Autumn 2021, Vol 11 (3): 616-628 Adv. Appl. Geol. OPEN ACCESS Shahid Chamran University of Ahvaz

Designing a conceptual model for geochemical geodatabase of oil wells: A case study of Gachsaran Oilfield

Kazem Rangzan[1*], Razieh Karimian[1], Mostafa Kabolizadeh[1]

1-Department of Remote Sensing and GIS, Faculty of Earth Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

Keywords: Conceptual model, Entities relationship diagram (ERD), Geochemistry of oil wells, Geographic information system (GIS), Gachsaran Oilfield

1- Introduction

Data modeling is a key component for the development of any database (Han et al., 2019). The conceptual data model (CDM), the logical data model (LDM), and the physical data model (PDM) are three common types to describe the abstraction level of data modeling. The conceptual data model, which shows a high level of view, is at the highest level. This model reflects the general structure of the data required to support business needs, which is independent of the data storage structure (Sherman, 2015) and describes the relationship between the data (Faraji Sabokbar et al., 2013). In the first step of conceptual data modeling, the use of the ERD (Entity-Relationship Diagram) method is very useful. The conceptual data modeling phase with this method first involves the classification of entities and attributes, then the identification of other entities, and finally the definition of all relationships between entities. The Geographic Information System (GIS) has created a platform for rapid growth in the oil and gas industry and has attracted the attention of many oil and gas professionals. Many oil and gas data are spatial data. Collecting spatial and storage information in the database and finally creating a Geodatabase is used to collect, store, and visualize the physical location of wells in an oilfield (Fozun Bal, 2004). Database users are usually connected with the data stored in the database, that one of the important points in storing data is their conceptual design. Therefore, before creating a geodatabase, it is necessary to design a conceptual data model. In this study, using the ERD method, a geodatabase structure is designed for geochemical data of oil wells.

2- Material and methods

Data in this study, which are in the two groups of petroleum geochemical data and spatial data of the oilfield, are all as an entity in the geochemical database of the oilfield. An entity is something in which we store spatial and non-spatial data (Han et al., 2019). Petroleum geochemical data is used for oilfield exploration, management, production, and development (Hunt, 1996). In an oilfield, the most basic spatial entity is the wells. Other spatial entities in this study are field boundaries, sectors, and formations. Non-spatial entities were defined in separated tables including oil samples, Rock-Eval pyrolysis parameters of Pabdeh, Gurpi and Kazhdumi formations, data from gas chromatographic analysis (GC) and the ratio of vanadium to nickel, parameters related to maturity and source extract from GC-MS analysis of samples, carbon isotope data, and Fourier transform infrared analysis data of Gachsaran oilfield. The conceptual data modeling stage (ER approach) first involves the classification of entities and features, then the identification of other entities, and finally the definition of all relationships between entities (Teorey et al., 2011). After identifying entities, attributes were defined to identify each entity. SAP power designer software is one of the best databases modeling software. In this study, the ERD data graph is modeled using this software. Also, The PostgreSQL/PostGIS relational database management system was used to create the database management system.

3- Results and Discussion

As can be seen in ERD for geochemical geodatabase of oil wells, 11 entities were identified to create the data model. Also the attributes of each entity were defined. Among the 11 entities in the data model structure, the oil well entity has all the keys to relationships with other entities. Each geochemical analysis was considered an entity. Although each of these entities can be combined with the existence of a well or oil sample, was preferred their storage in separate tables for the logical classification of data, normalization between entities, and increasing

*Corresponding author: kazemrangzan@scu.ac.ir
DOI: 10.22055/AAG.2020.34231.2137
Received 2020-07-04
Accepted 2020-09-29
ISSN: 2717-0764

CC BY NC

data integrity and database performance. As Bagui and Iarp (2012) emphasized, the ERD model is one of the well-known methods for designing a logical database. Conceptual data modeling leads to the creation of a logical database design. The PostgreSQL/PostGIS RDBMS was used to create the database management system. PostgreSQL database is a common database used in a variety of spatial applications. As Shukla et al. (2016) put it, PostGIS, a spatial database plugin for PostgreSQL, performs better than spatial Oracle databases. PostGIS works to select object operations in the neighborhood of another object, as well as for better spatial and temporal representations of the MongoDB database (Makris et al., 2019). According to Sveen (2019), PostGIS performs better than MongoDB and Neo4J for operations commonly used in spatial systems. Therefore, this study used PostgreSQL/PostGIS as its spatial database, which shows the structure of the spatial database created in Figure 4.

4- Conclusion

In this study, the data extracted from geochemical analyses of oil wells in the Gachsaran oilfield were examined to model the data at the conceptual level. Modeling data at the conceptual level is essential before creating a logical and physical model for creating a database. As a result, for the data mentioned in the present study, the data model was designed in the ERD method to design a spatial information system. Due to the lack of an integrated database of petroleum geochemical data, it is necessary to carefully identify and evaluate the information required by users and geological units of oil companies before designing the system. Databases can be developed using the relevant data model using any database language. Here for oil geochemical databases, we created data models using PostgreSQL. Data modeling is usually an incremental process; this means that first a simple data model is provided that meets the basic needs; then other data is added to meet the needs that were not anticipated in the initial analysis. Therefore, according to the available data from the geochemical analysis of the oil sample, the conceptual data model was designed to provide the initial data model. This Diagram is updated and developed by changing and increasing the needs of users.

Acknowledgements

This article is taken from the M.Sc. Thesis approved by the Faculty of Earth Sciences, Department of Remote Sensing and GIS of Shahid Chamran University of Ahvaz. The authors of this article need to thank Dr. Bahram Alizadeh and Dr. Khaled Maroufi for providing the data of this research.

References

Faraji Sabokbar, H., Mansourian, A., Reza Ali, M., Aghanezhad Ahmadchali, M.R., 2013. Presenting a conceptual model for managing the local data infrastructure of the municipality. Case study: Babol Municipality. Human Geographical Research 45(1), 44-23.

Fozoun Bal, M., 2004. Application of Geographic Information Systems in Oil, Gas and Petrochemical Industries, Scientific-Promotional Monthly of Oil Exploration and Production, No. 15.

Han, T., Rukhlov, A., Riddell, J., Ferbey, T., 2019. A skeleton data model for geochemical database at the British Columbia geological survey, British Columbia Ministry of Energy, Mines and Petroleum Resources, 125-135.

Hunt, M.J., 1996. Petroleum geochemistry and geology, 2nd ed. WH Freeman and company, New York, p. 764.

Makris, A., Tserpes, K., Spiliopoulos, G., Anagnostopoulos, D., 2019. Performance evaluation of MongoDB and PostgreSQL for Spatio-temporal data, Proceedings of the 2nd International Workshop on Big Mobility Data Analytics, Lisbon, Portugal, p. 26–29.

Sherman, R., 2015. Business Intelligence Guidebook, Data Integration to Analytics, Copyright © 2015 Elsevier Inc, p. 173-195.

Teorey, T., Lightdtone, S., Nadeau, T., 2011. Database Modeling & Design, 5th edition, Morgan Kaufmann Publishers, Elsevier, USA, p. 335.

