

# غربالگری روش‌های مهار ماسه برای یکی از چاه‌های جنوب غرب ایران با استفاده از الگوریتم تاپسیس

مهشید رجبی<sup>۱</sup>، شاهین کرد<sup>۱\*</sup>، عبدالنبی هاشمی<sup>۱</sup> و رضا صالحی<sup>۲</sup>

۱- گروه مهندسی نفت، دانشکده نفت اهواز، دانشگاه صنعت نفت، ایران

۲- شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۲/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۳/۲۶

## چکیده

تولید ماسه سازندی یکی از چالش‌های اساسی شرکت‌های بهره‌بردار در عملیات تکمیل و تولید از چاه‌های نفتی و گازی است. با توجه به آنکه در اکثر موارد، تولید ماسه امری اجتناب‌ناپذیر است، انتخاب روش مناسب کنترل ماسه و طراحی تکمیل چاه، موضوعی بسیار ضروری و کلیدی تلقی می‌شود و از جمله روش‌های بهبود تولید و افزایش بهره‌وری محسوب می‌گردد. بنابراین آنالیز و بررسی شرایط تولید ماسه و عوامل تأثیرگذار بر انتخاب هر روش کنترل تولید ماسه، دارای اهمیت فراوان در پایداری تولید می‌باشند که در این مطالعه با رویکردی داده محور مورد توجه قرار گرفته است. این مطالعه با تمرکز بر روش‌های داده محور، از تکنیک شباهت به راه حل ایده‌آل (الگوریتم تاپسیس) - به عنوان یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره- برای غربالگری مخازن نفتی جنوب غرب ایران که با مشکل تولید ماسه مواجه هستند، استفاده می‌کند. در این کار، با استفاده از اطلاعات چاه‌های با مشکل تولید ماسه در دو میدان نفتی جنوب غرب ایران، مقدار ایده‌آل هر یک از معیارهای مؤثر بر انتخاب سامانه مناسب مهار ماسه، استخراج شده است. سپس با به‌کارگیری روش تاپسیس در مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره، به رتبه‌بندی روش‌های مهار ماسه برای چاه‌های نفتی مورد مطالعه پرداخته شده است. نتایج نشان می‌دهد که جهت مهار ماسه، استفاده از روش رزین و آروماتیک در اولویت اول و روش‌های آستری شیار دار، توری انبساط‌پذیر، رزین و بستر شنی به ترتیب در رتبه‌های دوم تا پنجم قرار می‌گیرند.

**کلمات کلیدی:** تولید ماسه، روش‌های بهبود تولید نفت، غربالگری روش‌های مهار ماسه، روش‌های داده محور، الگوریتم تاپسیس.

## مقدمه

مشکل تولید ماسه از مخازن نفت و گاز، تأثیر قابل توجهی بر کاهش میزان نفت قابل استحصال دارد. این معضل، هزینه‌های زیادی جهت تعویض قطعات تأسیسات سطح‌الارضی و درون‌چاهی و یا پاک‌سازی آن‌ها از ماسه تحمیل می‌کند و همچنین، تضعیف

تولید شن و ماسه بیش از ۷۰٪ از مخازن نفت و گاز در سراسر جهان را تحت تأثیر قرار داده است [۱، ۲].

\*مسئول مکاتبات

shkord@yahoo.com

آدرس الکترونیکی  
شناسه دیجیتال: (DOI: 10.22078/pr.2020.4174.2891)

نسبت آب به نفت و شوری آب نمک نیز در انتخاب روش مناسب مهار ماسه اثرگذار خواهد بود. جدول ۱ به بررسی معیارهای غربالگری برای هر کدام از سامانه‌های مهار ماسه پرداخته است [۱۲]. مشکل تولید ماسه در ایران، از سال ۱۳۴۰ در مخزن آسماری میدان اهواز مطرح شده است [۱۳]. چاه ۳۴ میدان منصوری اولین چاه حفره بازی است که در آن توری انبساط پذیر بکار گرفته شده است. البته باید در نظر داشت که تا قبل از آن، به منظور مهار ماسه در مناطق نفت خیز جنوب روش توری انبساط پذیر در چاه‌های تکمیل شده با لوله جداری استفاده شده است [۱۴].

به‌طور کلی روش‌های مختلفی که تاکنون برای مهار ماسه در مخازن ماسه‌سنگی ایران استفاده شده عبارتند از: آستری شکاف‌دار سیمپیچی شده، آستری مشبک شده، استفاده از رزین، مشبک کاری، سامانه بستر شنی، سامانه Meshrite و سامانه توری انبساط‌پذیر [۱۴-۱۶]. همان‌گونه که توضیح داده شد، روش‌های متفاوتی در ایران و در دنیا جهت کنترل ماسه مورد مطالعه، بررسی و اجرا قرار گرفته‌اند. اما انتخاب مناسب‌ترین روش، همچنان یکی از چالش‌هایی است که به‌طور مداوم توسط محققین و متخصصان در حال بررسی است. در این راستا، استفاده از روش‌های مبتنی بر داده و هوش مصنوعی نیز مورد توجه بسیار قرار گرفته است. یادگیری به عنوان یکی از اجزاء اصلی رفتار هوشمندانه، توجه بسیاری از محققان هوش مصنوعی را در سال‌های اخیر به خود جلب کرده است و توجه به کاربرد تکنیک‌های یادگیری ماشین و داده محور در صنعت نفت نیز به طور فزاینده‌ای در حال افزایش است.

عملکرد این قطعات را در پی دارد. بدین منظور، انتخاب روش مناسب مهار ماسه حائز اهمیت است. هر یک از روش‌های کنترل ماسه شرایط عملکرد متفاوتی دارند که البته در مراجع موجود، به معیارهای تأثیرگذار در هر روش و یا بهترین بازه هر معیار کمتر اشاره شده است [۲-۶].

برای هر میدان، با توجه به تجربه‌های به دست آمده از چاه‌های اولیه و شناخت کافی از فناوری مناسب می‌توان، ضمن طراحی مطلوب، شرایط و هزینه‌های نصب ابزار مهار ماسه را ارزیابی کرد و عملیات را با بازدهی نسبتاً مناسبی طراحی و اجرا نمود [۷].

انتخاب روش مهار ماسه به شرایط چاه و مخزن، شیوه عملیات، امکانات موجود و ملاحظات اقتصادی بستگی دارد. یادآور می‌شود روش‌های مهار ماسه به چهار دسته کلی تقسیم می‌شوند: ۱- نگهداری و تعمیر چاه، ۲- کاهش نیروی مقاوم سیال<sup>۱</sup>، ۳- روش‌های شیمیایی<sup>۲</sup> (که خود شامل دو دسته تثبیت ماسه‌های سازند یا به هم چسبانند ماسه‌ها به وسیله نوعی رزین و روش‌های استفاده از گراول پوشش داده شده هستند)<sup>۳</sup>، ۴- روش‌های مکانیکی (شامل: استفاده از آستری شیاردار<sup>۴</sup>، بستر شنی<sup>۵</sup>، طراحی تکمیل مناسب از جمله جهت مناسب حفاری در چاه‌های انحرافی و افقی، مشبک کاری جهت‌دار<sup>۶</sup>، ایجاد شکاف مصنوعی و نصب<sup>۷</sup>، تزریق آب با فشار بالا<sup>۸</sup>، استفاده از توری MeshRite و استفاده از توری انبساط پذیر<sup>۹</sup>) [۸-۱۱].

