

UOT 004.9:351

DOI: 10.25045/jpit.v11.i2.09

Ələkbərova İ.Y.

AMEA İnformasiya Texnologiyaları İnstitutu, Bakı, Azərbaycan
airada.09@gmail.com

KİBER-FİZİKİ SİSTEMLƏRİN 4-CÜ SƏNAYE İNQİLABINDA ROLU

Daxil olmuşdur: 24.04.2020 Düzəliş olunmuşdur: 18.05.2020 Qəbul olunmuşdur: 10.06.2020

*Hesablama və şəbəkə texnologiyalarının təkmilləşdirilməsi nəticəsində sosial şəbəkələr genişlənir, mobil qurğular, izləmə və üz tanıma cihazları sürətlə gündəlik həyatımıza daxil olmaqla real vaxtda böyük verilənlər (Big Data) yaradır. Bu gün fiziki və virtual mühit bir-biri ilə sıx bağlıdır və interaktivdir. Belə bir vəziyyət kiber və fiziki sistemlərin birgə işini təmin edən xüsusi sistemlər – kiber-fiziki sistemlərin (KFS) (ing. Cyber-Physical Systems, CPS) yaranmasına səbəb olmuşdur. KFS də daxil olmaqla, əşyaların İnterneti, böyük verilənlər, süni intellekt və bulud hesablamaları kimi konsepsiyalar 4-cü sənaye inqilabını (ing. Industry 4.0) yaratdı. Industry 4.0-də KFS-in xüsusi yeri vardır. Məqalədə KFS konsepsiyasının mahiyyəti, tendensiyaları və inkişaf mərhələləri araşdırılmış, KFS ilə əşyaların İnterneti, “ağıllı” şəhər və “süni cəmiyyət” arasında münasibətlər analiz olunmuşdur. KFS-in Industry 4.0-də rolu, perspektivlər və problemlər müəyyənləşdirilmişdir. E-dövlətin formalaşmasında və ölkənin sosial-iqtisadi inkişafında kiber-fiziki sosial sistemlərin (KFSS) (ing. Cyber-Physical Social Systems) səmərəli istifadəsi üçün təkliflər işlənmişdir. **Açar sözlər:** kiber mühit, fiziki sistemlər, Industry 4.0, kiber-fiziki sistemlər, əşyaların İnterneti, “ağıllı” şəhər, süni cəmiyyət, kiber-fiziki sosial sistemlər.*

Giriş

Kommunikasiya sistemləri, nəqliyyat və enerji şəbəkələri kimi nəhəng sistemlər hər bir dövlətin həyati əhəmiyyətli infrastrukturudur. Həm dövlət, həm də vətəndaşlar belə sistemlərdən maksimum faydalanmağa çalışırlar və onların səmərəli, dəqiq, istifadəçi üçün rahat, ətraf mühitə zərər vermədən işləməsini arzu edirlər. Bu gün insanlar həyatlarını informasiya-kommunikasiya texnologiyalarından (İKT) kənarında təsəvvür etmirlər. Onlar üçün İnternet, mobil telefonlar, uzaqdan idarə olunan və müxtəlif əməliyyatları yerinə yetirmək üçün nəzərdə tutulan qurğular artıq adi məişət avadanlıqlarıdır. İntellektual qurğular, sosial şəbəkələr, əşyaların İnterneti (ing. *Internet of Things, IoT*), KFS və bulud hesablamalarının (ing. *Cloud computing*) populyarlığının dünyada sürətlə artmasını nəzərə alsaq, deyə bilərik ki, müasir insan Industry 4.0 dövründə yaşayır. Industry 4.0 özündə aşağıdakı konsepsiyaları birləşdirir [1]:

1. *Böyük verilənlər konsepsiyası.* Industry 4.0-də böyük verilənlər əsasən insanların davranışı, sosial münasibətlər, informasiya təhlükəsizliyi, istehsal proseslərinin analizi və proqnozlaşdırılmasında istifadə olunur.
2. *Bulud hesablamaları.* İnternet infrastrukturlarından istifadə edərək minimal xərc və zaman itkisi ilə səmərəli idarə olunan və konfigurasiya edilmiş resurslara girişdir.
3. *Koqnitiv hesablamalar.* Sensorlardan toplanan siqnalların və təbii dilin emalı, nitqin tanınması, kompüterlə insan arasında qarşılıqlı münasibətlərin analizi kimi süni intellekt sistemlərinin daxil olduğu konsepsiyadır.
4. *Kiber-fiziki sistemlər.* KFS müasir kommunikasiya sistemləri vasitəsilə nəzarət və idarəetmə sahəsində intellektual metodlar olub, qabaqcıl texnologiyaları birləşdirən sistemlərdir və hesablamaların kiber aspektləri ilə real dünyada işləyən fiziki sistemlərin birgə işini təmin edir [2].

