

İmamverdiyev Y.N.AMEA İnformasiya Texnologiyaları İnstitutu, Bakı, Azərbaycan
yadigar@iit.science.az**NEFT VƏ QAZ 4.0: MÖVCUD HƏLLƏR, PERSPEKTİVLƏR VƏ PROBLEMLƏR**

Daxil olmuşdur: 07.11.2020. Düzəliş olunmuşdur: 08.12.2020. Qəbul olunmuşdur: 13.12.2020.

Məqalə neft-qaz sənayesinin Industry 4.0 texnologiyalarına keçidi zamanı meydana çıxan problemlərin analizinə həsr olunub. Neft-qaz şirkətləri karbohidrogen ehtiyatlarının strukturunun pisləşməsi, enerji resurslarının qiymətinin dəyişkənliyi və kəskin ucuzlaşması şəraitində rəqabət üstünlüyünü qorumaq üçün Industry 4.0 texnologiyalarının tətbiqinə ümid edirlər. Neft-qaz şirkətləri müxtəlif proseslərin optimallaşdırılması üçün Əşyaların İnterneti, bulud hesablamaları, süni intellekt kimi texnologiyaları xeyli müddətdir ki, tətbiq edirlər. Industry 4.0-in üstün cəhəti, həm də mövcud texnologiyaları bir sistemdə inteqrasiya etməsi və bunun əsasında daha yüksək sinerji təmin etməsidir. Industry 4.0 yanaşması əsasında belə vahid sistemin formalaşdırılmasını hədəfləyən “Neft və Qaz 4.0” konsepsiyası son 2-3 ildə şirkətlərin gündəliyinə daxil olmuşdur. “Neft və qaz 4.0” konsepsiyasının formalaşdırılması hələlik ilkin mərhələdədir və böyük diqqət çəksə də, onun neft və qaz əməliyyatlarına dəyər əlavə etməsi üçün necə istifadə ediləcəyi ilə bağlı bir sıra anlaşılmazlıqlar qalmaqdadır. Bu işin məqsədi neft-qaz sənayesində Industry 4.0 texnologiyalarına keçid proseslərinin və bu zaman qarşıya çıxan problemlərin sistemli analizidir. Industry 4.0-in əsas xüsusiyyətləri və onun baza texnologiyalarının neft-qaz sənayesində tətbiqi vəziyyəti analiz edilir. “Neft və Qaz 4.0” konsepsiyasının əsas komponentləri üzrə problemlər analiz edilir və müvafiq tövsiyələr işlənir. Tədqiqatda sistemləşdirmə, ümumiləşdirmə, müqayisəli analiz və sistemli yanaşma metodlarından istifadə edilmişdir. Alınmış nəticələrin neft-qaz sənayesində Industry 4.0 əsasında rəqəmsal transformasiya strategiyasının işlənməsi və həyata keçirilməsində önəmli təbiiqləri gözlənilir.

Açar sözlər: Industry 4.0, Neft və Qaz 4.0, kiberfiziki sistemlər, süni intellekt, rəqəmsal transformasiya, IIoT.

Giriş

Hazırda dünyada Industry 4.0 adlandırılan dördüncü sənaye inqilabı baş verir – “ağıllı” fabriklər, zavod-printerlər və Əşyaların İnterneti insanı istehsalatda əvəz edir [1].

Industry 4.0-in əsas komponentləri istehsalat prosesində verilənləri toplamağa imkan verən “ağıllı sensorlar”, böyük həcmdə verilənlərin digər maşınlarla, zavodlara və insanlara ötürülməsini təmin edən sənaye İnterneti, verilənləri və xidmətləri istənilən yerdə təqdim edən bulud xidmətləri, öz istehsalat trayektoriyalarını özləri müəyyən edən “ağıllı dəzgahlar”dır [2]. Texnoloji olaraq bu, yalnız “dəzgahların və maşınların vahid şəbəkəsinin” yaradılmasını deyil, onların cari işinin fasiləsiz və müstəqil optimallaşdırılmasını, istehsalın böyük çevikliyi, sifarişlərin fərdiləşdirilməsini və istehlakçı ilə daha sıx əlaqəni nəzərdə tutur.

Hazırda Industry 4.0 konsepsiyası istehsalat (Manufacturing 4.0), energetika (Energy 4.0), hərbi, təhsil (Education 4.0), səhiyyə (Healthcare 4.0), kənd təsərrüfatı (Agriculture 4.0), logistika (Logistics 4.0), məişət sahələrində geniş miqyasda həyata keçirilir və bir çox ölkələr Industry 4.0 üzrə öz milli strategiyalarını qəbul etmişlər [3].

Adətən, texnoloji yeniliklərin tətbiqində konservativ hesab edilən neft-qaz şirkətləri də istehsalın təşkilinin bu yeni konsepsiyasına əhəmiyyətli maraq göstərirlər. Dünya bazarlarında neftin qiymətinin kəskin ucuzlaşması və xaotik dəyişkənliyi, neft ehtiyatlarının tükənməsi ilə xarakterizə edilən çətin bir dövrü yaşayan neft-qaz şirkətlərində istehsalın təşkili yanaşmalarına yenidən baxmağa və yüksək texnologiyalı, “ağıllı” istehsala keçidə ehtiyac yaranıb [4, 5].

Industry 4.0-in inkişafı ilə son illərdə “Neft və Qaz 4.0” konsepsiyası da gündəmə gəlmişdir [6]. “Neft və Qaz 4.0” planını ilk dəfə 2018-ci ildə Abu Dabi Beynəlxalq Neft Sərgi və Konfransında ADNOC (Abu Dhabi National Oil Company) Qrupunun baş icraçı direktoru təqdim etmişdi. Bəzi ekspertlər hesab edirlər ki, “Neft və qaz 4.0” neft-qaz sənayesində vəziyyəti tamamilə dəyişə və çox böyük faydalar gətirə bilər. “Neft və qaz 4.0” strategiyasına aid cəmi bir neçə elmi məqalə vardır [6, 7, 8], marketinq xarakterli əlyəzər “ağ məqalələr”də isə heç nə ilə əsaslandırılmamış pafoslu proqnozlar üstünlük təşkil edir [9].

Bu məqalədə Industry 4.0-in aparıcı texnologiyaları və onların neft-qaz sənayesində tətbiqi problemləri analiz edilir.

Industry 4.0-in əsas xüsusiyyətləri

İstehsalın mexanikləşdirilməsi (Industry 1.0), elektrikləşdirilməsi (Industry 2.0) və avtomatlaşdırılması (Industry 3.0) texnologiyalarının geniş inkişafının nəticəsi olan Industry 4.0 “*kiberfiziki sistemləşdirmə*” kimi xarakterizə edilir [10].

