

UOT 001:004.7

DOI: 10.25045/jpis.v10.i2.06

Fətəliyev T.X.¹, Mehdiyev Ş.A.²

^{1,2}AMEA İnformasiya Texnologiyaları İnstitutu, Bakı, Azərbaycan

¹depart3@iit.science.az, ²depart11@iit.science.az

BÖYÜK HƏCMLİ ELMİ VERİLƏNLƏRİN MENECMENTİ VƏ EMAL TEXNOLOGİYALARININ TƏDQIQI

Daxil olmuşdur: 31.03.2019. Düzəliş olunmuşdur: 15.05.2019. Qəbul olunmuşdur: 23.05.2019.

Məqalə e-elm mühitində yaranan böyük həcmli elmi verilənlər problemlərinə və onların həlli məsələlərinə həsr olunmuşdur. Elmi fəaliyyət zamanı İKT-nin tətbiqinin nəticəsi kimi toplanan, saxlanılan, emal olunan və ötürülən elmi verilənlərin həcmi əhəmiyyətli dərəcədə artmışdır. Əşyaların İnternetinin, kiberfiziki sistemlərin tətbiqləri, həmçinin verilənlərin real zamanda emalına, şəbəkə yükünün azaldılmasına, avtonom emala tələblərin sərtləşməsi emal prosesinin verilənlər mənbələrinə yaxın yerdə təşkilə zərurətini yaratmışdır. Məqalədə son texnoloji həllərdən istifadə edərək elmi verilənlərin mərkəzləşdirilməmiş emalı problemləri təhlil olunmuşdur. Bu sahədə bulud, duman, şəh və blokçeyn texnologiyalarının istifadəsi imkanları araşdırılmış və təqdim olunmuşdur.

***Açar sözlər:** e-elm, böyük həcmli elmi verilənlər, kiberfiziki sistemlər, bulud texnologiyası, duman texnologiyası, şəh texnologiyası, blokçeyn texnologiyası.*

Giriş

İKT-nin dinamik tətbiqi ilə xarakterizə olunan müasir dövrdə elmi fəaliyyət sferasındakı rəqəmsal dəyişikliklər ümummilli inkişafın hərəkətverici qüvvəsinə çevrilmişdir. Qeyd etmək lazımdır ki, e-elm sahəsində yaranan rəqəmsal dəyişikliklər və elmin inkişafı qarşılıqlı təsirə malikdirlər. Bu bir tərəfdən, elm və texnoloji inkişafın rəqəmsal dəyişikliklərin əsas amili olması, digər tərəfdən isə, müasir rəqəmsal dövrün, öz növbəsində, elmi biliklərin istehsalına böyük dəyişikliklər gətirməsi ilə xarakterizə olunur. E-elm onlayn təhsilə, virtual laboratoriyalara, qlobal tədqiqat şəbəkələrinə, kompüter vasitələrinə və s. dəstək olan müasir həlləri təklif etməklə elmin sürətlə inkişafına kömək edir və etməkdədir. Müasir rəqəmsal texnologiyalar elmdə öz təbiətinə uyğun yeni tərəfdaşlar cəlb edir. Burada kiberinfrastruktur (*cyberinfrastructure, CI*), e-elm (*escience, eS*), vətəndaş elmi (*citizen science, CS*), verilənlər haqqında elm - *Data science* və *Big data* xüsusi təsirə malikdir. Nəticədə “Rəqəmsal elm” (*Digital science*) və onun problemləri ilə məşğul olan “*Data science*” formalaşır. Rəqəmsal elmə açıq giriş və əməkdaşlıq əlaqələri əsasında yeni biliklərin istehsalı üçün mühit təqdim edən bir sistem kimi baxmaq, onun iştirakçılarını isə “rəqəmsal alim” adlandırmaq olar. Beləliklə, bu sistemə müxtəlif elm sahələrini təmsil edən böyük elmi qrupların əməkdaşlığı, ümumi məqsədlərini paylaşması, resurslardan açıq şəkildə istifadə etməsi üçün xidmətə yönəldilmiş və yüksək səviyyədə əlaqəli texniki-proqram vasitələri ilə işləyən kompleks kimi baxmaq olar. Onun özü isə texnoloji, metodoloji, institusional, iqtisadi, sosial və mədəni elementlərin birləşməsindən formalaşır. Rəqəmsal elm ənənəvi elmdə yalnız bilik istehsalını və idarəetməni dəyişdirmir, həm də vətəndaşları könüllülük əsasında iştiraka həvəsləndirərək e-elmin yeni istiqaməti kimi vətəndaş elmini inkişaf etdirir [1]. Vətəndaş elmi adamları elmin faydalarının davamlı inkişafına yönəltməklə yanaşı, yeni biliklərin yaranmasında alimlərlə birgə əməkdaşlığa cəlb edir. Bu da, cəmiyyətdə gələcək nəslin elmdə iştirakı maraqlarının reallaşdırılmasında əhəmiyyətli dəyişiklik vasitəsidir. Rəqəmsal elmin formalaşması siyasətçilər, tədqiqatçılar, pedaqoqlar və iş adamları kimi maraqlı tərəflərin elm, təhsil, mədəniyyət və digər sahələrin artan və davamlı inkişafında fəaliyyətləri ilə sıx bağlıdır.

Bunlarla yanaşı, rəqəmsal elm öz növbəsində elmin inkişafında əsas tendensiyalardan biri kimi elmi verilənlərin həcmnin əhəmiyyətli dərəcədə artmasına gətirmişdir. Elmi fəaliyyət nəticəsində böyük həcmdə müxtəlif tipli verilənlər yaranmış, elmi nəşrlərin, hesabatların,

layihələrin nəticələrinin və s. sayı artmışdır. Bütün bunlar gizli biliklərin daşıyıcılarıdır və emalı elmin yeni keyfiyyətdə təşkili, idarə olunması və həyata keçirilməsi üçün geniş imkanlar yaradır. Hazırda elmi fəaliyyətin təşkili üçün virtual elmi kollektivlərin formalaşdırılması məqsədilə ərazicə paylanmış mühitdə tərəfdaşların axtarışı, həmçinin yeni texnologiyaların tətbiqi və elmi fəaliyyətin nəticələrinin istifadəsi və yayılması ayrıca bir problemə çevrilmişdir. Belə nəticəyə gəlmək olar ki, elmin gələcək inkişafı yalnız böyük həcmli informasiyanın emalı nəticəsində mümkün olacaqdır.

Beləliklə, böyük həcmli verilənlər və onun mühüm tərkib hissələrindən olan elmi verilənlərin yuxarıda qeyd olunan problemlərinin həlli yaşadığımız rəqəmsal dövrün aktual bir məsələsi kimi gündəmdədir. Məqalədə problem üzrə araşdırmalar aparılmış, mövcud vəziyyət, həllində beynəlxalq səviyyədə yanaşmalar və həllər təhlil olunmuşdur.

