

**Ələkbərov R.Q.<sup>1</sup>, Həşimov M.A.<sup>2</sup>**

AMEA İnformasiya Texnologiyaları İnstitutu, Bakı, Azərbaycan

<sup>1</sup>rashid@iit.ab.az, <sup>2</sup>mamedhashimov@gmail.com

## **NEFT-QAZ QUYULARININ MONİTORİNQİNDƏ ƏŞYALARIN İNTERNETİ TEKNOLOGİYALARINDAN İSTİFADƏ MƏSƏLƏLƏRİ**

*Məqalədə neft və qaz quyularında quraşdırılmış sensorlardan məlumatların asan, təhlükəsiz, etibarlı və sürətli toplanması üçün Əşyaların İnterneti (IoT) texnologiyalarının tətbiqi imkanları təhlil olunmuşdur. Neft və qaz quyularının monitorinqi üçün IoT texnologiyalarının arxitekturası analiz olunmuş və həmin arxitektura əsasında məlumatların toplanması, ötürülməsi və emalı prosesləri təklif olunmuşdur. Neft və qaz quyularının təhlükəsizliyinin yaxşılaşdırılması, əməliyyatların optimallaşdırılması, problemlərin qarşısının alınması, xətalərin aradan qaldırılması üçün naqilsiz sensor şəbəkələrinin (WSN) imkanları göstərilmişdir.*

**Açar sözlər:** *neft-qaz sənayesi, əşyaların İnterneti (IoT), naqilsiz sensor şəbəkələri, monitorinq, sensorlar, ağıllı obyektlər, şəbəkə keçidləri, idarəetmə mərkəzi.*

### **Giriş**

Neft-qaz sənayesi enerji istehlakı üçün vacib olan və dünya iqtisadiyyatına çox böyük təsir göstərən bir sahədir. Neft-qaz sənayesi neft məhsullarının kəşfiyyatı, hasilatı, emalı, nəqli və satışı proseslərini əhatə edir [1]. Yanacaq, neft və benzin bu sənayenin məhsullarının böyük hissəsini təşkil edir. Neft bir çox kimyəvi məhsullar, o cümlədən dərman preparatları, məhlul, gübrə, pestisid və plastik in istehsalı üçün xammaldır. Təbii yanacağa olan tələbat gündən-günə artdığına görə, neft və qaz şirkətləri məhsuldarlığı artırmaq üçün yeni texnologiyalar yaratmaq və əməliyyatları təkmilləşdirmək məcburiyyətindədirlər.

Neft-qaz sənayesinin innovasiyalı idarəetmə sistemində informasiya texnologiyalarının tətbiqi ən aktual və vacib məsələlərdəndir. Məlum olduğu kimi, elmi-texniki tərəqqinin inkişaf səviyyəsi hal-hazırda neft-qaz sənayesində tətbiq olunan texnika və texnologiyaların sıradan çıxmasını sürətləndirərək, onların daha mükəmməl və müasir standartlara cavab verən yeni modellərinin meydana gəlməsinə şərait yaratmışdır.

“Dünya İqtisadi Forumu 2017”nin hesabatına əsasən, növbəti 3–5 il ərzində böyük məlumat bankının toplanması və təhlili, əşyaların İnterneti (*ing. Internet of things, IoT*) və yeni nəsil mobil cihazların yaradılması ən prioritet sahələrdən birinə çevriləcəkdir. Bu da həmin sahələrə iri həcmli sərmayələrin qoyuluşuna gətirib çıxaracaq [2]. Neft-qaz sənayesində rəqəmsal texnologiyalara keçid isə əsasən əməliyyatların optimallaşdırılmasında, texniki xidmətin intellektual idarə edilməsində və istehlakçı tərəfindən enerji mənbələrinin seçimi prosesində müşahidə olunacaq. Bu sahələrdə rəqəmsal texnologiyaların tətbiqi işlərin daha sadə, təhlükəsiz və səmərəli təşkilinə təkan verəcək.

Müasir dövrdə neft-qaz kompleksi, xüsusilə neftin qiymətinin azalması fonunda, yeni istehsal problemləri ilə qarşılaşır. Səmərəliliyin və rəqabət qabiliyyətliliyinin artırılması üçün nəticələrin yaxşılaşdırılması və xərclərin azaldılmasının daha müasirləşdirilmiş yollarının axtarılması mühüm məsələ kimi qarşıda durur. Burada istehsal prosesində daha geniş və dəqiq informasiyanın toplanması və nəzarət problemlərinin həlli mühüm rol oynayır. Verilənlərin operativ idarə olunması neft və qaz sənayesinin inkişafına təsir edən mühüm istiqamətlərdən biri sayıla bilər. Neftin kəşfiyyatı və aşkarlanması sürətini artırmaq, neft hasilatını yüksəltmək və avadanlıqlarda qüsurlar və ya operator səhvləri nəticəsində meydana çıxan sağlamlıq, təhlükəsizlik və ətraf mühit risklərini azaltmaq və s. kimi istiqamətlərdə əsasını sensorlar təşkil edən IoT texnologiyasının tətbiq edilməsini aktual bir məsələ olaraq qəbul etmək olar. Bu texnologiyanın tətbiqi ilə idarəetmənin operativliyinə, səmərəli qərarların qəbuluna, istehsalın təkmilləşdirilməsi və rəqabət qabiliyyətinin artırılmasına nail olunacaqdır.

IoT texnologiyalarının neft-qaz sənayesində tətbiqinin əsas məqsədləri aşağıdakılardır [3]:

- daha çox karbohidrogen ehtiyatları aşkarlamaq;
- təhlükəsiz, səmərəli və minimal ekoloji təsirlə istehsal və nəql;
- daha səmərəli və az xərclə emal və məhsulların yayılması;
- planlaşdırmanın optimallaşdırılması;
- müştərilərlə münasibətlərin idarə edilməsi;
- yeni imkanların və bazarların müəyyən edilməsi.

IoT texnologiyalarının neft və qaz sənayesində tətbiqi üzrə işlər hələlik eksperimental mərhələdədir və görülən işlər əsasən verilənlərin intensiv emalı, giriş/çıxış yüklənmələrinin effektiv idarə olunması üzərində cəmlənmişdir. Təklif edilən məqalədə də neft-qaz sənayesininin əsasını təşkil edən neft-qaz quyularının istehsalat proseslərinin monitorinqi məsələsinə baxılmışdır. Bu məqsədlə IoT texnologiyalarının arxitekturası (sensor, şəbəkə və tətbiqi səviyyələr) verilmiş və həmin arxitektura əsasında neft quyularının idarə edilməsi sistemi təklif edilmişdir.