Kiberfiziki sistemlər (KFS) – texnologiyaların və fiziki proseslərin hibrididir [11]. Kiberfiziki sistemlərin əsas ideyası maksimum avtomatlaşdırma, insanın istehsal və biznes proseslərindən qismən və ya tam kənarlaşdırılmasıdır. Çünki insan həmişə zəif bənddir, insan faktoru çox vaxt səhvlərin, qeyri-dəqiqliklərin səbəbi olur və nəticədə biznes zərər görür. Bəzi sahələrdə insan səhvləri hətta faciəli nəticələrə, məsələn iş yerindəki zədələnmələrə səbəb ola bilər.

KFS-lərdə hesablama elementləri kommunikasiya komponentləri vasitəsilə müəyyən kiberfiziki parametrlərin monitorinqini təmin edən sensorlarla, həmçinin kiberfiziki mühitə dəyişikliklər edən icra elementləri ilə qarşılıqlı əlaqədə olur. Mahiyyətə, KFS fiziki mühiti daha yaxşı başa düşmək və daha dəqiq əməliyyatlar yerinə yetirmək üçün bu mühitdə paylanmış intellektual sensorlardan alınmış verilənləri birləşdirir [11].

Bəzən analitiklər və ekspertlər KFS-ləri robototexniki sistemlər, Əşyaların İnterneti və ya simsiz sensor şəbəkələri ilə eyniləşdirirlər. Onlar həqiqətən də yaxın anlayışlardır, lakin müəyyən fərqlər vardır. Nəzərə almaq lazımdır ki, KFS hesablama və fiziki elementlər arasında əlaqənin, inteqrasiyanın, qarşılıqlı nüfuzetmənin dərinləşməsinə hədəfləyir. Bu adaptivliyi, avtonomluğu, effektivliyi, funksionallığı, etibarlılığı, təhlükəsizliyi və bu sistemlərin istifadə rahatlığını artıracaqdır.

Fiziki dünyanın hər bir qurğusu üçün proqram təminatı – agent yaradılır. Virtual dünyanın süni intellekt imkanlı bu obyekt qurğunun mövcud vəziyyətini və lazımı resursların mövcudluğunu analiz edir, qurğunun davranışını proqnozlaşdırır, zəruri olduqda digər qurğuların kontragentlərinə bildirişlər və əmrlər göndərir. Süni intellekt və maşın təlimi KFS-lərin öz iş rejimlərini mövcud şəraitə uyğunlaşdıraraq müxtəlif xarici faktorlara cavab verməsinə imkan verir. Bunun sayəsində, istehsal prosesləri fasiləsiz olur.

Kiberfiziki sistemlər sənaye avadanlıqları, logistika, biznes və müştəri idarəetmə sistemləri kimi elementlər arasında real vaxt ərzində məlumat mübadiləsinə təmin edərək istehsal proseslərini yaxşılaşdırır. Bundan əlavə, kiberfiziki sistemlər avtomatik rejimdə monitorinq aparmağa, istehsalın müştərilərin cari ehtiyaclarına uyğunlaşması da daxil olmaqla, bütün prosesi idarə etməyə imkan verir.

Industry 4.0-in informasiya sistemlərini əvvəlkilərdən fərqləndirən əsas xüsusiyyət nəzərə çarpan məhdudiyyətlərin olmamasıdır. Onlar ekstremal əlaqəliliyi (extreme connectivity) və ekstremal avtomatlaşdırmanı təmin edən ekstremal məhsuldarlığa malikdirlər [12].

Ekstremal əlaqəlilik dedikdə insanlarla maşınlar, insanlarla insanlar, maşınlarla maşınlar (M2M) arasında qarşılıqlı əlaqələrə məsafə, zaman və hər hansı digər məhdudiyyətlərlə bağlı maneələrin aradan qalxdığı şərtlər başa düşülür. Ekstremal əlaqəlilik 5G şəbəkələri, IoT, IIoT (Industrial Internet of Things), M2M, IoV (Internet of Value) ilə təmin edilir [13].

Ekstremal məhsuldarlıq çoxnövəli prosessorlar, yaddaşda hesablamalar, SSD, bulud texnologiyaları, Big data analitika ilə dəstəklənir. Ekstremal avtomatlaşdırma robotları, 3D çapı, kiberfiziki sistemləri və süni intellekti nəzərdə tutur. Süni intellekt hazırda insan həyatının ən

müxtəlif sahələrində – biznesdə, dövlət idarəetməsində, şəxsi həyatda istifadə edilir. Xatırladaq ki, burada söhbət bəşəriyyət üçün təhlükələr yaradacaq “ağıllı maşınlar”dan deyil, dar sahələrdə və insanın nəzarəti altında tətbiq edilən “zəif süni intellekt”dən gedir.

Industry 4.0: əsas texnoloji istiqamətlər

Neft-qaz sənayesində Industry 4.0-ın əsas texnologiya istiqamətləri aşağıdakılardır:

Əşyaların İnterneti (Internet of Things, IoT) – neft-qaz sənayesində olduqca çox böyük sayda sensor qurğuları istifadə edilir [14, 15]: seysmik kəşfiyyatda 4C (4 komponentli) sensorları, geofiziki tədqiqatında 4D seysmika sensorları, quyularda neftin və qazın toplanması, hazırlanması və nəqli sistemlərində optik lifli sensorlar, neft və qaz kəmərlərində maqnit axını sensorları (Magnetic Flux Leakage, MFL) və s.

Sənaye Əşyalarının İnterneti (Industrial Internet of Things, IIoT) – istehsal prosesində verilənlərin, maşın və insanların qarşılıqlı əlaqəsini və birgə işini təmin edir [16]. Obyektlər arasındakı kooperasiya ümumi informasiya şəbəkəsi vasitəsi ilə müstəqil olaraq həyata keçirilir. İnsanların minimal iştirakı ilə "maşın-maşın" sxemi üzrə qarşılıqlı əlaqəyə “Əşyaların Sənaye İnterneti” adı verilmişdir. Beləliklə, IIoT – verilənlərin toplanması və mübadiləsi üçün sensorlar quraşdırılmış fiziki cisimlərin (əşyaların) qoşulduğu, birləşdirilmiş kompüter şəbəkələri sistemidir, avtomatlaşdırılmış rejimdə məsafədən nəzarət və idarəetmə imkanı vardır. Mahiyyətcə, bu texnologiya məhsulun istehsalı zamanı sensorları, robotları və verilənləri onların bir-biri ilə qarşılıqlı əlaqələri üçün birgə istifadə edir [17].

