



ارزیابی نقش ساختارها در چگونگی توزیع هیدروکربور در سازندهای سروک و ایلام با استفاده از منطق فازی در ناحیه هیتترلند بندرعباس

فاطمه جهادگر^۱، زهرا ملکی^{۲*}، علی سلگی^۳، مهران آرین^۴، علی سربی^۵

۱- دانشجوی دکتری تکنیک، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

۲- استادیار گروه زمین شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

۳- دانشیار گروه زمین شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

۴- استاد گروه زمین شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

۵- استادیار گروه زمین شناسی، دانشکده علوم پایه، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۱/۱۸

چکیده

سازندهای سروک و ایلام در حوضه رسوبی زاگرس به عنوان سازندهایی با قابلیت مخزنی شناخته می شوند. بیش از نیمی از میدین هیدروکربوری در حوضه زاگرس در افق های سروک و ایلام دارای هیدروکربور است. در این تحقیق به منظور شناسایی مناطق دارای پتانسیل هیدروکربوری برای افق های سروک و ایلام در ناحیه هیتترلند بندرعباس پارامترهایی نظیر رخنمون سازندها، گسل های اصلی، دیاپیرهای نمکی، نقشه های هم ضخامت و حجم رسوبات فوقانی سازندها از نقشه زمین شناسی منطقه و نیز داده های چاه استخراج گردید. با طراحی یک شبکه استنتاجی بین داده ها و منطق فازی مناطق با پتانسیل بالای هیدروکربوری برای افق های سروک و ایلام در ناحیه هیتترلند بندرعباس شناسایی گردیدند. این ناحیه به لحاظ پتانسیل اکتشافی در افق های مخزنی سروک و ایلام به عنوان یک منطقه با قابلیت نسبتاً ضعیف شناسایی شد. به گونه ای که ۶۸ درصد از منطقه هیتترلند دارای پتانسیل هیدروکربوری پایین، ۱۸ درصد دارای پتانسیل هیدروکربوری متوسط و تنها ۱۴ درصد دارای پتانسیل هیدروکربوری بالایی جهت اکتشاف در افق سروک و ایلام می باشند. این درحالی است که با در نظر گرفتن اثر تاقدیس ها درصد های یاد شده برای مناطق با پتانسیل بالای هیدروکربوری به ۴٫۳ درصد کاهش پیدا کرد. که مجموعاً به نظر می رسد تاقدیس های گشو جنوبی، بستانه، کیسن، نمک غربی و سورو در افق های سروک و ایلام دارای پتانسیل هیدروکربوری هستند.

واژه های کلیدی: توزیع هیدروکربور، منطق فازی، عوامل زمین ساختی، سازند سروک و ایلام



Evaluation of the role of structures in the distribution of hydrocarbons in Sarvak and Ilam Formations using fuzzy logic in the Bandar Abbas hinterland

FatemeH Jahadgar¹, Zahra Maleki^{2*}, Ali Solgi³, Mehran Arian⁴, Ali Sorbi⁵

۱- PhD student of Tectonics, Department of Geology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

۲- Assistant Professor, Department of Geology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

۳- Associate Professor, Department of Geology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

۴- Professor, Department of Geology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

۵- Assistant Professor, Department of Geology, Faculty of basic sciences, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran

Abstract

The Sarvak and Ilam Formations in the Zagros sedimentary basin are known as hydrocarbon reservoir formations. More than half of the hydrocarbon fields in the Zagros Basin on the Sarvak and Ilam horizons contain hydrocarbons. In this research, to identify areas with hydrocarbon potential of the horizon of Sarvak and Ilam at Bandar Abbas hinterland, parameters such as outcrops of formations, main faults, salt plugs, isopach maps and upper sediment volume of formations from the geological map of the region and well data were extracted. With designing a network inference among data and using Fuzzy logic method with the high hydrocarbons, potential of the Sarvak and Ilam horizons were identified in the Bandar Abbas hinterland. This area identified as a relatively weak area in terms of exploratory potential in Sarvak and Ilam reservoir horizons. 68% of the hinterland region has low hydrocarbon potential, 18% has medium hydrocarbon potential and only 14% has high hydrocarbon potential for exploration in Sarvak and Ilam horizons. However, considering the effect of anticlines, the mentioned percentages for areas with high hydrocarbon potential reduced to 4.3%. Together, it seems that the anticlines of South Gashu, Bastaneh, Kish, West Namak and Suru have hydrocarbon potential in Sarvak and Ilam horizons.

Keywords: hydrocarbon distribution, fuzzy logic, structural factors, Sarvak and Ilam Formations



مقدمه

زمین شناسی، ژئوشیمی و ژئوفیزیک را با یک دیگر ترکیب و انطباق نسبتاً خوبی بین نقشه نهایی تولید شده و میادین نفت و گاز منطقه مورد مطالعه ملاحظه نمودند.

امین زاده (Aminzadeh, 1992) معتقد است با توجه به چند رشته ای بودن اکتشاف نفت و قوانین حاکم بر آن ها می توان با ترکیب این دو عامل سیستم های خبره را برای حل مشکلات دشوار اکتشافی بکار گرفت. لذا با استفاده از شبکه های منطق فازی و ادغام منابع دانش مختلف می توان برای عملیات اکتشاف بهره گرفت.

در این مطالعه شناسایی مناطق دارای پتانسیل بالای اکتشافی برای افق های مخزنی سروک و ایلام با عملگرهای فازی و تلفیق آن ها بر مبنای روش های متکی بر دانش با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی انجام پذیرفت و مناطق مناسب معرفی گردید. از جمله نقاط قوت این مطالعه می توان به ارزیابی افق مخزنی مشخص در گستره مطالعاتی وسیع اشاره نمود. بدین منظور با تلفیق داده های زمین شناسی و چاه ها همچون رخنمون سطحی واحدهای اثرگذار، گسل های اصلی، حجم رسوبات فوقانی بر روی سازندهای مهم نظیر کژدمی، سروک، ایلام، گورپی و پابده به همراه تغییرات ضخامت هر یک از افق ها، مناطق دارای پتانسیل شناسایی شدند. این مطالعه در منطقه هینترلند بندرعباس انجام گرفت.

زمین شناسی و چینه شناسی منطقه

منطقه مورد مطالعه محدوده ای از جنوب زاگرس است، که حد خاوری آن گسله زندان- میناب وحد جنوبی آن حد جبهه چین های زاگرس است که از درون خلیج فارس عبور می کند. از نگاه تکتونیکی، ساختارهای ناحیه بیشتر تناوبی از تاقدیس ها و ناودیس های موازی اند که روند عمومی آنها کم و بیش خاوری — باختری است. با این وجود، در مجاورت با گنبد های نمکی سری هرمز

صنعت نفت جهت انجام عملیات اکتشاف، مطالعات متعددی همچون زمین شناسی، ژئوشیمی و ژئوفیزیک را برای دست یابی به اطلاعاتی که وجود هیدروکربور در منطقه را با احتمال بالاتری به اثبات برساند، انجام میدهد. در واقع عملیات اکتشاف نفت مبتنی بر تصمیم گیری چند معیاره بوده و پیش از انجام عملیات حفاری بین اطلاعات بدست آمده از مطالعات ارتباط برقرار نموده و مناسب ترین مکان را پیشنهاد می دهند. منطق فازی که بر مبنای تصمیم گیری چندمعیاره است؛ اولین بار در سال ۱۹۶۵ توسط پروفیسور لطفی عسگرزاده معرفی گردید (Lotfi, ۱۹۶۵). این منطق بر خلاف دیگر منطق های دو ارزشی که تنها بر روی درستی و نادرستی یک موضوع بحث می کنند یک منطق چند ارزشی است. برای اکتشاف هیدروکربور فاکتورهای متعددی ارزیابی می شود اما با این حال وجود یا عدم وجود هیدروکربور در یک منطقه را نمی توان با قطعیت کامل تعیین نمود لذا اکتشاف نفت نیز چند ارزشی محسوب می شود. به عبارت بهتر در اکتشاف اولویت بندی بر مبنای احتمال وجود هیدروکربور صورت می پذیرد و با در نظر گرفتن فاکتورهای مختلف اکتشافی، مناطق می توانند در اولویت اکتشافی پایین تا بسیار بالا تقسیم بندی شوند.