### **“Əşyaların İnterneti” texnologiyalarının tətbiq sahələri və arxitekturası**

Bizi əhatə edən bütün faydalı əşyaların (məişət avadanlıqlarının, elektrik cihazlarının, gündəlik istehlak mallarının, nəqliyyat vasitələrinin, istehsal qurğularının, əmək alətlərinin, informasiya daşıyıcılarının, tibbi ləvazimatların, mühafizə və nəzarət sistemlərinin, bitki və heyvanat aləminin) İnternet şəbəkəsinə qoşulması “Əşyaların İnterneti” termininin yaradılmasına gətirib çıxarmışdır [4].

IoT real həyatın aspektlərini (temperatur, işıq, təzyiq və s.) hiss edə bilən, əldə etdiyi məlumatları emal edib, nəticədə müxtəlif qərarlar verə bilən cihazlar deməkdir. Bu elə bir sistemdir ki, İnternetə çıxışı olan bütün obyektlər bir-biri ilə unikal tanışlıq və informasiyanı bir-birinə ötürmək bacarığı ilə təmin olunublar, yəni bu sistemdə insan-insan və ya insan-kompüter əlaqəsinə ehtiyac olmur.

IoT-a artıq gündəlik həyatımızın bir çox fəaliyyət sahələrində rast gəlinir. Onlardan əsasən evdə, xəstəxana və xüsusi riskli obyektlərdə baş verən dəyişikliklərin distant olaraq idarə olunması, yanğınların qarşısının alınması və müxtəlif faydalı fəaliyyətin təmin edilməsi məqsədi ilə istifadə olunur [5].

“Əşyaların İnterneti” Dünya İqtisadi Forumunun qiymətləndirməsində dünyanı dəyişdirəcək texnologiyalar arasında ilk sıralarda yer alır və bu texnologiyaların yaxın 10 ildə dünya iqtisadiyyatında əsas trend olacağı proqnozlaşdırılır. IoT cihazlarının sayı 2017-ci ildə 31% artaraq 8.4 milyarda çatmış və 2020-ci ildə bu sayın 30 milyarda çatacağı gözlənilir. IoT-un dəyərinin 2020-ci ildə 7.1 trilyon dollara çatacağı proqnozlaşdırılır [6].

IoT-da əşya insanın ürəyinə qoşulmuş kardiostimulyator və ya ürək monitoru, fermadakı heyvanlara qoşulan və ötürücü rolunu oynayan bioloji çip, sensorlarla və birtərəfli kompüterlə təchiz olunmuş nəqliyyat vasitəsi və ya hər hansı insan əli ilə yaradılıb IP (Internet Protocol) ünvanı olan və məlumatı şəbəkə üzərindən ötürə bilən qurğudur. Beləliklə, IoT anlayışı daha çox qurğu-qurğu kommunikasiyasından ibarətdir. Bu cür münasibətlər enerji, neft və qaz istehsalı zamanı geniş tətbiq olunur.

IoT texnologiyası əsasən aşağıdakı sahələrdə tətbiq edilir və yaxın onilliklər ərzində bizi əhatə edən hər şeyə təsir edəcəyi gözlənilir [7]:

- neft-qaz sənayesi: neft məhsullarının kəşfiyyatı, hasilatı, emalı, nəqli və satışı proseslərinin idarə edilməsi;
- şəhərlərdə: nəqliyyatın idarə edilməsi, işıqlandırma, dayanacaq, ağıllı ofis binaları, tullantıların idarə edilməsi;
- avtomobillərdə: prediktiv texniki təminat, toqquşmanın qarşısının alınması, öz-özünü idarə edən vasitələr;

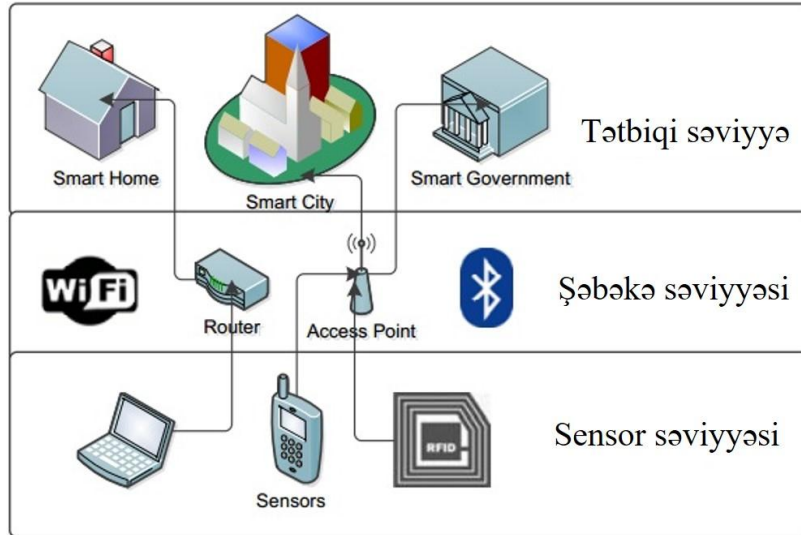
- enerji istehsalı və paylanması: smart qrid, mikroqrid, elektrik stansiyalarının idarəetmə sistemləri;
- kənd təsərrüfatında: səmərəli hasilat, vəziyyətə əsaslanan suvarma və gübrələmə;
- ətraf mühitdə: meşə yanğınlarının əvvəlcədən aşkarlanması, nəslə kəsilməkdə olan heyvanların izlənilməsi;
- tibdə: məsafədən diaqnostika, yaşlı və xəstə insanların monitorinqi;
- və s.