İnternet insanların informasiya ilə qarşılıqlı münasibətlərini dəyişdirdiyi kimi, KFS də insanların ətraf mühitlə və əhatə olunduqları texniki sistemlərlə qarşılıqlı münasibətlərini dəyişdirməkdədir. KFS vasitəsilə insanlar avtomatlaşdırılmış proseslərin işinə nəzarət edən və qərar qəbulunda son sözü deyən idarəedici instansiya kimi çıxış edirlər.

E-dövlətin düzgün idarə olunması, iqtisadi infrastrukturunun qorunması və informasiya təhlükəsizliyinin təmini məqsədilə KFS-in yaradılması xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. İKT-nin inkişafı, informasiya bolluğu, informasiya cəmiyyətinin formalaşmasında mövcud problemlər sosial və iqtisadi sahələrdəki tədqiqatları mürəkkəbləşdirmişdir. Məsələn, real vaxt kəsiyində dövlətin infastrukturunu təşkil edən fiziki sistemlərin və kiber hesablamaların vəziyyəti və işlərində yarana biləcək problemlər haqqında məlumat almaq, vaxtında qərar qəbul etmək imkanı əldə etmək üçün KFS-in imkanlarından istifadə etmək vacibdir [3].

Hələ də bir sıra istehsalat sistemləri intellektual sistemlərə malik olmadıqlarına görə böyük verilənlərin idarə olunmasında çətinlik çəkirlər. KFS-in enerji, istehsalat, nəqliyyat, xidmət və digər sahələrə tətbiqi intellektual sistemlər, “big data” texnologiyaları və bulud hesablamalarından problemlərin həllində daha səmərəli və əlaqəli istifadə olunacağını göstərir. Məsələn, təchizat zənciri sektorunda və ya nəqliyyatda KFS-in tətbiqi şirkətlər üçün daha yüksək rəqabət üstünlüyünü təmin edə bilər. Lakin nəzərə almaq lazımdır ki, fiziki sistemlər və kiber mühit üçün təklif olunan sistemlər iş prinsipinə və arxitekturasına görə bir-birinə uyğun gəlmirlər. Bu sistemlərin birgə və səmərəli idarə olunması KFS-in tətbiqini tələb edir. Nəticədə, İKT üzrə yeni tədqiqat sahələrinin və mürəkkəb intellektual sistemlərin yaranmasına səbəb olmuşdur [4].

Verilənlərin hərtərəfli analizindən geniş istifadə etməklə şəbəkə və fiziki sistemlərin sinxron, daha səmərəli və çevik işləmə imkanı əldə etməsi istehsal sənayesinin yeni nəslini formalaşdırmış, Industry 4.0-in baş verməsinə səbəb olmuşdur. Industry 4.0 dövlətlərin iqtisadi inkişafın yeni mərhələsinə keçməsinə təmin edir. Tədqiqatlar göstərir ki, KFS Industry 4.0 konsepsiyasının tam şəkildə həyata keçirilməsinə kömək edən əsas amildir [5]. Belə bir şəraitdə KFS-in istehsal proseslərinə təsirinin və Industry 4.0-də rolunun öyrənilməsinə ehtiyac vardır. Məqalədə KFS-in mahiyyəti, əsas funksiyaları, iş prinsipi və Industry 4.0-də rolu analiz olunmuşdur. KFS-in e-dövlətin idarə olunmasında sosial aspektləri nəzərə alınmaqla dövlətin iqtisadi inkişafında və informasiya təhlükəsizliyində əhəmiyyəti müəyyənləşdirilmişdir. KFS-in ümumi arxitektura sxemi qurulmuş və onun səmərəli fəaliyyəti üçün təkliflər işlənmişdir.

Kiber-fiziki sistem nədir?

