

مکانیابی نقاط بهینه حفاری گمانه های اکتشافی در یکی از مخازن میادین نفتخیز جنوب با استفاده از الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات (PSO)

Optimizing exploratory well placement in one of the south oil field reservoirs using Particle Swarm Optimization (PSO) algorithm

مریم جان نثاری^۱

دکتر نادر فتحیان پور^۲

دکتر احمد رضا مختاری^۳

چکیده

بهینه سازی در ادبیات مهندسی به اکستریم سازی یک تابع هدف بوسیله الگوریتمی ساختار دار تحت قیود محدود کننده خانواده جوابهای قابل قبول مسئله تحت بررسی اطلاق میگردد. در صنایع بالادستی نفت تابع هدف مذکور در دو زمینه اکتشاف و بهره برداری بصورت جداگانه تعریف میشود. این تابع در مرحله اکتشاف از طریق شناسایی شاخص های اکتشافی و تعیین روابط میان آنها قابل تعریف است. درحالیکه در زمینه بهینه سازی بهره برداری و تولید، تابع هدف شامل تشخیص و تعیین بهینه کنترل کننده های تولیدی چاههای نفت است. تابعی که میتواند میزان تولید تجمعی نفت و یا ارزش خالص فعلی چاه باشد. در عمل حل این مساله در دو مرحله مطالعاتی مذکور نیازمند بهینه سازی همزمان تعداد زیادی از فاکتورهای موثر از قبیل عوامل زمین شناسی، پتروفیزیکی و اقتصادی است که با توجه به وزن و تاثیر خود در تابع هدف وارد میشوند. بعلاوه وجود تعداد زیاد فاکتورهای تاثیرگذار و حضور عدم قطعیت در بسیاری از پارامترهای زمین شناسی از یکسو و مشخصات مخزن و محدودیت های اقتصادی و زمان محدود از سوی دیگر، استفاده از روشهای محاسباتی و عددی مانند الگوریتمهای جستجوی گرادینتی، الگوریتمهای غیر گرادینتی یا گسسته بعنوان زیر شاخه های هوش مصنوعی بعنوان ابزارهایی قدرتمند جهت حل مساله فوق توصیه شده است. دراین تحقیق تابع هدف اکتشافی متناسب با داده های ددرسترس مخزن نفتی مورد مطالعه که یکی از مخازن میادین نفتخیز جنوب است، بصورت حاصل ضرب تداخل در واریانس تخمین در تراوایی (PEPr) تعریف گردید. سپس در فضای جستجو که با استفاده از تخمین کریجینگ سه بعدی تعریف شده است، الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات بر روی تابع هدف اعمال شد. نتایج بصورت سه اولویت برای نقاط حفاری اکتشافی پیشنهاد گردید. بمنظور بررسی صحت نتایج مقادیر متناظر تابع PEPr برای نقاط پیشنهادی تعیین و مشخص گردید که مقدار بهینه تابع هدف حاصل از الگوریتم معادل ۷۱/۲۹۵۵ یکی از مقادیر ماکزیمم این تابع در محدوده مورد بررسی است.

واژه های کلیدی: مکانیابی نقاط حفاری-بهینه سازی- الگوریتم های غیر گرادینتی و تکاملی- الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات

Abstract

In engineering literature, the optimization process is considered as maximizing or minimizing a defined objective function using a structured algorithm under predefined limitations. In petroleum upstream industry the objective function is defined in both exploration and exploitation stages, separately. At exploration stage this function is affected by exploratory indicators and their inter-relationships. While at exploitation and production stage, this function is formed by introducing factors affecting the cumulative production of active wells. In practice this optimization problem needs to consider several effective factors such as geology, petrophysical and economic details simultaneously. Due to the uncertainty associated with most of these factors including geological settings, reservoir characteristics, economical and time limitations, the application of numerical optimization methods including gradient and none gradient- based algorithms are inevitable. In this paper, the exploratory objective function was defined as the multiplication of the 3D reservoir Porosity, Estimation variance and Permeability (PEPr) in one of the south oil field reservoirs. The Particle Swarm Optimization (PSO) algorithm was then applied on the defined objective function throughout the defined search space which was specified by the extent of 3D Kriging estimations. The optimum well placements given by PSO algorithm for the first three priorities were cross validated through analyzing their PEPr function values. The results show

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد اکتشاف معدن دانشگاه صنعتی اصفهان m.jannesari@mi.iut.ac.ir

^۲ دانشیار دانشکده مهندسی معدن دانشگاه صنعتی اصفهان

^۳ استادیار دانشکده مهندسی معدن دانشگاه صنعتی اصفهان

that for the first optimum well the objective function is ۷۱.۲۹۵۵ which is among the maximum values of the objective function in the studied area.

۱- مقدمه

پیش بینی ها نشان میدهد در صورتی میزان منابع انرژی موجود برای دهه های آینده کافی است که همزمان با رشد تقاضای جهانی برای نفت و گاز، تلاشهایی نیز در جهت بهبود تکنولوژی های مدیریت مخزن برای رسیدن به بالاترین و در عین حال بهینه ترین میزان تولید نسبت به هزینه ها صورت گیرد [۱].

در علوم مهندسی و مدیریتی بهینه سازی به معنای رسیدن به وضعیتی بهینه در تولید است که در آن کمترین هزینه ممکن و بیشترین میزان بازدهی میسر باشد. در زبان برنامه نویسی و ریاضیات بهینه سازی را فرایندی تعریف میکنند که در آن از طریق انتخاب و طراحی ساختارهای داده ای، الگوریتم ها و دستورالعمل های مناسب به تولید برنامه های کارآمدتر (کوچکتر یا سریعتر) دست پیدا کرد [۲،۳].