Neft-qaz sənayesində IoT texnologiyalarının real tətbiqi nadir hal olsa da, onların istifadəsi mövcuddur. IoT texnologiyalarının kəşfiyyat, qazma, istehsal əməliyyatlarında, texniki xidmət və bütövlükdə müəssisənin idarə edilməsində əhəmiyyətli dərəcədə fayda verəcəyi bir sıra potensial tətbiqləri var. Məqalə [8]-də xam neftin istehsal müəssisələrinin müxtəlif bölgələrində yerləşən bütün neft quyularının yanacaq nasoslarının məsafədən avtomatik ölçülməsi və onlara nəzarətin həyata keçirilməsi məqsədilə IoT texnologiyalarına əsaslanan ölçmə və nəzarət sistemi təsvir edilmişdir. Çində yerləşmiş neft quyularının məsafədən rəqəmsal monitorinqi üzrə layihə yaradılmış və sınaqlar keçirilmişdir. Təklif edilmiş sistem müəssisənin müxtəlif sahələrində yerləşən neft quyusu nasoslarını işə salmaq və onlara nəzarət etmək imkanına malikdir. [9]-da IoT əsaslı hasilat quyusunun monitorinq sistemi təsvir edilmişdir. Bu sistem məlumatların toplanması terminalından və müşahidə mərkəzindən ibarət olub, neft-qaz quyusundan alınan verilənlərin ötürülməsi və idarəetməsi üzrə qərarların qəbul edilməsinə xidmət edir. Məlumatların toplanması terminalı verilənlərin toplanması, ötürülməsi və mübadiləsi üçün nəzərdə tutulmuşdur. Xidmət mərkəzində isə toplanan məlumatların göndərilməsi və qəbul edilməsi, vizualizasiyası və statistik təhlillər həyata keçirilir. Avtorizasiyadan keçmiş heyət sistemdən istifadə etməklə təlimatlarını məsafədən göndərə və qısa mesaj xidməti (*ing. Short Message Service, SMS*) vasitəsilə nasazlıqlar barədə xəbərdar ola bilər. Məqalə [10]-da sensor şəbəkələri əsaslı intellektual idarəetmə sistemi təklif edilmişdir. Həmin sistemin istifadəsilə bir çox neft quyularının və çənlərinin vəziyyətinə məsafədən və səmərəli şəkildə nəzarət edilir. Quraşdırılan sensorlar temperatur və qaz sensorlarından ibarətdir. [11]-də *ZigBee* texnologiyası və mikroçipdən (*ing. PIC microcontrollers*) istifadə etməklə uzaq məsafədə yerləşən neft və ya qaz quyusundan məlumatların naqilsiz əlaqə vasitəsi ilə toplanılması məqsədilə monitorinq sistemi təklif edilmişdir. Həmin məlumatlar daha sonra quruda yerləşən məlumatların toplanması stansiyasına (*ing. Onshore Central Control Room, CCR*) göndərilir. Bundan başqa, məqalədə simulyator təklif edilmişdir ki, burada, hər biri *XBee* radio moduluna (*ing. router*) malik üç elektron kart quyuların idarəetmə panelinə (*ing. wellhead control panel*) inteqrasiya olunur. Nəticədə quyuların təhlükəsizlik klapanlarının mövqeyi barədə əldə edilmiş əks əlaqə mikrokontrollerlər tərəfindən toplanılaraq XBee modulu vasitəsilə uzaq məsafəyə ötürülür.

Məqalədə qeyd edilən ədəbiyyatların təhlilini nəzərə alaraq neft və qaz quyularında quraşdırılmış sensorlardan məlumatların toplanması, ötürülməsi və emalı üçün IoT texnologiyalarının arxitekturası əsasında konseptual monitorinq sistemi təklif olunmuşdur.

#### *Əşyaların İnternetinin arxitekturası*

IoT milyardlarla obyektləri İnternet üzərindən birləşdirmək (əlaqələndirmək) qabiliyyətinə malik olmalıdır, bunun üçün də çevik arxitektur səviyyələrinə ehtiyac var. IoT-da hər bir səviyyə öz funksiyaları və bu səviyyədə istifadə olunan cihazlarla müəyyən edilir. IoT-da səviyyələrin sayı ilə bağlı müxtəlif fikirlər var. Aparılan bir çox tədqiqatlara əsasən, demək olar ki, IoT əsasən qavrama və ya sensor səviyyəsi (*ing. perception layer*), şəbəkə səviyyəsi (*ing. network layer*) və tətbiqi səviyyə (*ing. application layer*) adlandırılan üç səviyyə üzərində fəaliyyət göstərir [12] (şəkil1).



Şəkil 1. Əşyaların İnterneti texnologiyasının arxitekturası

Sensor səviyyənin əsas məqsədi sensorların köməyi ilə fiziki aləmdən müvafiq verilənləri (temperatur, səs, vibrasiya, təzyiq və s.) aşkarlamaq, toplamaq, emal etmək və sonra şəbəkə səviyyəsinə ötürməkdən ibarətdir.

Sensor səviyyəsi iki hissəyə bölünür: sensor qovşağı (sensorlar və ya nəzarətçilər və s.) və marşrutlama şəbəkəsi ilə əlaqələndirilmiş sensor şəbəkəsi [5]. Sensor qovşağı məlumatların əldə edilməsi və idarə edilməsi üçün istifadə olunur, marşrutlama şəbəkəsi isə alınan məlumatları şəbəkə keçidinə göndərir. Sensor səviyyəsi texnologiyalarına implantasiya edilə bilən tibbi cihazlar (*ing. Implantable Medical Devices, IMD*), radiotezlik identifikasiyası (*ing. Radio Frequency Identification, RFID*), qlobal yerləşdirmə sistemi (*ing. Global Positioning System, GPS*) və s. daxildir.

Şəbəkə səviyyəsi ötürücü səviyyə kimi tanınır və IoT arxitekturasında orta səviyyə kimi tətbiq olunur. Şəbəkə səviyyəsi məlumatların marşrutlaşdırma funksiyasına xidmət edir. Şəbəkə səviyyəsinin vəzifəsi sensor səviyyəsi tərəfindən toplanmış məlumatları qəbul etmək və həmin məlumatları IoT qurğularına və tətbiqlərinə ötürmək üçün inteqrasiya olunmuş şəbəkələr vasitəsilə marşrutları müəyyən etməkdən ibarətdir [13].

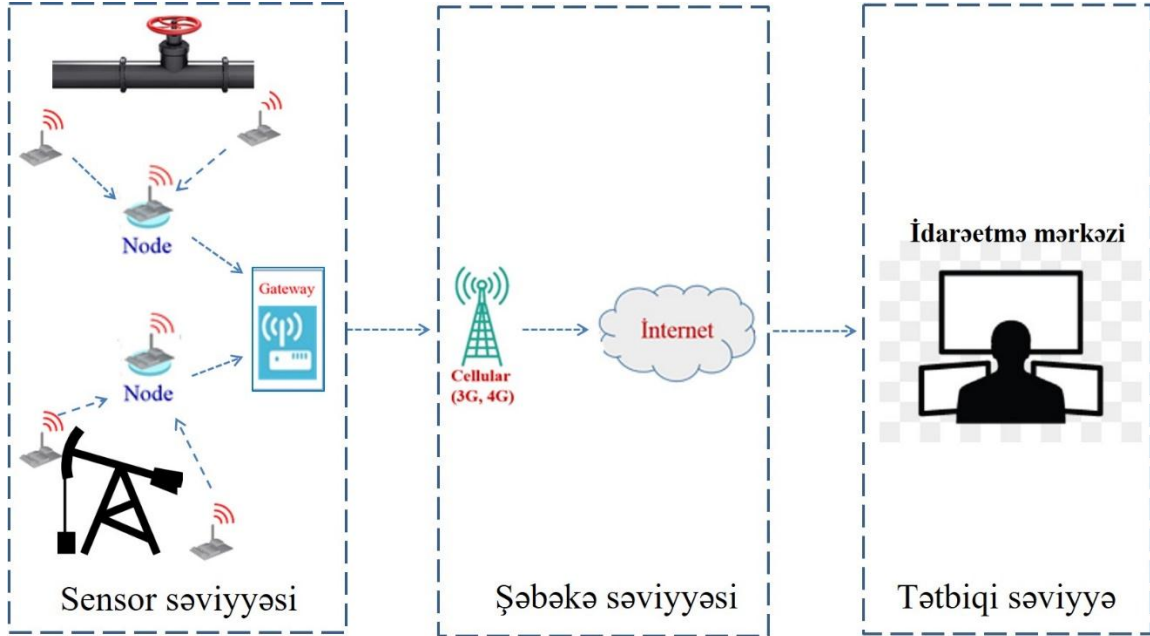
Şəbəkə səviyyəsi IoT arxitekturasının ən mühüm səviyyəsidir. Çünki müxtəlif qurğular – hab (*ing. hub*), kommutasiya (*ing. switching*), şlüz (*ing. gateway*), bulud texnologiyaları (*ing. cloud computing*) və müxtəlif kommunikasiya texnologiyaları (*Bluetooth, WiFi, 3G, LTE* və s.) bu səviyyədə inteqrasiya olunur.