Big data və analitika – nəhəng verilənlər massivlərinin (10^{15} baytdan çox) saxlanması, emalı və hesablamaların həyata keçirilməsi üçün alətlər və metodlar nəzərdə tutulur [18]. Böyük neft-qaz şirkəti sutkada 2 Tb (terabayt) həcmində rəqəmsal informasiya generasiya edir. Bu informasiyanın yalnız 5%-i istifadə edilir. Geofizika (4D seysmika – 4-cü ölçü zamandır, mədəndə müəyyən zaman intervalı ilə götürülmüş seysmik ölçmələr ardıcılığıdır), geologiya və neft-qaz yataqlarının işlənməsi (4D monitorinq) böyük həcmli verilənlərin əsas mənbəyidir. 4-cü sənaye inqilabı minlərlə sensor və smart qurğulardan alınan böyük həcmdə verilənlərin operativ emalı olmadan mümkün deyil, toplanan verilənləri daim real zaman rejimində emal və analiz etmək zəruridir [19].

Big data texnologiyaları böyük həcmli müxtəlif formatlı verilənləri real zaman rejimində toplamağa və həmin sürətlə də emal edərək yeni biliklər əldə etməyə imkan verir. Hazırda bu texnologiyaları digər sahələrlə yanaşı, neft-qaz sənayesində də tətbiq etməyə başlayırlar [20, 21].

Bulud hesablamaları. Ağıllı sensor texnologiyalarının meydana çıxması ilə şirkətlər çox böyük sürətlə verilənlər generasiya edirlər. Onların əl ilə emalı mümkün deyil. Bu verilənləri daha səmərəli saxlaya və idarə edə biləcək bir infraquruluş – bulud hesablamalarına ehtiyac yaranır.

Big data üçün proqram-aparat kompleksini buludda icarəyə götürmək mümkündür. IaaS (Infrastructure as a Service) və ya PaaS (Platform as a Service) bulud platformalarından birini seçmək olar. IaaS variantı xidmət provayderlərinin, qlobal və ya xüsusi buludun seçimi üçün geniş imkanlar verir, lakin proqram təminatının quraşdırılması və klasterin idarə edilməsi ilə əlaqədar əlavə öhdəliklər meydana çıxır. PaaS variantının seçilməsi bir sıra xidməti yükədən azad edir, lakin imkanları provayderin təqdim etdiyi funksiyalarla məhdudlaşır. [22]-də neft-qaz sənayesi üçün Big data analitikanın bulud hesablamaları platformasında Analytics-As-A-Service (AAAS) kimi reallaşdırılması imkanları tədqiq olunur.

Robotlar (dronlar daxil olmaqla) – proseslərin avtomatlaşdırılmasına, təhlükəli işlərin yerinə yetirilməsinə və sualtı quyular (və ya sualtı istehsal avadanlığı) kimi çətin əlyetər obyektlərin tədqiqinə kömək edirlər. İnsan amilindən qaynaqlanan səhvləri aradan qaldırmaq üçün əməliyyatlarda müasir sənaye robotlarından istifadə etmək məntiqlidir, onlar əməliyyatların effektivliyini və təhlükəsizliyini təmin edirlər. Lakin avtomatlaşdırma baxımından neft-qaz sənayesi digər sahələrdən xeyli geri qalır. Mütəxəssislərin qiymətləndirmələrinə görə, yaxın onillikdə neft-qaz sənayesində milyonlarla robot tələb edilə bilər. Dronları geoloji kəşfiyyatda (geodeziya çəkilişlərdə, ortofotoplanların və 3D modellərin hazırlanmasında), neft-qaz

infrastrukturunun monitorinqində, ətraf mühitin mühafizəsində, topoqrafik xəritələrin yaradılmasında, verilənlərin ötürülməsində və emalında geniş tətbiq etmək olar.

Ağıllı materiallar (nano-örtüklər və ağıllı mayelər daxil olmaqla) – aqreqat vəziyyətlərinə görə müxtəlif olan materiallar sinfidir, xarici şərait (temperatur, təzyiq, nəmişlik, elektrik və maqnit sahələri və s.) dəyişdikdə, verilmiş fiziki-kimyəvi xassələri saxlayır və ya yenisini əldə edirlər. Ağıllı materiallar ilk növbədə geyimlərin hazırlanmasında istifadə edilir, neft-qaz sənayesində qazma qurğularında, neft və qaz kəmərlərində, neft məhsullarının daşınmasında, neft-kimyə sənayesində, neftveriminin artırılması metodlarında geniş istifadə potensialı vardır.

Additiv istehsal (3D çap). Robototexnika və intellektual sistemlərlə yanaşı, additiv istehsal (ing. Additive manufacturing) və ya 3D çap Industry 4.0-ın inkişafını stimullaşdıran əsas texnologiyadır. Additiv istehsal mürəkkəb həndəsi formalar yaratmağa imkan verir, bu detalların sayını azaldır və bununla da hazırlanma müddəti azalır, məhsuldarlıq artır və tullantılar azalır. Ənənəvi üsulla hazırlanan komponentlər sonrakı lazımi emalı təmin etmək üçün tərkib hissələrinə bölünməlidirlər. Məsələn, daxili səthlərin emalını təmin etmək üçün komponentlərin bir çoxu iki hissədən hazırlanmalı son nəticədə birləşdirilməlidirlər. Bunun əksinə, 3D çap ayrı-ayrı hissələri birlikdə hazırlamağa imkan verir. 3D çapın üstün cəhətlərindən biri də prototiplərin sürətli hazırlanmasıdır. 3D çap neft-qaz sənayesində sensorlar və kontrollerlər, nasoslar və digər avadanlıqlar üçün ehtiyat hissə və komplektləşdiricilərin hazırlanması üçün istifadə olunur [23].

Rəqəmsal əkizlər – mədən, quyu, avadanlıq və ya infrastruktur elementlərinin modelidir, onu birbaşa istehsal zamanı məhsula tətbiq etmək olar. Rəqəmsal əkiz müəyyən seçimlərin, həllərin tətbiqinin təsirlərini test etməyə və proqnozlaşdırmağa, həmçinin nəticələri istifadəçiyə rahat formada vizuallaşdırmağa imkan verir. Bu, şirkətlərə istehsal proseslərini daha yaxşı analiz etməyə və optimallaşdırmağa imkan verir. [24]-də neft-qaz sənayesi üçün rəqəmsal əkizlərin ümumiləşdirilmiş konseptual modeli təklif edilmişdir.

Artırılmış reallıq (AR, ing. Augmented Reality) – rəqəmsal və fiziki dünyalar arasındakı boşluğu virtual görüntüləri və ya verilənləri fiziki obyektin üzərinə qoymaqla aradan qaldırır [25]. İstehlakçı tətbiqlərində geniş yayılmasına baxmayaraq, istehsal sənayesi AR texnologiyalarının üstünlüklərini yeni öyrənməyə başlayır. AR texnologiyaları operatora texnoloji marşrut üzrə keçərkən qurğunun vəziyyəti və məhsulun müxtəlif xarakteristikaları barədə informasiya almağa imkan verir. Təmir və ya texniki xidmətə ehtiyac yaranarsa, qurğunun istifadəçisi ekrana komponentlər barədə informasiya çıxarmaq və ya təlim videosuna baxmaq imkanı əldə edir [26].