تاکنون محققین متعددی با استفاده از تصمیم گیری چندمعیاره و منطق فازی اقدام به شناسایی و پتانسیل یابی مناطق دارای ارزش اکتشافی نموده اند (Abd Latef and Kahar, 2008; Jagadish and Rao, 2010; Bingham et al., 2012 and 2011; Tounsi, 2005; Malczewski, 1991; Barrell, 2000b; An et al., 1991; Gao et al., 2000; Zargani et al., 2003; Liping, 2011; Liu et al., 2008; Carranza, 2002; Aminzadeh, 1994; Amiri et al., 2015).

امیری و همکاران (Amiri et al., 2015) در تهیه نقشه پتانسیل هیدروکربوری با استفاده از جی ای اس داده های



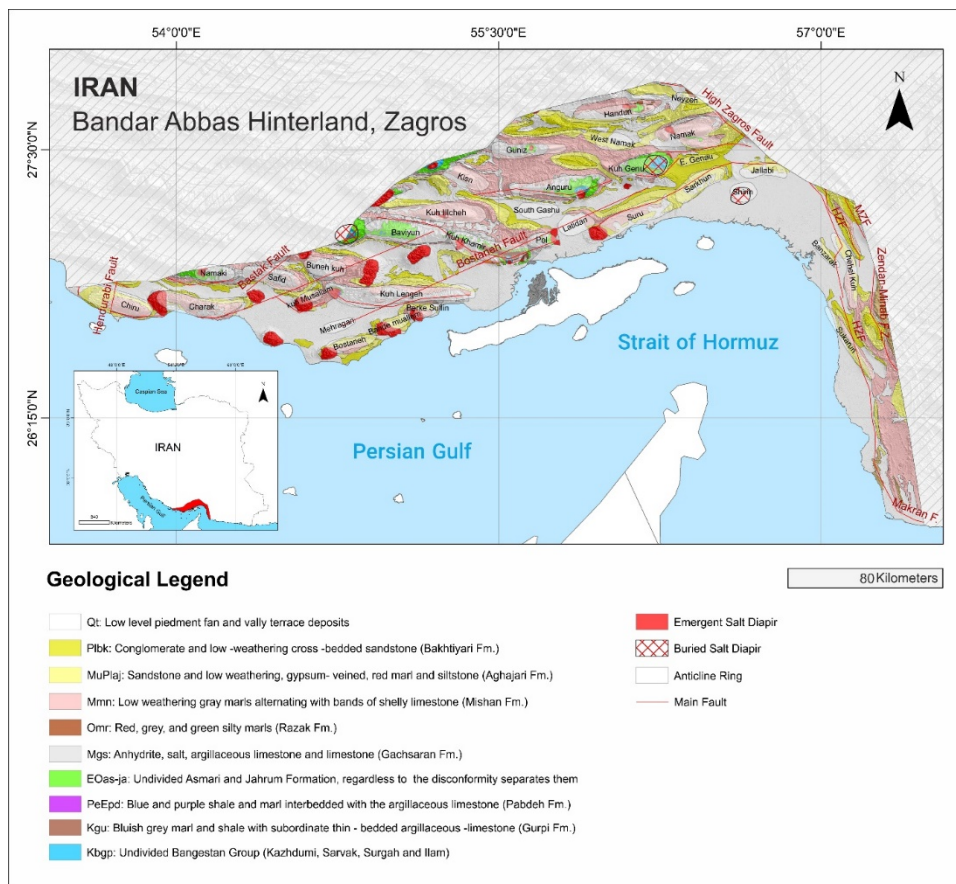
میشان از ویژگی های این ناحیه است. وجود سازند گچساران، چشمه های نفتی، گچ ترش، چشمه های آبگرم گوگردی از ویژگی های هینترلند بندرعباس و نشانگر وجود میدان های هیدروکربنی در این ناحیه است (آقانباتی، ۱۳۸۵).

تغییراتی در روند چین ها دیده می شود. بیشترین تغییر در مجاورت گسل میناب دیده می شود که حرکت های امتداد لغز و شیب لغز آن تغییرات قابل توجهی در روند چین ها ایجاد نموده است (شکل ۱).

غالب تاقدیس های این ناحیه به جز شش مورد کلی از رسوبات گروه فارس پوشیده شده اند و ضخامت قشر رسوبی در این ناحیه به مراتب بیشتر از ناحیه فارس است و از این جهت با فروافتادگی دزفول شباهت دارد. تاقدیس های این ناحیه دارای تفاوت هایی در راستای محوری هستند و می توان آن ها را در سه دسته مورد بررسی قرار داد: دسته اول تاقدیس هایی که امتداد محوری به موازات تراست زاگرس دارند، مانند: تاقدیس فراقون، تاقدیس گهکم و تاقدیس خوش. دسته دوم تاقدیس هایی که امتداد محوری آن ها به موازات گسله زندان-میناب است، مانند: تاقدیس های میناب، کریان و مهمانی. و بین امتداد محوری دسته اول و دسته دوم یک زاویه ۱۲۰ درجه قابل استنباط است. و دسته سوم تاقدیس هایی هستند که امتداد آن ها در کنترل گسله های پی سنگ است و این دسته دربرگیرنده تاقدیس های غالب منطقه است. اکثریت تاقدیس های هینترلند بندرعباس دارای راستای محوری خاوری-باختری و شمال خاوری- جنوب باختری هستند که در تضاد با امتداد کلی تاقدیس های زاگرس که شمال باختری- جنوب خاوری شناخته شده اند می باشد (مطیعی، ۱۳۷۴).

چینه شناسی منطقه مورد مطالعه

از نگاه سنگ چینه ای بخشی از ترادف های ترشیاری (بوردیگالین- پلیستوسن) هینترلند بندرعباس، از نظر رخساره و ستبرای شباهت هایی با فروافتادگی دزفول دارد (آقانباتی، ۱۳۸۵). با این وجود تغییر رخساره سازند گچساران گاهی به سازند رازک و گاهی به سازند مول و نیز وجود پاره سازند سنگ آهک گوری در قاعده سازند



شکل ۱: نقشه زمین شناسی و ساختارهای مهم در منطقه هینترلند بندرعباس (با تغییر از طباطبایی ۱۹۹۷)

روش تحقیق

توابع عضویت فازی، امتیاز فازی به هر لایه اطلاعاتی تعلق گرفت و با تلفیق نقشه های فازی شده با یکدیگر به کمک شبکه استنتاجی طراحی شده و عملگرهای فازی، مناطق با پتانسیل بالای اکتشافی برای افق های سروک و ایلام شناسایی و معرفی گردیدند.

بررسی فاکتورهای مؤثر و نحوه انتخاب آنها

رخنمون سازندها

بدیهی است در مناطقی که سازندهایی با قابلیت سنگ منشا، مخزن و پوش سنگ و یا سازندهای قدیمی تر از آن رخنمون سطحی داشته باشند آن منطقه فاقد ارزش هیدروکربوری برای افق مذکور خواهد بود. از آنجایی که سیستم هیدروکربوری مورد بررسی در این مطالعه شامل سازندهای کژدمی با قابلیت سنگ منشا، سازندهای سروک و ایلام با قابلیت سنگ مخزن و سازندهای گورپی و پایده با