عواملی چون دبی تولیدی، درجه انحراف چاه، کارایی در تولید، خصوصیات شکست سنگ، هزینه نصب سامانه مهار ماسه، ماندگاری سامانه مهار ماسه، میزان بازیافت نفت از مخزن، مدیریت مخزن، اندازه شن تولیدی، حجم شن تولیدی و ضخامت لایه تولیدی از جمله معیارها برای غربالگری روش مناسب جهت کنترل تولید ماسه هستند. باید به این نکته توجه داشت که در صورت تولید همزمان آب و نفت و ایجاد شرایط دوفازی، عواملی از قبیل

1. Drag Force
2. Consolidation
3. Resin Coated Gravel
4. Slotted Liner
5. Gravel Pack
6. Oriented Perforation
7. Frac & Pack (FP)
8. High Rate Water Pack (HRWP)
9. Expandable Sand Screen (ESS)

جدول ۱ کارآیی سامانه‌های مختلف مه‌ار ماسه [۱۰].

معیار/گزینه	SAS <sup>۱</sup>	بستر شنی	تزیق آب با فشار بالا	شکاف مصنوعی	توری انبساط پذیر	حفره باز	تثبیت ماسه سازند
بازه جریان	ضعیف	متوسط	خوب	عالی	عالی	متوسط	پایین
دبی	پایین	مقاوم در دبی بالا	مقاوم در دبی بالا	مقاوم در دبی بالا	دبی متوسط	دبی متوسط	پایین
گسترش اندازه دانه‌ها	یکنواخت و دارای ذرات ریز باشد	تمام محدوده‌ها	تمام محدوده‌ها	تمام محدوده‌ها	تمام محدوده‌ها	تمام محدوده‌ها	تمام محدوده‌ها
هزینه نصب سامانه	ارزان	گران	خیلی گران	خیلی گران	ارزان	خیلی ارزان	خیلی گران
عمر سامانه	کم	خوب	خوب	خوب	-	عالی	به نوع رزین بستگی دارد
قابلیت برداشت	ممکن	ممکن	ممکن	غیر ممکن	غیر ممکن	ممکن	غیر ممکن
نمودارگیری	غیر ممکن	وابسته به طراحی	وابسته به طراحی	وابسته به طراحی	ممکن	ممکن	ممکن
تفکیک لایه‌ای	غیر ممکن	غیر ممکن	غیر ممکن	ممکن	ممکن	ممکن	ممکن
ضخامت قسمت تکمیل شده	باید بالا باشد	فرقی نمی‌کند	باید بالا باشد	فرقی نمی‌کند	باید بالا باشد	فرقی نمی‌کند	باید کمتر از ۱۰ m باشد
ضخامت مفید به ضخامت کل مخزن (NTG)	بیش از ۸۰٪	تمام محدوده‌ها	تمام محدوده‌ها	تمام محدوده‌ها	بیش از ۸۰٪	تمام محدوده‌ها	به نوع رزین بستگی دارد

## 1. Stand Alone Scree

یک الگوریتم تصمیم‌گیری چند معیاره است به پیش‌بینی بهترین روش مه‌ار ماسه برای هر چاه پرداخته می‌شود. این روش با استفاده از محاسبه فاصله از راه حل ایده‌آل و راه حل غیرایده‌آل، به رتبه‌بندی سامانه‌ها جهت به کارگیری در چاه مورد نظر می‌پردازد.

## تکنیک شباهت به راه حل ایده‌آل (تاپسیس)

مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره به دو دسته عمده، که مدل‌های تصمیم‌گیری چند هدفه<sup>۲</sup> و مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه<sup>۴</sup> هستند، تقسیم می‌شود. در حالت کلی، مدل‌های چند هدفه به منظور طراحی و مدل‌های چند شاخصه به منظور انتخاب گزینه برتر مورد استفاده قرار

1. Multi-Criteria Decision Making (MCDM)
2. Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal (TOPSIS)
3. Multiple Objective Decision Making (MODM)
4. Multiple Attribute Decision Making (MADM)

در چارچوب این رویکرد، غربالگری روش‌های کنترل ماسه نیز می‌تواند با استفاده از فرآیند تصمیم‌گیری چند معیاره<sup>۱</sup> که در واقع بر اساس یک روش آماری سیستماتیک است، صورت گیرد [۱۷، ۱۸].

در این مطالعه، با استفاده از روش تاپسیس به عنوان یک روش داده محور، بهترین روش مه‌ار ماسه با توجه به ویژگی‌های چاه و مخزن مورد نظر ارائه خواهد شد.

## روش تحقیق

در این مطالعه، با استفاده از اطلاعات چاه‌های میدان اهواز و میدان منصوری که با مشکل تولید ماسه روبه‌رو هستند، مقدار ایده‌آل هر یک از معیارهای تأثیرگذار در انتخاب سامانه مه‌ار ماسه استخراج شده و سپس با به کارگیری الگوریتم تاپسیس<sup>۲</sup> که

$W_j$ ؛ وزن  $C_j$ ، که نشان‌دهنده اهمیت نسبی هر معیار برای دیگران است. اهمیت وزن را میتوان از طریق یک روش مستقیم یا از مقایسه زوجی به دست آورد. اگر وزن از مقایسه زوجی بدست آید، میتوان از روشهای مختلفی مانند فرآیند تحلیل سلسله مراتبی<sup>۵</sup> و لینمپ<sup>۶</sup> استفاده کرد. در این مطالعه، فاکتور وزن از مقایسه زوجی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی به دست می‌آید [۳۲].

۲- **بی‌بعد کردن ماتریس تصمیم (نرمالسازی ماتریس تصمیم):** بی‌بعد کردن با به‌کارگیری روش نرم<sup>۷</sup> به این صورت انجام می‌شود که هر درایه بر جذر مجموع مربعات درایه‌های آن ستون معیار تقسیم می‌شود (معادله ۱). در این گام در واقع ماتریس تصمیم تبدیل به یک ماتریس بی‌بعد می‌شود.

$$n_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}, i=1, \dots, m, j=1, \dots, n \quad (1)$$

۳- **تعیین ماتریس بی‌مقیاس وزن دار:** در این گام، باید وزن معیارها که از روش AHP<sup>۸</sup> به دست آمده است ( $W_{ij}$ ) را در ماتریس نرمال ( $N$ ) ضرب کنیم تا ماتریس وزندار حاصل شود (معادله ۲).

$$v_{ij} = n_{ij} W_{ij}, i=1, \dots, m, j=1, \dots, n \quad (2)$$

۴- **یافتن حل ایده‌آل ( $A^+$ ) و ضد ایده‌آل ( $A^-$ ):** معیارها یا جنبه مثبت دارند یا منفی. معیارهای مثبت معیارهایی هستند که افزایش آنها باعث بهبود در سیستم شود، مانند کیفیت یک محصول. این معیار از نوع مثبت بوده و حل ایده‌آل آن برابر با بزرگترین درایه ستون معیار است. رابطه ۳ بیان‌کننده این مفهوم است. همان‌طور که از رابطه ۴ مشخص است،

1. Alternatives
2. Criteria
3. The ratio of  $A_i$  to  $C_j$
4. Weight of  $C_j$
5. Analytical Hierarchy Process (AHP)
6. Linear-Programming for Multidimensional Analysis of Performance (LINMAP)
7. NORM
8. Analytic Hierarchy Process
9. Diagonal Matrix
10. Non-dimensionalized Decision Matrix
11. Positive Ideal Solution
12. Negative Ideal Solution

فرآیند تاپسیس شامل شش مرحله است: (۱) ایجاد یک ماتریس تصمیم‌گیری برای رتبه‌بندی (شامل  $m$  گزینه و  $n$  معیار)، ۲- نرمال نمودن ماتریس تصمیم‌گیری، ۳- تعیین راه حل ایده‌آل مثبت و راه حل ایده‌آل منفی، ۴- بدست آوردن میزان فاصله هر گزینه تا ایده‌آل‌های مثبت و منفی، ۵- تعیین ضریب نزدیکی برای هر یک از گزینه‌ها، ۶- رتبه‌بندی گزینه‌ها بر اساس ضریب نزدیکی [۲۰، ۳۱]. در ادامه هر کدام از این مراحل به اختصار توضیح داده می‌شود:

۱- **تشکیل ماتریس تصمیم:** گام اولیه این روش تشکیل ماتریس تصمیم است. ماتریس تصمیم، شامل معیارها و گزینه‌ها است. در این ماتریس، معیارها در ستونها و گزینه‌ها در سطرها قرار می‌گیرند. هر سلول ماتریس، ارزیابی هر گزینه نسبت به هر معیار است. اصطلاحات به کار رفته در ماتریس تصمیم‌گیری شکل ۱ به شرح زیر است: شکل ۱ ساختار ماتریس تصمیم در روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره.

	$C_1$	$C_2$	...	$C_n$
$A_1$	$X_{11}$	$X_{12}$	...	$X_{1n}$
$A_2$	$X_{21}$	$X_{22}$	...	$X_{2n}$
...	...	...	...	...
$A_m$	$X_{m1}$	$X_{m2}$	...	$X_{mn}$
$W$	$W_1$	$W_2$	...	$W_n$

$A_1, A_2, \dots, A_m$ :<sup>۱</sup> گزینه‌های ممکن (گزینه‌ها یا نامزدها) که توسط تصمیم‌گیرندگان انتخاب می‌شوند. در این مطالعه در واقع هر یک از روش‌های مهار ماسه این عناصر را تشکیل می‌دهند.

$C_1, C_2, \dots, C_n$ : معیارهایی هستند که براساس آنها هر یک از گزینه‌ها انتخاب می‌شوند. تعدادی از معیارها می‌توانند هر گزینه را مشخص کنند. در این مطالعه، معیارها شامل تراوایی، تخلخل، عمق، ضخامت، فشار ته چاهی، دما، انحراف چاه و نسبت ضخامت مفید به کل ضخامت هستند.

$X_{ij}$ :<sup>۲</sup> مقدار مثبت که بازه عملکرد هر معیار برای هر گزینه را نشان می‌دهد.

### انتخاب معیارها و گزینه‌ها

در جدول ۱ به بیان معیارها و گزینه‌ها (روش‌های مهار ماسه) پرداخته شده است. به منظور کمی‌سازی هر یک از داده‌های کیفی مذکور با استفاده از نمودار جعبه‌ای<sup>۴</sup> (شکل ۳) برای اطلاعات چاه‌های مورد بررسی، پراکندگی مقادیر هر معیار در هر یک از روش‌ها مورد مطالعه قرار گرفته است. براساس میزان تمرکز داده‌ها و با در نظر گرفتن مقدار میانه، مقدار ایده‌آل هر یک از معیارها در هر روش استخراج شده است. شکل ۴ معیارها و گزینه‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد. ویسکوزیته نفت یکی از معیارهای حائز اهمیت به منظور انتخاب روش مناسب مهار ماسه است. در این بررسی به دلیل نزدیک بودن ویسکوزیته نفت دو میدان اهواز و منصوری از مطالعه این معیار صرف نظر شده است. باید توجه داشت که برای چاه‌های عمودی، درجه انحراف چاه با عدد یک و برای چاه‌هایی که از حالت عمودی میزان انحراف ناچیزی داشته است با مقدار ۰/۵ بیان شده است.

### محاسبه وزن هر معیار

در ابتدا، باید وزن هر معیار محاسبه شود. سپس ماتریس مقایسات زوجی تشکیل می‌شود. این ماتریس یک ماتریس مربعی است که معیارها، سطر و ستون‌های آن را تشکیل می‌دهند. در این مرحله عناصر هر سطح نسبت به سایر عناصر به صورت زوجی مقایسه شده و ماتریس مقایسات زوجی به وسیله فرد خبره تکمیل می‌شود. ماتریس مقایسات زوجی در این پژوهش براساس نظرات کاربر متخصص تشکیل شده است و قابلیت انعطاف دارد. باید توجه داشت این ماتریس با توجه به این که اهمیت هر معیار نسبت به خودش برابر با یک است، یک ماتریس قطری است. درایه‌های زیر قطر اصلی هر کدام معکوس درایه‌های مقابل هستند.

1. Distance (Euclidean) of Each Alternative from Positive Ideal Solution
2. Distance (Euclidean) of Each Alternative from Negative Ideal Solution
3. Relative Closeness to Ideal Solution (CL\*)
4. Box Plot

حل ضد ایده‌آل برابر با کوچکترین درایه ستون معیار می‌باشد. در این پژوهش همه معیارها مثبت در نظر گرفته شده است.

$$A^+ = \{v_1^+, \dots, v_n^+\} = \{(\max_{j \in J} v_{ij}), (\min_{j \in I} v_{ij})\} \quad (3)$$

$$A^- = \{v_1^-, \dots, v_n^-\} = \{(\min_{j \in J} v_{ij}), (\max_{j \in I} v_{ij})\} \quad (4)$$

۵- محاسبه فاصله از حل ایده‌آل (+ di) و ضد ایده‌آل (- di): برای محاسبه فاصله از حل ایده‌آل مثبت و منفی به ترتیب از روابط ۵ و ۶ استفاده می‌شود.

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2}, i = 1, \dots, m \quad (5)$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2}, i = 1, \dots, m \quad (6)$$

۶- محاسبه شاخص شباهت و رتبه‌بندی گزینه‌ها<sup>۳</sup>: شاخص شباهت، نشان‌دهنده امتیاز هر گزینه است و براساس رابطه ۷ محاسبه می‌شود. هرچقدر این شاخص به عدد یک نزدیکتر باشد نشان از برتری آن گزینه می‌دهد.

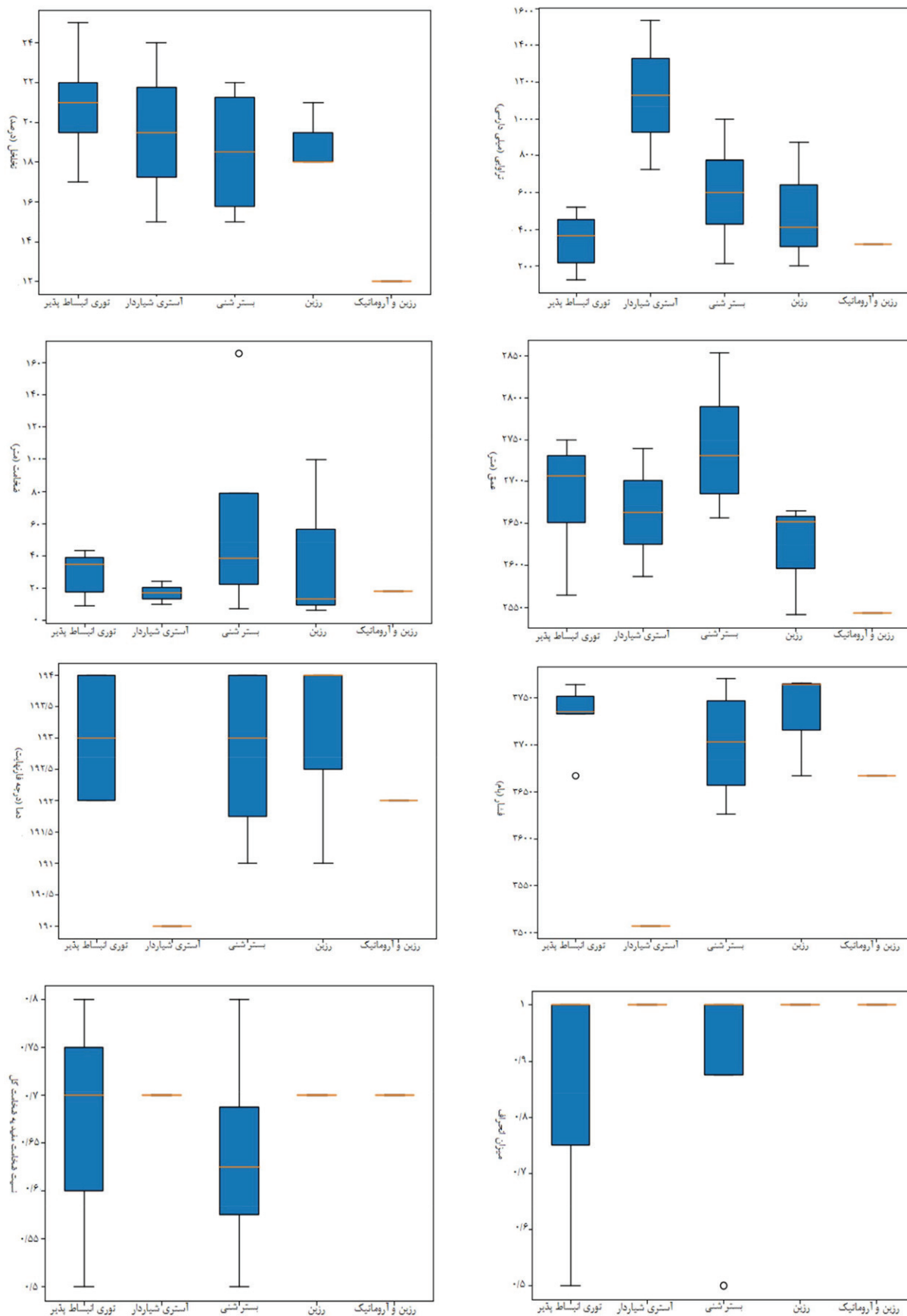
$$CL_i^* = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+} \quad (7)$$

### تاپسیس برای غربالگری روش‌های کنترل ماسه

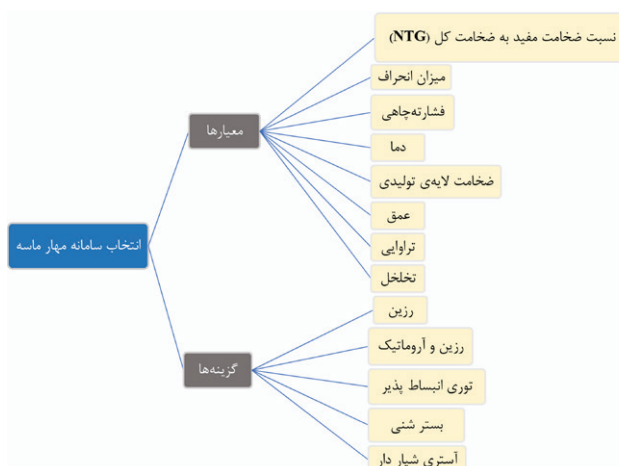
این مطالعه با تمرکز بر اطلاعات چاه‌های میدان اهواز و منصوری که با مشکل تولید ماسه روبه‌رو هستند، صورت می‌گیرد. شماتیک به کار رفته در شکل ۲، نقشه راه غربالگری روش‌های مهار ماسه را نشان می‌دهد.



شکل ۲ روش تاپسیس برای انتخاب روش مهار ماسه.



شکل ۳ نمودار جعبه‌ای پراکندگی داده‌های تخلخل، تراوایی، عمق، ضخامت، فشار، دما، میزان انحراف و NTG چاه‌های میدان اهواز و میدان منصوری برای هر سیستم‌های مهار ماسه.



شکل ۴ معیارها و گزینه‌های مورد بررسی جهت غربالگری سامانه مهار ماسه.

عدد یک شود. میانگین اعداد واقع در هر سطر این ماتریس، وزن هر یک از معیارها را بیان میکند. همان‌طور که از شکل ۵ مشخص است تراوایی با وزن  $0/082$  کمترین مقدار و نسبت ضخامت مفید به ضخامت کل مخزن با وزن  $0/210$  بیشترین وزن را دارد.

نکته قابل توجه در ماتریس مقایسات زوجی قضاوت کاربر در رابطه با اهمیت هر یک از معیارها نسبت به یکدیگر است. پس باید ماتریس مقایسات زوجی (جدول ۳) بررسی گردد تا مقبولیت قضاوتی که در رابطه با اهمیت هر یک از معیارها نسبت به یکدیگر صورت گرفته، صحت سنجی گردد. بدین منظور، باید میزان ناسازگاری<sup>۱</sup> ماتریس مقایسات زوجی محاسبه شود. در صورتی که این مقدار از  $0/1$  کمتر باشد، قضاوت صورت گرفته در رابطه با اهمیت هر یک از معیارها مورد قبول است و در غیر این صورت، باید ماتریس مقایسات زوجی مجدداً تشکیل گردد [۳۳]. برای محاسبه مقدار ناسازگاری، ابتدا اعداد واقع در هر ستون بر وزن به دست آمده معیار متناظر با آن تقسیم می‌گردد تا ماتریس جدیدی حاصل شود. سپس مجموع اعداد واقع در سطرهای ماتریس حاصل محاسبه می‌گردد. در واقع، بردار وزن ستونی تشکیل خواهد شد.

اهمیت نسبی پارامترهای مؤثر بر تولید ماسه، بر اساس فرآیند سلسله مراتبی تحلیلی در ۹ سطح اهمیت، تعیین میشود. این پارامترها با توجه به اهمیت معیارها نسبت به یکدیگر و بر اساس جدول ۲ امتیازدهی می‌شوند تا بر اساس روش AHP بتوان وزن مناسب هر یک از معیارها را به دست آورد [۳۲]. در این بررسی، ماتریس مقایسات زوجی یک ماتریس مربعی  $8 \times 8$  است. جدول ۲ اهمیت هر یک از این معیارها نسبت به یکدیگر را بیان می‌کند. به عنوان نمونه اهمیت تراوایی نسبت به دما با عدد ۲ بیان شده که نشان می‌دهد اهمیت تراوایی نسبت به دما بیشتر است و ارزش بینابین را بیان میکند. همچنین اهمیت فشار ته‌چاهی نسبت به NTG با عدد ۳ بیان شده که نشان می‌دهد فشار ته‌چاهی نسبت به NTG اهمیت کمتری دارد. تمام این ارزش گذاری‌ها بر اساس نظر کاربر که به صورت پیش فرض باید فردی متخصص در موضوع باشد، انجام می‌پذیرد.

پس از تشکیل ماتریس مقایسات زوجی به منظور بدست آوردن وزن هر یک از معیارها، در ابتدا مجموع اعداد واقع در هر ستون ماتریس مقایسات زوجی به دست می‌آید. سپس هر یک از اعداد واقع در هر ستون ماتریس مقایسات زوجی، بر مجموع به دست آمده از آن ستون تقسیم می‌شود. در ماتریس ساخته شده، باید مجموع اعداد هر ستون برابر با

1. Inconsistency







### اعمال الگوریتم تاپسیس

جدول ۴ اطلاعات مربوط به یکی از چاه‌های دارای مشکل تولید ماسه را نشان می‌دهد. با به‌کارگیری الگوریتم تاپسیس به پیش‌بینی و رتبه‌بندی روش مه‌ار ماسه برای این چاه پرداخته شده است. در اولین گام، ماتریس تصمیم ایده‌آل (جدول ۵) با رسم نمودار جعبه‌ای برای اطلاعات چاه‌های دارای مشکل ماسه در میادین اهواز و منصوری و با در نظر گرفتن تمرکز داده‌ها و مقدار میانه برای هر معیار، تشکیل شد. حال، با تقسیم کردن مقادیر هر معیار برای چاه مورد بررسی بر مقدار متناظر آن در ماتریس تصمیم ایده‌آل، ماتریس تصمیم حاصل می‌شود (جدول ۶). در ادامه، ماتریس تصمیم، نرمال‌سازی می‌شود (جدول ۷). با توجه به اینکه وزن هر یک از معیارها از روش AHP به‌دست آورده شده است، ماتریس نرمال وزن‌دار به دست آمده است (جدول ۸). راه حل ایده‌آل مثبت و راه حل ایده‌آل منفی محاسبه و مقدار آن در جدول ۹ نشان داده شده است. در مرحله بعد، فاصله تاراه حل ایده‌آل مثبت و راه حل ایده‌آل منفی بدست آمده است. شکل ۶ این مقادیر را نمایش می‌دهد.

جدول ۴ اطلاعات ورودی چاهی با مشکل ماسه به منظور پیش‌بینی روش مه‌ار ماسه.

تراوایی	تخلخل	عمق	ضخامت	فشارته‌چاهی	دما	میزان انحراف	نسبت ضخامت مفید به ضخامت کل
۴۲۰ (mD)	٪۲۳	۲۵۶۳ (m)	۹ (m)	۳۷۶۴ (psi)	۱۹۱ (°F)	۱	۰/۶۰

### جدول ۵ ماتریس تصمیم ایده‌آل.

	تراوایی (mD)	تخلخل	عمق (m)	ضخامت (m)	فشارته‌چاهی (psi)	دما (°F)	میزان انحراف	نسبت ضخامت مفید به ضخامت کل
توری انبساط‌پذیر	۳۳۵/۵۷	۲۰/۸۵	۲۶۸۴	۲۸/۵۰	۳۷۳۴	۱۹۳	۰/۸۶	۰/۶۷
بستر شنی	۶۰۳	۱۸/۵۰	۲۷۴۳	۶۲/۵۰	۳۷۰۰	۱۹۳	۰/۸۸	۰/۶۴
آستری شیاردار	۱۱۲۹	۱۹/۵۰	۲۶۶۳	۱۷/۰۰	۳۵۰۷	۱۹۰	۱/۰۰	۰/۷
رزین	۴۹۴/۳۳	۱۹/۰۰	۲۶۱۹/۲۵	۳۹/۶۳	۳۷۳۲/۳۳	۱۹۳	۱/۰۰	۰/۷۳
رزین و آروماتیک	۳۲۰	۱۲/۰۰	۲۵۴۳	۱۸/۰۰	۳۶۶۷	۱۹۲	۱/۱۰۰	۰/۷۰

1. Consistency Vector

2. Consistency Index (CI)

3. Consistency Ratio

هر یک از اعداد بردار وزن حاصل، بر وزنی که از قبل برای هر معیار به دست آمده است، تقسیم می‌شود. بردار حاصل، بردار ناسازگاری<sup>۱</sup> نامیده می‌شود. باید توجه کرد که مقدار میانگین اعداد این بردار با  $\lambda$  نمایش داده می‌شود. در مرحله بعد شاخص ناسازگاری<sup>۲</sup> از رابطه ۸ محاسبه می‌گردد [۳۳].

$$CI = \frac{(\lambda - n)}{(n - 1)} \quad (8)$$

در این رابطه  $n$  ابعاد ماتریس مقایسات زوجی است که در این مطالعه ۸ است و  $\lambda$  مقدار ۸/۳۹۲ را دارد. برای محاسبه‌ی نسبت سازگاری<sup>۳</sup> از رابطه ۹ استفاده می‌شود. در این رابطه RI یک شاخص تصادفی است. این شاخص برای ماتریس با ابعاد مختلف محاسبه شده است و برای ماتریس (۸×۸) مقدار ۱/۴۱ را دارد [۳۳].

$$CR = CI / RI \quad (9)$$

مقدار CR در اینجا ۰/۰۳۹۷ به‌دست آمده که کمتر از ۰/۱ است. بنابراین، قضاوت معیارها در ماتریس مقایسات زوجی و همچنین وزن هر معیار، قابل قبول هستند.

جدول ۶ ماتریس تصمیم.

	تراوایی (mD)	تخلخل	عمق (m)	ضخامت (m)	فشارته چاهی (psi)	دما (°F)	میزان انحراف	نسبت ضخامت مفید به ضخامت کل
توری انبساط پذیر	۱۰/۱۲	۸/۸۲۱	۷/۶۳۹	۲/۵۲۶	۸/۰۶۴	۷/۹۱۷	۹/۳۰	۷/۱۶
بستر شنی	۵/۵۷۲	۹/۹۴۵	۷/۴۷۵	۱/۱۵۲	۸/۱۳۸	۷/۹۱۷	۹/۰۹	۷/۵۰
آستری شیاردار	۲/۹۷۶	۹/۴۳۵	۷/۶۹۹	۴/۲۳۵	۸/۵۸۶	۸/۰۴۲	۸/۰۰	۶/۸۵
رزین	۶/۷۹۷	۹/۶۸۴	۷/۸۲۸	۱/۸۱۶	۸/۰۶۷	۷/۹۱۰	۸/۰۰	۶/۵۴
رزین و آروماتیک	۱۰/۵۰۰	۱۵/۳۳۳	۸/۰۶۲	۴/۰۰۰	۸/۲۱۱	۷/۹۵۰	۸/۰۰	۶/۸۵

جدول ۷ ماتریس تصمیم نرمال.

	تراوایی (mD)	تخلخل	عمق (m)	ضخامت (m)	فشارته چاهی (psi)	دما (°F)	میزان انحراف	نسبت ضخامت مفید به ضخامت کل
توری انبساط پذیر	۰/۵۸۱	۰/۳۶۱	۰/۴۴۱	۰/۳۷۶	۰/۴۳۹	۰/۴۴۵	۰/۴۸۹	۰/۴۵۸
بستر شنی	۰/۳۲۳	۰/۴۰۷	۰/۴۳۱	۰/۱۷۱	۰/۴۴۳	۰/۴۴۵	۰/۴۷۸	۰/۴۷۹
آستری شیاردار	۰/۱۷۲	۰/۳۸۷	۰/۴۴۴	۰/۶۳۱	۰/۴۶۷	۰/۴۵۲	۰/۴۲۱	۰/۴۳۸
رزین	۰/۳۹۴	۰/۳۹۷	۰/۴۵۲	۰/۲۷۱	۰/۴۳۹	۰/۴۴۵	۰/۴۲۱	۰/۴۱۸
رزین و آروماتیک	۰/۶۰۹	۰/۶۲۸	۰/۴۶۵	۰/۵۹۶	۰/۴۴۷	۰/۴۴۷	۰/۴۲۱	۰/۴۳۸

جدول ۸ ماتریس نرمال وزن دار.

	تراوایی (mD)	تخلخل	عمق (m)	ضخامت (m)	فشارته چاهی (psi)	دما (°F)	میزان انحراف	نسبت ضخامت مفید به ضخامت کل
توری انبساط پذیر	۰/۰۴۷۵	۰/۰۳۳۴	۰/۰۵۹۲	۰/۰۶۴۸	۰/۰۳۲۷	۰/۰۳۰۵	۰/۰۸۲۱	۰/۰۹۶۲
بستر شنی	۰/۰۲۶۵	۰/۰۳۷۶	۰/۰۵۸۰	۰/۰۲۹۶	۰/۰۳۳۰	۰/۰۳۰۵	۰/۰۸۰۲	۰/۱۰۰۷
آستری شیاردار	۰/۰۱۴۲	۰/۰۳۵۷	۰/۰۵۹۷	۰/۱۰۸۶	۰/۰۳۴۸	۰/۰۳۱	۰/۰۷۰۶	۰/۰۹۲۱
رزین	۰/۰۳۲۳	۰/۰۳۶۶	۰/۰۶۰۷	۰/۰۴۶۶	۰/۰۳۲۷	۰/۰۳۰۵	۰/۰۷۰۶	۰/۰۸۷۹
رزین و آروماتیک	۰/۰۴۹۸	۰/۰۵۷۹	۰/۰۶۲۵	۰/۱۰۲۶	۰/۰۳۳۳	۰/۰۳۰۷	۰/۰۷۰۶	۰/۰۹۲۱

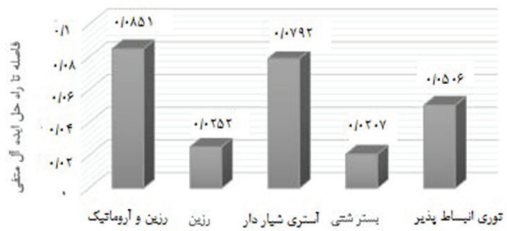
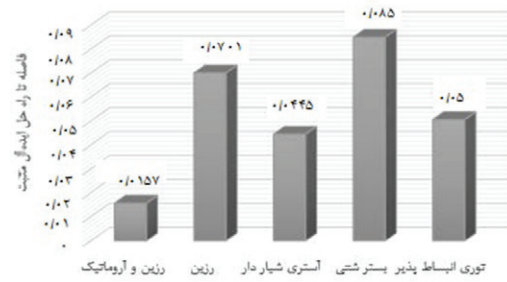
جدول ۹ راه حل های ایده آل مثبت و ایده آل منفی برای هر یک از معیارها.

	تراوایی (mD)	تخلخل	عمق (m)	ضخامت (m)	فشارته چاهی (psi)	دما (°F)	میزان انحراف	نسبت ضخامت مفید به ضخامت کل
ایده آل مثبت	۰/۰۴۹۸	۰/۰۵۷۹	۰/۰۶۲۵	۰/۱۰۸۶	۰/۰۸۳۴	۰/۰۳۱	۰/۰۸۲۱	۰/۱۰۰۷
ایده آل منفی	۰/۰۱۴۲	۰/۰۳۳۴	۰/۰۵۸	۰/۰۲۹۶	۰/۰۳۲۷	۰/۰۳۰۵	۰/۰۷۰۶	۰/۰۸۷۹

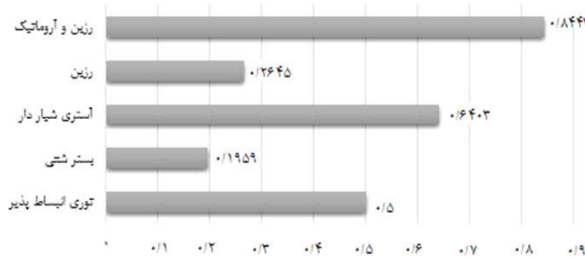
پس از انجام مراحل ۱ تا ۵ الگوریتم تاپسیس، نوبت به محاسبه شاخص شباهت و رتبه‌بندی گزینه‌ها ( $CL^*$ ) می‌رسد. هرچقدر این شاخص به عدد یک نزدیکتر باشد، نشان از برتری آن گزینه می‌دهد.

شکل ۷ مقدار این شاخص برای هر یک از روش‌ها را نشان می‌دهد. با توجه به این شاخص، استفاده از روش رزین-آروماتیک در اولویت اول قرار گرفت.

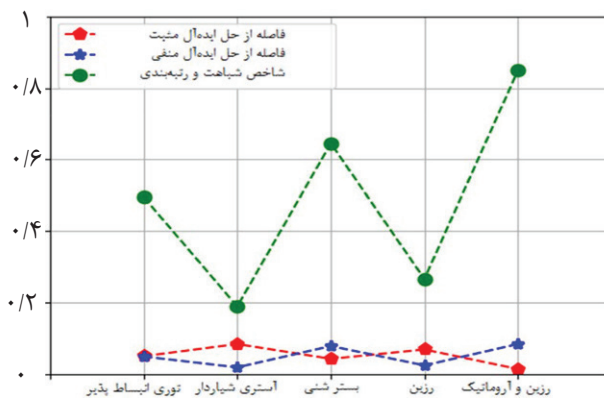
شکل ۸ خروجی نهایی الگوریتم تاپسیس در نرم‌افزار پایتون را نمایش می‌دهد که در آن، مقدار فاصله از حل ایده‌آل مثبت و منفی برای هر روش و همچنین مقدار شاخص شباهت و رتبه‌بندی گزینه‌ها نشان داده شده است.



شکل ۶ فاصله تا راه حل ایده‌آل مثبت (شکل بالا). فاصله تا راه حل ایده‌آل منفی (شکل پایین).



شکل ۷ رتبه‌بندی گزینه‌ها (روش‌های مهار ماسه) برای چاه مورد نظر



شکل ۸ خروجی نهایی الگوریتم تاپسیس در نرم‌افزار پایتون. این تصویر مقدار فاصله از حل ایده‌آل مثبت و منفی و همچنین مقدار شاخص شباهت و رتبه‌بندی گزینه‌ها را نشان می‌دهد.

اندازه دانه‌ها، هزینه نصب سامانه، عمر سامانه، قابلیت برداشت، نمودارگیری، تفکیک لایه‌های ضخامت قسمت تکمیل شده، ضخامت مفید به ضخامت کل مخزن (NTG) و ویسکوزیته نفت از جمله

### نتیجه‌گیری

به‌کارگیری روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه در صنعت نفت می‌تواند هزینه‌های انجام عملیات‌های ناموفق را کاهش دهد. بازه جریان، دبی، گسترش

### قردانی

از شرکت ملی مناطق نفت خیر و همکاری متخصصان این مجموعه بخاطر در اختیار قرار دادن تجربیات باارزش خود، قردانی می گردد.

معیارهای غربالگری برای بهبود تولید ماسه هستند. رزین و آروماتیک، آستری شیاردار، توری انبساط پذیر، رزین و بستر شنی روش‌های پرکاربرد به منظور کنترل تولید ماسه در ایران هستند.

### منابع

- [1]. Khomehchi E, Ameri O, Alizadeh A (2015) Choosing an optimum sand control method, Egyptian Journal of Petroleum, 24, 2, 193-202.
- [2]. Ikporo B, Sylveſter O (2015) Effect of sand invasion on oil well production: a case study of Garon field in the Niger Delta, The International Journal of Engineering and Science, 4, 5: 64-72.
- [3]. Hodge RM, Burton RC, Conſtien V, Skidmore V (2002) An evaluation method for screen-only and gravel-pack completions, in International Symposium and Exhibition on Formation Damage Control, Society of Petroleum Engineers.
- [4]. Changyin D, ZHANG Q, Kaige G, Kangmin Y, Xingwu F, Chong Z (2016) Screen sand retaining precision optimization experiment and a new empirical design model, Petroleum Exploration and Development, 43, 6, 1082-1088.
- [5]. A. Gupta, Gupta A, Kamat D, Zulkapli MHB, Borhan NAB, Kobbeltvedt A, Hammersmark J, Sam A (2016) An alternate sand handling technology for efficient sand management: pilot and way forward, in Offshore Technology Conference Asia, Offshore Technology Conference.
- [6]. Moghadasi J., Jamialahmadi M, Müller-Steinhagen H, Sharif A, Izadpanah MR, Motaei E, Barati R (2002) Formation damage in Iranian oil fields, in International Symposium and Exhibition on Formation Damage Control, Society of Petroleum Engineers.
- [7]. Soroush M, Hosseini SA, Roostaei M, Pourafshary P, Mahmoudi M, Ghalambor A, Fattahpour V (2020) Challenges and potentials for sand control design and management in oil reservoirs of kazakhstan, in SPE International Conference and Exhibition on Formation Damage Control, Society of Petroleum Engineers.
- [8]. Schwartz DH (1969) Successful sand control design for high rate oil and water wells, Journal of Petroleum Technology, 21, 09, 1, 193-1, 198.
- [9]. Tiffin D, King G, Larese R, Britt L (1998) New criteria for gravel and screen selection for sand control, in SPE Formation Damage Control Conference, Society of Petroleum Engineers.
- [10]. Suman GO, Ellis RC, Snyder RE (1983) Sand control handbook: prevent production losses and avoid well damage with these latest field-proven techniques, Gulf Publishing Company, Book Division.
- [11]. Bouhroum A, Civan F (1993) A critical review of existing gravel-pack design criteria, in Technical Meeting/Petroleum Conference of The South Saskatchewan Section, Petroleum Society of Canada.
- [12]. Ahad NA, Jami M, Tyson S (2020) A review of experimental studies on sand screen selection for unconsolidated sandstone reservoirs, Journal of Petroleum Exploration and Production Technology, pp. 1-14.
- [۱۳]. آذریناه ا. و حضرتی ف.، تولید شن در چاه‌های تکمیل شده مخزن آسماری اهواز و روش‌های کنترل آن، کتابخانه شرکت ملی مناطق نفتخیز جنوب، اهواز، ۱۳۶۷.
- [14]. Hooshmandkoochi A, Hadjizadeh H (2007) First installation of an openhole expandable sand screen completion in the Iranian oilfields leads to operational success and production enhancement--a case history, in Production and Operations Symposium, Society of Petroleum Engineers.
- [15]. Salehi-Moorkani R, Safian GA, Mirzaei Paiaman A (2010) Successful applications of expandable sand screen in Persian oil fields, Part 1, in SPE Production and Operations Conference and Exhibition, Society of Petroleum Engineers.
- [16]. Deilami F, Salehi-Moorkani R, Ghasemzadeh A (2010) Successful applications of expandable sand screen in Persian oil fields, Part 2, in SPE Asia Pacific Oil and Gas Conference and Exhibition, Society of Petroleum Engineers.

- [17]. Behzadian M, Otaghsara SK, Yazdani M, Ignatius J (2012) A state-of the-art survey of TOPSIS applications, *Expert Systems with applications*, 39, 17, 13051-13069.
- [18]. Khamehchi E, YousefiSH, Sanaei A (2013) Selection of the Best Efficient Method for Natural Gas Storage at High Capacities Using TOPSIS Method, 1, 1: 9-18.
- [19]. Alemi M, Jalalifar H, Kamali G, Kalbasi M (2010) A prediction to the best artificial lift method selection on the basis of TOPSIS model, *Journal of Petroleum and Gas Engineering*, 1, 1: 009-015.
- [20]. Nureize A, Watada J (2010) A fuzzy regression approach to a hierarchical evaluation model for oil palm fruit grading, *Fuzzy Optimization and Decision Making*, 9, 1: 105-122.
- [21]. Wang YM, Elhag TM (2006) Fuzzy TOPSIS method based on alpha level sets with an application to bridge risk assessment, *Expert systems with applications*, 31, 2: 309-319.
- [22]. Yang T, Hung CC (2007) Multiple-attribute decision making methods for plant layout design problem, *Robotics and computer-integrated manufacturing*, 23, 1: 126-137.
- [23]. Ertuğrul İ, Karakaşođlu N (2009) Performance evaluation of Turkish cement firms with fuzzy analytic hierarchy process and TOPSIS methods, *Expert Systems with Applications*, 36, 1: 702-715.
- [24]. Lotfi FH, Fallahnejad R, Navidi N (2011) Ranking efficient units in DEA by using TOPSIS method, *Applied Mathematical Sciences*, 5, 17: 805-815.
- [25]. Fatahi E, Jalalifar H, Pourafshari P, Moradi B (2012) Selection of the best artificial lift method for one of the Iranian oil field using multiple attribute decision making methods, *International Journal of Engineering and Technology*, 2: 2.
- [26]. Deřtinity Ugo P (2015) A multi-criteria decision making for location selection in the niger delta using fuzzy TOPSIS approach, *International Journal of Management and Business Research*, 5, 3: 215-224.
- [27]. Esfandiari M, Rizvandi M (2014) An application of TOPSIS method for ranking different strategic planning methodology, *Management Science Letters*, 4, 7: 1445-1448.
- [28]. Chen KH, Liao CN, Wu LC (2014) A selection model to logistic centers based on TOPSIS and MCGP methods: the case of airline industry, *Journal of Applied Mathematics*, 2014.
- [29]. CL Hwang, Masud ASM (2012) Multiple objective decision making—methods and applications: a state-of-the-art survey, Springer Science & Business Media.
- [30]. Rořtampour S (2012) An application of TOPSIS for ranking internet web browsers, *Decision Science Letters*, 1, 2: 53-58.
- [31]. Yoon KP, Hwang CL (1990) Multiple attribute decision making: an introduction, Sage publications, 1995.
- [32]. Saaty TL (1990) Decision making for leaders: the analytic hierarchy process for decisions in a complex world. RWS publications.
- [33]. Alonso JA, Lamata MT (2006) Consistency in the analytic hierarchy process: a new approach, *International journal of uncertainty, fuzziness and knowledge-based systems*, 14, 04: 445-459.



# Screening of Sand Control Methods for One Well in South Western of Iran Using TOPSIS Algorithm

Mahshid Rajabi<sup>1\*</sup>, Shahin Kord<sup>1</sup>, Abdolnabi Hashemi<sup>1</sup> and Reza Salehi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>: Petroleum Engineering Department, Petroleum University of Technology, Ahwaz, Iran

<sup>2</sup>: National Iranian South Oil Company

shkord@yahoo.com

DOI: 10.22078/pr.2020.4174.2891

Received: May/17/2020

Accepted: June/15/2020

## Introduction

Most of the world oil and gas reserves are contained in sandstone reservoirs where sand production is likely to become a problem at some point during the life of the field [1].

In sand-prone areas, we have a wide range of sand control options to choose from, including a variety of different down-hole sand screens and gravel packs which can be installed in production wells. But installing sand control hardware carries its own risks, so it is important to determine the correct sand control well completion option in each particular situation [2]. In MCDM process, the best solutions are obtained among available options. In this method which is a well-organized branch in research, mathematical design is used as a computational tool, aiming to tackle complex problems and rank the available option to support the decision making process [3,4].

In this paper, the main objective is to use TOPSIS technique from the MCDM approach to screen sand control methods for an Iranian oil well. The screening method was employed for 5 different sand control techniques, namely Gravel Pack, Resin- Aromatic, Resin, Slotted liner, Expandable Sand Screen (ESS). In this regard, the most updated and effective screening criteria, and real rock and fluid data from Ahwaz and Mansuri oil field were utilized to achieve this goal.

## Materials and Method

TOPSIS for sand control method selection

In this study, 5 sand control methods were examined. The proposed TOPSIS methodology was able to recommend the most efficient sand control method for each well and also rank the sand control methods. For this purpose, 8 reservoir parameters along with their pertaining rock and fluid data were gathered. The schematic of the proposed workflow is illustrated in Fig. 1.

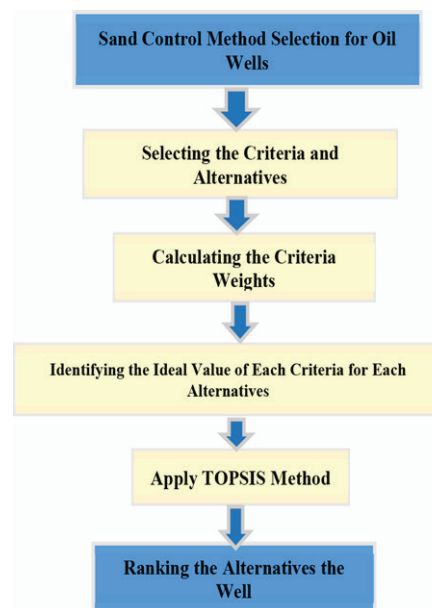


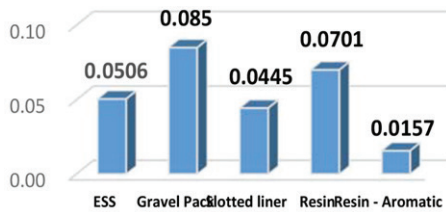
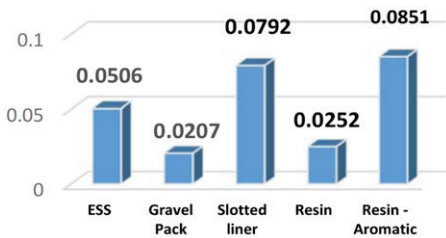
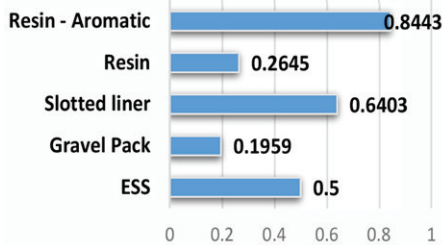
Fig. 1 TOPSIS method for sand control selection problem.





**Table 4** Positive and negative ideal solutions for the well.

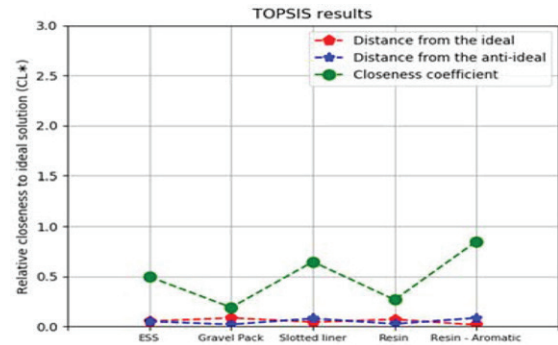
	Per.	Por.	Dep.	Thic.	Pwf	Tem.	Devi.	NTG
A <sup>+</sup>	0/0498	0/0579	0/0625	0/1086	0/0348	0/031	0/0821	0/1007
A <sup>-</sup>	0/0142	0/0334	0/058	0/0296	0/0327	0/0305	0/0706	0/0879

**Fig. 3** Separation of alternatives from positive ideal solution for the well.**Fig. 4** Separation of alternatives from negative ideal solution for the well.**Fig. 5** Ranking the alternatives for the well.

### Conclusions

According to the screening results, the ranked sand control methods for the well in Fig. 6.

The results showed that Resin – Aromatic is the best method for that well; afterwards, Slotted liner, ESS, Resin and Gravel Pack are in next ranks.

**Fig. 6** The result of python. Ranking the alternatives for the well.

### References

1. Wang X (2018) Technology Focus: Sand Management and Sand Control, Journal of Petroleum Technology, 70, 0: 70-70.
2. Wang X (2017) Technology Focus: Sand Management and Sand Control, Journal of Petroleum Technology, 69, 10: 98-98, 2017.
3. Behzadian M, Otaghsara SK, Yazdani M, Ignatius J (2012) A state-of-the-art survey of TOPSIS applications, Expert Systems with applications, 39, 17, 13051-13069.
4. Khamehchi E, YousefiSH, Sanaei A (2013) Selection of the Best Efficient Method for Natural Gas Storage at High Capacities Using TOPSIS Method, 1, 1: 9-18.
5. Saaty TL (1990) Decision making for leaders: the analytic hierarchy process for decisions in a complex world. RWS publications.