

UOT 004.056:351

DOI: 10.25045/jpit.v11.i2.04

*İmamverdiyev Y.N.*AMEA İnformasiya Texnologiyaları İnstitutu, Bakı, Azərbaycan
yadigar@iit.science.az**NEFT-QAZ SƏNAYESİ ÜÇÜN RƏQƏMSAL ƏKİZLƏRİN KONSEPTUAL MODELİ**

Daxil olmuşdur: 19.06.2020 Düzəliş olunmuşdur: 26.06.2020 Qəbul olunmuşdur: 07.07.2020

Neft-qaz şirkətləri karbohidrogen ehtiyatlarının strukturunun pisləşməsi, enerji resurslarının qiymətinin dəyişkənliyi və kəskin ucuzlaşması şəraitində rəqabət üstünlüyünü qorumaq üçün Sənaye 4.0 texnologiyalarının tətbiqinə ümid edirlər. Sənaye 4.0 yanaşması əsasında yaradılan “Neft və qaz 4.0” konsepsiyası da son 2-3 ildə şirkətlərin gündəliyindədir. “Neft və qaz 4.0” hələlik ilkin mərhələdədir və onun baza texnologiyalarından biri kimi rəqəmsal əkiz texnologiyası böyük diqqət çəksə də, onun neft və qaz əməliyyatlarına dəyər əlavə etmək üçün necə istifadə edilə biləcəyi ilə bağlı bir sıra anlaşılmazlıqlar qalmaqdadır. Rəqəmsal əkiz – real fiziki obyektin (mədən, quyunun, avadanlığın və ya infrastruktur elementinin), məhsulun və ya prosesin virtual prototipidir, onun əsas mahiyyəti rəqəmsal verilənlərin toplanması və fiziki obyektin monitorinqi, idarə edilməsi və qəbul edilmiş qərarların optimallaşdırılması üçün istifadəsindən ibarətdir. Rəqəmsal əkizlərin bir sıra sənaye sahələrində uğurla tətbiq edilməsinə baxmayaraq, neft-qaz sənayesi bu texnologiyaları yalnız indi mənimsəməyə başlayır və bununla bağlı bir sıra məsələlərin həlli aktuallaşır. Bu işin məqsədi neft-qaz sənayesi üçün rəqəmsal əkiz modelinin qurulması problemlərinin analizi və rəqəmsal əkizlər üçün ümumiləşdirilmiş konseptual modelin işlənməsidir. Neft-qaz sənayesində rəqəmsal əkizlərin tətbiqi informasiya texnologiyalarının və əməliyyat texnologiyalarının inteqrasiyası məsələsi kimi analiz edilir. Rəqəmsal əkizin təklif edilmiş modelinə daxil olan verilənlərin menecmenti sistemi, virtual obyekt və vizuallaşdırma sisteminin komponentləri ətraflı təsvir olunur. Verilənlərin, proseslərin və virtual obyektə daxil olan modellərin idarə edilməsi üçün mərkəzləşdirilmiş sistemlər istifadə edilir. Modellər maşın təlimi vasitəsilə öyrədilir, həmçinin ekspertlərin və oxşar rəqəmsal əkizlərin biliklərindən də yararlanıla bilər.

Açar sözlər: *neft-qaz sənayesi, rəqəmsallaşma, rəqəmsal transformasiya, rəqəmsal əkiz, rəqəmsal mədən, maşın təlimi, IoT.*

Giriş

Hazırda neft-qaz sənayesi bir sıra ciddi problemlərlə müşayiət olunan dövrü yaşayır, bu dövr dünya bazarlarında neftin qiymətinin kəskin ucuzlaşması və xaotik dəyişkənliyi, yüngül neft ehtiyatlarının tükənməsi, ağır neft mərhələsinin genişlənməsi (həm sıxlığına, həm də çıxarılmasının çətinliyinə görə ağır neft), sahənin aparıcı oyunçuları (transmilli və milli neft şirkətləri) arasında rəqabətin dərinləşməsi ilə xarakterizə edilir. Bu çətin şəraitdə global aləmdə rəqabət üstünlüklərini qorumaq və yeniləri əldə etmək üçün neft-qaz şirkətləri olduqca mürəkkəb texnoloji problemləri öz xərclərini əhəmiyyətli dərəcədə artırmadan həll etməlidirlər.

Mütəxəssislərin fikrincə, bu problemlərin effektiv həlli İT-nin tətbiqi, proseslərin avtomatlaşdırılması və robotlaşdırılması, biznes-proseslərin intellektual idarə edilməsi ilə mümkündür [1]. Dördüncü sənaye inqilabı (Sənaye 4.0) bu sahələrdə geniş spektrdə rəqəmsal texnologiyalar təqdim edir [2]. Sənaye 4.0-in inkişafı ilə son bir neçə ildə “Neft və qaz 4.0” da gündəmə gəlmişdir. Bəzi şirkətlər və ekspertlər hesab edirlər ki, “Neft və qaz 4.0” neft-qaz sənayesində vəziyyəti tamamilə dəyişə və çox böyük faydalar gətirə bilər, çünki bu sahədə rəqəmsallaşma və intellektuallaşma prosesini sürətləndirir [3].

Hazırda neft-qaz sənayesində rəqəmsal texnologiyaların tətbiqi hərtərəfli, kompleks və məqsədyönlü xarakter daşıyır. Əgər əvvəllər hesablamalar çox vaxt alırdısa və oflayn rejimdə aparılırdısa, indi informasiya çox hallarda real vaxt rejimində emal olunur ki, bu, rəqəmsal

texnologiyaların istifadə sərhədlərini və imkanlarını kardinal şəkildə genişləndirir və nəticədə “rəqəmsal transformasiya” fenomeni meydana çıxır [4].

Rəqəmsal transformasiya 4-cü sənaye inqilabının ayrılmaz tərkib hissəsi kimi neft-qaz sənayesində geniş tətbiq edilməyə başlayır. Rəqəmsal transformasiya verilənləri informasiyaya və biliyə çevirmək və sonra onları əməliyyatları yaxşılaşdırmaq üçün istifadə etmək üçün effektiv həllər tətbiq edir [5].

Digər neft-qaz şirkətləri kimi SOCAR da bütün dəyər zəncirində rəqəmsal texnologiyaların tətbiqini və şirkətin bütün proseslərinin rəqəmsallaşdırılmasını qarşıda duran əsas vəzifə kimi görür və qlobal səhnədə mövqelərini möhkəmlətmək, rəqabət imkanlarını artırmaq üçün öz rəqəmsallaşma strategiyasını həyata keçirir.

Rəqəmsal transformasiyanın baza texnologiyalarından biri rəqəmsal əkizlərdir [6]. Rəqəmsal əkiz – məhsulun, prosesin və ya xidmətin rəqəmsal təsviridir, onun məhsuldarlığının monitorinqi, analizi və yaxşılaşdırılması üçün istifadə edilir [6]. *Gartner* şirkəti rəqəmsal əkizləri 2017-ci il üçün ən yaxşı 10 strateji texnologiya trendindən biri kimi seçmişdi [7]. Rəqəmsal əkizlərin 2018-ci ildə dünya bazarı 3,76 milyard ABŞ dolları həcmində qiymətləndirilmişdi və 2027-ci ildə 57,38 milyard ABŞ dollarına çatacağı, 2019-cu ildən 2027-ci ilə kimi proqnoz müddətində ortalama 37,1 % artacağı gözlənilir [8].

