

# معرفی مناطق امیدبخش کانه‌زایی قیر طبیعی در زون شک‌میدان (استان کرمانشاه)

مصطفی اسماعیلی وردنجانی<sup>۱</sup>، مصطفی ناظری<sup>۱</sup> و غلامرضا عسگری<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>دکتر، مرکز تحقیقات کاربردی و خودکفایی، قرارگاه سازندگی خاتم الانبیاء (ص)، تهران، ایران

<sup>۲</sup>دکتر، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۴/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۰/۰۳

## چکیده

کانه‌زایی قیر طبیعی در زون شک‌میدان به‌عنوان مستعدترین زون کانه‌زایی قیر طبیعی ایران عمدتاً به میزبانی بخش انیدریتی سازند آسماری (بخش کلهر) و سازند گچساران روی داده است. به منظور معرفی مناطق امیدبخش کانه‌زایی قیر طبیعی در زون شک‌میدان ابتدا زون مذکور به سه زیر بخش تقسیم شد و ادامه مطالعات اکتشافی در این سه زیربخش صورت پذیرفت. در پردازش‌های دورسنجی نخست سعی شد تا محدوده‌های لیتولوژیکی مشخص و واحدهای سنگی میزبان کانه‌زایی با استفاده از تکنولوژی پردازش تصاویر از یکدیگر تفکیک شوند. در مرحله دوم کنترل‌کننده‌های ساختاری شامل گسل‌ها و شکستگی‌های موجود در هر بخش به همراه ساختارهای حلقوی که جزو مناطق مستعد برای جاگیری ماده معدنی هستند، شناسایی شدند. در ادامه مدلسازی سه‌بعدی ساختاری زون مورد مطالعه نیز به‌منظور افزایش دقت عمقی و تعیین توالی چینه‌نگاری و انطباق چینه-ساختاری تهیه و در نهایت با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی و بر پایه اطلاعات دانش‌محور و مطالعات میدانی، به لایه‌های اطلاعاتی کاربردی شامل زمین‌شناسی، تکنونیک، اطلاعات معادن قیر طبیعی مورد مطالعه و همچنین نتایج حاصل از مطالعات دورسنجی اوزان مرتبط تخصیص داده شد و بر اساس آن تلفیق داده‌های اکتشافی جهت معرفی مناطق امیدبخش دارای اولویت اکتشافی صورت پذیرفت.

**کلیدواژه‌ها:** زون شک‌میدان، قیر طبیعی، دورسنجی، مدلسازی، تحلیل سلسله مراتبی.

\*نویسنده مسئول: مصطفی اسماعیلی

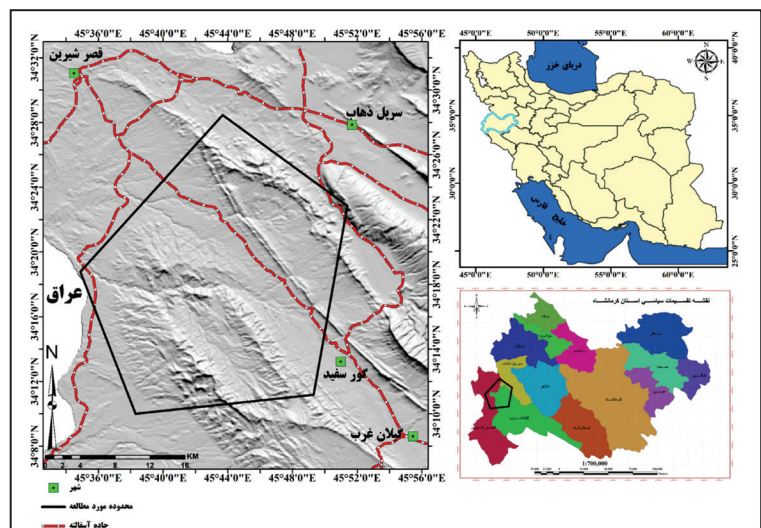
E-mail: mostafa\_esmaili@yahoo.com

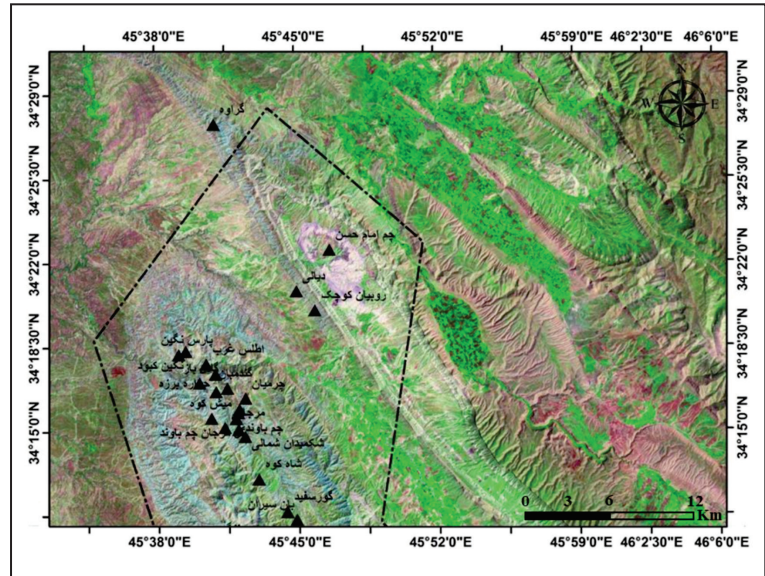
## ۱- پیش‌نوشتار

به‌صورت وسیعی در دی‌سولفید کربن محلول هستند. بیتومین‌های محلول در دی‌سولفید کربن نسبت هیدروژن/کربن حدود ۱/۲ تا ۱/۵ و چگالی ۱/۰۲ تا ۱/۱۴ دارند. این بیتومین‌ها به سه گروه واکس‌ها (Wax)، آسفالت طبیعی (Natural Asphalt) و آسفالتیت‌ها (Asphaltite) تقسیم می‌شوند (Meyer and De Witt, 1990). آسفالتیت‌ها نیز به سه گروه گیلسونایت (Gilsonite)، گراهامیت (Grahamite) و گلانس پیچ (Glance pitch) تقسیم می‌شوند که گیلسونایت یا قیر طبیعی از جمله مرغوب‌ترین و مشهورترین گروه‌های بیتومین طبیعی است. این ماده بر حسب درصد خلوص و میزان عمر به حالت‌های فیزیکی مایع، نیمه‌جامد و جامد وجود دارد و دارای حلالیت‌های متفاوت در حلال تراکلریدکربن است. اگر چه گیلسونایت از لحاظ شیمیایی شبیه آسفالت طبیعی است ولی چندین تفاوت مهم از جمله نقطه نرم‌شوندگی بالاتر نسبت به آسفالت دارد که این تفاوت‌ها گیلسونایت را تبدیل به یک ماده منحصر به فرد کرده است (Verbeek and Grout, 1993).

استان کرمانشاه از لحاظ دارا بودن منابع قیر طبیعی از استان‌های غنی کشور محسوب می‌شود. کانه‌زایی قیر طبیعی در استان کرمانشاه به‌طور عمده در زون شک‌میدان واقع شده که مهم‌ترین زون کانه‌زایی قیر طبیعی در ایران است (احمدی خلجی و همکاران، ۱۳۹۲). زون شک‌میدان با مساحت تقریبی ۵۸۰ کیلومتر مربع به علت قرار گرفتن در حد فاصل شهرستانهای نفت‌خیز قصرشیرین و گیلانغرب دارای پتانسیل بالایی از قیر طبیعی با ذخیره ۹۰۳۰۰۰ تن است (مقصودی، ۱۳۹۵) (شکل‌های ۱ و ۲). وقتی که مواد فرار نفت خام موجود در اعماق زمین به مرور زمان و در برابر عوامل جوی تبخیر شود، ماده سیاهی از آن بر جای می‌ماند که بیتومین طبیعی (Natural Bitumen) نام دارد. بیتومین‌های طبیعی مخلوط‌های نیمه‌جامد یا جامدی از هیدروکربن‌ها و دارای حدود ۵۰ درصد ترکیبات کربن و هیدروژن هتروسیکلیک هستند اما در شبکه کربن جایگزین‌هایی از سولفور، اکسیژن، نیتروژن و فلزات کمیاب به ویژه آهن، نیکل و وانادیم نیز وجود دارد که اجزای غیر معدنی

شکل ۱- موقعیت جغرافیایی زون شک‌میدان در نقشه ایران، استان کرمانشاه و راه‌های دسترسی به این زون.





شکل ۲- موقعیت معادن قیرطبیعی در زون شک‌میدان بر روی تصویر ماهواره‌ای لندست.