Neft-qaz sənayesində süni intellekt texnologiyaları

Süni intellektin “Sputnik anı”. 1956-cı ildə Dartmut Kollecdə (Dartmouth College), yay seminar məktəbində təklif edilmiş süni intellekt anlayışının hamılıqla qəbul edilmiş vahid tərifinə yoxdur. Bu məqalədə süni intellekt – informatikanın “insan funksiyaları”na (öyrənmək, məsələləri həll etmək, təbii dili başa düşmək və s.) malik sistemlərin yaradılması ilə məşğul olan sahəsi kimi qəbul olunur. Süni intellekt metodları insan beyni ilə müqayisədə hələ çox geridə olsalar da, onların bəzi diqqətəlayiq uğurları vardır: məsələn, şahmat, qo və poker oyunlarında insan üzərində qələbə qazanıblar, şəkillərin və nitqin tanınmasında insana yaxın nəticələr göstərilər.

Hazırda hər cəhətdən qloballaşan dünyada süni intellektin praktiki tətbiqi sahəsində *paradiqma dəyişikliyi* baş verir. Son onillikdə öz inkişafı və Əşyaların İnterneti, bulud hesablamaları, mobil texnologiyalar, robototexnika, Big data analitikası, sosial media ilə konvergensiyası nəticəsində süni intellekt texnologiyaya söykənən hər bir xidməti və tətbiqi gücləndirəcək və genişləndirəcək bir *kritik nöqtəyə* gəlmişdir [27].

Dünya dövlətləri rəqabət üstünlüyünə nail olmaq üçün süni intellektin bu potensialından istifadə etməyə çalışırlar və süni intellektin “Sputnik anı” 2017-ci ilin iyulunda Çində “A Next Generation Artificial Intelligence Development Plan”ın qəbul edilməsi olmuşdur (Sputnik – 1957-ci ilin oktyabrında SSRİ-də orbitə çıxarılmış Yerə ilk süni peykidir, ABŞ-da elm və texnologiyanın inkişafına güclü təkan olmuşdur). Bundan sonra digər ölkələr də təcili şəkildə süni

intellekt sahəsində öz texnoloji suverenliklərini təmin etmək üçün müvafiq strategiyalarını işləyib hazırlamağa və onun həyata keçirilməsi üçün böyük vəsaitlər ayırmağa başlayıblar. Hazırda artıq 30-dan çox ölkədə belə strategiyaların həyata keçirilməsinə başlanılıb [27].

Süni intellekt neft-qaz sənayesi üçün yeni deyil: qeyri-səlis məntiq, süni neyron şəbəkələri və evolyusiya alqoritmləri geniş yayılmış süni intellekt metodları kimi xeyli müddətdir ki, neft-qaz sənayesinin hər bir sektorunda – *upstream* (kəşfiyyat və hasilat), *midstream* (nəql və saxlama) və *downstream* (neftayırma və satış) bir çox məsələnin həlli üçün tətbiq edilir. Süni intellekt artıq bu gün yataqların istismarının effektivliyini artırmağa imkan verir: quyuların debiti, sulaşma, quyudibi təzyiqi kimi parametrlər analiz edilir, hasilatı artırmaq və xərcləri azaltmaq üçün optimal işləmə metodları seçilir.

Neft-qaz sənayesində əməkdaşların təcrübəsi və intuisiyası həmişə aparıcı rol oynamışdır. Hazırda neft-qaz sənayesində insan beynini çox zaman süni intellekt əvəz edir. Yeri gəlmişkən, bəzi mütəxəssislər hesab edirlər ki, intuisiya – xarici mühitdən beyinə daxil olan böyük həcmdə verilənlərin fon rejimində analizinin nəticəsidir.

Qeyd edildiyi kimi, süni intellekt sahəsində bir sıra ciddi nailiyyətlər əldə edilmişdir və aparıcı neft qaz şirkətləri bundan artıq bəhrələnməyə çalışırlar (bəzən test rejimində olsa belə) [28]. O cümlədən, Azərbaycan Respublikası Dövlət Neft Şirkətində (State Oil Company of Azerbaijan Republic, SOCAR) bu sahədə əhəmiyyətli işlər görülməkdədir [29]. Bu istiqamətdə «Gazprom neft» [8] və LUKOIL [8] şirkətlərində də bir sıra layihələr həyata keçirilməkdədir.

Aparıcı neft-qaz şirkətlərinin bilavasitə iştirakı və ya sifarişi ilə aparılan innovativ elmi-tədqiqat işlərinin analizi göstərir ki, süni intellekt texnologiyalarına əsaslanan “rəqəmsal yataq” konsepsiyası neft-qaz şirkətləri qarşısında duran əsas məsələlərin optimal balanslaşdırılmış həllinə – xərcləri minimallaşdırmaqla hasilatı artırmağa və ətraf mühitə təsiri maksimal azaltmağa imkan verə bilər.

Qeyd edək ki, neft-qaz sənayesində süni intellekt bazarının ildə 12,66 % artmaqla 2017-ci ildəki 1,5 milyarddan 2022-ci ildə 2,85 milyard dollara çatması proqnozlaşdırılır (Markets and Markets tədqiqatı). Süni intellekt texnologiyaları qlobal ÜDM-in (Ümumi Daxili Məhsulun) təxminən 14% artımını təmin edəcək, bu təxminən 15,7 trilyon dollardır.

Maşın təliminin – süni intellektin əsas hərəkətverici qüvvəsinin neft-qaz sənayesində tətbiqi perspektivləri. Süni intellektin bugünkü tətbiqlərində aparıcı element maşın təlimidir (ing. Machine Learning, ML). Maşın təlimi süni intellektin istiqamətlərindən biridir, keçmiş təcrübə (yəni verilənlər) əsasında öyrənməklə öz iş xarakteristikalarını yaxşılaşdıran alqoritmləri öyrənir [30].

Son bir neçə il ərzində maşın təlimi metodları bir sıra texnoloji irəliləyişlər, əlyetər hesablama resurslarının artması və təlim verilənlərinin bolluğu sayəsində kəskin sıçrayış etmişlər.

Adətən, maşın təlimi metodlarını iki qrupa bölürlər: supervizorlu öyrənmə və supervizorsuz öyrənmə. Supervizorlu öyrənmədə cavabları kiminsə tərəfindən əvvəlcədən işarələnmiş böyük sayda verilənlərə baxmaqla təlim keçirlər, məsələn, spam məktubları spam olmayanlardan fərqləndirməyi öyrənirlər. Supervizorlu öyrənmənin tipik məsələləri klassifikasiya (obrazların tanınması) və proqnozlaşdırma (regressiya analizidir).