Neft-qaz sənayesində “rəqəmsal əkiz” geniş istifadə edilən termindir, lakin az sayda insan bunun əslində nə olduğunu hərtərəfli dərk edir. Çoxları rəqəmsal əkiz terminini obyektin 3D modellərinin sinonimi kimi, digərləri prediktiv xidmət həlləri və ya onların simulyasiya modelləri kimi istifadə edirlər [9]. Sənaye istehsalında rəqəmsal əkizlərin bir çox uğurlu tətbiqləri mövcuddur [10], lakin neft-qaz sektorunda rəqəmsal əkizlər hələlik geniş tətbiq edilmir və onlar üçün sahədə geniş qəbul edilmiş bir model yoxdur. Bunları nəzərə alaraq, bu məqalədə rəqəmsal əkiz modelinin qurulması problemləri analiz edilir və neft-qaz sənayesində rəqəmsal əkizlər üçün konseptual model təklif edilir.

Rəqəmsal əkiz anlayışı

Rəqəmsal əkiz konsepsiyası (bəzən “güzgü modeli”, “rəqəmsal kölgə”, “rəqəmsal model” də adlandırılmışdır) artıq müəyyən müddətdir ki, mövcud idi, lakin süni intellektin və sənaye İnternetinin inkişafı ilə bu konsepsiya böyük populyarlıq qazanmağa başlamışdır. Rəqəmsal əkiz konsepsiyasının tarixi 1950-ci illərə gedib çıxır, bu zaman NASA (National Aeronautics and Space Administration – ABŞ Milli Kosmik Agentliyi), GE (General Electric) və digər sənaye istehsalçıları imitasiya modelləşdirməsində avadanlığın məhsuldarlığını və həyat dövrü ərzində uçotunu aparmaq üçün avadanlığın abstrakt rəqəmsal modellərini yaradırdılar [11].

Rəqəmsal əkiz konsepsiyasını istehsalatda ilk dəfə 2002-ci ildə Miçiqan Universitetindən Dr. Michael Grieves-in tətbiq etdiyi qəbul olunmuşdur (hazırda Florida Texnologiya İnstitutu). O, rəqəmsal əkizi “fiziki obyektin virtual, rəqəmsal ekvivalenti” kimi müəyyən etmişdi [12]. M. Grieves rəqəmsal əkizi məhsulun həyat tsiklinin idarə edilməsinin (*ing. Product Lifecycle Management, PLM*) əsasında duran konseptual model kimi təklif etmişdi.

Ancaq həmin dövrdə bu texnologiyayı ümumi istifadəyə yararlı hala gətirmək çox çətin və bahalı idi. Cəmi on il ərzində hər şey dəyişdi – “böyük verilənlər” və “Əşyaların İnterneti” (IoT – Internet of Things) texnologiyalarının sürətli inkişafı bu ideyanı həyata keçirməyə imkan verdi.

2014-cü ildə nəşr olunmuş texniki sənəddə [13] M. Grieves əvvəlki “fiziki məhsulun virtual rəqəmsal ekvivalenti” konsepsiyası əsasında rəqəmsal əkizin üçölçülü modelini təklif etmişdir. Grieves-ə görə rəqəmsal əkiz modeli ən azı üç əsas hissədən ibarət olmalıdır: real fəzada fiziki məhsullar; virtual fəzada virtual məhsullar və real və virtual məhsulları birlikdə birləşdirən verilənlər və informasiya əlaqələri [13]. Həmin vaxtdan rəqəmsal əkiz texnologiyaları sürətlə inkişaf etmişdir, bu, virtual dünyanın və fiziki dünyanın bir-birinə getdikcə daha çox bağlı olduğunu və bir tam kimi inteqrasiya olunduğunu əks etdirir. F.Tao və digərləri mövcud üçölçülü rəqəmsal əkiz modelinə daha iki ölçü – rəqəmsal əkiz verilənlərini və servislərini əlavə etməklə beşölçülü

model daxil etmişlər, məqsəd genişləndirmiş rəqəmsal əkizlərin daha çox sahədə tətbiqinə nail olmaqdır [14].

Rəqəmsal əkizlərə əvvəlki tədqiqatlarda verilmiş təriflərdə iki vacib xarakteristika vurğulanır: 1) Fiziki model ilə uyğun virtual model arasında bağlantı vardır; 2) Bu bağlantı sensorlardan istifadə etməklə real zamanda verilənlərin generasiyası ilə qurulur.

Rəqəmsal əkiz – canlı və ya cansız fiziki obyektin rəqəmsal surətidir [15]. Fiziki məhsulların, proseslərin, insanların, sistem və qurğuların rəqəmsal əkizlərini qurmaq və müxtəlif məqsədlər üçün istifadə etmək olar. Külək turbinləri, təyyarə mühərrikləri, lokomotivlər, böyük strukturlar üçün rəqəmsal əkizlər tətbiq edilir [14]. Maraqlı tətbiqlərdən biri də insan üçün rəqəmsal əkizin qurulmasıdır [16]. Rəqəmsal əkiz, həm də kiber-fiziki sistemlərin komponentidir [17].

GE-nin tərifinə görə, rəqəmsal əkiz “rəqəmsal obyektləri fiziki obyektlərlə bağlayan texnologiyadır. Dinamik, öyrənən və interaktiv olan texnologiyadır”. Rəqəmsal əkiz onun fiziki analoqu dəyişdikcə yenilənir və dəyişir. O, fiziki obyektin cari vəziyyətini – yerini, iş vəziyyətini, tərkibini və s. bilmək üçün sensorlardan istifadə edir. Daha sonra bu xam verilənlər, demək olar ki, real vaxtda virtual əkizə ötürülür, bunun sayəsində situasiya dinamik əks etdirilir. Rəqəmsal əkiz bu verilənlərdən özü öyrənir, həmçinin digər mənbələrdən dərin predmet bilikləri olan insan-ekspertlərdən, oxşar əkizlərdən də öyrənə bilər. Verilənlərin analizi, işlənməsi və modelləşdirilməsi lokal və ya bulud şəbəkəsində həyata keçirilə bilər ki, bu da fiziki cəhətdən çətin əlyətər olan hissələri və elementləri test etməyə imkan verir. Rəqəmsal əkiz fiziki analoqu ilə qarşılıqlı əlaqədə olmaqla onun əməliyyatlarını optimallaşdırır.

Rəqəmsal əkiz konsepsiyasını sənayedə tətbiq edən ilk şirkət GE-dir, şirkət onu öz külək turbinlərinin və aviasiya mühərriklərinin effektivliyini analiz etmək və yaxşılaşdırmaq üçün istifadə etmişdi. Bu günə qədər GE geniş çeşidli məhsullar, proseslər və sistemlər üçün yarım milyondan çox rəqəmsal əkiz hazırlamışdır.