Tətbiqi səviyyə biznes səviyyəsi kimi də tanınır və IoT arxitekturasının ən üst səviyyəsi kimi həyata keçirilir. Tətbiqi səviyyə şəbəkə səviyyəindən ötürülən məlumatları alır və lazımı xidmətləri və əməliyyatları təmin etmək üçün həmin məlumatları istifadə edir. Məsələn, tətbiqi səviyyə alınan məlumatların ehtiyat nüsxələrini verilənlər bazasında saxlamaq üçün xidməti təmin edə bilər və ya fiziki qurğuların gələcək vəziyyətini proqnozlaşdırmaq üçün alınan məlumatların qiymətləndirməsini həyata keçirə bilər [14]. Bu səviyyədə müxtəlif tələblərə malik bir sıra tətbiqlər mövcuddur, məsələn, ağıllı şəbəkə, ağıllı nəqliyyat, ağıllı şəhərlər və s. Tətbiqi səviyyə məlumatların həqiqiliyini, tamlığını və gizliliyini təmin edir. Bu səviyyədə məqsəd ağıllı bir mühitin yaradılmasının təmin edilməsidir.

## IoT-un arxitekturası əsasında neft-qaz quyularının monitoring sistemi

Bu bölmədə neft-qaz sənayesinin müxtəlif əməliyyatlarının monitoringi üçün IoT əsaslı arxitektura təqdim edilmişdir (şəkil 2).

Təqdim olunmuş arxitektura üç moduldan (səviyyədən) – sensorlardan (ağıllı obyekt modulu), şəbəkə modulu (şlüzlər) və tətbiqi (idarəetmə mərkəzi) moduldan ibarətdir [1, 15, 16]. Hər modul bir-biri ilə əlaqəli müxtəlif neft sahəsi mühitinin monitoringini həyata keçirir.



Şəkil 2. IoT arxitekturası əsasında neft-qaz quyularının müxtəlif əməliyyatlarının monitoring sistemi

**Sensor səviyyəsi (ağıllı obyekt).** Sensor səviyyəsi neft quyularının müxtəlif avadanlıqlarında quraşdırılmış sensorlardan və onları bir-biri ilə əlaqələndirən naqilsiz şəbəkə texnologiyalarından (3G, 4G, Wi-Fi, ZigBee və s.) ibarətdir. Hər bir ağıllı obyekt (sensorlar) fiziki cihazdır və onların əksəriyyəti müxtəlif neft quyularında yerləşdirilir. Ağıllı obyektlər məlumatları ölçmək və toplamağa imkan verir. Ağıllı obyektlər qrupunun neft quyusu mühitindəki fərqli avadanlıqlara quraşdırılması ağıllı neft quyusu adlanır. Neft quyularındakı nasosların monitoringi məqsədilə quraşdırılmış sensorlardan qəbul edilən siqnallara (nasosların təzyiqi və temperaturu, nasosların çıxış axını və s.) əsasən idarəetmə prosesi həyata keçirilir [8].

Neft quyularından toplanan məlumatlar emal və analiz üçün serverə ötürülməlidir. Ağıllı obyektin modulunun özü də üç səviyyədə: sensor, şəbəkə və tətbiq səviyyələrindən ibarətdir. Sensor səviyyəsində məlumatlar toplanılır və ağıllı obyektə şəbəkə keçidləri (şlüzlər) arasında əlaqə qurulur. Hər bir ağıllı obyekt sızmanın aşkarlanması üçün akustik, temperatur, təzyiq və s. kimi müxtəlif növ məlumatları təyin edən sensorlarla təchiz olunur [16]. Şəbəkə səviyyəsi isə ağıllı obyekt, şlüzlər və idarəetmə mərkəzi arasında rabitənin qurulmasına cavabdehdir. Hər bir ağıllı obyekt, həm də digər ağıllı obyekt və şəbəkə ilə qısa əlaqənin qurulmasını təmin edir [15].

**Şəbəkə səviyyəsi (şlüzlər).** Şəbəkə səviyyəsi əsasən neft quyusu haqqında toplanan məlumatların IoT idarəetmə mərkəzinə və ya əksinə idarəetmə mərkəzindən qəbul edilən siqnalların sensor səviyyəsinə etibarlı ötürülməsini təmin edir. Yaradılan sistem simsiz lokal şəbəkə (ing. *Wireless Local Area Network, WLAN*) protokoluna əsaslanmaqla, bir neçə sahədə quraşdırılmış neft quyularının qurğularına nəzarət edir. Bu səviyyədə əsasən sensor qovşağından məlumatlar alınır və lazım gəldikdə şifrələnərək idarəetmə mərkəzinə ötürülür. Neft quyuları daha

çox mərkəzdən uzaq ərazilərdə yerləşdiyinə görə, sistemin xidmət təminatını həyata keçirmək üçün *WLAN* şəbəkəsinin qurulması vacibdir [8].