HOW TO CITE THIS ARTICLE:
Rangzan, K., Karimian, R., Kabolizadeh, M., 2021. Designing a conceptual model for geochemical geodatabase of oil wells: A case study of Gachsaran Oilfield. Adv. Appl. Geol. 11(3), 616-628.
DOI: 10.22055/AAG.2020.34231.2137
url: https://aag.scu.ac.ir/article_15914.html?lang=en

CC BY NC

طراحی مدل مفهومی برای پایگاه داده مکانی ژئوشیمیایی چاه‌های نفت: مطالعه‌ی موردی میدان نفتی گچساران

کاظم رنگزن*
گروه سنجش از دور و GIS، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

راضیه کریمیان
گروه سنجش از دور و GIS، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

مصطفی کابلی‌زاده
گروه سنجش از دور و GIS، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

**kazemrangzan@scu.ac.ir*

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۴/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۰۸

چکیده

با توجه به‌ضرورت مرحله شناخت و نیازسنجی در ایجاد و توسعه پایگاه داده مکانی، طراحی مدل مفهومی به‌عنوان اولین فاز مطالعاتی آن مطرح می‌شود. مدلسازی داده‌ها در سطح مفهومی به روش نمودار موجودیت - ارتباط (Entity Relationship Diagram, ERD)، با تعریف موجودیت‌ها، صفات و ارتباط بین موجودیت‌های مکانی و غیرمکانی صورت می‌گیرد. در این پژوهش با استفاده از روش ERD ساختار پایگاه داده مکانی برای داده‌های ژئوشیمی چاه‌های نفت طراحی می‌شود. داده‌های ژئوشیمی نفت جهت اکتشاف، مدیریت مخزن، تولید و توسعه میدان نفتی کاربرد دارد. در یک میدان نفتی اصلی‌ترین موجودیت مکانی چاه‌ها هستند. از دیگر موجودیت‌های مکانی در این پژوهش محدوده میدان، سکتورها و سازندها می‌باشند. موجودیت‌های غیرمکانی به‌صورت جداول جداگانه شامل جدول اطلاعاتی نمونه‌های نفتی و پارامترهای مستخرج از آنالیزهای ژئوشیمیایی نمونه‌های میدان نفتی گچساران تعریف گردید. با تعیین کلید اصلی و کلید خارجی برای هر ارتباط و درنهایت ایجاد ارتباط ۱ به N بین چاه و کلیه موجودیت‌ها نمودار ER با استفاده از نرم‌افزار SAP Power Designer طراحی شد. ۱۱ موجودیت برای ایجاد مدل داده شناسایی گردید. مدلسازی روی داده‌های مکانی موفقیت ایجاد و توسعه پایگاه داده مکانی و سامانه تحت وب اطلاعات مکانی برای داده‌های ژئوشیمی چاه‌های نفت را تضمین می‌کند. در نتیجه با مدل مفهومی طراحی شده، ایجاد پایگاه داده مکانی برای نمایش، پردازش، پرس و جو و تحلیل داده‌های ژئوشیمی چاه‌های نفت تسهیل می‌گردد.

کلمات کلیدی: *مدل مفهومی، نمودار موجودیت - ارتباط (ERD)، ژئوشیمی چاه‌های نفت، پایگاه داده مکانی، میدان نفتی گچساران*

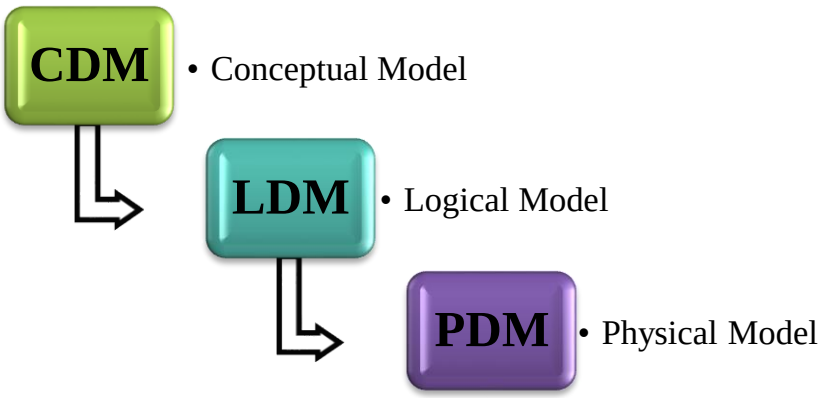
مقدمه

مدلسازی داده‌ها یک مؤلفه کلیدی برای توسعه هر پایگاه داده است (Han et al., 2019). مدل داده مفهومی (CDM)، مدل داده منطقی (LDM) و مدل داده فیزیکی (PDM) سه نوع متداول برای توصیف سطح انتزاع مدلسازی داده می‌باشند (شکل ۱). مدل داده مفهومی که یک دید سطح بالا را نشان می‌دهد، در بالاترین سطح قرار دارد. این مدل داده بیانگر ساختار کلی داده‌های مورد نیاز برای پشتیبانی از نیازهای تجاری است که مستقل از ساختار ذخیره-سازی داده‌ها است (Sherman, 2015) و ارتباط بین داده‌ها را بیان می‌کند (Faraji Sabokbar et al., 2013). در مراحل اولیه مدلسازی مفهومی داده‌ها استفاده از روش ERD بسیار مفید می‌باشد. مرحله مدلسازی مفهومی داده‌ها با این روش در مرحله اول شامل طبقه‌بندی موجودیت‌ها و ویژگی‌ها، سپس شناسایی موجودیت‌های دیگر و در مرحله آخر تعریف کلیه روابط بین موجودیت‌ها است (Teorey et al., 2011). سیستم‌های پایگاه داده اغلب با استفاده از نمودار - ارتباط (ER) به‌عنوان نقشه‌ای که داده‌های واقعی از آن ذخیره می‌شوند، مدل می‌گردند. طرح خروجی از آن، مرحله طراحی پایگاه داده است. نمودار ER ابزار موجودیتی برای تحلیل نمودار داده‌های ذخیره شده در سیستم پایگاه داده است (Bagui and Earp, 2012). به طور کلی سه گام اصلی برای ایجاد یک پایگاه داده مکانی وجود دارد: ۱- طراحی مدل مفهومی ۲- طراحی مدل منطقی ۳- پیاده سازی مدل فیزیکی. مدل مفهومی به عنوان اولین گام جهت طراحی و پیاده سازی پایگاه داده مکانی مطرح می‌شود. مدل مفهومی روشی است که پایگاه داده در قالب آن طراحی می‌شود و آنگاه می‌توان آن را در هر مدلی پیاده سازی نمود (Teorey et al., 2011).

سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در صنعت نفت و گاز زمینه-ای برای رشد سریع ایجاد کرده و توجه بسیاری از متخصصین نفت و

گاز را به خود معطوف نموده است. بسیاری از داده‌های نفت و گاز، داده‌های مکانی هستند. این داده‌ها که شامل داده‌های اکتشاف و استخراج نفت، مدیریت خطوط لوله انتقال نفت، زمین‌شناسی منطقه، حفاظت از محیط‌زیست و بسیاری داده‌های دیگر می‌باشد، همه جزء داده‌های مکانی هستند. اجرای GIS در صنعت نفت طی ۵ سال گذشته در سراسر جهان به دلیل فواید متنوعی که در مشاهده امکانات سطحی و زیرسطحی دارد، به‌طور فزاینده‌ای مورد استفاده قرار گرفته است (www.ESRI.com).

جمع‌آوری اطلاعات مکانی و ذخیره‌سازی در پایگاه داده و درنهایت ایجاد پایگاه داده مکانی جهت جمع‌آوری، ذخیره و تجسم مکان فیزیکی چاه‌ها در یک میدان نفتی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Fozoun Bal, 2004). پایگاه داده مجموعه‌ای سازمان‌یافته از داده‌های ذخیره شده است که به‌صورت یکپارچه و دارای کمترین افزونگی می‌باشد و معمولاً توسط یک سیستم مدیریت پایگاه داده (DBMS) کنترل می‌شود. همچنین داده‌ها و DBMS به همراه برنامه‌های کاربردی که با آن‌ها در ارتباط هستند، می‌تواند به‌طور همزمان با به اشتراک‌گذاری داده‌ها مورد استفاده یک یا چند کاربر قرار گیرد (Rouhani Rankouhi, 1993). پایگاه داده مکانی یک سیستم رایانه‌ای است که می‌تواند انواع مختلفی از اطلاعات، ازجمله داده‌های مکانی و اطلاعات توصیفی یک عارضه خاص را در اختیار داشته باشد (Hartcher and Shearin, 1996). معمولاً کاربران پایگاه داده‌ها با داده‌های ذخیره شده در پایگاه داده در ارتباط هستند که یکی از نکات مهم در ذخیره‌سازی داده‌ها طراحی مفهومی آن‌ها می‌باشد. درنتیجه قبل از ایجاد پایگاه داده مکانی نیاز به طراحی مدل مفهومی از داده‌ها می‌باشد که در پژوهش حاضر به این مهم پرداخته می‌شود.



شکل ۱- سه نوع متداول برای توصیف سطح انتزاع مدلسازی داده.

Fig. 1. Three common types to describe the abstraction level of data modeling.