E-elm böyük həcmli elmi verilənlər mənbəyi kimi

Verilənlərin elmdə rolu həmişə yüksək qiymətləndirilmişdir, lakin elmi verilənlərin qeydiyyatı, emalı və analizi hesablama elminin (*computational science*) – məsələlərin həlli üçün informatika və hesablama texnikasının ən son nailiyyətlərindən geniş istifadə edilən yanaşmanın inkişafı ilə xüsusi aktuallıq qazanmışdır. Nəticə olaraq, bu sahədə tətbiq edilən elmi metodlar da nəzərə çarpacaq qədər dəyişir. Belə ki, son zamanlar təkcə əldə olunan nəticələr deyil, həmçinin sonrakı emal üçün nəzərdə tutulan və informasiya massivləri şəklində toplanan ilkin verilənlər də təqdim edilir. Nəticədə, bir tərəfdən çox böyük həcmli informasiyanın arxivləşdirilməsi problemi, digər tərəfdən isə informasiyanın axtarışı üzrə xidmətin təşkili, yayılması və istifadəçinin tələb olunan informasiya ilə təmin edilməsi zərurəti yaranır. Bunlarla yanaşı, toplanmış son dərəcədə böyük həcmli elmi verilənlərdən gizli biliklərin aşkarlanması da aktual bir problem kimi qarşıda durur.

Beləliklə, böyük həcmli verilənlər və onun mühüm tərkib hissələrindən olan elmi verilənlərin qeyd olunan problemlərinin həlli yeni bir elm sahəsi *Data science*-in, həmçinin qısa bir zaman ərzində “*Big Data*”, “*Big Data analytics*”, “*Data science*”, “*Datalogy*”, “*Data scientist*”, “*Data-intensiv science*” kimi artıq populyar olan, yeni terminlərin yaranmasına gətirmişdir.

Elmi verilənlər problemlərinin həlli respublikada “Elektron Azərbaycan”nın tərkib hissəsi kimi həyata keçirilən e-elmin aktual məsələlərindəndir. Ölkədə e-elmin şəbəkə platforması olan AzScienceNet şəbəkəsinin və onun böyük yaddaş və hesablama resurslarına malik (yaddaş - 500 Terabayt, hesablama məhsuldarlığı - 19 Tflops) Verilənlərin emalı mərkəzinin imkanları buna texniki dəstək verir [2].

E-elm mürəkkəb bir sistem olub infrastruktur, verilənlərin generasiyası, toplanması, saxlanması, emalı, axtarışı, analizi, ötürülməsi, təqdim olunması və s. kimi tərkib hissələrə malikdir. E-elmə vahid bir sistem kimi baxıldığı halda isə, onun həll etdiyi məsələlərə uyğun müxtəlif altsistemlərdən təşkil olunduğunu görmək olar. Elmin informasiya təminatı; elmmetrik təhlillər; intellektual analiz və Big data altsistemləri böyük həcmli elmi verilənlərin yaranmasına gətirməklə yanaşı, eyni zamanda onun aktual problemlərinin həllini həyata keçirir. E-elmin müxtəlif elm sahələrində inkişafı böyük həcmli elmi verilənlərin sürətlə artmasında generator rolunu oynayır.

Məlumdur ki, böyük verilənlər (*Big data*) dedikdə elə böyük həcmli və mürəkkəb verilənlər toplusu başa düşülür ki, ənənəvi verilənlər bazalarında nəzərdə tutulmuş standart alətlər onların real vaxtda saxlanmasının, idarə edilməsinin və emalının öhdəsindən gələ bilmir. Misal olaraq dünyadakı ən böyük eksperimental qurğu olan yüklü hissəciklərin sürətləndiricisi Böyük Adron Kollayderini (BAK) göstərmək olar. Kollayder Avropa Nüvə Tədqiqatları Mərkəzində (frans. *Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire - CERN*) qurulmuşdur. Hissəciklərin toqquşması kollayderin detektorlarında milyonlarla sensorlar vasitəsilə qeyd olunur və nəticədə böyük həcmdə verilənlər yaranır. Belə ki, saniyədə təxminən 600 TB ilkin verilənlər generasiya oluna bilər. BAK-da yaranan belə həcmdə verilənlər əhəmiyyətli bir emal problemi ilə qarşılaşır. Aydındır ki, bu

qədər böyük həcmli informasiyanın toplanması və emalını adi hesablaşma - yaddaş vasitələri ilə həyata keçirmək mümkün deyildir. İnformasiyanın belə nəhəng həcmində emalında paylanmış kompüter şəbəkə texnologiyası *Worldwide LHC Computing Grid*-dən istifadə olunur [3]. Bundan başqa astrofizikada məşhur olan *SETI (Search for Extraterrestrial Intelligence)* layihəsi radioteleskopdan alınan verilənlərin paylanmış emalı vasitəsilə yerdənkənar sivilizasiyaları axtarır. Layihədə böyük həcmdə radiosiqnalların emalında istifadə olunan kompüterlərin ümumi gücü Top 500-ə daxil olan superkompüterlərin gücündən dəfələrlə çoxdur [4]. Eyni zamanda 2000-ci ildə başlanmış *SDSS (Sloan Digital Sky Survey)* layihəsi çərçivəsində səmanın rəqəmsal astronomik müşahidələrindən (gecədə 15 TB yığım sürəti ilə) toplanmış verilənlərin həcmi 2020-ci ildə 100 PB şəkil arxivi və 20 PB verilənlər bazası kataloqu yaradacaqdır [5]. Bunlarla yanaşı asrofizika sahəsində tanınan *LSST (Large Synoptic Survey Telescope)* - Böyük müşahidə teleskopu göyün əlçatan hissəsinin çəkilməsi üçün nəzərdə tutulmuşdur. Müşahidə zamanı toplanan verilənlərin həcmində (sütkada 15 TB olmaqla) 10 il ərzində 60 PB-a çatması gözlənilir. Hesablaşma gücünün isə 150 Teraflops-dan başlayaraq sonda 950 Teraflops-a çatdırılması planlaşdırılır [6]. Təcrübə eksperimentlərlə bol olan tibdə və biologiyada aparılan tədqiqatlar müasir İT sahəsində əldə olunan ən yeni nailiyyətlərlə sıx bağlıdır və əsasən böyük həcmli rəqəmsal informasiyanın emalına əsaslanır. Verilənlərin böyük həcmində analizinin zəruriliyi problemi ən çox bioinformatikada, DNT-nin tədqiqində özünü göstərir. Fərdiləşdirilmiş tibdə xəstələr haqqında müxtəlif mənbələrdən toplanmış məlumatları özündə saxlayan elektron tibbi kartların emalı mühüm rol oynayır. Böyük həcmli tibbi verilənlərin analizi nəticəsində yeni müalicə üsulları tapılır və xəstəliklərin təbiəti daha yaxşı aşkarlanır. Riyazi modelləşdirməyə və böyük həcmli verilənlər üzərində yüksək sürətli hesablaşmalara əsaslanan tibbi tədqiqatlar tibbi xidmətlərin səviyyəsini qaldırır.