در مفهوم مدیریت کارآمد مخزن، بهینه سازی تولید، رسیدن به ماکزیمم مقدار یا مینیمم میزان تابع هدف مشخصی است که این تابع میتواند میزان بهره برداری نفت یا آب تجمع و یا ارزش خالص فعلی^۱ در طول مدت زمان معین باشد که بوسیله پیدا کردن مجموعه بهینه از مقادیر کنترلی از قبیل نسبت های چاه یا فشار ته چاه مشخص میگردد. از آنجایی که روابط میان مقادیر کنترلی و دینامیک مخزن بطور کلی غیر خطی هستند، یافتن نقطه بهینه ای از مجموع این فاکتورها، مساله پیچیده ای است [۱].

این مساله میتواند در مرحله اکتشاف نیز به همین مقدار تاثیر گذار و پیچیده باشد، جایکه با انتخاب علمی و یا تجربی پارامترهای اکتشافی و تعیین روابط تاثیر گذار فیما بین آنها، به نتایج قابل قبولی در تعیین نقاط پرتانسیل مطلوب دست می یابیم که حاصل بررسی توام چندین پارامتر پیچیده ایستا و یا دینامیک است.

۲- مبانی و سابقه بکار گیری الگوریتمهای بهینه سازی در اکتشاف نفت

نبوغ مهندسی برای تضمین مکان یابی بهینه نقاط حفاری بدلیل پیچیدگیهای زمین شناسی و طبیعت غیر خطی این مسئله کافی نیست و استفاده از یک موتور بهینه ساز برای ارزیابی، اجرا و حفر چاهها و تشخیص طرح بهینه برای شبکه حفاری، یک نیاز اساسی است [۵]. بطور خلاصه هر راه حل ارائه شده برای این مساله باید دارای خصوصیات ذیل باشد تا بتواند جوابگوی این قبیل مسائل مهندسی مخزن باشد [۴].

امکان انجام بصورت محاسباتی: این نیاز مستلزم داشتن الگوریتمی کارآمد است.

توانایی جلوگیری از رسیدن به جواب محلی به جای جواب بهینه مورد نظر: استفاده از الگوریتمهای تصادفی^۲ به جای استفاده از الگوریتمهای قطعی^۳ میتواند از رسیدن و توقف الگوریتم در یک مقدار محلی جلوگیری کند. همچنین الگوریتمهای تصادفی بر فرض های اولیه کمتر تکیه دارند.

انعطاف پذیری: روش های پیشنهادی باید قادر باشند همانگونه که در مورد پارامترهای پیوسته کارایی دارند، در مورد پارامترهای گسسته نیز کارآمد باشند.

^۱ Net Present Value

^۲ Stochastic Algorithms

^۳ Deterministic Algorithms

قدرت تعمیم: روش پیشنهادی نباید فقط برای مساله بخصوصی تعریف شود، بلکه باید قادر باشد در بهینه سازی مسائل مشابه اما با مشخصات متفاوت جوابگو باشد [۴].

در شبیه سازی های عملی مخازن موقعیت چاهها در شبکه، بوسیله اندیس بلوکی (i, j, k) یا (i, j) مشخص میشود. بنابراین زمانیکه بخواهیم این اندیسها را تعیین کنیم، طبیعتاً مساله مانند یک مساله بهینه سازی گسسته فرمول سازی میشود. در این صورت محققان جهت حل مساله بر روی الگوریتم های بهینه سازی غیر گرادیانی تمرکز میکنند. روشهای غیرگرادیانی براساس جستجوهای تصادفی تعریف شده اند این روشها کاملاً پیشرو هستند و بسیاری از آنها بطور طبیعی موازی حرکت میکنند، زیرا نیازی به ارزیابی متوالی تابع هدف ندارند. روشهایی از قبیل الگوریتم ژنتیک^۱ که توسط Holland در سال ۱۹۷۵ ابداع شد و سپس در سال ۱۹۹۷ در موقعیت یابی چاههای نفت بکار گرفته شد [۶]. شبکه های عصبی^۲ که در سال ۱۹۹۹ بعنوان روشی موازی و مکمل بوسیله [۷] در فیلد مشابه بکار گرفته شد و همچنین الگوریتم تبرید تدریجی^۳ زیر مجموعه این نوع بهینه سازی های گسسته می باشند [۴].

در سال ۲۰۰۹ الگوریتم ازدحام ذرات^۴ که در سال ۱۹۹۵ توسط Eberhart و Kennedy برای شبیه سازی رفتار اجتماعی معرفی شده بود، توسط [۸] طی یک پروژه کارشناسی ارشد در مساله مکان یابی نقاط حفاری استفاده گردید و نتایج قابل قبول تری نسبت به کلیه الگوریتم های قبلی نشان داد. به همین دلیل پایه چارچوب بهینه سازی استفاده شده در این مطالعه رانیز تشکیل خواهد داد. این الگوریتم براساس نحوه پرواز پرندگان پایه ریزی شده است و مانند الگوریتم ژنتیک یک الگوریتم تکاملی است.

۳-مدل ریاضی مساله بهینه سازی

تصمیم گیری بر اساس مدل ریاضی از جهان واقعی اغلب ما را به ست مسائل بهینه سازی غیر خطی هدایت میکند، که بصورت زیر بیان میشوند:

$$F(x), \quad x = [x_1, x_2, \dots, x_n]^T \in A = R^n \quad (1-3)$$

$$\underbrace{\text{minimize}}_{w_i, r, t, x}$$

درحالیکه دارای محدودیت ها یا مرزهای تعریف شده زیر هستند:

$$g_j(x) \leq 0, \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (2-3)$$

$$h_j(x) \leq 0, \quad j = 1, 2, \dots, r$$

جاییکه $G(x)$ ، $F(x)$ توابع اسکالر و ستون بردار x اجزای پیوسته x_i بصورت زیر تعریف میشوند و مقادیر طرح نامیده میشوند.

$$X = [x_1, x_2, \dots, x_n] \quad (3-3)$$

$F(x)$ تابع هدف است و $G_j(x)$ تابع محدودیت های ناهموار و $H_j(x)$ تابع محدودیت های هموار است [۹].