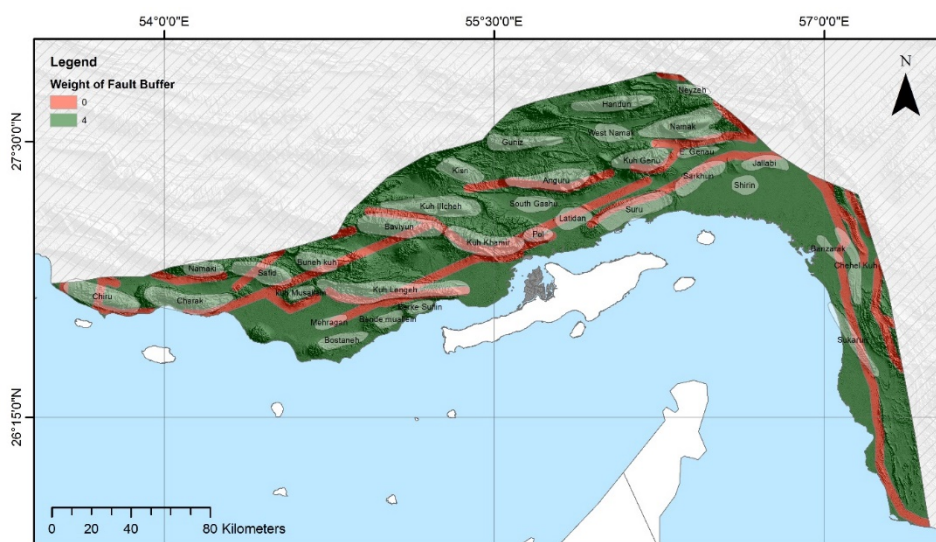
هدف از این مطالعه شناسایی مناطق مستعد تولید هیدروکربور توسط سازند کژدمی به عنوان سنگ منشا، سازندهای ایلام و سروک به عنوان سنگ مخزن و سازندهای گورپی و پایده به عنوان پوش سنگ می باشد. به عبارت بهتر در این تحقیق تلاش شده است تا مناطقی که سنگ منشا، مخزن و پوش سنگ دارای شرایط مناسبی به منظور انباشت هیدروکربور هستند شناسایی و به عنوان مناطق با ارزش معرفی شوند. بدین جهت فاکتورهای اثر گذار نظیر رخنمون سازندها، گنبد های نمکی، گسل ها، ضخامت سازندها و نیز حجم رسوبات فوقانی سازندها از نقشه زمین شناسی منطقه و اطلاعات چاه های حفاری شده استخراج گردید.

بدین منظور لایه های اطلاعاتی هینترلند بندرعباس بر اساس نظر کارشناسی و اهمیتشان امتیاز دهی شدند. سپس با استفاده از

گسل ها

گسل های اصلی منطقه اقدام به تهیه نقشه فاصله از گسل ها گردید. مناطق با فاصله کمتر از ۲ کیلومتر از گسل به عنوان مناطق با پتانسیل کمتر و امتیاز صفر و مناطق با فاصله بیشتر ۲ کیلومتر از گسل به عنوان مناطق با پتانسیل بیش تر اکتشافی در نظر گرفته شدند و به آن امتیاز ۴ تعلق گرفت (شکل ۳). با فاصله گرفتن از گسل ها پتانسیل اکتشافی افزایش خواهد یافت.

هینترلند بندرعباس دارای گسل های پی سنگی و عمقی فراوانی است. گسل های بستک و بستانه از جمله مهم ترین و اثرگذار ترین گسل های این منطقه محسوب می شوند. عملکرد گسل های این منطقه به همراه فعالیت دیاپیرهای نمکی تغییر سبک چین خوردگی و نیز تغییر روند ساختارهای تاقدیسی را به همراه داشته است. لذا با استخراج



شکل ۳. نقشه حریم بندی فاصله از گسل ها به همراه امتیاز و اهمیت آن

نقشه های هم ضخامت

and van der Pluijm, 1999) (Rosas et al., 2006) مناطق (Spratt et al., 2004; Stephens, 2001 and 2009) با ضخامت زیاد بیانگر بخش عمیق حوضه و نواحی با ضخامت کم بیانگر بخش کم عمق تر حوضه در زمان رسوبگذاری می باشند (Pirouz et al, 2008). رسوبگذاری در بخش عمیق حوضه در زمان نهشته شدن سازند هایی با قابلیت سنگ منشا می تواند شرایط مناسبی جهت حفظ و انباشت مواد آلی را در گذشته ایجاد نموده باشد. لذا مناطق با ضخامت زیاد سازند کژدمی علاوه بر دارا بودن مواد آلی مناسب می توانند پتانسیل بالاتری نیز جهت تولید هیدروکربور داشته باشند. این درحالی است که قرارگیری سازندها با قابلیت مخزنی در بخش عمیق می تواند منجر به

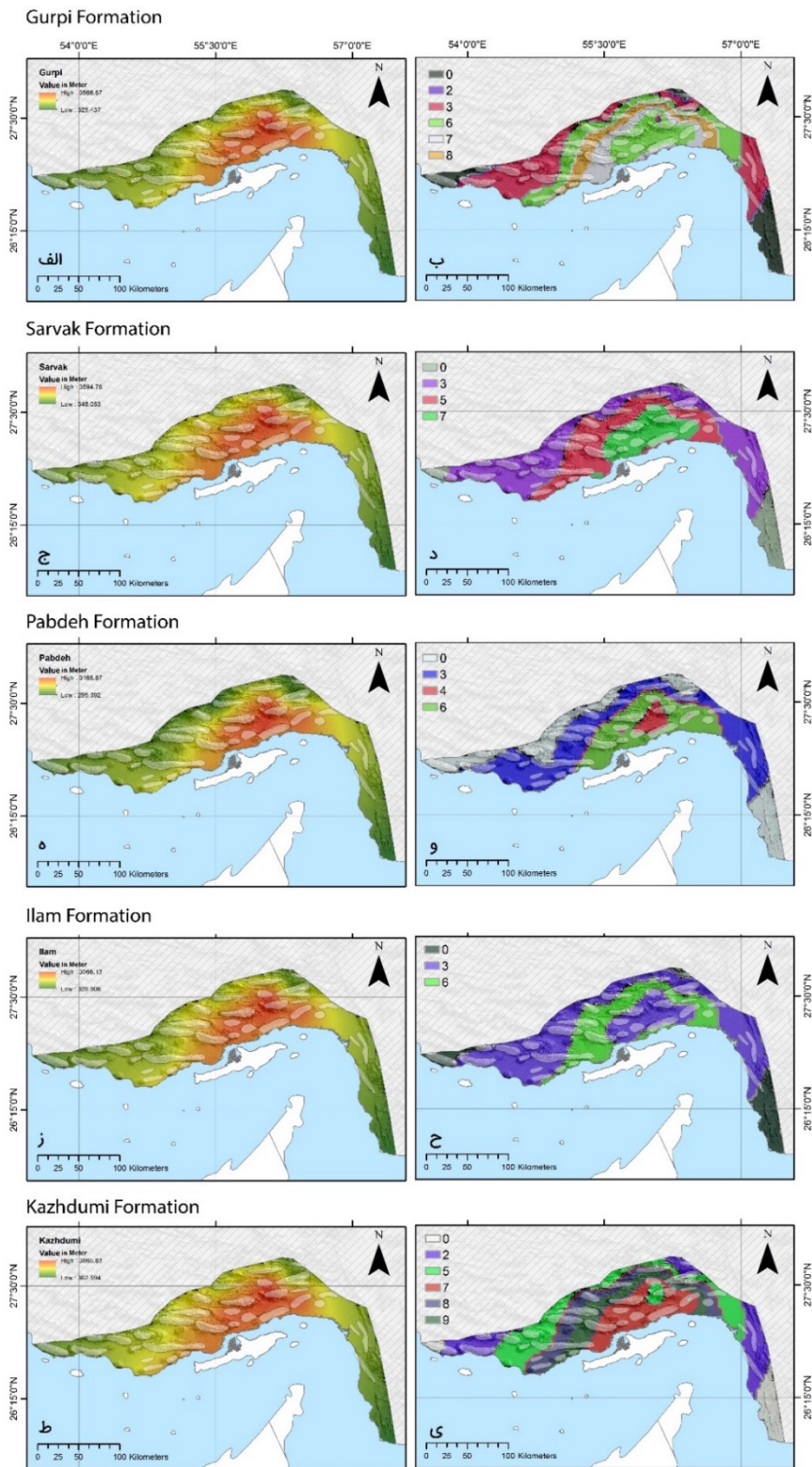
نقشه های هم ضخامت ابزار مهم و اثر گذاری هستند که به وسیله آن می توان چگونگی روند رسوبگذاری و پالئوژئوگرافی حوضه رسوبی در یک ناحیه را مشخص نمود. Kay (۱۹۴۵) برای نخستین بار از نقشه های هم ضخامت به منظور ارزیابی توالی ساختاری استفاده نمود (Howell and van der Pluijm, 1999). نقشه های هم ضخامت بالا آمدگی ها و فرونشست حوضه ناشی از تحولات پی سنگ را به خوبی بازگو می کنند (Setudehnia, 1978; Bahroudi and Talbot, 2003) Howell, Calvert (1974) Cheng-Long Shaw, 1996