Şəbəkə səviyyəsi (keçid modulu) ağıllı obyekt ilə idarəetmə mərkəzi arasında körpü qismində çıxış edir. Bu modul ağıllı obyekt modulunun tətbiq səviyyəsi mövcud olmadıqda, tətbiq səviyyəsinin funksiyalarını yerinə yetirə bilər. Ağıllı obyektlər çoxluğu naqilsiz kommunikasiya vasitəsilə şəbəkə keçidləri moduluna qoşula bilər. Şəbəkə keçidləri modulundakı sensor səviyyəsi ixtiyaridir, lakin hər bir şəbəkə keçidi akustik, temperatur və təzyiq sensorları kimi fərqli sensor növləri ilə təchiz oluna bilər. Ağıllı obyekt və şəbəkə keçidləri arasında əlaqə standart protokolun istifadəsi ilə qurula bilər. Ağıllı obyekt və şəbəkə keçidi modullarında işə salınmış tətbiqlər neft və qaz sızması, yanğın və s. kimi anomal hadisələrə qarşı real zamanda tədbirlər (yanğın siqnalı, müxtəlif avadanlıqların söndürülməsi, işçilərin evakuasiyası və nasazlıqların lokalizasiyası) həyata keçirməyə imkan verir [15].

**Tətbiqi səviyyə (idarəetmə mərkəzi).** İdarəetmə mərkəzi (server) modulu tətbiqlərin idarə edilməsini və ağıllı obyekt modullarından toplanan məlumatların təhlil edilməsini həyata keçirir. Bu səviyyədə hər bir quyu ilə bağlı məlumatın alınması və təhlili əsasında neft nasosunun monitorinqinə avtomatik nəzarət olunur. İdarəetmə mərkəzi məlumatları toplayır, anomal hadisələrlə bağlı mühüm qərarlar qəbul edir və idarəetmə panelinin qərar qəbul etmə prosesini dəstəkləyir. İdarəetmə mərkəzi yalnız iki səviyyədən: şəbəkə və tətbiq səviyyəsindən ibarətdir. Şəbəkə səviyyəsi kommunikasiya texnologiyaları vasitəsi ilə ağıllı obyekt və idarəetmə mərkəzi arasında rabitənin qurulmasına cavab verir. Tətbiq səviyyəsi isə əsasən idarəetmə proseslərinə cavabdeh olub, obyekt interfeysləri, IoT idarəetmə mərkəzi serverlərindən, IoT tətbiqi proqramlarından, verilənlər bazası, vizuallaşdırma alətlərindən və s. ibarətdir. IoT idarəetmə mərkəzi proqram təminatı vasitəsilə nasoslarda quraşdırılmış sensorlardan alınan məlumatları real zamanda qəbul edir. Toplanan məlumatlar (neft quyularının temperaturu, təzyiqi, axını və s.) intellektual proqram təminatı vasitəsi ilə təhlil edilir və problemlər növlərinə görə qruplaşdırıldıqdan sonra insan müdaxiləsi olmadan idarəetmə həyata keçirilir [8]. İdarəetmə mərkəzinin iki əsas məqsədi vardır: birincisi, ağıllı obyektlərdən avadanlıqların vəziyyətinə dair müxtəlif sensorlar vasitəsilə daxil olmuş məlumatlar təhlil edilərək nasazlıqları aşkarlayır və ya onların əvvəlcədən başvermə ehtimalını hesablayır. Beləliklə, idarəetmə mərkəzi istehsalın dayanıqlılığının artırılması və nasazlıqların minimuma endirilməsi üçün qabaqçılıq tədbirlərin həyata keçirilməsinə və bununla da, təhlükəsizlik risklərini aşağı salmaqla, qurğuların daha yaxşı idarə edilməsinə, onlara texniki təminatın həyata keçirilməsinə imkan yaradır. İkincisi isə, idarəetmə mərkəzində neft və qazın gündəlik istifadəsi və istehsalı əsasında istehsal göstəricilərinə dair məlumatların təhlil edilməsidir [15].

### **Neft-qaz sənayesində naqilsiz sensor şəbəkələrinin tətbiqi**

IoT texnologiyasının inkişafı naqilsiz sensor şəbəkələri (*NSS*) (*ing. Wireless Sensor Network, WSN*) ilə bağlıdır. Hal-hazırda sensorlardan sənayenin bir çox sektorlarında olduğu kimi, neft-qaz sənayesinin avtomatlaşdırılmasında (məlumatların toplanmasında, monitorinq zamanı və s.) da çox geniş istifadə edilir. Adətən sensorlar temperatur, təzyiq, rütubət, torpağın tərkibi, səsküyün səviyyəsi, işıqlandırma şəraiti, bəzi obyektlərdə zərərli maddələrin miqdarı və s. ölçülməsi üçün istifadə edilir [17]. Neft-qaz sənayesinin monitorinqində isə əsasən temperatur, təzyiq, vibrasiya, hərəkət və axını ölçən sensorlardan geniş istifadə olunur [18]. Bütövlükdə bu parametrlər istehsal prosesinə nəzarətin avtomatlaşdırılması üçün çox faydalıdır.

Naqilsiz texnologiyalar sürətlə inkişaf etdiyinə görə, istehsalın optimallaşdırılması məqsədilə naqilsiz sensorların köhnə və son istismar dövrünü sürən platformalarda quraşdırılması daha münasib hesab edilir. Neft-qaz sənayesində monitorinq üçün istifadə olunan anomaliyaların aşkarlama sistemləri əsasən verilənlərin toplanması və dispetçer idarəetmə (*ing. Supervisory Control And Data Acquisition, SCADA*) sistemləridir. SCADA sistemləri çox bahalı, qeyri-çevik, miqyaslanmayan olub, məlumatları uzun gecikmələrlə təmin edir [19]. Neft və qaz quyularında

proseslərin təhlükəsizliyi və optimallaşdırılması üçün müəyyən parametrlərin (temperatur, təzyiq, axın və s.) səmərəli ölçülməsi və monitorinqi çox vacibdir. Yuxarıda göstərilən proseslər zamanı çoxlu sayda sensorların köməyi ilə müxtəlif parametrlərin geniş monitorinqinin aparılmasına ehtiyac yaranır. Uzun illər ərzində tətbiq olunan sensorlar naqilli kabellər vasitəsilə effektiv şəkildə istismar edilmişdir. Naqilli sensorların istismarı, idarə edilməsi və texniki təminatı çox baha başa gəlir, müvəqqəti qurğulara uyğun gəlmir, münafiqəli və uzaq mühitlərdə qurulması isə çətinidir [18]. Naqilsiz texnologiyalar isə daha geniş imkanlara malikdir. Onların tətbiqi naqillərə olan tələbatın aradan qaldırılmasına, quraşdırma və istismar xərclərinin azaldılmasına yardım edə bilər [20]. NSS texnologiyası monitorinq sistemləri üçün daha sürətli və daha rahat bir seçim təqdim edir. Bu sensorlar istehsalat prosesinin fəaliyyəti və əməliyyat mühiti barədə alınan müxtəlif məlumatların ölçülməsi üçün uzaq ərazilərdə quraşdırılmasına, müvəqqəti və mobil sistemlərin tətbiqinə imkan verir. Bu, istehsalat prosesinin təhlükəsizliyi, istehsal, təmir planı, səhvlərə qarşı dözümlülük və bərpaetmə proseslərinin optimallaşdırılması üçün çox əhəmiyyətlidir [21, 22]. İnternet, rabitə və informasiya texnologiyaları sahəsindəki irəliləyişlər də NSS-nin inkişafına öz töhfəsini vermişdir.