^۱ Genetic Algorithm

^۲ Neural Network

^۳ Simulated Annealing

^۴ Particle Swarm Optimization

هدف این مطالعه بکارگیری روشی تمام اتوماتیک با شرایط ذکر شده در قسمت (۲) در تعیین نقاط حفاری اکتشافی محدوده نفتی جدید در یکی از میدین نفتی جنوب است. در زمینه اکتشافی داده های پتروفیزیکی مخزن شامل داده های تخلخل و تراوایی ۱۱۹ چاه اکتشافی متعلق به حوزه نفتی زاگرس استفاده شد. براساس مطالعات اکتشافی تابع هدف بصورت (۳-۴) تعیین گردید و هدف از اعمال الگوریتم شناسایی مناطقی با بالاترین میزان تابع هدف که نشاندهنده نقاط حفاری مناسب می باشند، است.

$$F(X) = P^{\alpha} E^{\beta} Pr^{\gamma} \quad (۳-۴)$$

که در آن P تخلخل، E میزان واریانس تخمین و Pr تراوایی در هر یک از نقاط نمونه برداری است. مقادیر α, β, γ وزن مرتبط با هر کدام از مقادیر مذکور است که درمکان یابی کلاسیک بصورت تجربی در تابع هدف وارد میشدند. دراین تحقیق برای بهینه سازی سه پارامتر تخلخل، تراوایی و واریانس تخمین، $\alpha = \beta = \gamma = 1$ قرارداده شده است.

۴- الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات

الگوریتم ازدحام ذرات بر اساس شبیه سازی یک رفتار جمعی است که از نحوه حرکت پرندگان و ماهیان الگوبرداری شده است. این الگوریتم مانند سایر تکنیکهای محاسباتی تکاملی از یک جمعیت که شامل راه حل های بالقوه مسئله تحت بررسی است، به منظور اکتشاف درفضای جستجو استفاده می کند. اما تفاوت اساسی این روش با سایر روشها در این است که هر ذره دارای یک بردار سرعت نیز هست که به وسیله تغییرات آن به جستجوی پیوسته فضای تصمیم می پردازد. این بردار دارای دو جزء است که شامل حرکت ذره به سمت بهترین موقعیتی که تا کنون ملاقات کرده (Pbest) و همچنین بهترین موقعیتی که یک ذره در کل جمعیت به آن رسیده است (gbest) می باشد [۱۰].

مانند الگوریتم ژنتیک، روش بهینه سازی ذرات مشارکتی نیز شامل جمعیتی از راه حل هاست. اما در این روش راه حل ها به ذرات نسبت داده میشوند، همانطور که در الگوریتم ژنتیک راه حل ها به اشخاص نسبت داده میشوند. موقعیت هر یک از ذرات بر طبق برازش آن و موقعیت مرتبط آن با ذرات دیگر معین میگردد. این الگوریتم در بسیاری از فیلدهای مطالعاتی از قبیل آموزش شبکه های عصبی، مسائل اقتصادی پویا و بهینه سازی مسائلی با فاکتورهای بسیار وابسته بکار گرفته شده است [۸].

اگر فضای جستجوی مسئله D بعدی باشد، بدین ترتیب موقعیت ذره i ام $Swarm$ یا همان جمعیت را می توان به صورت $Xi = (Xi1, Xi2, ..., XiD)$ و سرعت آن را بصورت $Vi = (Vi1, Vi2, ..., ViD)$ نمایش داد. در نهایت حرکت جمعیت ذرات بوسیله دو منادله زیر تشریح میشود [۸]:

$$V_{id}^{n+1} = w_n \cdot V_{id}^n + c_1 r_1^n (pbest_{id}^n - X_{id}^n) + c_2 r_2^n (gbest_d^n - X_{id}^n) \quad (۴-۱)$$

$$X_{id}^{n+1} = X_{id}^n + V_{id}^{n+1} \quad (۴-۲)$$

که در آن $d = 1, 2, \dots, D$ و $i = 1, 2, \dots, N$ که N برابر اندازه $Swarm$ ، n شماره تکرار، w وزن اینرسی و

C_1 و C_2 ضرایب شناختی^۱ و اجتماعی^۲ که معمولاً برابر ۲، ۱ و r_1 و r_2 اعداد تصادفی با توزیع یکنواخت بین صفر و یک می باشند [۸].

همچنین وزن اینرسی با استفاده از فرمول (۳-۴) محاسبه میشود:

$$W_n = W_{max} - \frac{(W_{max} - W_{min}) \times n}{iter_{max}} \quad (3-4)$$

که در آن W_{max} و W_{min} مقادیر اولیه و نهایی اینرسی وزنی و $iter_{max}$ حداکثر تعداد تکرارها و n شماره تکرار جاری می باشد [۸].