جدول ۱. امتیازهای تعلق گرفته به سازندهای گورپی، سروک، پابده، ایلام و کژدمی بر اساس تغییرات ضخامت

سازند سروک		سازند کژدمی	
امتیاز	ضخامت (متر)	امتیاز	ضخامت (متر)
۵	۱۰۰-۰	۳	۵۰-۰
۶	۲۰۰-۱۰۰	۵	۱۰۰-۵۰
۴	۳۰۰-۲۰۰	۶	۱۵۰-۱۰۰
۳	۴۰۰-۳۰۰	۸	۲۰۰-۱۵۰
سازند ایلام		۹	۲۵۰-۲۰۰
سازند گورپی		سازند پابده	
امتیاز	ضخامت (متر)	امتیاز	ضخامت (متر)
۴	۵۰-۰	۲	۵۰-۰
۵	۱۰۰-۵۰	۳	۱۰۰-۵۰
سازند پابده		۴	۱۵۰-۱۰۰
امتیاز	ضخامت (متر)	۵	۲۰۰-۱۵۰
۱	۳۰۰-۰	۶	۲۵۰-۲۰۰
۳	۶۰۰-۳۰۰	۷	۳۰۰-۲۵۰
۴	۹۰۰-۶۰۰	۸	۴۰۰-۳۰۰
۲	۱۳۰۰-۹۰۰		

کاهش تخلخل سازندها و نیز کاهش پتانسیل مخزنی شود. همچنین بالا آمدگی ها علاوه بر اینکه می تواند منجر به فرسایش شود، اثرات مخربی را بر روی سنگ منشا و پوش سنگ خواهد داشت. این اثرات می تواند شامل عدم تجمع مواد آلی و یا ایجاد شرایط اکسیداسیون و تخریب مواد آلی را به دنبال داشته باشد. اگرچه بالا آمدگی می تواند منجر به افزایش تخلخل و محفوظ ماندن تخلخل اولیه در سنگ های مخزن گردد با این حال در ارزش گذاری هر یک از سازندهای کژدمی، سروک، ایلام، گورپی و پابده موارد یاد شده لحاظ گردید. براین اساس لایه های ایجاد شده متناسب با اهمیتشان بر اساس تغییرات ضخامت مطابق جدول (۱) امتیاز دهی شدند (شکل ۴).



شکل ۴. نقشه حجم رسوبات فوقانی به همراه امتیازهای تعلق گرفته به آن برای سازندهای گورپی، سروک، پابده، ایلام و کزدومی



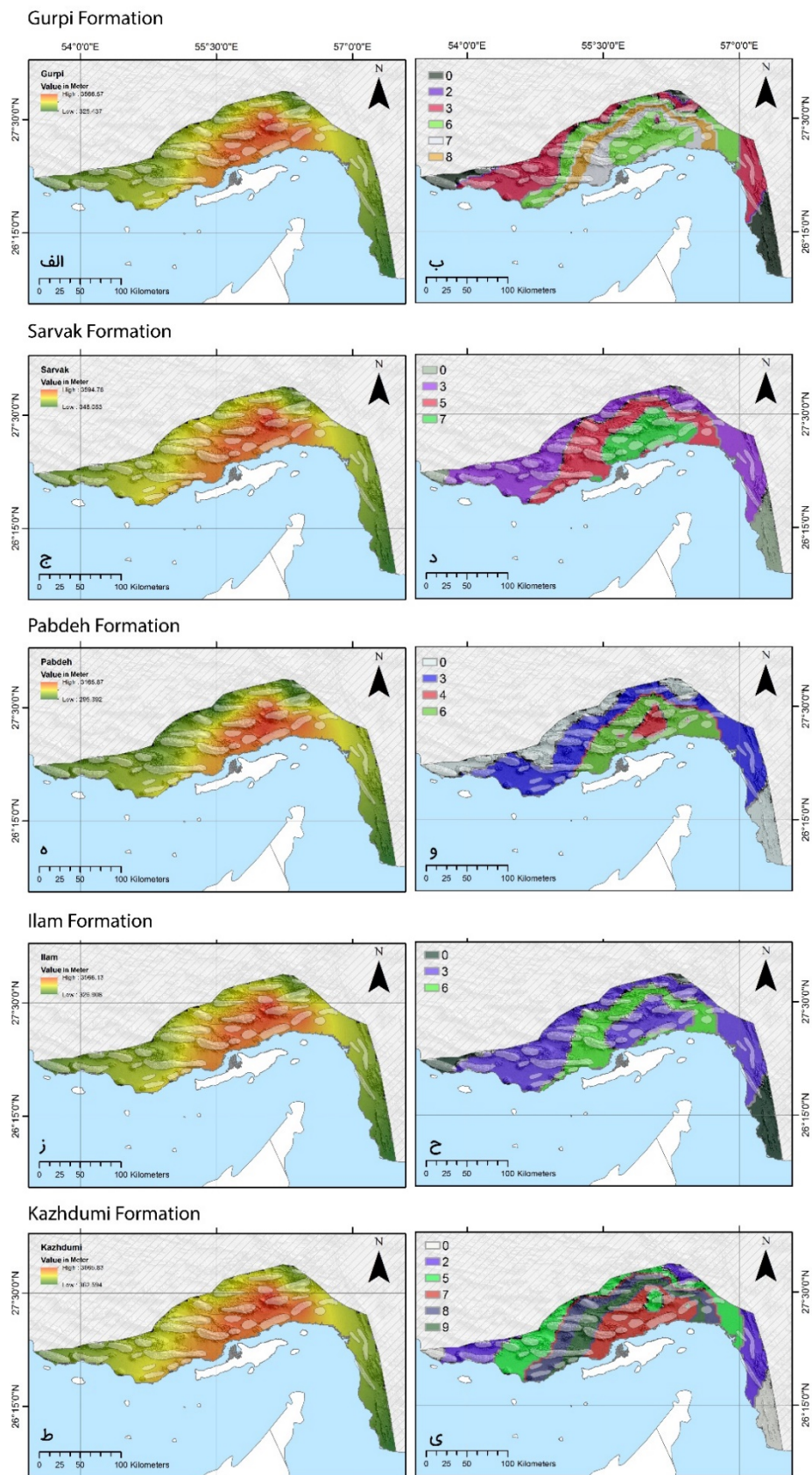
نقشه رسوبات فوقانی سازندها

جدول ۲: امتیازهای تعلق گرفته به سازندهای گورپی، سروک، پابده، ایلام و کژدمی بر اساس ضخامت رسوبات فوقانی هر سازند

سازند سروک		سازند کژدمی	
امتیاز	ضخامت رسوبات فوقانی (متر)	امتیاز	ضخامت رسوبات فوقانی (متر)
۰	۱۰۰۰-۰	۰	۱۰۰۰-۰
۳	۲۰۰۰-۱۰۰۰	۲	۱۵۰۰-۱۰۰۰
۷	۳۰۰۰-۲۰۰۰	۵	۲۰۰۰-۱۵۰۰
۵	۴۰۰۰-۳۰۰۰	۸	۲۵۰۰-۲۰۰۰
سازند ایلام		۹	۳۰۰۰-۲۵۰۰
امتیاز	ضخامت رسوبات فوقانی (متر)	۷	۳۵۰۰-۳۰۰۰
۰	۱۰۰۰-۰	۵	۴۰۰۰-۳۵۰۰
۳	۲۰۰۰-۱۰۰۰	سازند گورپی	
۶	۳۰۰۰-۲۰۰۰	امتیاز	ضخامت رسوبات فوقانی (متر)
۳	۴۰۰۰-۳۰۰۰	۰	۱۰۰۰-۰
سازند پابده		۳	۱۵۰۰-۱۰۰۰
امتیاز	ضخامت رسوبات فوقانی (متر)	۶	۲۰۰۰-۱۵۰۰
۰	۱۰۰۰-۰	۸	۲۵۰۰-۲۰۰۰
۳	۲۰۰۰-۱۰۰۰	۷	۳۰۰۰-۲۵۰۰
۶	۳۰۰۰-۲۰۰۰	۶	۳۵۰۰-۳۰۰۰
۴	۴۰۰۰-۳۰۰۰	۲	۴۰۰۰-۳۵۰۰