Qeyd etmək lazımdır ki, elmi verilənlər növü, həcmi, istifadə olunma tezliyi, ömür tsikli və s. xüsusiyyətləri ilə fərqlənir. Araşdırmalarda əsasən aşağıda göstərilmiş 4 növ tədqiqat verilənləri xüsusi əhəmiyyətə malikdir:

- *Müşahidə verilənləri* – teleskoplardan, peyklərdən, sensor şəbəkələrindən, demografik tədqiqatlardan, tarixi məlumatların və ya birdəfəlik hadisələrin qeydiyyatı vasitələrindən alınır. Əksər hallarda bu verilənlər təkrarlana bilməz və ona görə də saxlanılmalıdır.

- *Eksperimental verilənlər* – kliniki, biotibbi və əczaçılıq sınaqları yolu ilə yüksəkməhsuldarlı qurğulardan və ya digər nəzarət olunan eksperimentlərdən əldə olunurlar. Onlardan etik və ya digər səbəblərdən yenidən toplanması məqsəduyğun olmayan, məsələn, insan subyektlərinə və nəslə kəsilməkdə olan növlərə aid bəzi verilənlərin saxlanması xüsusən vacib sayılır.

- *Hesablaşma verilənləri* – superkompüterlər, Data mərkəzlər və s. həyata keçirilən genişmiqyaslı hesablaşmalar nəticəsində yaranır, müəyyən dövr ərzində saxlanılır və intellektual analiz texnologiyaları vasitəsilə emal olunur.

- *Məlumat verilənləri* – elmi cəmiyyətlər tərəfindən müxtəlif məqsədlər üçün istifadə olunurlar. Belə verilənlərə insan genomu, zülallar, seysmologiya, okeanoqrafiya, klinik tədqiqatlar, nəslə kəsilməkdə olan növlər haqqında toplanmış məlumatları misal göstərmək olar.

Böyük həcmli elmi verilənlər problemlərinin həllinə beynəlxalq qurumlar müxtəlif istiqamətlərdə dəstək verir. Bunlardan bəzilərini nəzərdən keçirməklə məsələnin aktuallığını və əhatə dairəsinin genişliyini görmək olar.

Beynəlxalq Elm Şurasının (*International Council for Science-ICS*) məqsədi alimlərin beynəlxalq elmi fəaliyyətinin yayılmasına, beynəlxalq elmi birliklərin fəaliyyətinin əlaqələndirilməsinə, sahələrarası qlobal xarakterli elmi proqramların işlənilməsi və tədqiqatların aparılmasına yardım etməkdir [7]. *ICSU*-nun üzvləri 142 ölkəni təmsil edən 122 elmi qurum və 31 beynəlxalq elmi birlikdir. O, *UNESCO*-nun yanında məsləhətçi statusuna malikdir. *ICSU* fəaliyyəti ilə *Big Data* problemlərinin həllində elmi verilənlərə universal və bərabər hüquqlu çıxışın təmin edilməsi və verilənlərin idarə edilməsinin təkmilləşdirilməsi sahəsində təşəbbüsləri

mühüm rol oynayır. ICSU-nun bu təşəbbüsləri Dünya Verilənlər Sisteminin (*World Data System - WDS*) inkişafında mühüm rol oynamışdır [8]. Bu sistemin məqsədləri aşağıdakılardır:

- Elmi verilənlərə universal və bərabərhüquqlu çıxışı təmin etmək;
- Verilənlərin standartlarına və konvensiyalarına əməl olunmasını həvəsləndirmək;
- Verilənlər və informasiyanın keyfiyyətini təmin etmək;
- Verilənlərin daha yaxşı idarə edilməsi üçün şərait yaratmaq.

ICSU-nun sahələrarası Elm və Texnologiya üçün Məlumat Komitəsi (*Committee on Data for Science and Technology, CODATA*) elm və texnikanın bütün sahələri üzrə verilənlərin idarə olunması və əlyetərliyinin yaxşılaşdırılmasına səy gösrərir [9]. CODATA qarşıya qoyulan məqsədə çatmaq üçün məsələ qrupları, milli üzvlərin fəaliyyəti, konfranslar, simpoziumlar, nəşrlər, ümumi maraq dairəsində digər təşkilatlarla əməkdaşlıq kimi mexanizmlərdən istifadə edir. Onun 2002-ci ildən "*Data Science Journal*"ı nəşr olunur. CODATA-nın ICSU-nun maliyyələşdirdiyi beynəlxalq əməkdaşlıq elmi proqramlarına dəstək üçün 2014-cü ildə keçirdiyi "Beynəlxalq Elmi Proqramlar üçün *Big Data*: problemlər və perspektivlər" beynəlxalq seminarı *Big Data* problemlərinin və imkanlarının daha yaxşı başa düşülməsini təmin etmək məqsədi daşımışdır. Seminar "Beynəlxalq Elmi Proqramlar üçün *Big Data*: tövsiyələr və tədbirlər haqqında" adlı yekun bəyannamə qəbul etmişdir [10].

Big Data sahəsində maraq doğuran təşəbbüslərdən biri də Avropa Birliyinin yeni tədqiqat və innovasiya çərçivə proqramı olan "*Horizon 2020*" ilə əlaqədardır. Proqram çərçivəsində İqlim, Enerji, Qida, Səhiyyə, Nəqliyyat, Təhlükəsizlik və İctimai Elmlər sahələrində ən mühüm ictimai problemlərin həlli nəzərdə tutulmuşdur. Bu sahələrin hər birində böyük həcmdə verilənlərin toplanması, inteqrasiyası, emalı, təhlili və vizuallaşdırılması mühüm rol oynayır. Proqramın maliyyələşdirdiyi *Big Data Europe* layihəsinin məqsədi bu məsələlərin həlli üçün açıq *Hadoop*, *Cassandra* və *Storm* kimi *Big Data* texnologiyaları əsasında yeni platformanın işlənməsidir [11].

Kiberfiziki sistemlərin e-elm mühitinə inteqrasiyasında elmi verilənlər problemi

Məlumdur ki, elmi tədqiqatlar praktik və nəzəri nəticələrin və ya yeni biliklərin əldə edilməsi məqsədi daşıyır və burada verilənlərin toplanması və emalı mühüm rola malikdir. Verilənlər müxtəlif üsullarla, xüsusilə, uzunmüddətli fasiləsiz təcrübə və ya müşahidələrin aparılması zamanı əldə edilə bilər. Bu kontekstdə fasiləsiz yaranan verilənlərin qeydiyyatı, saxlanması, emalı və analitikasının avtomatlaşdırılması səviyyəsinin yüksək olması mühüm əhəmiyyətə malikdir. Araşdırmalar göstərir ki, son zamanlar aparılan elmi-tədqiqat işlərində müasir avtomatlaşdırma ideyaları intellektual idarəetmə sistemləri kimi istifadə edilən kiberfiziki sistemlərə (KFS) əsaslanır. KFS müxtəlif fiziki obyektlər, süni altsistemlərdən ibarət olan və müxtəlif sensorlardan gələn əks əlaqələrdən istifadə etməklə idarə edilən sistemlərdir [12]. KFS-nin işləməsi hesablama və fiziki proseslərin inteqrasiyası prinsipinə əsaslanır, yəni, fiziki obyektlər sistemin bir hissəsini təşkil edir. Texniki baxımdan, KFS Əşyaların İnterneti (*Internet of Things, IoT*), Sənaye 4.0 (*Industry 4.0*), Sənaye Əşyalarının İnterneti (*Industrial Internet of Things, IIoT*), maşınlararası qarşılıqlı əlaqə (*Machine-to-Machine Interaction, M2M*), bulud, duman və şəh hesablamaları (*cloud computing, fog computing, dew computing*) vasitəsi ilə reallaşdırılan qrid tipli strukturlarla oxşar cəhətlərə malikdirlər.