NASA hər bir yeni avadanlığı əvvəlcə virtual mühitdə sınaqdan keçirir. Rəqəmsal əkizləri tələb olunan bütün xüsusiyyətlərə cavab verməyə qədər avadanlıqlar fiziki olaraq istehsal edilmirlər.

Rəqəmsal əkizlərin növləri

Tədqiqatçılar rəqəmsal əkizləri müxtəlif növlərə klassifikasiya edirlər.

Rəqəmsal əkizlər [12]-də rəqəmsal əkiz prototipi, rəqəmsal əkiz nümunəsi və rəqəmsal əkiz aqreqatı kimi növlərə ayrılır. Rəqəmsal əkiz prototipi fiziki məhsulu reallaşdırmaq üçün layihələr, analizlər və proseslərdən ibarətdir, fiziki məhsulun istehsalından əvvəl mövcuddur. Rəqəmsal əkiz nümunəsi istehsal edildikdən sonra məhsulun hər bir fərdi nümunəsinin rəqəmsal əkizidir. Rəqəmsal əkiz aqreqatı rəqəmsal əkiz nümunələrinin aqreqasiyasıdır, onların verilənləri və informasiyası fiziki məhsul, proqnoz və öyrənmə ilə əlaqədar sorğu-suallar üçün istifadə edilə bilər.

M.Parks sənayedə fəal istifadə olunan rəqəmsal əkizlərin aşağıdakı növlərini fərqləndirir [18]: hissə-əkizləri və ya komponent əkizləri (konkret istehsal hissəsi üçün qurulur), məhsul-əkizləri (məhsulun buraxılması ilə əlaqəlidir, onların əsas vəzifəsi texniki xidmət xərclərini azaltmaqdır), proses-əkizləri (onların məqsədi, məsələn, xidmət müddətinin artırılması ola bilər), sistem-əkizləri (bütövlükdə bütün sistemin optimallaşdırılması).

Əlaqədar işlərin analizi

Rəqəmsal əkizlərin arxitekturası, tətbiq sahələri son dövrlər intensiv tədqiqat aparılan sahələrə çevrilir. Aşağıda bu sahədə işlərin qısa icmalı verilir.

[14]-də rəqəmsal əkizlərin inkişafı və əsas komponentləri, müxtəlif sənaye sahələrində tətbiqləri sahəsində tədqiqatların müasir vəziyyəti ətraflı analiz edilir, hazırkı çağırışlar və gələcək işlərin bəzi mümkün istiqamətləri göstərilir.

Q.Qi və digərləri rəqəmsal əkiz üçün tətbiq sahələrini, dəstəkləyən texnologiyaları və alətləri analiz etmişlər [19]. Bu araşdırma əsasında nəticəyə gəlinmişdir ki, fərqli format, protokol və

standartlara malik ola bilən müxtəlif texnologiyaların və alətlərin inteqrasiyasını sürətləndirmək üçün rəqəmsal əkizlər üçün universal layihə və işləmə platformaları və alətləri tələb edilir.

Proses verilənlərinin tam avtomatlaşdırılmış toplanması, analizi və istifadəsi Industry 4.0 üçün əsas elementdir. Lakin istehsal proseslərinin planlaşdırılması əməliyyatlarının əksəriyyəti əl ilə aparılır. Rəqəmsal əkiz konsepsiyası istehsal prosesi ilə onun rəqəmsal əkizini birləşdirməklə verilənlərin toplanması ilə rəqəmsal əkizin yenilənməsi arasında minimal gecikmə təmin edir və optimallaşdırma üçün fundament yaradır. Kiber-fiziki prosesin real modelə maksimum uyğunluğunu təmin etmək üçün multi-modal verilənlər toplanmalı və analiz edilməlidir. Bu məqsədlə [20]-də verilənlər bazasının konsepsiyası işlənir, kiçik və ortaölçülü müəssisələrdə istehsal sistemlərində rəqəmsal əkizlərin reallaşdırılması üçün qaydalar təklif edilir.

Rəqəmsal əkizlər ağıllı istehsalata nail olunmasında vacib problem olan istehsalın kiber-fiziki inteqrasiyası üçün bir yol açır. [21]-də ağıllı istehsalatda *Big Data* və rəqəmsal əkiz konsepsiyalarına, onların məhsulun dizaynı, istehsalın planlaşdırılması, istehsal və prediktiv xidmətlərdə tətbiqlərinə baxılır. Onların oxşarlıqları və fərqləri ümumi cəhətdən və verilənlər baxımından müqayisə edilir. Ağıllı istehsalı stimullaşdırmaq üçün *Big Data* və rəqəmsal əkizlərin inteqrasiyası müzakirə olunur. Yeni nəsil İT-nin, xüsusilə də böyük verilənlərin və rəqəmsal əkizlərin inkişafı ilə ağıllı istehsal qlobal rəqəmsal transformasiyanın hərəkətverici qüvvəsinə çevrilir.

[22]-də rəqəmsal transformasiya konsepsiyasına müxtəlif yanaşmalar analiz edilir, neft-qaz sənayesində rəqəmsal transformasiya tendensiyaları və bu sahədə SOCAR-AQŞ-nin (Abşeron Qazma Şirkəti) təşəbbüsləri araşdırılır. Məqalədə dünyanın aparıcı şirkətlərinin öz əməliyyat mühitlərini yenidən formalaşdırmaq, daha böyük məhsuldarlığa, daha yüksək səmərəliliyə nail olmaq, xərcləri optimallaşdırmaq üçün rəqəmsal transformasiyadan necə istifadə etdiklərinə dair çoxsaylı misallar araşdırılır.

[23] qeyd edir ki, neft-qaz sənayesi qarşısında duran uzunmüddətli problemlərin həlli – istehsalın artırılması, xərclərin və itkilərin azaldılması, əmək təhlükəsizliyi və ətraf mühitin qorunması, idarəetmənin yaxşılaşdırılması üçün şirkətlər rəqəmsal transformasiyaya investisiyalar yatırır. Rəqəmsal transformasiya IIoT (Industrial IoT) və qabaqcıl proqram təminatı ilə məqsədyönlü qurulmuş hazır tətbiqlər vasitəsilə həyata keçirilə bilər. Şirkətlər platformadan asılı olmayan tətbiqlərdən istifadə edərək öz mövcud proqram təminatından yararlıya və əvvəlki investisiyalarını qoruya bilərlər.

