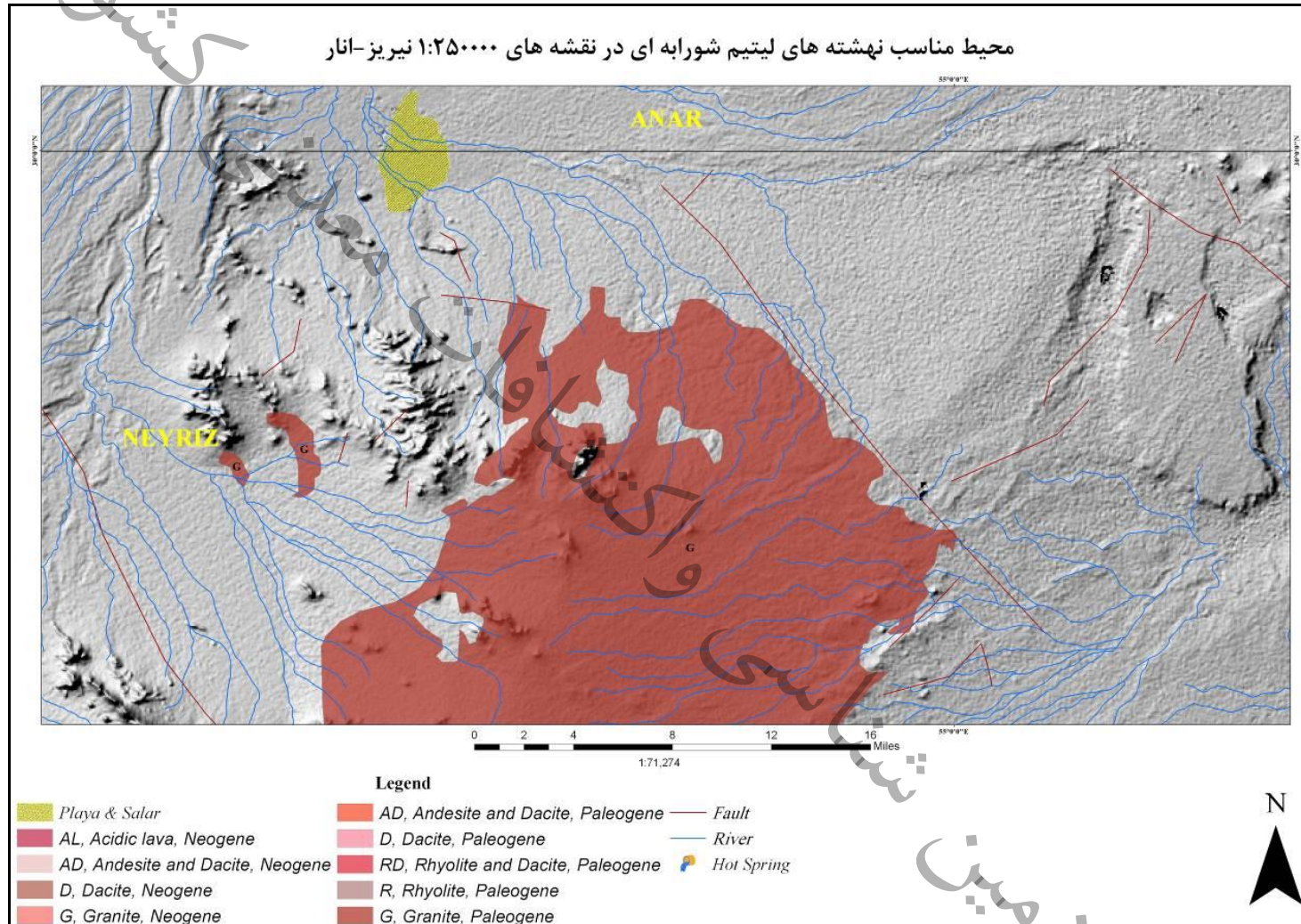
۱-۳-۲-۳۲ - پلایاها و شورابه های واقع در نقشه های ۱:۲۵۰۰۰۰ نیریز - انار

این منطقه در زون سنندج - سیرجان واقع شده است. در این محدوده فصل مشترک نقشه های ۱:۲۵۰۰۰۰ نیریز و انار حوضه پلایایی و شورآبه ای دیده می شود که توسط سنگهای گرانیتی با سن پالئوژن در جنوب و از طریق سیستم آبراهه ای حوضه، تغذیه می شود. گسلهای اصلی در این منطقه عمدتاً روند شمال غرب - جنوب شرقی دارند که این حوضه های پلایایی را در بر گرفته اند (شکل ۸۳).



شکل ۸۲- موقعیت پلایاها و شورآبه های واقع در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ نایبندان

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)



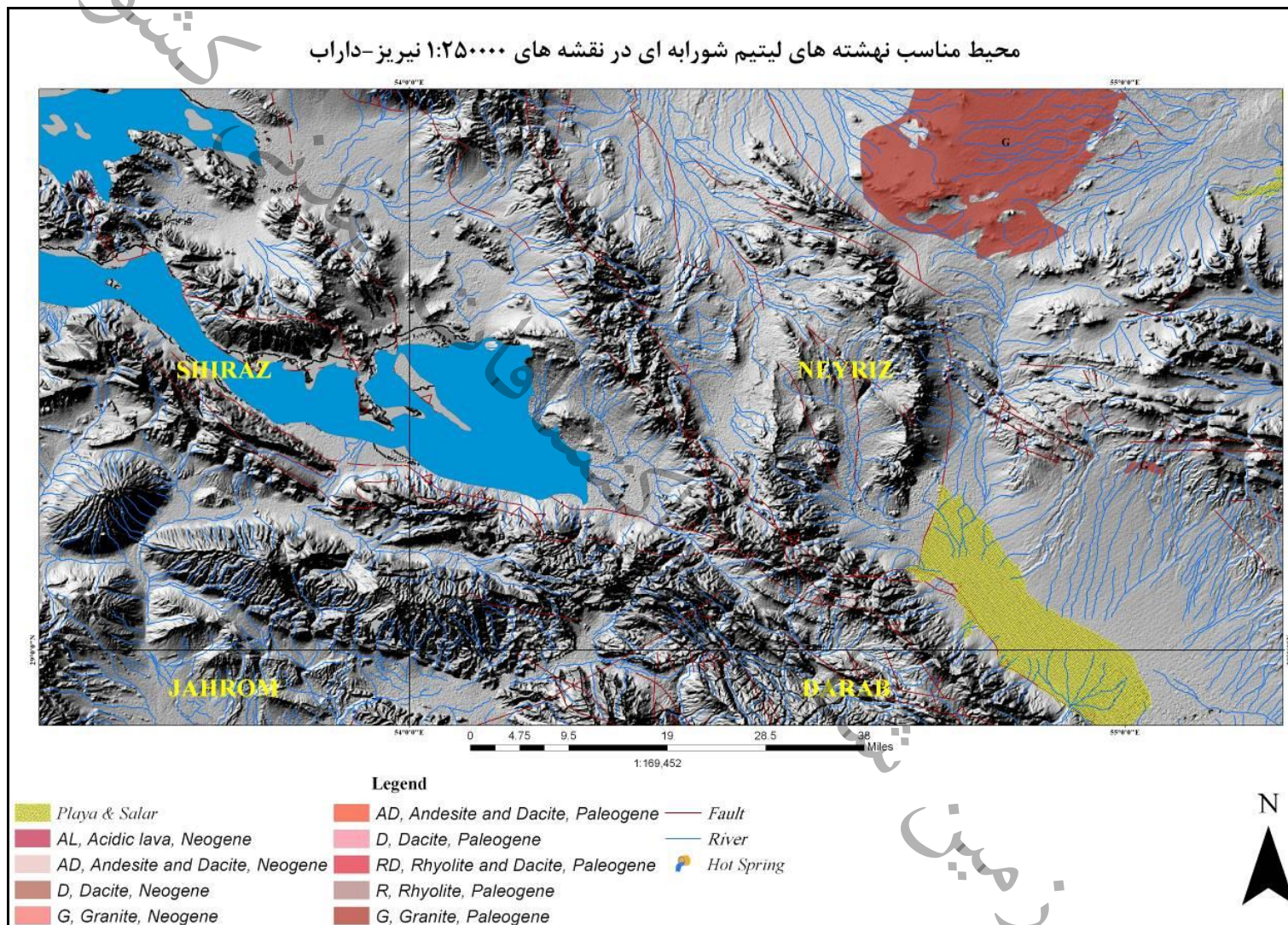
شکل ۸۳- موقعیت پلایاها و شورآبه‌های واقع در نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰۰ نیریز - انار

۱-۳-۲-۳۳ - پلایاها و شورابه های واقع در نقشه های ۱:۲۵۰۰۰۰ نیریز - داراب

این منطقه در زون سنندج - سیرجان واقع شده است. در این محدوده فصل مشترک نقشه های ۱:۲۵۰۰۰۰ نیریز و داراب حوضه پلایایی و شورابه ای دیده می شود که توسط سنگهای گرانیتی با سن پالئوژن در شمال و از طریق سیستم آبراهه ای و رودخانه ای حوضه، تغذیه می شود. گسلهای اصلی در این منطقه عمدتاً روند شمال غرب - جنوب شرقی دارند که این حوضه های پلایایی را در بر گرفته اند (شکل ۸۴).

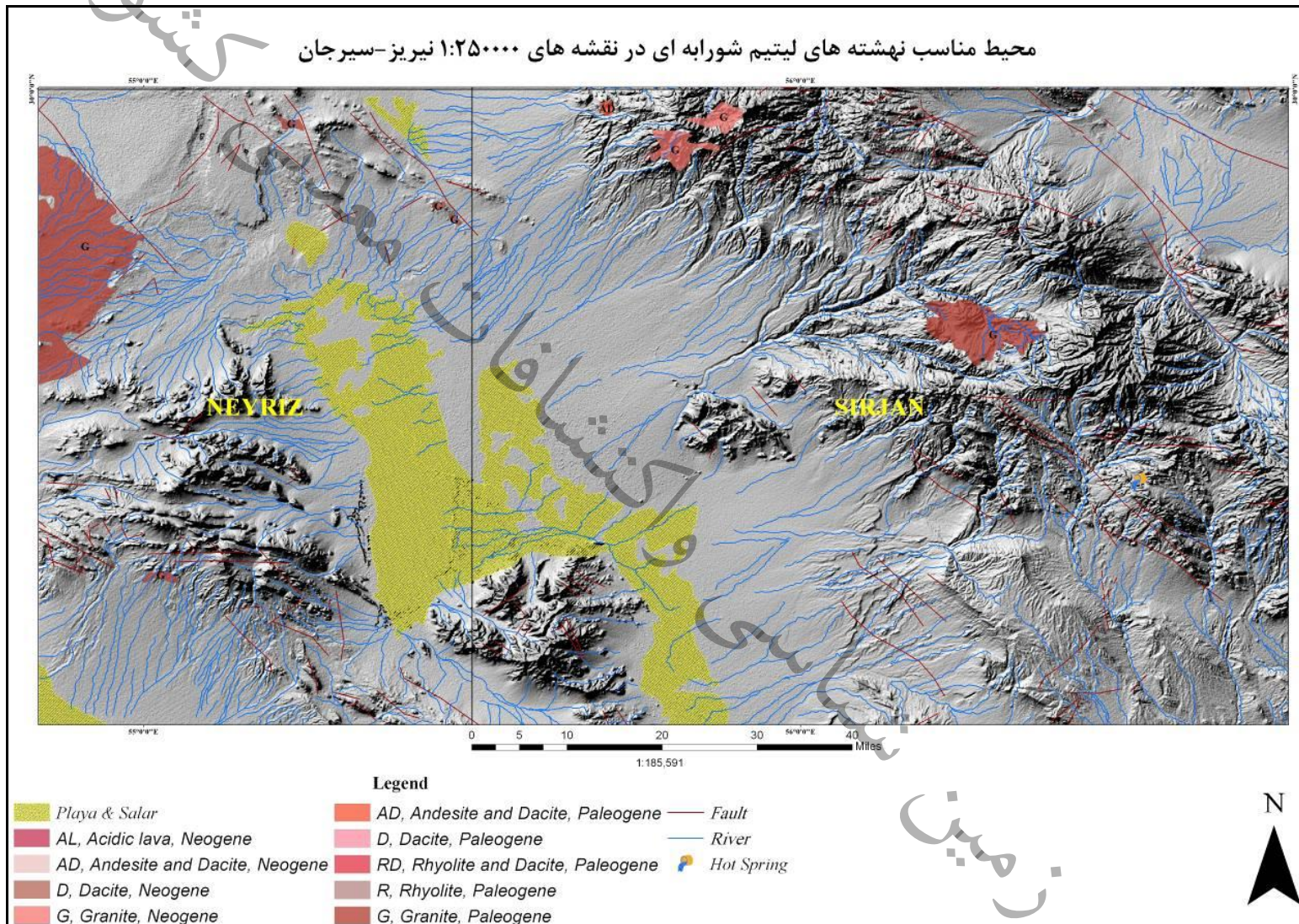
۱-۳-۲-۳۴ - پلایاها و شورابه های واقع در نقشه های ۱:۲۵۰۰۰۰ نیریز - سیرجان

این منطقه در زون سنندج - سیرجان واقع شده است و به کفه نمکی سیرجان معرف می باشد. در این محدوده فصل مشترک نقشه های ۱:۲۵۰۰۰۰ نیریز و سیرجان حوضه پلایایی و شورابه ای مهمی دیده می شود که توسط سنگهای گرانیتی پالئوژن و نئوژن محصور شده است و از طریق سیستم آبراهه ای و رودخانه ای حوضه، تغذیه می شود. گسلهای اصلی در این منطقه عمدتاً روند شمال غرب - جنوب شرقی دارند که این حوضه های پلایایی را در بر گرفته اند (شکل ۸۵).



شکل ۸۴- موقعیت پلایاها و شورآبه‌های واقع در نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰۰ نیریز - داراب

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)



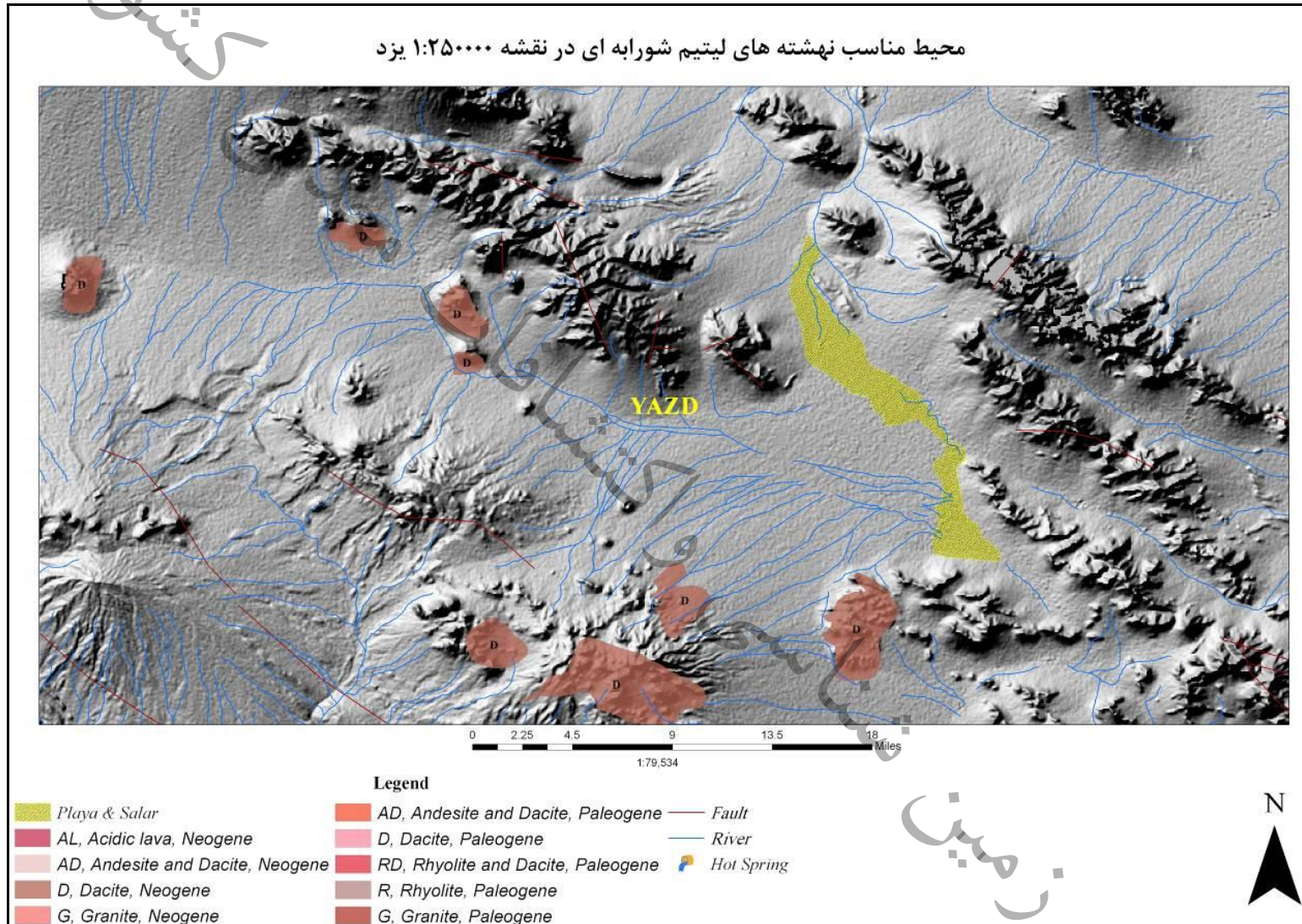
شکل ۸۵- موقعیت پلایاها و شورابه‌های واقع در نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰۰ نیریز - سیرجان

۱-۳-۲-۳۵ - پلایاها و شورابه های واقع در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ یزد

این منطقه در زون ایران مرکزی واقع شده است. در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ یزد دو محدوده پلایایی دیده می شود که یکی در قسمت جنوبی نقشه و دیگری در جنوب شرق نقشه دیده می شوند.

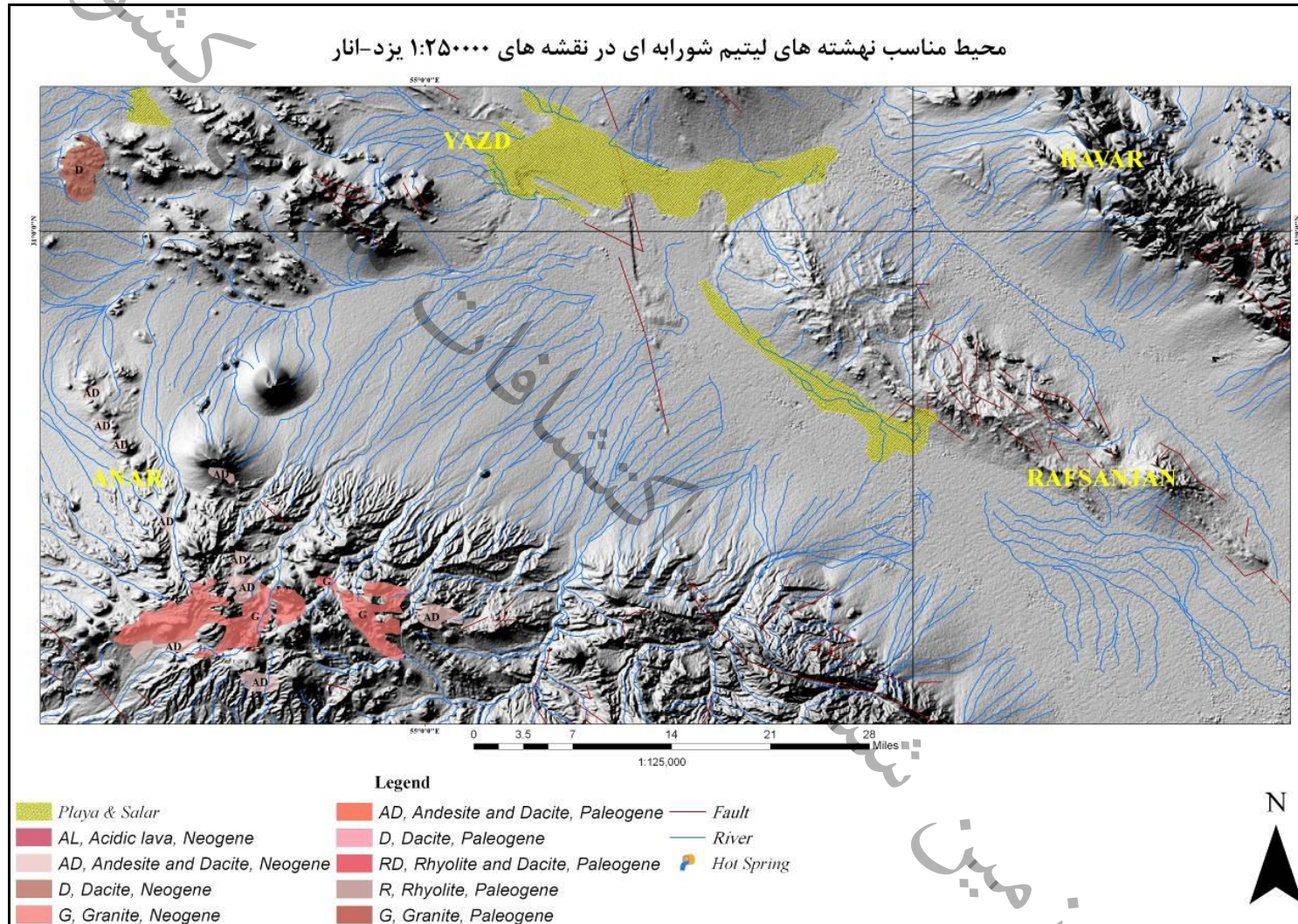
در محدوده جنوبی نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ یزد، حوضه پلایایی و شورابه ای مهمی دیده می شود که توسط سنگهای داسیتی نئوژن در بخش غربی و جنوب غربی محصور شده است و از طریق سیستم آبراهه ای و رودخانه ای حوضه، تغذیه می شود. گسلهای اصلی در این منطقه عمدتاً روند شمال غرب - جنوب شرقی دارند که این حوضه های پلایایی در بین این گسلها واقع شده است (شکل ۸۶).

دومین محدوده، در قسمت جنوب شرقی نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ یزد و نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ انار واقع شده است که توسط سنگهای آندزیت - داسیتی نئوژن و گرانیت‌های نئوژن در جنوب و از طریق سیستم آبراهه ای و رودخانه ای حوضه، تغذیه می شود. گسلهای اصلی در این منطقه عمدتاً روند شمال غرب - جنوب شرقی و تا حدودی شرقی - غربی دارند که این حوضه های پلایایی در بین این گسلها واقع شده است (شکل ۸۷).