Supervizorlu öyrənmə zamanı sistem nəhəng həcmdə verilənləri nəzərdən keçirərək “normal” verilənlərin necə göründüyünü yadda saxlamağa çalışır ki, anomaliyaları və gizli qanunauyğunluqları aşkarlamağı öyrənsin. Supervizorsuz öyrənmənin tipik məsələləri klasterləşdirmə (verilənlərin qruplaşdırılması) və assosiativ qaydaların axtarışıdır. Klasterləşdirmə, məsələn, müştərilərin seqmentlərə bölünməsində tətbiq edilir, tövsiyələrin verilməsi mexanizmləri isə assosiativ qaydaların axtarışına əsaslanır. Supervizorlu və supervizorsuz öyrənmə üçün minlərlə metodlar təklif edilmişdir.

2006-cı ildən başlayaraq dərin təlim (ing. Deep Learning) maşın təlimi tədqiqatlarında aparıcı yer tutur. Deep Learning maşın təliminin dərin neyron şəbəkələrinə (yəni laylarının sayı 2-dən çox olan) əsaslanan bir növüdür. Deep Learning yanaşması qısa müddətdə tədqiq edilməsinə baxmayaraq, təbii dilin emalı, nitqin tanınması və kompüter görməsi sahəsində uğurla tətbiq edilmişdir. Neft-qaz sənayesinə gəlicə isə, Deep Learning və ümumiyyətlə, maşın təlimi

metodlarının tətbiqi hələlik geniş yayılmayıb [31, 32]. Məsələ ondadır ki, maşın təlimi üçün böyük həcmdə verilənlər toplamaq və onları lazımi qaydada analiz etmək lazımdır. Deep Learning metodları isə verilənlərin həcminə daha tələbkardırlar. Buna görə dərin neyron şəbəkələri həmişə kömək edə bilmirlər, bəzən daha sadə və robast, daha klassik metodları tətbiq etmək lazım gəlir.

Maşın təlimi metodlarını neft-qaz şirkətlərinin bütün fəaliyyət istiqamətlərində tətbiq etmək olar [33, 34]: geoloji kəşfiyyat, geologiya, qazma, işlənmə, hasilat, nəqliyyat, satış və s. Maşın təliminin tətbiqi baxımından qlobal istiqamətlər – seysmik kəşfiyyat verilənlərinin analizini, geoloji modellərin qurulmasını, quyu karotajı verilənlərinin analizini, quyuların geoloji tədqiqini, geoloji-texniki tədbirlərin görülməsi üzrə qərarların qəbul edilməsini tam avtomatlaşdırmaqdır. Əsas məsələ müxtəlif mənbələrdən toplanmış verilənlərin bütün potensialından tam istifadə etmək üçün uyğun maşın təlimi metodlarını tətbiq etmək və ya yeni metodları işləməkdir. Eyni zamanda, bu verilənlərin keyfiyyəti heç də həmişə tam analiz aparmağa imkan vermir: müəyyən zaman intervallarında informasiya olmaya bilər, bəzi ölçmələr bir-biri ilə uzlaşmaya bilər, hesabatlarda insan səhvi ola bilər. Ona görə tədqiqat istiqamətlərindən biri də korrekt olmayan verilənlərin axtarışı və buraxılmış verilənlərin bərpası alqoritmlərinin işlənməsidir.

İntellektual mədəni texnologiyaları

Neft sənayesində IoT texnologiyaları ağıllı (və ya rəqəmsal) mədənlər, neftayırma zavodları və neft kəmərləri, təchizat-satış sistemləri yaratmağa imkan verir. Ağıllı mədənin əsasını müxtəlif sensorlarla təchiz edilmiş və yer səthindən klapanlarla idarə edilən ağıllı quyular təşkil edir [35]. Belə avadanlıq hasilat və layın xassələri haqqında verilənlərin toplanmasını və ötürülməsini, həmçinin quyudaxili əlavə işlər olmadan ayrıca laylardan axınları real zamanda idarə etmək imkanını təmin edir. Müasir neftayırma zavodunun işinə yüz minlərlə sensor və cihaz nəzarət edir, yanacaq təchizatını isə real rejimdə peyk rabitə sistemləri izləyir.

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 Industry 4.0 texnologiyalarını əhatə edir. Qeyd edək ki, hazırda transmilli və milli neft-qaz şirkətlərinin ağıllı mədəni 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.

İntellektual mədənlərin yaradılması neftin çıxarılması əmsalının artmasına, kapital xərclərinin aşağı salınmasına xidmət edir. İntellektual mədəni/quyu texnologiyalarının effektivliyi Cədvəl 1-də göstərilir [8]. Cədvəldə effektivlik neftçıxarma əmsalı (NÇƏ), qazçıxarma əmsalı (QÇƏ), hasilat, boşdayanmalar və kapital xərclər (ing. Capex) ilə xarakterizə edilir.

Neft şirkətlərində ağıllı/intellektual neft mədənləri üzrə həyata keçirilmiş layihələrin bəziləri [35]-də analiz edilir. SOCAR şirkətində ağıllı neft mədəni vahid planlaşdırma metodologiyasının və sisteminin, işçi heyət üçün mobil qurğuların və rəhbərlik üçün operativ hesabatlılıq sisteminin köməyi ilə reallaşdırılıb [29].

Cədvəl 1. İntellektual mədəni/quyu texnologiyalarının effektivliyi [8]

İşləyən şirkət	İntellektual mədəni texnologiyası	Hasilata/Ehtiyatlara təsiri	İqtisadiyyata təsiri
Shell	Smart Field	NÇƏ təxminən +10% QÇƏ təxminən +5%	Boşdayanmalar –10% Xərclər təxminən –20%
Chevron	i-field	NÇƏ +6% Hasilat +8%	
BP	Field of the future	Hasilat +1-2%	
Petoro	Smart Operations		Capex –50%
Statoil	Integrated Operations	Hasilat +20%	
Halliburton	Real Time Operations		Capex –20%

Industry 4.0-ın neft-qaz sənayesində tətbiqləri ilə bağlı problemlər

Neft-qaz sənayesində xam neftin çıxarılması, emalı və məhsulların pərakəndə satışı zəncirini əhatə edən müxtəlif sektorlar vardır. Bu sektorlar ingilisdilli ədəbiyyatda uyğun olaraq, *Upstream*, *Midstream* və *Downstream* adlanır. *Upstream* sektoruna neft və qazın kəşfiyyatı və hasilatı daxildir. Neft və qazın kəşfiyyatına neft və qaz mədənlərinin işlənməsinə qədər axtarış, seysmik kəşfiyyat və qazma işləri daxildir. *Midstream* sektoruna neftin nəqli, emalı və saxlanması daxildir. Ona ümumi olaraq, neft qaz boru kəmərləri ilə yanaşı, qazın emalı, LNG (Liquefied natural gas – mayeləşdirilmiş təbii qaz) istehsalı zavodları aiddir. *Downstream* sektoruna isə neftin emalı, neft kimyası və pərakəndə satışı daxildir.