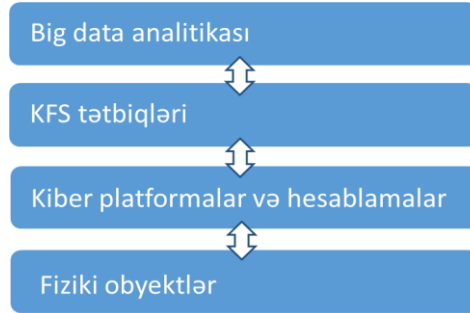
Əşyaların İnterneti (Əİ) KFS ilə əlaqədə vacib paradıqmadır, belə ki, onlar mövcud texnologiyalar və arxitekturaların fiziki qurğuların identifikasiyası və virtuallaşdırılmasının irimiqyaslı sistemlərində istifadəsi üçün geniş imkanlar yaradır [13-14]. Əİ mahiyyətə İnternetə qoşulan obyekt, maşın və qurğulardan verilənlərin toplanması, saxlanması, emalı və analizi texnologiyasıdır, burada adamlar və əşyalar, eləcə də əşyaların arasında yeni əlaqə formaları təmin edilir. Əİ-nin formalaşması və inkişafının əsas texniki amillərinə aşağıdakıları aid etmək olar:

- İnformasiyanın (temperatur, təzyiq, vibrasiya, məsafə, mövqe, dönmə bucağı, maddənin kimyəvi tərkibi və s.) toplanması imkanlı mini, mikro və nanosensorların istehsalı texnologiyasının təkamülü;

- Qoşulan sensorların, həm də qurğuların sayına məhdudiyyətləri aradan qaldıran IPv6 texnologiyasına keçid;
- Real ölçülmə zonalarında quraşdırılan sensorlardan informasiyanın birbaşa alınmasına imkan verən naqilsiz rabitə texnologiyalarının tətbiqi;
- Böyük həcmli informasiyanın saxlanması və emalına şərait yaranan və *Big Data*, *Data Mining*, *OLAP*, *Pattern Recognition* və s. kimi mürəkkəb analitik alətlərin tətbiqinə imkan verən bulud (*ing. cloud*), duman (*ing. fog*), şəh (*ing. dew*) strukturlarının inkişafı və təkmilləşməsi.

Əİ-nin əsas elementi sensor şəbəkə topologiyasıdır. Sensor şəbəkələri lokal qovşaqlardan ibarətdir. Hər bir qovşaq verilənlərin əldə olunması üçün sensorla, ilkin emal və icra mexanizmlərinə idarəedici təsirləri yaranan mikroprosessorla və informasiyanın iyerarxiya üzrə növbəti qovşağa qəbulu və ya ötürülməsi şlüzü ilə təchiz olunmuşdur. Bir qayda olaraq, sensor şəbəkələrinin qovşaqları fasiləsiz rejimdə və ya sorğu rejimində işləyirlər. Əİ qovşağının şəbəkə komponenti – şlüz onu digər qovşaqlara və əlçatan kompüter sistemlərinə qoşur. Avtonom iş rejimində ötürülmə diapazonları, verilənlərin ötürülmə sürəti, güc və vaxt kimi rabitə tələbatlarından asılı olaraq Əİ qovşaqları naqill və ya naqilsiz metodlar da daxil olmaqla müxtəlif rəqəmsal metodların köməyi ilə qoşula bilərlər.

E-elm mühitinə KFS-nin inteqrasiyası kontekstində onun ümumiləşdirilmiş arxitekturu Şəkil 1-dəki kimi təsvir etmək olar.



Şəkil 1. KFS-nin arxitekturu

Şəkil 1-dən görüldüyü kimi KFS-nin arxitekturu bir neçə səviyyəyə vardır və onların xüsusiyyətləri aşağıda verilmişdir:

- Fiziki obyektlər səviyyəsində müxtəlif fiziki parametrləri ölçmək üçün quraşdırılan sensorlar tərəfindən generasiya edilən verilənlər toplanılır.
- Kiber platformalar və hesablamalar səviyyəsində verilənlər ilkin emal edilir və ayrı-ayrı komponentlərin işi haqqında məlumat əldə etmək üçün informasiyaya çevrilir.
- KFS tətbiqləri səviyyəsində aşağı səviyyələrdə işlənmiş məlumatlar əsasında xüsusi alqoritmlərin köməyi ilə mürəkkəb analitika aparılır.
- Big data analitikası səviyyəsi bulud kimi mərkəzi hesablama qovşağında həyata keçirilir. Bu səviyyədə sistemə düzəliş və preventiv təsirlərin tətbiqi üçün kiber fəzadan fiziki fəzaya əks əlaqə həyata keçirilə bilər.

E-elm mühitinə KFS-nin inteqrasiyasını yuxarıda göstərilən modellə aşağıdakı kimi interpretasiya etmək mümkündür.

Elmi verilənlərin fiziki eksperimentlər, kimyəvi təcrübələrdə müxtəlif sensorlardan alınan verilənlər, bioloji verilənlər, spektral analizlərin nəticələri, teleskoplardan çəkilmiş fotosəkillər, sosial elmlərdə sosioloji sorğuların nəticələri, tarixi əsərlər, sənədlər, əlyazmalar və s. ola bilər. Bu verilənlər alimlərin bir-birindən uzaqda olan birliklərinə, virtual kollektivlərə və laboratoriyalara da təqdim edilə bilər. Toplanmış verilənlər emal olunaraq yeni biliklərə çevrilir. Sonrakı səviyyələrdə elmi tədqiqatın tam mənzərəsi (fiziki hadisələr, kimyəvi reaksiya, maddənin strukturu, tarixi hadisə və s.) tərtib edilir. Daha sonra elmi birlik tədqiqat nəticələri ilə tanış olur. Beləliklə, KFS-nin e-elm mühitinə inteqrasiyası tədqiqat mərhələsindən, təcrübələrin aparılması,

əldə edilən verilənlərin emalından başlayaraq elmi ictimaiyyətin təklif olunan nəzəriyyə, hipotez və ya elmi tövsiyələrin prioritet, təkrarlanma və dürüslüyünün (yanlıqlıq) nəticələri ilə tanış olmasına qədər biliklərin əldə edilməsi məqsədi ilə baş verir.