طراحی مدل مفهومی از داده‌های ژئوشیمیایی نفت روش جدیدی است که تنها برای داده‌های ژئوشیمیایی زمین‌شناسی انجام شده است. Han و همکاران (۲۰۱۹) یک ساختار مدل داده را برای پایگاه داده ژئوشیمیایی سازمان زمین‌شناسی ایالت بریتیش کلمبیا ارائه شد. ایشان ذکر نمودند با توجه به مدلسازی جداگانه مجموعه داده‌های ژئوشیمی در پژوهش‌های قبلی، در ساختار مدل داده خود با تعریف سه مؤلفه موجودیت، صفات و ارتباط، فراوانی عناصر و ترکیبات شیمیایی را مدل نمودند. درنهایت با ایجاد پایگاه داده در Microsoft Access برای ۴ مجموعه داده شامل سنگ‌شناسی، زهکشی منطقه‌ای، تیل (رسوبات یخچالی) و زغال‌سنگ، منطقه مورد مطالعه، ساختار مدل پایگاه داده ژئوشیمیایی را نشان داد. همچنین موقعیت نمونه‌هایی که جهت مطالعات ژئوشیمیایی برداشت شدند، به‌صورت نقطه با مختصات مشخص در سیستم‌های مکان مرجع جغرافیایی مشخص شد. ازاین‌رو مدل آن‌ها از پرس‌وجوهای مکانی نیز پشتیبانی می‌کند.

Sedighi (۲۰۱۶) در مقاله خود نمودار ERD و مدل مفهومی پایگاه داده سامانه WebGIS شرکت عمران شهرهای جدید را ایجاد نمودند. ایشان بیان کردند جهت ساماندهی، مدیریت و تسهیل دسترسی به اطلاعات مکان مرجع و پردازش‌های مکان‌مبنا در شرکت عمران شهرهای جدید نیاز به ایجاد سامانه جامع GIS می‌باشد؛ که درنهایت بر آن شد تا پس از شناخت فرآیندهای اصلی شرکت مادر تخصصی عمران شهرهای جدید و ۷۱ شرکت تابعه به ترسیم نمودار ERD موجودیت‌های شناخته شده و تبیین مدل‌های داده‌ای بپردازند. ایشان به این نتیجه رسیدند که از خروجی این پروژه، می‌توان مدل منطقی و مدل فیزیکی به همراه استانداردها و دستورالعمل‌های تولید، آماده‌سازی و ویرایش اطلاعات را به دست آورد که مقدمه موفق دو پروژه دیگر، یعنی جمع‌آوری و آماده‌سازی اطلاعات موجود و طراحی و پیاده‌سازی سامانه WebGIS به‌عنوان مهم‌ترین ابزار، جهت تجزیه و تحلیل، توزیع مناسب خدمات، تحلیل مناسبت‌های مکانی، خدمات بهینه به جامعه شهری، مدیریت بحران، تهیه مطالعات مکان‌یابی احداث شهرهای جدید، تهیه طرح‌های جامع و تفصیلی و در کل برنامه‌ریزی و مدیریت شهری می‌باشد.

Faraji Sabokbar و همکاران (۲۰۱۳) مدل مفهومی برای مدیریت زیرساخت داده‌های مکانی بخشی شهرداری بابل را طراحی نمودند. ابتدا با استفاده از روش‌های میدانی اطلاعات مورد نیاز سازمان را جمع‌آوری کردند، سپس مدل مفهومی خود را با استفاده از مدل UML و نرم‌افزار Ms Visio طراحی نمودند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که زیرساخت داده‌های مکانی شهرداری بابل از روش سنتی پیروی می‌کند و ایجاد داده‌های مکانی جامع در شهرداری ضروری است. در پایان پیشنهاد دادند از مدل محصول مبنا جهت توسعه مدل SDI شهرداری استفاده شود.

داده‌ها و روش تحقیق

موجودیت‌ها

یک موجودیت چیزی است که داده‌های مکانی و غیرمکانی در آن ذخیره می‌شود. موجودیت‌ها دارای داده‌هایی هستند که آن‌ها را توصیف می‌کند و به‌عنوان صفات آن‌ها ذخیره می‌شوند (Han et al., 2019). در تعریف اصلی، چن (Chen, 1976) یک موجودیت را به‌عنوان "چیزی که به‌طور مشخص قابل شناسایی است" توصیف کرد. داده‌های ذکر شده در ذیل که در دو گروه داده‌های ژئوشیمی نفت و داده‌های مکانی میدان نفتی هستند، همگی به‌عنوان یک موجودیت در پایگاه داده مکانی ژئوشیمیایی میدان نفتی می‌باشند.

داده‌های ژئوشیمی نفت

امروزه ژئوشیمی نفت به‌عنوان یک علم بنیادی در بهبود بازده اکتشاف و تولید نقش اساسی ایفا می‌کند (Peter and Fowler, 2002). در سال‌های اخیر با به‌کارگیری اصول ژئوشیمیایی به مطالعه منشأ، تولید، مهاجرت، انباشت و آلتراسیون نفت و ... پرداخته شده است (Hunt, 1996). داده‌های مستخرج از آنالیز ژئوشیمیایی نمونه‌های نفتی جهت تعیین نوع ماده آلی، بلوغ حرارتی، رخساره آلی، نوع و شرایط محیط ته‌نشست (Eh و pH) و سنگ‌شناسی سنگ منشأ آن‌ها به کار می‌رود (Maroufi, 2017). داده‌ها به‌صورت نقشه‌های فایلی و جداول اسکن شده از Maroufi (۲۰۱۷) اخذ گردید. داده‌ها در این پژوهش شامل نقشه میدان گچساران همراه با ۲۱ چاه موجود در آن، نقشه سکتورهای مخازن آسماری و بنگستان این میدان و داده‌های ژئوشیمی سنگ منشأها حاصل از پیرولیز راک-ایول نمونه‌های سازندهای پابده، گورپی و کژدمی، داده‌های حاصل از آنالیز کروماتوگرافی گازی نفت و نسبت وانادیم به نیکل آن‌ها، پارامترهای وابسته به بلوغ و منشأ مستخرج از آنالیز GC-MS نمونه-ها، داده‌های ایزوتوپ کربن نمونه‌ها و داده‌های آنالیز FTIR میدان نفتی گچساران می‌باشند.

داده‌های حاصل از پیرولیز راک‌ایول نمونه‌ها

روش پیرولیز راک‌ایول در سراسر جهان در مطالعات ژئوشیمی نفت مورد استفاده قرار می‌گیرد و در این زمینه کاربرد وسیعی دارد. این روش یک روش حرارتی می‌باشد که به‌منظور تشخیص کیفیت و بلوغ حرارتی سنگ‌های منشأ به کار می‌رود (Hunt, 1996).

داده‌های حاصل از آنالیز کروماتوگرافی گازی (GC) و داده‌های نیکل و وانادیم نمونه‌ها

آنالیز GC معمولاً بر روی برش اشباع نفت یا بیتومن انجام می-گیرد تا درنتیجه آن ترکیبات هیدروکربنی جدا شوند (Walpes, 1985). اندازه‌گیری غلظت نیکل و وانادیم نمونه‌ها توسط روش طیف‌سنجی جذب اتمی شعله‌ای (FAAS) و بر اساس استاندارد بین‌المللی ASTM انجام می‌شود. غلظت این دو عنصر و تغییرات آن‌ها نسبت به هم به شرایط مخزنی، وضعیت گرادیان حرارتی و فعالیت گسل‌های بزرگ بستگی دارد؛ درصورتیکه نسبت بین این دو عنصر به‌منظور شناسایی منشأ و محیط رسوب‌گذاری استفاده می‌شود (Maroufi, 2017).

پارامترهای وابسته به بلوغ و منشأ مستخرج از آنالیز GC-MS نمونه‌ها

به‌منظور سنجش بلوغ حرارتی نفت ذخیره‌شده در مخازن از نتایج حاصل از آنالیزهای ژئوشیمیایی GC و GC-MS استفاده می‌شود؛ همچنین می‌توانند جهت تعمیم آن به سنگ‌های منشأ احتمالی منطقه به‌کار روند. الگوی کلی کروماتوگرام‌ها و نسبت‌های حاصل از آنالیز GC به همراه نسبت‌های بیومارکری وابسته به بلوغ حاصل از آنالیز GC-MS، از پارامترهای قابل اطمینان جهت سنجش بلوغ حرارتی نمونه‌های نفتی به‌حسب می‌آید (van Graas, 1990).