شکل ۸۶- موقعیت پلایاها و شورابه‌های واقع در جنوب نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ یزد

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)



شکل ۸۷- موقعیت پلایاها و شورابه های واقع در نقشه های ۱:۲۵۰۰۰۰ یزد - انار

۱-۴-۴- پراکندگی محیط‌های مناسب لیتیم رسوبی در ایران

در ایران گسترش محیط‌های رسوبی جوان (سنوزوئیک تا کواترنری) بسیار وسیع بوده ولی محیط‌های رسوبی که مناسب برای تجمع و کانه زایی لیتیم باشد محدود می‌باشند. این محیط‌های رسوبی مناسب برای کانه زایی لیتیم در ایران عبارتند از:

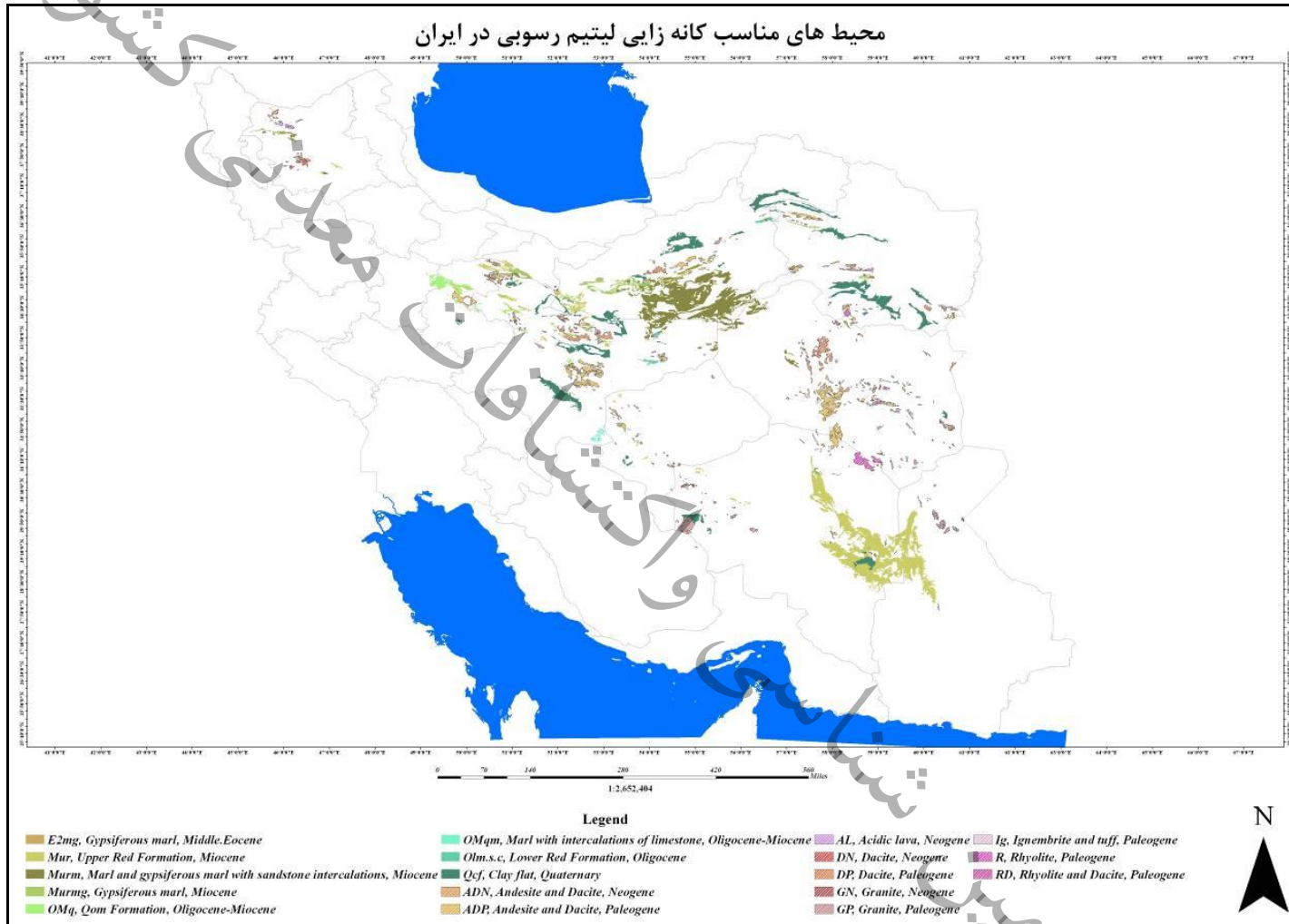
- ۱- سازند قم با سن الیگوسن - میوسن
- ۲- سازند قرمز بالایی با سن میوسن
- ۳- سازند قرمز پائینی با سن الیگوسن
- ۴- رسوبات مارنی ژیبس دار با سن ائوسن میانی و میوسن
- ۵- مارنهای آهک دار با سن الیگوسن - میوسن
- ۶- رسوبات با ترکیب شیل‌های رنگین، مارنهای ژیبس دار و سنداستون با سن میوسن
- ۷- کفه های رسی با سن کواترنری

با توجه به حضور سنگ میزبان مناسب، توپوگرافی و همچنین حوضه های آبریز رسوبات، نقشه پراکندگی محیط‌های مناسب کانه زایی لیتیم رسوبی در ایران تهیه گردیده است. همانگونه که در این نقشه ملاحظه می‌شود، پراکندگی این مناطق عمدتاً در ۱۱ استان کشور می‌باشد که عبارتند از استانهای: سمنان، مرکزی، قم، تهران، اصفهان، یزد، کرمان، سیستان و بلوچستان، خراسان رضوی و جنوبی و آذربایجان شرقی.

۱-۴-۱- معرفی مناطق مستعد کانه زایی لیتیم نوع رسوبی در ایران

پس از مشخص کردن سازندهای رسوبی مناسب با سن حداکثر پالئوژن، که در پائین دست سنگهای آذرین حدواسط تا اسیدی با سن حداکثر پالئوژن به عنوان منبع تامین کننده عنصر لیتیم، واقع گردیده اند، از طریق انجام مطالعات دورسنجی بر روی حدود ۱۱۶ سین تصویر ماهواره ای ASTER مناطق ایلیت - اسمکتیت دار نیز مشخص گردیدند که پس از تطابق این مناطق با سازندهای رسوبی موجود، محدودهای مناسب جهت کانه زایی لیتیم نوع رسوبی مشخص گردیدند که در ادامه به تفکیک ذکر می‌گردد:

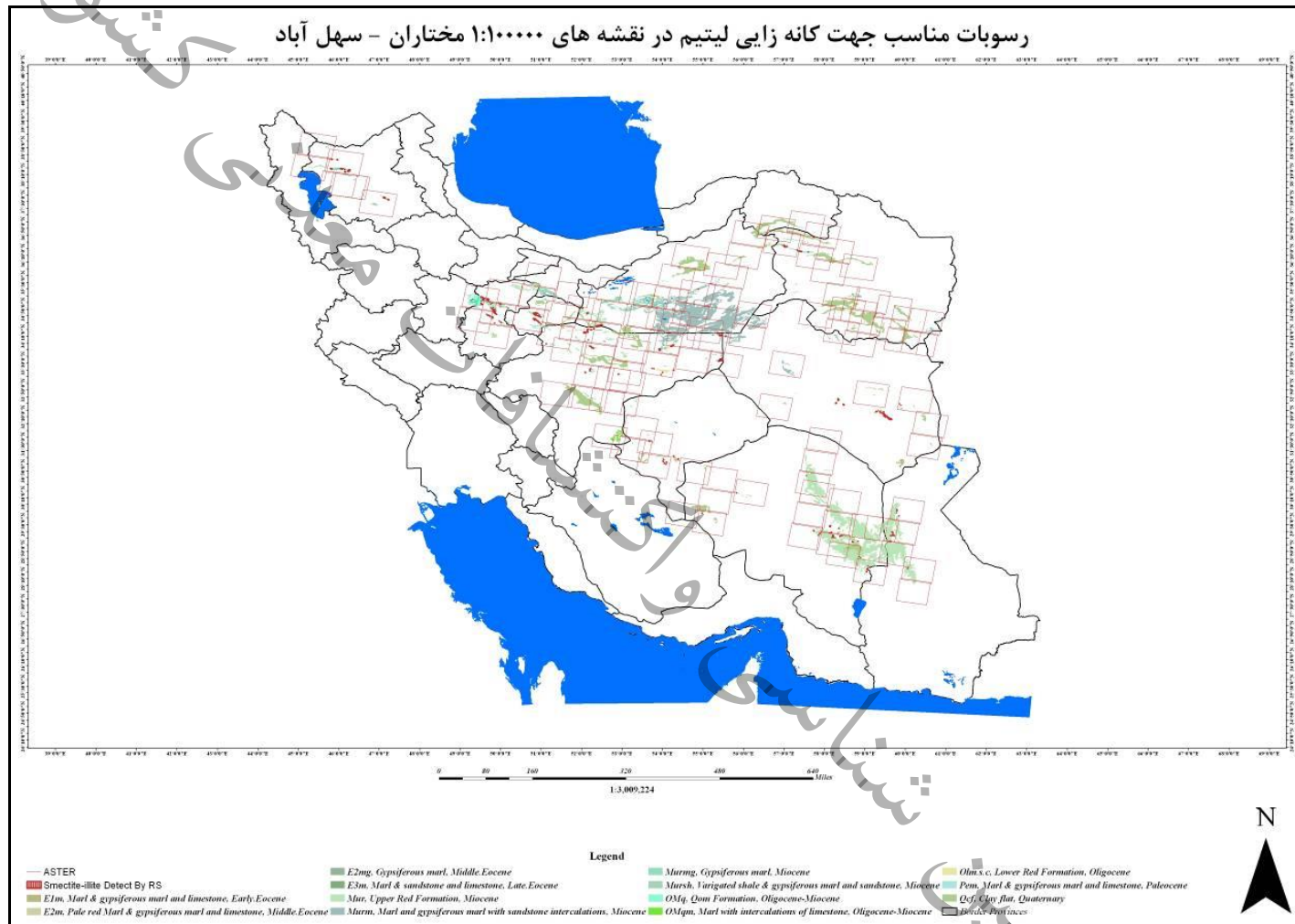
امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)



شکل ۸۸- نقشه پراکندگی محیطهای رسوبی مناسب برای کانه زایی لیتیم در ایران به همراه پراکندگی سنگهای ولکانیکی حدواسط تا اسیدی به عنوان منابع تامین کننده عنصر لیتیم در

رسوبات

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)



شکل ۸۹- نقشه همپوشانی تصاویر ماهواره ای استر (جهت بارز سازی مناطق دارای ایلیت - اسمکتیت) با سازندهای رسوبی مناسب برای کانه زایی لیتیم

۱-۴-۲- رسوبات مناسب کانه زایی لیتیم واقع در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ آران-کاشان

این منطقه در زون ایران مرکزی واقع شده است. در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ کاشان سه محدوده رسوبی سازند قم دیده می‌شود که در پایین دست سنگهای ولکانیک حدواسط آندزیت-داسیت تا داسیتی واقع شده اند اما تنها یک محدوده از این سازندها با توجه به بررسی داده های ماهواره ای استر دارای کانیهای رسی ایلیت - اسمکتیت می باشد که در بخش غربی دو محدوده دیگر واقع شده و می توان این بخش را به عنوان محدوده مناسب جهت مطالعات اکتشافی لیتیم در نظر گرفت (شکل ۹۰).

گسلهای اصلی در این منطقه عمدتاً روند شمال غرب - جنوب شرقی دارند.

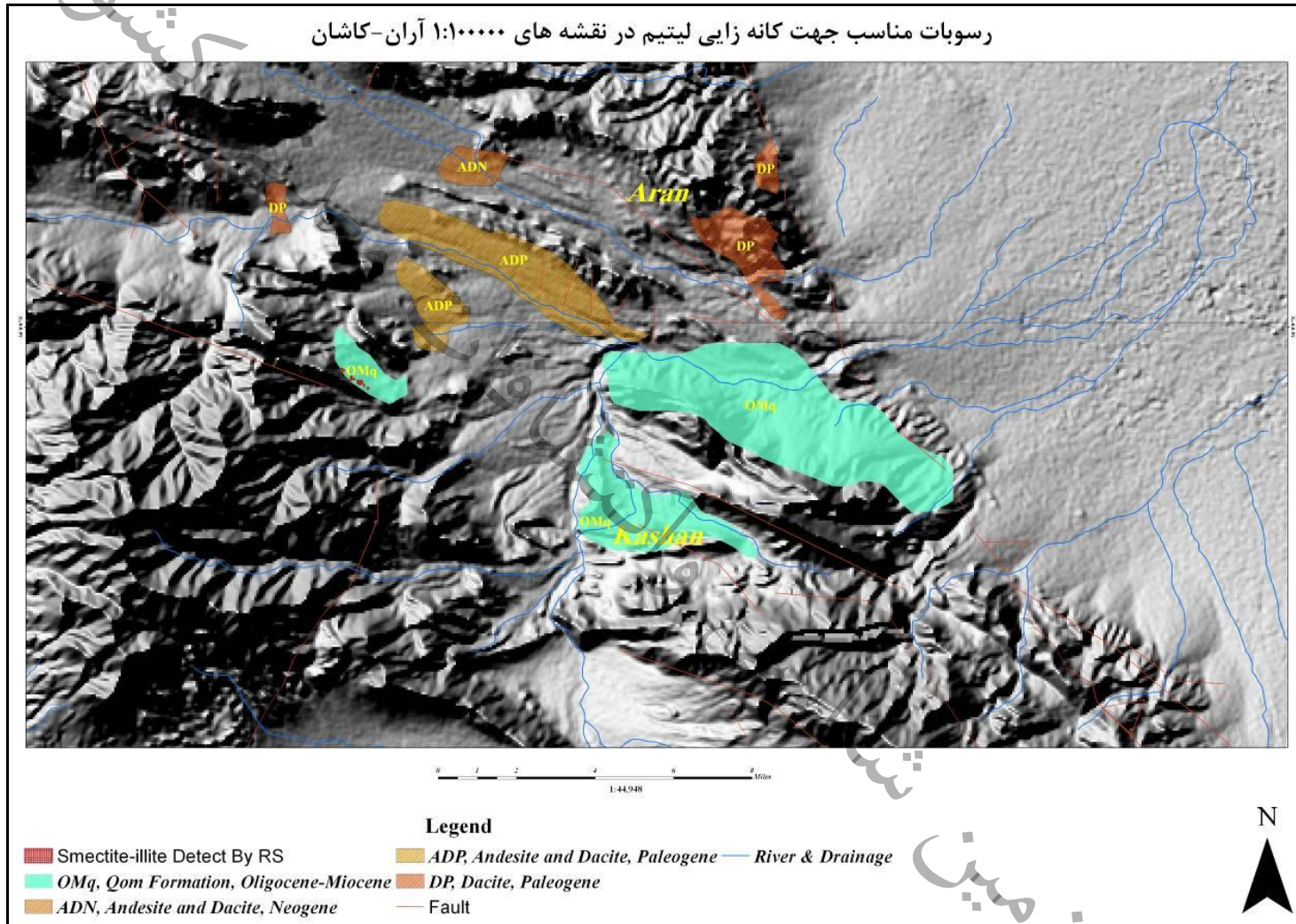
۱-۴-۳- رسوبات مناسب کانه زایی لیتیم واقع در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ اردستان

این منطقه در زون ایران مرکزی واقع شده است. در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ اردستان دو محدوده رسوبی سازند قم و دو محدوده رسوبی سازند قرمز بالایی دیده می‌شود که در پایین دست سنگهای ولکانیک حدواسط آندزیت-داسیت واقع شده اند اما تنها یک محدوده از این سازندهای قرمز بالایی و یک محدوده از سازند قم با توجه به بررسی داده های ماهواره ای استر دارای کانیهای رسی ایلیت - اسمکتیت می باشد که در بخش غربی دو محدوده دیگر واقع شده و می توان این دو بخش را به عنوان محدوده مناسب جهت مطالعات اکتشافی لیتیم در نظر گرفت (شکل ۹۱).

گسلهای اصلی در این منطقه عمدتاً روند شمال غرب - جنوب شرقی و شرقی - غربی دارند.

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

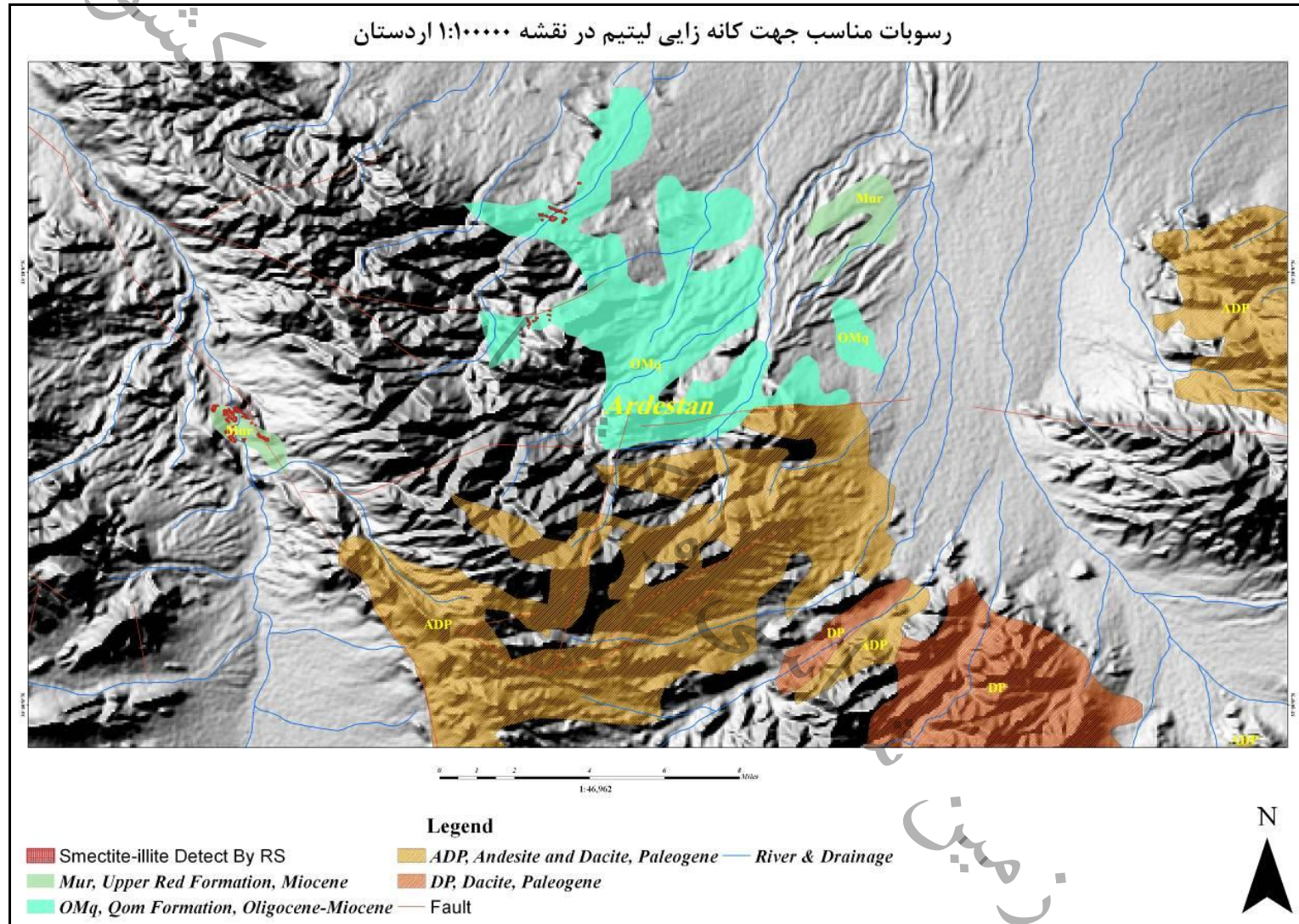
رسوبات مناسب جهت کانه زایی لیتیم در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ آرآن-کاشان



شکل ۹۰- موقعیت سازندهای رسوبی مناسب اکتشاف لیتیم واقع در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ آرآن - کاشان

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

رسوبات مناسب جهت کانه زایی لیتیم در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ اردستان



شکل ۹۱- موقعیت سازندهای رسوبی مناسب اکتشاف لیتیم واقع در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ اردستان

۱-۴-۴- رسوبات مناسب کانه زایی لیتیم واقع در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ جغتای - صفی آباد

این منطقه در زون البرز واقع شده است. در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ جغتای و صفی آباد دو محدوده رسوبی مارن گچ دار با سن میوسن و پهنه های رسی کواترنری دیده می شود که در پایین دست سنگهای ولکانیک حدواسط آندزیت-داسیت واقع شده اند و تنها یک بخشی از این رسوبات پهنه های رسی با توجه به بررسی داده های ماهواره ای استر دارای کانیهای رسی ایلیت - اسمکتیت می باشد که در بخش شمال شرقی این رسوبات واقع شده و می توان این بخش را به عنوان محدوده مناسب جهت مطالعات اکتشافی لیتیم در نظر گرفت (شکل ۹۲).