KFS-in mahiyyətini izah edən müxtəlif yanaşmalar mövcuddur. Tədqiqatlar göstərir ki, KFS ilə əlaqədar ilk mülahizələr 2006-cı ilə aiddir [6]. İKT-nin imkanları artdıqca, KFS-in xüsusiyyəti və texnologiyaları haqqında fikirlərdə müəyyən dəyişikliklər baş verməkdədir. Məsələn, bəzi ədəbiyyatlarda KFS hibrid sistem adlandırılır və KFS-ə fiziki və məntiqi elementlərin hibridi kimi baxılır [2, 3]. Yəni, bildirilir ki, KFS hesablama maşınlarının fiziki proseslərə inteqrasiyasıdır [2, 7]. KFS-in müasir kommunikasiya sistemləri ilə planlaşdırma və idarəetmə sahəsində intellektual metodlar kimi qabaqcıl texnologiyaları birləşdirən sistem olduğunu bildirənlər də vardır. Qeyd edilir ki, KFS hesablamaların kiber aspektləri ilə real dünyada işləyən fiziki sistemlərin birgə işini təmin edir [8]. Digər elmi məqalədə bildirilir ki, KFS istehsalat proseslərinin və müxtəlif sahələrdə tədqiqatların effektivliyini, dayanıqlılığını və miqyaslılığını artırmaq üçün yeni imkanlar təklif edir. İstehsalat, idarəetmə və nəqliyyat proseslərində bu imkanlardan istifadə fərdi texnoloji konsepsiyalar, planlaşdırma və nəzarət metodları, həmçinin mürəkkəb biznes modullar tələb edir [9]. Qabaqcıl informasiya-analitik sistemlərdən istifadə etməklə şəbəkə sistemlərinin daha səmərəli və dayanıqlı işləməsinə nail olmaq olar. Burada ilk növbədə KFS vasitəsilə texnoloji problemlərin həlli məsələsi nəzərdə tutulur. Bu məsələlərə, istehsalat proseslərinin planlaşdırılmasında, nəzarət və idarə olunmasında ümumi yanaşma, real zamanda verilənlərin paylaşılması xidməti, informasiya təhlükəsizliyi və kritik vacib informasiyanın təhdidlərdən qorunması aid ola bilər [10].

Müxtəlif istehsal proseslərində, idarəetmədə və qərarların qəbulunda KFS-dən geniş istifadə Industry 4.0-in baş verməsinə səbəb olmuşdur [11]. Bunu söyləyənlər öz fikirlərini onunla əsaslandırırırlar ki, KFS süni intellekt (maşın təlimi, biliyin tədimatı, mülahizələr və s.), əşyaların İnterneti (şəbəkə infrastrukturunu, əşyaların şəbəkəsi, sensorlar və s.), intellektual xidmətlər və proqramlar, informasiya təhlükəsizliyi, bulud hesablamaları və sosial şəbəkələrlə əlaqəlidir. Odur

ki, istehsalat, xidmət, nəqliyyat və bir çox sahələrə tətbiq edilmədən əvvəl KFS-in modelləşdirilməsi, dizaynı, simulyasiyası və yoxlanılması ilə əlaqəli tədqiqatlara tələbat artmaqdadır. Bu texnoloji aspektlərdən əlavə KFS-in reallaşdırılması maraqlı tərəflərin bacarıq, istək və imkanlarından asılıdır [12].

KFS əşyaların İnternetinin əsasını təşkil edən sensor sistemlər və fiziki komponentlər kimi kiber komponentlər arasındakı sıx qarşılıqlı əlaqə və münasibətlərə aid edilir. Burada fiziki komponentlər dedikdə, müəssisələrdəki informasiya sistemləri və insanlar başa düşülür [11–13]. Deməli, KFS kiber hesablamaların kommunikasiya və idarəetmənin fiziki sistemlərə – fiziki dünyanı təşkil edən sensorlar, fiziki müəssisələr və insanların fəaliyyətinə dərin inteqrasiyasıdır.

Araşdırmalar göstərir ki, KFS-in əhatə etdiyi əsas sahələr aşağıdakılardır:

1. *Nəqliyyat* (sürətli və təhlükəsiz təyyarə uçuşları, təhlükəsiz və səmərəli avtomobil və dəmiryol xidmətləri).
2. *Enerji və sənaye sahələrinin avtomatlaşdırılması* (istismarı daha ucuz və səmərəli olan ev və ofislər).
3. *Səhiyyə və biotibb* (xəstələrə evdə effektiv xidmətin genişlənməsi, diaqnostika üçün daha yaxşı cihazlar, daxili və xarici orqanların protezləşdirilməsində yeniliklər).
4. *Kritik infrastruktur* (daha etibarlı elektrik şəbəkəsi, daha sıx nəqliyyatın hərəkətinə imkan verən avtomobil yollarının təhlükəsizliyi).

KFS və IoT

Tədqiqatlarda qeyd edilir ki, Industry 4.0 əsasən KFS və əşyaların İnternetindən asılıdır. Hər iki konsepsiya istehsal proseslərini təmsil edən bir sıra xidmətlər təqdim edir və bulud hesablamalarına söykənən İnternet xidmətlərinə aiddir [13]. IoT haqqında ilk dəfə geniş və ətraflı məlumat verən Kevin Eşton olmuşdur [14]. K.Eşton qeyd edirdi ki, əgər bizim əşyalar haqqında hər şeyi bilən, bizim iştirakımız olmadan ətrafımızdakı əşyalardan bütün məlumatları toplayan kompüterlərimiz olsaydı, biz hər şeyi bilmək və nəzarətdə saxlamaq imkanı əldə etmiş olardıq və nəticədə rifahımız yüksələr, maliyyə itkilərimiz və xərclərimiz daha az olardı. O, kompüterlərlə əşyalar arasında elə bir qarşılıqlı əlaqənin yaradılmasını təklif edirdi ki, kompüterlər dünyadakı bütün əşyalar və hadisələr haqqında məlumat əldə etməklə dünyanı görə və eşidə bilsinlər.