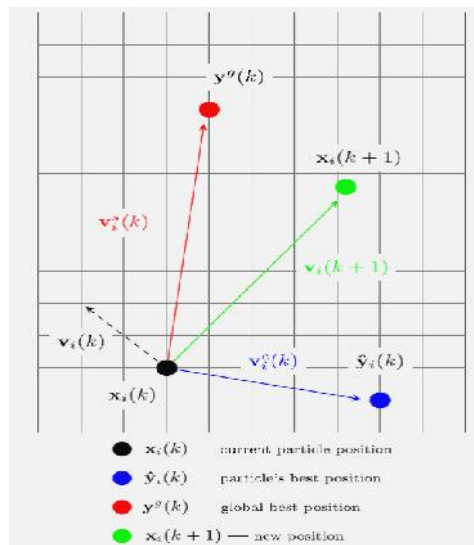
همانطور که در معادلات یک و دو نشان داده شد، سرعت شامل سه سهم است. جزء اینرسی، شناختی و اجتماعی. جزء اینرسی باعث میشود که ذره مورد نظر در تکرار K در همان جهتی که حرکت میکند، به حرکت خود ادامه دهد. ترم شناختی که شامل C_1 حافظه ذره را در رابطه با بهترین موقعیت قبلی اش در خود نگه می دارد و جزء سرعت را در این جهت ایجاد میکند. جزء اجتماعی (شامل ترم C_2) اطلاعاتی درباره بهترین موقعیت هر ذره در همسایگی ذره i ارائه می دهد و باعث میشود حرکت این ذره از این طریق سرعت گیرد. معادله سرعت ترکیبی تصادفی از این سه جزء را نشان میدهد، بنابراین هر ذره به براساس حافظه خود و تجربه جمعی از دیگر ذرات به سمت موقعیت جدید خط سیر خود را انتخاب میکند. این موضوع در شکل (۴-۱) نشان داده شده است. در این شکل هر ذره در فضای جستجو دو بعدی موقعیت جدید خود را با استفاده از روش ازدحام ذرات پیدا میکند. بردارهای $V_i^c(k)$ و $V_i^s(k)$ تفاوت میان موقعیت حال حاضر ذره $x_i(k)$ و بهترین موقعیت قبلی آن $y_i^*(k)$ و بهترین موقعیت سراسری ذره $g(k)$ را نشان می دهد [۸]. فلوچارت الگوریتم بکار گرفته شده در شکل (۴-۲) ترسیم شده است.

۵- مشخصات زمین شناسی و پتروفیزیکی محدوده مورد مطالعه

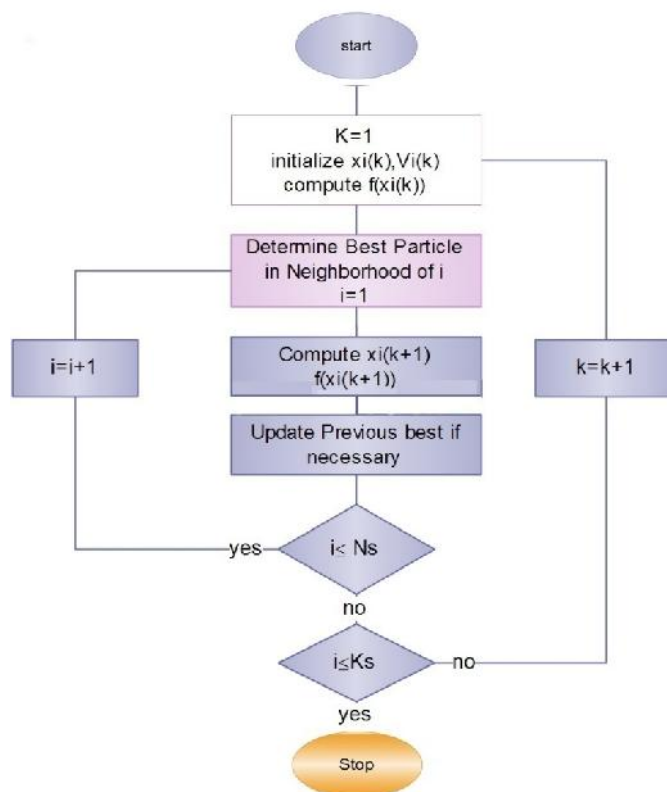
میدانی که در این مطالعه، مورد بررسی قرار گرفته است در واحد ساختمانی - رسوبی زاگرس قرار دارد. این میدان نفتی در جنوب غربی ایران، در استان خوزستان و در جنوب شرق اهواز واقع شده است. حوضه رسوبی زاگرس، بخشی از حاشیه جنوبی اقیانوس تیتیس و یکی از مهمترین حوضه های نفتی جهان بشمار می رود (موریس ۱۹۸۰، استانلی ۱۹۹۰، علوی ۱۹۹۴). حوضه زاگرس در جنوب غرب ایران و شمال عراق قرار گرفته است. این منطقه به دلیل نوع خاص ساختمان و چینه شناسی منحصر به فرد آن، در برگیرنده بسیاری از میدانی نفتی ایران است و از این لحاظ در دنیا به عنوان یک استثنا بشمار می رود. تمامی مخازن هیدروکربوری شناخته شده زاگرس در نفتگیرهای تاقیدیسی متمرکز هستند و تاکنون یک مورد نفتگیر از انواع گسلی، چینه ای یا دیاپیریسیم به صورت مستقل کشف نشده است [۱۱].

پارامترهای مهم مورد بررسی در این مطالعه میزان تخلخل و تراوایی در میدان نفتی واقع در جنوب غرب ایران است. داده های موجود از این پارامترها در منطقه شامل داده های حاصل از گمانه ها می باشد. تعداد کل گمانه های حفر شده ۱۱۹ حلقه در امتداد محور طولی طاقدیس است که متوسط عمق گمانه های حفر شده ۵۵ متر و عمیق ترین گمانه

^۱ Cognitive
^۲ Social



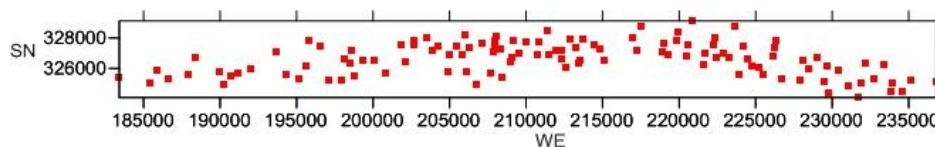
شکل ۴-۱- تشریح سرعت و موقعیت PSO ذره X_i در فضای جستجو دو بعدی [۸]