[24]-də rəqəmsallaşmada istifadə olunan bəzi texnologiyalar təsvir edilir, təşkilati formanın inteqrasiya olunmuş əməliyyatlardan və rəqəmsal aktivlərdən dəyərin reallaşdırılması qabiliyyətinə necə təsir etdiyi müzakirə edilir. Əsas problemlərdən biri mülkiyyət modelləri səbəbindən verilənlərin bölmələr, sistemlər və kənar ekspertlərə əlverişliliyinin məhdudlaşmasıdır. Tətbiq səviyyəsində digər problem iş proseslərinin, iş modelinin dəyişdirilməsi zəruriliyinin nəzərə alınmamasıdır. Bu təcrübə nəzərə alınaraq “texniki xidmət planı üçün 8 addım” modeli işlənmişdir. Bütün müvafiq verilənlər bulud vasitəsilə əlverişli edilir, *Big data* üsulları ilə analiz edilərək avadanlıqların imtina obrazları və imtina rejimləri müəyyən edilir.

Neft-qaz sənayesində İT ilə yanaşı, sənaye avtomatlaşdırma texnologiyaları geniş istifadə edilir. Ənənəvi İT sistemlər ilə sənaye idarəetmə sistemləri arasındakı texnoloji və funksional fərqləri nümayiş etdirmək üçün “əməliyyat texnologiyaları” (ƏT, *ing. operational technology – OT*) termini istifadə edilir. ƏT sistemin fiziki vəziyyətini monitorinq etmək və dəyişmək üçün istifadə edilən aparat və proqram təminatıdır.

ƏT-yə sənaye avtomatlaşdırma və nəzarət sistemlərindən SCADA (*ing. Supervisory Control And Data Acquisition*), DCS (*ing. Distributed Control Systems* – paylanmış idarəetmə sistemləri), PLC (*ing. Programmable Logic Controller* – proqramlı bilən məntiqi sxemlər), açıq platforma kommunikasiyası serverləri, cihazlar və analizatorlar kimi mədən avadanlıqları daxildir. ƏT neft-qaz sektorlarında fiziki prosesləri izləmək (monitorinq) və idarə etmək üçün istifadə olunur; proseslərin parametrləri haqqında verilənlər əldə olunur və prosesləri avtomatlaşdırmaq üçün bu verilənlər istifadə edilir. Avtomatlaşdırma elektrik, mexaniki, hidravlik, pnevmatik aktuatorlar və

nəzarət klapanları vasitəsilə mümkündür.

Rəqəmsal əkiz konsepsiyasının mahiyyətə, İT və ƏT-nin səmərəli inteqrasiyasını nəzərdə tutduğu [25]-də vurğulanır. Ənənəvi olaraq, İT və ƏT öz protokolları, standartları və idarəetmə modelləri ilə işləyən iki ayrı sahə idi. Rəqəmsal əkizlərin neft-qaz sənayesinə gətirdiyi perspektivlər vurğulanır, aktivlərin menecmenti üzrə əsas platformalar və servis provayderləri barədə məlumat verilir.

[26]-da rəqəmsal əkizlərin səmərəliliyi artırmaq üçün necə istifadə olunacağı və neft-qaz sənayesinin daha geniş kontekstində istifadəsi – aktivlərin həyat dövrünün həm layihə, həm də əməliyyat fazalarında risk və maya dəyərinin azaldılmasına təsirinə xüsusi diqqət yetirməklə müzakirə edilir. Məqsəd rəqəmsal əkizlərin verdiyi qabaqcıl imkanları göstərmək və neft və qaz operatorlarının bu konsepsiyanı rəqabət üstünlüyünü artırmaq üçün necə istifadə edə biləcəklərini nümunələrlə göstərməkdir.

[27] IIoT verilənlərinin emalı və maşın təlimi yanaşmalarını inteqrasiya etməklə rəqəmsal əkiz əsasında istehsalın optimallaşdırılması üçün nəzəri platforma təklif edir. Məqalədə fiziki zavod ilə virtual rəqəmsal əkiz modeli arasında məlumat mübadiləsi, rəqəmsal əkizin modelləşdirilməsi prosesi, sistem arxitekturası və modelin qiymətləndirilməsi indeksləri təsvir edilir. Təklif olunan platforma və yanaşma neft-kimya zavodunun katalitik krekinq qurğusunda tətbiq olunmuş və nəticələr istehsalın optimallaşdırılması üçün bu yanaşmanın səmərəliliyini göstərmişdir.

[28]-də qazma quyusu üçün rəqəmsal əkizin yaradılması və istifadəsi konsepsiyası izah edilir, onun qazma əməliyyatlarının planlaşdırılması, hazırlanması və nəzarət edilməsinə birbaşa təsir edəcəyi göstərilir. Rəqəmsal əkizlər qazma zamanı sürətli və keyfiyyətli qərarlar qəbul etməyə, əməliyyatları optimallaşdırmağa, boşdayanma müddətini proqnozlaşdırmağa imkan verir. Rəqəmsal əkizlərin istifadəsinin əhəmiyyətini göstərən praktiki misallar təqdim olunur, ilk dəfə 2008-ci ildə tətbiq olunan həllin indiyə kimi dünyada bir çox operator tərəfindən qazmanın həyat dövründə dəfələrlə istifadə edilməsi vurğulanır.

[29]-da qazma quyusunun virtual modelinə əsaslanan rəqəmsal əkizdən istifadə etməklə quyuların qazılmasının optimallaşdırılması və əməliyyatların effektivliyinin artırılması müzakirə olunur. Rəqəmsal əkiz texnologiyası bütün qazma prosesi ərzində istifadə edilə bilər. Rəqəmsal əkizlərdən istifadə etməklə bir neçə maddədə qazma işləri tədqiq edilmişdir. Modelləşdirmə nəticələri 2D və 3D vizuallaşdırma formatlarında təsvir olunur. Rəqəmsal əkizin istifadəsi sayəsində istismar zamanı problemlər və risklər aşkarlanmışdır. Avtomatik diaqnostika siqnalları təhlükəli insidentləri vaxtından əvvəl aşkarlayaraq qarşısını almışdır.

Müəlliflər qeyd edirlər ki, rəqəmsal əkiz texnologiyası qazmanın avtomatlaşdırılması prosesində vacib rol oynayacaq. Bu texnologiya keyfiyyətə avtomatik nəzarət və qazma verilənlərinin kalibrovkasını, avtomatik proqnozu, avtomatik diaqnostikanı və qərar qəbulunun dəstəklənməsini və son nəticədə, qazma prosesinin real zaman rejimində avtomatik optimallaşdırılmasını təmin edəcək. Bunlara rəqəmsal əkizi qazma qurğusunun idarəetmə sisteminə qoşmaqla nail olunacaq.

Rəqəmsal əkiz texnologiyası neft-qaz sənayesində

Neft-qaz sənayesində rəqəmsal transformasiya mərhələsinin başlanğıcı 21-ci əsrin ilk illəri hesab olunur. Lakin neft-qaz sektoru kompüter texnikasını ilk tətbiq edən sahələrdən biridir və burada rəqəmsal inqilab 1960-cı illərdə başlanmışdır. Artıq 1960-cı illərin əvvəlində kompüterlər layların modelləşdirilməsi, qravimetrik ölçmələrin aparılması və proqnozlaşdırma üçün istifadə edilirdi. 1973-cü ildə mədən verilənlərinin emalı üçün ilk böyük işçi stansiyalar meydana çıxdı, həmin dövrdən neft mədənlərində rəqəmsal avtomatlaşdırma hasilat əməliyyatlarının hər bir mərhələsində əhəmiyyətli rol oynamağa başladı.