حجم رسوبات فوقانی نهشته شده بر روی سازندهای کژدمی، سروک، ایلام، گورپی و پابده معیار دیگری است که در این مطالعه لحاظ گردید و با استفاده از داده های چاه های حفاری شده در ناحیه هینترلند حجم فوقانی رسوبات استخراج و نقشه های مربوطه تهیه شدند. از آنجایی که تغییر در عمق تدفین سنگ منشا تاثیر مستقیمی بر روی بلوغ ماده آلی و نیز تولید هیدروکربور خواهد داشت از این رو جهت بررسی سازند کژدمی به عنوان سنگ منشا شناخته شده در زاگرس، نقشه حجم رسوبات فوقانی برای سازند کژدمی تهیه گردید. ارزش دهی به سازندهای کژدمی، سروک، ایلام، پابده و گورپی بر مبنای پارامترهایی نظیر عمق پنجره نفت زایی و نیز عمق دیاژنز، کاتازنز و متاژنز انجام پذیرفت. همچنین با توجه به حجم رسوبات فوقانی سازندها اثر رخنمون سازندها نیز به صورت غیر مستقیم لحاظ می گردد و مناطقی که حجم رسوبات فوقانی کاهش می یابد بیانگر نزدیک بودن به سطح زمین می باشد.

حجم رسوبات نهشته شده بر روی سازندهای سروک و ایلام می تواند کنترل کننده تخلخل و شکستگی های موجود در مخزن باشد، این موضوع نیز برای سنگ های پوشش نیز صدق می کند. براین اساس لایه های ایجاد شده متناسب با اهمیتشان بر اساس ضخامت رسوبات فوقانی هر سازند مطابق جدول (۲) امتیاز دهی شدند (شکل ۵).



شکل ۵: نقشه حجم رسوبات فوقانی به همراه امتیازهای تعلق گرفته به آن برای سازندهای گورپی، سروک، پابده، ایلام و کژدمی



مدل فازی

شناسایی بالاترین ارزش عضویت برای هر یک از معیارهای ورودی را داشته باشیم، مفید خواهد بود.

$$\mu_{Combine} = \text{Max}(\mu_A, \mu_B, \mu_C, \dots) \quad (\text{رابطه ۱})$$

در این رابطه $\mu_A, \mu_B, \mu_C, \dots$ به ترتیب مقادیر عضویت فازی گنگ برای نقشه های A, B, C, ... در یک موقعیت بخصوص از هر نقشه می باشند.

عملگر AND

این عملگر با استفاده از رابطه (۲) تعریف می شود (Tangestani, 2003). عملگر AND حداقل مقدار را از مجموعه فازی در نظر می گیرد. هنگامی که برای اثبات فرضیه ای باید چندین فاکتور با هم حضور داشته باشند و یا بخواهیم حداقل ویژگی مشترک را برای معیارهای ورودی شناسایی کنیم از عملگر AND استفاده می شود.

$$\mu_{Combine} = \text{Min}(\mu_A, \mu_B, \mu_C, \dots) \quad (\text{رابطه ۲})$$

در این رابطه $\mu_A, \mu_B, \mu_C, \dots$ به ترتیب مقادیر عضویت فازی گنگ برای نقشه های A, B, C, ... در یک موقعیت بخصوص از هر نقشه می باشند.

عملگر SUM

این عملگر با استفاده از رابطه (۳) تعریف می شود (Tangestani, 2003). منظور از عملگر SUM، جمع جبری نیست و نباید با جمع وزن ها اشتباه گرفته شود. به عبارت بهتر در این روش فرض بر این است ورودی مطلوب تر بهتر است و اثر فزاینده بر روی پیکسل ها دارد.

$$\mu_{Combine} = 1 - \prod_{f=1}^n (1 - \mu_f) \quad (\text{رابطه ۳})$$

در منطق فازی، میزان عضویت یک عنصر در یک مجموعه، با مقداری در بازه یک (عضویت کامل) تا صفر (عدم عضویت کامل) تعریف می شود (An et al. 1991; Novriadi et al. 2006, Tangestani 2009, de Gruijter et al. 2011). درجه عضویت معمولاً با یک تابع عضویت بیان می شود که شکل تابع می تواند بصورت خطی، غیرخطی، پیوسته و یا ناپیوسته باشد (Bonham-Carter, 1991). در مدل فازی، به هر یک از پیکسلها در هر نقشه فاکتور مقداری بین صفر تا یک اختصاص داده می شود که بیانگر میزان مناسب بودن محل پیکسل از دیدگاه معیار مربوطه برای هدف مورد نظر می باشد. پس از تشکیل نقشه های مربوط به هر یک از فاکتورها، مقادیر عضویت موجود در آنها به کمک عملگرهای فازی با یکدیگر ترکیب می شوند. پنج عملگر فازی که می تواند برای تلفیق نقشه های فاکتور سودمند باشد، عبارتند از: Gamma و Product، SUM، AND، OR.

عملگرهای فازی

پس از تهیه نقشه های مدل فازی، لازم است تلفیق نقشه ها با استفاده از عملگرهای فازی انجام گیرد. انتخاب عملگرهای فازی مناسب جهت تلفیق لایه های مختلف با توجه به ارتباط و برهم کنش عوامل مربوط به لایه ها انجام می گیرد (Tangestani, 2003).

عملگر OR

این عملگر با استفاده از رابطه (۱) تعریف می شود (Tangestani, 2003). عملگر OR حداکثر مقدار را از مجموعه فازی در نظر میگیرد. به عبارت بهتر خوشبینانه ترین حالت را در نظر میگیرد. این عملگر هنگامی که قصد

عملگر Gamma

عملکرد عملگر های AND، SUM و GAMMA استفاده گردید.

اثر عملگر AND: ابتدا فاکتور نقشه های هم ضخامت و نقشه های رسوبات فوقانی سازندها به تفکیک هر سازند و جداگانه با استفاده از عملگر AND تلفیق شدند. با توجه به اینکه ویژگی های مشترک برای ورودی های نقشه هم ضخامت و نقشه رسوبات فوقانی برای هر سازند مد نظر است لذا با استفاده از عملگر AND مناطق مشترک و دارای اهمیت برای سازندهای کژدمی، سروک، ایلام، گورپی و پابده به طور جداگانه تلفیق گردیدند. همچنین فاکتورهای فاصله از گسل و رخنمون سازندها نیز با استفاده از عملگر AND تلفیق شدند (شکل ۷).

این عملگر با استفاده از رابطه (۴) تعریف می شود (Tangestani, 2003). عملگر Gamma حاصل ترکیب فازی SUM و Product بوده که اگر مقدار γ در رابطه (۴) برابر ۱ باشد خروجی برابر با SUM خواهد بود و اگر مقدار γ برابر ۰ باشد خروجی برابر با Product خواهد بود. همچنین مقادیر بین ۰ و ۱ شامل OR و AND خواهد بود.