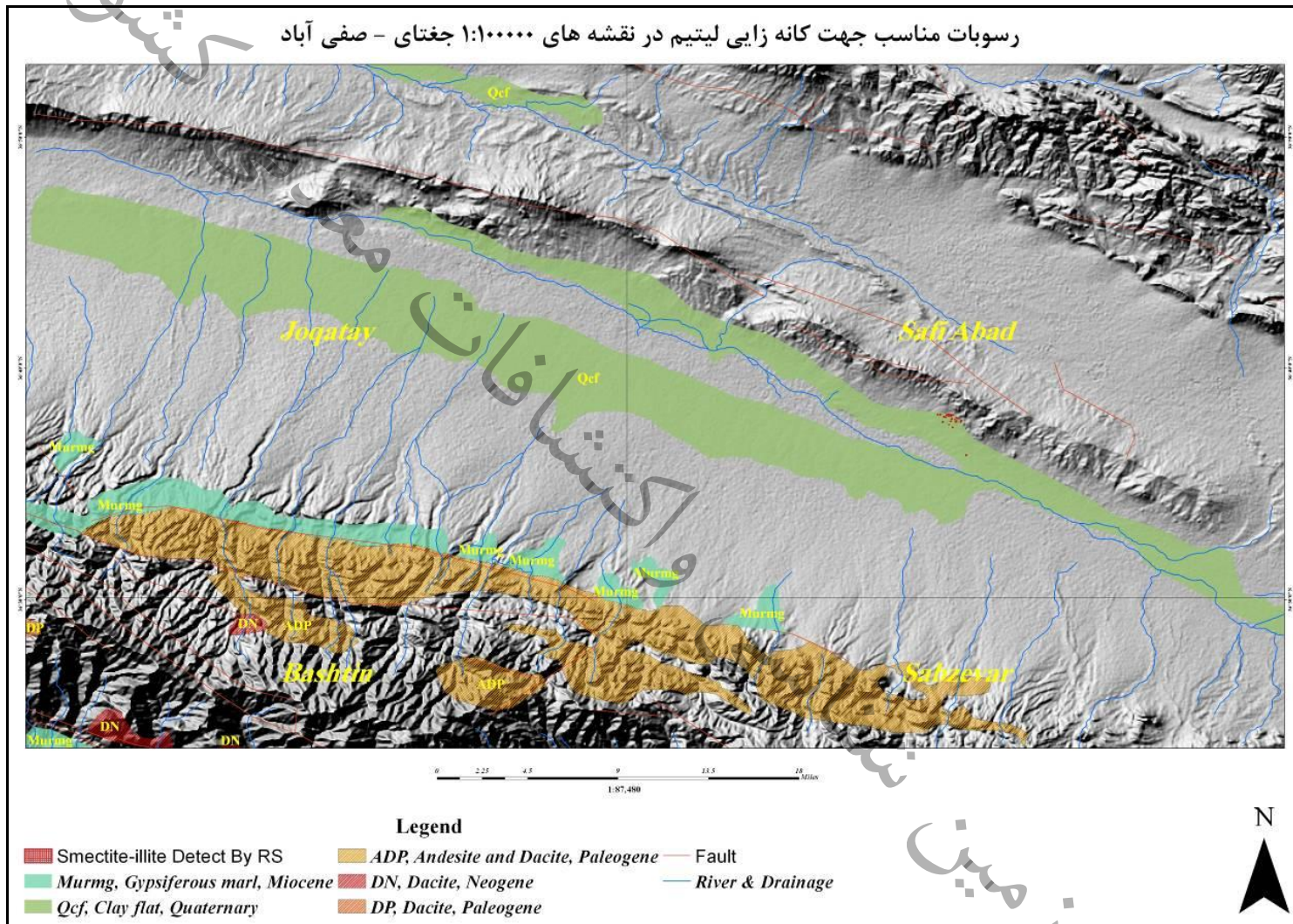
گسلهای اصلی در این منطقه عمدتاً روند شمال غرب - جنوب شرقی و شرقی - غربی و همراستا با سازندهای رسوبی مارنی و رسی می باشند.

۱-۴-۵- رسوبات مناسب کانه زایی لیتیم واقع در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ جلفا

این منطقه در زون البرز واقع شده است. در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ جلفا دو محدوده رسوبی مارن گچ دار (مارن قرمز و لایمستون و مارنهای گچدار (E2M)) با سن ائوسن میانی دیده می شود که در پایین دست سنگهای ولکانیک داسیتی پالئوژن و لاهای اسیدی نئوژن واقع شده اند و تنها دو بخشی از این رسوبات با توجه به بررسی داده های ماهواره ای استر دارای کانیهای رسی ایلیت - اسمکتیت می باشد که در بخش شرقی و غربی واقع شده و می توان این بخش را به عنوان محدوده مناسب جهت مطالعات اکتشافی لیتیم در نظر گرفت (شکل ۹۳).

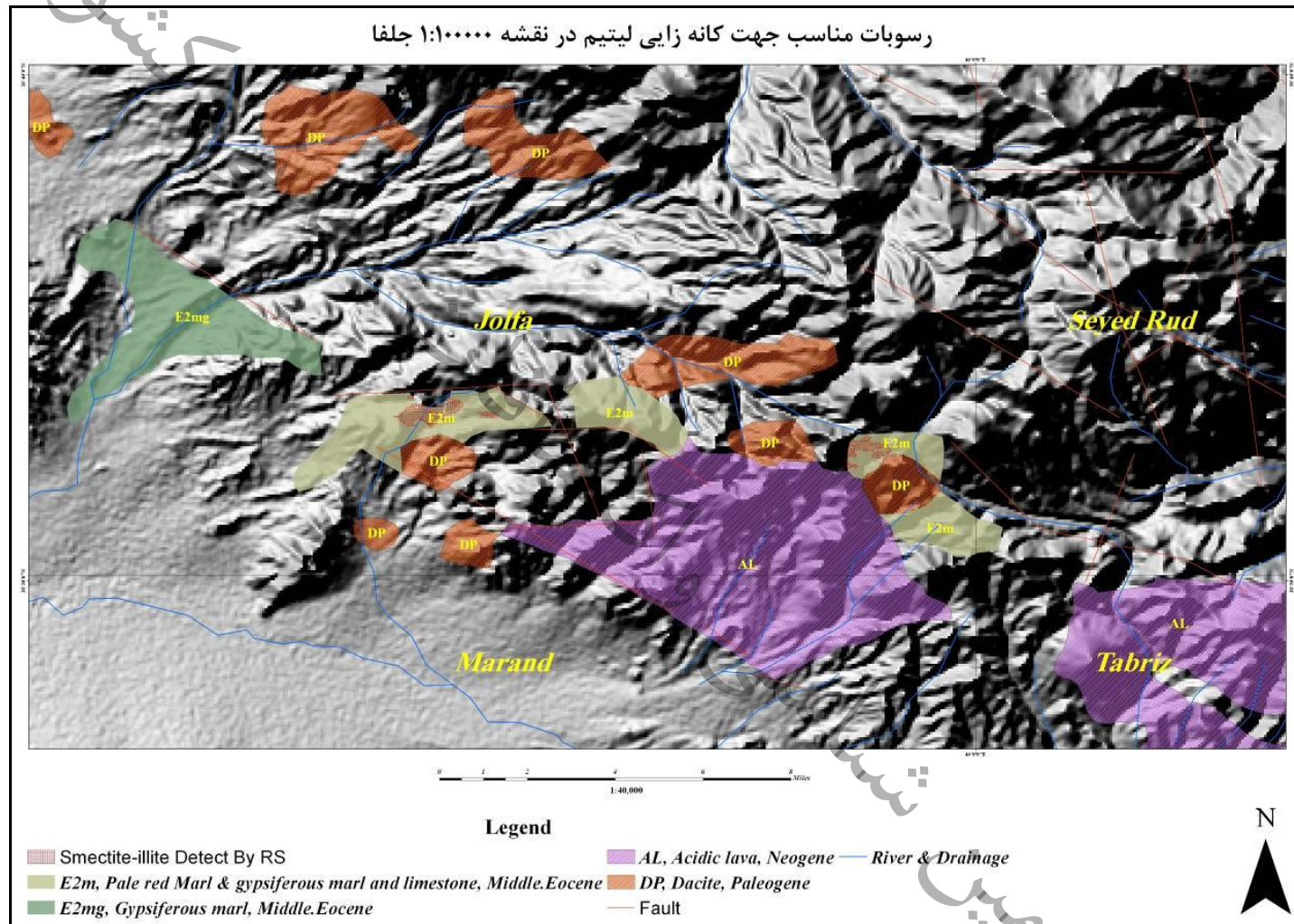
گسلهای اصلی در این منطقه عمدتاً روند شمال غرب - جنوب شرقی می باشند.

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)



شکل ۹۲- موقعیت سازندهای رسوبی مناسب اکتشاف لیتیم واقع در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ جغتای - صفی آباد

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)



شکل ۹۳- موقعیت سازندهای رسوبی مناسب اکتشاف لیتیم واقع در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ جلفا

۱-۴-۶- رسوبات مناسب کانه زایی لیتیم واقع در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ چوپانان - نخلک

این منطقه در زون ایران مرکزی واقع شده است. در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ چوپانان و نخلک دو محدوده رسوبی مناسب با ترکیب مارن و مارن گچ دار با میان لایه های ماسه سنگی (Murm) با سن میوسن و سازندهای قرمز پائینی (Olm.s.c) با سن الیگوسن دیده می شود که در پایین دست سنگهای ولکانیک آندزیت - داسیتی پالئوژن و گرانیت‌های پالئوژن واقع شده اند (همچنین سازندهای قم (Omq) و پهنه های رسی کواترنری (Qcf) نیز در این محدوده دیده می شوند که از اهمیت کمتری برخوردار می باشند) و تنها دو بخشی از این رسوبات با توجه به بررسی داده های ماهواره ای استر دارای کانیه‌های رسی ایلیت - اسمکتیت می باشد که در بخش غربی در سازند Murm و بخش شرقی سازند قرمز پائینی واقع شده و می توان این بخش را به عنوان محدوده مناسب جهت مطالعات اکتشافی لیتیم در نظر گرفت (شکل ۹۴).

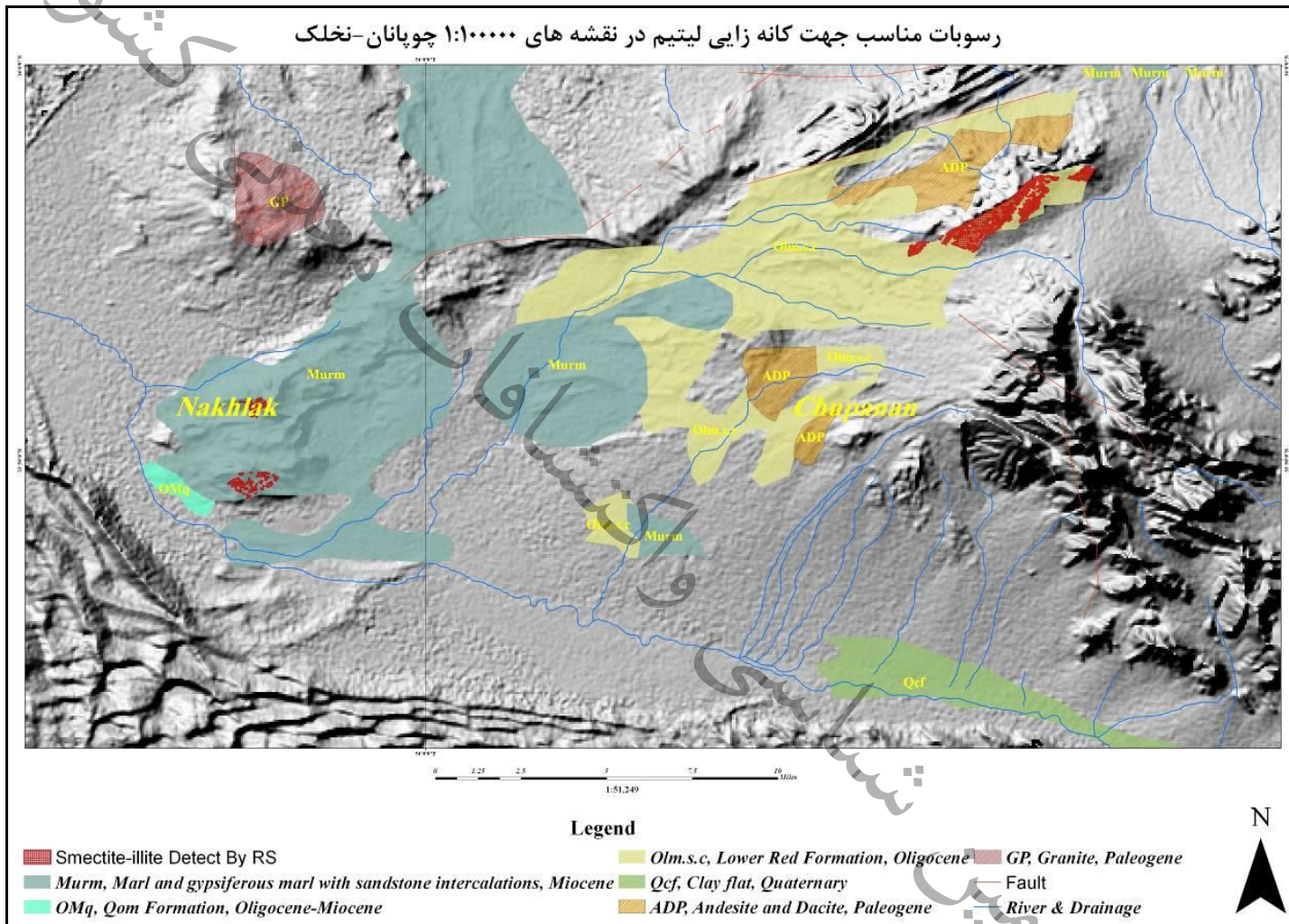
گسل‌های اصلی در این منطقه عمدتاً روند شمال شرق - جنوب غرب می باشند.

۱-۴-۷- رسوبات مناسب کانه زایی لیتیم واقع در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ خضرآباد - ده شیر

این منطقه در زون ایران مرکزی واقع شده است. در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ خضر آباد و ده شیر سه محدوده رسوبی مناسب با عنوان سازندهای قرمز بالایی (Mur) با سن الیگوسن دیده می شود که در پایین دست سنگهای ولکانیک داسیتی نئوژن و گرانیت‌های پالئوژن واقع شده اند و تنها یک بخشی از این رسوبات با توجه به بررسی داده های ماهواره ای استر دارای کانیه‌های رسی ایلیت - اسمکتیت می باشد که در غربی ترین بخش این رسوبات (در نقشه خضرآباد) و در پایین دست گرانیت‌ها واقع شده و می توان این بخش را به عنوان محدوده مناسب جهت مطالعات اکتشافی لیتیم در نظر گرفت (شکل ۹۵).

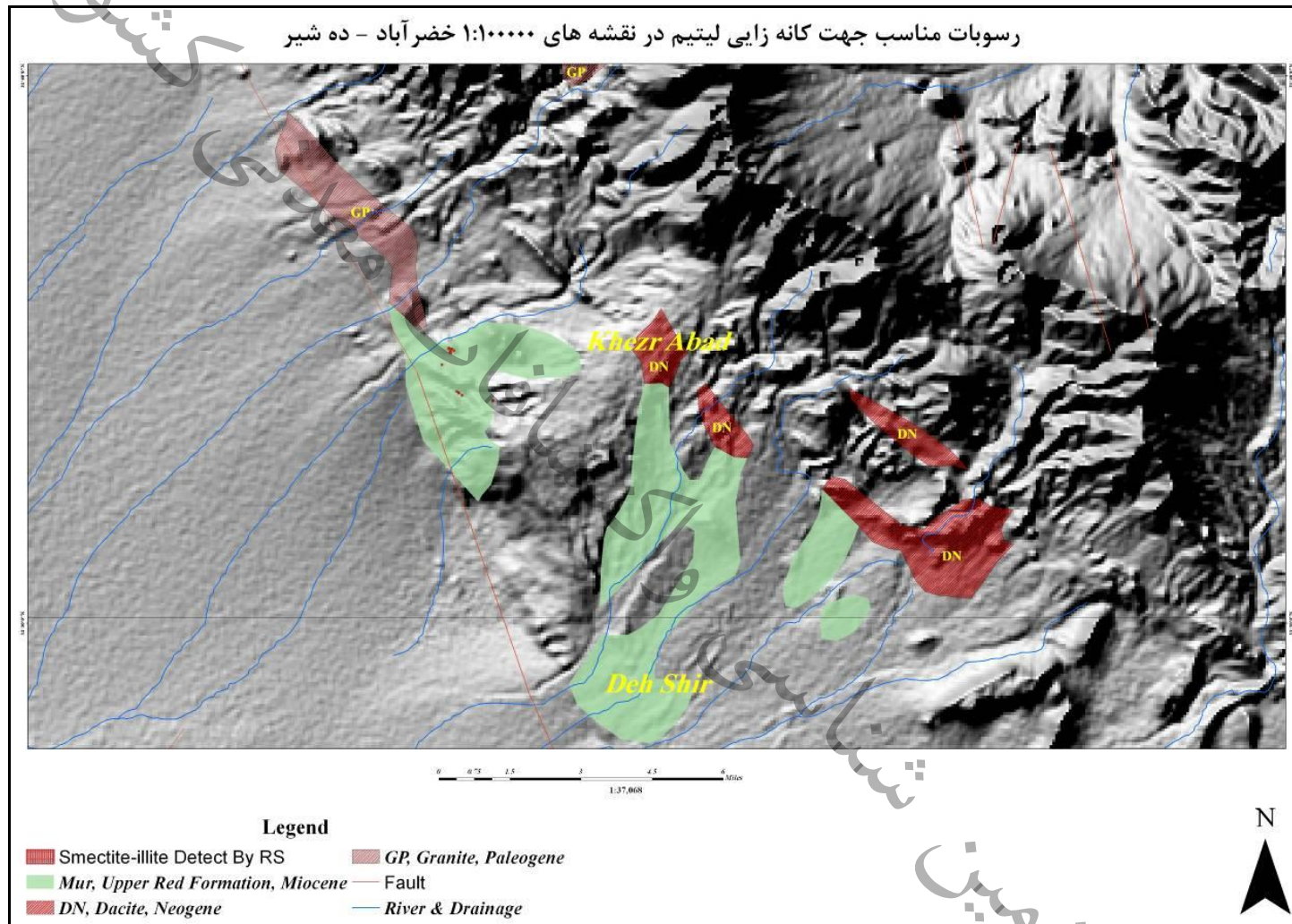
گسل‌های اصلی در این منطقه عمدتاً روند شمال غرب - جنوب شرق دارند.

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)



شکل ۹۴- موقعیت سازندهای رسوبی مناسب اکتشاف لیتیم واقع در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ چوپانان - نخلک

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)



شکل ۹۵- موقعیت سازندهای رسوبی مناسب اکتشاف لیتیم واقع در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ خضرآباد - ده شیر

۱-۴-۸- رسوبات مناسب کانه زایی لیتیم واقع در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ خور

این منطقه در زون ایران مرکزی واقع شده است. در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ خور چندین محدوده رسوبی مناسب با مارن و مارنهای گچدار با میان لایه های ماسه سنگی (Murm) با سن میوسن دیده می شود که در پایین دست سنگهای ولکانیک آندزیت - داسیتی پالئوژن واقع شده اند و تنها یک بخشی از این رسوبات با توجه به بررسی داده های ماهواره ای استر دارای کانیهای رسی ایلیت - اسمکتیت می باشد که در شرقی ترین بخش این رسوبات واقع شده است را می توان به عنوان محدوده مناسب جهت مطالعات اکتشافی لیتیم در نظر گرفت (شکل ۹۶).

گسلهای اصلی در این منطقه عمدتاً روند شمال شرق - جنوب غرب دارند.

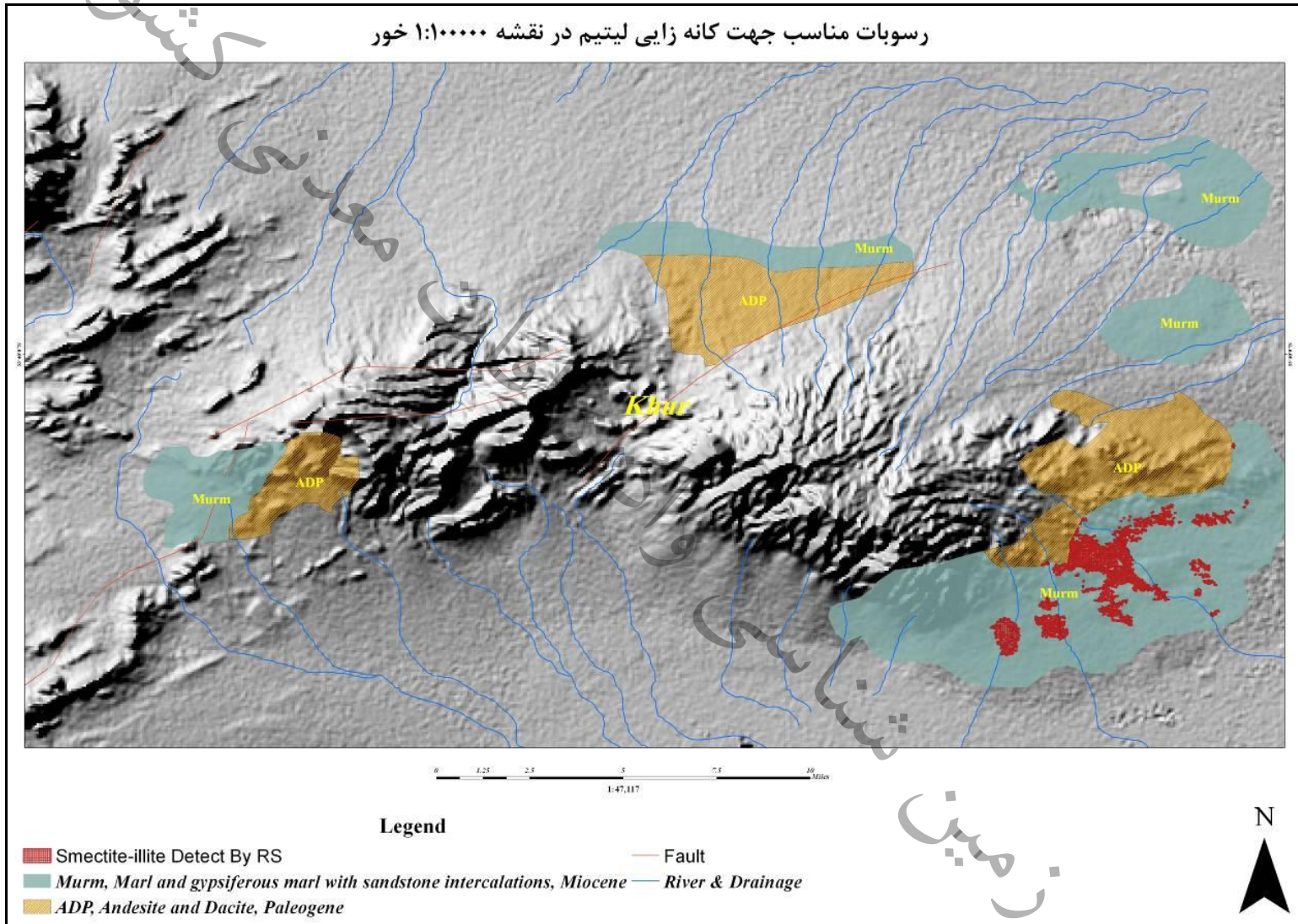
۱-۴-۹- رسوبات مناسب کانه زایی لیتیم واقع در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ داورزن - باشتین - سبزوار

این منطقه در زون البرز واقع شده است. در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ داورزن، باشتین و سبزوار چندین محدوده رسوبی مناسب با ترکیبات مارنی به همراه لایمستون و ماسه سنگ (E3m) با سن ائوسن پایانی، مارن گچدار (Murmg) با سن میوسن و پهنه های رسی دوران کواترنری (Qcf) دیده می شود که در پایین دست سنگهای ولکانیک داسیتی پالئوژن و نئوژن واقع شده اند و تنها یک سازند از این رسوبات با توجه به بررسی داده های ماهواره ای استر دارای کانیهای رسی ایلیت - اسمکتیت می باشد که عبارت است از سازندهای مارنی گچ دار (Murmg) در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ باشتین، که می توان آنها را به عنوان محدوده مناسب جهت مطالعات اکتشافی لیتیم در نظر گرفت (شکل ۹۷).