Fərdi kompüterlər və daha sonra meydana çıxan kiçikölçülü qurğular mədən işlərini əhəmiyyətli dərəcədə optimallaşdırmağa kömək etdilər. Hazırda kəşfiyyat, hasilat, emal və satış verilənləri çox vaxt buludların və şəbəkələrin üstünlüklərindən istifadə etməklə emal edilir.

Mədənin işlənməsi haqqında informasiya emal edildikdən sonra xüsusi tətbiqlərin köməyi ilə əlaqədar şəxslərin mobil qurğularına real vaxt rejimində ötürülür. Mobillik bütün sutka ərzində nəzarəti və sürətli qərar qəbulunu təmin edir.

Bu texnoloji inkişafın nəticəsini keçən əsrin sonlarında “ağıllı/intellektual” neft mədəni adlandırmağa başladılar. Təkcə transmilli neft şirkətləri deyil, bir çox milli neft şirkətlərində də ağıllı neft mədənləri üzrə layihələr həyata keçirilmişdir, onlardan bəziləri [30]-da analiz edilir. SOCAR-da ağıllı neft mədəni vahid planlaşdırma metodologiyasının və sisteminin, işçi heyət üçün mobil qurğuların və rəhbərlik üçün operativ hesabatlılıq sisteminin köməyi ilə reallaşdırılıb [31].

Neft-qaz sənayesində nəhəng imkanları təmin etmək üçün əsas rəqəmsal platforma “ağıllı mədəndir”. Bu həllər Big Data, IoT, rəqəmsal əkizlər, robotlaşdırılmış texnika, dronlar və başqaları kimi Sənaye 4.0 texnologiyalarını əhatə edir. Qeyd edək ki, hazırda transmilli və milli neft-qaz şirkətlərinin ağıllı mədən texnologiyaları ilə məşğul olan xüsusi bölmələri var. Belə şirkətlər – Shell (“Smart Fields”), BP (“Field of the Future”), Chevron (“iFields”), həmçinin Saudi Aramco, Petrobras, Kuwait Oil və başqalarıdır.

Rəqəmsallaşmadan ən böyük effektin kəşfiyyat və hasilat, yəni *upstream* sektorunda əldə ediləcəyi gözlənilir. Neft yatağının rəqəmsal əkizinin yaradılması və distant monitorinqinin aparılması əhəmiyyətli sayda hasilat quyusunun mərkəzləşdirilmiş idarə edilməsinə şərait yaradır. [32]-də verilənlərin intellektual analizi əsasında neft quyusu üçün rəqəmsal əkizin konseptual modeli təklif edilir.

Son illərdə rəqəmsal dünyada eksponensial sürətlə baş verən texnoloji inkişaf təkcə mədən mühəndisliyində deyil, neft-qaz sənayesinin bütün ekosistemində – kəşfiyyat yatağından son istehlakçıya kimi rəqəmsal əkizləri tətbiq etməklə sistemləri inteqrasiya etməyə, proseslərin idarə edilməsinin vahid sistemini formalaşdırmağa imkan verir. Elmi-tədqiqatlarda qazma [28, 29], neft-kimya sənayesi [27], neft kəmərləri [33, 34] üçün rəqəmsal əkiz texnologiyalarının işlənməsi məsələlərinə baxılmışdır.

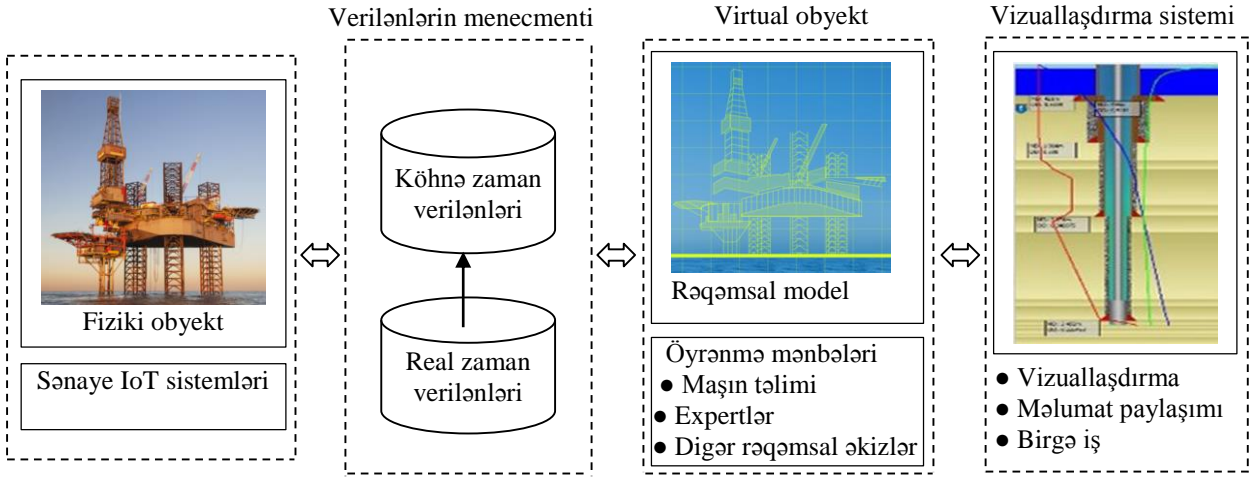
Vacib tətbiq istiqamətlərindən biri də neft-qaz sənayesi avadanlıqlarında imtinaların proqnozlaşdırılması və planlaşdırılmamış dayanmaların aradan qaldırılması üçün rəqəmsal texnologiyaların işlənməsidir [35]. Normal situasiyalarda qurğunun imtinasız iş müddətinin hətta kiçik yaxşılaşdırılması da gəlirlərin artırılmasında çox mühüm faktordur.

Rəqəmsal transformasiya çərçivəsində neft-qaz sektoru ənənəvi qazma üsulunun çərçivəsindən kənara çıxmalı və yeni, daha səmərəli texnologiyalar istifadə etməlidir.

Rəqəmsal əkizlərin qazmada istifadəsi quyuların qazılmasının planlaşdırılması, monitorinqi və tikintisi sahəsində daha qabaqcıl və xərclər baxımından səmərəli metodudur. Rəqəmsal əkiz qazmada quyu qurulmasının həyat tsikli ərzində termohidravliki və mexaniki modellərin əsasında qabaqcıl quyu verilənlərini və qazmanın fiziki sisteminin genişləndirilmiş modelləşdirilməsini istifadə etməlidir. Bu, əməliyyatlar üçün bir neçə üstünlük təmin edir və qazmanın məhsuldarlığını yaxşılaşdırır. Qazmanın həyat dövrü ərzində müxtəlif qazma modelləri istifadə edilir. Əməliyyatlar zamanı quyudan alınmış real zaman verilənləri rəqəmsal əkiz modelindən alınmış verilənlərlə birlikdə istifadə edilir. Bu, anomaliyaların erkən aşkarlanmasını təmin edir, erkən diaqnostika məlumatları verməklə problemlər reallaşmadan onlardan qaçmağa imkan verir. Bu, qeyri-məhsuldar müddəti azaltmağa və təhlükəsizliyi yüksəltməyə kömək edir.