(رابطه ۴)

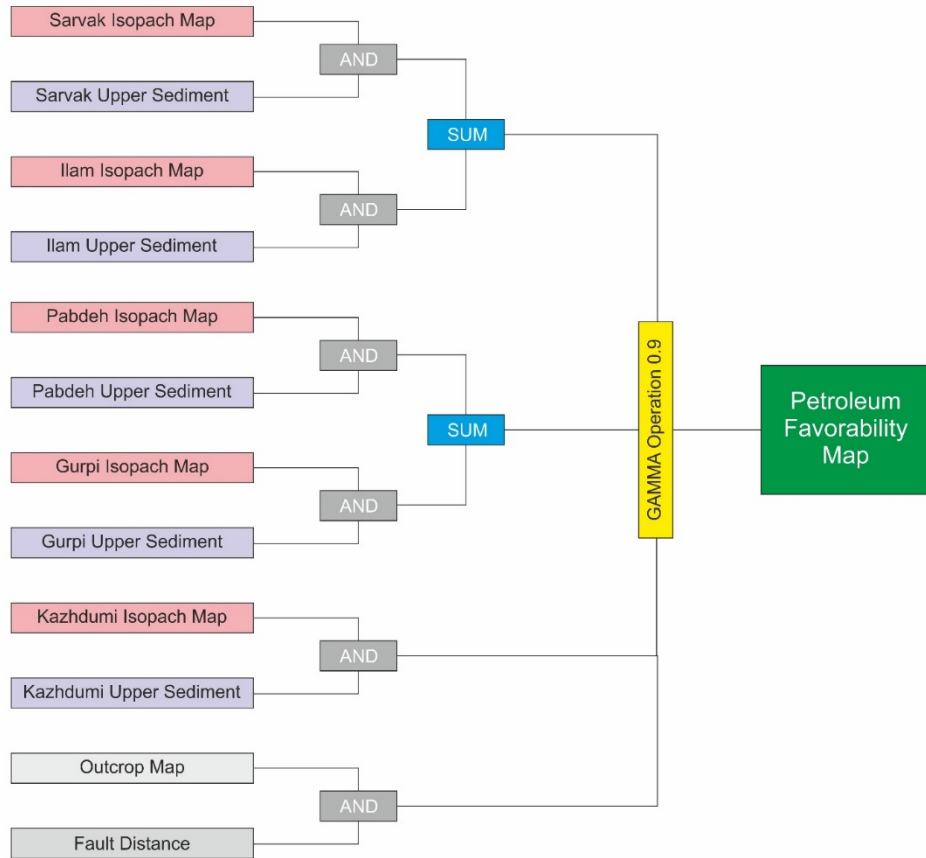
$$\mu_{Combine} = \left(\prod_{f=1}^n \mu_f^{1-\gamma} \right) \times \left(1 - \prod_{f=1}^n (1 - \mu_i)^\gamma \right)$$

تعیین صحیح و آگاهانه γ منجر به ارائه خروجی های سازگار با هدف خواهد شد. در واقع تعیین این مقدار تصمیم گیری اهداف اکتشافی را به بهترین نحو بازگو می نماید.

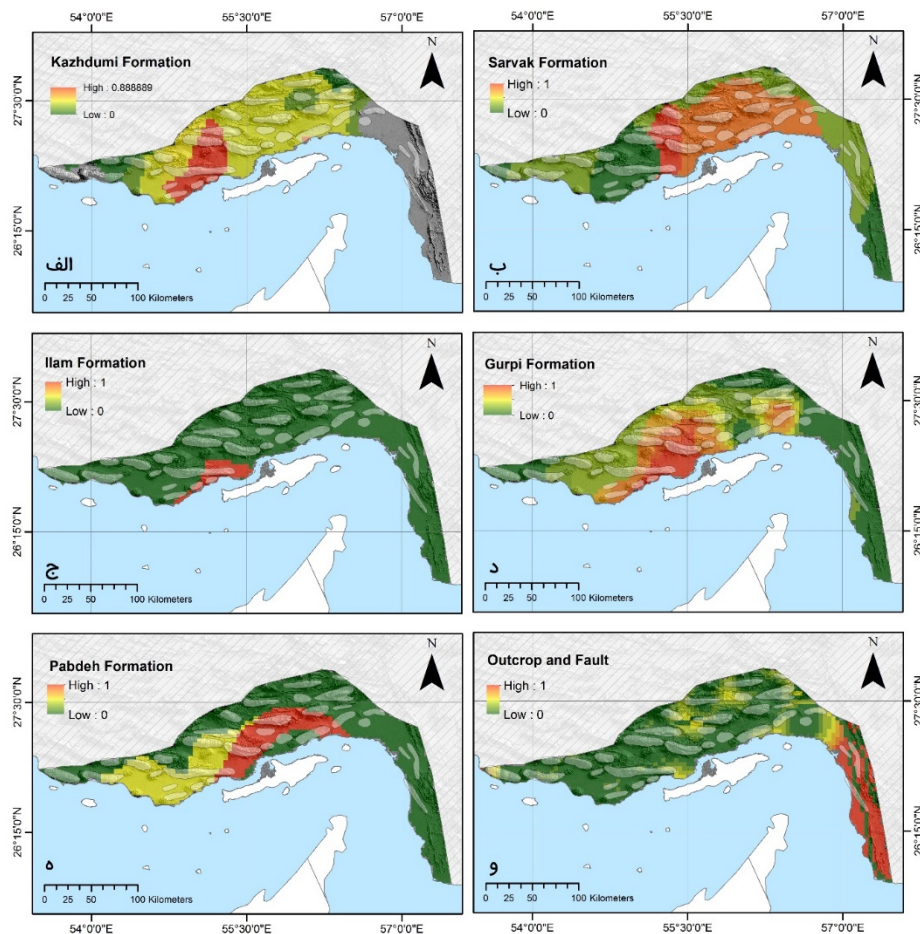
تلفیق نقشه ها و طراحی شبکه های استنتاجی فازی

معمولاً نمی توان کلیه لایه های مورد نیاز را تنها با یک عملگر تلفیق نمود. به همین دلیل اغلب جهت تلفیق لایه های اطلاعاتی مختلف در روش فازی به جای استفاده از یک عملگر، شبکه های استنتاج فازی با استفاده از عملگرهای مختلف ایجاد می شود. در شبکه استنتاجی بجای اینکه کلیه نقشه های فاکتور در یک مرحله تلفیق شوند. فاکتورها بر اساس دانش کارشناسی، ماهیت و نقش هر یک از آنها در تعیین مکان های دارای پتانسیل اکتشافی و ارتباط آنها با یکدیگر، کلاس بندی شده و لایه های اطلاعاتی مربوطه در مراحل مختلف تلفیق می گردند.

در این مطالعه شبکه استنتاجی به گونه ای طراحی شده است که خروجی نهایی به صورت محافظه کارانه ارائه شود (شکل ۶). انتخاب عملگر فازی با توجه به منطق های مختلف می تواند متفاوت باشد. در شبکه استنتاجی طراحی شده از



شکل ۶: شبکه استنتاجی طراحی شده به منظور دستیابی به نقشه پتانسیل هیدروکربوری افق های سروک و ایلام



شکل ۷: تلفیق نقشه های فازی شده با استفاده از عملگر AND در ناحیه هیسترنند بندرعباس (مناطق قرمز رنگ بیانگر نواحی با پتانسیل بالا برای افق های مختلف می باشند) الف) تلفیق نقشه های همضخامت و حجم رسوبات فوقانی سازند کژدمی (ب) تلفیق نقشه های همضخامت و حجم رسوبات فوقانی سازند سروک (ج) تلفیق نقشه های همضخامت و حجم رسوبات فوقانی سازند ایلام (د) تلفیق نقشه های همضخامت و حجم رسوبات فوقانی سازند گورپی (ه) تلفیق نقشه های همضخامت و حجم رسوبات فوقانی سازند پابده (و) تلفیق نقشه های گسل های اصلی و رخنمون سازندها

از عملگر SUM باعث می شود که اثر سازندهای ایلام و سروک و سازندهای پابده و گورپی جداگانه و بصورت مکمل هم لحاظ شوند. به عبارتی دو سازند سروک و ایلام همچنین دو سازند گورپی و پابده اثر افزایشی روی هم دارند و دسترس همزمان به هر دو سازند مزیتی به حساب می آید (شکل ۸).