شکل ۴-۲- فلوچارت بهینه سازی ازدحام ذرات یک بعدی، استفاده شده در این تحقیق بصورت شماتیک [۱۳]

دارای عمق ۱۰۹ متر می باشد. گسترش طولی گمانه ها (درجهت محور X مختصات) ۴۳۰۰۰ متر و گسترش عرضی آن (درجهت محور Y مختصات) ۳۱۵۰۰ متر است. جهت سهولت در عملیات، به منظور منطبق شدن امتداد گسترش طولی گمانه ها بر روی محور X مختصات، محورهای مختصات به اندازه ۳۷ درجه دوران داده شد. پس از این انتقال،

در دستگاه مختصات جدید گسترش طولی گمانه‌ها (درجهت محور X مختصات) به ۵۳۵۰ متر و گسترش عرضی آن (درجهت محور Y مختصات) به ۵۰۵۰ متر تغییر یافت. شکل (۳-۴) مربوط به موقعیت گمانه‌ها در محدوده مورد مطالعه در دستگاه مختصات جدید می‌باشد.



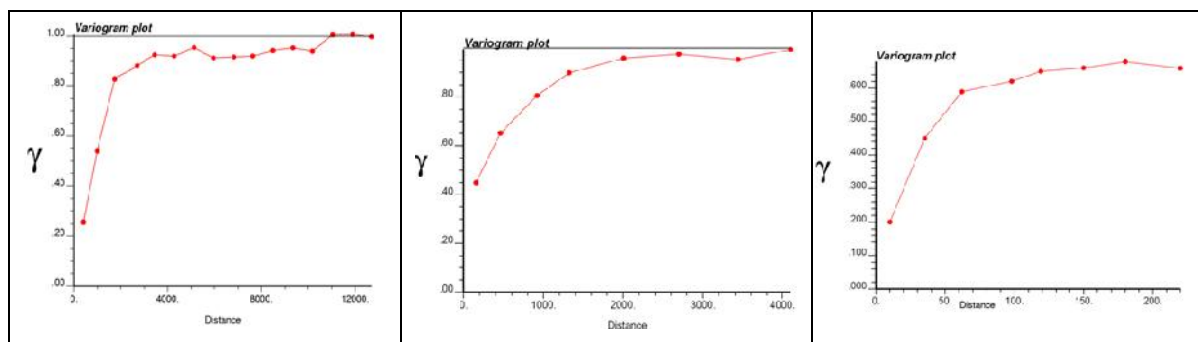
شکل ۳-۴ موقعیت چاههای مطالعاتی پس از انتقال در دستگاه مختصات جدید

۶- روش کار

همانطور که گفته شد، داده‌های در دسترس شامل اطلاعات تخلخل و تراوایی متعلق به ۱۱۹ حلقه چاه بودند که از نظر زمین‌شناسی و ساختاری در ۷ زون متفاوت قرار داشتند. بنابراین بعد از زون بندی و نرمال سازی داده در هریک از زونها، مطالعات آماری بر روی هر یک از زونها بصورت مستقل انجام و مقدار واریانس تخمین بعد از مدل کردن داده‌ها در نرم افزار VarioWin، از طریق اعمال کریجینگ سه بعدی ساده در نرم افزار Wingslib بدست آمد. از آنجاییکه تراوایی و تخلخل دو عامل مثبت برای یک مخزن نفتی محسوب میشوند، بطوریکه مناطقی با افزایش همزمان این دو مقدار میتواند نشاندهنده مکان مناسب ذخیره نفتی باشد، همچنین مقدار بالای واریانس تخمین نیز نشاندهنده عدم وجود اطلاعات کافی از نقاط مورد نظر است. نقاطی که مقادیر PEPr آنها بالا است، نشان می‌دهند که در آن نقاط از یک سو تخلخل تخمینی بالا است و از سوی دیگر میزان واریانس تخمین زیاد می‌باشد، لذا این نقاط از ریسک بالایی برخوردار هستند و بهترین محل جهت حفر گمانه‌های حفاری جدید به حساب می‌آیند. سرانجام تابع هدف برطبق معادله (۳-۴) تشکیل و الگوریتم PSO بر این تابع اعمال گردید. نتایج شامل نقاط ماکزیمم این تابع هستند.

۷- نتایج

برای بدست آوردن تخمینی از میزان تخلخل و واریانس تخمین در میدان نفتی مذکور از تخمین کریجینگ سه بعدی ساده برنامه WingSlib بر روی داده‌های در دسترس اصلی استفاده شد. بدین منظور پس از نرمال سازی داده‌ها از طریق لگاریتم سه پارامتری، ابتدا واریوگرام سه بعدی داده‌ها برای بدست آوردن جهت بیشترین تغییرپذیری در نرم افزار مذکور ترسیم گردید، که سه جهت حداکثر، میانی و حداقل تغییرپذیری در شکل (۷-۱-الف تاج) ترسیم شده است. سپس واریوگرام‌های مربوطه در نرم افزار VarioWin مدل سازی شد تا پارامترهای واریوگرافی داده‌ها بطور دقیق تعیین شود. همچنین جهت شناخت فضایی بهتر پارامترها و مطالعات زمین آماری، ماتریس 119×119 فاصله گمانه‌ها از یکدیگر محاسبه گردید. سرانجام از کلیه اطلاعات بدست آمده از واریوگرافی و ماتریس فضایی داده‌ها



شکل ۷-۱ - (الف) واریوگرام سه بعدی تخلخل درزون یک (آزیموت ۹۰، شیب صفر)، (ب) واریوگرام سه بعدی تخلخل درزون یک (آزیموت ۰، شیب صفر)، (ج) واریوگرام سه بعدی تخلخل درزون یک (آزیموت ۰، شیب ۹۰)