داده‌های ایزوتوپ کربن نمونه‌ها

در آنالیز ایزوتوپی، ایزوتوپ کربن برش‌های اشباع و آروماتیک و نیز ترکیبات منتخب هیدروکربن‌های اشباع (آلکان‌های نرمال، پریستان و فیتان) اندازه‌گیری می‌شود و نتایج به‌دست‌آمده نسبت به استاندارد Vienna Pee Dee Belemnite (VPDB) برای $\delta^{13}C$ محاسبه می‌شود (Alizadeh et al., 2017).

داده‌های آنالیز تبدیل فوریه مادون‌قرمز

تکنیک استفاده از داده‌های طیف‌سنج تبدیل فوریه مادون‌قرمز جزء روش‌های نوینی محسوب می‌شود که در سالیان اخیر در صنعت نفت به‌منظور بررسی ارتباط مخازن به‌کار می‌رود. در این روش از محدوده مادون‌قرمز طیف الکترومغناطیس استفاده می‌شود. در این روش طیف مادون‌قرمز نمونه‌های جامد، مایع و گاز در دو حالت جذب یا عبوری شناسایی می‌شود (Griffiths and De Haseth, 2007). این روش، یکی از قدرتمندترین روش‌ها جهت شناسایی انواع ترکیبات شیمیایی موجود در نمونه‌ها است (Mohamed et al., 2017). از انواع ترکیبات شیمیایی قابل شناسایی توسط تکنیک FTIR می‌توان به ترکیبات آلیفاتیک و آروماتیک و ترکیبات اکسیژن‌دار اشاره کرد (Griffiths and De Haseth, 2007).

داده‌های مکانی میدان نفتی

چاه نفت

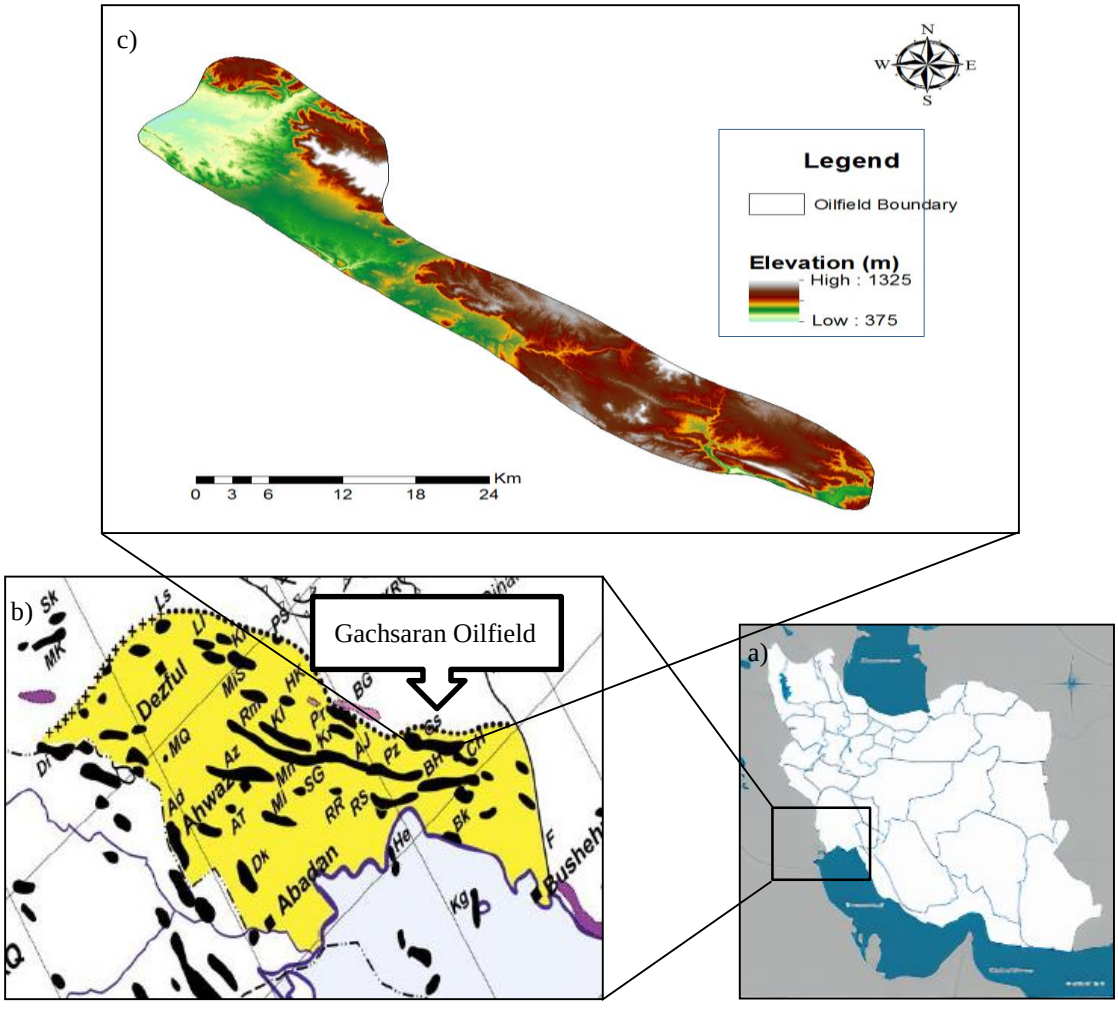
تاکنون بیش از ۴۰۰ حلقه چاه در میدان نفتی گچساران حفاری شده است (Rangzan et al., 2019). در این میدان تولید اصلی از سازند آسماری که عمدتاً کربناته است، صورت می‌گیرد (Motiei, 1993).

سکتور

در سال ۲۰۰۳ توسط شرکت فرانسوی بیسیپ - فرنلب و با همکاری شرکت مشاوران تهران انرژی، برای مخزن آسماری میدان گچساران تقسیم‌بندی ۶ بخشی و برای مخزن بنگستان این میدان، تقسیم‌بندی ۴ بخشی صورت گرفت که با توجه به میزان هرزروی گل حفاری، نتایج آزمایش‌های شاخص‌های بهره‌وری و غیره این بخش-بندی صورت گرفته است (Maroufi, 2017).

محدوده میدان نفتی

میدان نفتی گچساران در فاصله ۵ کیلومتری جنوب غربی شهرستان گچساران و ۲۲۰ کیلومتری جنوب شرقی اهواز قرارگرفته است (شکل ۲). میدان نفتی گچساران از طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۴۰ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۱۰ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۲۰ دقیقه تا ۳۰ درجه و ۴۰ دقیقه شمالی واقع شده است (Farshi et al., 2019). این میدان شامل مخازن شکافدار کربناته آسماری، بنگستان و خامی بوده که در جهت عمومی شمال غربی، جنوب-شرقی تاقدیس‌های میادین نفتی جنوب ایران واقع گردیده است. این میدان به طول حدود ۷۰ کیلومتر و عرض ۶ تا ۱۵ کیلومتر می‌باشد (Nouri et al., 2008).



شکل۲- (a) موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه، (b) محدوده برخی از میادین نفتی جنوبی غربی ایران و میادین واقع در فروافتادگی دزفول (Bordenave and Hegre, 2005) و (c) مدل رقومی ارتفاعی میدان نفتی گچساران.

Fig. 2. (a) Geographical location of the study area, (b) Location of some southwestern oilfields of Iran located in the Dezful Embayment (Bordenave and Hegre, 2005), and (c) Digital Elevation Model (DEM) of Gachsaran Oilfield.

سازند

سازندهای حفاری شده در میدان گچساران شامل سازندهای کژدمی، ایلام - سروک (گروه بنگستان)، گورپی، پابده و آسماری می-باشند که سازندهای پابده، گورپی و کژدمی به عنوان سنگ منشأ و سازندهای آسماری، ایلام - سروک به عنوان سنگ مخزن در این میدان می‌باشند (Motiei, 1993).