گسلهای اصلی در این منطقه عمدتاً روند شمال غرب - جنوب شرقی دارند.

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

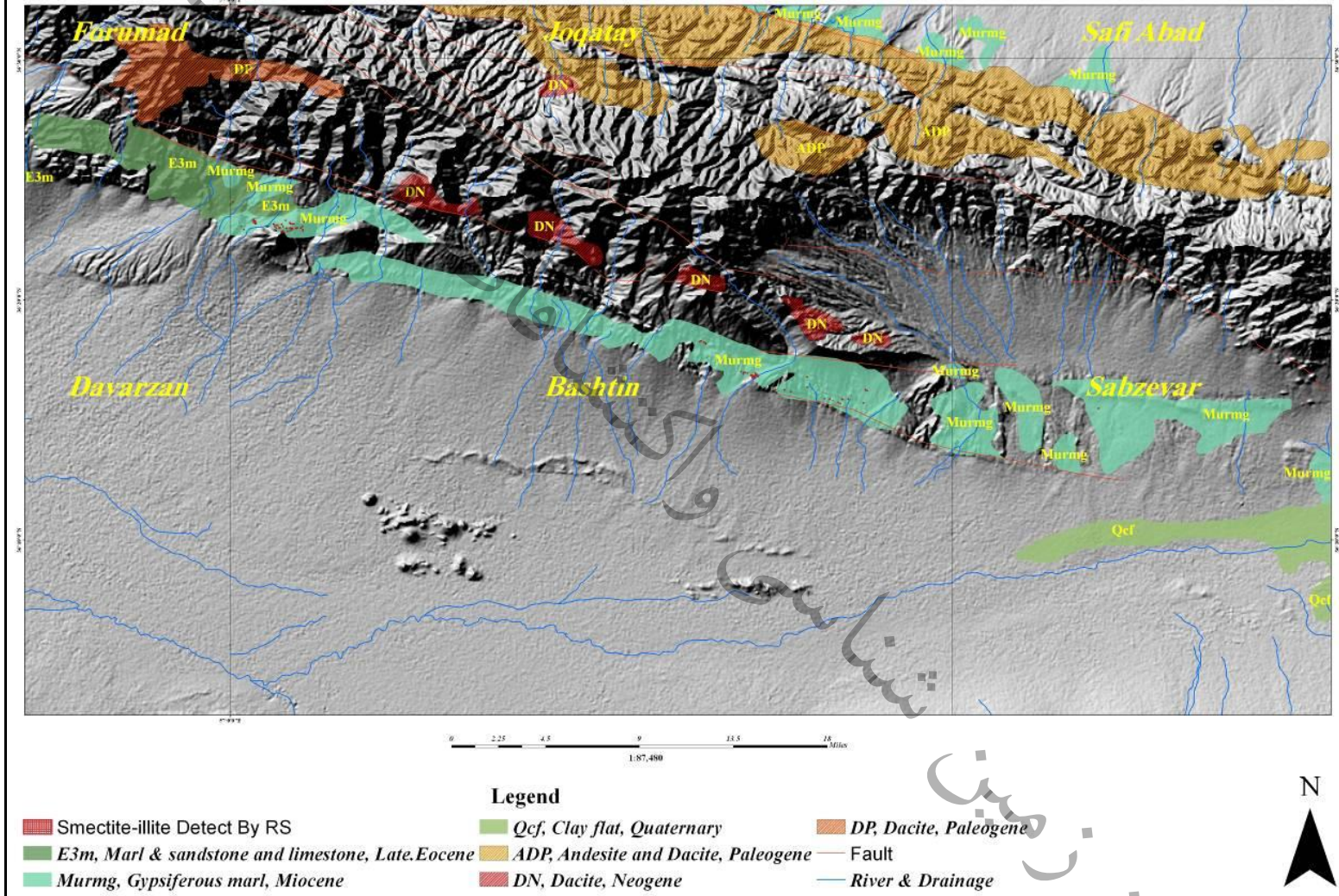
رسوبات مناسب جهت گانه زایی لیتیم در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ خور



شکل ۹۶- موقعیت سازندهای رسوبی مناسب اکتشاف لیتیم واقع در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ خور

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

رسوبات مناسب جهت کانه زایی لیتیم در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ داورزن-باشتین-سبزوار



شکل ۹۷- موقعیت سازندهای رسوبی مناسب اکتشاف لیتیم واقع در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ داورزن-باشتین - سبزوار

۱-۴-۱۰- رسوبات مناسب کانه زایی لیتیم واقع در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ دریاچه نمک - سیاه کوه

این منطقه در زون ایران مرکزی واقع شده است. در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ دریاچه نمک و سیاه کوه چندین محدوده رسوبی مناسب با ترکیبات مارنهای گچ دار (Murmg) با سن میوسن، سازند قم (OMq) با سن الیگوسن - میوسن، سازند قرمز بالایی (Mur) با سن میوسن و پهنه های رسی دوران کواترنری (Qcf) دیده می شود که در پایین دست سنگهای ولکانیکی آندزیت - داسیتی و داسیتی پالئوژن واقع شده اند و تنها دو سازند از این رسوبات با توجه به بررسی داده های ماهواره ای استر دارای کانیهای رسی ایلیت - اسمکتیت می باشد که عبارت است از سازندهای قم در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ سیاه کوه که در پایین دست سنگهای داسیتی واقع شده است و سازند قرمز بالایی در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ سیاه کوه که این رسوبات نیز در پائین دست سنگهای ولکانیکی داسیتی دیده می شوند، که می توان آنها را به عنوان محدوده مناسب جهت مطالعات اکتشافی لیتیم در نظر گرفت (شکل ۹۸).

گسلهای اصلی در این منطقه عمدتاً روند شمال غربی - جنوب شرقی دارند.

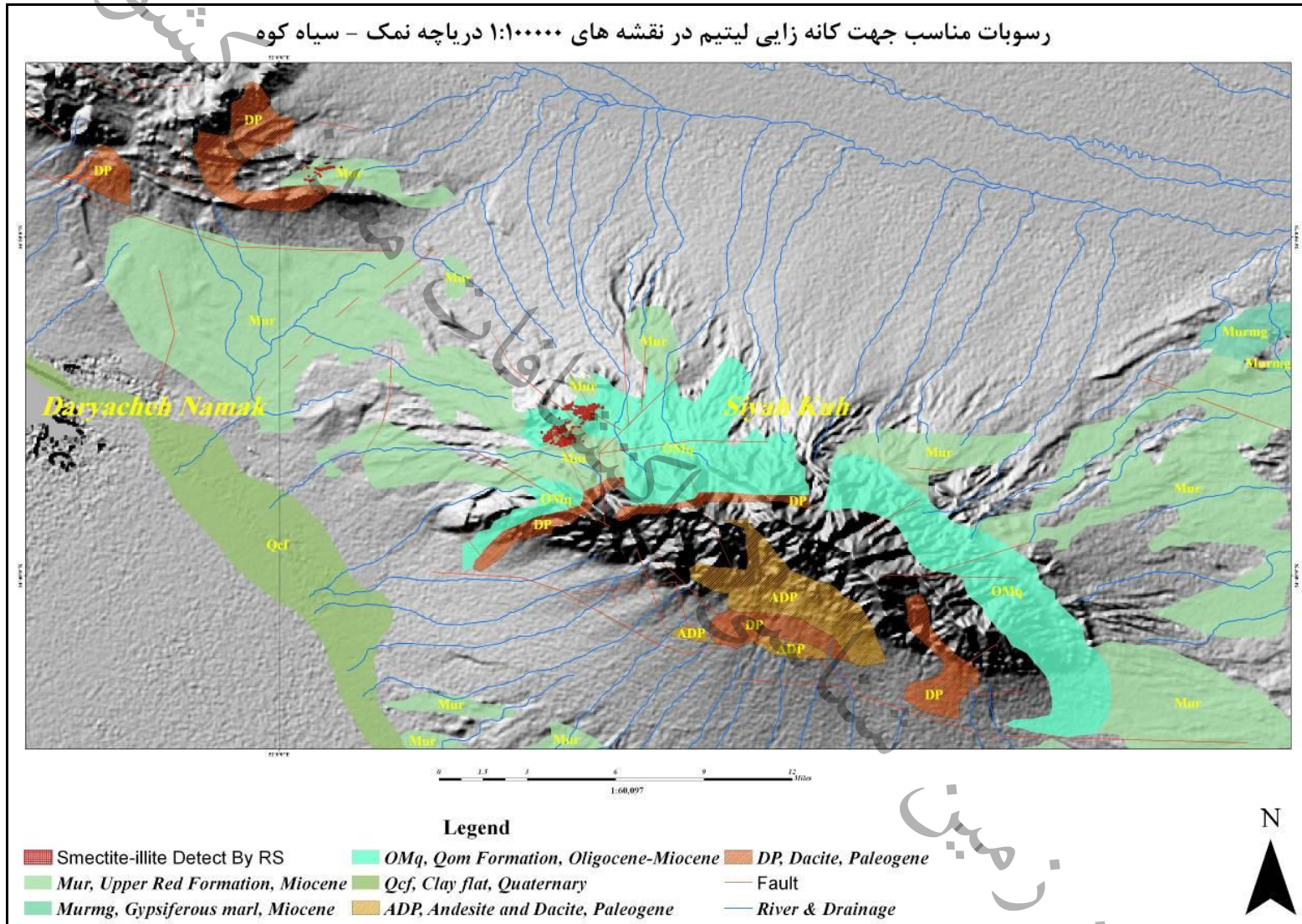
۱-۴-۱۱- رسوبات مناسب کانه زایی لیتیم واقع در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ رحمان آباد

این منطقه در زون ایران مرکزی واقع شده است. در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ رحمان آباد دو محیط مناسب با ترکیبات سازند قرمز بالایی (Mur) با سن میوسن و پهنه های رسی دوران کواترنری (Qcf) دیده می شود که در پایین دست سنگهای ولکانیکی آندزیت - داسیتی و ریولیتی پالئوژن واقع شده اند و تنها قسمت جنوبی سازند قرمز بالایی از این رسوبات با توجه به بررسی داده های ماهواره ای استر دارای کانیهای رسی ایلیت - اسمکتیت می باشد که می توان آنها را به عنوان محدوده مناسب جهت مطالعات اکتشافی لیتیم در نظر گرفت (شکل ۹۹).

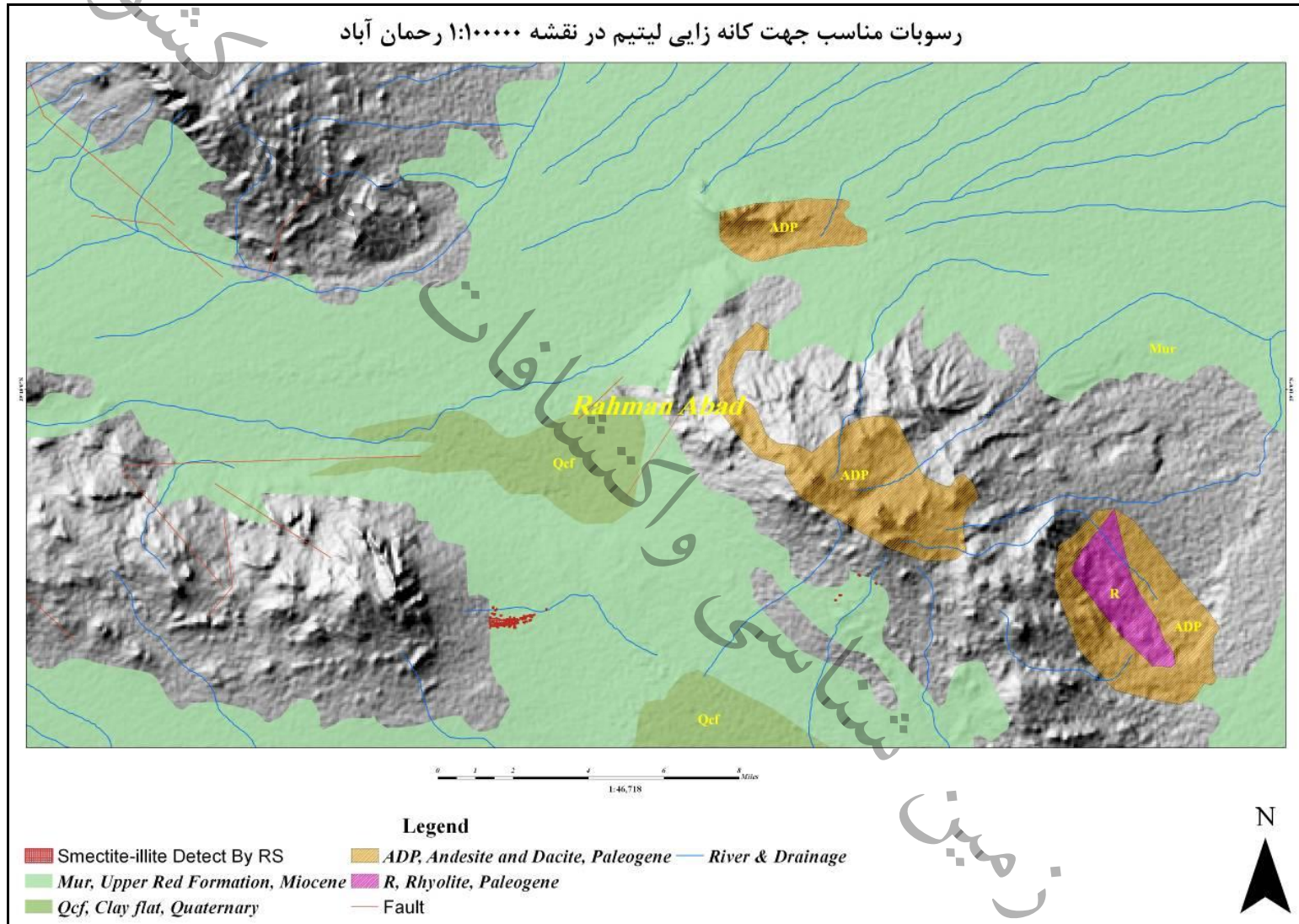
گسلهای اصلی در این منطقه عمدتاً روند شمال غربی - جنوب شرقی، و تعدادی نیز روند شمال شرق -

جنوب غربی دارند.

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)



شکل ۹۸- موقعیت سازندهای رسوبی مناسب اکتشاف لیتیم واقع در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ دریاچه نمک - سیاه کوه



شکل ۹۹- موقعیت سازندهای رسوبی مناسب اکتشاف لیتیم واقع در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ رحمان آباد

۱-۴-۱۲- رسوبات مناسب کانه زایی لیتیم واقع در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ زواره

این منطقه در زون ایران مرکزی واقع شده است. در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ زواره تنها یک محیط مناسب با عنوان سازند قم (OMq) با سن الیگوسن - میوسن دیده می‌شود که در پایین دست سنگهای ولکانیکی آندزیت - داسیتی پالئوژن واقع شده اند و تنها قسمت غربی این سازند با توجه به بررسی داده های ماهواره ای استر دارای کانیهای رسی ایلیت - اسمکتیت می باشد که می توان آنها را به عنوان محدوده مناسب جهت مطالعات اکتشافی لیتیم در نظر گرفت (شکل ۱۰۰).

گسلهای اصلی در این منطقه عمدتاً روند شمال غربی - جنوب شرقی تا شرقی - غربی دارند.

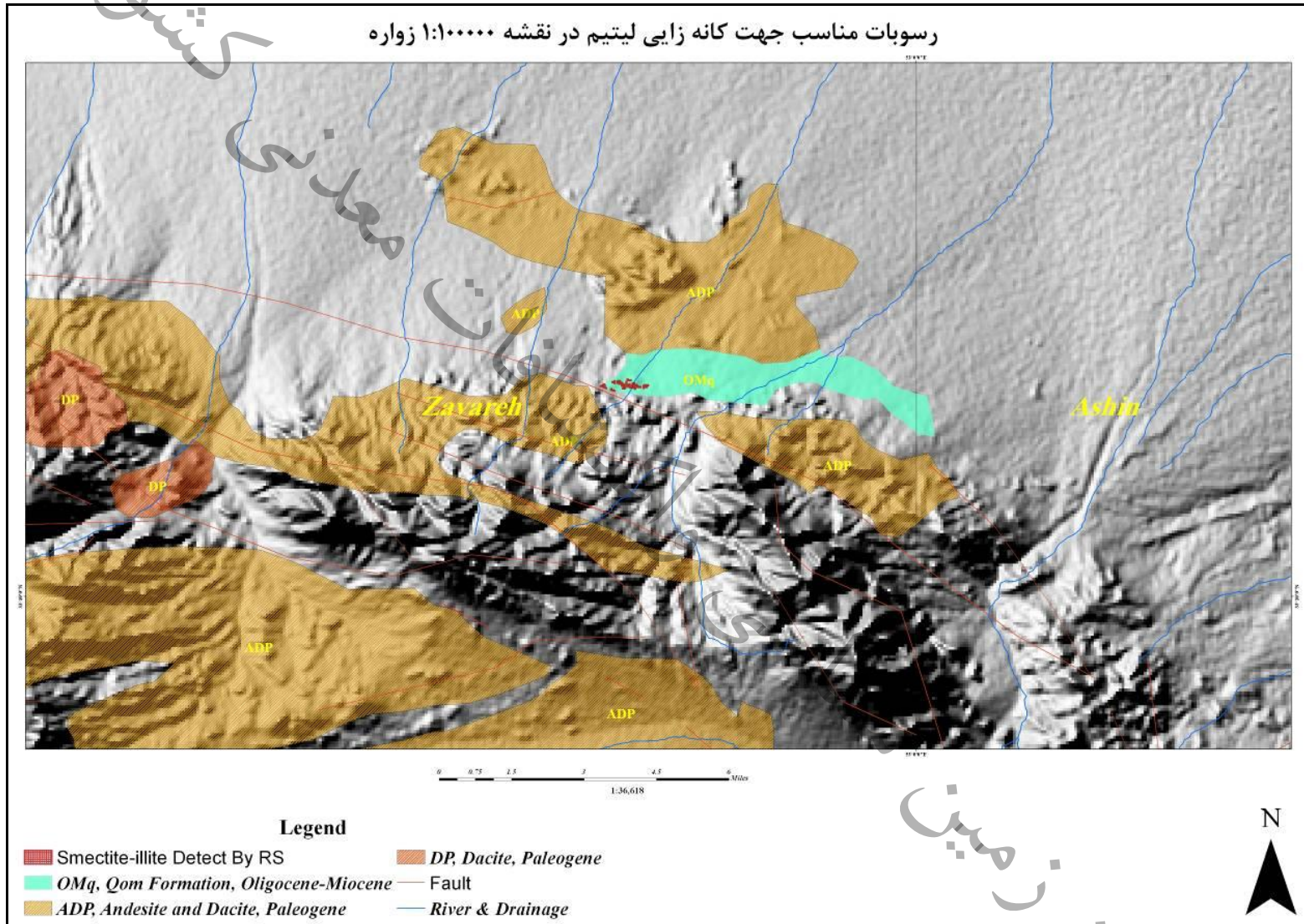
۱-۴-۱۳- رسوبات مناسب کانه زایی لیتیم واقع در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ سه چنگی و جنوب سه

چنگی

این منطقه در زون ایران مرکزی واقع شده است. در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ سه چنگی و جنوب سه چنگی تنها یک محیط مناسب با ترکیب مارنی و آهکها و مارنهای گچ دار (Elm) با سن میوسن آغازین دیده می‌شود که در پایین دست سنگهای ولکانیکی آندزیت - داسیتی و ریولیتی پالئوژن واقع شده اند و با توجه به بررسی داده های ماهواره ای استر هر سه محدوده سازند Elm واقع در این دو نقشه، دارای کانیهای رسی ایلیت - اسمکتیت می باشد، که می توان آنها را به عنوان محدوده مناسب جهت مطالعات اکتشافی لیتیم در نظر گرفت (شکل ۱۰۱).

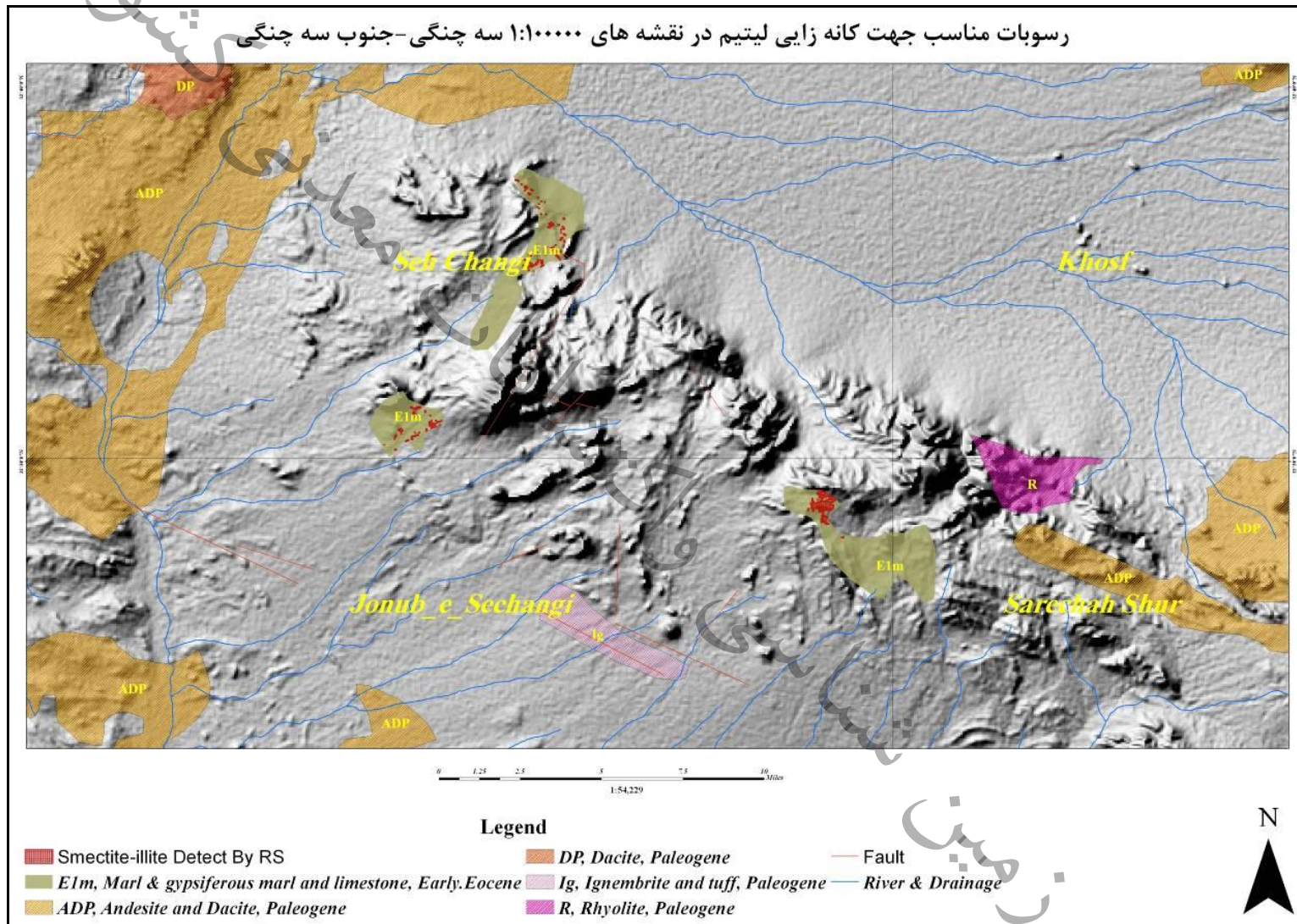
گسلهای اصلی در این منطقه عمدتاً روند شمال غربی - جنوب شرقی دارند.