Rəqəmsal əkizin təklif edilən konseptual modeli

Neft-qaz sənayesi üçün təklif edilən rəqəmsal əkiz modelinin arxitekturası şəkil 1-də göstərilib. Rəqəmsal əkizin arxitekturasına fiziki obyekt, verilənlərin vahid saxlancısı və mərkəzləşdirilmiş menecmenti (idarə edilməsi) sistemi, virtual obyekt və vizuallaşdırma sistemi daxildir.



Şəkil 1. Neft-qaz sənayesi üçün rəqəmsal əkiz arxitekturası

Təklif edilən arxitektura ümumiləşdirilmiş xarakter daşıyır, burada fiziki obyekt kimi neft-qaz sənayesinin *upstream*, *midsteam* və *downstream* sektorlarından olan müxtəlif obyektlər (neft quyusu, neft mədəni, neft-kimya müəssisəsi, neft məhsullarının satış nöqtələri və s.) çıxış edə bilər. Modelin girişinə istehsalın (bazarın) tələbatı əsasında formalaşan verilənlər verilir, modelin çıxışında məhsul və xidmətlər alınır. Nəticələri istifadəçiyə rahat şəkildə vizuallaşdırmaq imkanları nəzərdə tutulur.

Verilənlərin menecmenti (idarə olunması). Hazırda ölçmə cihazları ilə təchiz edilmiş mədənlərdə quyulardan və mədən toplama sistemi avadanlıqlarından gələn böyük həcmdə verilənlər generasiya edilir. Çox vaxt bir mədəndə ölçmə sayı dəqiqədə milyonlarla vahidə çatır. Rəqəmsal əkiz sistemində verilənlərin idarə edilməsinin bir neçə əsas komponenti var:

- mədən verilənlərini idarəetmə sistemi (*ing. Production Data Management System, PDMS*);
- real zaman verilənlərinin süzülməsi, təmizlənməsi və qismən emal edilməsi sistemi;
- arxiv verilənləri serverləri, verilənlərin saxlanması bazaları və sistemləri – real vaxt verilənlərini, həmçinin istismar və statik verilənləri, mədən haqqında məlumatları və faylları saxlamaq üçün yaradılır.

Qarşıya qoyulmuş məsələlərin həlli üçün verilənlərin effektiv menecmenti sisteminin əsasında miqyaslanma, genişlənmə və modernləşmə imkanları olan texnologiyalardan istifadə etmək lazımdır. Buna görə rəqəmsal əkizin uğurla həyata keçirilməsi üçün ən vacib element verilənlərlə işləmək üçün standart metodların yaradılması və hazır məhsula çevrilməsidir.

Virtual obyekt – obyektin bir sıra modellərin köməyi ilə yaradılmış fiziki obrazıdır, bu modellər obyektin ayrı-ayrı komponentlərinin riyazi, imitasiya və digər modelləridir. Virtual obyektə bu modellər və digər alətlər bir yerdə inteqrasiya olunur. Mahiyyətcə, virtual obyekt – kompüterdə obyektin davranışını izah edən bir sıra tətbiqlərdən ibarət proqram təminatıdır. Tətbiqlər obyektin fəaliyyətinə real vaxt rejimli nəzarət sistemi kimi istifadə olunur və bu sistem obyektin bütün həyat dövrü ərzində fəaliyyətdə olur.

Virtual obyektə modellərin saxlanması və idarə edilməsi üçün mərkəzləşdirilmiş sistem istifadə edilir. Bu sistem modellərə, verilənlərə, hesabatlara istifadəçilərin girişini təmin edir, modelə kim tərəfindən və nə üçün dəyişiklik edildiyini qeyd alır, modellərə edilmiş dəyişiklikləri zamana görə avtomatik izləyir və zəruri olduqda modellərin köhnə versiyalarına girişi təmin edir.

Virtual obyektə mühüm sistemlərdən biri ekspert biliklərinin toplanması sistemidir. Sınaqdan yaxşı çıxmış mühəndislik üsulları və toplanmış təcrübə neft-qaz şirkətləri üçün çox böyük əhəmiyyət daşıyır. Ekspert biliklərinin mütəşəkkil və strukturlaşdırılmış şəkildə toplanması və real zaman rejimində qarşılıqlı əlaqənin dəstəklənməsi məhsuldarlığın artmasının və şirkətin

böyüməsinin açarındır. Ekspert biliklərinin toplanması fərdi təcrübənin iş proseslərinə və analize tətbiqi yolu ilə dəstəklənir.

Vizuallaşdırma sistemi – vizual təqdimat layı rəqəmsal əkizin “sifəti”dir. O, mühəndislik proseslərini, verilənlərin idarə edilməsini və modelləri, müxtəlif mənbələrdən alınmış informasiyanı və nəticələri əyani formada əks etdirir, bu, obyektə baş verən proseslərin effektiv monitorinqinə, nəzarətinə və idarə edilməsinə imkan verir. Vizuallaşdırma qatı eyni zamanda müxtəlif verilənləri və indikatorları (mühəndislik, istehsal, iqtisadi və s.) inteqrasiya edərək obyektin cari vəziyyəti barədə aydın təsəvvür verir. Vizuallaşdırma sisteminin köməyi ilə verilənlər mühəndislərə, operatorlara, menecerlərə və sistemin digər "istifadəçilərinə" vizual formada təqdim edilə bilər. Vizuallaşdırma baxılan obyekt, tədqiqat qruplarını, menecmenti birləşdirməklə və qarşılıqlı əlaqəli informasiya təqdim etməklə səmərəliliyi artırır.

Rəqəmsal əkiz modelinin qurulması üçün baza texnologiyaları kimi mobil texnologiyalar, bulud hesablamaları, Big data və süni intellekt çıxış edir. Fiziki obyektəki sənaye IoT sistemlərindən alınan real zaman verilənləri mobil texnologiyalar vasitəsilə buluda ötürülür. Bu verilənlər buludda Big data texnologiyaları vasitəsilə emal edilir və saxlanır. Rəqəmsal modelin öyrədilməsi, validasiyası və optimallaşdırılması üçün süni intellektin bugünkü tətbiqlərində aparıcı istiqamət olan maşın təlimi (*ing. Machine Learning, ML*) istifadə edilir [36]. Maşın təlimi keçmiş təcrübə (yəni verilənlər və ekspert bilikləri) əsasında öyrənməklə öz iş xarakteristikalarını yaxşılaşdıran alqoritmləri öyrənir. Son onillikdə maşın təlimi metodları bir sıra texnoloji irəliləyişlər, əlyetər hesablama resurslarının artması və təlim verilənlərinin bolluğu sayəsində kəskin sıçrayış etmişdir. 2006-cı ildən başlayaraq dərin təlim (*ing. Deep Learning*) maşın təlimi tədqiqatlarında aparıcı yer tutur [37].