مدلسازی داده‌ها معمولاً یک فرآیند افزایشی است؛ بدین معنی که در ابتدا یک مدل داده ساده که نیازهای اولیه را برآورده می‌کند ارائه می‌شود؛ سپس سایر داده‌ها برای رفع نیازهایی که در تجزیه و تحلیل اولیه پیش‌بینی و لحاظ نشده بود، اضافه می‌شود؛ بنابراین با توجه به داده‌های موجود از آنالیزهای ژئوشیمیایی نمونه‌های نفتی طراحی مدل مفهومی ERD انجام شد تا یک مدل اولیه از داده‌ها ارائه گردد. بدیهی است که این نمودار با تغییر و افزایش نیازهای کاربران به‌روزرسانی و توسعه داده می‌شود.

صفات

صفات یا ویژگی‌ها جهت شناسایی هر موجودیت تعریف می‌شوند. به‌طور مثال همان‌طور که در شکل ۴ نشان داده شده است، موجودیت چاه شامل فهرستی از ۱۶ ویژگی است؛ یک شناسه واحد برای شناسایی هر چاه، X، Y و Z بیانگر مختصات هر چاه، نام چاه و تعدادی شناسه (۱۱ شناسه) برای تعریف ارتباط میان چاه و سایر موجودیت‌ها تعریف شده است (شکل ۳).

ارتباط

پس از شناسایی موجودیت‌ها و ویژگی‌های مربوط به آن‌ها، ارتباط بین موجودیت‌ها تعیین می‌شود (Han et al., 2019). عوارض در جهان واقعی با یکدیگر در ارتباط می‌باشند و این ارتباط می‌تواند بین شیء‌های مکانی، شیء‌های غیرمکانی (رکوردهای یک جدول) و یا بین هر دو برقرار گردد. در هنگام ایجاد ارتباط بین موجودیت‌ها، تعداد عوارضی از یک گروه که می‌توانند با عوارض دیگر در ارتباط باشند یا درجه ارتباط آن بسیار حائز اهمیت است. درجه ارتباط می‌تواند یک‌به‌یک (1-1)، یک به چند (1-N)، چند به یک (N-1) یا چند به چند (N-N) باشد (MacDonald, 2001). جهت ایجاد ارتباط برای هر موجودیت می‌بایست کلید اصلی و کلید خارجی تعریف شود. کلید عبارت است از یک یا چند صفت که در یک موجودیت منحصر به فرد باشد. یک کلید اصلی منحصراً یک موجودیت را در یک ارتباط مشخص می‌کند. یک کلید خارجی در رابطه دیگر به کلید اصلی اشاره دارد (Young Park, and Blackmond, 2019).

نرم‌افزار مدلسازی داده‌ها

نرم‌افزار SAP Power Designer یکی از برترین نرم‌افزارهای مدلسازی پایگاه داده می‌باشد. این نرم‌افزار یک رویکرد مدل محور برای توانمندسازی تجارت و فناوری اطلاعات را ارائه می‌دهد. PowerDesigner شرکت‌ها را قادر می‌سازد تا داده‌ها را آسان‌تر برای معماری اطلاعات مؤثر سازمانی تجسم، تحلیل و دستکاری کنند. این نرم‌افزار به‌طور منحصربه‌فرد چندین تکنیک مدلسازی داده (مفهومی، منطقی و فیزیکی با هوش تجاری منحصربه‌فرد) را ترکیب می‌کند تا تجزیه و تحلیل‌ها را با راه‌حل‌های طراحی رسمی بانک اطلاعاتی ارائه دهد. همچنین این نرم‌افزار با بیش از ۶۰ سیستم مدیریت پایگاه داده رابطه‌ای کار می‌کند (www.powerdesigner.biz).

نتایج و بحث

مدلسازی داده‌ها

در پژوهش حاضر، ابتدا داده‌های موجود از اختصاصات ژئوشیمیایی چاه‌های نفت (برای اولین بار) جمع‌آوری و سپس با تعریف موجودیت‌ها، مدل مفهومی و ساختار داده‌ها برای پایگاه داده رابطه‌ای GIS طراحی می‌شود. درنهایت ساختار پایگاه داده مکانی با استفاده از نرم‌افزار PostgreSQL ایجاد می‌گردد.