Son zamanlar NSS fərqli tələb və xüsusiyyətlərə malik olan geniş çeşidli sahələrdə (buzlaqların monitorinqi, okean suyunun monitorinqi, uçqundan xilas etmə xidməti, enerji sistemlərinin monitorinqi, obyektlərin izlənməsi və s.) tətbiq edilir [23]. Şəbəkələr seysmik, termal, vizual, akustik, radar, maqnit, infraqırmızı və s. kimi fərqli mühitlərin monitorinqini həyata keçirən müxtəlif növ əlamətləri (yanğını, rütubəti, vibrasiyanı, torpağın tərkibini və s.) müəyyənləşdirən sensorlardan ibarət ola bilər [24].

Naqilsiz texnologiyalar istiqamətində son nailiyyətlər əsasən güclü və etibarlı kommunikasiyanı təmin edən ucuz naqilsiz şəbəkələrin yaradılmasına şərait yaratmışdır. Bunlara misal olaraq aşağıdakıları göstərmək olar:

- *ZigBee* – IEEE 802.15.4 standartı olub, verilənlərin aşağı sürətli naqilsiz ötürülməsi üçün hazırlanmışdır. Bu texnologiya 10–100 metr radiusda maksimal olaraq 250 kb/sa. sürətilə verilənlərin təhlükəsiz olaraq ötürülməsi üçün nəzərdə tutulmuşdur. ZigBee texnologiyası yüksək etibarlılığa, aşağı qiymətə, enerji qənaətinə malik şəbəkələrin yaradılmasında geniş istifadə olunur [25].
- *Wi-Fi (Wireless Fidelity)* – naqilsiz lokal şəbəkələrin təşkili üçün nəzərdə tutulmuşdur və 802.11 standartını dəstəkləyir. Hal-hazırda IEEE 802.22 yeni bir standart layihələndirilməkdədir. Bu standart verilənləri 22 Mbit/san sürətlə 100 km uzaqlığa ötürməyə imkan verəcək [26].
- *Bluetooth 5.0* – bu versiyanın ən vacib üstünlükləri sürətli və müxtəlif çeşidlərdə olmasıdır. Başqa sözlə, sürətli olması ilə birlikdə (4–12 meqabayt/san), əvvəlki versiyalardan fərqli olaraq, informasiyanı uzaq məsafəyə (240 m) ötürmə xüsusiyyətinə malikdir.
- *Bluetooth LE* – bu versiyanın digər versiyalardan əhəmiyyətli üstünlüklərindən biri o qədər də çox uzaq məsafədə olmayan qurğular arasında verilənlərin ötürülməsi üçün az enerji sərfiyyatlı olmasıdır [27].
- *LoRaWAN* – ağıllı cihazların bir-biri ilə əlaqə yaratmasını həyata keçirən ümumi bir protokoldur. *LoRaWAN* çox az enerji istifadə etmək üçün optimallaşdırılmış, uzun məsafə (2–5 km), geniş sahəli şəbəkə (*WAN*) xüsusiyyətlərinə malikdir [28].
- *Z-Wave* – digər kommunikasiya texnologiyalarına görə daha sadə texnologiyadır. Bu texnologiya 30 metr radiusda istifadə olunur və verilənlərin ötürülməsinin sürəti 100 kb/san. təşkil edir [29].

Sensor şəbəkəsinin əsas komponentləri aşağıdakılardır [30]:

- paylanmış sensorlar toplusu;
- sensorları bir-biri ilə əlaqələndirilən naqilsiz şəbəkə;

- məlumatların ilkin emalını və idarə edilməsi prosesini həyata keçirən hesablama qovşağı.

Sensorların aparat hissəsi monitorinq elementindən (vericidən), analoq-kod çeviricisindən, yaddaş və emal prosessorundan, radiointerfeys elementlərindən ibarətdir. Monitorinq elementi (verici) ətraf mühitin qeyri-elektrik parametrlərini qəbul edib toplayır və çeviriciyə ötürür. Çevirici giriş siqnallarını rəqəmləşdirir və kodlaşdırır. Emal qovşağı yaddaş və prosessor qovşağından ibarətdir. Prosessor müəyyən alqoritm üzrə informasiyanın ilkin emal prosesini həyata keçirir və informasiyanı radiointerfeys vasitəsi ilə şəbəkə şlüzuna ötürür. Şlüz sensordan alınan məlumatı ümumi istifadəli şəbəkənin protokoluna çevirir və onu idarəetmə mərkəzinin serverinə ötürür [31].

Sensor şəbəkəsindəki qovşaqlar adətən bir və ya bir neçə sensor, radioötürücü və ya digər naqilsiz rabitə qurğusuna, kiçik bir mikrokontrollerə və bir enerji mənbəyinə, yəni, adətən batareyaya malik olur [23, 32]. Ona görə də son dövrlərdə neft və qaz sənayesində quraşdırılmış sensorlardan (obyektlərdən) məlumatların toplanması üçün yeni IoT əsaslı arxitekturdan geniş istifadə olunur. NSSŞ tətbiqləri ilə istehsal proseslərinin səmərəli idarə edilməsi aktual məsələlərdəndir. NSSŞ texnologiyasının neft-qaz sənayesində monitorinq üçün istifadə olunmasının üstünlükləri [1, 7, 33]:

- neft quyularının vəziyyətinin monitorinqi;
- neft quyusunun nasazlığı haqqında real zamanda həyəcan siqnalının verilməsi (həddən artıq yüksək və ya həddən artıq aşağı gərginlik olduqda, həddən artıq yüksək cərəyan olduqda, həyəcan siqnalının verilməsi);
- neft quyusunun məsafədən idarəetmə sistemləri;
- istifadə edilən avadanlıqlara (mühərrik, nasos və. s.) nəzarət;
- neft quyularının qazma qurğularına nəzarət (neft pompalarının enerji təchizatı gərginliyinə və cərəyanına nəzarət);
- neft pompasının istifadəsi dayandıqda, həyəcan siqnalının verilməsi;
- qazma baltasının dəyişdirilməsinin optimallaşdırılması;
- boru kəmərlərinin vəziyyətinin monitorinqi (mexaniki-fiziki vəziyyətinin təhlükəsizliyi məqsədilə);
- boru kəmərlərində sızmaların erkən aşkarlanması;
- boru kəmərlərinin korroziyasının monitorinqi;
- maşınların vəziyyətinin monitorinqi və səhvlərin diaqnostikası;
- avtomatik istehsal platformasına nəzarət;
- daha geniş avtomatlaşdırma və təhlükəsizlik üzrə qurğuların qarşılıqlı əlaqəsi;
- geolokasiya vasitəsilə heyətin izlənməsi və müəyyən təhlükəsizlik amillərinin (məsələn, ağıllı dəbilqələr və ya bilək sargısı vasitəsilə istifadəçinin nəbzini təyin etməklə müəyyən müddət ərzində heç bir hərəkət olmadıqda, onun zərbə aldığı və ya yıxıldığını xəbər verir) monitorinqi;
- insan tərəfindən təftişin aparılması ehtiyacını azaltmaq, real zamanda sızmaları aşkar etmək, analitik və maşın təlimi vasitəsilə parametrləri optimallaşdırmaq üçün neft quyusunun girişində müxtəlif parametrlərin davamlı ölçülməsi.