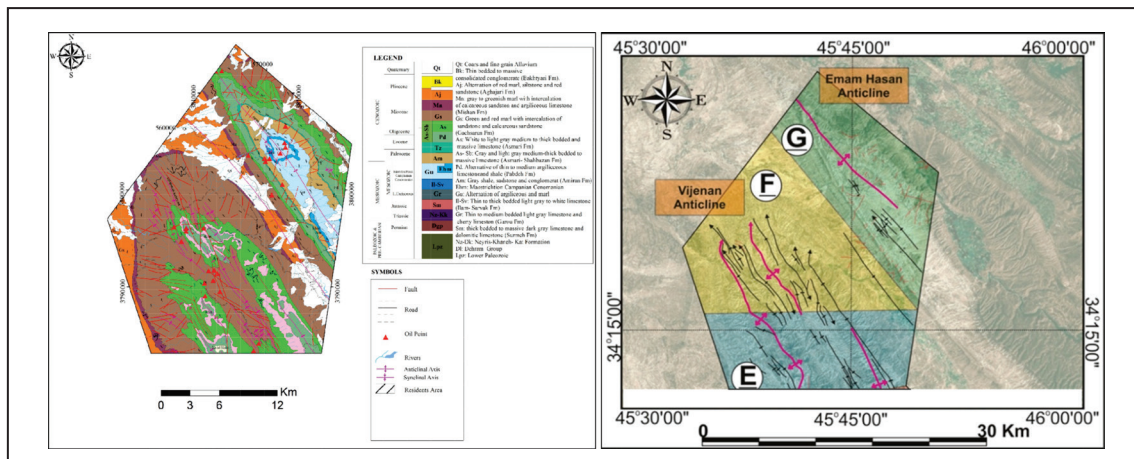
ارزیابی در تصمیم را نشان می‌دهد. سپس یک سری مقایسات زوجی انجام می‌گیرد. این مقایسات وزن هر یک از فاکتورها را در راستای گزینه‌ها مشخص می‌سازد. در نهایت منطق AHP به گونه‌ای ماتریس‌های حاصل از مقایسات زوجی را با همدیگر تلفیق می‌سازد که تصمیم بهینه حاصل آید.

## ۲- زمین‌شناسی ساختاری و عمومی

این زون از نظر ساختاری در زون زاگرس چین‌خورده واقع شده است. ساختارهای غالب در زون شک‌میدان چین‌ها هستند که به صورت توالی‌های تاقدیس و ناودیس در سطح مشاهده می‌شوند و مهم‌ترین آنها تاقدیس امام حسن و ویزنان است. گسل‌های موجود در این زون مطالعه اکثراً کوچک‌مقیاس هستند و گسل‌های با روندها و سازوکارهای مختلف را در بر می‌گیرند. گسل‌های موجود باعث افزایش پیچیدگی ساختاری شده‌اند. راندگی‌ها و گسل‌های معکوس در این منطقه از روند کلی تاقدیس‌ها تبعیت می‌کنند و گسل‌های عرضی با روند شمال شرق- جنوب غرب بیشتر به صورت راست‌لغز عمل کرده‌اند. قدیمی‌ترین واحدهای سنگی زون شک‌میدان متعلق به کرتاسه بالایی سازند گورپی است. رخنمون واحدهای سنگی شامل سازندهای گورپی، پابده، آسماری، گچساران، آغاچاری و نهشته‌های کواترنری است که سازند گچساران گستردگی نسبی بیشتری دارد. از نظر ریخت‌شناسی، سازند آسماری ارتفاعات منطقه را شکل می‌دهد و پست‌ترین نقاط مربوط به برنزدهای سازندهای گچساران و آغاچاری هستند (شکل ۳).

در این مطالعه با استفاده از مطالعات دورسنجی، تلفیق و مدل‌سازی، به معرفی بخش‌های مستعد کانه‌زایی قیر طبیعی در زون شک‌میدان پرداخته شده است. امروزه استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و نرم‌افزارهای جدید امکانات اکتشافی بسیار با ارزشی در اختیار زمین‌شناسان و اکتشاف‌کنندگان مواد معدنی قرار می‌دهد. همچنین با به کارگیری همگام تکنولوژی سنجش از دور و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی می‌توان مناطق امیدبخش معدنی را مورد شناسایی قرار داد و تلفیق آنها با داده‌های ماهواره‌ای می‌توان هزینه‌های اکتشافی را کاهش داد و درصد موفقیت طرح‌های پی‌جویی و اکتشاف را بالا برد.

تحلیل سلسله مراتبی (AHP: Analytical Hierarchy Process) نیز یکی از معروف‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره از جهت زمان، هزینه و جمود فکری است. این روش به لحاظ منطق ریاضی قابلیت تلفیق معیارهای کمی و کیفی را برای مقایسه گزینه‌های متعدد دارد (Malczewski, 1999; Cheng et al., 2007; Hosseini and Abedi, 2015; Zhang et al., 2017). این روش که اولین بار توسط توماس ال. ساعتی عراقی‌الاصل در دهه ۱۹۷۰ ابداع شد، هنگامی استفاده می‌شود که عمل تصمیم‌گیری با چند گزینه رقیب و معیار تصمیم‌گیری روبه‌رو باشد. معیارهای مطرح شده می‌توانند کمی و کیفی باشند. اساس این روش تصمیم‌گیری بر مقایسات زوجی نهفته است. تصمیم‌گیرنده با فراهم آوردن درخت سلسله مراتب تصمیم آغاز می‌کند. درخت سلسله مراتب تصمیم، عوامل مورد مقایسه و گزینه‌های رقیب مورد



شکل ۳- الف) نقشه زمین‌شناسی (برگرفته از ورقه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰,۰۰۰ سرپل ذهاب (شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۸۹))؛ ب) نقشه ساختاری زون شک‌میدان (محورهای تاقدیس‌های اصلی با رنگ ارغوانی مشخص شده است).



سطح زمین راه یابند. بر اساس شواهد صحرایی، اکثر این معادن قیر طبیعی در سازند بخش انیدریتی کلهر سازند آسماری و عمدتاً در سازند گچساران و مرز سازندهای آسماری و گچساران و به میزان کمتر سازندهای پابده، گورپی و آغاچاری واقع شده‌اند. شکستگی‌های فراوانی در واحدهای نامبرده دیده می‌شود؛ ضمن اینکه عمده معادن منطقه در امتداد همین شکستگی‌ها به وجود آمده و مورد بهره‌برداری قرار گرفته‌اند (پیره و همکاران، ۱۳۸۹). در این بخش از طریق دورسنجی به تعیین محدوده و گسترش این واحدهای مستعد و شناسایی عوامل ساختاری شامل گسل‌ها و شکستگی‌ها به عنوان کنترل‌کننده‌های ساختاری کانه‌سازی قیر طبیعی و ... پرداخته شد. با توجه به تقسیم‌بندی صورت گرفته بر روی زون اکتشافی شک‌میدان، پردازش‌های دورسنجی انجام شده به تفکیک و بر اساس زیربخش‌های E، F و G با تفکیک و دقت بالاتر است.

**– بررسی‌های دورسنجی جهت تفکیک واحدهای زمین‌شناسی:** مطالعات دورسنجی برای بخش‌های زون شک‌میدان به صورت جداگانه انجام شد و تصاویر ترکیب رنگی اعمال شده مربوط به هر کدام از آنها به ترتیب در شکل‌های ۴ و ۵ آورده شده است. تصاویر مربوط به ترکیب رنگی ساخته شده به ترتیب از باندهای ۱، ۴، ۵، ۳، ۵، ۷ به‌طور شاخصی مرز واحدهای زمین‌شناسی را تفکیک می‌کند (پیره و همکاران، ۱۳۸۹؛ لرستانی و شهریار، ۱۳۹۰؛ Kalinowski and Oliver, 2004؛ El-Sawy et al., 2016). همان‌طور که در این تصاویر دیده می‌شود، مرزهای سازند گچساران و آسماری به خوبی تشخیص داده شده و به نسبت ترکیب باندی‌های متفاوت مبرهای این سازندها تفکیک شده‌اند. لازم به ذکر است اعتبارسنجی خروجی‌های حاصل از دورسنجی به وسیله نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰،۰۰۰ سربل ذهاب زون اکتشافی و تصاویر ماهواره‌ای صورت گرفت (شکل ۳-الف).

مهم‌ترین سنگ میزبان کانی‌زایی قیر طبیعی (از لحاظ ذخیره و کیفیت) در محدوده کرمانشاه، سازند گچساران با بیشترین میزان کانه‌زایی است. علاوه بر این سازند، بخش انیدریتی کلهر سازند آسماری و سازندهای پابده، گورپی و آغاچاری نیز در برخی از نقاط کانه‌زایی محدودی نشان می‌دهند.