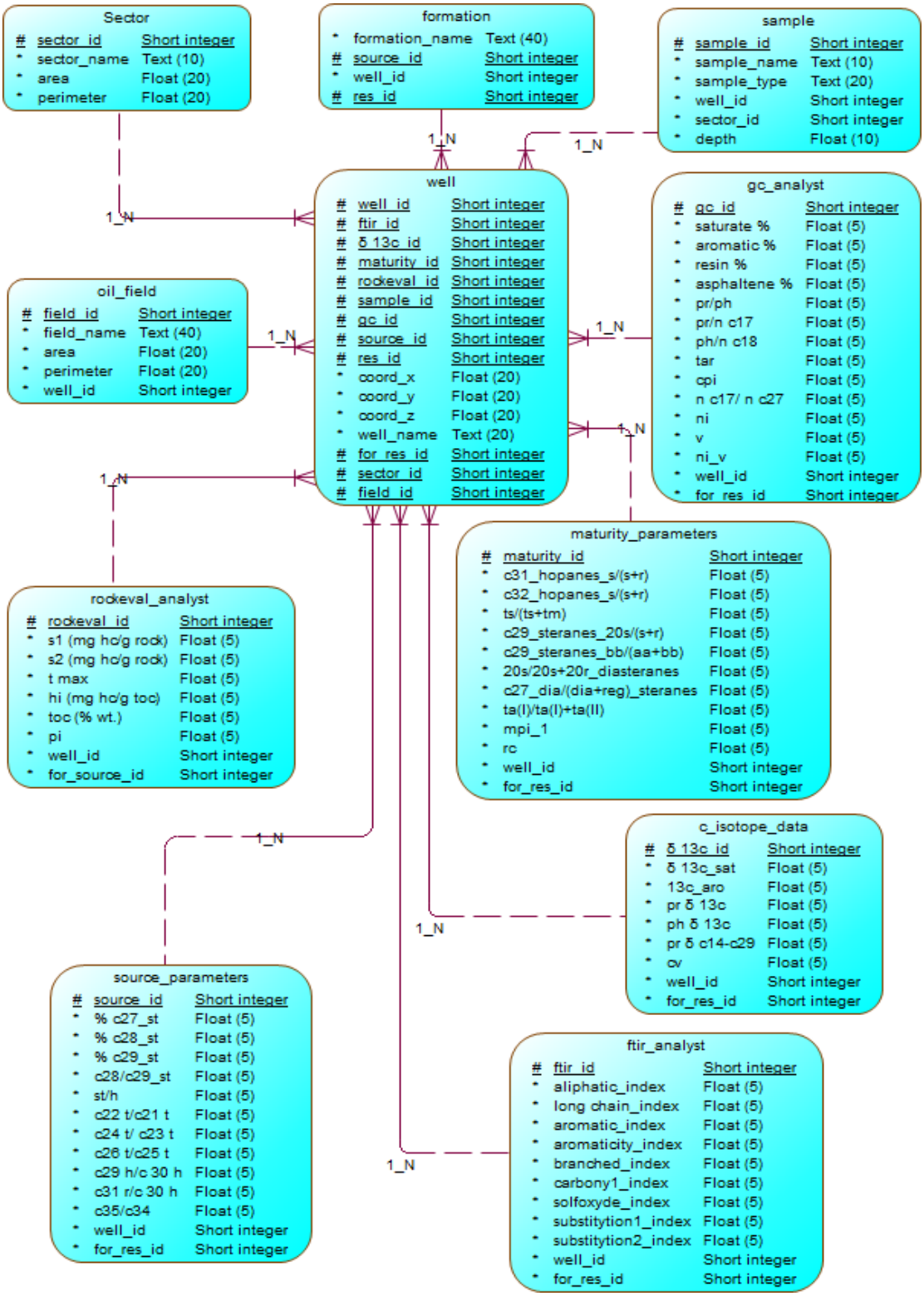
طراحی مدل مفهومی

همان‌طور که پیش‌تر عنوان شد برای آنکه یک سامانه اطلاعات مکانی پیاده سازی شود، سه گام اساسی وجود دارد که در گام اول طراحی مدل مفهومی به عنوان پایه و مبنا جهت ایجاد سامانه اطلاعات مکانی مطرح است. در صورتی که بتوان یک مدل مفهومی از داده‌های ژئوشیمیایی نفت طراحی کرد، ایجاد مدل فیزیکی و پیاده سازی آن در گام سوم و در قالب نرم افزار (ایجاد سامانه اطلاعات مکانی) با موفقیت انجام می‌شود. در این پژوهش مدل مفهومی داده‌ها در قالب نمودار موجودیت - ارتباط (ERD) با استفاده از نرم‌افزار PowerDesigner مدلسازی شده است (شکل ۳). در مدل ERD پایگاه داده ژئوشیمیایی نفت، در ساده‌ترین شکل خود دارای سه بخش است: ۱- موجودیت‌های یک میدان نفتی ۲- صفات برای هر موجودیت ۳- ارتباط بین موجودیت‌ها. موجودیت‌های یک پایگاه داده مکانی ژئوشیمیایی نفت شامل کلیه داده‌های مربوط به تحلیل‌های ژئوشیمیایی یک میدان نفتی است. یک موجودیت نمایانگر چیزهائی است که در پایگاه داده وجود خارجی دارد یا به تصور در می‌آید که در این پژوهش با توجه به داده‌های ژئوشیمی موجود از میدان نفتی گچساران، موجودیت‌ها شناسایی و تعریف گردید. همان‌طور که در این نمودار (شکل۳) مشخص است، ۱۱ موجودیت برای ایجاد مدل داده مفهومی شناسایی گردید که شامل موجودیت‌های سکتور، سازند، نمونه نفتی، میدان نفتی، چاه نفت، آنالیز GC، آنالیز راک - ایول، پارامترهای بلوغ، داده‌های ایزوتوپ کربن، پارامترهای منشاء و آنالیز FTIR می‌باشد. صفات هر موجودیت نیز تعریف شد. در میان ۱۱ موجودیتی که در ساختار مدل داده وجود دارد، موجودیت چاه تمام کلیدهای اصلی برای ارتباط با سایر موجودیت‌ها را در اختیار دارد. از این رو موجودیت چاه به عنوان موجودیت اصلی که همه پارامترهای ژئوشیمیایی برای آن ارزیابی می‌شود، انتخاب گردید. هریک از آنالیزهای ژئوشیمیایی به‌عنوان یک موجودیت در نظر گرفته شد. گرچه هر یک از این موجودیت‌ها را می‌توان با موجودیت چاه یا نمونه

نفتی ترکیب کرد، اما ذخیره آن‌ها در جداول جداگانه جهت طبقه-بندی منطقی داده‌ها، نرمال‌سازی بین موجودیت‌ها و افزایش یکپارچگی داده‌ها و عملکرد پایگاه داده ترجیح داده شد. پس از تعیین موجودیت‌ها، تعیین صفات آن‌ها ضروری است. هر صفت شامل کلیه اطلاعات از یک موجودیت است. در اینجا برای هر موجودیت در میدان نفتی گچساران صفات آن‌ها مشخص گردید. به طور مثال برای موجودیت آنالیز راک - ایول، ۹ صفت شامل یک کلید برای ارتباط بین این آنالیز با موجودیت چاه تحت عنوان Rockeval_id، S_1، S_2، Tmax، HI، TOC، PI، Well_id و برای آن‌که مشخص شود هر یک از نمونه‌های نفتی آنالیز شده از کدام سازند برداشت شده است صفت For_Source_id به عنوان کلید ارتباطی تعریف گردید. در نهایت برای آن‌که موجودیت‌ها به هم مرتبط شوند و چگونگی در ارتباط قرار گرفتن آن‌ها با یکدیگر بیان شود، درجه ارتباط برای آن‌ها تعریف شد. به‌عنوان مثال ارتباط بین داده‌های چاه و یک میدان نفتی توسط شناسه چاه تعیین می‌شود. در همه موارد ارتباط، well_id یک کلید خارجی در سایر موجودیت‌ها اما کلید اصلی در موجودیت چاه می‌باشد. در هر دو، درجه ارتباط 1-N است. به این معنی که در ارتباط چاه با میدان نفتی، هر چاه در یک میدان قرار دارد و در هر میدان چندین چاه قرار دارد؛ درنتیجه شناسه چاه کلید اصلی و شناسه میدان کلید خارجی است. برای سایر موجودیت‌ها نیز ارتباط 1-N تعریف گردید. در ارتباط بین نمونه نفتی با چاه با توجه به این‌که از هر چاه در اعماق مختلف می‌توان چندین نمونه برداشت کرد و هر نمونه متعلق به یک چاه است، ارتباط 1-N می‌باشد. به منظور ارتباط بین سازند با چاه نیز از درجه ارتباط 1-N استفاده شد؛ بدین جهت که هر نمونه از چاه دارای یک سنگ منشاء یا سنگ مخزن است و هر سنگ منشاء یا سنگ مخزن می‌تواند برای چاه‌ها مشترک باشد. در ارتباط 1-N بین سکتور با چاه، در هر سکتور چندین چاه می‌تواند وجود داشته باشد و هر چاه در یک زون خاص از سکتور قرار دارد. در نهایت جهت ارتباط بین هر یک از آنالیزهای ژئوشیمیایی راک - ایول، آنالیز کروماتوگرافی گازی و آنالیز تبدیل فوریه مادون قرمز، داده‌های ایزوتوپ کربن و پارامترهای وابسته به بلوغ با چاه نیز ارتباط 1-N تعریف شد؛ چرا که هر نمونه از چاه مورد آنالیز ژئوشیمیایی قرار می‌گیرد و این آنالیزها برای چاه‌ها مشترک است. شکل ۳ مدلسازی مفهومی داده‌ها به روش موجودیت - ارتباط (ERD) را برای داده‌های ژئوشیمیایی نفت نشان می‌دهد. در مدل مفهومی طراحی شده با این روش، هرکدام از جعبه‌ها یک موجودیت را نشان می‌دهد. صفت کلید اولیه در هر ارتباط توسط علامت # نشان داده شده است. به طور مثال همانطور که در موجودیت میدان نفتی مشخص است، field_id به عنوان کلید اولیه می‌باشد.

مدل منطقی داده‌ها

دومین گام اساسی در ایجاد سامانه اطلاعات مکانی طراحی مدل منطقی از داده‌هاست. همان‌طور که باگویی و ایارپ (۲۰۱۲) بیان کردند، هدف از طراحی منطقی یافتن نوع ارتباط بین داده‌ها با استفاده از یکی از مدل‌های داده، تعیین "نمای داده" و جزییات مربوط به داده‌های واقعی است. از مدل رابطه‌ای به عنوان متداول‌ترین مدل به منظور طراحی پایگاه داده مکانی استفاده شد. جدول ۱ نمونه-ای از مدل منطقی داده‌ها پس از جمع‌آوری داده‌های واقعی موجود برای مشخصات ژئوشیمیایی چاه‌های نفت را نشان می‌دهد. نظر به اینکه در این مدل، داده‌ها و ارتباطات بین آن‌ها به‌صورت مجموعه‌ای از جداول پیاده‌سازی می‌شود (Forouzandeh Dehkordi, 2013)، هر موجودیت در میدان نفتی گچساران به صورت جداولی جداگانه همراه با داده‌های به کار رفته در پژوهش حاضر مشخص شده است. ارتباط 1-N بین چاه و سایر موجودیت‌ها با دایره از کلید اصلی و با فلش به سمت کلید خارجی نشان داده شده است (شکل ۱). به عنوان مثال در جدول سکتور، sector_id کلید اصلی است و با توجه به اینکه سکتور با چاه در ارتباط است، با فلش به سمت جدول چاه به عنوان کلید خارجی مشخص شده است. در ارتباط بین نمونه با چاه، شناسه چاه (well_id) به عنوان کلید خارجی در جدول نمونه آمده است. جهت نمایش ارتباط بین چاه با میدان، شناسه میدان (field_id) به عنوان کلید خارجی در جدول چاه قرار گرفته است. برای سازندها دو ستون سنگ منشاء و سنگ مخزن به ترتیب با شناسه source_id و res_id تعیین شد که هر کدام کلید خارجی در جدول چاه هستند تا ارتباط نوع سنگ منشاء و سنگ مخزن را برای چاه‌ها مشخص کند. به طور مثال، سازند آسماری که به عنوان سنگ مخزن در میدان نفتی گچساران است، با شناسه ۱ (کلید خارجی) در جدول چاه آمده است. در نهایت برای هر یک از آنالیزهای ژئوشیمیایی یک شناسه در هر کدام از جداول مربوط به آن‌ها تعیین گردید. بدین منظور، شناسه چاه (well_id) به عنوان کلید خارجی در جدول آنالیز راک - ایول جهت ارتباط بین چاه با این آنالیز آمده است.