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)



شکل ۱۰۰- موقعیت سازندهای رسوبی مناسب اکتشاف لیتیم واقع در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ زواره

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)



شکل ۱۰۱- موقعیت سازندهای رسوبی مناسب اکتشاف لیتیم واقع در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰۰ سه چنگی و جنوب سه چنگی

۱-۴-۱۴- رسوبات مناسب کانه زایی لیتیم واقع در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ سهل آباد

این منطقه در زون ایران مرکزی واقع شده است. در شمال نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ سهل آباد تنها دو محیط مناسب با ترکیب مارنی، مارنهای گچ دار و آهکها (Pem) با سن پالئوسن و پهنه های رسی دوران کواترنری (Qcf) دیده می شود که در پایین دست گدازه های اسیدی نئوژن واقع شده اند و با توجه به بررسی داده های ماهواره ای استر تنها محدوده سازند Pem واقع در این نقشه، دارای کانیهای رسی ایلیت - اسمکتیت می باشد، که می توان آنها را به عنوان محدوده مناسب جهت مطالعات اکتشافی لیتیم در نظر گرفت (شکل ۱۰۲).

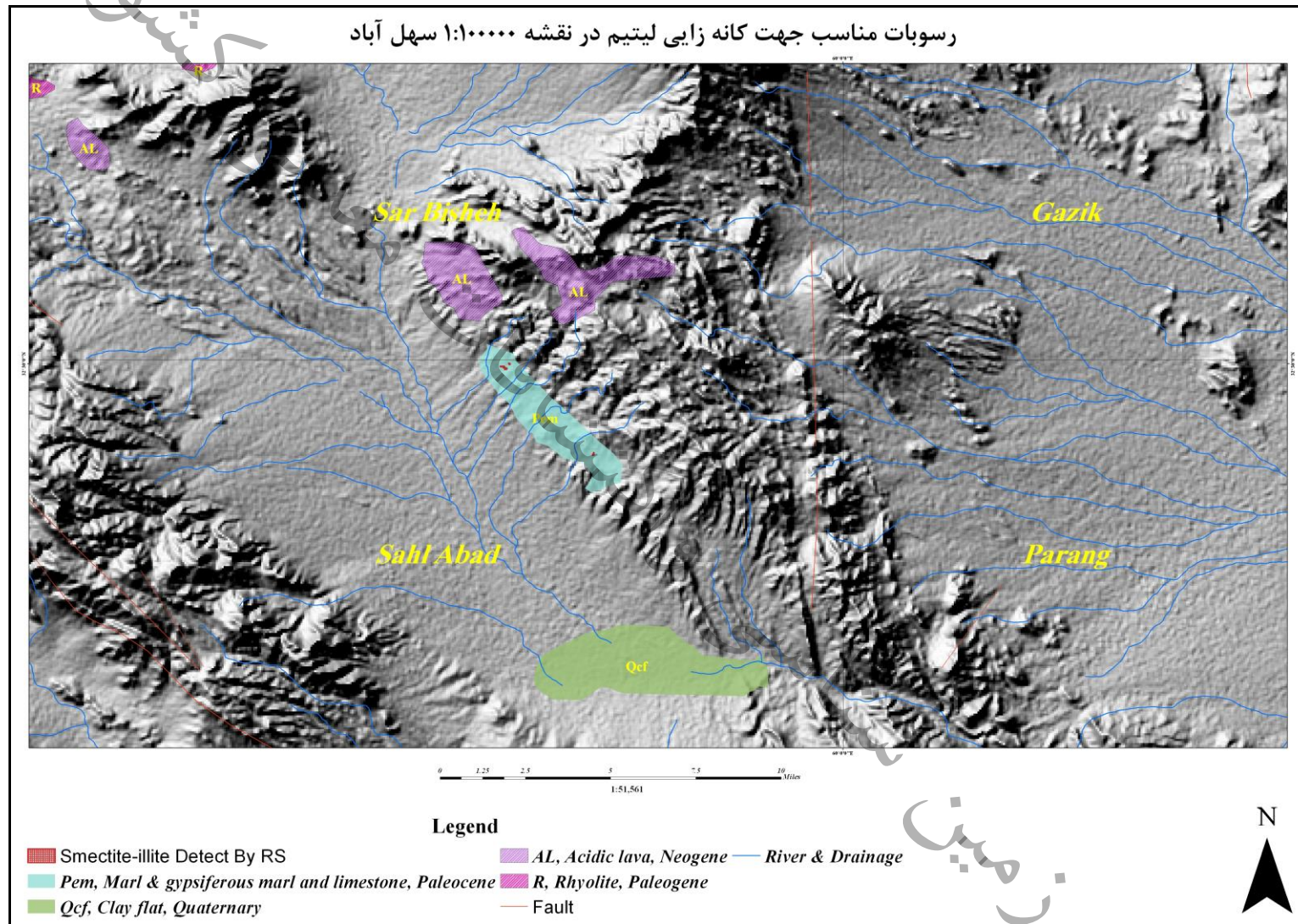
گسلهای اصلی در این منطقه عمدتاً روند شمال غربی - جنوب شرقی و شمالی - جنوبی دارند.

۱-۴-۱۵- رسوبات مناسب کانه زایی لیتیم واقع در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ فرمیهن - تفرش

این منطقه در زون ایران مرکزی واقع شده است. در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ فرمیهن و تفرش، تنها سه سازند مناسب با عنوان سازند قم (OMq) با سن الیگوسن - میوسن، سازند قرمز بالایی (Mur) با سن میوسن و سازند قرمز زیرین (Olm.s.c) با سن الیگوسن دیده می شود که در پایین دست سنگهای ولکانیکی آندزیت - داسیتی پالئوژن واقع شده اند و تنها دو سازند قم و قرمز بالایی در قسمت همجوار سنگهای ولکانیکی در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ فرمیهن، با توجه به بررسی داده های ماهواره ای استر دارای کانیهای رسی ایلیت - اسمکتیت می باشد که می توان آنها را به عنوان محدوده مناسب جهت مطالعات اکتشافی لیتیم در نظر گرفت (شکل ۱۰۳).

گسلهای اصلی در این منطقه عمدتاً روند شمال غربی - جنوب شرقی دارند.

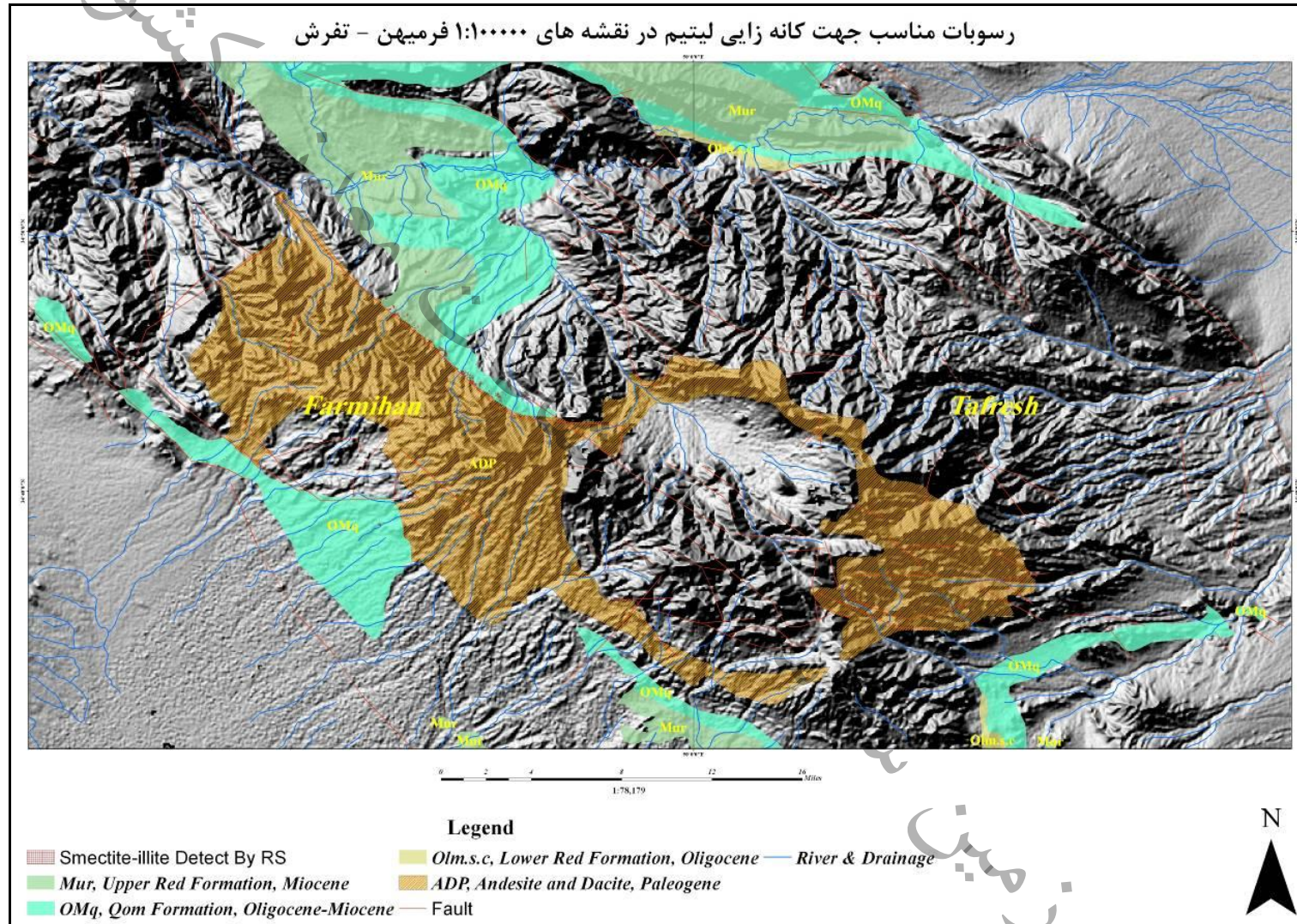
امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)



شکل ۱۰۲- موقعیت سازندهای رسوبی مناسب اکتشاف لیتیم واقع در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ سهل آباد

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

رسوبات مناسب جهت کانه زایی لیتیم در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ فرمیهن - تفرش



شکل ۱۰۳- موقعیت سازندهای رسوبی مناسب اکتشاف لیتیم واقع در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ فرمیهن - تفرش

۱-۴-۱۶- رسوبات مناسب کانه زایی لیتیم واقع در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ قله سردار

این منطقه در زون ایران مرکزی واقع شده است. در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ قله سردار، تنها سه سازند مناسب با عنوان سازند قم (OMq) با سن الیگوسن - میوسن، سازند قرمز بالایی (Mur) با سن میوسن و پهنه های رسی دوران کواترنری (Qcf) دیده می شود که در پایین دست سنگهای ولکانیکی آندزیت - داسیتی و داسیتی پالئوژن واقع شده اند و تنها سازند قم در قسمت همجوار سنگهای ولکانیکی آندزیتی - داسیتی در جنوب نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ قله سردار، با توجه به بررسی داده های ماهواره ای استر دارای کانیهای رسی ایلیت - اسمکتیت می باشد که می توان آنها را به عنوان محدوده مناسب جهت مطالعات اکتشافی لیتیم در نظر گرفت (شکل ۱۰۴).

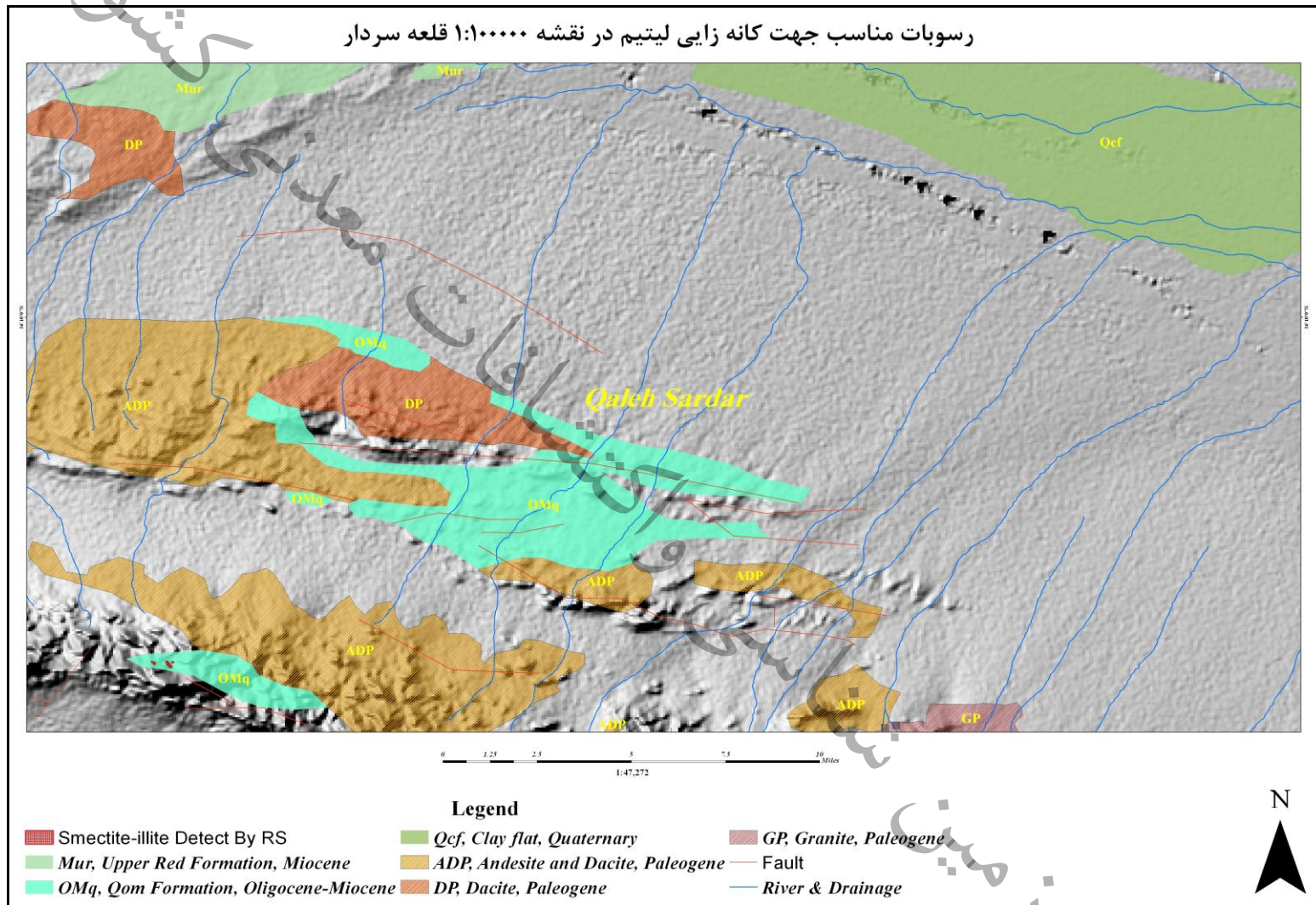
گسلهای اصلی در این منطقه عمدتاً روند شرقی- غربی دارند.

۱-۴-۱۷- رسوبات مناسب کانه زایی لیتیم واقع در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ قم- کهک - سراج و آران

این منطقه در زون ایران مرکزی واقع شده است. در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ قم، کهک، سراج و آران، تنها چهار سازند مناسب با عنوان سازند قم (OMq) با سن الیگوسن - میوسن، سازند قرمز بالایی (Mur) با سن میوسن، سازند قرمز زیرین (Olm.S.C) با سن الیگوسن و پهنه های رسی دوران کواترنری (Qcf) دیده می شود که در پایین دست سنگهای گرانیتی نئوژن و پالئوژن واقع شده اند و تنها دو سازند قم و قرمز بالایی واقع در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ قم، با توجه به بررسی داده های ماهواره ای استر دارای کانیهای رسی ایلیت - اسمکتیت می باشد که می توان آنها را به عنوان محدوده مناسب جهت مطالعات اکتشافی لیتیم در نظر گرفت (شکل ۱۰۵).

گسلهای اصلی در این منطقه عمدتاً روند شمال غربی - جنوب شرقی دارند.

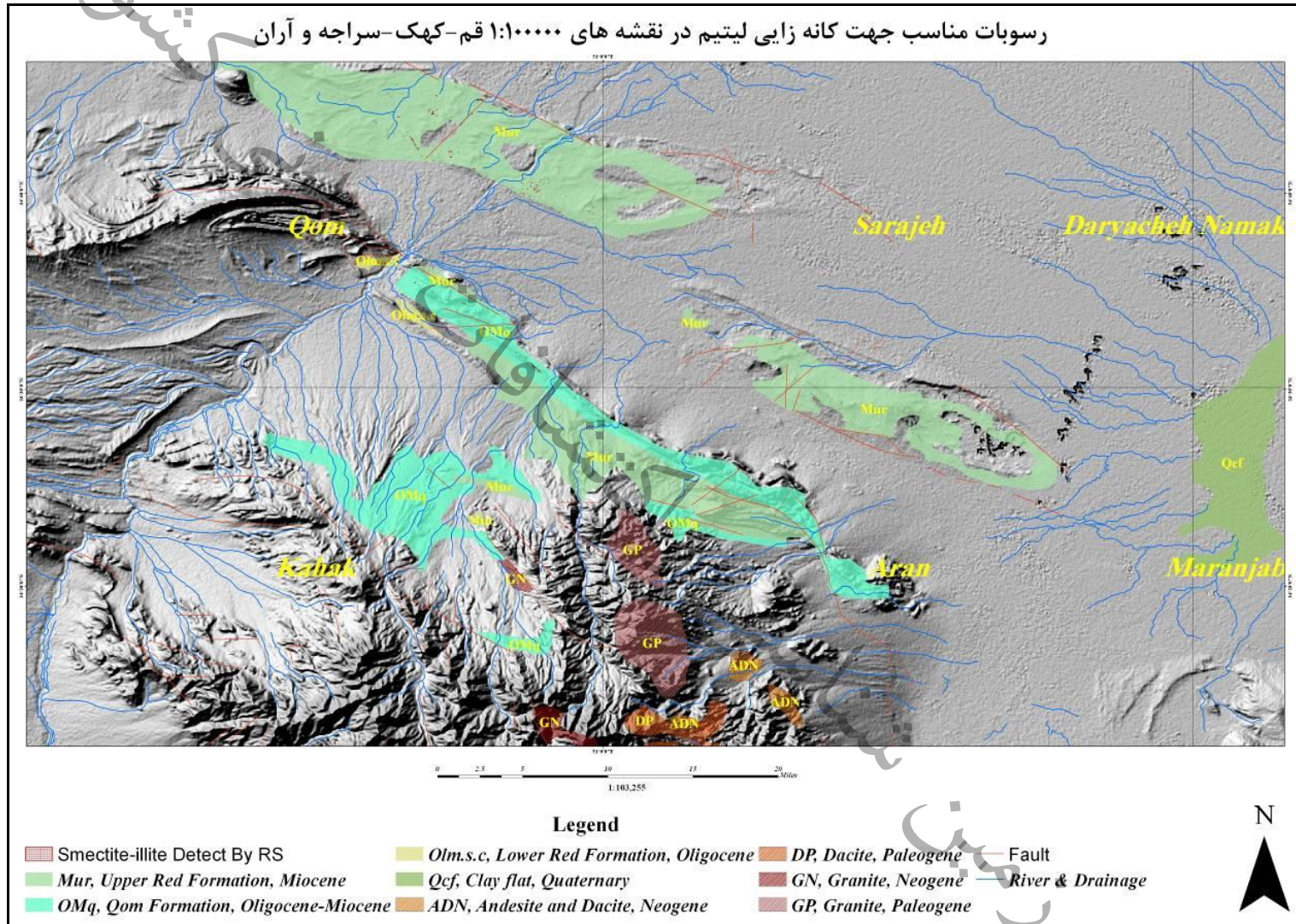
امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)



شکل ۱۰۴- موقعیت سازندهای رسوبی مناسب اکتشاف لیتیم واقع در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ قلعه سردار

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

رسوبات مناسب جهت کانه زایی لیتیم در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ قم-کهک-سراجه و آران



شکل ۱۰۵- موقعیت سازندهای رسوبی مناسب اکتشاف لیتیم واقع در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ قم- کهک - سراجه و آران

۱-۴-۱۸- رسوبات مناسب کانه زایی لیتیم واقع در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ انارک - کبودان

این منطقه در زون ایران مرکزی واقع شده است. در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ انارک و کبودان، تنها دو سازند مناسب با عنوان سازند قرمز زیرین (Olm.S.C) با سن الیگوسن و پهنه های رسی دوران کواترنری (Qcf) دیده می شود که در پایین دست سنگهای گرانیتی پالئوژن و سنگهای ولکانیکی آندزیت- داسیتی پالئوژن واقع شده اند و تنها سازند قرمز زیرین واقع در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ کبودان در مجاورت سنگهای گرانیتی و آندزیت- داسیتی، با توجه به بررسی داده های ماهواره ای استر دارای کانیهای رسی ایلیت - اسمکتیت می باشد که می توان آنها را به عنوان محدوده مناسب جهت مطالعات اکتشافی لیتیم در نظر گرفت (شکل ۱۰۶).