جدول ۷-۱ - آماره های توصیفی مقادیر تخمینی تبدیل یافته تخلخل و محاسبه شده تراوایی

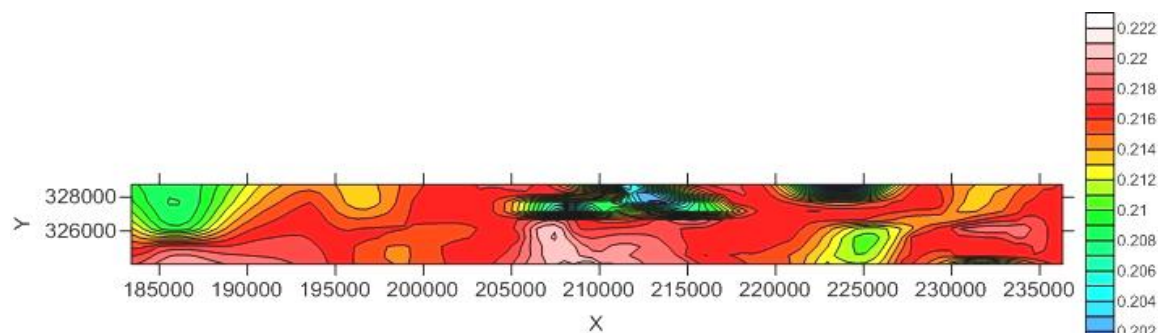
تعداد نمونه ها	حداقل	حداکثر	میانگین	میانه	واریانس	انحراف معیار	چولگی	کشیدگی	ضریب تغییرات	
۷۸۴۹	۰/۱۹۴	۰/۲۲۰	۰/۲۱۴	۰/۲۱۶	۰/۰۰۲	۰/۰۴۶	-۲/۲۲۰	۵/۰۰	۰/۲۱۴	تخلخل
۷۸۴۹	۵۰۳/۰۶	۱۳۰۶/۷۵	۱۰۷۲/۸۹	۱۱۳۷/۹۹	۲۱۲۳۵/۸۴	۱۴۵/۷۲	-۱/۸۲	۳/۰۴	۰/۱۳۶	تراوایی

پارامترهای کریجینگ تعیین شد. براین اساس زوایای بیضوی ناهمسانگردی بترتیب ۹۰-۰-۹۰، شعاع تاثیر $30 \times 762 \times 2804$ (X,Y,Z) و ضرایب زیر بلوک سازی $3 \times 3 \times 3$ انتخاب گردید. مقادیر تخلخل حاصل دارای آماره های توصیفی جدول (۷-۱) است و نقشه پراکندگی آن در شکل (۷-۲) ترسیم شده است. برای محاسبه تراوایی از فرمول تجربی (۷-۱) که متناسب با رابطه کوزنی-کارمن است و در [۱۲] با توجه به وجود نتایج آزمایشات کامل تخلخل موثر مغزه های حفاری بعلاوه نتایج آزمایشات نفوذپذیری تعداد کمتری از نمونه ها برای تعیین مقادیر محاسباتی تراوایی در نظر گرفته شده است، استفاده گردید.

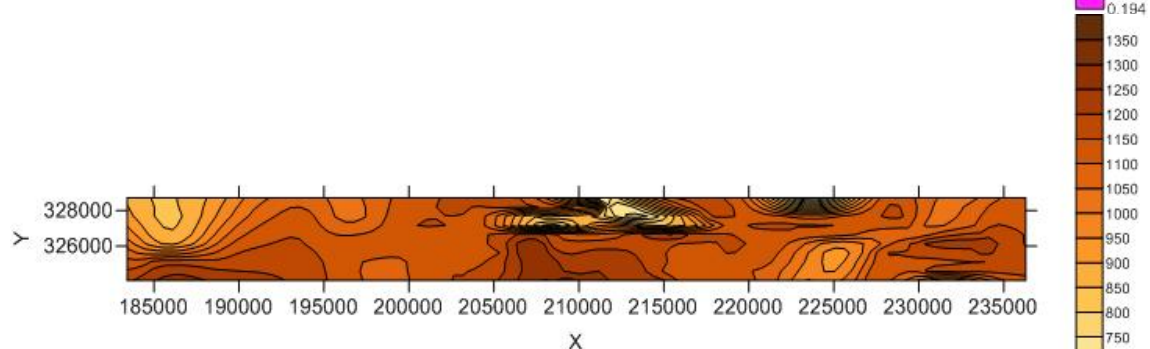
$$\ln k = 21.42 + 11.425 \ln \phi_e + 1.327 (\ln \phi_e)^2 \quad (7-1)$$

پارامترهای آماری مربوطه در جدول (۷-۱) خلاصه شده است و نقشه پراکندگی آن در شکل (۷-۳) موجود است. برای تعیین و تعریف فضای جستجو، با استفاده از برنامه Wingslib و کریجینگ سه بعدی محدوده مطالعاتی بلوک بندی شد. از آنجاییکه بلوک بندی به دست آمده بصورت سه بعدی $20 \times 25 \times 100$ (X, Y, Z) است، برای بدست آوردن مقادیر تخلخل و تراوایی تخمین خورده در دوبعد، این مقادیر در هر بلوک متوسط گیری گردید. سرانجام فضای جستجو بصورت دوبعدی و شامل ۱۰۰ بلوک با اندازه ۵۳۴ متر در جهت X و ۲۵ بلوک ۲۰۲ متری در جهت Y تعریف شد (شکل (۷-۴)). در مجموع ۲۵۰۰ نقطه پیشنهادی برای حفاری وجود خواهد داشت که الگوریتم بهینه سازی بر روی آنها اعمال میشود.