Maşın təlimi metodlarını neft-qaz şirkətlərinin bütün fəaliyyət istiqamətlərində tətbiq etmək olar: geoloji-kəşfiyyat, qazma, hasilat, nəqləmə, emal, satış və s. Maşın təliminin tətbiqi baxımından qlobal istiqamətlər – seysmik kəşfiyyat verilənlərinin analizini, geoloji modellərin qurulmasını, quyu karotajı verilənlərinin analizini, quyuların geoloji tədqiqatını, geoloji-texniki tədbirlərin görülməsi üzrə qərarların qəbul edilməsini tam avtomatlaşdırmaqdır.

Nəticə və gələcək tədqiqatlar

Karbohidrogen ehtiyatlarının strukturunun pisləşməsi, dünya bazarında enerji resurslarının qiymətinin yüksək dəyişkənliyi və rəqabətin kəskinləşməsi şəraitində ölkənin neft-qaz sənayesi əməliyyatların səmərəliliyini və məhsuldarlığını artırmalı, istehsal fəaliyyətlərini sadələşdirməli, xərcləri azaltmalı və nəticədə yeni bazarlara və hasilat regionlarına çıxma bilməlidir. Bu hədəflərə çatmaq yolu rəqəmsal texnologiyaların tətbiqi ilə əlaqədardır. Əsas məsələ müxtəlif mənbələrdən toplanmış verilənlərin bütün potensialından tam istifadə etməklə neft-qaz sənayesi obyektlərində vəziyyətin monitorinqi və qiymətləndirilməsini, görülməsi zəruri tədbirlər barədə qərarların qəbul edilməsini və onların həyata keçirilməsini tam avtomatlaşdırmaqdır. Rəqəmsal əkiz texnologiyası bu məsələlərin həlli üçün əlverişli zəmin yaradır. Yeni nəsil rəqəmsal texnologiyaların, xüsusilə müasir Əşyaların İnterneti vasitələrinin və süni intellekt sistemlərinin köməyi ilə istifadəçi real obyektlərlə deyil, onların rəqəmsal əkizləri ilə qarşılıqlı əlaqədə olur.

Məqalədə neft-qaz sənayesi üçün rəqəmsal əkiz texnologiyasının hazırkı vəziyyəti analiz edilmiş, bu sahə üçün ümumiləşdirilmiş rəqəmsal əkiz modeli təklif edilmiş və onun komponentləri təsvir edilmişdir. Gələcək tədqiqatlarda təklif edilmiş modeldən çıxış etməklə konkret neft-qaz sənayesi obyektləri üzrə rəqəmsal əkiz prototiplərinin yaradılması nəzərdə tutulur.

Minnətdarlıq. Bu iş Azərbaycan Respublikası Dövlət Neft Şirkətinin (SOCAR) Elm Fondunun maliyyə yardımı ilə yerinə yetirilmişdir – **Müqavilə № 23LR – AMEA.**

Ədəbiyyat

1. Sharma P., Hamedifar H., Brown A., & Green R. The dawn of the new age of the industrial Internet and how it can radically transform the offshore oil and gas industry / Offshore Technology Conference, 2017, 7 p. DOI: 10.4043/27638-MS.
2. Schwab K. The fourth industrial revolution. New York: Crown Business Publishing Group. 2016, 192 p.
3. Lu H., Guo L., Azimi, M., & Huang K. Oil and Gas 4.0 era: A systematic review and outlook // Computers in Industry, 2019, vol.11, pp.68–90.
4. Taliangis P. Digital transformation of the oil, gas and energy value chain // The APPEA Journal, 2018, vol.58, no.2, pp.488–492.
5. Reis J., Amorim M., Melão N., & Matos P. Digital transformation: a literature review and guidelines for future research / World Conference on Information Systems and Technologies, 2018, pp.411–421.
6. Rasheed A., San O., & Kvamsdal T. Digital twin: Values, challenges and enablers. arXiv preprint arXiv:1910.01719. 2019, 31 p.
7. Gartner identifies the top 10 strategic technology trends for 2018. Gartner, Inc., 4 October 2017. <https://www.gartner.com/newsroom/id/3812063>.
8. Gefen C. Digital twin market-growth, size, share, forecast, industry analysis 2019-2027. 2019. <https://works.bepress.com/charlie-gefen/63/download/>
9. Tjønn A. Digital twin through the life of a field / Abu Dhabi International Petroleum Exhibition & Conference, 2018, pp.1–6. DOI: 10.2118/193203-MS.
10. Kritzinger W., Karner M., Traar G., Henjes J., & Sihm W. Digital twin in manufacturing: A categorical literature review and classification // IFAC-PapersOnLine, 2018, vol.51, no.11, pp.1016–1022.
11. Lim K. Y. H., Zheng P., & Chen C. H. A state-of-the-art survey of digital twin: Techniques, engineering product lifecycle management and business innovation perspectives // Journal of Intelligent Manufacturing, 2020, vol.31, pp.1313–1337. DOI: 10.1007/s10845-019-01512-w.
12. Grieves M., & Vickers J. Digital twin: Mitigating unpredictable, undesirable emergent behavior in complex systems. In: Kahlen F.J., Flumerfelt S., Alves A. (eds) Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems. Springer, 2017, pp.85–113.
13. Grieves M. Digital twin: Manufacturing excellence through virtual factory replication. White paper, 2014, 8 p.
14. Tao F., Zhang H., Liu A., & Nee A.Y. Digital twin in industry: State-of-the-art // IEEE Transactions on Industrial Informatics, 2018, vol.15, no.4, pp.2405–2415.
15. El Saddik A. Digital twins: The convergence of multimedia technologies // IEEE MultiMedia, vol. 25, no. 2, pp. 87-92. DOI:10.1109/mmul.2018.023121167.
16. Barricelli B.R., Casiraghi E., Gliozzo J., Petrini A., & Valtolina S. Human digital twin for fitness management // IEEE Access, 2020, 8, 26637-26664.
17. Negri E., Fumagalli L., & Macchi M. A review of the roles of digital twin in CPS-based production systems // Procedia Manufacturing, 2017, vol.11, pp.939–948.
18. Parks M. Digital twinning: Types of digital twins. <https://eu.mouser.com/applications/digital-twinning-types/>
19. Qi Q., Tao F., Hu T., Anwer N., Liu A., Wei Y., Wang L., Nee A. Enabling technologies and tools for digital twin // Journal of Manufacturing Systems, 2019, vol.10, pp.129–145.
20. Uhlemann T.H.J., Lehmann C., & Steinhilper R. The digital twin: Realizing the cyber-physical production system for industry 4.0 // Procedia CIRP, 2017, vol.61, pp.335–340.
21. Qi Q., & Tao F. Digital twin and big data towards smart manufacturing and industry 4.0: 360 degree comparison // IEEE Access, 2018, vol.6, pp.3585–3593.
22. Zeynalli A., Butdayev R., & Salmanov V. Digital transformation in oil and gas industry / SPE Annual Caspian Technical Conference, 2019, 7 p. DOI: 10.2118/198337-MS.