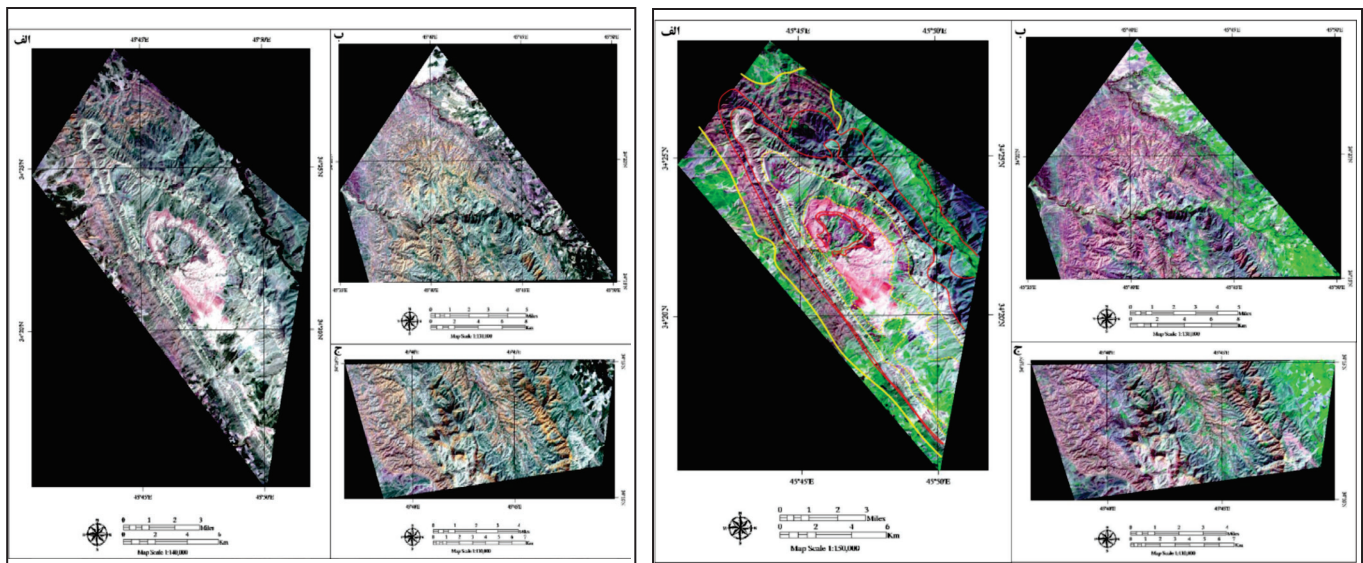
### ۳- مواد و روش‌ها

به منظور پیمایش سیستماتیک و بالا بردن دقت مطالعات به منظور شناسایی و معرفی مناطق امیدبخش کانه‌زایی قیر طبیعی، همچنین با توجه به مساحت زیاد زون شک‌میدان، مطالعات در سه زیربخش E، F و G انجام شد (شکل ۳). در این مطالعه از نرم‌افزار Geomatica V10.1.3 جهت انجام پیش‌پردازش‌های تصویر و سپس تفکیک گسل‌ها و ساختارهای حلقوی در بخش‌های E، F و G و از نرم‌افزار Envi5.3 نیز جهت بررسی‌های طیفی هر کانی و تشخیص هر کانی استفاده شد. به منظور انجام مطالعات تلفیق نیز روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی استفاده شد که جهت محاسبه وزن‌های هر کدام از فاکتورها، نرم‌افزارهای Expert Choice و Excel به کار گرفته شد. مدل سه‌بعدی منطقه مورد مطالعه نیز توسط نرم‌افزار موو (Move) نسخه ۲۰۱۶ تهیه شد. در نهایت تمام خروجی‌های مورد نظر در نرم‌افزار Arc Gis 10.3 تهیه و طراحی شد که خروجی‌های آنها به صورت عکس و یا نقشه هستند.

### ۴- بحث

#### ۴-۱. مطالعات دورسنجی

یکی از چالش‌های ماده معدنی قیر طبیعی نداشتن رخنمون و قرار گرفتن در لایه‌های زیرین است که در صورت وجود شکستگی‌ها و ساختارهای مرتبط می‌تواند به



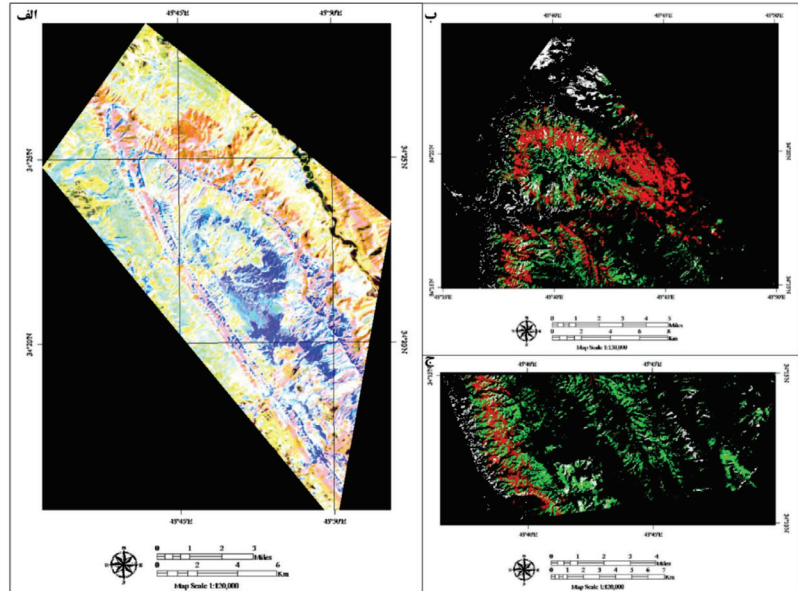
شکل ۴- ترکیب رنگی (145) RGB از قسمت‌های: الف) شمالی (بخش G)؛ ب) میانی (بخش F)؛ ج) جنوبی (بخش E) زون شک‌میدان و تفکیک سازندهای زمین‌شناسی. شکل ۵- ترکیب رنگی (357) RGB از قسمت‌های: الف) شمالی (بخش G)؛ ب) میانی (بخش F)؛ ج) جنوبی (بخش E) زون شک‌میدان و تفکیک سازندهای زمین‌شناسی.

– **بارسازی لایه‌های کلیدی:** در نتیجه بازبندی‌های صحرایی انجام شده در شناسایی و اکتشاف قیر طبیعی در زون شک‌میدان، بخش‌هایی که شواهد کانه‌زایی بیشتری در آنها مشاهده شده به عنوان لایه‌های کلیدی تعیین شدند. این لایه‌ها با دقت بیشتر جهت تفکیک بر حسب سنگ هدف مارن‌های سبز و قرمز و انیدریت به عنوان واحدهای میزبان کانه‌زایی قیر طبیعی در سازندهای گچساران و بخش انیدریتی سازند آسماری (بخش کلهر) مورد پردازش و بررسی قرار گرفتند. در برخی نواحی سنگ‌های هدف به صورت بارزی مشخص و به وسیله تصاویر ماهواره‌ای اعتبارسنجی شدند (شکل ۶).

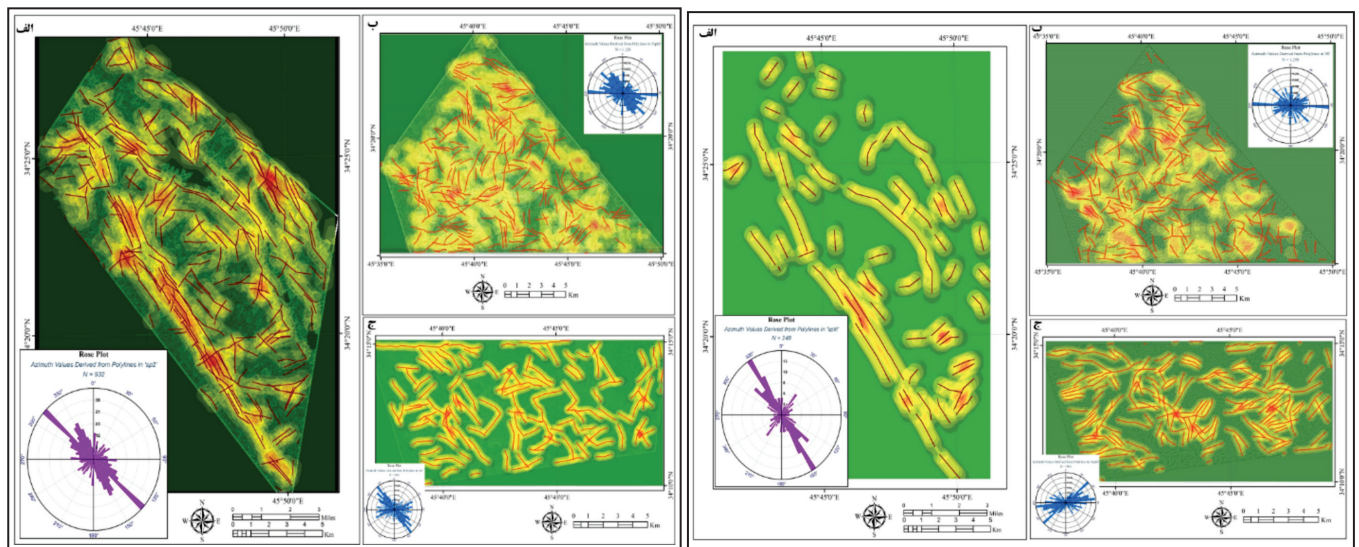
– **بارسازی خطوط‌های ساختاری:** آنالیز خطوط‌های ساختاری، یکی از معیارهای

نشان می‌دهند. در مورد زیربخش G، روند اصلی گسل‌ها روند شمال غربی- جنوب شرقی دارد اما گسل‌هایی با روند شمال شرقی- جنوب غربی گسل‌ها را قطع کرده است. خطواره‌های مربوط به هر بخش حاصل از اعمال فیلترهای بالاگذر و سوپل بر روی مؤلفه اصلی PCI بوده که در شکل‌های ۷ و ۸ آورده شده است.