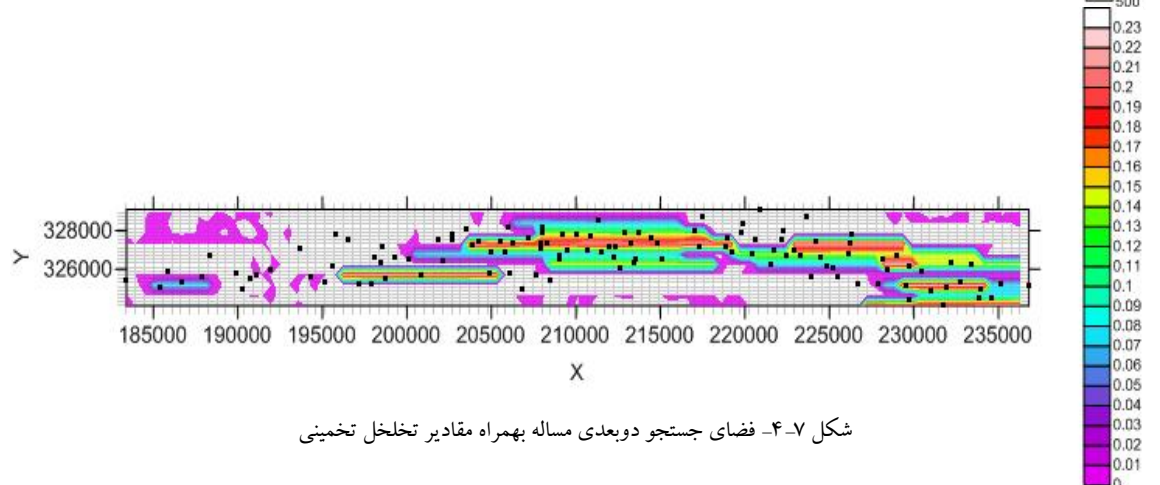
در این مطالعه از الگوریتم ازدحام ذرات یا همان الگوریتم پرندگان استاندارد که در [۱۳] تعریف و تست شده است، استفاده گردید. مشخصات مطلوب استفاده شده در این الگوریتم در جدول (۷-۲) خلاصه شده است.



شکل ۷-۲- نقشه پراکندگی مقادیر تخمینی تبدیل یافته تخلخل



شکل ۷-۳- نقشه پراکندگی مقادیر محاسبه شده تراوایی زون یک



شکل ۷-۴- فضای جستجو دوبعدی مساله به همراه مقادیر تخلخل تخمینی

مقدار W_n یا همان وزن اینرسی از رابطه (۳-۴) محاسبه و در الگوریتم تعریف شد. مقادیر C_1 و C_2 در این الگوریتم معمولاً برابر ۲ در نظر گرفته میشود. پس از پیاده سازی کدهای الگوریتم در برنامه مطلب و اعمال آن بر روی تابع هدف در فضای جستجو کلیه بلوک های تعریف شده، نتایج بصورت نقاط بهینه ماکزیمم تابع PEPr همراه با مختصات مربوطه حاصل گردید (جدول (۷-۳)). نقاط حفاری پیشنهادی شامل سه گمانه بترتیب شماره های ۱ تا ۳ در شکل (۷-۵) نشان داده شده است. این نقاط حاصل سه اولویت پیشنهادی الگوریتم میباشند. بعبارت بهتر الگوریتم در هر trace مقدار تصادفی را بعنوان مقدار بهینه اعلام میکند که بهترین نتایج در جدول مذکور قید شده اند. همانطور که قبلاً ذکر شد جمعا ۲۵۰۰ مکان احتمالی برای حفر گمانه جدید وجود دارد بنابراین با 40×2500

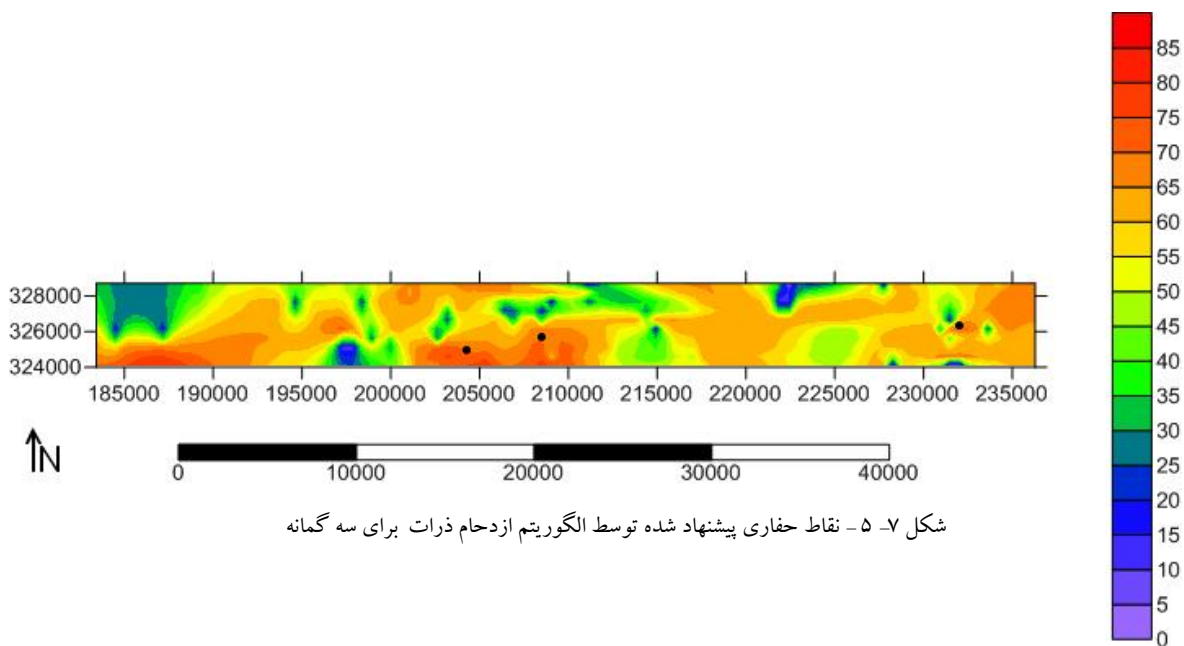
تشخیص کلیه موقعیت ها تست شده است. پس از بررسی کلیه مقادیر بدست آمده برای تابع هدف، مشخص گردید که این مقادیر در دامنه ۳.۹۵ تا ۷۲.۶۵ توزیع شده اند، لذا مقدار ۷۱/۲۹۵۵ که میزان بهینه بدست آمده از الگوریتم برای تابع هدف در مورد گمانه ۱ است جزو نقاط ماکزیمم تابع PEPr میباشد.