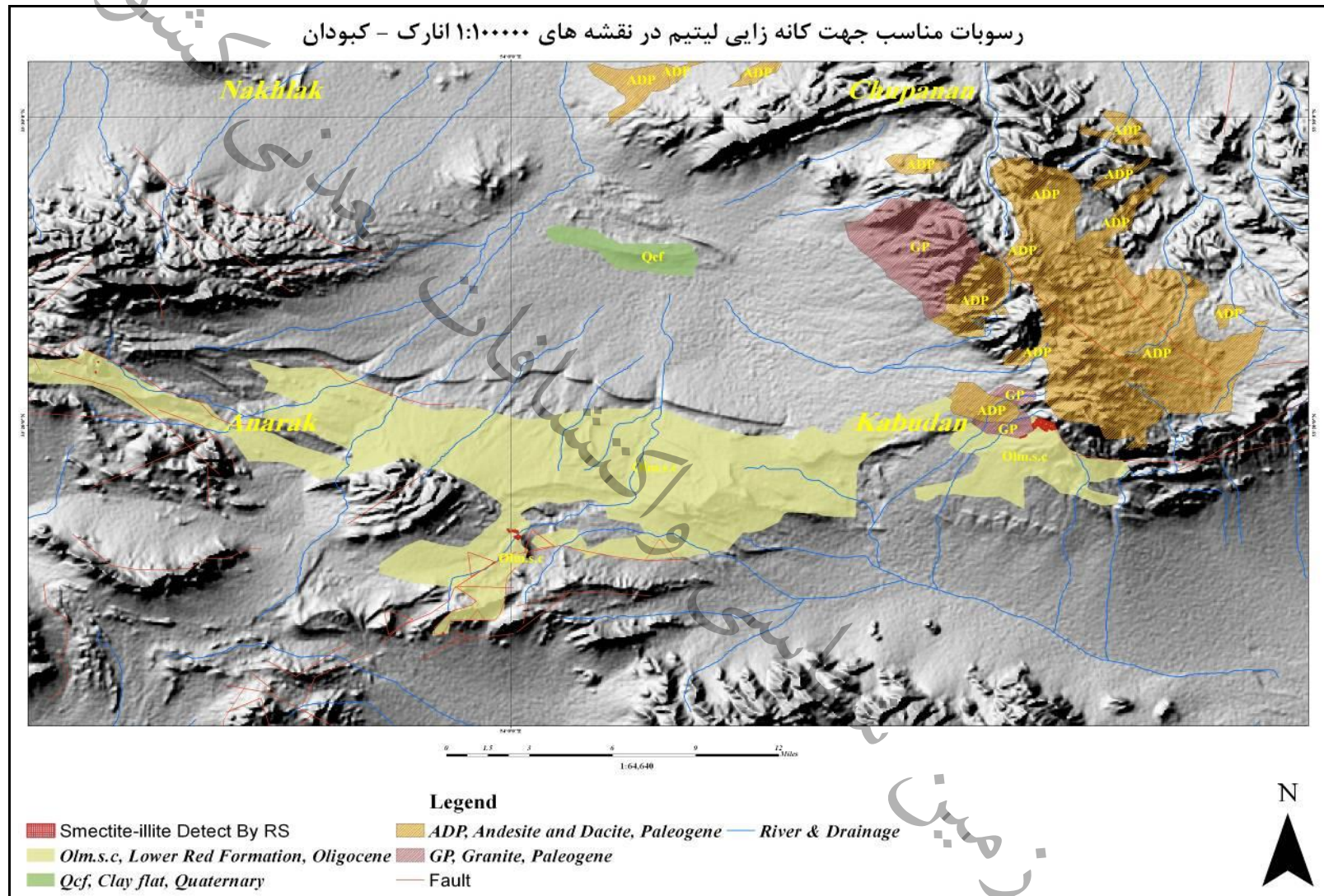
گسلهای اصلی در این منطقه عمدتاً روند شمال غربی - جنوب شرقی و نیز شرقی - غربی دارند.

۱-۴-۱۹- رسوبات مناسب کانه زایی لیتیم واقع در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ کوه یخاب

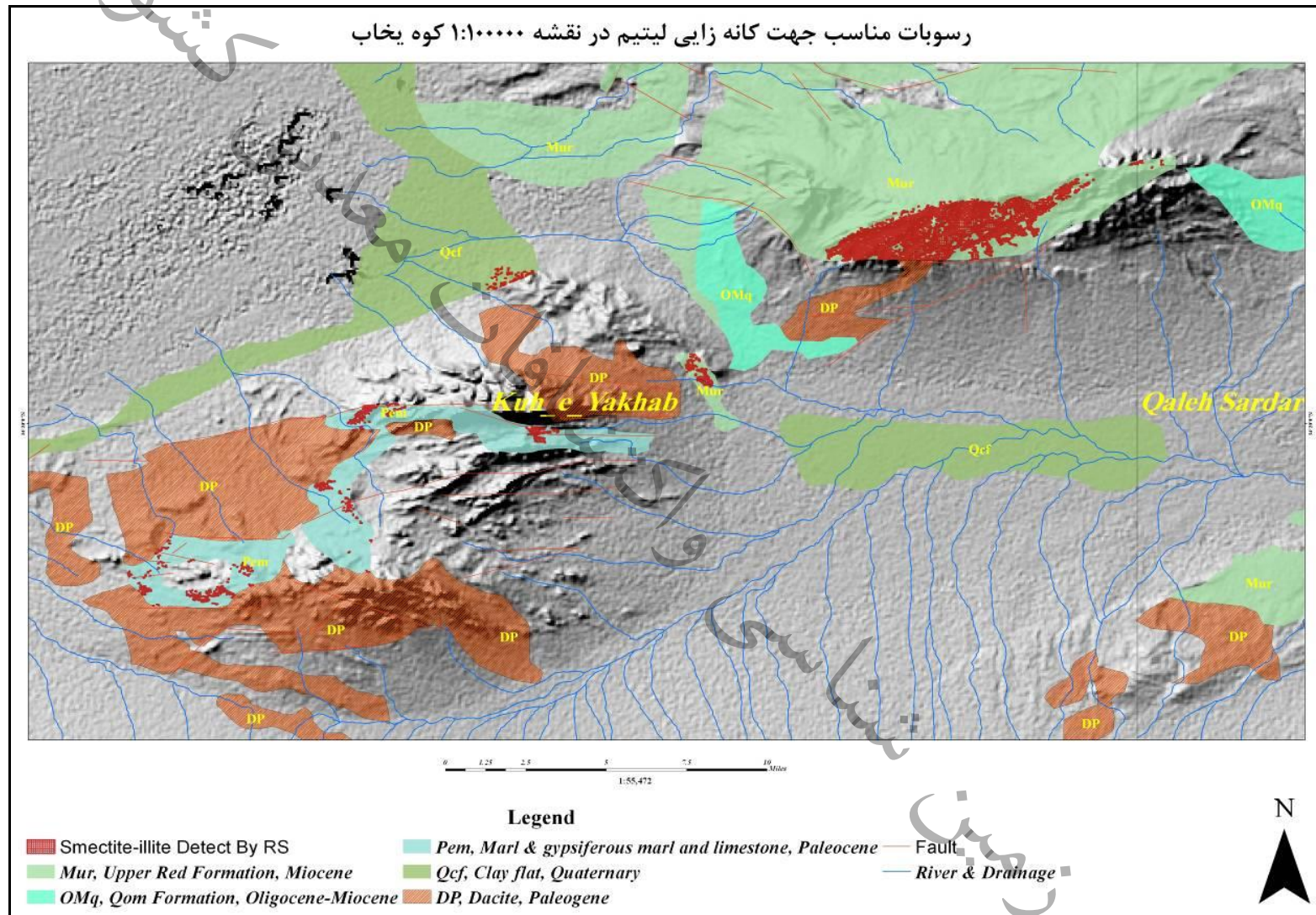
این منطقه در زون ایران مرکزی واقع شده است. در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ کوه یخاب، چهار سازند مناسب با عنوان سازند قرمز بالایی (Mur) با سن الیگوسن، سازند قم (OMq) با سن الیگوسن - میوسن، رسوبات مارن و آهکها و مارنهای گچ دار (Pem) و پهنه های رسی دوران کواترنری (Qcf) دیده می شود که در پایین دست سنگهای ولکانیکی داسیتی پالئوژن واقع شده اند و با توجه به بررسی داده های ماهواره ای استر، سه سازند قرمز بالایی، پهنه های رسی و سازند Pem در پایین دست سنگهای داسیتی، دارای کانیهای رسی ایلیت - اسمکتیت می باشد که می توان آنها را به عنوان محدوده مناسب جهت مطالعات اکتشافی لیتیم در نظر گرفت (شکل ۱۰۷).

گسلهای اصلی در این منطقه عمدتاً روند شمال غربی - جنوب شرقی و نیز شرقی - غربی دارند.

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)



شکل ۱۰۶- موقعیت سازندهای رسوبی مناسب اکتشاف لیتیم واقع در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ انارک - کبودان



شکل ۱۰۷- موقعیت سازندهای رسوبی مناسب اکتشاف لیتیم واقع در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ کوه یخاب

۱-۴-۲۰- رسوبات مناسب کانه زایی لیتیم واقع در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ گورسفید - زردو

این منطقه در زون سنندج - سیرجان واقع شده است. در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ گورسفید و زردو، تنها پهنه های رسی دوران کواترنری (Qcf) دیده می شود که در پایین دست سنگهای گرانیتی پالئوژن واقع شده اند و با توجه به بررسی داده های ماهواره ای استر، این پهنه های رسی در مجاورت این گرانیتها در نقشه گورسفید، دارای کانیهای رسی ایلیت - اسمکتیت می باشد که می توان آنها را به عنوان محدوده مناسب جهت مطالعات اکتشافی لیتیم در نظر گرفت (شکل ۱۰۸).

گسلهای اصلی در این منطقه عمدتاً روند شمال غربی - جنوب شرقی دارند.

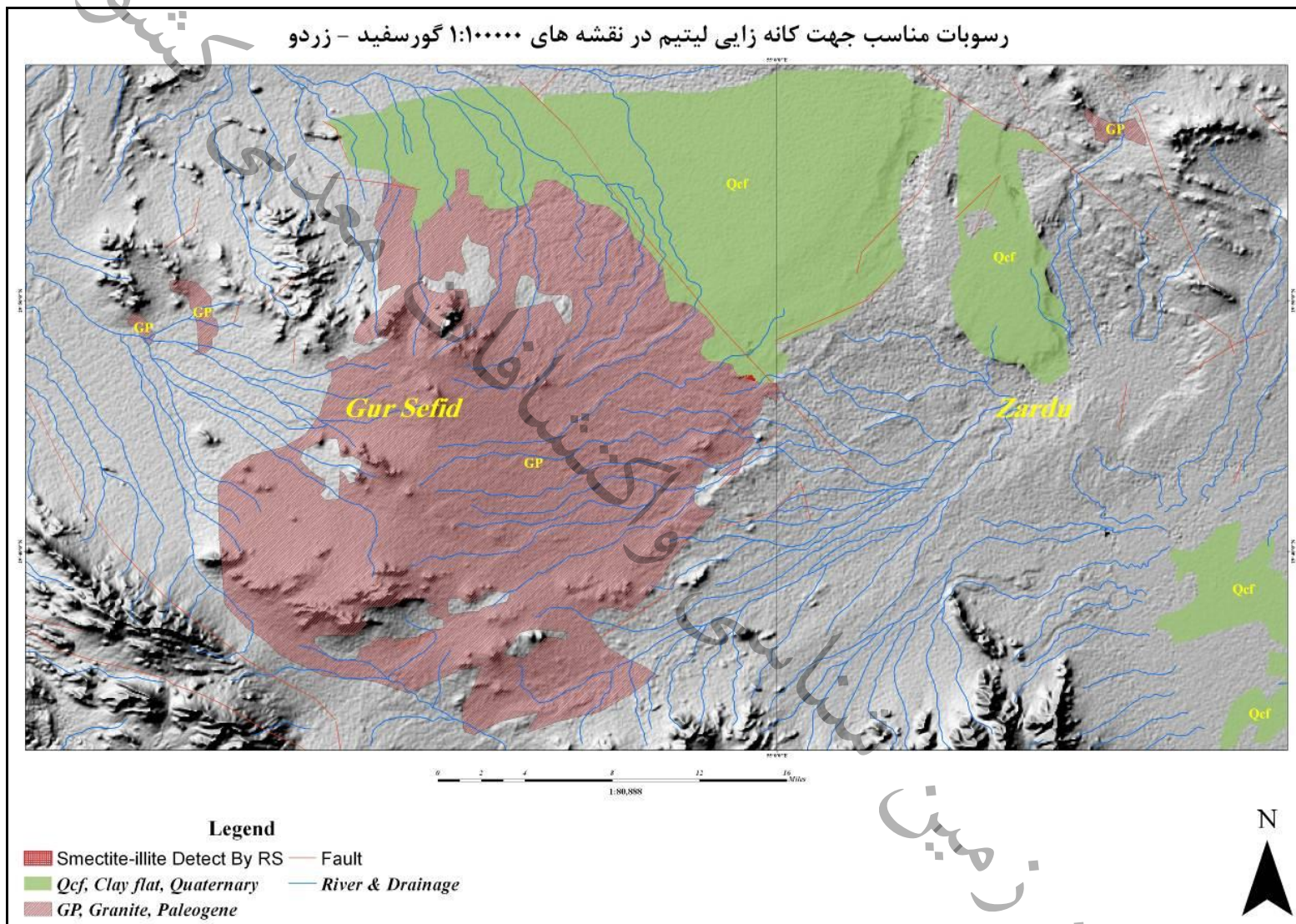
۱-۴-۲۱- رسوبات مناسب کانه زایی لیتیم واقع در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ لطیف

این منطقه در زون ایران مرکزی واقع شده است. در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ لطیف، تنها سه سازند قرمز بالایی (Mur) با سن الیگوسن، سازند قم (OMq) با سن الیگوسن - میوسن و رسوبات مارن و آهکها و مارنهای گچ دار (Pem) دیده می شود که در پایین دست سنگهای داسیتی پالئوژن واقع شده اند و با توجه به بررسی داده های ماهواره ای استر، تنها دو سازند قم و قرمز بالایی در مجاورت شمالی سنگهای داسیتی، دارای کانیهای رسی ایلیت - اسمکتیت می باشد که می توان آنها را به عنوان محدوده مناسب جهت مطالعات اکتشافی لیتیم در نظر گرفت (شکل ۱۰۹).

گسلهای اصلی در این منطقه عمدتاً روند شمال غربی - جنوب شرقی دارند.

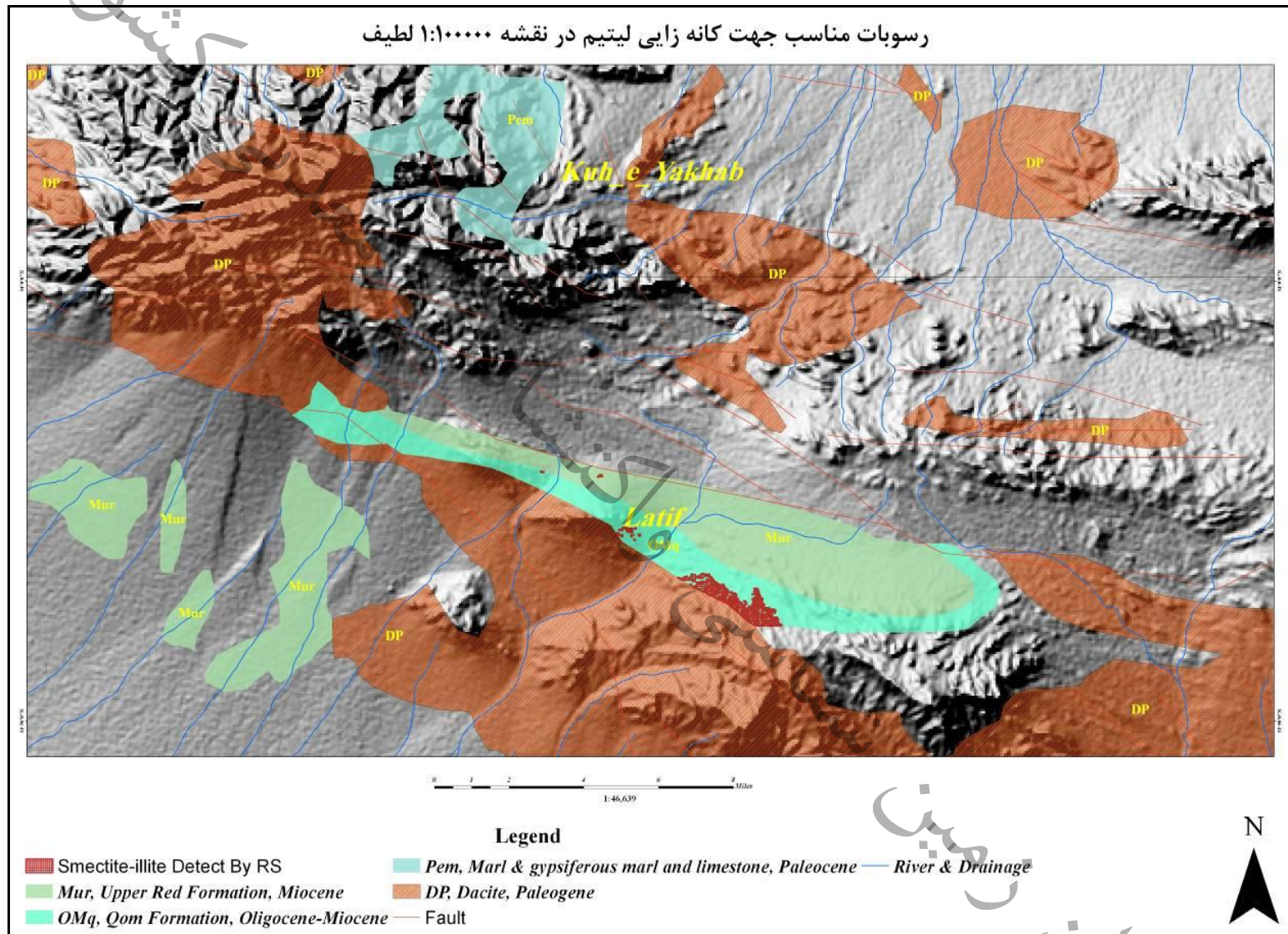
امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

رسوبات مناسب جهت کانه زایی لیتیم در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ گورسفید - زردو



شکل ۱۰۸ - موقعیت سازندهای رسوبی مناسب اکتشاف لیتیم واقع در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ گورسفید - زردو

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)



شکل ۱۰۹ - موقعیت سازندهای رسوبی مناسب اکتشاف لیتیم واقع در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ لطیف

۱-۴-۲۲- رسوبات مناسب کانه زایی لیتیم واقع در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ مختاران - سهل آباد

این منطقه در زون ایران مرکزی واقع شده است. در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ مختاران و سهل آباد، تنها رسوبات مارن و آهکها و مارنهای گچ دار (Elm) دیده می شود که در پایین دست سنگهای آندزیت - داسیتی پالئوژن و سنگهای گرانیتی پالئوژن واقع شده اند و با توجه به بررسی داده های ماهواره ای استر، این رسوبات در مجاورت سنگهای آندزیت - داسیتی و گرانیتی واقع در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ مختاران، دارای کانیهای رسی ایلیت - اسمکتیت می باشند که می توان آنها را به عنوان محدوده مناسب جهت مطالعات اکتشافی لیتیم در نظر گرفت (شکل ۱۱۰).

گسلهای اصلی در این منطقه عمدتاً روند شمال غربی - جنوب شرقی دارند.

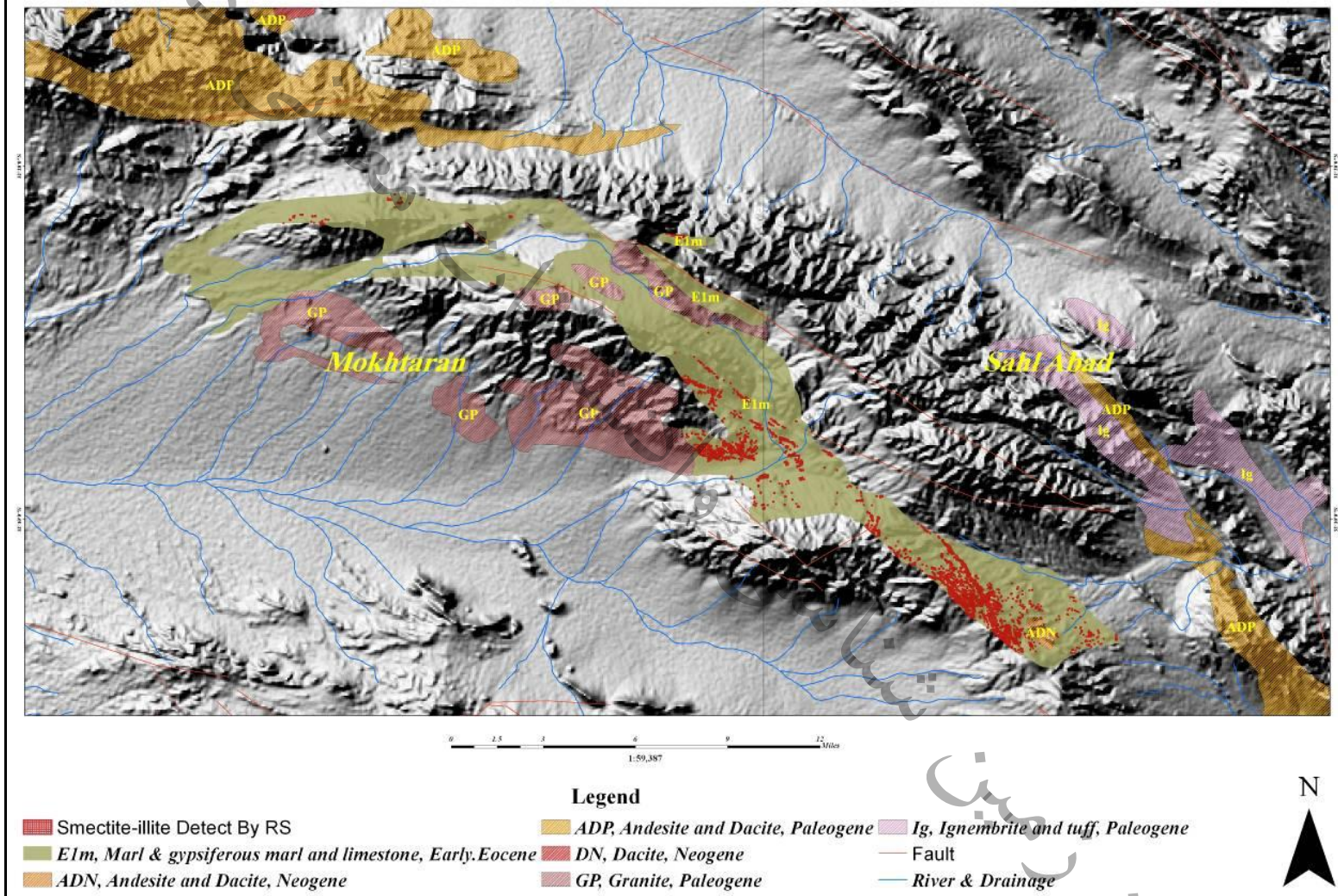
۱-۴-۲۳- رسوبات مناسب کانه زایی لیتیم واقع در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ مرنند - تبریز

این منطقه در زون البرز واقع شده است. در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ مرنند و تبریز، تنها رسوبات مارن و آهکها و مارنهای گچ دار با میان لایه های ماسه سنگی (Murm) با سن میوسن، مارنهای گچ دار (Murmg) با سن میوسن و سازند قرمز بالایی (Mur) با سن میوسن دیده می شود که در پایین دست سنگهای داسیتی پالئوژن واقع شده اند و با توجه به بررسی داده های ماهواره ای استر، تنها رسوبات مارن و آهکها و مارنهای گچ دار با میان لایه های ماسه سنگی (Murm) در مجاورت سنگهای داسیتی واقع در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ مرنند، دارای کانیهای رسی ایلیت - اسمکتیت می باشند که می توان آنها را به عنوان محدوده مناسب جهت مطالعات اکتشافی لیتیم در نظر گرفت (شکل ۱۱۱).