و فیلترگذاری بر آنها اعمال شد (Hajibapir, et al., 2014) (جدول ۱). خروجی خطواره‌های حاصل از پردازش‌های ماهواره‌ای در محیط GIS اصلاح و تمرکز شکستگی‌ها بر روی آن انجام شد. تصاویر مربوط به خطواره‌های ساختاری به دست آمده در بخش‌های E و F غالباً یک روند شرقی- غربی و شمال غربی- جنوب شرقی



شکل ۶- بارزسازی لایه‌های کلیدی شامل مارن سبز (لایه‌های سبز رنگ)، مارن قرمز (لایه‌های قرمز رنگ) و انیدریت (لایه‌های سفید رنگ) به وسیله تعیین ROI (Regional of Interest) در قسمت‌های: الف) شمالی (بخش G)، ب) میانی (بخش F) و ج) جنوبی (بخش E) زون شک میدان.



شکل ۷- استخراج خطواره‌های ساختاری حاصل از اعمال فیلتر High Pass بر روی مؤلفه‌های شکل ۸- استخراج خطواره‌های ساختاری حاصل از اعمال فیلتر Sobel بر روی مؤلفه‌های اصلی اصلی تصاویر ماهواره‌ای لندست در قسمت‌های: الف) شمالی (بخش G)؛ ب) میانی (بخش F)؛ تصاویر ماهواره‌ای لندست در قسمت‌های: الف) شمالی (بخش G)؛ ب) میانی (بخش F)؛ ج) جنوبی (بخش E) زون شک میدان.

مقدار عددی	درجه اهمیت در مقایسه دو به دو
۱	اهمیت یکسان
۲	یکسان تا نسبتاً با اهمیت
۳	نسبتاً مهم
۴	نسبتاً تا قویاً با اهمیت
۵	قویاً با اهمیت
۶	قویاً تا بسیار قوی با اهمیت
۷	اهمیت بسیار قوی
۸	بسیار تا بی‌اندازه با اهمیت
۹	بی‌اندازه با اهمیت

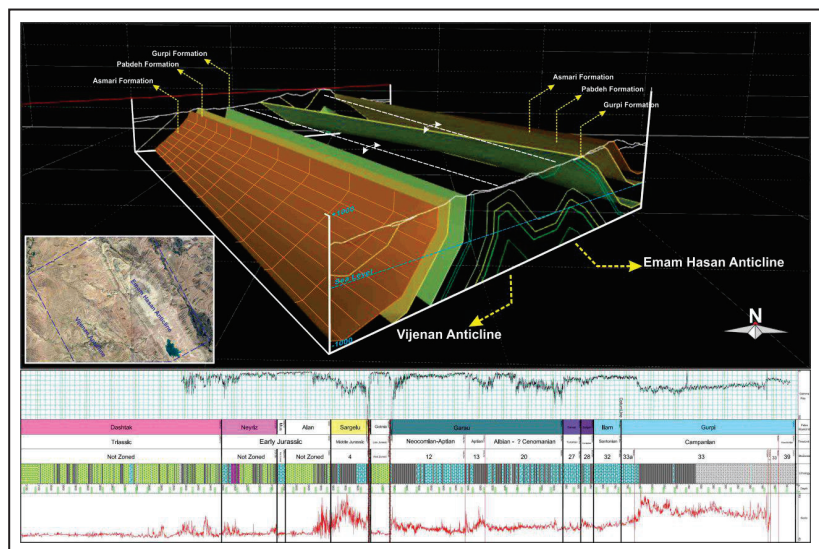
جدول ۲- درجه اهمیت عناصر در مقایسات دو به دو.

#### ۴-۲. مدل سازی سه بعدی ساختماری

موقعیت زون شک میدان منطبق بر ایالت مخزنی بنگستان بوده و جایگیری این زون در مجاورت میدان نفتی نفت شهر که مخزن آن سازند آسماری است، سبب عدم قطعیت در تشخیص مخزن نفتی می شود (Bordenave and Hegre, 2010). اما با توجه به رخنمون های آسماری در سطح، ضخامت این سازند و وجود قیر در سازندهای گورپی و پابده می توان گفت که مخزن قیر طبیعی در شک میدان با ایالت بنگستان مطابقت بیشتری دارد و سنگ منشأ آن قدیمی تر از کرتاسه است. رخنمون های قیر طبیعی مشاهده شده در برداشت های صحرائی در شکستگی های طولی با روند شمال غرب- جنوب شرق و موازی با سطوح محوری چین های اصلی و فرعی حضور دارند. این شکستگی ها در مرز سازندهای آسماری- گچساران، بخش آهکی سازند گچساران و شکستگی های سیستماتیک سازندهای گورپی و پابده مشاهده می شوند. میزان ذخیره ماده معدنی در این شکستگی ها زیاد نیست اما این شکستگی ها به صورت مجاری های انتقال سبب حرکت قیر به توده های انیدریتی و مارنی سازند گچساران شده و از حالت رگ های به حالت توده ای تغییر یافته اند. این تغییر حالت از رگ های به توده ای در دیواره های معدنی و ترانشه ها به خوبی مشاهده می شود. میزان ذخایر این توده های قیر که به صورت لنز مشاهده می شوند بالاست. میانگین عمق قرارگیری این توده های قیر حدود ۷۰ متر است که از سطح به عمق از حالت دوده به قیر تبدیل می شوند و حجم بیشتری به خود می گیرند. وجود ساختمان های تاقدیسی با عمق های بستگی مختلف در یک توالی چینه ای،

ظرف های مناسبی جهت تجمع مواد هیدروکربوری از مخزن اصلی شکسته شده فراهم می آورد. رخنمون سازندهای گورپی، پابده و آسماری در تاقدیس های امام حسن (زیربخش G) و ویزنان (زیربخش های E و F) نشان از آماده بودن بستر خروج مواد هیدروکربوری تجمع یافته در سنگ مخزن دارد. سازند آسماری که گسترده ترین سنگ مخزن در زاگرس است در صورت رخنمون یافتن در سطح به دلیل فرسایش یا رخداد شکستگی، ظرفیت حفظ و نگهداری مواد هیدروکربوری خود را از دست می دهد و نمی تواند مانع مهاجرت مواد هیدروکربوری به سمت سطح شود. طبق مدل سه بعدی ساختماری ارائه شده از زون شک میدان بر مبنای حفاری های شرکت ملی نفت ایران و معادن، برداشت های صحرائی و برش های عرضی، تاقدیس ویزنان به دلیل ابعاد بزرگ تر، گسترش بیشتر سازند گچساران و رخنمون بیشتر بخش تبخیری کلهر سازند آسماری نسبت به تاقدیس امام حسن چین های فرعی بیشتری دارد و بنابراین دارای مناطق بیشتری با پتانسیل کانه زایی قیر طبیعی است. این مدل نشان داد که سازند آسماری به عنوان سنگ مخزن، در هر دو تاقدیس تشکیل دهنده یال بوده و به دلیل سیستم شکستگی های منظم ناشی از دگرشکلی و چین خوردگی انتقال قیر طبیعی از این سازند به سازند گچساران مهیا شده است (شکل ۹). تهیه مدل سه بعدی ساختماری از زون شک میدان (زیربخش های E، F و G) و تعیین موقعیت سازندهای مذکور در این تاقدیس ها می تواند میزان ریسک اکتشافی را کاهش دهد و سبب پایین آوردن هزینه های اکتشافی شود.

شکل ۹- مدل سه بعدی ساختماری منطقه شک میدان (این مدل بر پایه اطلاعات حفاری های شرکت ملی نفت ایران، حفاری های اکتشافی و استخراجی معادن، دیواره ها و ترانشه های معادن، برداشت های صحرائی و برش های عرضی رسم شده استوار است).



#### ۴-۳. روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

داده شد و بر اساس آن تلفیق داده های اکتشافی صورت گرفت. با استفاده از داده های مطالعات اکتشافی و تحقیقات میدانی، در نهایت مجموعه معیارها و زیرمعیارها مرتبط با هدف، گردآوری و به صورت دقیق و قابل توجه، دسته بندی و در نهایت تعریف شد (شکل ۱۰).