Bu cür sensorlar vasitəsilə toplanan məlumatlar neft-qaz platformasının təhlükəsizliyinin yaxşılaşdırılması, əməliyyatların optimallaşdırılması, istismar xərclərinin azaldılması və s. neft və qaz sənayesinin işinə yardım edən innovativ həllər üçün yeni imkanlar açır.

Neft və qaz sənayesində NSSŞ-nin tətbiqi ilə bağlı bir sıra çətinliklər də mövcuddur. Naqilsiz qurğular aşağıdakı xüsusiyyətlərə malik olmalıdır [1, 8]:

- kiçik ölçü, məhdud emal gücü, yaddaş, saxlama və s. kimi imkanları olmalıdır;
- öz-özünü təminat. Mümkün olduqda, qurğular öz enerjisini təmin etməli və texniki təminat tələbini azaltmaq məqsədilə bir neçə uzunmüddətli batareyaya paketlərinə malik olmalıdır;
- ətraf mühit və platforma şərtlərinin çox sərt olduğu mübahisəli ərazilərdə fəaliyyət göstərmək imkanı olmalıdır;



- mövcud İT həlləri ilə problemsiz şəkildə inteqrasiya olunmalıdır;
- öz-özünə yenidən konfigurasiya edilə bilən, dinamik və adaptiv olmalıdır;
- dinamik şəkildə dəyişən sistem mühitində xidmət göstərə bilməlidir;
- səhvlərə dözümlü olmalı və bərpa edilə bilməlidir;
- açıq olmalı, beynəlxalq standartlara əsaslanmalıdır;
- dəqiqliklə təyin edilmiş əməliyyat etibarlılığı və operativ mühit daxilində naqilsiz şəbəkə mövcud olmalıdır;
- sensorların təhlükəsizlik məsələləri. Bir çox qurğular ərazilərdə statik şəkildə yerləşdirilir, bu da onların fiziki cəhətdən təhlükəyə məruz qalmasına səbəb ola bilər və s.

## Nəticə

Neft-qaz sənayesində aparılan bütün əməliyyatların düzgün həyata keçirilməsini təmin etmək üçün onların davamlı monitorinq olunması tələb edilir. IoT texnologiyaları neft-qaz sənayesinin əsas proseslərinin daha effektiv və etibarlı şəkildə idarə edilməsi üçün ən potensial həll hesab edilir. Bu məqsədlə təqdim edilmiş məqalədə neft-qaz quyularının müxtəlif əməliyyatlarını asanlaşdırmaq üçün IoT texnologiyalarının arxitekturası əsasında monitorinq sistemi təklif edilmişdir. Sensorlar vasitəsilə toplanan məlumatların monitorinqi neftin kəşfiyyatı və aşkarlanması sürətini artırmaq, neft quyularının təhlükəsizliyini yaxşılaşdırmaq, neft hasilatını yüksəltmək, əməliyyatları optimallaşdırmaq, meydana çıxan problemlərin qarşısını almaq, xətalara aradan qaldırmaq və istismar xərclərini azaltmaq baxımından çox böyük faydalar verə bilər. IoT texnologiyalarının tətbiqi neft və qaz sənayesində bir sıra elmi-nəzəri və texnoloji problemlərin həllində mühüm rol oynaya bilər. Bu işdə təklif edilmiş konseptual IoT arxitekturası neft-qaz sənayesi üzrə müxtəlifmiqyaslı praktiki layihələrdə nəzərə alın bilər.

## Minnətdarlıq

Bu iş Azərbaycan Respublikası Dövlət Neft Şirkətinin Elm Fondunun maliyyə yardımı ilə yerinə yetirilmişdir – Qrant – № 01 LR.

## Ədəbiyyat

1. Akhondi M.R., Talevski A., Carlsen S., Petersen S. Applications of Wireless Sensor Networks in the Oil, Gas and Resources Industries / 24th IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications, 2010, pp.618–623.
2. Digital Transformation Initiative Oil and Gas Industry, <http://reports.weforum.org/digital-transformation/wp-content/blogs.dir/94/mp/files/pages/files/dti-oil-and-gas-industry-white-paper.pdf>
3. IoT in Oil & Gas: Analyzing Technology & Use Cases. [www.link-labs.com/blog/IoT-oil-gas-use-cases](http://www.link-labs.com/blog/IoT-oil-gas-use-cases)
4. Əliquliyev R.M., Mahmudov R.Ş. Əşyaların İnterneti: mahiyyəti, imkanları və problemləri // İnformasiya cəmiyyəti problemləri, 2011, №2, s.29–40.
5. Yang Y., Wu L., Yin G., Li L., Zhao H. A Survey on Security and Privacy Issues in Internet-of-Things // IEEE Internet of Things Journal, 2017, vol.4, no.5, pp.1250–1258.
6. Report-internet of things. <http://reports.weforum.org/industrial-internet-of-things/general-findings/2-1-the-state-of-the-market/>
7. Baudoin C.R. Deploying the Industrial Internet in Oil & Gas: Challenges and Opportunities // Society of Petroleum Engineers, 2016, pp.1–11.
8. Shengquan Y., Ceng G. Research of Petroleum Well Fuel Pump Measurement & Control System Based on Internet of Things Technology / International Conference on Computer Network, Electronic and Automation, 2017, pp.431–436.