گسلهای اصلی در این منطقه عمدتاً روند شمال غربی - جنوب شرقی دارند.

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

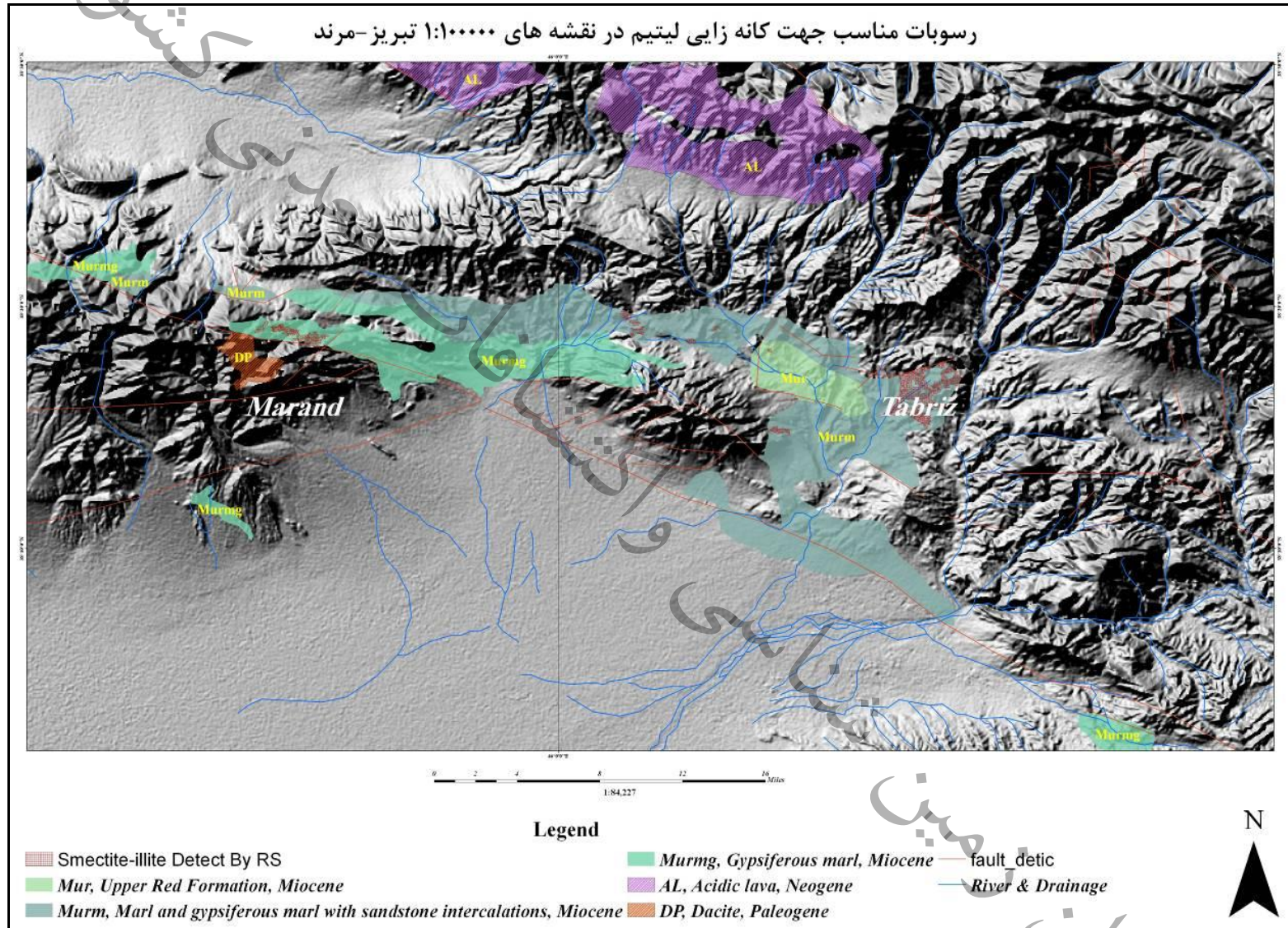
رسوبات مناسب جهت کانه زایی لیتیم در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ مختاران - سهل آباد



شکل ۱۱۰ - موقعیت سازندهای رسوبی مناسب اکتشاف لیتیم واقع در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ مختاران - سهل آباد

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

رسوبات مناسب جهت کانه زایی لیتیم در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ تبریز-مرند



شکل ۱۱۱ - موقعیت سازندهای رسوبی مناسب اکتشاف لیتیم واقع در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰۰ تبریز- مرند

۱-۴-۲۴- رسوبات مناسب کانه زایی لیتیم واقع در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ معلمان - ترود

این منطقه در بین دو زون ایران مرکزی و البرز واقع شده است. در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ معلمان و ترود، تنها رسوبات مارن و آهکها و مارنهای گچ دار با میان لایه های ماسه سنگی (Murm) با سن میوسن و سازند قرمز بالایی (Mur) با سن میوسن دیده می شود که در پایین دست سنگهای آندزیت - داسیتی پالئوژن واقع شده اند و با توجه به بررسی داده های ماهواره ای استر، تنها رسوبات مارن و آهکها و مارنهای گچ دار با میان لایه های ماسه سنگی (Murm) در پائین دست حوضه آبریز سنگهای داسیتی واقع در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ معلمان، دارای کانیهای رسی ایلیت - اسمکتیت می باشند که می توان آنها را به عنوان محدوده مناسب جهت مطالعات اکتشافی لیتیم در نظر گرفت (شکل ۱۱۲).

گسلهای اصلی در این منطقه عمدتاً روند شمال شرقی - جنوب غربی دارند.

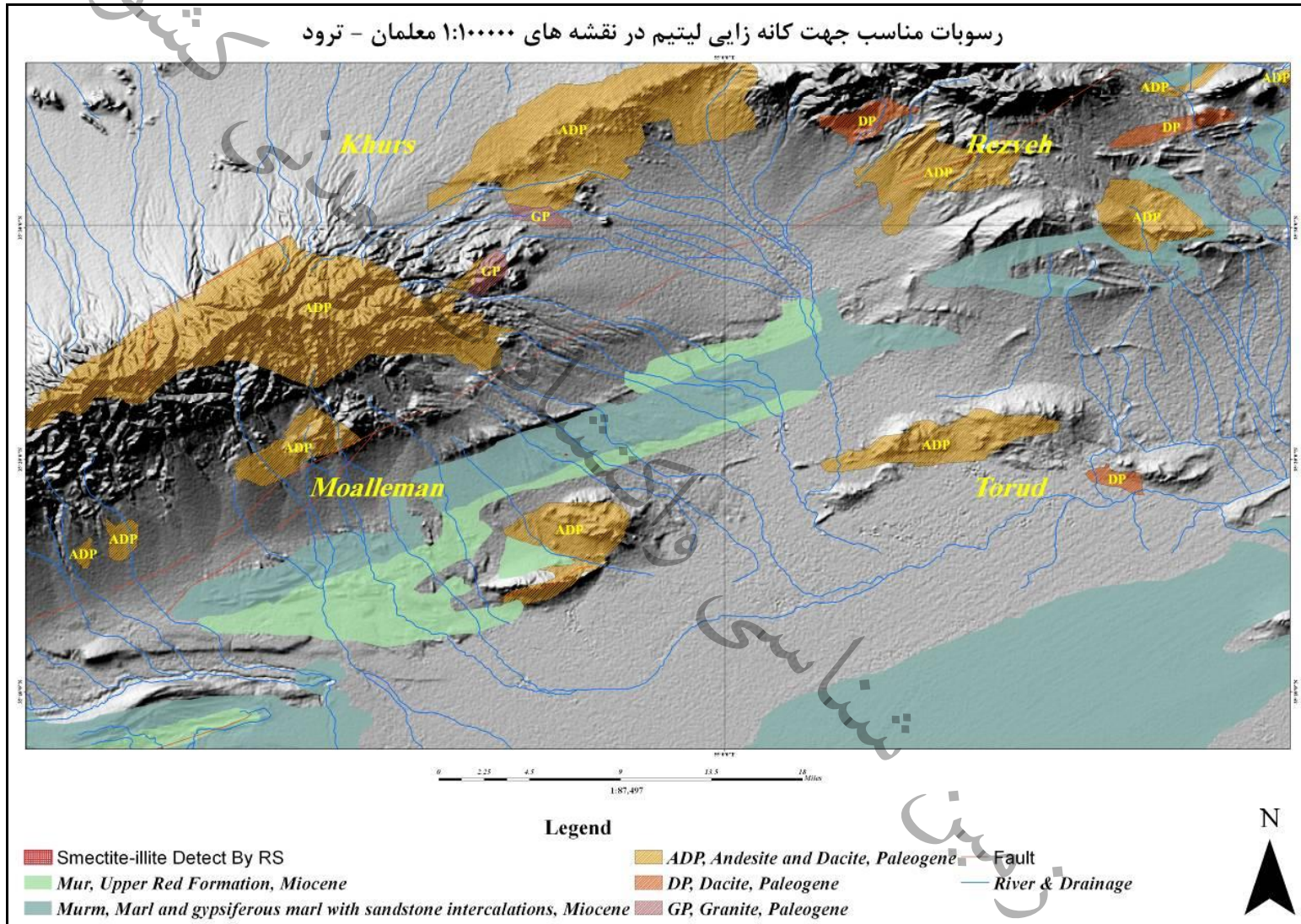
۱-۴-۲۵- رسوبات مناسب کانه زایی لیتیم واقع در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ نیر - دهشیر

این منطقه در بین دو زون ایران مرکزی و البرز واقع شده است. در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ نیر و دهشیر، تنها رسوبات مارن و آهکها و مارنهای گچ دار (Elm) با سن میوسن آغازین دیده می شود که در پایین دست سنگهای داسیتی نئوژن واقع شده اند و با توجه به بررسی داده های ماهواره ای استر، تمامی این رسوبات مارن و آهکها و مارنهای گچ دار (Elm) در پائین دست حوضه آبریز سنگهای داسیتی واقع در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ نیر، دارای کانیهای رسی ایلیت - اسمکتیت می باشند که می توان آنها را به عنوان محدوده مناسب جهت مطالعات اکتشافی لیتیم در نظر گرفت (شکل ۱۱۳).

گسلهای اصلی در این منطقه عمدتاً روند شمال غربی - جنوب شرقی دارند.

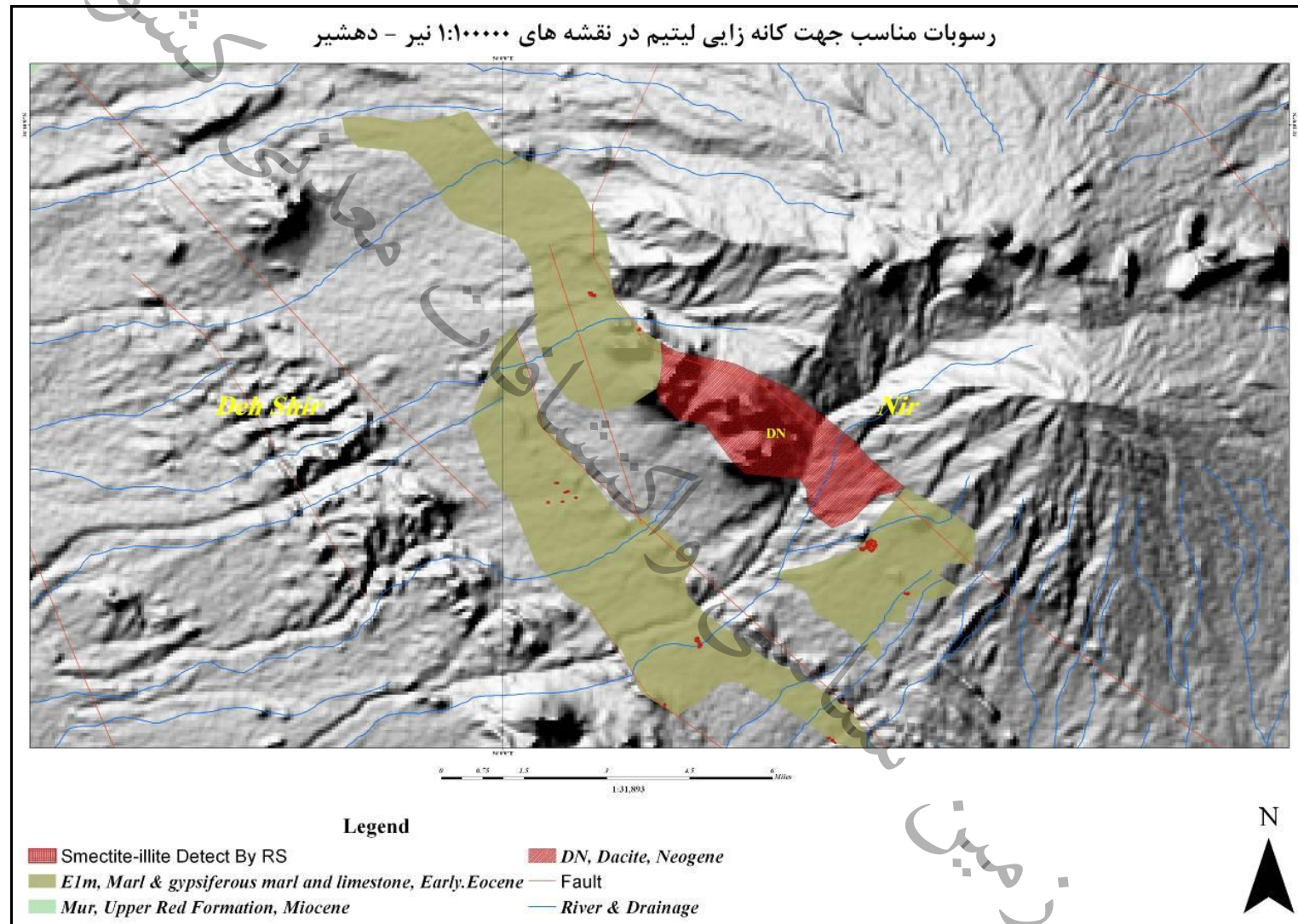
امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

رسوبات مناسب جهت کانه زایی لیتیم در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ معلمان - ترود



شکل ۱۱۲ - موقعیت سازندهای رسوبی مناسب اکتشاف لیتیم واقع در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ معلمان - ترود

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)



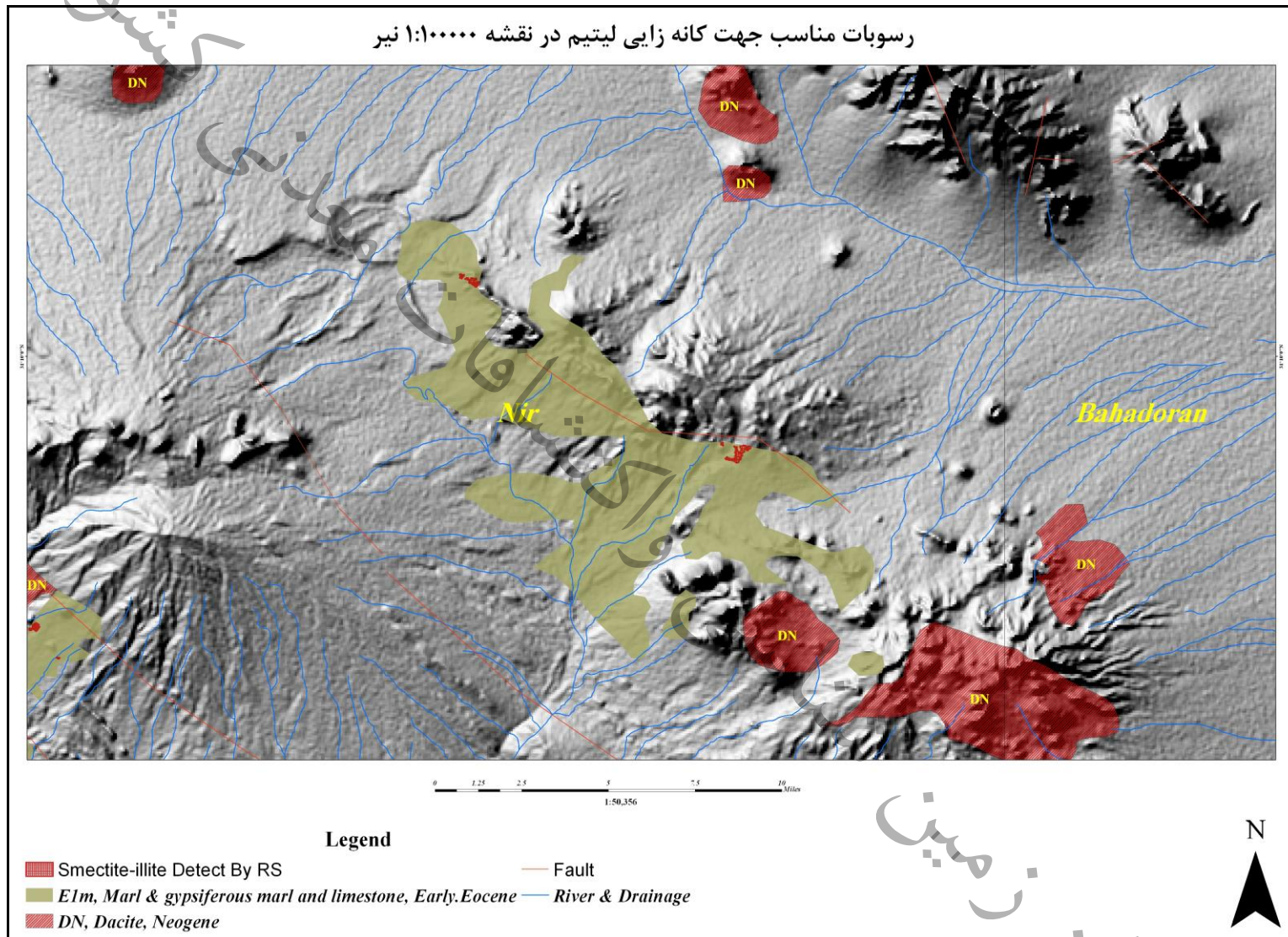
شکل ۱۱۳ - موقعیت سازندهای رسوبی مناسب اکتشاف لیتیم واقع در نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ نیر - دهشیر

۱-۴-۲۶- رسوبات مناسب کانه زایی لیتیم واقع در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ نیر

این منطقه در بین دو زون ایران مرکزی و البرز واقع شده است. در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ نیر، تنها رسوبات مارن و آهکها و مارنهای گچ دار (Elm) با سن میوسن آغازین دیده می شود که در پایین دست سنگهای داسیتی نئوژن واقع شده اند و با توجه به بررسی داده های ماهواره ای استر، تمامی این رسوبات مارن و آهکها و مارنهای گچ دار (Elm) در پائین دست حوضه آبریز سنگهای داسیتی واقع در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ نیر، دارای کانیهای رسی ایلیت - اسمکتیت می باشند که می توان آنها را به عنوان محدوده مناسب جهت مطالعات اکتشافی لیتیم در نظر گرفت (شکل ۱۱۴).

گسلهای اصلی در این منطقه عمدتاً روند شمال غربی- جنوب شرقی دارند.

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)



شکل ۱۱۴ - موقعیت سازندهای رسوبی مناسب اکتشاف لیتیم واقع در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ نیر

۱-۵- نتیجه گیری و پیشنهادات

با جمع بندی مطالب ذکر شده در فصول مختلف گزارش و با پردازش اولیه اطلاعات موجود، پیشنهادات

زیر جهت اکتشاف لیتیم ارائه می گردد:

۱. جهت اندازه گیری نمونه های شورابه ای برداشت شده در محل و با در نظر گرفتن مسائل فنی نمونه گیری های شورابه ای به لحاظ دقیق بودن میزان اندازه گیری های لیتیم، پیشنهاد می گردد از دستگاههای آنالیز پرتابل استفاده گردد و یا حتی المقدور نمونه های برداشت شده در شرایط استاندارد و حداکثر ظرف مدت ۲۰ روز در آزمایشگاه اندازه گیری و آنالیز گردد، لذا بدین منظور پیشنهاد می شود یک آزمایشگاه اختصاصی برای انجام این کار به منظور تسریع در اندازه گیری و آنالیز نمونه های شورابه ای، در زمان مقرر، در نظر گرفته شود.
۲. بهتر است همزمان با اندازه گیری لیتیم شورابه ای، اندازه گیری عناصر همراه همچون **K** و **Mg** نیز انجام شود تا در صورت بررسی های فنی اقتصادی، بتوان تصمیم صحیح و بهتری اتخاذ نمود.
۳. بهتر است علاوه بر اندازه گیری لیتیم شورابه ای از نمونه های سطحی، بطور همزمان میزان لیتیم در عمق نیز اندازه گیری گردد (با روش های ذکر شده در متن گزارش)
۴. پیشنهاد می شود با استفاده از داده های ژئوفیزیکی میزان پراکندگی و عمق لایه های نمکی را محاسبه نمود.
۵. با انجام پردازش اطلاعات موجود اولیه و با در نظر گرفتن شرایط و فاکتورهای مهم در تشکیل لیتیم شورابه ای، اولویتهای ذیل (با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰)، جهت انجام مطالعات اکتشاف شورابه ای پیشنهاد می گردد:

- دریاچه ارومیه
- دریاچه نمک قم
- تبریز
- انارک
- مناطق جندق- ترود-خارتوران
- فردوس
- بیرجند
- نایبندان
- مناطق ده سلم- نخیل آب
- مناطق نیریز- سیرجان

امکان سنجی اکتشاف عنصر لیتیم در ایران (فاز شناسایی)

- مناطق اقلید - انار

- مناطق جاجرم - سبزوار

۶. با انجام پردازش اطلاعات موجود اولیه و با در نظر گرفتن شرایط و فاکتورهای مهم در تشکیل لیتیم

در محیط‌های رسوبی، اولویتهای ذیل (با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰)، جهت انجام مطالعات اکتشاف رسوبی

پیشنهاد می‌گردد:

- دریاچه نمک - سیاهکوه

- کوه یخاب

- داورزن - باشتین - سبزوار

- چوپانک - نخلک

- خور

- رحمان آباد

- زواره

- مختاران - سهل آباد

- سهل آباد

- نیر - دهشیر

- نیر

- انارک - کبودان

- لطیف

۲- منابع

۲-۱- منابع فارسی

عسگری، ع؛ پلایه‌ها و بررسی توان معدنی آنها در استان خراسان (با نگرشی ویژه بر عنصر لیتیم)،

سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، مدیریت منطقه شمال شرق، بهار ۱۳۷۸.