تعیین وزن هر یک از معیارها و زیرمعیارها نسبت به یکدیگر توسط گروه قضاوت کارشناسی صورت خواهد گرفت. ابتدا معیارهای سطح اول در یک جدول دارای دو ستون عمودی و افقی ثبت خواهد شد و پرسش شوند بر اساس مقیاس مقایسه، وزن هر یک از معیارها را نسبت به دیگری معین خواهد کرد. سپس زیرمعیارهای هر یک از معیارهای سطح اول با یکدیگر مقایسه خواهد شد و در مجموع با استفاده از روش ابداعی ساعتی، وزن هر یک از معیارها و زیرمعیارها محاسبه می شود تا در اندازه گیری نهایی عملیات تحقیق مورد بهره برداری واقع شود.

در پرسشنامه طراحی شده بر اساس جدول مقیاس های پروفیسور ساعتی باید به هر سؤال امتیازی بین اعداد ۱ تا ۹ داده شود. نمره یک نمایانگر اهمیت یکسان دو عنصر

مراحل پیاده سازی روش AHP در یک تصمیم گیری شامل ۴ فاز خواهد بود: (۱) تشکیل درخت سلسله مراتبی، (۲) انجام مقایسات زوجی، (۳) محاسبه وزن ها و (۴) بررسی سازگاری سیستم.

به منظور شناسایی و تعیین مناطق پرتانسیل جهت اکتشاف قیر طبیعی (گیلسونایت) در زون شک میدان از تلفیق داده های اکتشافی به روش دانش محور و بر پایه اطلاعات میدانی استفاده شد. بر این اساس لایه های اطلاعاتی کاربردی و مفید در زمینه اکتشاف گیلسونایت مورد شناسایی قرار گرفتند. این لایه ها عبارتند از: لایه اطلاعاتی مرتبط با سازندهای زون شک میدان شامل سازندهای آسماری (بخش کلهر)، گچساران و به میزان کمتر گورپی، پابده و آجاجاری؛ لایه اطلاعاتی ساختماری پهنه شامل چین های موجود در پهنه، گسل های طولی و عرضی؛ اطلاعات مرتبط با معادن شامل معادن بزرگ، کوچک و اندیس ها؛ اطلاعات به دست آمده از دورسنجی پهنه شامل لایه های کلیدی ساختماری و چینه شناسی و سازندهای موجود در پهنه اکتشافی؛ سپس با نظر کارشناسی با روش AHP گروهی به لایه های اطلاعاتی اوزان مرتبط تخصیص

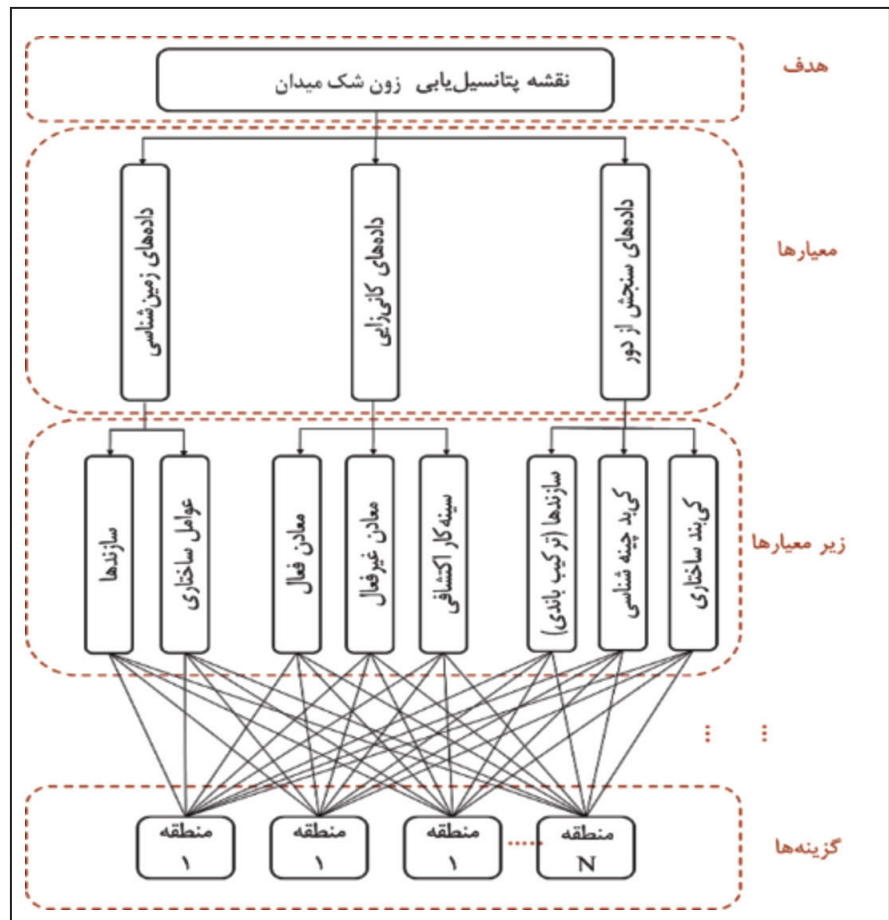


پس از پایان عملیات نرمال‌سازی اعداد هر یک از معیارها، نوبت به استخراج میانگین موزون اعداد نرمال شده خواهد رسید. برای این منظور اعداد نرمال شده هر سطر از جایگزین، محاسبه و در نهایت میانگین آن استخراج خواهد شد. در نهایت با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice با روش AHP، وزن معیارها و زیرمعیارهای لازم جهت تلفیق داده‌های اکتشافی در زون شک‌میدان به دست آمد. لازم به ذکر است که ضریب ناسازگاری برای وزن معیارها و زیرمعیارهای مورد استفاده در اینجا، ۰/۰۵ بوده که با توجه به اینکه این ضریب زیر ۱/۰ است، کاملاً قابل قبول می‌باشد (جدول ۳).

است و نمره ۹ نشان‌دهنده اهمیت بسیار زیاد یک عنصر در مقایسه با عنصر دیگر است. درجه اهمیت اعداد ۱ تا ۹ در مقایسات دو به دو در جدول ۲ ارائه شده‌اند. جهت استخراج اولویت‌ها باید اولویت یا وزن هر زیرمعیار نسبت به دیگر زیرمعیارها تعیین شود. برای تعیین اولویت هر یک از گروه‌های مقایسه شده گذر از دو مرحله نرمال‌سازی و محاسبه میانگین موزون لازم است. برای نرمال‌سازی، روش‌های مختلفی وجود دارد اما در روش AHP از دستور زیر برای نرمال کردن اعداد استفاده می‌شود:

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^m a_{ij}} \quad (1)$$

شکل ۱۰- درخت سلسله مراتبی به منظور تعیین مناطق پر پتانسیل قیر طبیعی در زون شک‌میدان.

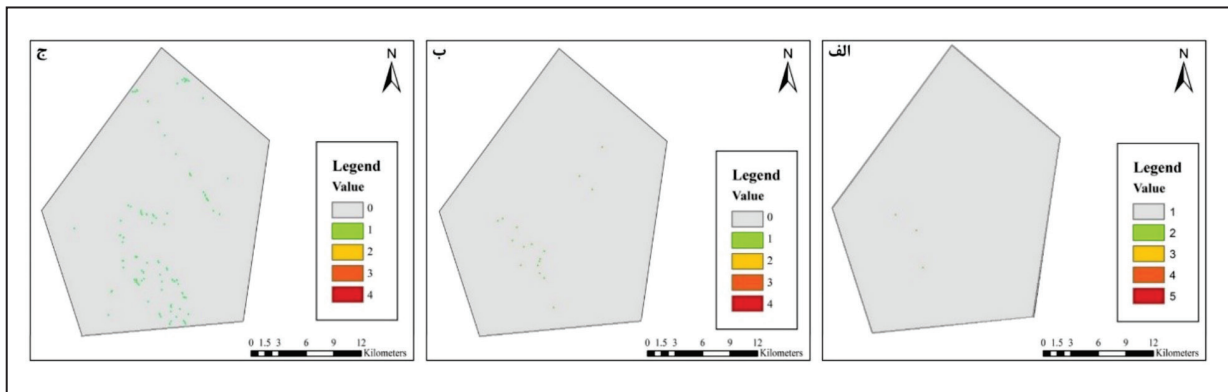


ردیف	معیار (زیر معیار)	وزن	ردیف	معیار (زیر معیار)	وزن
۱	سازند آغاچاری	۰/۰۰۶	۱۲	چین	۰/۱۰۶
۲	سازند گچ ساران	۰/۰۷۵	۱۳	کنتاکت واحدها	۰/۲۱۸
۳	سازند آسماری	۰/۰۲۵	۱۴	کی‌بد چینه شناسی	۰/۰۱۷
۴	سازند کلهر	۰/۰۵۱	۱۵	کی‌بد ساختاری	۰/۰۱۷
۵	سازند پابده	۰/۰۱۱	۱۶	سازند آغاچاری (RS)	۰/۰۰۱
۶	سازند گورپی	۰/۰۱۰	۱۷	سازند گچ ساران (RS)	۰/۰۰۵
۷	معادن بزرگ	۰/۰۷۶	۱۸	سازند آسماری (RS)	۰/۰۰۱
۸	معادن کوچک	۰/۰۲۴	۱۹	سازند کلهر (RS)	۰/۰۰۳
۹	اندیس‌های معدنی	۰/۰۴۶	۲۰	سازند پابده (RS)	۰/۰۰۱
۱۰	گسل طولی	۰/۱۸۲	۲۱	سازند گورپی (RS)	۰/۰۰۱
۱۱	گسل عرضی	۰/۱۲۲			