9. Pan Y., Xiao L., Zhang Y. Remote real-time monitoring system for oil and gas well based on wireless sensor networks / International Conference on Mechanic Automation and Control Engineering, Wuhan, China, 2010, pp.2427–2429.
10. Barani R., Lakshmi V.J. Oil well monitoring and control based on wireless sensor networks using Atmega 2560 controller // International Journal of Computer Science & Communication Networks, 2014, vol.3, no.6, pp.341–346.
11. Ibrahim A. Using ZigBee for Wireless Remote Monitoring and Control // Journal of Energy, 2015, vol.2, no.5, pp.189–197.
12. Həşimov M.A. Əşyaların İnternetinin təhlükəsizlik məsələləri / “İnformasiya təhlükəsizliyinin aktual problemləri” III respublika elmi-praktiki seminarı, 08 dekabr, 2017, s.108–111.
13. Wu M., Lu T.L., Ling F.Y., Sun J., Du H.Y. Research on the architecture of Internet of things / 3rd International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering, 2010, pp.484–487.
14. Mahmoud R., Yousuf T., Aloul F., Zualkernan I. Internet of Things Security: Current Status, Challenges and Prospective Measures / The 10th International Conference for Internet Technology and Secured Transactions, 2015, pp.336–341.
15. Khan W.Z., Aalsalem M.Y., Khan M.K., Hossain M.S., Atiquzzaman M. A Reliable Internet of Things based Architecture for Oil and Gas Industry / 19th International Conference on Advanced Communication Technology, 2017, pp.705–710.
16. Patel K.K., Patel S.M. Internet of Things-IOT: Definition, Characteristics, Architecture, Enabling Technologies, Application & Future Challenges // International Journal of Engineering Science and Computing, 2016, vol.6, no.5, pp.6122–6133.
17. Pathan A.S.K., Lee H.W., Hong C.S. Security in wireless sensor networks: issues and challenges / The 8th International Conference on Advanced Communication Technology, Feb. 20–22, 2006, pp.1043–1048.
18. Talevski A., Carlsen S., Petersen S. Research Challenges in Applying Intelligent Wireless Sensors in the Oil, Gas and Resources Industries / 7th IEEE International Conference on Industrial Informatics, July, 2009, pp.464–469.
19. Stuart A. Boyer. SCADA: supervisory control and data acquisition. International Society of Automation, 2009, 257 p.
20. Petersen S., Doyle P., Vatland S., Aasland C.S., Andersen T.M., Dag S. Emerging Technologies and Factory Automation / IEEE Conference on, Requirements, drivers and analysis of wireless sensor network solutions for the Oil & Gas industry, 2007, pp.102–114.
21. Sohraby K., Minoli D., Znati T. Wireless sensor networks: technology, protocols, and applications. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, ISBN: 978-0-471-74300-2. 2007.
22. Yick J., Mukherjee B., Ghosal D. Wireless sensor network survey // Elsevier Journal of Computer Networks, 2008, pp.2292–2330.
23. Römer K., Mattern F. The Design Space of Wireless Sensor Networks // IEEE Wireless Communications, 2004, vol.11, no.6, pp.54–61.
24. Akyildiz I.F., Su W., Sankarasubramaniam Y., Cayirci E. Wireless sensor networks: a survey // Computer Networks 2002, vol.38, no.4, pp. 393–422.
25. Neha R. A Survey on Zigbee Technology // International Journal of Advance Research In Science And Engineering, 2015, vol.4, no.1, pp.1904–1912.
26. [www.techopedia.com/definition/28179/super-wi-fi](http://www.techopedia.com/definition/28179/super-wi-fi)
27. Bluetooth 5 and LE. [www.howtogeek.com/343718/whats-different-in-bluetooth-5.0/](http://www.howtogeek.com/343718/whats-different-in-bluetooth-5.0/)
28. Alexandru L., Valentin P. Internet of Things and LoRaTM Low-Power WideArea Networks: A Survey / 2017 International Symposium on Signals, Circuits and Systems (ISSCS), 13–14 July 2017.

29. Z-wave. [https://z-wavealliance.org/about\\_z-wave\\_technology/](https://z-wavealliance.org/about_z-wave_technology/)
30. Adejo A.O., Onumanyi A.J., Anyanya J.M., Oyewobi S.O. Oil And Gas Process Monitoring Through wireless Sensor Networks: A Survey // Ozean Journal of Applied Science, 2013, vol.6, no.2, pp.39–43.
31. Ranjit P., Kalpana S., Ghose M.K. Wireless Sensor Networks – Architecture, Security Requirements, Security Threats and Its Countermeasures // Computer Science & Information Technology, 2013, pp.107–115.
32. Wang Y., Attebury G., Ramamurthy B. A Survey of Security Issues in Wireless Sensor Networks // IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2006, vol.8, no.2, pp.2–23.
33. Mohammed Y.A., Wazir Z.K., Wajeb G., Muhammad K.K., Quratulain A. Wireless Sensor Networks in Oil and Gas Industry: Recent Advances, Taxonomy, Requirements, and Open Challenges // Journal of Network and Computer Applications, 2018, vol.113, pp.87–97.

#### УДК 004.71

**Алекперов Рашид Г.<sup>1</sup>, Гашимов Мамед А.<sup>2</sup>**

Институт Информационных Технологий НАНА, Баку, Азербайджан

<sup>1</sup>[rashid@iit.ab.az](mailto:rashid@iit.ab.az), <sup>2</sup>[mamedhashimov@gmail.com](mailto:mamedhashimov@gmail.com)

#### **Использование технологий Интернета вещей в мониторинге нефтегазовых скважин**

В статье рассматриваются возможности использования технологий Интернета вещей (IoT) для легкого, безопасного, надежного и быстрого сбора данных с датчиков, установленных в нефтегазовых скважинах. Проанализирована архитектура технологий IoT для мониторинга нефтегазовых скважин, предложены процессы сбора, передачи и обработки данных на основе этой архитектуры. В статье также представлены возможности беспроводных сенсорных сетей для повышения безопасности нефтегазовых скважин, оптимизации операций, предотвращения проблем и устранения ошибок.

**Ключевые слова:** нефтегазовая промышленность, Интернет вещей, беспроводные сенсорные сети, мониторинг, сенсоры, умные объекты, сетевые шлюзы, центр управления.

**Rashid G. Alakbarov<sup>1</sup>, Mammad A. Hashimov<sup>2</sup>**

Institute of Information Technology of ANAS, Baku, Azerbaijan

<sup>1</sup>[rashid@iit.ab.az](mailto:rashid@iit.ab.az), <sup>2</sup>[mamedhashimov@gmail.com](mailto:mamedhashimov@gmail.com)

#### **The usage of the Internet of Things technologies in the monitoring of oil and gas wells**

The article examines the possibilities of the use of the Internet of Things (IoT) technologies for easy, secure, reliable and fast data acquisition from the sensors mounted in oil and gas wells. The architecture of IoT technologies for oil and gas wells monitoring is analyzed, and the processes for data collection, transmission and processing based on this architecture are proposed. The article also presents the capabilities of wireless sensor networks to improve the safety of oil and gas wells, optimize operations, prevent problems and eliminate errors.

**Keywords:** oil and gas industry, Internet of Things (IoT), Wireless Sensor Networks, monitoring, sensors, smart objects, network gateways, control center.