Big data analitikası. Big data texnologiyalarının köməyi ilə verilənləri dəyərə necə çevirmək barədə ümumi bəyanatlar olduqca çoxdur. Neft-qaz sənayesi də istisna deyil. Bir çox şirkətin marketing bülletenlərində neft-qaz sənayesi verilənlərinin aqreqasiyası və intellektual analizi üçün Big datanın böyük imkanları vurğulanır. Lakin Big data analitikasının neft-qaz sənayesində tətbiqi hələ də eksperimental səviyyədədir [36]. Yalnız bir neçə şirkət Big data texnologiyasını tətbiq etməyə cəhdlər edir [37].

Rəqəmsal transformasiya. Industry 4.0-ın reallaşdırılması informasiyanın rəqəmsal formatına tam keçid olmadan mümkün deyil. Rəqəmsallaşma Industry 4.0-ın ayrılmaz tərkib hissəsidir. 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 başlanmışdı.

Rəqəmsallaşmadan ən böyük effektin kəşfiyyat və hasilat, yəni *upstream* sektorunda əldə ediləcəyi gözlənilir. Lakin proseslərin rəqəmsallaşdırılması özlüyündə effektivliyə kardinal təsir edə bilməz. Neft-qaz şirkətlərinin qarşısında idarəetmənin və personalın təliminin effektivliyinin yüksəldilməsi məsələsi durur.

Vacib tətbiq istiqamətlərindən biri də neft-qaz sənayesi avadanlıqlarında imtinaların proqnozlaşdırılması və planlaşdırılmamış dayanmaların aradan qaldırılması üçün rəqəmsal texnologiyaların işlənməsidir [32, 34].

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

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.

2019-cu ildə SOCAR və IBM birgə müəssisələri olan Xəzər İnnovasiya Mərkəzində quyuların layihələndirilməsi üzrə süni intellekt texnologiyası əsasında “Aliyə” adlanan prototip alətin yaradılması barədə məlumat vermişdilər. Yeni alət əvvəl qazılmış quyulara aid verilənlər əsasında mühəndislərə bir neçə quyu konstruksiyası təklif edir, onların layihələrini planlaşdırmağa, əsas göstəriciləri ölçməyə və riskləri qiymətləndirməyə imkan verir.

Sənaye Əşyalarının İnterneti. IIoT-un inkişafını mövcud kommunikasiya infrastrukturunun nöqsanları ləngidir. Xüsusi halda, belə layihələrin tam funksionallığı üçün 5-ci nəsil mobil şəbəkələrin tətbiqi tələb edilir. Bu şəbəkələr iqtisadiyyatın bütün sahələrində rəqəmsal transformasiyaya əlavə təkan verə bilər. Yeni nəsil şəbəkələr çox böyük həcmdə verilənlərin toplanmasını və ötürülməsini və nəhəng sayda eynizamanlı birləşmələri təmin edir. Onlar sürətlə hərəkət edən obyektlərlə kommunikasiyanı mövcud şəbəkələrdən daha yaxşı təmin edirlər ki, bu da pilotsuz nəqliyyat üçün çox vacibdir.

Artırılmış reallıq texnologiyaları. AR və virtual reallıq (VR) texnologiyası və avadanlıqları inkişaf etməyə və daha əlyətər olmağa davam etdikcə, təşkilatlarda VR istifadəsi variantlarını genişləndirirlər. AR texnologiyaları həm neft-qaz kəşfiyyatında və hasilatında, həm qurğularda qəzaların aradan qaldırılmasında, həm də əməkdaşların təlimində istifadə edilir.

Güclü 3D vizuallaşdırma sistemləri seysmik verilənləri interpretasiya etmək, təbii qazıntı ehtiyatlarını təsvir etmək və modelləşdirmək üçün istifadə olunur. AR sistemlərindən istifadə yer qabığı quruluşunun daha dəqiq interpretasiyası hesabına “quru” qazma riskini azaltmağa və investisiyaların gəlirliliyini artırmağa imkan verir.

Neft-qaz sənayesində təcrübəli əməkdaşların yaşa görə təbii axını müşahidə edilir və gənc mütəxəssislərin təcili öyrədilməsi tələb edilir. AR/VR texnologiyaları əsasında yaradılmış təlim simulyatorları bu problemi həll etməyə imkan verir.

İnformasiya təhlükəsizliyi. Hazırda Industry 4.0 konsepsiyasının informasiya təhlükəsizliyinin təmin edilməsi məsələsi aktuallaşır. Rəqəmsal istehsal və Industry 4.0 konsepsiyalarının yayılması ilə onların tətbiqini həm şirkətlər, həm də məhsul və xidmət istehlakçıları üçün təhlükəsiz etmək, o cümlədən istehsalın müxtəlif mərhələlərində istifadə edilən verilənlərin təhlükəsizliyini təmin etmək ehtiyacı meydana çıxır [38]. Qeyd etmək lazımdır ki, baxılan sahənin dinamik inkişafına baxmayaraq, informasiya təhlükəsizliyi aspektləri yetərincə öyrənilməmiş qalır [39]. Neft-qaz sənayesi kiberhücumların ən çox edildiyi sənaye sahələrindən biridir və bu hücumların iqtisadiyyat və milli təhlükəsizlik üçün ağır potensial nəticələri ola bilər. Əsas təhdidlərdən biri sistemlərin qarşılıqlı asılılığının güclənməsindən, onların vahid istehsal zəncirində birləşməsindən qaynaqlanır. Bu zəncirin hər hansı bir elementinə edilmiş kiberhücum kaskad effekti ilə zəncirin bütün digər hissələrinə də öz təsirini göstərir. Beləliklə, informasiya təhlükəsizliyinin təmin edilməsi neft-qaz sənayesi üçün olduqca mühüm məsələdir və informasiya təhlükəsizliyi tədbirləri neft-qaz əməliyyatlarının rəqəmsallaşdırılması sürəti ilə ayaqlaşmalıdır. Təbii olaraq, neft-qaz sənayesinin müxtəlif sektorları fərqli risk səviyyələrinə malikdirlər və müxtəlif informasiya təhlükəsizliyi strategiyaları tələb edirlər. Mədənlərin, neft-qaz nəqlinin və emalının, ekoloji proseslərin, ümumiyyətlə, baxılan sahədəki bütün tədbirlər kompleksinin informasiya təhlükəsizliyi məsələlərini həll etmək lazımdır.