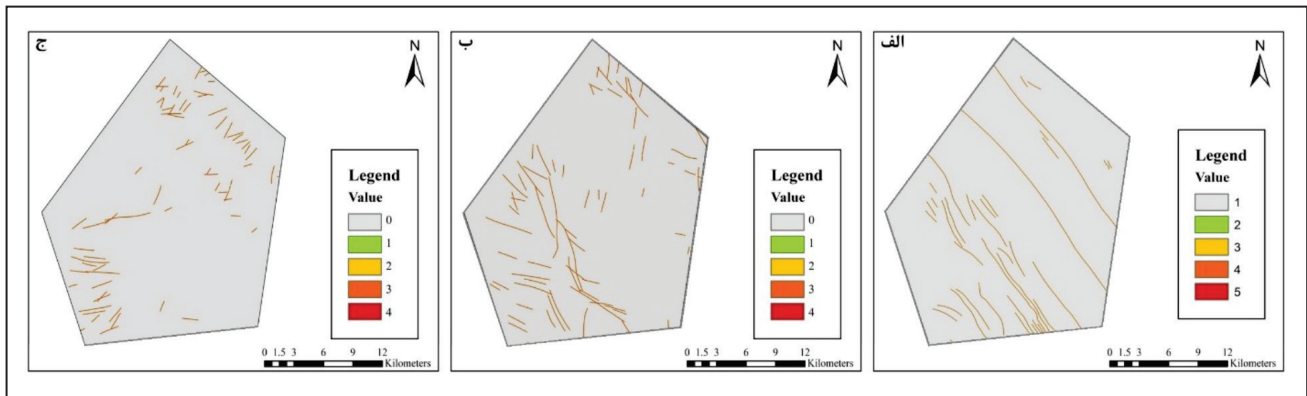
جدول ۳- اوزان به دست آمده از روش AHP برای داده‌های اکتشافی زون شک‌میدان.

متر پیش‌بینی شد. برای لایه‌های اطلاعاتی مرتبط با سازندهای موجود نیز ۲ کلاس به صورت صفر و ۱ در نظر گرفته شد. در مورد لایه اطلاعاتی به دست آمده از دورسنجی سازندهای مورد بررسی نیز همانند لایه‌های اطلاعاتی سازندهای موجود، ۲ کلاس مختلف به صورت صفر و ۱ پیش‌بینی شد. در نهایت این لایه‌های اطلاعاتی پس از تبدیل به نقشه‌های رستری و طبقه‌بندی مجدد و تخصیص وزن‌های مربوطه با استفاده از روش AHP در نرم‌افزار ArcGIS مورد تلفیق قرار گرفتند؛ نتیجه این تلفیق در شکل ۱۸ آمده است. بر این اساس زون شک‌میدان به ۵ کلاس مختلف تقسیم شد که کلاس ۵ که در نقشه نهایی با رنگ قرمز مشخص شده است، بیشترین اولویت را دارد و بعد از آن کلاس‌های ۴ و ۳ در اولویت‌های بعدی اکتشاف قرار گرفته‌اند.

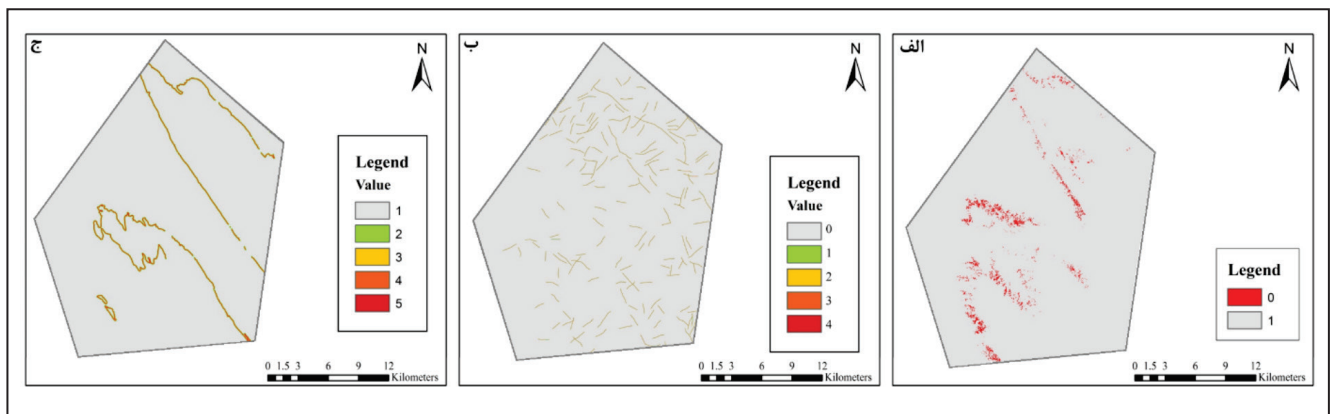
در نهایت برای تهیه نقشه‌های اکتشافی مورد نیاز تلفیق، ابزار Spatial Analysis در محیط نرم‌افزار ArcGIS مورد استفاده قرار گرفت. در این قسمت اقدام به تهیه نقشه‌های سازندها، ساختاری، کانهایزی و سنجش از دور جهت ورود به نرم‌افزار جهت تلفیق شد. در ادامه خروجی این نقشه‌ها ارائه شده است (شکل‌های ۱۱ تا ۱۷). با توجه به نظرات کارشناسی و برای بهتر شدن نتایج تلفیق، لایه‌های اطلاعاتی به کلاس‌های مشخصی تقسیم‌بندی شدند. در این راستا لایه‌های اطلاعاتی معادن بزرگ، کوچک و اندیس‌ها به ۵ کلاس مختلف و با فواصل ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ متر از مرکز لایه‌های اطلاعاتی کلاسه‌بندی شدند. در مورد لایه‌های چین، گسل‌های طولی و عرضی، کی‌بد ساختاری و چینه‌شناسی و همچنین لایه اطلاعاتی مرتبط با کنتاکت سازند گچساران و آسماری، ۵ کلاس با بافرهای ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰



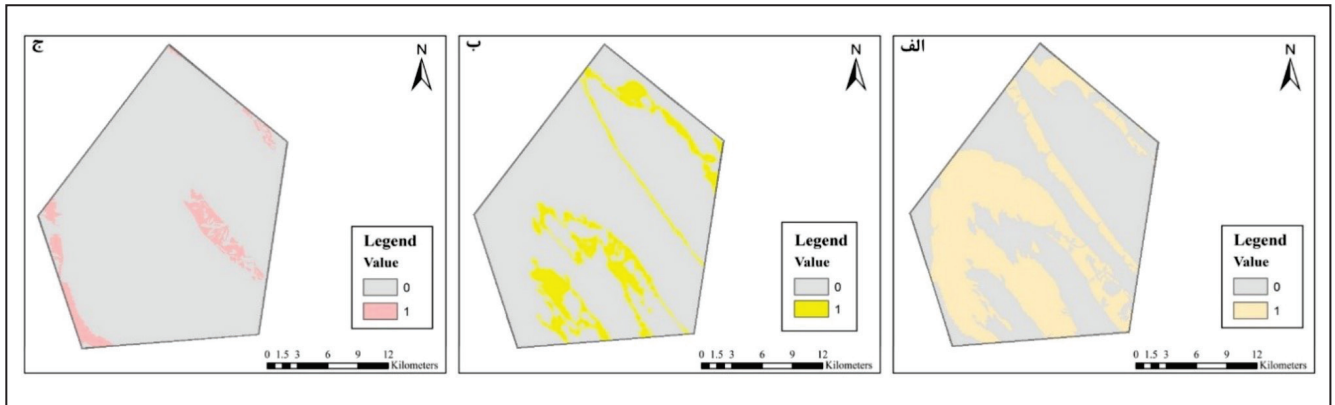
شکل ۱۱- الف) نقشه فاکتور معادن بزرگ؛ ب) نقشه فاکتور معادن کوچک؛ ج) نقشه فاکتور اندیس‌های زون شک‌میدان.