جدول ۷-۲- مشخصات الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات

تعداد ذره = جمعیت	۲۵۰۰
بعد فضای جستجو	۲
p' و g'	اعداد تصادفی با توزیع یکنواخت بین صفر و یک
C_1	۲
C_2	$=C_1$
توپولوژی انتخاب شده برای ذرات	رندمی
تعداد تکرار	۴۰

جدول ۷-۳- نقاط پیشنهادی جهت حفاری حاصل ۳ تشخیص الگوریتم

تشخیص	ماکزیمم تابع هدف	مختصات	
		X	Y
۱	۷۱/۲۹۵۵	۲۳۲۰۱۵	۳۲۶۳۰۰
۲	۷۱/۲۹۵۵	۲۰۴۲۵۰	۳۲۵۰۰۰
۳	۷۱/۲۹۵۵	۲۰۸۵۲۰	۳۲۵۷۰۰



نتیجه گیری

با توجه به نتایج بدست آمده در این تحقیق الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات در شناسایی نقاط اکسترمم توابع هدف بسیار کارا می باشد. همانطور که این الگوریتم در سه تشخیص متفاوت مقدار نزدیک به رنج بالای مقادیر تابع هدف را شناسایی کرد. سرعت بالای این روش نیز عامل دیگری است تا این الگوریتم برای بهینه سازی مکان یابی نقاط حفاری پیشنهاد شود. بطوریکه اگر تابع هدف خود را میزان نفت تجمعی و یا ارزش خالص فعلی مخزن تعریف کنیم، میتوانیم نقاط حفاری چاههای تولیدی جدید را در یک فیلد نفتی بدست آوریم. قابل ذکر است انتخاب پارامترهای ثابت الگوریتم بر روی نتایج تاثیر مستقیم خواهد داشت.

منابع و مآخذ

- [۱] Isebor, O., *Constrained Production Optimization With An Emphasis On Derivate-Free Methods*, Department Of Energy Resources Engineering, Stanford University, ۲۰۰۹
- [۲] مریدی، نوروژی، س، ع؛ فرهنگ اقتصاد، چاپ اول، موسسه کتاب پیشبرد و انتشارات نگاه، تهران، ۱۳۷۳
- [۳] قلی زاده نوری، ف؛ فرهنگ تشریحی اصطلاحات کامپیوتری، چاپ اول، سینا تصویر، تهران،
- [۴] Guyaguler, B., *Optimization of Well Placement and Assessment of uncertainty*, Dpt. petroleum Engineering, Stanford University, ۲۰۰۲
- [۵] Y. Abukhamsin, A., *Optimization of Well Design and Location in a Real Field*, Department Of Energy Resources Engineering, Stanford University, ۲۰۰۹
- [۶] Forouzanfar, F., Gaoming, L., C., Reynolds A., "A two-stage well placement optimization method based on adjoint gradient", *SPE Annual Technical Conference and Exhibition*, pp. ۱-۲, Italy, ۲۰۱۰
- [۷] Yeten., B., *Optimum Deployment of Nonconventional Wells*. Department of Petroleum Engineering, Stanford University, ۲۰۰۳.
- [۸] E., Onwunalu, J., Durlofsky, "Application of a particle swarm optimization algorithm for determining optimum well location and type", *Computers & Geosciences.*, Vol. ۱۴, pp. ۱۸۳-۱۹۸, ۲۰۱۰.
- [۹] A., Snyman, J., Gradient-based mathematical optimization : new challenges in solving real-world modeling problems", *Multidisciplinary Design Optimization Group (MDOG) Department of Mechanical and Aeronautical Engineering, University of Pretoria*, pp. ۱-۳, ۲۰۰۴
- [۱۰] امیدبزرگ، ح.، بلوری یزدلی فلاح مهدی پور، ی.، ا.، "استخراج منحنی فرمان بهره برداری مخزن دز بر اساس الگوریتم PSO"، نشریه فنی دانشگاه تهران، ش ۴، ص ص ۵۱۱-۵۲۳، ۱۳۸۹،
- [۱۱] خسروتهرانی، خ.، کلیاتی درباره چینه شناسی و مقاطع تیپ تشکیلات، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۶۷
- [۱۲] ولی زاده، ح.، شبیه سازی زمین آماری پارامترهای پتروفیزیکی و تخمین ذخیره نفت برجای یکی از میادین نفتی جنوب ایران، دانشکده معدن، دانشگاه صنعتی اصفهان، پایان نامه کارشناسی ارشد، ۱۳۸۵
- [۱۳] Clerk, M., "Stagnation analysis in particle swarm optimization or what happens when nothing happens", *hal-۰۰۱۲۲۰۳۱, version 1*, ۲۰۰۶.