Nəticə və gələcək tədqiqatlar

Industry 4.0 artıq dünyanı dəyişməyə başlayır və yeni sənaye inqilabını qaçılmaz edir. Əvvəlki sənaye inqilablarından fərqli olaraq Industry 4.0-in mahiyyəti yalnız yeni texnologiyaların meydana çıxmasında deyil, mövcud olanların da bir sistemdə inteqrasiya olunmasındadır.

Adətən, neft-qaz sənayesi yeni texnologiyaların tətbiqində öz konservativliyi ilə digər sahələrdən fərqlənir. Lakin dünya bazarında neftin qiymətinin kəskin ucuzlaşması və neftin çətin şəraitli regionlarda çıxarılması ilə xərclərin xeyli artması səbəbindən neft-qaz şirkətləri xərclərini azaltmaq və gəlirlərini maksimallaşdırmaq üçün Industry 4.0 texnologiyalarına üz tutmalı olurlar. Industry 4.0 təkcə ağıllı sensorların neft quyularında və infrastruktur obyektlərində yerləşdirilməsindən ibarət deyil. Sensorlardan alınan informasiyanı operativ ötürmək, operativ analiz etmək və qərar qəbulu zamanı istifadə etmək və onları avtomatlaşdırılmış rejimdə həyata keçirmək tələb olunur. Bunun üçün neft-qaz şirkətləri bütün dəyər zəncirində verilənləri karbohidrogenləri emal etdikləri kimi, yüksək texnologiyalar və inteqral modellər ilə emal etməlidirlər. Təbii xammaldan fərqli olaraq, verilənləri istifadə etdikcə onların miqdarı azalmır, əksinə, artır, bu isə keyfiyyətə yeni hadisədir. Neft-qaz şirkətləri verilənlərin bu müsbət əks-əlaqə potensialından tam istifadə etmək üçün sensorlar, IoT, Big data analitikası, bulud texnologiyaları, süni intellekt və s. texnologiyaları tətbiq etməklə vahid rəqəmsal mühit formalaşdırmalıdırlar və “Neft və Qaz 4.0” konsepsiyasının işlənməsi bu istiqamətdə atılacaq ilk addımdır.

Məqalədə Industry 4.0 texnologiyalarının neft-qaz sənayesində tətbiqi vəziyyəti və perspektivləri, meydana çıxan problemlər analiz edilir, aktual tədqiqat istiqamətləri müəyyən edilir. Gələcək tədqiqatlarda neft-qaz şirkətləri üçün model “Neft və Qaz 4.0” konsepsiyasının işlənməsi, təklif edilmiş modeldən çıxış etməklə hazırlıq səviyyəsinin qiymətləndirilməsi və konkret neft-qaz şirkəti üçün ən uğurlu strategiyanın seçilməsi metodlarının işlənməsi nəzərdə tutulur.

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

Ədəbiyyat

1. Schwab K. The fourth industrial revolution. New York: Crown Business Publishing Group. 2016, 192 p.
2. Xu L. D., Xu E. L., Li L. Industry 4.0: State of the art and future trends // International Journal of Production Research, 2018, vol. 56(8), pp. 2941-2962.
3. Bongomin O., YemaneA., Kembabazi B., Malanda C., Mwape M.C., Mporu N.S., Tigalana D. The hype and disruptive technologies of Industry 4.0 in major industrial sectors: A state of the Art. Preprints (www.preprints.org), 2020, 68 p. DOI: 10.20944/preprints202006.0007.v1.
4. Panayiotou N.A., Stavrou V.P., Stergiou K.E. Identifying key business processes that can benefit from Industry 4.0 in the gas sector / IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems, 2020, pp. 373-380.
5. Buhulaiga E.A., Telukdarie A., Ramsangar S.J. Delivering on Industry 4.0 in a multinational petrochemical company: Design and execution / International Conference on Fourth Industrial Revolution (ICFIR), 2019, pp. 1-6.
6. 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.
7. Montanus M. L. Business models for Industry 4.0: Developing a framework to determine and assess impacts on business models in the Dutch oil and gas industry. Delft University of Technology, 2016, 10 p.
8. Козлова Д., Пигарев Д. Цифровая добыча нефти: тюнинг для отрасли. VYGON Consulting. 2018, 61 с.
9. Fraser M.S., Anastaselos T., Ravikumar G.V.V. The disruption in oil and gas upstream business by Industry 4.0. Infosys, White Paper, 2018, 12 p.
10. Mosterman P. J., Zander J. Industry 4.0 as a cyber-physical system study // Software & Systems Modeling, 2016, vol. 15(1), pp. 17-29.
11. Alquliyev R., Imamverdiyev Y., Sukhostat L. Cyber-physical systems and their security issues // Computers in Industry, 2018, v. 100, pp. 212–223.
12. Fiaidhi J. Extreme automation: A new game-changing technology // IT Professional, 2018, vol. 20(2), pp. 88-90.
13. Bendul J. C., & Blunck H. The design space of production planning and control for industry 4.0 // Computers in Industry, 2019, vol. 105, pp. 260-272.
14. Əliquliyev R.M., Mahmudov R.Ş. Əşyaların İnterneti: mahiyyəti, imkanları və problemləri // Problems of information society, 2011, vol. 2(2), pp. 29-40.
15. Alquliyev R. M., İmamverdiyev Y.N. Neft-qaz sənayesi üçün Big data strategiyası: Ümumi istiqamətlər // İnformasiya texnologiyaları problemləri, 2017, №2, 34–47.
16. Berge J. Digital transformation and IIoT for oil and gas production / Offshore Technology Conference, 2018, 10 p. DOI: 10.4043/28643-MS.
17. Gilchrist A. Industry 4.0: the Industrial Internet of Things. Bangkok (Thailand): Apress, 2016, 259 p.
18. İmamverdiyev Y.N. Big Data texnologiyalarının böyük perspektivləri və problemləri // İnformasiya cəmiyyəti problemləri, 2016, №1, s. 23-34.
19. Hacırahimova M.Ş. “Big Data” neft-qaz sənayesində qərar qəbul etmənin əsas komponenti kimi / “Big data: imkanları, multidissiplinar problemləri və perspektivləri” I respublika elmi-praktiki konfransı, 2016, s. 162-165.
20. Nguyen T., Gosine R. G., Warriar P. A systematic review of Big data analytics for oil and gas Industry 4.0 // IEEE Access, No. 8, pp. 61183-61201.
21. Eissa H. Unleashing Industry 4.0 opportunities: Big data analytics in the midstream oil & gas sector / International Petroleum Technology Conference, 2020, 9 p. DOI: 10.2523/IPTC-19802-Abstract.
22. Alquliyev R.M., İmamverdiyev Y.N., Abdullayeva F.C. Neft-qaz sənayesi üçün Big data analitikanın Cloud Computing platformasında Analytics-As-A-Service kimi reallaşdırılma imkanlarının tədqiqi // İnformasiya texnologiyaları problemləri, 2016, №1, s. 11-26.