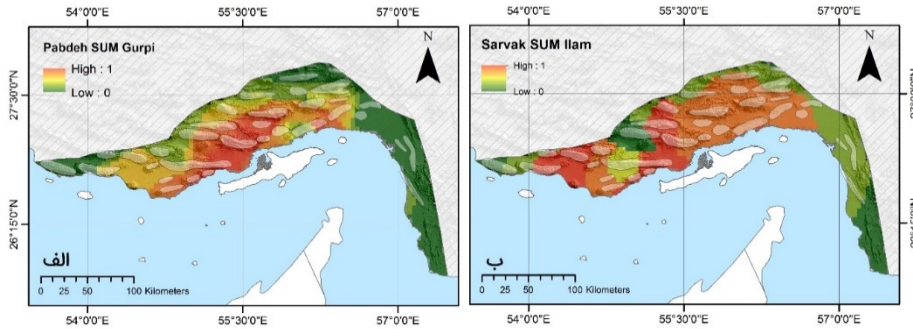
اثر عملگر GAMMA: در صورت استفاده از عملگر SUM اگر در یک پیکسل چندین پارامتر دخالت داشته باشند اثر افزایشی این عملگر باعث می شود وجود پارامترها با مقدار کم نیز

اثر عملگر SUM: در این مطالعه سازندهای سروک و ایلام به عنوان سازندهایی با قابلیت مخزنی، سازندهای گورپی و پابده به عنوان پوش سنگ مطرح هستند. از آنجایی که سازندهای سروک و ایلام به عنوان سنگ مخزن مکمل یکدیگراند لذا نقشه خروجی هر یک از این سازندها که در مرحله قبل با تلفیق نقشه های همضخامت و رسوبات فوقانی با عملگر AND ایجاد گردیده بود در این مرحله با استفاده از عملگر SUM تلفیق شدند. این عمل نیز برای سازندهای گورپی و پابده با قابلیت پوش سنگی نیز لحاظ گردید. استفاده

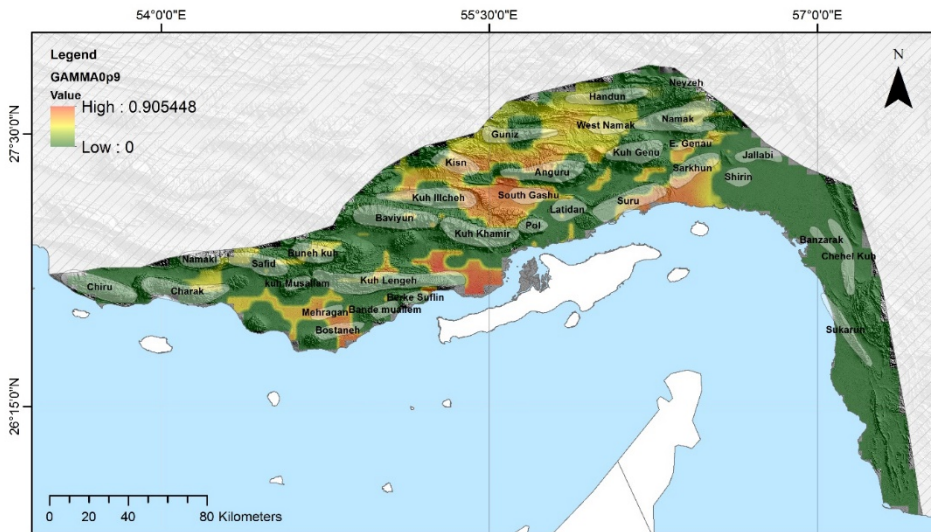


هیدروکربوری افق های سروک و ایلام برای منطقه هینترلند بندرعباس بدست آمد (شکل ۹).

افزایش یابد لذا برای خشتی کردن این اثر از عملگر GAMMA استفاده گردید. در نهایت نقشه های پتانسیل سنگ مخزن، منشا و پوش سنگ با عملگر GAMMA تلفیق و نقشه پتانسیل



شکل ۸: نقشه های توزیع مناطق دارای پتانسیل با قابلیت پوش سنگ و سنگ مخزن بودن افق مورد مطالعه در ناحیه هینترلند بر مبنای نقشه های هم ضخامت و رسوبات فوقانی و بدون در نظر گرفتن گسل ها و رخنمون سازندها به همراه مراحل تلفیق و تهیه نقشه ها (مناطق قرمز رنگ بیانگر نواحی با پتانسیل بالا می باشند) الف) نقشه مناطق مستعد برای پوش سنگ افق سروک و ایلام (ب) نقشه مناطق مستعد برای سنگ مخزن



شکل ۹: نقشه پتانسیل هیدروکربوری افق های سروک و ایلام در ناحیه هینترلند بندرعباس با در نظر گرفتن اثر گسل ها و رخنمون ها

(شکل ۹) مشخص گردید که ۶۸ درصد از منطقه هینترلند دارای پتانسیل هیدروکربوری بسیار پایین، ۱۸ درصد دارای پتانسیل هیدروکربوری متوسط و تنها ۱۴ درصد دارای پتانسیل

نتایج حاصل از تلفیق نقشه ها و شبکه استتاجی

با تعیین محدوده برای مناطق دارای پتانسیل بالا، متوسط و پایین نقشه پتانسیل هیدروکربوری افق های سروک و ایلام



نتیجه گیری

با توجه به اینکه در بسیاری از این تاق‌دیس‌ها حفاری انجام شده است. در بسیاری موارد همخوانی مناسبی میان نقشه حاصل از شبکه استنتاجی با میداین دارای هیدروکربور در افق سروک و ایلام مشاهده شد برای نمونه می‌توان به وجود هیدروکربور در تاق‌دیس گشو جنوبی در افق سروک اشاره نمود. لذا می‌توان دریافت که منطق فازی به عنوان یک منطق چند ارزشی اگر شبکه استنتاجی مناسبی متناسب با داده‌های ورودی برای آن تهیه شود می‌تواند مناطق با پتانسیل بالای اکتشافی را به بهترین شکل ممکن شناسایی نماید. به عبارت دیگر منطق فازی این امکان را فراهم می‌سازد تا تحلیل‌های متفاوت از داده‌ها که ناشی از نظرات متفاوت در خصوص پدیده‌های اکتشافی است را با هم تلفیق نمود و هم زمان نقشه پتانسیل واحدی با قابلیت در نظر گرفتن دیدگاه‌های مختلف تهیه نمود.

هیدروکربوری بالایی جهت اکتشاف در افق سروک و ایلام می‌باشند. این درحالی است که با در نظر گرفتن اثر تاق‌دیس‌ها درصد‌های یاد شده برای مناطق با پتانسیل بالای هیدروکربوری به ۴,۳ درصد کاهش پیدا کرد.

با توجه به شکل ۸ که بیانگر مناطق مستعد سنگ مخزن و پوش سنگ می‌باشد و نیز شکل ۷ الف که وضعیت مناطق مستعد سازند کژدمی جهت سنگ منشا بودن را نشان می‌دهد به نظر می‌رسد پتانسیل مخزنی سروک و ایلام در منطقه هیتزلند بر خلاف دیگر مناطق زاگرس نسبتاً پایین بوده و سازندهای سروک و ایلام به جز در بخش‌های میانی دارای پتانسیل هیدروکربوری بالایی نمی‌باشند.

با توجه به شبکه استنتاجی طراحی شده به نظر می‌رسد تاق‌دیس‌های گشو جنوبی، بستانه، کیسن، نمک غربی و سورو در افق‌های سروک و ایلام دارای پتانسیل هیدروکربوری هستند.