KFS tətbiqləri enerji istifadəsində, şəhər təsərrüfatı idarəçiliyi və nəqliyyat sistemlərində, fəvqəladə hallarda və digər sahələrdə mövcuddur. Onların hər biri xidmətin effektivliyini və qəbul edilən qərarların səmərəliliyinin artırılması məqsədi ilə saxlanılma, emal və təhlil üçün böyük həcmli verilənlər yaradır. Bu baxımdan e-elm mühitinə müxtəlif KFS-lərin inteqrasiyası və qarşılıqlı əlaqəsi mümkündür. Burada aparılan tədqiqatların ərazi cəhətdən paylanması, multidisiplinarlığı və istifadə olunan heterogen qurğuların qarşılıqlı təsiri nəzərə alınmalıdır. Hər bir qurğu əşyaların İnterneti konsepsiyası çərçivəsində istifadə edilərək veb-texnologiyaların köməyi ilə tam şəkildə idarə oluna bilər [15-17].

[18]-də Yer in müşahidəsi və iqlimin monitorinqi məqsədilə kosmik və təyyarə sensorları vasitəsi ilə distant zondlamadan istifadə edərək qlobal atmosferdən çoxölçülü və çoxvaxtlı böyük verilənləri toplayan KFS təqdim olunur. Sistemin fiziki səviyyəsində peyklər üzərində şüalanma sensorları və ya adi kameralar quraşdırılır. Kiber səviyyədə yer səthinin görünüşlərini əldə etmək məqsədilə verilənlərin emalı və interpretasiyası üçün xüsusi texnologiyalardan istifadə edilir. Sonradan bu görünüşlərin əsasında ənənəvi və ya tematik xəritələr, resursların icmalı və s. yaradılır. Sonra verilənlərin analizi səviyyəsində müəyyən sahələr üzrə, məsələn, kənd təsərrüfatı üçün qərarlar qəbul edilir və ya tövsiyələr verilir.

Məlumdur ki, e-elm mühitində alim kollektivlərinin İnternet vasitəsilə virtual laboratoriyalarda fəaliyyəti çoxdan reallaşmışdır. Avtomatlaşdırma texnologiyası ilə uzaq məsafədə yerləşmiş laboratoriyaların yaradılması üçün müxtəlif tanınmış strukturların tətbiqi ilə mövcud həllər vardır. Bu həllər müxtəlif sahələr üçün veb-brauzerdə funksional sistemlərin qurulması və istismarında istifadə edilə bilər *IoT* strukturları təqdim edir. Onlar eyni zamanda virtual laboratoriyaların yaradılmasında KFS-lərin inteqrasiyası üçün bir platforma hesab edilə bilər [18]. Lakin bu zaman aşağıdakı çatışmazlıqlar nəzərə alınmalıdır:

- Avtomatlaşdırma interfeysləri ilə qurğuların inteqrasiyası çox çətin və bəzi hallarda mümkün deyildir.

- Avtomatlaşdırma məqsədləri üçün mövcud xidmətlər (funksiyalar) kifayət deyildir.
- Maliyyə xərcləri ödənişlidir. Bu da büdcə müəssisələri üçün əlverişli deyildir.
- Platformalara xidmət istehsalçıları tərəfindən olunur.

[19]-də KFS-nin paylanmış qurğu komponentləri də daxil olmaqla xidmətlərinin funksional sistemə inteqrasiyasına imkan verən veb-platfomanın prototipi *IIoT Web-Oriented Automation System (WOAS)* platforması təqdim olunmuşdur. Bu funksional sistemdə texniki proseslərin avtomatlaşdırılması sisteminin uzaq elmi və ya təhsil laboratoriyasının olması prinsipial deyildir. *IIoT WOAS* platforması KFS komponentləri və onunla əlaqəli xidmətlər kimi texniki qurğulardan və sistemlərdən ibarət brauzer əsaslı funksional sistemləri tam şəkildə konfigurasiya etməyə və istifadə etməyə imkan verir. Avtomatlaşdırma texnologiyalarında istifadə məqsədi ilə hazırlanmış bu platforma, həmçinin, texniki avadanlıq və sistemlərlə İnternet vasitəsilə uzaq məsafədən eksperimentlər üçün laboratoriyaların qurulması və istismarında da istifadə edilə bilər. Burada texniki qurğunun növü, bir qayda olaraq, əhəmiyyət kəsb etmir. Yeganə tələb qurğunun İnternetə KFS-nin bir komponenti kimi qoşulması və əlçatan olmasıdır. Çoxlu sayda istifadəçiyönümlü *WOAS* portalı, müxtəlif istifadəçilər üçün demək olar ki, məhdudiyətsiz sayda müxtəlif virtual laboratoriyaların yaradılmasına və idarə edilməsinə imkan verir.

Böyük həcmli elmi verilənlərin emalı üçün texnoloji həllərin müasir vəziyyəti və inkişaf perspektivləri

E-elm mühitində müxtəlif mənbələrdən yaranan verilənlər çox zaman strukturlaşdırılmaması, müxtəlif formatlara malik olması, böyük sürətlə yaranması və həcmcə

kəskin sıçrayışla artması ilə xarakterizə olunurlar. Belə verilənlər axınının mövcud texnologiyalarla emalı çox mürəkkəbdir və yeni texnoloji həllər tələb edir.

Superkompüter və klasterlər. Superkompüter çoxprosessorlu xüsusi, yüksək məhsuldarlıqlı hesablama sistemidir. Klasterlər isə yüksəksürətli əlaqə kanalları ilə əlaqələndirilmiş və vahid hesablama vasitəsi kimi istifadə olunan kompüterlərdən (və ya superkompüterdən) təşkil olunur. Hesablama klasterləri verilənləri bölərək onları qovşaqlarda paralel emal etməklə, tək kompüterlə müqayisədə hesablama vaxtını əhəmiyyətli dərəcədə azaltmağa imkan verir. Açıq proqram təminatı, sadə şəbəkə texnologiyaları və adi kompüterlər əsasında yüksək məhsuldarlıqlı belə hesablama komplekslərini yaratmaq mümkündür.