23. Urhal P., Weightman A., Diver C., Bartolo P. Robot assisted additive manufacturing: A review. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 2019, vol. 59, pp. 335-345.
24. Imamverdiyev Y. N. A conceptual model of digital twin for the oil and gas industry // *Problems of Information Technology*, 2020, No. 2, pp. 41-51.
25. Gattullo M., Scurati G. W., Fiorentino M., Uva A. E., Ferrise F., Bordegoni M. Towards augmented reality manuals for Industry 4.0: A methodology // *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 2019, vol. 56, pp. 276-286.
26. Kotelev N., Buslaev G., Valnev V., Kunshin A. Augmented reality system and maintenance of oil pumps // *International Journal of Engineering (IJE), IJE TRANSACTIONS B: Applications*, 2020, Vol. 33, No. 8, pp. 1620-1628.
27. Allen G.C. Understanding China's AI strategy: Clues to Chinese strategic thinking on artificial intelligence and national security. Washington, DC: Center for a New American Security. 2019, 35 p.
28. Sennaar K. Artificial Intelligence in oil and gas – Comparing the applications of 5 oil giants. February 18, 2019. <https://emerj.com/ai-sector-overviews/artificial-intelligence-in-oil-and-gas/>
29. Пилипенко, Д., Цифровое месторождение. Взгляд компании SAP // *Дайджест НефтеГаз*, 2018, №4 (11) с. 10-11.
30. Hajizadeh Y. Machine learning in oil and gas; a SWOT analysis approach // *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 2019, vol. 176, pp. 661-663.
31. Imamverdiyev Y., Sukhostat L. Lithological facies classification using deep convolutional neural network // *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 2019, vol.174, pp. 216-228.
32. 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.
33. Abdullayeva F.D., Imamverdiyev Y.N. Development of oil production forecasting method based on Deep Learning // *Statistics, Optimization and Information Computing*, 2019, Vol. 7, pp. 826–839.
34. Imamverdiyev Y.N., Abdullayeva F.J. Condition monitoring of equipment in oil wells using deep learning // *Advances in Data Science and Adaptive Analysis*, 2020, vol. 11(4), pp. 1-30.
35. Temizel C., Canbaz C.H., Palabiyik Y., Putra D., Asena A., Ranjith R., 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.
36. Alıguliyev R. M., İmamverdiyev Y.N. Neft-qaz sənayesi üçün konseptual Big data arxitekturası // *İnformasiya texnologiyaları problemləri*, 2017, №1, səh.3–14.
37. Alguliyev R. M., Alıguliyev R. M., Abdullayeva F. J. Multidisciplinary study of the problems of Big data technologies in the oil and gas industry // *International Journal of Oil, Gas and Coal Technology*, 2020, vol. 23, no. 1, pp. 92-105.
38. Fataliyev T., Mehdiyev S. Industry 4.0: The oil and gas sector security and personal data protection // *International Journal of Engineering and Manufacturing*, 2020, 10(2), pp. 1-14.
39. İmamverdiyev Y. N., Muradova G.M. Neft-qaz sənayesində kibertəhlükəsizlik problemləri / “İnformasiya təhlükəsizliyinin aktual multidissiplinar elmi-praktiki problemləri” IV respublika konfransı, 2018, s. 109-112.

УДК 004.056:351

Имамвердиев Ядигар Н.

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

«Нефть и газ 4.0»: существующие решения, перспективы и проблемы

Статья посвящена анализу проблем, возникающих при переходе нефтегазовой отрасли на технологии «Индустрия 4.0». Нефтегазовые компании надеются использовать технологию «Индустрия 4.0» для сохранения конкурентного преимущества при ухудшении структуры

углеводородов, неустойчивых и резко падающих цен на энергоносители. Нефтегазовые компании давно используют новые передовые технологии, такие, как интернет вещей, облачные вычисления и искусственный интеллект, для оптимизации различных процессов. Преимущество технологии «Индустрия 4.0» заключается в том, что она объединяет существующие технологии в одну систему и обеспечивает более высокую синергию. Концепция «Нефть и газ 4.0» на основе подходов «Индустрии 4.0» находится в повестке дня нефтегазовых компаний в течение последних двух лет. «Нефть и газ 4.0» все еще пребывает в зачаточном состоянии, и хотя ей уделяется большое внимание, все еще остаются некоторые неясности относительно того, как ее можно использовать для увеличения стоимости нефтегазовых операций. Целью данной работы являются систематический анализ процессов перехода к технологиям «Индустрия 4.0» в нефтегазовой отрасли и проблем, возникающих при этом. Проанализированы основные особенности «Индустрии 4.0» и состояние применения ее базовых технологий в нефтегазовой отрасли. Проанализированы проблемы по основным составляющим концепции «Нефть и газ 4.0» и разработаны соответствующие рекомендации. В исследовании использованы методы систематизации, обобщения, сравнительного анализа и системного подхода. Ожидается, что полученные результаты найдут широкое применение при разработке и реализации стратегии цифровой трансформации на основе «Индустрии 4.0» в нефтегазовой отрасли.

Ключевые слова: «Индустрия 4.0», «Нефть и газ 4.0», киберфизические системы, искусственный интеллект, цифровая трансформация, IoT.

Yadigar N. Imamverdiyev

Institute of Information Technology of ANAS, Baku, Azerbaijan

yadigar@iit.science.az

Oil and Gas 4.0: Existing Solutions, Prospects and Challenges

The article analyzes the problems arising during the transition of the oil and gas industry to the technologies of Industry 4.0. Oil and gas companies hope to use Industry 4.0 technology to maintain a competitive advantage in the face of deteriorating hydrocarbon mix, volatile and sharply deteriorating energy prices. Oil and gas companies have long used Industry 4.0 technologies, such as the Internet of Things, cloud computing, and artificial intelligence to optimize various processes. The advantage of Industry 4.0 is that it integrates existing technologies into one system and provides greater synergy. The concept of Oil and Gas 4.0, based on the approaches of Industry 4.0, has been on the agenda of oil and gas companies for the last 2 years. Oil and Gas 4.0 is still in its infancy and although it has received a lot of attention, there is still some confusion as how it can be used to add value to oil and gas operations. The aim of this work is to systematically analyze the processes of transition to Industry 4.0 technologies in the oil and gas industry and the problems that arise in this process. The main features of Industry 4.0 and the state of application of its basic technologies in the oil and gas industry are analyzed. The problems of the main components of the concept Oil and Gas 4.0 are analyzed and the corresponding recommendations are developed. The study uses the methods of systematization, generalization, comparative analysis and systems approach. The results are expected to be widely used in the development and implementation of a digital transformation strategy based on Industry 4.0 in the oil and gas industry.

Keywords: Industry 4.0, Oil and Gas 4.0, artificial intelligence, digital transformation, IIoT.