منابع

- De, G.J.J., Walvoert, D.J.J. and Bragato, G., 2011. Application of fuzzy logic to Boolean models for digital soil assessment. *Journal of Geoderma*, 166, 15–33.
- Falcon, N.L., 1961. Major earth-flexing in me Zagros Mountains of southwest Iran. *Quarterly Journal Geological Society of London*, 117, 367-376.
- Falcon, N.L., 1974. Southern Iran: Zagros Mountains: in Mesozoic-Cenozoic orogenic belts, Data for orogenic studies: Alpine-Himalayan Orogens. *Geol. Soc. Lond., Sepe. Publ.*, 4, 199-211.
- Falcon, N.L., 1976. The geology of northeast margin of Arabian basement shield. *Adv. Sci. Lond.*, 31-42.
- Gao, H., Chen, Z., Osadetz, K.G., Hannigan, P. and Watson, C., 2000. A pool-based model of the spatial distribution of undiscovered petroleum resources. *Math. Geol.*, 32, 725–749.
- Hayens, S.J. and Mcquillan H., 1974. Evolution of the Zagros suture zone, southern Iran. *Geological Society of America Bulletin*, 85, 739-744.
- Hessami, K., Koyi, H.A. and Talbot, C.J., 2001a. The significance of strike-slip faulting in the basement of the Zagros fold and thrust belt. *Journal of Petroleum Geology*, 24, 5–28.
- Howell, P.D. and Van Der Pluijm B.A., 1999. Structural sequences and styles of subsidence in the Michigan basin. *Geological Society of America Bulletin*, 111, 7, 974–991.
- Jagadish, C.M. and Rao, N.A., 2010. Role of Remote Sensing and GIS to Provide Geological Input for Hydrocarbon Exploration – A Case Study on Godavari Basin Rajahmundry. Paper presented at the 8th Biennial International Conference and Exposition on Petroleum Geophysics, Hyderabad.
- Jahani, S., 2009. Salt Tectonic, Folding and Fault- ing in eastern Fars and southern Offshore Provinces (Iran). PhD. Thesis, Cergy-Pontoise University.
- Kay, G.M., 1945. Paleogeographic and palinspastic maps. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 29, 426–450.
- Liping, Y., 2011. Study on the Relationship between Fault System and Oil-Gas Sedimentary in Junggar Basin Based on GIS. Paper presented at the Power and Energy Engineering Conference, Wuhan.
- Lotfi, A.Z., 1965, Fuzzy sets. *Information and Control* 8 (3), 338–353.
- آفانباتی، ع.، ۱۳۸۵. زمین شناسی ایران، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- مطیعی، ه.، ۱۳۷۴. زمین شناسی نفت زاگرس ۱ و ۲، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- Abd Latef, M.Z and Kahar, R.B., 2008. Oil and gas exploration in Ethiopia using GIS. Paper presented at the Map Asia Conference, Kuala Lumpur.
- Aminzadeh, F., 1994. Applications of fuzzy expert systems in integrated oil exploration. *Computers and Electrical Engineering*, 20, 89-97.
- Amiri, M.A., Karimi M. and Sarab A.A., 2015. Hydrocarbon resources potential mapping using the evidential belief functions and GIS, Ahvaz/Khuzestan Province, southwest Iran. *Arab J Geosci* 8, 3929–3941.
- An, P., Moon, W.M. and Rencz, A., 1991. Application of fuzzy set theory for integration of geological, geophysical and remote sensing data. *Canadian Journal of Exploration Geophysics*, 27, 1-11.
- Bahroudi, A. and Talbot C.J., 2003. The configuration of the basement beneath the Zagros Basin. *Journal of Petroleum Geology*, 26, 257-282.
- Barrll, K.A., 2000b. GIS: The Exploration and Exploitation Tool in Coburn. T.C. & YARUS J.M., eds., *AAPG Computer Applications in Geology*, Geographic information systems in petroleum exploration and development, 4, 237-248.
- Berberian, M. 1995. Master blind thrust faults hidden under the Zagros folds: active basement tectonics and surface morphotectonics. *Tectonophysics*, 241, 193–224.
- Calvert, W.L., 1974. Sub-Trenton structure of Ohio, with views on isopach maps and stratigraphic sections as basis for structural myths in Ohio, Illinois, New York, Pennsylvania, West Virginia, and Michigan. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 58, 957–972.
- Davis, D.M. and Engelder, T., 1987. Thin-skinned deformation over salt, in LERCH I. & O'BRIEN J.J. (eds.), *Dynamical geology of salt and related structures*. Academic Press Inc., New york, 301-337.



- exploration plays beyond the Sigsbee Escarpment in the central Gulf of Mexico: GCSSEPM Foundation 21st Annual Bob F. Perkins Research Conference, 129-158.
- Stephens, B.P., 2009. Basement controls on subsurface geologic patterns and coastal geomorphology across the northern Gulf of Mexico: Implications for subsidence studies and coastal restoration: Gulf Coast Association of Geological Societies Transactions, 59, 729-751.
- Stocklin, J., 1968. Structural history and tectonics of Iran. AAPG Bulletin, 52, 165 pp.
- Szabo, F. and Kheradpir, A., 1978. Permian and Triassic Stratigraphy Zagros Basin SW Iran. Jour. Petroleum Geology, 2, 57-82.
- Tabatabai, H., 1997. Integration interpretation of basement fault and geological maps Zagros area. Scale 1:1000000. National Iranian Oil Company, Exploration Directorate.
- Taghizadeh, F.F., Afsari, N. and Sodoudi, F., 2015. Crustal Thickness of Iran Inferred from Converted Waves. Pure and Applied Geophysics, 172, 309.
- Tangestani, M., 2009. A comparative study of Dempster-Shafer and fuzzy models for landslide susceptibility mapping using a GIS: An experience from Zagros Mountains, SW Iran. Journal of Asian Earth Sciences, 35, 66-73.
- Tangestani, M., 2003. Landslide susceptibility mapping using the fuzzy gamma operation in a GIS, Kakan catchment area, Iran. Map India Conference.
- Tounsi, M., 2005. An approximate reasoning based technique for oil assessment. Expert. Syst. Appl., 29, 485-491.
- Yassaghi, A., 2006. Integration of Landsat Image Interpretation and Geomagnetic Data on Verification of Deep-Seated Transverse Fault Lineaments in SE Zagros, Iran. International Journal of Remote Sensing, 27, 4529-4544.
- Zargani, S.S., Vaughan, R.A. and Missallati, A.A., 2003. Spatial integration of geological datasets for predictive hydrocarbon studies in Murzuq basin, SW Libya. Paper presented at the International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Toulouse.
- Malczewski, J., 1999. GIS and Multicriteria Decision Analysis. John Wiley and Sons, Toronto.
- Motamedi, H. and Tahmasebi, A., 2009. master plan of Hydrocarbon exploration, Fars area. NIOC, (unpublished report).
- Motamedi, H., Sherkati, S. and Sepehr, M., 2012. Structural style variation and its impact on hydrocarbon traps in central Fars, southern Zagros folded belt, Iran. Journal of Structural Geology, 37, 124-133.
- Novriadi, H.P.M. and Darijanto, T., 2006. Applying Fuzzy Logic Method in mineral potential mapping for epithermal gold mineralization in the Island of flores, East Nusa Tenggara using geographical information systems (GIS). Proceeding of 9th International Symposium on Mineral Exploration, 62-68.
- Okwu, M.O. and Nwachukwu, A.N., 2018. A review of fuzzy logic applications in petroleum exploration, production and distribution operations. Journal of Petroleum Exploration and Production Technology, 9, 1555-1568.
- Pirouz, M., Bahroudi, A., Ghasemi, M.R. and Saeidi, A., 2008. Structural Evolution of the Basement and Activity of Salt Structures in Firuzabad Area, Fars. Geosciences, 17, 68, 40-55.
- Rosas, S., Fontbote, L. and Tankard, A., 2006. Tectonic evolution and paleogeography of the Mesozoic Pucará Basin, central Peru. Journal of South American Earth Sciences, 24, 1, 1-24.
- Setudehnia, A., 1978. The Mesozoic sequence in southwest Iran and adjacent areas. Journal of Petroleum Geology, 1, 3- 42.
- Shaw, C.L., 1996. Stratigraphic Correlation and Isopach Maps of the Western Taiwan Basin. TAO, 7, 333-360.
- Spratt, D.A., Dixon, J.M. and Beattie, E.T., 2004. Changes in structural style controlled by lithofacies contrast across transverse carbonate bank marginsd Canadian Rocky Mountains and scaled physical models, in: McClay, K.R. (Ed.), Thrust Tectonics and Hydrocarbon Systems. AAPG Memoir, 82, 259-275.
- Stephens, B.P., 2001. Basement controls on hydrocarbon systems, depositional pathways, and