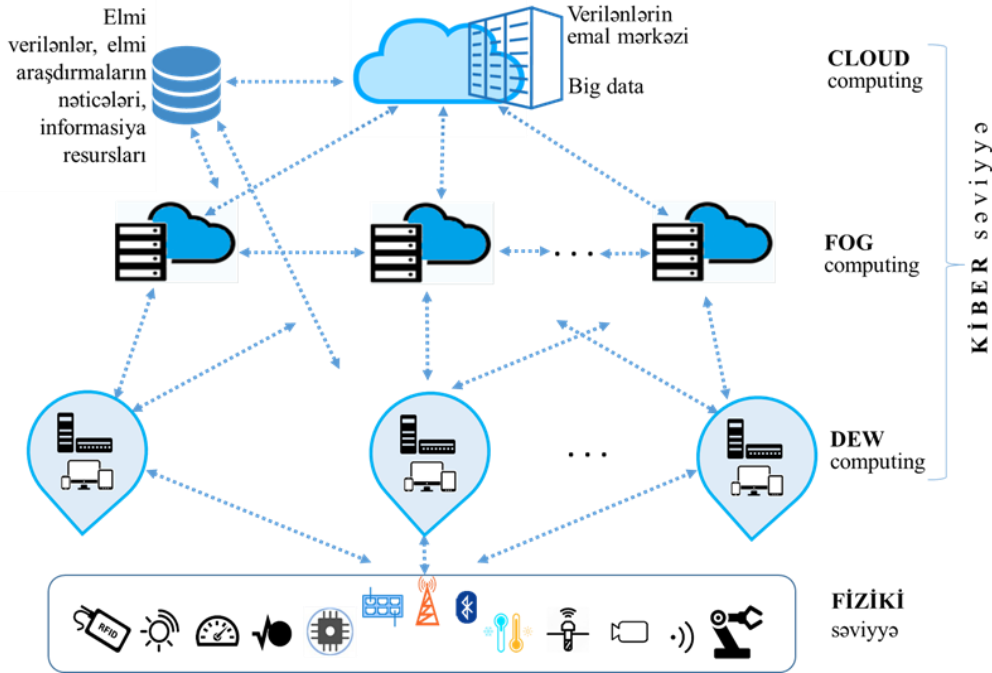
Qrid texnologiyası elmi verilənlərlə intensiv əməliyyatlar aparılması üçün elmi təşkilatların öz hesablama güclərini birgə istifadə etməsi konsepsiyasıdır. Mahiyyətə böyük resurslar tələb edən məsələlərin həlli üçün müxtəlif tipli hesablama resurslarının vahid infrastrukturda birləşdiyi mərkəzləşdirilməmiş hesablamacların bir növüdür. Mərkəzləşdirilməmiş hesablamacların üstünlüyü ondan ibarətdir ki, sistemin qovşaqları hətta adi kompüterlərdən təşkil oluna bilər. Beləliklə, nəzəri olaraq superkompüterlərdə olan hesablama güclərini daha aşağı qiymətlə almaq olar. Təəssüf ki, böyük həcmli informasiyanın emal üçün uzaq qovşağa göndərilməsi zərurəti yarandıqda, mövcud kompüter şəbəkələrində verilənlərin ötürülmə sürətinin aşağı olması səbəbindən, bu texnologiya yararlı olmur. *Qrid* layihələrə ABŞ-ın dörd iri superkompüter mərkəzinin resurslarını birləşdirən *TeraGrid*, böyük hesablama gücü tələb edən elmi tədqiqatlar üçün *Open Science Grid*, Avropada 18 kompüter mərkəzini birləşdirən *DEISA (Distributed European Infrastructure for Supercomputing Applications)*, Avropa İttifaqında yüksək enerjilər, ekologiya və bioinformatika sahəsində verilənlərin emalı üçün qridin qurulması üzrə *DataGrid*, Yaponiyada elmi-tədqiqat fəaliyyəti üçün qrid infrastrukturunun qurulması üzrə *NAREGI (National Research Grid Initiative)* və s. göstərmək olar. Hazırda qrid texnologiyasından nüvə fizikasında, ətraf mühitin qorunmasında, hava proqnozunda və iqlim dəyişikliklərinin modelləşdirilməsində, maşınqayırmanın modelləşdirilməsində, bioloji modelləşdirilmədə və s. geniş istifadə olunur.

Bulud texnologiyalarına əsaslanan texnoloji həllər. Şəbəkə mühitində mərkəzləşdirilməmiş hesablamacların ümumiləşdirilmiş arxitekturu şəkil 2-də verilmişdir.

Hesablama buludları istifadəçilərin İnternet vasitəsilə xidmətlərə, hesablama resurslarına və proqramlara məsafədən girişini təmin edir. Böyük həcmli verilənlərlə iş zamanı onların əvvəlcədən eyni bir yerə toplanması və sonra isə analiz edilməsi mümkün deyildir. Doğrudan da, həcmi petabaytlarla ölçülən verilənlərin analizi zamanı onların şəbəkə vasitəsilə, misal üçün, bir tədqiqat mərkəzindən digərinə ötürülməsi hətta yüksək məhsuldarlıqlı şəbəkələr vasitəsilə də effektiv həyata keçirilə bilməz. Ona görə verilənlər öz yerlərində qalır, bulud texnologiyaları isə onların müxtəlif yerlərdən seçilməsini və emalı üçün zəruri hesablama gücünü təqdim etməklə analizinin aparılmasını təmin edir. Beləliklə, bulud texnologiyaları bir tərəfdən böyük həcmli informasiyanın toplanması və saxlanması mümkün etməli, digər tərəfdən isə bu verilənlərin emalı üçün zəruri prosessor gücünü təqdim etməlidir. Bununla belə, e-elm platformasının sonrakı inkişafı qoşulan qurğuların sayının artması ilə bu mühitdə yaranan böyük həcmli elmi verilənlərin artım tendensiyası İnternet infrastrukturunun yüklənməsinə gətirib çıxarır. İstifadəçilər rabitə şəbəkəsinin buraxma qabiliyyətinin aşağı düşməsi ilə qarşılaşırlar ki, bu da öz növbəsində resursların münaqişəsinə, emal prosesində gecikmələrin artmasına, itkilərə və səmərəsiz qərarların qəbuluna səbəb olur.

Yuxarıda göstərilən problemləri effektiv şəkildə həll etmək üçün başlanğıc olaraq *edge computing* paradiqması təklif olunmuşdur. Burada şəbəkə yükünün azaldılması, eləcə də verilənlər əsasında daha operativ qərarların qəbul edilməsi əsas şərt kimi qarşıya qoyulmuşdur və məsələ emal prosesinin verilənlər mənbəyinə yaxınlaşdırılması ilə həll olunur. Onun hesablama və yaddaş resursları yerli saxlanma, verilənlərin ilkin emalı üçün istifadə edilir. Lakin, belə periferiya hesablamacları resursların münaqişəsinə gətirib çıxaran və emalda gecikməni artıran çox məhdud imkanlara malikdir. Ona görə də, *edge computing*-in bütün məhdudiyyətlərini aradan qaldırmaq

üçün periferiya qurğularının bulud resursları ilə inteqrasiyasını həyata keçirən *fog computing* (duman hesablamaları) kimi tanınan yeni bir paradigma yaradılmışdır.