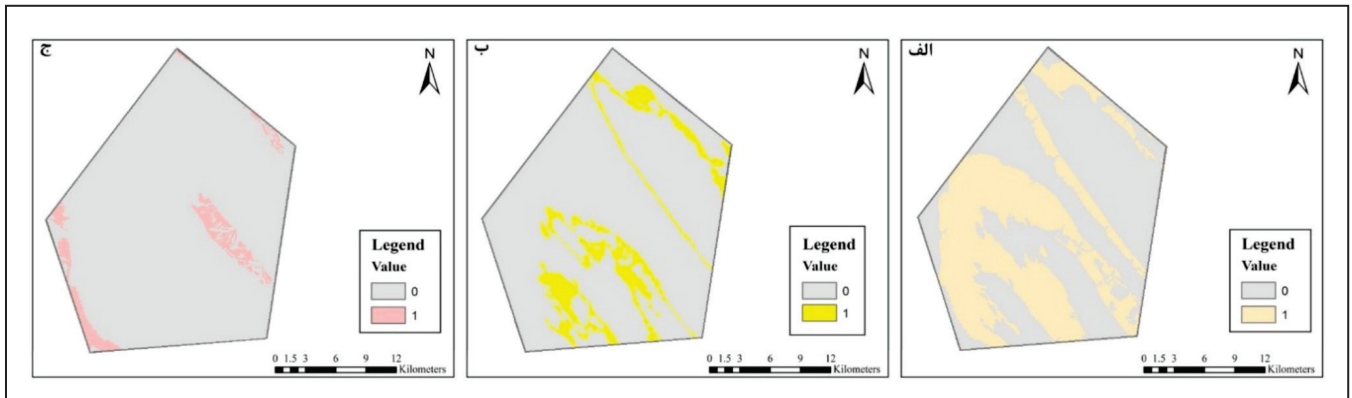
شکل ۱۲- الف) نقشه فاکتور چین‌ها؛ ب) نقشه فاکتور گسل‌های طولی؛ ج) نقشه فاکتور گسل‌های عرضی زون شک‌میدان.



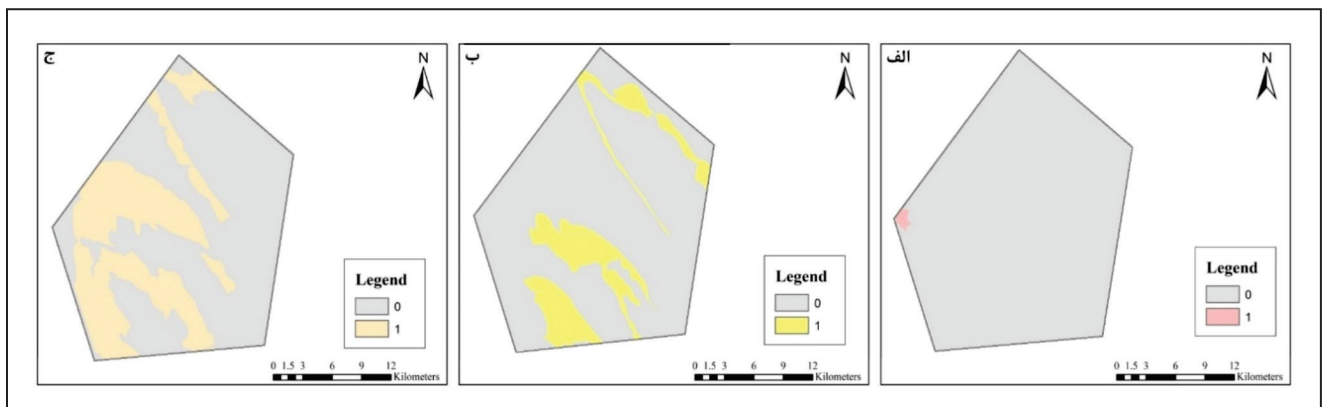
شکل ۱۳- الف) نقشه فاکتور کنتاکت؛ ب) نقشه فاکتور کی‌بد ساختاری؛ ج) نقشه فاکتور چینه‌شناسی زون شک‌میدان.



شکل ۱۴- الف) نقشه فاکتور سازند آغاچاری؛ ب) نقشه فاکتور سازند آسماری؛ ج) نقشه فاکتور سازند گچساران زون شک‌میدان.

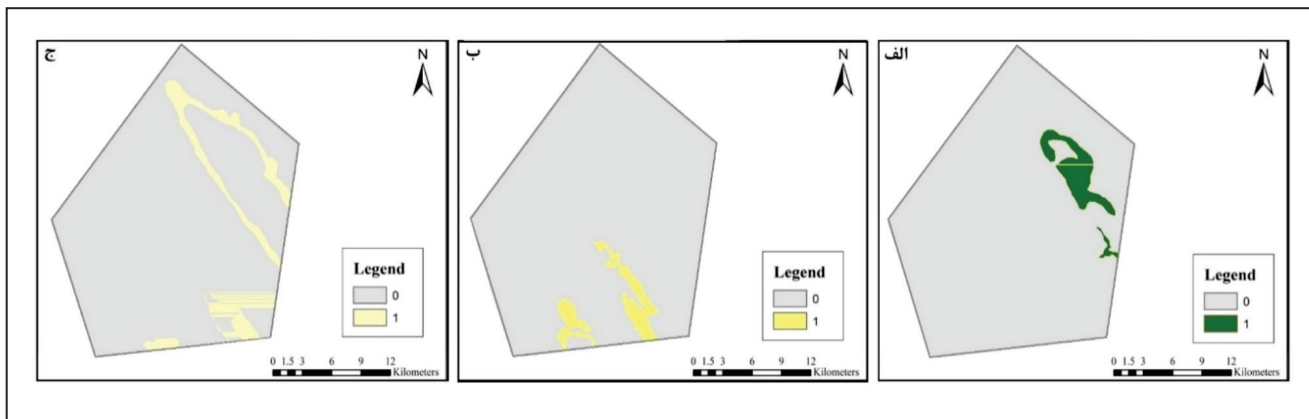


شکل ۱۵- الف) نقشه فاکتور سازند گورپی؛ ب) نقشه فاکتور ممبر کلهر؛ ج) نقشه فاکتور سازند پابده زون شک‌میدان.

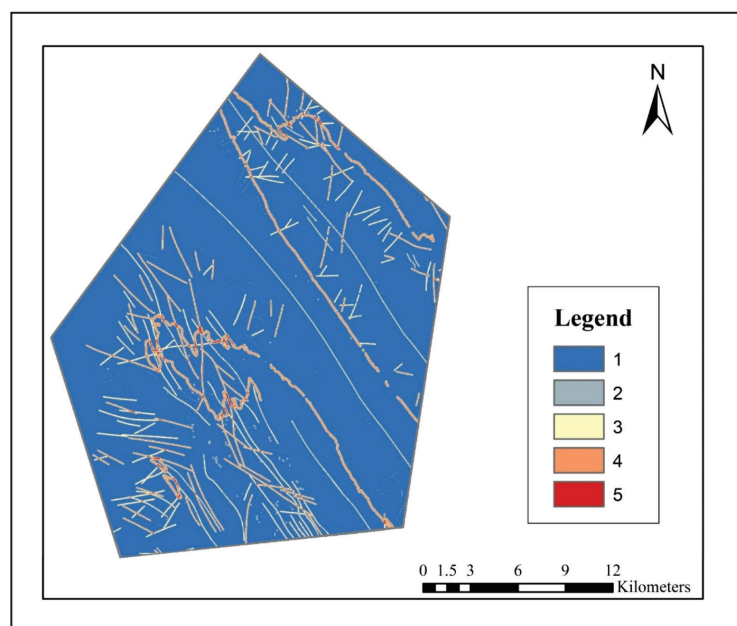


شکل ۱۶- الف) نقشه فاکتور دورسنجی از سازند آغاچاری؛ ب) نقشه فاکتور دورسنجی از سازند آسماری؛ ج) نقشه فاکتور دورسنجی از سازند گچساران زون شک‌میدان





شکل ۱۷- الف) نقشه فاکتور دورسنجی از سازند گورپی؛ ب) نقشه فاکتور دورسنجی از ممبر کلهر؛ ج) نقشه فاکتور دورسنجی از سازند پابده زون شک میدان.



شکل ۱۸- نقشه نهایی تعیین مناطق پرتانسیل برای کانی‌زایی گیلسونایت در زون شک میدان.

## ۵- نتیجه‌گیری

فرعی بیشتری دارد و بنابراین دارای مناطق بیشتری با پتانسیل کانه‌زایی قیر طبیعی است. تعیین موقعیت سازندهای مذکور در این تاقدیس‌ها می‌تواند میزان ریسک اکتشافی را کاهش دهد و سبب پایین آوردن هزینه‌های اکتشافی شود. بر اساس نقشه نهایی به دست آمده از تلفیق لایه‌های اطلاعاتی به روش تحلیل سلسله مراتبی، زون شک میدان به ۵ کلاس مختلف تقسیم‌بندی شد. مناطق با اولویت اکتشافی اول بر روی نقشه نهایی تلفیق، در کلاس ۵ هستند و باید حتماً مورد بررسی، شناسایی و پی‌جویی قرار گیرند. مناطق با اولویت‌های بعدی در کلاس‌های ۴ و ۳ بر روی نقشه نهایی تلفیق مشخص شدند که می‌توانند در مراحل بعد و در صورت حصول نتایج مثبت در مناطق با اولویت‌های اکتشافی اول، مورد بررسی و پی‌جویی جهت اکتشاف قیر طبیعی قرار گیرند.

## سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله بر خود لازم می‌بینند از مساعدت و همکاری مدیر عامل محترم شرکت آتین معدن میدیا و مدیریت محترم اکتشاف شرکت ملی نفت ایران تشکر و قدردانی کنند.

پردازش‌های دورسنجی به خوبی واحدهای کلیدی شامل مارن‌های سبز و قرمز و مرز بین مارن سبز با انیدریت را به‌عنوان واحدهای میزان کانه‌زایی قیر طبیعی در سازندهای آسماری و گچساران و مرز دو سازند تفکیک کرد. مطالعات مذکور در بررسی زمین‌ساختاری جهت تفکیک گسل‌ها و ساختارهای حلقوی نشان داد که معادن قیر طبیعی عمدتاً بر روی این ساختارها و در امتداد روندهای گسلی و شکستگی‌های با روند شمال غرب- جنوب شرق جای گرفته‌اند. در نهایت نتایج حاصل از دورسنجی منجر به تفکیک و شناسایی واحدهای چینه‌ای کلیدی و همبری آنها با یکدیگر، توزیع خطواره‌ها در واحدهای مزبور و ارتباط ساختار و چینه شد. مدل سه‌بعدی ساختاری ارائه شده از زون شک میدان نیز تفاوت‌های عمقی و ابعاد تاقدیس‌های امام حسن و ویزان را مشخص کرد و نشان داد که سازند آسماری به عنوان سنگ مخزن، در هر دو تاقدیس تشکیل‌دهنده یال بوده و به دلیل سیستم شکستگی‌های منظم ناشی از دگرشکلی و چین‌خوردگی انتقال قیر طبیعی از این سازند به سازند گچساران مهیا شده است. بر اساس این مدل تاقدیس ویزان به دلیل ابعاد بزرگ‌تر، گسترش بیشتر سازند گچساران و رخنمون بیشتر بخش تبخیری کلهر سازند آسماری نسبت به تاقدیس امام حسن، چین‌های

## کتابنگاری

- احمدی خلجی، ا.، صفرزاده، م. و محمدی، م.، ۱۳۹۲- ژئوشیمی، شکل‌گیری و خصوصیات قیرهای طبیعی در منطقه شک‌میدان- کلیدوند (شمال غرب گیلانغرب)، ماهنامه علمی- ترویجی اکتشاف و تولید نفت و گاز، شماره ۱۱۰، ص. ۸۳ تا ۸۶.
- پیره، ل.، فتحیان‌پور، ن. و مختاری، ا.، ۱۳۸۹- پتانسیل‌یابی منابع نفت و گاز در محدوده شمال و شمال غرب ایلام با استفاده از روش‌های سنجش از دور و کنترل‌های زمینی در محیط GIS، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۸۱ ص.
- حمزه، ف. و شفیع بافتی، ش.، ۱۳۹۴- آنالیز خطوارگی در رخنمون‌های آهکی و اهمیت آن در بهینه‌سازی استخراج (مورد مطالعه: معادن سنگ ساختمانی کرمان)، فصلنامه علوم زمین، شماره ۹۵، ص. ۱۸۵ تا ۱۹۶.
- شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۸۹- نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ سریل ذهاب، مدیریت اکتشاف.
- لرستانی، ق. و شهریار، ع.، ۱۳۹۰- کاربرد ENVI در سنجش از دور (تحلیل و تفسیر تصاویر ماهواره ای)، انتشارات نشر انتخاب، ۲۳۸ ص.
- مقصودی، ا.، ۱۳۹۵- مطالعات پیش‌امکان‌سنجی برای شناسایی فرصت‌های سرمایه‌گذاری استان کرمانشاه در بخش معدن و صنایع معدنی، مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، دفتر مطالعات انرژی، صنعت و معدن، ۱۲ ص.

## References

- Bordenave, M. L. and Hegre, J. A., 2010- Current distribution of oil and gas fields in the Zagros Fold Belt of Iran and contiguous offshore as the result of the petroleum systems. In: Leturmy, P., Robin, C. (Eds.), Tectonic and Stratigraphic Evolution of Zagros and Makran during the Mesozoic-cenozoic, Geological Society, pp. 291- 353.
- Cheng, Q., Chen, Z. and Khaled, A., 2007- Application of fuzzy weights of evidence method in mineral resource assessment for gold in Zhenyuan District, Yunnan Province, China, Earth Science - Journal of China University of Geosciences, v. 32 (2), pp. 175- 184 (In Chinese with English Abstract).
- El-Sawy, K., Ibrahim, A. M., El-Bastawesy, M. A. and El-Saud, W. A., 2016- Automated, manual lineaments extraction and geospatial analysis for Cairo-Suez district (Northeastern Cairo-Egypt), using remote sensing and GIS, International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology, v. 3, pp. 2348- 7968.
- Floyd, F. and Sabins, Z., 1999- Remote sensing for mineral exploration) Remote Sensing Enterprises, Celeste Lane, Fullerton, CA, USA, Ore Geology Reviews, v. 14, pp. 157- 183.
- Hajibapir, G., Lotfi, M., Zarifi, A. Z. and Nezafati, N., 2014- Application of Different Image Processing Techniques on Aster and ETM+ Images for Exploration of Hydrothermal Alteration Associated with Copper Mineralizations Mapping Kefeldol Area (Eastern Azarbaijan Province-Iran), Journal of Geology, v. 4, pp. 582- 597.
- Hosseini, S. A. and Abedi, M., 2015- Data Envelopment Analysis: A knowledge-driven method for mineral prospectivity mapping, Computers & Geosciences, v. 82, pp. 111- 119.
- Kalinowski, A. and Oliver, S., 2004- ASTER Mineral Index Processing Manual Compiled by Remote Sensing Applications Geoscience, Australia, Center of Geographic Sciences.
- Malczewski, J., 1999- GIS and multicriteria decision analysis, John Wiley and Sons, USA, 392 p.
- Meyer, R. F. and De Witt, W. J., 1990- Definition and World Resources of Natural Bitumens, U. S. Geological Survey Bulletin 1944, 14 p.
- Thenkabail, P. S., 2015- Remote Sensing Handbook, CRC Press, USA, 2200 p.
- Verbeek, E. R. and Grout, M. A., 1993- Geometry and Structural Evolution of Gilsonite Dikes in the Eastern Uinta Basin, Utah, U. S. Geological Survey Bulletin 1787-HH, Reston, 52 p.
- Zhang, N., Zhou, K. and Du, X., 2017- Application of fuzzy logic and fuzzy AHP to mineral prospectivity mapping of porphyry and hydrothermal vein copper deposits in the Dananhu-Tousuquan island arc, Xinjiang, NW China, Journal of African Earth Sciences, v. 128, pp. 84- 96.

# Introduction of gilsonite mineralization prospect areas in Shak Meydan zone (Kermanshah province)

M. Esmacili-Vardanjani<sup>1\*</sup>, M. Nazeri<sup>1</sup> and Gh. R. Asgari<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ph.D., Self-Sufficiency and Applied Research Center, Khatam-al Anbiya Construction Headquarters, Tehran, Iran

<sup>2</sup>Ph.D., Faculty of Sciences, Ferdowsi University, Mashhad, Iran

Received: 2018 July 08

Accepted: 2018 December 24

## Abstrac

Gilsonite mineralization in Shak Meydan zone as the most prone zone of Iranian gilsonite mineralization was predominantly hosted by the anidrite part of Asmari Formation (Kalhor member) and Gachsaran Formation. To find the prospect areas of gilsonite mineralization in ShakMeydan zone, the zone was divided into three sub zones in which exploration studies were conducted. We first tried to determine lithologic units using remote sensing processing and to separate rock units using image processing technology. Next, we plotted a 3D structural modeling of the study zone in order to increase the depth precision and to determine the stratigraphic sequence and stratigraphy-structural adaptation. Finally, we detected structural controllers including faults and existing breaks in each sub zone and circular structures prone to translocate minerals. In the sequel, we assigned appropriate weights to applied information layers including geological, tectonic, mineral information and the results of remote sensing studies using analytical hierarchy process (AHP) based on Knowledgeable information and field studies to synthesized the exploratory data in order to introduce the prospect areas with exploration priority.

**Keywords:** Shak Meydan zone, Gilsonite, Remote Sensing, Modeling, Analytical Hierarchy Process.

For Persian Version see pages 269 to 278

\*Corresponding author: M. Esmacili-Vardanjani; E-mail: [mostafa\\_esmaily@yahoo.com](mailto:mostafa_esmaily@yahoo.com)