23. Berge J. Digital transformation and IIoT for oil and gas production / Offshore Technology Conference, 2018, 10 p. DOI: 10.4043/28643-MS.
24. Devold H., Graven T., & Halvorsrød S.O. Digitalization of oil and gas facilities reduce cost and improve maintenance operations / Offshore Technology Conference, 2017, 16 p. DOI:10.4043/27788-MS.
25. Poddar T. Digital twin bridging intelligence among man, machine and environment / Offshore Technology Conference Asia, 2018, 4 p. DOI: 10.4043/28480-MS.
26. LaGrange E. Developing a digital twin: The roadmap for oil and gas optimization / SPE Offshore Europe Conference and Exhibition, 2019, 14 p. DOI: 10.2118/195790-MS.
27. Min Q., Lu Y., Liu Z., Su C., & Wang B. Machine learning based digital twin framework for production optimization in petrochemical industry // International Journal of Information Management, 2019, vol.49, pp.502–519.
28. Nadhan D., Mayani M. G., & Rommetveit R. Drilling with digital twins / IADC/SPE Asia Pacific Drilling Technology Conference and Exhibition, 2018.
29. Mayani M.G., Baybolov T., Rommetveit R., Ødegaard S.I., Koryabkin V., & Lakhtionov S. Optimizing drilling wells and increasing the operation efficiency using digital twin technology / IADC/SPE International Drilling Conference and Exhibition, 2020, 10 p. DOI:10.2118/199566-MS.
30. Temizel C., Canbaz C.H., Palabiyik Y., Putra D., Asena A., Ranjith R., and Jongkittinarukorn K. A comprehensive review of smart/intelligent oilfield technologies and applications in the oil and gas industry / SPE Middle East Oil and Gas Show and Conference, 2019, 22 p. DOI: 10.2118/195095-MS.
31. Пилипенко Д. Цифровое месторождение. Взгляд компании SAP // Дайджест НефтеГаз, 2018, №4 (11) с.10–11.
32. Kosenkov S., Turchaninov V.Y., Korovin I.S., & Ivanov D.Y. Digital twin of the oil well, based on data mining technologies / Proc. of the 2nd International Conference on Modeling, Simulation and Optimization Technologies and Applications, 2018, pp.233–238.
33. Du L., & Yao A. Digital techniques and its application in oil and gas pipelines // Oil & Gas Storage and Transportation, 2007, vol.26, no.6, pp.7–10.
34. Hlady J., Glanzer M., & Fugate L. Automated creation of the pipeline digital twin during construction: Improvement to construction quality and pipeline integrity / 12th International Pipeline Conference, 2018, 12 p. DOI: 10.1115/IPC2018-78146.
35. Alguliyev R.M., Imamverdiyev Y.N., Sukhostat L.V. Intelligent diagnosis of petroleum equipment faults using a deep hybrid model // SN Applied Sciences, vol.2, 2020, pp.1–16.
36. Hajizadeh Y. Machine learning in oil and gas; a SWOT analysis approach // Journal of Petroleum Science and Engineering, 2019, vol.176, pp.661–663.
37. Zhang C., Zhou G., Hu J., & Li J. Deep learning-enabled intelligent process planning for digital twin manufacturing cell // Knowledge-Based Systems, 2020, vol.191, 105247.

УДК 004.056:351

Имамвердиев Ядигар Н.

Институт Информационных Технологий НАНА, Баку, Азербайджан
yadigar@iit.science.az

Концептуальная модель цифровых близнецов для нефтегазовой промышленности

Нефтяные и газовые компании предполагают использовать технологию Industrial 4.0 для сохранения конкурентного преимущества перед лицом ухудшающейся структуры запасов углеводородов, нестабильных и резко снижающихся цен на энергоносители. Концепция «Нефть и газ 4.0», основанная на подходе Industry 4.0, стоит на повестке дня компаний последние 2-3 года. Хотя концепция «Нефть и газ 4.0» все еще находится в зачаточном состоянии, технология цифровых близнецов как одна из ее основных технологий привлекла

большое внимание, но все еще существуют некоторые недоразумения относительно того, как ее можно использовать для создания дополнительных выгод при нефтегазовых операциях. Цифровой близнец – это виртуальный прототип реального физического объекта (нефтяного месторождения, скважины, оборудования или элемента инфраструктуры), продукта или процесса, суть которого заключается в сборе цифровых данных и использовании их для мониторинга и управления физическим объектом, а также оптимизации принятых решений. Несмотря на успешное применение цифровых близнецов в ряде отраслей, нефтегазовая отрасль только сейчас начинает применять эту технологию, и ряд задач, связанных с этим, становится все более актуальным. Целью данной работы являются анализ проблем разработки моделей цифровых близнецов в нефтегазовой промышленности и разработка обобщенной концептуальной модели для цифровых близнецов. Применение цифровых близнецов в нефтегазовой отрасли анализируется с точки зрения интеграции информационных и операционных технологий. Подробно описываются компоненты системы управления данными, виртуального объекта и системы визуализации, входящие в предлагаемую модель цифрового близнеца. Для управления данными, процессами и моделями, которые входят в виртуальный объект, используются централизованные системы. Модели обучаются посредством машинного обучения, а также могут использовать знания экспертов и практику подобных цифровых близнецов.

Ключевые слова: нефтегазовая отрасль, цифровизация, цифровая трансформация, цифровые близнецы, цифровое месторождение, машинное обучение, IoT.

Yadigar N. Imamverdiyev

Institute of Information Technology of ANAS, Baku, Azerbaijan
yadigar@iit.science.az

A conceptual model of digital twin for the oil and gas industry

Oil and gas companies hope to use Industrial 4.0 technology to maintain a competitive advantage in the face of a deteriorating structure of hydrocarbon resources, volatile and sharply declining energy prices. The concept of “Oil and Gas 4.0”, based on the approach of Industry 4.0, has been on the agenda of companies for the last 2-3 years. Although Oil and Gas 4.0 is still in its infancy, the technology of digital twin as one of its main technologies has attracted much attention, but there are still some misunderstandings as to how it can be used to create additional benefits in oil and gas operations. A digital twin is a virtual prototype of a real physical object (oil field, well, equipment or infrastructure element), a product or process, the essence of which is to collect digital data and use it to monitor, manage and optimize the physical object. Despite the successful use of digital twin in a number of industries, the oil and gas industry is just beginning to apply this technology, and a number of associated problems are becoming increasingly important. The aim of this work is to analyze the problems of developing digital twin models in the oil and gas industry and to develop a generalized conceptual model for digital twin. The use of digital twin in the oil and gas industry is analyzed in terms of the integration of IT and operational technology. The components of the data management system, virtual object and visualization system, which are part of the proposed digital twin model, are described in detail. Centralized systems are used to manage the data, processes, and models that make up the virtual object. Models are trained through machine learning, and can also use the knowledge of experts and similar digital twins.

Keywords: oil and gas industry, digitalization, digital transformation, digital twin, digital oilfield, machine learning, IIoT.