Şəkil 2. Şəbəkə mühitində mərkəzləşdirilməmiş hesablamaların ümumiləşdirilmiş arxitekturu

Beləliklə, duman hesablamaları ilkin qurğulardan alınan verilənlərin mərkəzi serverə birbaşa göndərilib işlənilməsinin əksinə olaraq onların bilavasitə qurğulara yaxın səviyyədə emalını və ehtiyac olunan hissəsinin mərkəzi serverə göndərilməsini təmin edir. Duman texnologiyasının əsas məqsədi şəbəkə verilənlərini birbaşa emal etməklə məhsuldarlığı artırmaqdır. [20]-də duman hesablamalarının sərhəddə yeri, aşağı gecikmə, kütləvi sensor şəbəkəsi, çoxlu sayda qovşaqlar, mobilliyin dəstəklənməsi, real zamanda qarşılıqlı əlaqə, dominant naqilsiz rabitə, heterogenlik, uzlaşma, paylanmış yerləşmə, operativ analitika və buludla qarşılıqlı əlaqə kimi xarakteristikaları qeyd olunmuşdur. Dumanın ilk hesablama arxitekturu [21]-də təsvir edilmiş və duman səviyyəsi baza şəbəkəsi və sensor qurğuları arasında olan paylanmış intellekt kimi müəyyənləşdirilmişdir. Duman sistemi buluda nisbətən kiçik hesablama ehtiyatlarına (yaddaş, emal və saxlama) malikdir, lakin tələblərə görə resurslar artırıla bilər. Bu sistem aşağıdakı xüsusiyyətlərə malikdir:

- müxtəlif qurğu dəstləri tərəfindən generasiya olunan verilənlərin emalı;
- coğrafi mövqeyindən asılı olaraq sıx və ya pərakəndə şəkildə paylanması;
- maşınlararası və naqilsiz rabitəni dəstəkləməsi.

Bununla belə, bulud və duman hesablamalarının əhəmiyyətli nöqsanı İnternetə qoşulma mövcudluğundan asılıdır. İKT vasitələrinin və metodlarının inkişaf səviyyəsi göstərir ki, e-elm infrastrukturunda çox perspektivli bir istiqamət İnternetdən daimi olaraq istifadə edilmədən verilənlərə girişə imkan verən *dew computing*-dən (şeh hesablamaları) istifadədir. Bu kontekstdə "*Dew computing*" bulud xidmətlərindən asılı olmayaraq lokal kompüterin funksionallığını təmin etdiyi və bulud xidmətləri ilə əməkdaşlıq etdiyi lokal bulud hesablamaları mühitində kompüter proqram və aparat təminatının təşkili paradigmasıdır. Bu texnologiyanın məqsədi lokal kompüterlərin və bulud xidmətlərinin potensialını tam şəkildə həyata keçirməkdir" [22]. Bu texnologiya, təklif olunan xidmətlərin İnternetə qoşulmadan asılı olmamasını təmin edir və iki əsas xüsusiyyətə malikdir: ilk növbədə, yerli kompüterlər (masaüstü, noutbuk, planşet və smartfonlar) bulud xidmətlərindən asılı olmayan zəngin mikroxidmətlər göstərir; ikincisi, bu xidmətlər əsasən bulud xidmətləri ilə əməkdaşlıq edir. Şeh serveri İnternetə qoşulma və ya onsuz əlçatan olan istifadəçi verilənlərinin sürətini saxlayan kiçik lokal serverdir və qoşulma yenidən mümkün

olduqda bulud server ilə sinxronizasiya olunur. Bu arxitektura veb-saytların offlayn rejimdə əlçatan olmasını təmin etmək üçün də istifadə edilə bilər. Belə sistem aralıq və ya məhdud İnternet qoşulması olan təşkilatlar üçün məlumatın ötürülməsi xərclərini aşağı sala bilər.

E-elm mühitində yuxarıda araşdırılmış texnologiyalarla yanaşı böyük verilənlərin emalı üçün daha bir platforma blokçeyn (*blockchain*) texnologiyası ola bilər [23]. Blokçeyn şəbəkədə iştirak edən tərəflər arasında icra edilən və bölünən bütün əməliyyatlardan ibarət yazıların paylanmış verilənlər bazasıdır. Bu paylanmış verilənlər bazası paylanmış mühasibat kitabı adlanır. Hər bir əməliyyat paylanmış reyestrə saxlanılır və şəbəkə iştirakçılarının əksəriyyətinin razılığı ilə təsdiq edilir. Yerinə yetirilmiş bütün əməliyyatlar blokçeyndə yadda saxlanılır. Beləliklə, blokçeyn əməliyyatların mərkəzləşdirilməmiş emalı modelini təqdim edir. Blokçeynin e-elmə inteqrasiyası qurğular arasında çox sayda əməliyyatların emalına imkan verəcəkdir ki, bu da verilənlərin mərkəzləşdirilmiş emalı xərclərini əhəmiyyətli dərəcədə azaldacaqdır. Bundan əlavə, blokçeyn texnologiyası ilə iş mərkəzləşdirilmiş arxitekturu ilə bağlı vahid imtina nöqtəsini aradan qaldıracaq. Blokçeyn texnologiyası elmmetrik verilənlərin idarə edilməsi ilə bağlı problemləri də həll edə bilər. [24]-də tədqiqat nəticələrinin alındığı vaxtda qeydiyyatın blokçeyn vasitəsilə “notarial təsdiqi” imkanı göstərilmişdir. Bu tətbiq təsdiq olunmuş qeydiyyat verilənlərinin dəyişdirilməsini mümkün edir, onlarla manipulyasiya ehtimalının qarşısını alır və tədqiqat nəticələrinin dərc edilməsi üçün istifadə oluna bilər.

Qeyd etmək lazımdır ki, blokçeynin mərkəzləşdirilməmiş konsensus alqoritmi və kriptografiya kimi xüsusiyyətləri elmi verilənlərin emalında aşağıdakıları təmin edə bilər:

- Verilənlərin tamlığı, təhlükəsizliyi və gizliliyi;
- Təhlükələrin qarşısının alınması;
- Verilənlərin real zamanda təhlili;
- Verilənlər mübadiləsinin idarə edilməsi;
- Proqnozlaşdırma.

Blokçeyn texnologiyası daim inkişaf edir və müəllif hüququnun qorunması, personalın idarə olunması, kollektiv qərarların qəbulu, ekspert qiymətləndirmələri, informasiya təhlükəsizliyi məsələlərinə əhəmiyyətli töhfələr verə bilər.

Beləliklə, yuxarıdakılara yekun olaraq e-elm mühitində elmin müxtəlif sahələrində yaranmış böyük həcmli elmi verilənlərin emalında mərkəzləşdirilməmiş hesablama texnologiyalarından istifadə perspektiv istiqamət kimi inkişaf etdirilməlidir.

Nəticə

Elmi tədqiqatların və əlaqələrin inkişafı və genişlənməsində e-elmin xüsusi rolu vardır. E-elm tədqiqat prosesində problemin formalaşdırılması, elmi verilənlərin generasiyası, toplanması, axtarışı, saxlanması, emalı və analizindən ibarət bütün mərhələləri, o cümlədən elmin idarə edilməsi məsələlərinə nüfuz etmişdir. Bu məqsədlər üçün mövcud İKT geniş imkanlar açmışdır. Həmçinin, elmi verilənlərin eksponensial artımı yeni biliklərin əldə edilməsi və elmin sürətli inkişafı üçün onların peşəkar idarə edilməsini kritik bir tələb kimi qarşıya qoyur. Hesablama buludları texnologiyasından istifadə böyük həcmli elmi verilənlər problemlərinin həllinin perspektiv istiqamətidir. Bu yolla istifadəçilər böyük həcmli informasiyaya uzaqdan birgə giriş imkanı əldə edir və onların emalı üçün hesablama resurslarından daha səmərəli istifadə edir. Bununla yanaşı əşyaların İnterneti, kiberfiziki sistemlərin e-elm mühitində tətbiqləri, həmçinin verilənlərin real zamanda emalına, şəbəkə yükünün azaldılmasına, avtonom emala qoyulan tələblər sərbəstləşmişdir. Mərkəzləşdirilmiş prinsipə alternativ olaraq, verilənlərin yarandıqları mənbələrə yaxın yerdə mərkəzləşdirilməmiş təşkili bu sahədə mühüm perspektivlərə malikdir. Məqalədə, bu məqsədlə son texnoloji həllər əsasında böyük həcmli elmi verilənlərin mərkəzləşdirilməmiş emalı problemləri təhlil olunmuşdur. Bu istiqamətdə bulud, duman, şəh və blokçeyn texnologiyalarının istifadəsi imkanları araşdırılmış və təqdim olunmuşdur.

Ədəbiyyat

1. Fətəliyev T. X. Vətəndaş elminin formalaşması və elm sahələrinin inkişafına təsiri məsələləri // *İnformasiya Cəmiyyəti Problemləri*, Bakı, 2019, №1, s. 21–33
2. Əliquliyev R. M., Ələkbərov R. Q., Fətəliyev T. X. Elektron elm: cari vəziyyəti, problemləri və perspektivləri // *İnformasiya Texnologiyaları Problemləri*, Bakı, 2015, №2, s.4-15.
3. CERN Accelerating science, <http://www.home.cern/science/computing/processing-what-record>
4. Brumfiel G. High-energy physics: Down the petabyte highway // *Nature*, 2011, V, 469, № 7330, pp. 282–283.
5. Primack J. Exascale IT Requirements in Astronomy, <http://www.physics.ucsc.edu/~joel/Primack-HCC-ExascaleAstronomy.pdf>
6. The Large Synoptic Survey Telescope, <http://www.lsst.org/lsst>
7. International Council for Science, <http://www.en.unesco.org/partnerships/non-governmental-organizations/international-council-science>
8. World Data System, <http://www.icsu-wds.org>
9. CODATA-Committee on Data for Science and Technology, <http://www.codata.org/>
10. Big Data for International Scientific Programmes: Challenges and Opportunities, <http://www.codata.org/blog/wp-content/uploads/2014/06/CODATA-Big-Data-Workshop-STATEMENT-v07-FINAL.pdf>
11. Big Data Europe, <http://www.big-data-europe.eu>
12. Lee E. A. Cyber physical systems: Design challenges / 11th IEEE international symposium on object oriented real-time distributed computing (isorc), 2008, pp. 363-369.
13. Fətəliyev T. Kh., Mehdiyev Sh. A. Analysis and New Approaches to the Solution of Problems of Operation of Oil and Gas Complex as Cyber-Physical System // *International Journal of Information Technology and Computer Science (IJITCS)*, Vol.10, No.11, pp.67-76, 2018.
14. Фаталиев Т., Мехтиев Ш. Некоторые вопросы безопасности киберфизических корпоративных систем / 3-я Республиканская конференция по информационной безопасности, 2017, сс. 34-37.
15. Jara A. J., Genoud D., Bocchi Y. Big data for cyber physical systems: an analysis of challenges, solutions and opportunities / Eighth International Conference on Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing. IEEE, 2014, pp. 376-380.
16. Elias B. Science and the Internet of Things, <http://www.cglife.com/blog/science-and-internet-things>
17. Olena A. Bringing the Internet of Things into the lab // *The scientist*, 01 june 2018, <http://www.the-scientist.com/bio-business/bringing-the-internet-of-things-into-the-lab-64265>
18. Rathore M. M., et al. Real-Time Big Data Analytical Architecture for Remote Sensing Application / *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 2015. Vol. 10, No. 8, pp. 4610–4621.
19. Langmann R. A CPS Integration Platform as a Framework for Generic Remote Labs in Automation Engineering // *Cyber-Physical Laboratories in Engineering and Science Education*, 2018. pp. 305–329.
20. Linthicum D. Edge Computing vs. Fog Computing: Definitions and Enterprise Uses, 2018, <http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/enterprise-networks/edge-computing.html>
21. Bonomi F. et al. S. Fog computing and its role in the internet of things / *Proceedings of the first edition of the MCC workshop on Mobile cloud computing*, 2012, pp. 13-16.
22. Wang Y. Definition and Categorization of Dew Computing // *Open Journal of Cloud Computing (OJCC)*, 2016, Vol. 3, Issue 1, pp. 1-7.
23. Van Rossum J. Blockchain for research: Perspectives on a new paradigm for scholarly communication // *Digital Science*, November 2017.
24. Bartling S. Blockchain for science and knowledge creation // *Gesundheit digital*, Springer, Berlin, Heidelberg. 2019, pp.159-180.

УДК 001:004.7

Фаталиев Тахмасиб Х.¹, Мехтиев Шакир А.²

^{1,2}Институт Информационных Технологий НАНА, Баку, Азербайджан

¹depart3@iit.science.az, ²depart11@iit.science.az

Исследование технологий менеджмента и обработки больших научных данных

Статья посвящена проблемам больших научных данных, генерируемых в среде э-науки, и актуальным вопросам их решения. В результате применения э-науки было зафиксировано значительное увеличение объема научных данных, которые собираются, хранятся и передаются в ходе научной деятельности. Использование интернета вещей, приложений киберфизических систем и, соответственно, возросшие потоки данных сделали необходимым приблизить обработку данных к источникам их генерации в целях реализации режимов реального времени и сокращения нагрузок на коммуникационные сети. В статье анализируются проблемы децентрализованной обработки научных данных с использованием новейших технологических решений. Были исследованы и представлены технологии облака, тумана, росы и блокчейна в этом направлении.

Ключевые слова: э-наука, большие научные данные, киберфизические системы, облачные технологии, туманные технологии, технология росы, технология блокчейн.

Tahmasib Kh. Fataliyev¹, Shakir A. Mehdiyev²

^{1,2}Institute of Information Technology of ANAS, Baku, Azerbaijan

¹depart3@iit.science.az, ²depart11@iit.science.az

Research of the technology for the management and processing of big scientific data

The article is dedicated to the problems of scientific big data generated in the field of e-science and the latest approach to tackling these problems. Rise of e-science resulted in a significant increase in the amount of scientific data that is collected, stored and transmitted in the scientific processes. The use of the Internet of Things, cyber-physical system applications and increased data flows necessitates the real-time data processing and reduction of communication networks loading, as well as the strict requirements on the offline processing made it necessary to bring data processing closer to their generation sources. The article analyzes the problems of scientific data based on the principles of decentralized processing using innovative technological solutions. The use of cloud, fog, dew, and blockchain technologies in this field are investigated and discussed.

Keywords: e-science, scientific big data, cyber-physical systems, cloud technology, fog technology, dew technology, blockchain technology.