شکل ۳- مدل مفهومی طراحی شده با استفاده از نمودار موجودیت - ارتباط (ERD) برای پایگاه داده‌ی ژئوشیمیایی میدان نفتی پژوهش حاضر.

Fig. 3. Conceptual Model designed using the entity relationship diagram (ERD) for the geochemical geodatabase of oilfield of the present study.

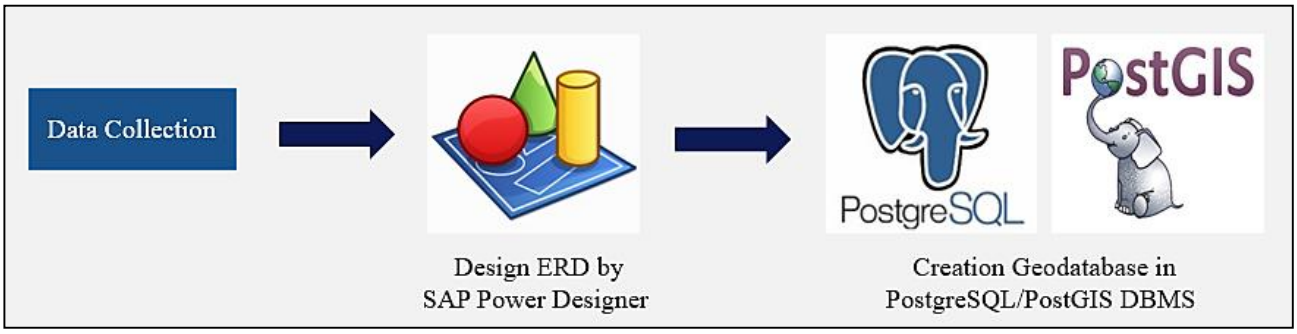
ایجاد سیستم مدیریت پایگاه داده

طراحی مدل مفهومی داده‌ها صحت ایجاد پایگاه داده مکانی را در گام سوم تضمین می‌کند. در این گام مدل مفهومی طراحی شده با استفاده از نرم افزار مدیریت پایگاه داده پیاده سازی می‌گردد. جهت ایجاد آن از بین نرم افزارهای تجاری و متن باز موجود، نرم‌افزارهای متن باز به دلیل عدم نیاز به خرید آن و مشکلات لایسنس در ایران، نیازهای سخت‌افزاری کمتر و حجم پایین‌تر، امنیت بالا و امکان تغییر قابلیت‌های موجود و یا افزودن قابلیت‌های جدید برای کاربران انتخاب

شد. جهت ایجاد سیستم مدیریت پایگاه داده از سیستم مدیریت پایگاه داده شیء - رابطه‌ای PostgreSQL /PostGIS استفاده شد. پایگاه داده متن باز PostgreSQL به‌عنوان پایگاه داده رایج مورد استفاده در انواع برنامه‌های کاربردی مکانی است. جهت افزودن قابلیت‌های مکانی به پایگاه داده ژئوشیمیایی میدان نفتی از افزونه PostGIS استفاده شد. همان‌طور که Shukla و همکاران (۲۰۱۶) بیان کردند PostGIS که یک افزونه پایگاه داده مکانی برای PostgreSQL می‌باشد، در مقایسه با پایگاه داده اوراکل مکانی عملکرد بهتری دارد. PostGIS برای انتخاب عملیات شیء در همسایگی یک شیء دیگر و همچنین جهت نمایش داده‌های مکانی و زمانی بهتر از پایگاه داده MongoDB عمل می‌کند (Makris et al., 2019). به گفته اسوین (Sveen, 2019) برای عملیاتی که معمولاً در سیستم‌های مکانی استفاده می‌شود، عملکرد PostGIS از MongoDB و Neo4J بهتر است. درنتیجه، این پژوهش از PostgreSQL/PostGIS به‌عنوان پایگاه داده مکانی خود استفاده کرده است که ساختار پایگاه داده مکانی ایجاد شده در شکل ۴ نشان داده شده است. پس از ایجاد سیستم مدیریت پایگاه داده در نرم افزار PostgreSQL امکان مشاهده و پرس و جو از چاه‌ها همراه با کلیه اطلاعات آنالیزهای ژئوشیمیایی آن فراهم شده است. همچنین با اتصال سیستم مدیریت پایگاه داده به نرم افزار GIS نمایش، آنالیز مکانی و تحلیل چاه‌ها برای کاربران قابل انجام خواهد بود.

نتیجه‌گیری

در این مقاله داده‌های حاصل از آنالیزهای ژئوشیمیایی نمونه‌های چاه‌های میدان نفتی گچساران مورد بررسی قرار گرفت تا با مدلسازی داده‌ها در سطح مفهومی با تعیین موجودیت‌ها و صفات آن‌ها، روابط بین کلیه موجودیت‌ها مشخص شود و مدل مفهومی داده‌ها ترسیم گردد. ترسیم داده‌ها در سطح مفهومی پیش از ایجاد مدل منطقی و فیزیکی، به عنوان مبنا برای ایجاد سامانه اطلاعات مکانی ژئوشیمیایی چاه‌های نفت صحت آن را تضمین می‌کند. درنتیجه برای داده‌های ذکرشده در پژوهش حاضر، مدل داده در قالب ERD طراحی شد تا بر اساس آن طراحی سامانه اطلاعات مکانی صورت گیرد. این سامانه دارای مجموعه داده مربوط به ارزیابی ژئوشیمیایی سنگ‌های منشأ احتمالی، ویژگی‌های ژئوشیمیایی نفت مخازن مورد مطالعه، تحلیل بلوغ حرارتی، ارتباط جریانی مخازن و کلیه تحلیل‌هایی است که با استفاده از داده‌های ذکر شده می‌توان انجام داد. در پژوهشی که توسط Hun و همکاران در سال ۲۰۱۹ انجام شده بود، آن‌ها برای داده‌های ژئوشیمی زمین‌شناسی، ساختار مدل داده را تشریح و طراحی کردند و با ایجاد پایگاه داده در Access مدل خود را پیاده‌سازی نمودند. ایجاد پایگاه داده در Access به دلیل عدم پشتیبانی از قابلیت‌های مکانی قادر به انجام تحلیل‌های مکانی چاه‌های نفتی نمی‌باشد؛ از این رو در اینجا برای پایگاه داده‌ی مکانی ژئوشیمیایی نفت، با استفاده از افزونه PostGIS قابلیت مکانی نیز به پایگاه داده PostgreSQL افزوده شد؛ در نتیجه امکان نمایش، آنالیز و تحلیل مکانی چاه‌ها و داده‌های ژئوشیمیایی نفت فراهم گردید؛ بنابراین با توجه به داده‌های موجود از آنالیزهای ژئوشیمیایی نمونه‌های نفتی طراحی مدل مفهومی ERD انجام شد تا یک مدل اولیه از داده‌ها ارائه گردد. بدیهی است که این نمودار با تغییر و افزایش نیازهای کاربران به‌روزرسانی و توسعه داده می‌شود. در پایان پیشنهاد می‌شود با توجه به نبود بانک اطلاعاتی یکپارچه از داده‌های ژئوشیمی نفت، قبل از طراحی سامانه اطلاعات مکانی برای آن، با انجام بررسی‌های دقیق اطلاعات مورد نیاز کاربران و واحدهای زمین‌شناسی شرکت‌های نفتی برای این سامانه شناسایی و ارزیابی گردد و بر اساس مدل مفهومی طراحی شده، سامانه اطلاعات مکانی برای هر واحد ایجاد گردد. همچنین، مدل مفهومی طراحی شده مبنایی برای ایجاد پایگاه داده مکانی ژئوشیمیایی نفت معرفی شد تا این سامانه جهت جلوگیری از پراکندگی اطلاعات و تسهیل در انجام تحلیل‌های مکانی ژئوشیمیایی نفت ایجاد و توسعه گردد.