سعادت، ترشیزیان، اکتشاف منابع لیتیم در کاشمر، پایان نامه ۱۳۹۲

آقایور مقدم، ر؛ فرهنگ عناصر

سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور

۲-۲ - منابع انگلیسی

Afgouni, K., Silva, S.J.H., Lithium ore in Brazil. *Energy* 3, 247–253. Johnston Jr., W.D., 1945. Beryl-tantalite pegmatites of northeastern Brazil. *Geol. Soc. Am. Bull.* 56, 1015–1071. 1978.

Alejandro, S; Interactive Chart of Nuclides. National Nuclear Data Center: Brookhaven National Laboratory. Retrieved 2008-06-06.

Alonso, R.N., Jordan, T.E., Tabbutt, K.T. and Vandervoort, D.S.. Giant evaporite belts of the Neogene central Andes. *Geology*, vol. 19, 401-404. 1991.

Arfwedson, J, Archived from the original on 5 June 2008. Retrieved 10 August 2009.

Arfwedson, J.A, Periodic Table Live. Retrieved 10 August 2009.

Asher-Bolinder, S. Descriptive model of lithium in smectites of closed basins. In Orris, G.J. and Bliss, J.D.(Eds), *Some Industrial Mineral Deposit Models: Descriptive Deposit Models*. United States Geological Survey Open Report 91-11A. 1991.

Asher-Bolinder, Sigrid, *Descriptive model of lithium-rich playa brine: U.S. Geological Survey Open-File Report 91–11A, p. 53–54, 1991.*

Bogner .S, *High-Grade Lithium and Tantalum confirmed by Channel Sampling, Rock Stone Research, Lithium in NWT and Québec, Canada, Report #7, November 8, 2016*

Bradley, D.C., *Secular trends in the geologic record and the supercontinent cycle: Earth-Science Reviews*, v. 108, p. 16–33, 2011.

Breaks, F.W. and Tindle, A.G., *Rare-element exploration potential of the Separation Lake area: an emerging target for Bikita-type mineralization in the Superior Province of Ontario: Ontario Geological Survey, Open File Report 5966, 27 p. 1997.*

Brown, T.J., Wrighton, C.E., Idoine, N.E., Raycraft, E.R., Shaw, R.A., Deady, E.A., Ripplingale, J. and Bide, T. *World Mineral Production 2010-2014*. British Geological Survey, Keyworth, Nottingham, UK. 81pp, 2016.

Canada Lithium Corp., 2012. *Lithium: driving our growth*. <http://www.canadalithium.com/s/QuebecLithium.asp> — accessed Jan. 25, 2012.

Carpenter, P.A., Reid, J.C. and Gardner, C.F. 1995. *North Carolina, U.S.A.: An industrial minerals storehouse* in Walker, B.J. (Ed. *Proceedings of the 28th Forum on the geology of industrial minerals*, Martinsburg, West Virginia. West Virginia Geological and Economic Survey, Circular C-46. Accessed though the North Carolina). 1995

Čern, P., Anderson, A.J., Tomascak, P.B. and Chapman, R. *Geochemical and morphological features of beryl from the Bikita granite pegmatite, Zimbabwe. The Canadian Mineralogist*, vol. 41, 1003-1011. 2003.

Černý, P., Trueman, D. L., Ziehlke, D.V., Goad, B. E. & Paul, B. J., - *The Cat Lake – Winnipeg River and the Wekusko Lake pegmatite fields, Manitoba. Manitoba Energy & Mines, Econ. Geol. Rep. ER80–1. 1981.*

Černý, Petr, Rare-element granitic pegmatites, part II—Regional to global environments and petrogenesis: *Geoscience Canada*, v. 18, no. 2, p. 68–81. 1991.

Černý, P. Rare-element granitic pegmatites. Part I. Anatomy and internal evolution of pegmatite deposits. *Geoscience Canada*, 18, 49-67. (1991a).

Černý, P.: Rare-element granitic pegmatites. Part II. Regional to global environments and petrogenesis. *Geoscience Canada*, 18, 68-81. (1991b).

Černý, Petr, Geochemical and petrogenetic features of mineralization in rare-element granitic pegmatites in the light of current research: *Applied Geochemistry*, v. 7, no. 5, p. 393–416. 1992.

Cerny, P., Anderson, A.J., Tomascak, P.B., Chapman, R., Geochemical and morphological features of beryl from granitic pegmatite, Zimbabwe. *Can. Mineral.* 41, 1003–1011. Cerny, P., Trueman, D.L., 1978. Distribution and petrogenesis of lithium pegmatites in the western Superior Province of the Canadian Shield. *Energy* 3, 365–377. 2003.

Černý, P. and Ercit, T.S. The classification of granitic pegmatites revisited. *The Canadian Mineralogist*, vol. 43, 205-2026, 2005.

Černý, Petr, Masau, M., Goad, B.E., and Ferreira, K., The Greer Lake leucogranite, Manitoba, and the origin of lepidolite-subtype granitic pegmatites: *Lithos*, v. 80, nos. 1–4, p. 305–321, 2005.

Collins, A.G., Lithium abundance in oilfield waters: U.S. Geological Survey Professional Paper 1005, chap. 27, p. 116–122. (Also available at <http://pubs.usgs.gov/pp/1005/report.pdf>). 1976.

Don, H. & Don, M. Lithium Brine/Claystone Company Advancing Projects in Nevada, Cypress' Clayton Valley Project, October 2016.

Ercit, T. S. REE-enriched granitic pegmatites. Rare element geochemistry and ore deposits. R. L. Linnen and I. M. Samson, Geological Association of Canada. Short Course Notes Volume 17: 257-296. (2004).

Ericksen, G.E. and Salas, R.. *Geology and resources of salars in the central Andes*. United States Geological Survey Open-File Report 88-210. 1987.

Eugster, H.P., Geochemistry of evaporitic lacustrine deposits: *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, v. 8, p. 35–63. 1980.

Evans, R.K. 2014. Lithium. In Gunn, A.G. (Ed). *Critical Metals Handbook Chapter 10* John Wiley & Sons Ltd, Chichester, UK ISBN 978-0-470-67171-9. 2014.

Garrett, D.E., *Handbook of Lithium and Natural Calcium Chloride, their deposits, processing, uses and properties*. Elsevier Academic Press, pp. 476. 2004.

Ginsburg, A.I., Timofeyev, L.N., and Feldman, L.G., *Principles of Geology of the Granitic Pegmatites*: Nedra, Moscow, 296 p. [In Russian]. 1979.

Gruber, P.W., Medina, P.A., Keoleian, G.A., Kesler, S.E., Everson, M.P., and Wallington, T.J., Global lithium availability—A constraint for electric vehicles?: *Journal of Industrial Ecology*, v. 15, no. 5, p. 760–775. 2011.

Guilbert, J. M. & Park, C. F., - *The Geology of Ore Deposits*. New York, Freeman.1997.

Heinrich, E.W., Tin–tantalum–lithium pegmatites of the Sao Joao del Rei district, Minas Gerais, Brazil. *Econ. Geol.* 59, 982–1002. 1964.

Houston, J. and Gunn, M. Technical report on the Salar de Olaroz lithium-potash project, Jujuy Province, Argentina. NI 43-101 report prepared to Orocobre Ltd. 2011.

Houston, J., Butcher, A., Ehren, P., Evans, K. and Godfrey, L. The evaluation of brine prospects and the requirement for modifications to filing standards. *Economic Geology*, vol. 106, 1225-1239. 2011.

Ingham, P.D., White, I.R. and Jackson, S.. Greenbushes Lithium Operations. NI 43-101 Technical Report prepared for Talison Lithium Ltd. 21 December 2012.

Jordan, T.E., Munoz, N., Hein, M.C., Lowenstein, T.K., Godfrey, L.V., and Yu, J., Active faulting and folding without topographic expression in an evaporite basin, Chile: *Geological Society of America Bulletin*, v. 114, no. 11, p. 1,406–1,421. 2002.

Kesler, S.E., Geological stocks and prospects for nonrenewable resources. In: Graedel, T.W., van der Voet, E. (Eds.), *Strüngmann Forum Report, Linkages of Sustainability*. MIT Press, pp. 109–129. 2010.

Kesler, T.L., The tin-spodumene belt of the Carolinas. *U.S. Geol. Surv. Bull.* 936-J, 245–269. 1942.

Kesler, T.L., Exploration of the Kings Mountain pegmatites. *Min. Eng.* 13 (9), 1062–1068. 1961.

Kesler, T.L., Lithium raw materials, *Industrial Minerals and Rocks*, 3rd ed. American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, pp. 521–531. 1960.

Kesler, T.L., Occurrence, development, and long-range outlook of lithium-pegmatite ore in the Carolinas. In: Vine, J.D. (Ed.), *Lithium resources and requirements by the year 2000: U.S. Geological Survey Professional Paper*, 1005, pp. 45–50. 1976.

Kesler, T.L., Raw lithium supplies. *Min. Eng.* 283–285 (March). 1978.

Kesler, T.L., The Kings Mountain area. In: Russell, R.J. (Ed.), *Guides to Southeastern Geology: Geological Society of America Field Trip Guidebook*, pp. 374–387. 1955.

Kesler, S.E., Gruber, P.W., Medina, P.A., Keoleian, G.A., Everson, M.P., and Wallington, T.J., Global lithium resources—Relative importance of pegmatite, brine and other deposits: *Ore Geology Reviews*, v. 48 p. 55–69. (Also available at <http://dx.doi.org/10.1016/j.oregeorev.2012.05.006>). 2010.

Kesler, S.E., Gruber, P.W., Medina, P.A., Keolian, G.A., Everson, M.P. and Wallington, T.J. Global lithium resources: Relative importance of pegmatite, brine and other deposits. *Ore Geology Reviews*, vol. 48, 55-69. 2012.

King, M., Kelley, R. and Abbey, D. NI 43-101 Technical Report. Feasibility Study, Reserve Estimation and Lithium Carbonate and Potash Production at the Cauchari- Olaroz Salars, Jujuy Province, Argentina. Prepared for Lithium Americas Corporation, 11 July 2012.

Kish, S.A., Geochronology of plutonic activity in the Inner Piedmont and Kings Mountain belt in North Carolina. In: Burt, E.R. (Ed.), *Field guides for Geological Society of America, Southeastern*

Section Meeting, Winston-Salem, North Carolina. North Carolina Department of Natural and Economic Resources, Raleigh, pp. 144–149. 1977.

Krinsley, D., A Geomorphological and paleoclimatological of the playa of Iran Geological Survey, 1970.

Kunasz, I.A., Lithium occurrence in the brines of Clayton Valley Esmeralda County, Nevada, in Coogan, A.H., ed., Fourth International Symposium on Salt, Houston, Tex., April 8–12, 1973, Proceedings: Cleveland, Northern Ohio Geological Society, p. 57–65. 1974 (Also available at <http://www.saltinstitute.org/content/download/1270/7052>).

Kunasz, I., Lithium raw materials, In: Lefond, S. (Ed.), Industrial Minerals and Rocks, 4th ed. Society of Mining Engineers, Denver, pp. 791–803. Kunasz, L.A., 1979. Lithium in brines. In: Coogan, A.H., Hauber, Lukas (Eds.), Fifth Symposium on Salt, vol. 1. The Northern Ohio Geological Society, Inc., Cleveland, Ohio, pp. 115–117. 1975.

Kunasz, I., Lithium Resources p 599-613, in Kogel, J.E., Trivedi, N.C., Barker, J.M. and Krukowski, S.T. (Eds) 2006. Industrial Minerals and Rocks, 7th Edition Society for Mining, Metallurgy and Exploration Inc, Littleton, Colorado, USA. 2006.

London, David, Holmquistite as a guide to pegmatitic rare metal deposits: Economic Geology, v. 81, p. 704–712, 1986.

London, David, Pegmatites: The Canadian Mineralogist Special Publication 10, 347 p. 2008.

London, D.. A petrologic assessment of internal zonation in granitic pegmatites. Lithios 184-187, 74-104. Elsevier. 2014.

Martin, R.F., and De Vito, C., The patterns of enrichment in felsic pegmatites ultimately depend on tectonic setting: Canadian Mineralogist v. 43, p. 2027–2048, 2005.

McCauley, A., and Bradley, D., Age distribution of lithium-cesium-tantalum enriched pegmatites and relationships to orogeny: AGU Fall Meeting 2011, abstract V13B–2600, 2011.

Minerals UK, Centre for sustainable mineral development, British Geological Survey, June 2016.

Mulja, T., Williams-Jones, A.E., Wood, S.A., Boily, M., The rare-element-enriched monzogranite–pegmatite–quartz vein systems in the Preissac-Lacorne batholith, Quebec. I. Geology and mineralogy. Can. Mineral. 33, 793–815. 1995.

Munk, L.A., Bradley, D.C., Hynek, S.A., and Chamberlain, C.P., Origin and evolution of Li-rich brines at Clayton Valley, Nevada, USA [abs.]: AGU Annual Meeting, accessed September 25, 2012, at <http://static.coreapps.net/agu2011/html/V13B-2602.html> 2011a.

Munk, L.A., Jennings, M., Bradley, D., Hynek, S., Godfrey, L., and Jochens, H., Geochemistry of lithium-rich brines in Clayton Valley, Nevada, USA: SGA 11th Biennial Meeting, Antofagasta, Chile (expanded abstract), 3 p., accessed December 11, 2012, at https://sga.conference-services.net/resources/1054/2590/pdf/SGA2011_0282.pdf. 2011b

Oldow, J.S., Elias, E.A., Ferranti, L., McClelland, W.C., and McIntosh, W.C., 2009, Late Miocene to Pliocene synextensional deposition in fault-bounded basins within the upper plate of the western

Silver Peak–Lone Mountain extensional complex, west-central Nevada, in Oldow, J.S., and Cashman, P.H, eds., Late Cenozoic structure and evolution of the Great Basin–Sierra Nevada transition: Boulder, Colo., The Geological Society of America, Special Papers 2009, v. 447, p. 275–312, 2009.

Overhauser, A. W. Crystal Structure of Lithium at 4.2 K. *Physical Review Letters*, 53: 64–65. 1984.

Partington, G.A., McNaughton, N.J., and Williams, I.S., , A review of the geology, mineralization and geochronology of the Greenbushes pegmatite, Western Australia: *Economic Geology*, v. 90, p. 616–635. 1995.

Paul Gruber, Pablo Medina, Ann Arbor, A project submitted in partial fulfillment of requirements for the degree of Master of Science(Natural Resources and Environment), University of Michigan, April, 2010.

Pavlovic, P. and Fowler, J. Evaluation of the potential of Salar de Ricon brine deposit as a source of lithium, potash, boron and other mineral resources. Final report prepared for Admiralty Resources NL and Argentina Diamonds Ltd, 15 December 2004.

Pedrosa-Soares, A., Chaves, M., Scholz, R., Field trip guide — Eastern Brazilian pegmatite province. PEG2009—4thInternational Symposium on Granitic. 2009.

Price, J.G., Lechler, P.J., Lear, M.B., and Giles, T.F., Possible volcanic source of lithium in brines in Clayton Valley, Nevada, in Cluer, J.K., Price, J.G., Struhsacker, E.M., Hardyman, R.F., and Morris, C.L., eds., *Geology and ore deposits 2000—The Great Basin and beyond: Geological Society of Nevada Symposium*, May 15–18, 2000, [Proceedings], p. 241–248. 2000.

Romeiro, J.C.P., Pedrosa-Soares, A.C., Controle do minério de espodumênio em pegmatitos da mina da Cachoeira, Araçuaí, MG. *Geonomos* 13, 75–81. 2005.

Selway, J.B., Breaks, F.W., and Tindle, A.G., A review of rare-element (Li-Cs-Ta) pegmatite exploration techniques for the Superior Province, Canada, and large worldwide tantalum deposits: *Exploration and Mining Geology*, v. 14, nos. 1–4, p. 1–30. 2005.

Shengsong, Y. The hydrochemical features of salt lakes in Qaidam Basin. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, vol. 4, no, 4, 383-403. 1986.

Sinclair, W.D., Granitic pegmatites. In: Eckstrand, O.R., Sinclair, W.D., Thorpe, R.I. (Eds.), *Geology of Canadian Mineral Deposit Types: Geological Survey of Canada, Geology of Canada*, no. 8, pp. 503–512. 1996.

Smeds, S.A., Trace elements in potassium-feldspar and muscovite as a guide in the prospecting for lithium- and tin-bearing pegmatites in Sweden: *Journal of Geochemical Exploration*, v. 42, p. 351–369, 1992.

Smith, R.E., Perdrix, J.L., and Davis, J.M., Dispersion into pisolitic laterite from the Greenbushes mineralized Sn-Ta pegmatite system, Western Australia: *Journal of Geochemical Exploration*, v. 28, p. 251–265. 1987.

Snowdon Group. Independent Technical Expert Report relating to the Assets of Galaxy Resources Ltd. Available at: <http://www.hkgem.com/reports/prelist/Documents/ELION-20110225-23.pdf>, 2012.

SRK Consulting, Mineral resource evaluation, James Bay lithium project, James Bay, Quebec, Canada. SRK Consulting, 99. http://www.lithium1.com/i/pdf/Lithium_One_43101_12302010.pdf. Consulted Feb. 22, 2011.

Stilling, A., Cerny, P., Vanstone, P.J., The Tanco pegmatite at Bernic Lake, Manitoba. XVI. Zonal and bulk compositions and the petrogenetic significance. *Can. Mineral.* 44, 599–623. 2006.

Symons, D.T.A., Smith, T.E., Kawasaki, K., and Walawender, M.J., Paleomagnetism of the mid-Cretaceous gem bearing pegmatite dikes of San Diego County, California, USA: *Canadian Journal of Earth Science*, v. 46, p. 675–687. 2009.

Tkachev, A.V., Evolution of metallogeny of granitic pegmatites associated with orogens throughout geological time: Geological Society, London, Special Publication 350, p. 7–23. 2011.

Trueman, D.L., and Černý, Petr, Exploration for rare-element granitic pegmatites: Mineralogical Association of Canada, Short Course Handbook 8, p. 463–493. 1982.

Trueman, D.L., Exploration methods in the Tanco mine area of southeastern Manitoba, Canada. *Energy* 3, 293–297. 1978.

Vine, J.D., Where on Earth is all the lithium?: U.S. Geological Survey Open-File Report 80–1234, 107 p. 1980.

Von Knorring, O. and Condliffe, E. Mineralised pegmatites in Africa. *Geological Journal*, vol. 22, thematic issue, 253-270, 1987.

Warren, J.K., Evaporites through time—Tectonic, climatic and eustatic controls in marine and nonmarine deposits: *Earth-Science Reviews*, v. 98, no. 3, p. 217–268, 2010.

Zampirro, D., Hydrogeology of Clayton Valley brine deposits, Esmeralda County, Nevada, in Castor, S.B., Papke, K.P., and Meeuwig, R.O., eds., *Proceedings of the 39th Forum on the Geology of Industrial Minerals*, May 18–24, 2003: Nevada Bureau of Mines and Geology Special Publication 33, p. 271–280, 2003.

Zheng, M., Yuan, H., Liu, J., Li, Y., Ma, Z. and Sun, Q. Sedimentary characteristics and paleoenvironmental 2007.

Zhuan, G., Hourigan, J.K., Ritts, B.D and Kent- Corson, M.L., Cenozoic multiple- phase evolution of the northern Tibetan Plateau: Constraints from sedimentary records from Quadan Basin, Hexi Corridor and Subei Basin, northwest China. *American Journal of science*, vol. 311, 116-152. February 2011.

سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

پیشنهادات:

با جمع بندی مطالب ذکر شده در فصول مختلف گزارش و با پردازش اولیه اطلاعات موجود، پیشنهادات زیر جهت اکتشاف لیتیم ارائه می گردد:

۱. جهت اندازه گیری نمونه های شورابه ای برداشت شده در محل و با در نظر گرفتن مسائل فنی نمونه گیری های شورابه ای به لحاظ دقیق بودن میزان اندازه گیری های لیتیم، پیشنهاد می گردد از دستگاههای آنالیز پرتابل استفاده گردد و یا حتی المقذور نمونه های برداشت شده در شرایط استاندارد و حداکثر ظرف مدت ۲۰ روز در آزمایشگاه اندازه گیری و آنالیز گردد، لذا بدین منظور پیشنهاد می شود یک آزمایشگاه اختصاصی برای انجام این کار به منظور تسریع در اندازه گیری و آنالیز نمونه های شورابه ای، در زمان مقرر، در نظر گرفته شود.
۲. بهتر است همزمان با اندازه گیری لیتیم شورابه ای، اندازه گیری عناصر همراه همچون **K** و **Mg** نیز انجام شود تا در صورت بررسی های فنی اقتصادی، بتوان تصمیم صحیح و بهتری اتخاذ نمود.
۳. بهتر است علاوه بر اندازه گیری لیتیم شورابه ای از نمونه های سطحی، بطور همزمان میزان لیتیم در عمق نیز اندازه گیری گردد (با روش های ذکر شده در متن گزارش)
۴. پیشنهاد می شود با استفاده از داده های ژئوفیزیکی میزان پراکندگی و عمق لایه های نمکی را محاسبه نمود.
۵. با انجام پردازش اطلاعات موجود اولیه و با در نظر گرفتن شرایط و فاکتورهای مهم در تشکیل لیتیم شورابه ای، اولویتهای ذیل (با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰)، جهت انجام مطالعات اکتشاف شورابه ای پیشنهاد می گردد:

- دریاچه ارومیه
- دریاچه نمک قم
- تبریز
- انارک
- مناطق جندق- ترود-خارتوران
- فردوس
- بیرجند
- نایبندان

- مناطق ده سلم- نخیل آب
- مناطق نیریز- سیرجان
- مناطق اقلید - انار
- مناطق جاجرم- سبزوار

۶. با انجام پردازش اطلاعات موجود اولیه و با در نظر گرفتن شرایط و فاکتورهای مهم در تشکیل لیتیم در محیطهای رسوبی، اولویتهای ذیل (با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰)، جهت انجام مطالعات اکتشاف رسوبی پیشنهاد می گردد:

- دریاچه نمک - سیاهکوه
- کوه یخاب
- داورزن - باشتین - سبزوار
- چوپانک - نخلک
- خور
- رحمان آباد
- زواره
- مختاران - سهل آباد
- سهل آباد
- نیر - دهشیر
- نیر
- انارک - کبودان
- لطیف

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور