

## کمینه سازی و محاسبه‌ی سه بعدی طول مسیر حفاری با استفاده از متلب

محدثه مطیع<sup>۱</sup>، رسول خسروانیان<sup>۲</sup>

دانشکده‌ی مهندسی نفت، دانشگاه پلی تکنیک تهران

Mohade3.motie@gmail.com

### چکیده

با توجه به هزینه‌های زیاد حفر چاههای جهت دار، بهینه‌سازی آن از طریق طراحی مسیر مناسب، ضروری به نظر می‌رسد. در چاههای جهت دار می‌توان با در نظر گرفتن طول حفاری به عنوان تابع هدف و با کمینه‌سازی آن انتظار کاهش هزینه را داشت. در این چاهها بخش‌های مختلف شامل بخش عمودی، بخشهای مستقیم و بخش‌های منحنی با تغییر زاویه و جهت وجود دارند که بهینه‌کردن تمام این عوامل مستلزم طراحی خوب قبل از شروع می‌باشد. مرحله طراحی بسیار مهم و پیچیده می‌باشد که در آن باید تمام جنبه‌ها لحاظ گردد. با نگاه علمی‌تر به این صنعت، کارشناسان پی بردند که تنها توسعه و پیشرفت تجهیزات جهت رسیدن به اهداف موردنظر که عمدتاً اقتصادی بوده کافی نیست و بهبود پارامترهای مختلف حفاری می‌تواند نقش بسزایی در افزایش سرعت حفاری و به تبع آن در کاهش هزینه‌ها داشته باشد. این بدان معناست که باید محاسبات مسیر حفاری بر پایه محاسبات دقیق ریاضی باشد. برای انجام این محاسبات نرم افزارهایی موجود می‌باشد که عمدتاً گران قیمت می‌باشند هدف اصلی این پژوهش شناسایی و بررسی مدل‌های محاسباتی مختلف و طراحی یک تابع یا عملگر مناسب، مشابه توابع موجود و تلاش برای طراحی یک نرم افزار جدید کاربر پسند در محیط متلب برای کمینه‌کردن مسیر حفاری و کاهش هزینه‌های آن است.

**واژه‌های کلیدی:** کمینه‌سازی، مسیر حفاری، بهینه‌سازی، طراحی سه بعدی، حفاری جهت دار، روش انحنای ثابت

<sup>۱</sup> کارشناسی، دانشکده مهندسی نفت، دانشگاه امیرکبیر

<sup>۲</sup> استادیار، هیئت علمی دانشکده مهندسی نفت، دانشگاه امیرکبیر

## ۱- مقدمه

مسیر مورد حفاری توسط مته در حفاری جهت‌دار بنا به دلایل زیر می‌بایست با دقت کافی رصد گردد:

الف- تعیین موقعیت زانویی<sup>۳</sup> در محل‌هایی که با توجه به گرادیان انحراف، خمیدگی زیادی دارند. زانویی محلی است که چاه به دلیل منحرف شدن از مسیر قبلی، گشادتر می‌شود.

ب- جهت بازبینی مسیر چاه به صورت تئوریک و رسیدن به هدف مورد نظر.

ج- جهت رسم موقعیت چاه با بالاترین دقت ممکن که به مهار چاه توسط چاه‌های فشار شکن<sup>۴</sup> به هنگام فوران کمک می‌کند.

طراحی یک چاه جهت‌دار به علت تاثیری که در کاهش نیروهای وارد به رشته حفاری و همینطور کاهش هزینه‌ها دارد از اهمیت بالایی برخوردار است. انتخاب شدت انحراف و سگ دست مناسب، کمتر شدن زاویه نهایی چاه، کاهش گشتاور و همچنین کاهش خستگی در رشته حفاری از جمله مزایای طراحی صحیح یک چاه جهت‌دار است. مهمترین عامل در هزینه‌ی یک چاه جهت‌دار مربوط به فاصله‌ی افقی تا نقطه هدف می‌باشد. در این پژوهش سعی بر این است که با ارائه مدل‌های محاسباتی نشان دادن مسیر چاه در محیط<sup>۳</sup> بعدی، کوتاهترین طول حفاری محاسبه شود.

## ۲- مبانی نظری پژوهش:

در این پژوهش مطالبی در مورد نرم افزارهای طراحی مسیر چاه بیان می‌شود که معروف ترین آن در صنعت نرم افزار «Halliburton Compass» می‌باشد که به عنوان پایه در این پژوهش استفاده می‌شود. مطالب ارائه شده در این پژوهش را می‌توان به ۳ بخش تقسیم کرد:

۱) مدل نرم افزاری

۲) مدل محاسباتی

۳) توابع و عملگرها

### ۲-۱ مدل‌های نرم افزاری:

منظور از مدل نرم افزاری یک نرم افزار<sup>۳</sup> بعدی طراحی مسیر چاه می‌باشد که در هر ۲ بخش طراحی و Surveying مورد استفاده قرار می‌گیرد. [3]

قسمت طراحی مسیر چاه نرم افزار، شامل متدهای محاسباتی مختلفی می‌باشد تا بتواند مختصات دقیق را برای مسیر چاه پیدا کند. بعد از این مرحله، توابع موجود در نرم افزار این امکان را برای کاربر فراهم می‌کند که با وارد کردن اطلاعات ورودی از جمله Turn, Build Rates و .... مسیر چاه مورد نظر را در خروجی دریافت کند. مشخص است که توابع مختلف مسیرهای مختلفی را رسم می‌کنند. بخش طراحی مسیر چاه در نرم افزار کاربر را قادر می‌سازد تا با بررسی گزینه‌های مختلف و با حدس و خطا بهترین و بهینه‌ترین مسیر را با توجه به ایمنی و مسائل اقتصادی انتخاب کند.

### ۲-۳ مدل‌های محاسباتی:

برای طراحی مسیر چاه نیازمند محاسبات دقیق ریاضی مسیر چاه در محیط<sup>۳</sup> بعدی می‌باشیم. این محاسبات را از نقطه

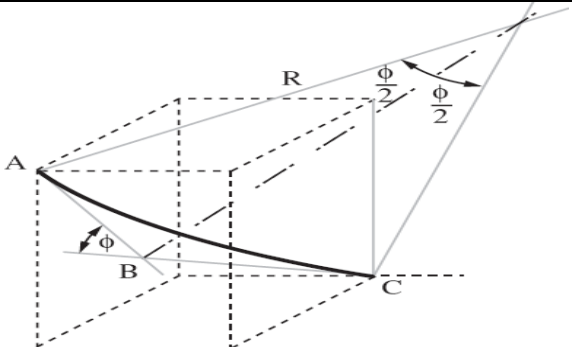
3 dogleg

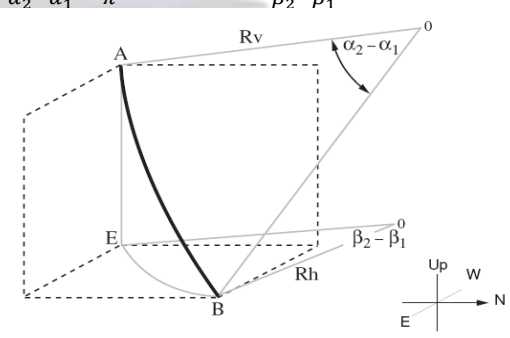
4 Relief Wells

شروع تا نقطه هدف مورد نظر باید انجام داد. همانطور که قبلاً گفته شد اهمیت توصیف دقیق مسیرچاه این است که از خطرات احتمالی که باعث مشکلات مالی یا اتفاقات پیش بینی نشده می شود، جلوگیری شود. مدل‌های مختلفی برای طراحی مسیر چاه وجود دارد که هر یک روش خاص خود را برای بیان مسیر چاه دارند. هر یک از این روشها در مراحل مختلف حفاری بسته به نیاز مورد استفاده قرار می گیرند.[3] روشهای موجود را می توان در جدول زیر تعریف کرد اما اطلاعات محدودی در مورد اینکه هر یک چه زمانی و در چه مکانی به کار می روند، موجود می باشد

جدول (۱) انواع مدل های محاسباتی

<p><b>روش ماسی</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• آسانترین روش ممکن</li> <li>• در این روش مسیر چاه به صورت یک خط راست است</li> <li>• خطا بسیار زیاد است</li> <li>• معده ای برای این روش ارائه نشده است .</li> <li>• این کار به وسیله اطلاعات زاویه میل (I) و زاویه آزیموت (A) پایین ترین ایستگاه بیان می شود</li> </ul>	
<p><b>روش ماسی متعادل</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• این روش کمی دقیقتر از روش قبل می باشد</li> <li>• در این روش مسیر چاه مجموع ۲ خط مستقیم می باشد</li> <li>• تفاوت آن استفاده از زاویه میل (I) و آزیموت (A) هر دو ایستگاه می باشد</li> </ul>	

<p style="text-align: center;"><b>روش حداقل انحنا</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• این روش حالت گسترش یافته روش قبلی است.</li> <li>• در این روش مسیر چاه به صورت یک کمان دایروی ارائه می شود.</li> <li>• کاملاً دقیق است.</li> <li>• این روش قطعی از دایره فرضی به شعاع R و زاویه <math>\phi</math> یا همان سگدست می باشد.</li> </ul> <p>Inclination: <math>\alpha</math> Azimuth: <math>\beta</math></p>	 $\Delta N = F * \frac{l}{2} (\sin \alpha_1 \cos \beta_1 + \sin \alpha_2 \cos \beta_2) \quad (1)$ $\Delta E = F * \frac{l}{2} (\sin \alpha_1 \sin \beta_1 + \sin \alpha_2 \sin \beta_2) \quad (2)$ $\Delta V = F * \frac{l}{2} (\cos \alpha_1 + \cos \alpha_2) \quad (3)$
<p style="text-align: center;"><b>روش شعاع انحنا</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• این روش مسیر چاه را به صورت قطاع دایروی در دو صفحه عمودی و افقی تصویر می کند.</li> <li>• ۲ شعاع تعریف می شود که عبارتند از (صفحه عمودی) <math>R_V</math> و (صفحه افقی) <math>R_H</math></li> <li>• برای به دست آوردن مختصات مورد نیاز در این روش از زاویه میل (I) و آزیموت (A) هر دو ایستگاه استفاده می شود.</li> <li>• این روش هنگامیکه انحنا مسیر زیاد می شود مانند Turn یا Build هنگامیکه انجام می شود جوابهای دقیقی با درصد خطای پایین می دهد ولی مقداری پیچیده تر از روشهای قبل می باشد.</li> <li>• این روش در هر دو بخش طراحی و عملیاتی استفاده می شود.</li> </ul>	$\frac{dx}{dl} = \int \sin(I(l)) \cos(A(l)) \quad (4)$ $\frac{dx}{dl} = \int \sin(I(l)) \cos(A(l)) \quad (5)$ $\frac{dx}{dl} = \int \sin(I(l)) \cos(A(l)) \quad (6)$ $U = \frac{dr}{dl} \quad (7) \quad B = \frac{dl}{dl} \quad (8) \quad T = \frac{dA}{dl} \quad (9)$ $\Delta N = \frac{L}{T^2 - B^2} [T(\sin I \sin A - \sin I_0 \sin A_0) + B(\cos I \cos A - \cos I_0 \cos A_0)] \quad (10)$ $\Delta E = \frac{L}{T^2 - B^2} [-T(\sin I \cos A - \sin I_0 \cos A_0) + B(\cos I \cos A - \cos I_0 \cos A_0)] \quad (11)$ $\Delta Z = \frac{L}{B} [\sin I - \sin I_0] \quad (12)$

<p style="text-align: center;"><b>روش نرخ پیچش ثابت</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>این روش برای طراحی مسیر چاههای جهت دار در فضای ۳ بعدی ارائه شد.</li> <li>نرخ Build و Turn، زاویه میل نهایی و آزیموت نهایی، نقطه دقیق Kick off و Turn point را مشخص میکند.</li> <li>این روش با به کارگیری یک نقطه تصادفی از منحنی شروع می شود.</li> <li>این روش از معدود روشهایی است که به جزئیات پرداخته است لذا در اکثر برنامه های طراحی عملگرها و توابع از این روش استفاده می کنند.</li> </ul>	<p>معادله زیر ارتباط بین Toolface angle (<math>\delta</math>) و BuildRate (<math>\beta</math>) و Dogleg (D) را بیان می کند:</p> $D = \frac{B}{\cos \delta} \quad (13)$ $N = N_0 + \int_{l_0}^l \sin(I) \cos(A) dl \quad (14)$ $E = E_0 + \int_{l_0}^l \sin(I) \sin(A) dl \quad (15)$ $N = Z_0 + \frac{1}{B} (\sin(I) - \sin(I_0)) \quad (16)$ $\bar{T} = \frac{1}{l_2 - l_1} \int_{l_1}^{l_2} T dl \quad (17)$
<p style="text-align: center;"><b>روش انحنای ثابت</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>این روش بر این اصل بنا شده است که وزن ثابتی بر روی هر مته باشد تا بشود یک منحنی با انحنای ثابت حفاری کرد.</li> <li>این مدل ارائه شده یک راه بهتر و کارآمدتر برای توصیف مسیر چاه می باشد.</li> <li>در این روش، انحنای ثابت این امکان را فراهم می سازد که Toolface angle correction و تعداد تغییرات BHA کاهش یابد. در نتیجه از نظر اقتصادی حفاری ما بهینه می شود.</li> </ul>	<p>تغییرات عمودی برابر است با:</p> $\Delta V = \frac{L}{\alpha_2 - \alpha_1} * \left(\frac{180}{\pi}\right) * (\sin \alpha_2 - \sin \alpha_1) \quad (18)$ $\Delta N = \frac{L}{\alpha_2 - \alpha_1} \left(\frac{180}{\pi}\right) \frac{(\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2)(\sin \beta_2 \sin \beta_1)}{\beta_2 - \beta_1} \quad (19)$ $\Delta E = \frac{L}{\alpha_2 - \alpha_1} \left(\frac{180}{\pi}\right) \frac{(\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2)(\cos \beta_1 - \cos \beta_2)}{\beta_2 - \beta_1} \quad (20)$ 

## ۲-۴ توابع و عملگرها:

در نرم افزارها توابعی برنامه ریزی شده اند که با به کارگیری مدل‌های محاسباتی می توانند محاسبات مربوطه را انجام دهند. توابع این کار را به وسیله عبارات ریاضی انجام می دهند، اما باید توجه داشت که مفروضات و مشکلات زیادی وجود دارد. توابع مختلفی برای توصیف مسیر چاه وجود دارد که هر یک به شکل مختلف مسیری را پیشنهاد می دهد. معمولا مسیر چاه را به بخشهای مختلفی تقسیم می کنند و در هر بخش تابع مختلفی مورد استفاده قرار می گیرد که انتخاب تابع بستگی به نیاز ما دارد که با توجه به شرایط موجود این انتخاب صورت می گیرد. چندین تابع موجود می باشد که در زیر به آنها اشاره می شود. این توابع با دریافت مقادیر مورد نیاز ورودی از سوی کاربر می توانند مسیر چاه را رسم کنند. [3]

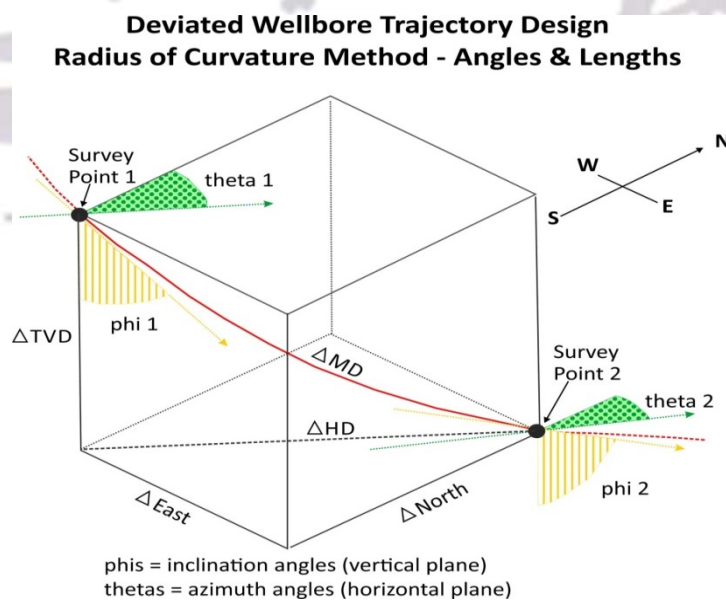
- 1) Build and turn, 3D curve as a function of TVD, Inclination Azimuth or target
- 2) Hold section, tangent (2 dimensional)
- 3) Dogleg Toolface angle
- 4) Curve to tangent
- 5) Build and turn, final inclination and azimuth

این توابع در شرایط مختلف دقت های متفاوتی دارند لذا لازم است در هر بخش از بهترین تابع استفاده شود.

## ۳- مدل سازی یک چاه کامل افقی با روش های ارائه شده:

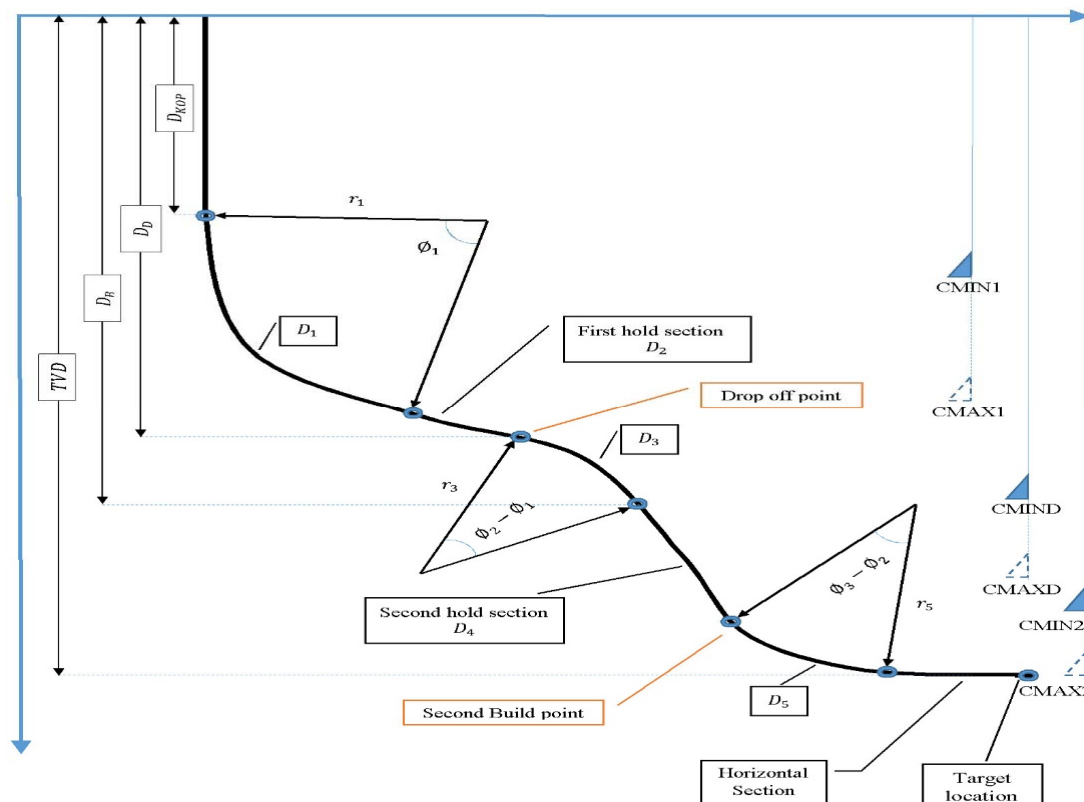
از بین روش های ذکر شده در قسمت های قبل ، به دلیل درصد کمتر خطا، روش انحنای ثابت را برای بهینه کردن مسیر حفاری انتخاب می کنیم و محاسبات مربوطه را با استفاده از این روش انجام می دهیم.

$$\Delta MD = r \times \sqrt{(\theta 2 - \theta 1)^2 \cdot \sin^4\left(\frac{\phi 1 - \phi 2}{2}\right) + (\phi 2 - \phi 1)^2} \quad (21)$$



شکل (۱) مسیر یک چاه جهتدار [4]

شکل زیر نشان دهنده یک نقشه دو بعدی از مسئله بهینه‌سازی طراحی یک چاه جهت‌دار افقی می باشد:



شکل (۲) الگوی دو بعدی مسیر چاه [4]

#### ۴- بیان مسئله و مدل ریاضی [1][2]

مرحله دوم در فرموله کردن مدل، محاسبه عمق حفاری شده می باشد که این تابع در سیستم متغیرها به صورت زیر

بیان می‌شود:

$$TMD = D_{KOP} + D_1 + D_2 + D_3 + D_4 + D_5 + HD \quad (22)$$

$$D_1 = R_1 \times \left[ (\theta_2 - \theta_1)^2 \sin^4 \left( \frac{\phi_1}{2} \right) + (\phi_1)^2 \right]^{0.5} \quad (23)$$

با فرض اینکه زاویه انحراف در Kick off point صفر باشد:  $(\phi_i = 0)$

$$D_3 = R_3 \times \left[ (\theta_4 - \theta_3)^2 \sin^4 \left( \frac{\phi_2 + \phi_1}{2} \right) + \left( \frac{\phi_2 + \phi_1}{2} \right)^2 \right]^{0.5} \quad (24)$$

$$D_5 = R_5 \times \left[ (\theta_6 - \theta_5)^2 \sin^4 \left( \frac{\phi_2 + \phi_3}{2} \right) + \left( \frac{\phi_2 + \phi_3}{2} \right)^2 \right]^{0.5} \quad (25)$$

که  $R_1$  و  $R_3$  و  $R_5$  از رابطه زیر به دست می‌آیند:

$$R_i = \frac{180 \times 100}{\pi \times T_i} \quad ; \quad i = 1, 2, \dots, 5 \quad (26)$$

$$D_2 = \frac{D_D - D_{KOP} - D_1 \times \frac{\sin(\phi_2) - \sin(\phi_1)}{(\phi_2 - \phi_1)}}{\cos(\phi_2)} \quad (27)$$

$$D_4 = \frac{D_B - D_D - D_2 \times \frac{\sin(\phi_3) - \sin(\phi_2)}{(\phi_3 - \phi_2)}}{\cos(\phi_3)} \quad (28)$$



$$C_1 = D_{KOP} + D_1 \frac{\sin(\theta_1)}{\theta_1} \quad (29)$$

$$C_2 = D_{KOP} + D_1 \frac{\sin(\theta_1)}{\theta_1} + D_2 \cos(\theta_1) + D_3 \frac{\sin(\theta_2) - \sin(\theta_1)}{(\theta_2 - \theta_1)} \quad (30)$$

$$C_3 = D_{KOP} + D_1 \frac{\sin(\theta_1)}{\theta_1} + D_2 \cos(\theta_1) + D_3 \frac{\sin(\theta_2) - \sin(\theta_1)}{(\theta_2 - \theta_1)} + D_4 \cos(\theta_2) + D_5 \frac{\sin(\theta_3) - \sin(\theta_2)}{(\theta_3 - \theta_2)} \quad (31)$$

در پایان این توابع به صورت کدهای برنامه نویسی در محیط متلب ارائه شده است تا کاربر با وارد کردن پارامترهای اولیه بتواند اطلاعات لازم را در خروجی دریافت کند. برای استفاده از این کدها به پیوست مراجعه شود.

#### ۴-۱ متغیرهای سیستم

جدول (۲) متغیرهای سیستم طراحی چاه افقی [2]:

واحد	متغیر	توضیح
(degree)	$\theta_1, \theta_2, \theta_3$	اولین، دومین و سومین زوایای نگهداشت <sup>۵</sup>
(degree)	$\theta_1$	زاویه آزیموت در Kick off point
(degree)	$\theta_2$	زاویه آزیموت در انتهای اولین ناحیه ساخت
(degree)	$\theta_3$	زاویه آزیموت در انتهای اولین ناحیه نگهداشت
(degree)	$\theta_4$	زاویه آزیموت در انتهای دومین ناحیه ساخت (یا drop)
(degree)	$\theta_5$	زاویه آزیموت در انتهای دومین ناحیه نگهداشت
(degree)	$\theta_6$	زاویه آزیموت در انتهای سومین ناحیه ساخت
(degree/100 <sub>n</sub> )	T1	شدت زانویی اولین ناحیه ساخت
(degree/100 <sub>n</sub> )	T2	شدت زانویی اولین ناحیه نگهداشت
(degree/100 <sub>n</sub> )	T3	شدت زانویی دومین ناحیه ساخت (یا ناحیه drop)
(degree/100 <sub>n</sub> )	T4	شدت زانویی دومین ناحیه نگهداشت
(degree/100 <sub>n</sub> )	T5	شدت زانویی سومین ناحیه ساخت
(Foot)	TVD	عمق عمودی چاه
(Foot)	D <sub>KOP</sub>	Kick off point در TVD
(Foot)	D <sub>D</sub>	TVD در نقطه drop یا ساخت دوم
(Foot)	D <sub>B</sub>	TVD در سومین نقطه ساخت
(Foot)	HD	طول واقع در عرض (طول افقی)

#### ۵- پیشینه پژوهش:

مطالعات گسترده ای در زمینه طراحی مسیر صورت گرفته و همواره مستلزم این می باشد که به ایمن بودن حفاری و صرفه اقتصادی داشتن آن توجه شود. ایمنی همواره یکی از مسائل مهم در صنعت بوده است. این بدان معناست که حفاری ما به گونه ای باشد که چاه ما ریزش نکند یا سیمان حفاری ما دچار شکستگی نشود و اینکه پایداری سازند از بین نرود. بهترین نرم افزار موجود Halliburton Landmark Compass نام دارد که اطلاعات بسیار کمی در مورد توابع استفاده شده در آن و همینطور مدل‌های محاسباتی آن موجود می باشد.

#### ۶- روش پژوهش:

<sup>5</sup> Hold



در این پژوهش مدل‌ها و توابع از مطالعات گذشته استخراج شده و به صورت ریاضی به اثبات آنها پرداخته شده است و پس از اثبات توابع با استفاده از نرم افزار متلب به صورت کدهای برنامه نویسی ارائه شده اند تا بتوان محاسبات را تنها با وارد کردن پارامترهای مورد نیاز انجام داد. برای اثبات دقت این توابع و اعتبار بخشیدن به آنها از نرم افزار Compass استفاده شده است.

جدول (۳) نتایج اجرای عملگر طراحی شده در نرم افزار متلب

parameteres	1 <sup>st</sup> run	2 <sup>nd</sup> run	3 <sup>rd</sup> run
Dd	6500	7000	7000
Db	10100	10000	10000
Dkop	800	991.773	1000
Φ1	15	10	10
Φ2	55	40	40
Φ3	92.5	90	90
θ1	275	270.601	272.884
θ2	275	279.530	279.992
θ3	275	270	270
θ4	335	340	340
θ5	335	331.742	340
θ6	375.5	355	355
HD	2500	2500	2500
T1	2.5	0.956	1.049
T3	2.5	1.716	1.713
T5	2.5	5	5
TMD	15226	13840	13800
C1	800.18	992.091	1000
C2	7871	7930	8027
C3	10831	9709	9676

## ۷ - نتایج :

۱. خروجی های نرم افزار نشان می‌دهد که کدها عملکرد خوبی را داشته است.
۲. روش های مختلف در شرایط گوناگون جوابهایی با دقت های مختلف می دهند که با توجه به شرایط محیط باید بهترین روش انتخاب شود تا خطا به کمترین مقدار خود برسد.
۳. هدف این پژوهش تلاش برای ساخت یک نرم افزار توسعه یافته و کاربرپسند در زمینه طراحی مسیر چاه و مروری بر کارهای موجود و مدل‌ها و توابع موجود بود که با توجه به نتایج به تحقق پیوست.
۴. همانطور که مشخص می باشد ایجاد یک نرم افزار با تابعی که تمام پارامترهای خروجی را بدهد بسیار پیچیده و مشکل می باشد و نیازمند محاسباتی با تکرارهای زیاد می باشد.

۵. در این پژوهش توابع ارائه شده با نرم افزار Compass مقایسه شده اند که ملاحظه شد دقت قابل قبولی دارند. کدها همگی با توضیحات جامع به پیوست ضمیمه شده است.
۶. بعضی از توابع دارای نواقص و محدودیت هایی هستند که در کارهای بعدی به رفع آنها پرداخته می شود.
۷. به منظور کمینه کردن هزینه های حفاری ضمن ایمن بودن طراحی، لازم است تا پارامترهای دیگری چون زمان، وزن روی مته، سرعت دورانی مته و هیدرولیک چاه و مته بهینه گردند و همچنین گل حفاری و نوع مته به بهترین شکل انتخاب شود.

## مراجع :

- [1] م. خادمی، "بهینه‌سازی مسیر چاه‌های افقی و جهت دار در حالت سه بعدی با استفاده از الگوریتم ژنتیک"، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۹۱
- [2] مسعود رضاعلی‌پور، "ارایه یک رویکرد مقایسه‌ای از الگوریتم‌های متاهیوریستیک برای بهینه‌سازی مسیر حفاری چاه‌های نفت"، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، شهریور ۱۳۹۲

[3] A.Holm Stromhaug, "Directional Drilling – Advanced Trajectory Modelling" PhD.thesis, Norwegian University of Science and Technology, 2014.

[4] Amin Atashzad, Rasool Khosravanian "Designing and optimizing deviated wellbore trajectories using novel particle swarm algorithms", Journal of Natural Gas Science and Engineering ,Elsevier, pp 4-18

## پیوست

### Build&Turn , Inclination and Azimuth

```
function [ result x,y,q ] = Build_Turn_inc_azi( I1,A1,I2,A2,T,B,NS1,EW1,Z1)
% Calculates build and turn curve, with final inclination and azimuth.% The model builds and turns untill
inclination or azimuth is reached.% After this second curve with either build or turn.
if B==T
disp('Invalid B & T, can not be equal'); %Checks if T=B.
return
end
result=zeros(2,6);
if T<0
if A2>A1 %Calculates the change in Azimuth,
dA=360-A2+A1; %for turning angles, so user is aware
else dA=A1-A2; %of shorter route
end
else
```

```

if A1>A2
dA=360-A1+A2;
else dA=A2-A1;
end
end
if dA>180
disp('Shorter to drill other direction');
x=input('To continue anyway press 1, to quit and change T press 2');
if x==2 %Gives the user option to contiunue with big turn
return
end
else disp('T-value is good')
end
Brad=(B*pi/180)/30; %Convert build and turn rates to [rad/m]
Trad=(T*pi/180)/30;
CLinc=(I2-I1)*30/B; %Calculates curve length for inc and azi
CLazi=(A2-A1)*30/T;
if CLinc<CLazi %Determines if inclination has smaler curve length
L1=CLinc; %Curve lenght of first segment
L2=CLazi-CLinc; %Second cirve lenght
Amid=A1+T/30*L1; %Azimuth at this point
c=0; %Operator to verify case
%Positional coordiantes of first segment
NSmid=NS1+1/(Trad^2-Brad^2)*(Trad*(sind(I2)*sind(Amid)-
sind(I1)*sind(A1))+Brad*(cosd(I2)*cosd(Amid)-cosd(I1)*cosd(A1)));
EWmid=EW1+1/(Trad^2-Brad^2)*(-Trad*(sind(I2)*cosd(Amid)-
sind(I1)*cosd(A1))+Brad*(cosd(I2)*sind(Amid)-cosd(I1)*sind(A1)));
Zmid=Z1+1/Brad*(sind(I2)-sind(I1));
Dmid=sqrt(B^2+T^2*sind(I2)); %Dogleg severity of first segment
%End point postitional coordiantes
NS2=NSmid+1/(Trad^2)*(Trad*(sind(I2)*(sind(A2)-sind(Amid))));
EW2=EWmid+1/(Trad^2)*(-Trad*(sind(I2)*(cosd(A2)-cosd(Amid))));
Z2=Zmid+cosd(I2)*L2;
D=sqrt(T^2*sind(I2)) %Dogleg severity of second segment
else % If inclination curve length is not shortest
L1=CLazi; %Curve lenght of first segment
Imid=I1+B/30*L1; %Inclination at this point
c=1; %Operator to verify case
%Positional coordiantes of first segment
NSmid=NS1+1/(Trad^2-Brad^2)*(Trad*(sind(Imid)*sind(A2)-
sind(I1)*sind(A1))+Brad*(cosd(Imid)*cosd(A2)-cosd(I1)*cosd(A1)));
EWmid=EW1+1/(Trad^2-Brad^2)*(-Trad*(sind(Imid)*cosd(A2)-
sind(I1)*cosd(A1))+Brad*(cosd(Imid)*sind(A2)-cosd(I1)*sind(A1)));
Zmid=Z1+1/Brad*(sind(Imid)-sind(I1));
Dmid=sqrt(B^2+T^2*sind(Imid)); %Dogleg severity of first segment%From Imid to I2
NS2=NSmid-1/(Brad^2)*(Brad*(cosd(A2)*(cosd(I2)-cosd(Imid))));
EW2=EWmid-1/(Brad^2)*(Brad*(sind(A2)*(cosd(I2)-cosd(Imid))));
Z2=Zmid+1/Brad*(sind(I2)-sind(I1));
D=sqrt(B^2); %Dogleg severity of second segment
End
q=('To have one curve use this T or B, will give DLS');
if c==0
x=(A2-A1)*30/L1;
y=sqrt(B^2+x^2*sind(A2)); %Calcualtions to determine proposed solution
else
x=(I2-I1)*30/L1;
y=sqrt(x^2+T^2*sind(A2));

```

```

end
result(1,1)=I1;
result(1,2)=A1;
result(1,3)=NS1;
result(1,4)=EW1;
result(1,5)=Z1;
result(1,6)=0;
if c==0; %Tabel of result varies depending which case
result(2,1)=I2; %Tabel of results
result(2,2)=Amid;
else
result(2,1)=Imid;
result(2,2)=A2;
end
result(2,3)=NSmid;
result(2,4)=EWmid;
result(2,5)=Zmid;
result(2,6)=Dmid;
result(3,1)=I2;
result(3,2)=A2;
result(3,3)=NS2;
result(3,4)=EW2;
result(3,5)=Z2;
result(3,6)=D;
result(4,1)=x;
result(4,2)=y;
end

clear all
close all
clc
td=pi/180;
R=zeros(1,5);
T=zeros(1,5);
phi=input('Enter the Matrix Phi(3Parameters):\n');
phi=phi*td;
teta=input('Enter the Matrix teta(6Parameters):\n');
teta=teta*td;
DKOP=input('Enter Depth of Kick Off Point:\n');
HD=input('Enter Horizontal Depth:\n');
T=input('Enter Matrix Dogleg Severity(5Parameters):\n');
DD=input('TVD at Drop point:\n');
DB=input('TVD at third Build point:\n');
for i=1:5
R(i)=(180*100)/(pi*T(i)) ;
end
D1=R(1)*((teta(2)-teta(1))^2*(sin(phi(1)/2))^4 + (phi(1))^2)^0.5 ;
D3=R(3)*((teta(4)-teta(3))^2*(sin((phi(2)+phi(1))/2))^4 + ((phi(2)-phi(1)).^2)).^0.5 ;
D5=R(5)*((teta(6)-teta(5))^2*(sin((phi(2)+phi(3))/2))^4 + ((phi(3)-phi(2)).^2)).^0.5 ;
D2 = abs((DD-DKOP-D1*(sin(phi(1))-0)/(phi(1)-0))/cos(phi(1)));
D4=abs((DB-DD-D3)*((sin(phi(2))-sin(phi(1)))/((phi(2)-phi(1))))/(cos(phi(2)))) ;
C1=DKOP+D1*((sin(phi(1)*td)/(phi(1))*td) ;
C2=DKOP+D1*(sin(phi(1)*td)/(phi(1))*td)+D2*cos(phi(1)*td)+D3*((sin(phi(2)*td))-sin(phi(1)*td))/((phi(2)-phi(1))*td) ;

```

کد محاسبه‌ی  $c1, c2, TMD$

$$C3 = DKOP + D1 * ((\sin(\phi(1) * td)) / (\phi(1) * td)) + D2 * \cos(\phi(1) * td) + D3 * ((\sin(\phi(2) * td)) - \sin(\phi(1) * td)) / td * ((\phi(2) - \phi(1))) + D4 * \cos(\phi(2) * td) + D5 * ((\sin(\phi(3) * td)) - \sin(\phi(2) * td)) / td * ((\phi(3) - \phi(2))) ;$$

$$TMD = DKOP + D1 + D2 + D3 + D4 + D5 + HD ;$$

TMD

C1

C2

C3