شکل۴- ساختار پایگاه داده مکانی ایجاد شده برای داده‌های ژئوشیمی نفت در پژوهش حاضر.

Fig. 4. The structure of geodatabase created for petroleum geochemistry data in present study.

جدول ۱- نمونه‌ای از مدل منطقی برای داده‌های پژوهش حاضر.

Table. 1. The example of a logical model for the present study data.

sector

sector_id	sector_name	Area(m)	Perimeter(m)
1	zone A	209741000	72425.7
2	zone B	49622300	29427.5
3	zone C	38093800	25704.1
...	...	...	...

sample

sample_id	sample_name	sample_type	well_id	sector_id	depth(m)
1	1	core	1	1	2038
2	2	core	12	5	2044
3	3	core	18	4	2047
...	...	...	…	…	…

oilfield

field_id	field_name	area(m)	perimeter(m)
1	Gachsaran	551387300	148757

well

well_id	well_name	coord_x	coord_y	coord_z	sample_id	sector_id	source_id	res_id	field_id	gc_id	rockeval_id	maturity_id	source_p_id	$^{13}C\delta$_id	ftir_id
1	Gs_1	'50°50	'10°30		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	Gs_2	'56°50	'18°30		5	3	1	2	1	2	2	2	2	2	2
3	Gs_3	'35°50	'29°30		4	1	2	1	1	3	3	3	3	3	3
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…

formation

formation_name	source_id	res_id	well_id
Kazhdumi	1	null	3
Asmari	null	1	7
Pabdeh	2	null	11
…	…	…	…

rockeval_analysis

rockeval_id	s_1(mg hc/g rock)	s_2(mg hc/g rock)	t max	hi(mg hc/ toc)	toc (%wt)	pi	well_id	source_id
1	0.53	0.93	435	216	0.43	0.36	1	2
2	0.49	1.41	438	256	0.55	0.27	2	2
3	0.5	0.9	432	219	0.41	0.35	3	2
...	...	...	…	…	…	…	…	…

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد مصوب دانشکده علوم زمین، گروه سنجش‌ازدور و GIS دانشگاه شهید چمران اهواز می‌باشد. نویسندگان این مقاله بر خود لازم می‌دانند از دکتر بهرام علیزاده و دکتر خالد معروفی جهت در اختیار قرار دادن داده‌های این پژوهش تشکر و قدردانی کنند.

منابع

Alizadeh, B., Maroufi, K., Fajrak, M., 2017. Hydrocarbon reserves of Gachsaran oilfield, SW Iran: Geochemical characteristics and origin. Marine and Petroleum Geology 92, 308-318.

Bagui, S., Earp, R., 2012. Database Design Using Entity-Relationship Diagrams, Second Edition, CRC Press, Taylor & Francis Group, p. 362.

Bordenave, M.L., Hegre, J.A., 2005. The Influence of Tectonics on the Entrapment of oil in the Dezful Embayment, Zagros Fold Belt, Iran. Journal of Petroleum Geology 28, 339-368.

Chen, P.P., 1976. The entity-relationship model-toward a unified view of data. ACM Transactions on Database Systems 1(1), 9–37.

Faraji Sabokbar, H., Mansourian, A., Reza Ali, M., Aghanezhad Ahmadchali, M.R., 2013. Presenting a conceptual model for managing the local data infrastructure of the municipality. Case study: Babol Municipality. Human Geographical Research 48, 44-23.

Farshi, M., Moussavi-Harami, R., Mahboubi, A., Khanehbad, M., 2019. Reservoir rock typing using integrating geological and petrophysical properties for the Asmari Formation in the Gachsaran oilfield, Zagros basin. Journal of Petroleum Science and Engineering 176, 161-171.

Forouzandeh Dehkordi, H., 2013. Database Management, 1nd ed, Iran Textbook Publishing Company, Tehran.

Fozoun Bal, M., 2004. Application of Geographic Information Systems in Oil, Gas and Petrochemical Industries, Scientific-Promotional Monthly of Oil Exploration and Production, No. 15.

Griffiths, P.R., De Haseth, J. A., 2007. Fourier transform infrared spectrometry, 2nd ed. John Wiley & Sons, p. 542.

Han, T., Rukhlov, A., Riddell, J., Ferbey, T., 2019. A skeleton data model for geochemical database at the British Columbia geological survey, British Columbia Ministry of Energy. Mines and Petroleum Resources, pp. 125-135.

Hartcher, M., Shearin, J., 1996. Developing a Corporate Wide Network for GIS, pp. 8-12.

Hunt, M.J., 1996. Petroleum geochemistry and geology, 2nd ed. WH Freeman and company, New York, p. 764.

MacDonald, A., 2001. Building a Geodatabase, GIS by ESRI, USA, p. 490.

Makris, A., Tserpes, K., Spiliopoulos, G., Anagnostopoulos, D., 2019. Performance evaluation of MongoDB and PostgreSQL for Spatio-temporal data. In Proceedings of the 2nd International Workshop on Big Mobility Data Analytics, Lisbon, Portugal, 26–29.

Maroufi, K., 2017. Investigation of Reservoirs Fluid Properties and Continuity in Gachsaran and Mansourabad Oilfields Using Integration of Reservoir Geochemistry and Engineering Approaches, Ph.D. thesis, Shahid Chamran University of Ahvaz.

Mohamed. J, M.A., Jaafar, A.F., Ismail, M.H.D., Othman, M.A., 2017. Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy, Rahman University Technology Malaysia, Johor Bahru, Johor, Malaysia, Elsevier Inc, Chapter 1, pp. 3-29.

Motiei, H., 1993. Stratigraphy of Zagros. Geological Survey of Iran Publication, 536 p (in Persian).

Nouri, R., Memariani, M., Kamali, M., 2008. A Study of Oil Systems in Gachsaran Square, Proceedings of the 12th Conference of the Iranian Geological Society, Ahvaz - National Oil Company of the South, 1-7.

Peter, K. E., Fowler, M. G., 2002. Application of Petroleum geochemistry to exploration and reservoir management. Organic Geochemistry 33, 5-36.

Rangzan, K., Karimian, R., Kabolizadeh, M., 2019. Using Google Earth to detection oil wells and pipelines: A case study of Gachsaran oilfield, computer, Information Technology and Applications of artificial intelligence, Ahvaz, Khuzestan Industry, Mining and Trade Organization, p. 1-9.

Rouhani Rankouhi, M. T., 1993. Introduction of Database, Jelveh, 1st edition, p. 520.

Seddighi, N., 2016. ERD diagram and conceptual model of WebGIS system database of New Cities Development Company, 3rd International Conference on Science and Engineering, Istanbul - Turkey.

Sherman, R., 2015. Business Intelligence Guidebook, Data Integration to Analytics, Elsevier Inc, p. 173-195.

Shukla, D., Shivnani, C., Shah, D., 2016. Comparing oracle spatial and Postgres PostGIS. IJCSE, p. 95–100.

Sveen, A.F., 2019. Efficient storage of heterogeneous geospatial data in spatial databases. Journal of Big Data, pp. 102.

Teorey, T., Lightdtone, S., Nadeau, T., 2011. Database Modeling & Design, 5th edition, Morgan Kaufmann Publishers, Elsevier, USA, pp. 335.

van Graas, G.W., 1990. Biomarkers maturity parameters for high maturities: calibration of the working range up to oil/condensate threshold. Organic Geochemistry 16, 1025-1032.

Walpes, D.W., 1985. Geochemistry in Petroleum exploration. 1nd ed, IHRDC Press, Boston, MA, p. 232.

Young Park, Ch., Blackmond Laskey, K., 2019. A Mapping between Multi-Entity Bayesian Network and Relational Model. Applied Sciences 9(9), pp.26.

© 2021 Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license) (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).