Beynəlxalq Telekomunikasiya İttifaqı tərəfindən IoT – informasiya cəmiyyəti üçün nəzərdə tutulmuş fiziki və virtual əşyaların qarşılıqlı əlaqəsi vasitəsilə geniş xidmətlər göstərən qlobal infrastruktur adlandırılır [15].

IoT bu gün mühafizə və nəzarət sistemləri, binaların avtomatlaşdırılması (“ağıllı” ev), nəqliyyat, ticarət, səhiyyə, kənd təsərrüfatı, hərbi və bir çox sahələrə tətbiq edilməkdədir. IoT dinamik paylanmış mühit olub, ətrafda baş verənləri dərk edib müvafiq əməliyyatlar yerinə yetirən bir çox ağıllı qurğuları birləşdirir. Bu cür qurğular ətraf mühitin vəziyyətini izləyir, ətrafda baş verənlər haqqında informasiya toplayır və sensorlarda toplanan verilənlərin ümumi hesablama sistemində emalını təmin edir. Nəzərə almaq lazımdır ki, bu hesablama sistemləri sensorla təmin olunmuş hər bir qurğunun yerləşdiyi məkandan asılı olmayaraq digər qurğularla əlaqəni də təmin edir. IoT konsepsiyasını dörd kateqoriyaya ayırmaq olar:

1. *izləyici sistemlər*: insanların və əşyaların fiziki yerini göstərən mobil qurğular.
2. *verilənlər sistemi*: sensorlardan və ya onların vəziyyətindən əldə olunan verilənləri toplayan sistemlər.
3. *interaktiv sistemlər*: ətraf mühitin dəyişkənliyini ölçmək və ətraf mühitlə insanlar arasında qarşılıqlı əlaqə yaratmağa imkan verən əşyalar.
4. *ağıllı sistemlər*: əldə olunan verilənləri emal etməklə alınan nəticəyə uyğun qərar qəbul edən interaktiv sistemlər [16].

Radiotezlikli identifikasiya sistemi (*ing. Radio frequency identification system, RFID*) kontekstindən irəli gələrək IoT-un ilkin konsepsiyası izləyici sistemlərə əsaslanır. Məsələn, RFID etiketi ilə qablaşdırılmış məhsulları buna misal göstərmək olar. Belə məhsulların yerləşdiyi məkan

və onların vəziyyəti haqqında məlumatlar avtomatik olaraq xüsusi sistemlərə ötürülür. Zaman keçdikcə, IoT-un imkanları genişlənmiş və bu gün sensorlarla təmin olunmuş əşyalardan toplanan böyük həcmli məlumatlardan analitik tədqiqatlarda, əlavə xidmətlərdə istifadə etmək mümkündür.

IoT sahəsində son nailiyyətlər icraçı mexanizmlər (interaktiv obyektlər, məsələn, distant idarə olunan qapı və ya soba) vasitəsilə fiziki dünya ilə fəal qarşılıqlı əlaqə yaradan və adaptiv qarşılıqlı təsir üçün analitik imkanlara malik, şəbəkə vasitəsilə informasiya mübadiləsi aparən əşyalarla əlaqəlidir. Yəni, bizi əhatə edən “ağıllı” əşyalar IoT və KFS konsepsiyalarının yaxınlaşmasından yaranmış və inkişaf etməkdədir. Hər iki sistemin məntiqi və fiziki komponentlərinin qarşılıqlı təsiri əşyaların və bu əşyalar, proseslər, hadisələr haqqında məlumatların interaktiv və intellektual analizini təmin edir. Nəzərə almaq lazımdır ki, IoT-un bir çox proqramları ayrıca sistem kimi interaktiv şəraitdə işləməklə, həm ümumi sistemin hər bir komponentinin imkanlarını qiymətləndirir, həm də sistemdəki digər komponentlərlə qarşılıqlı təsirini analiz edir. Sadə şəkildə desək, IoT sistemində hər bir qurğu sensorlarla təchiz edilmişdir və bu sensorlar fiziki mühiti müəyyən edir, məlumatların ötürülməsi üçün şəbəkə təşkil olunur, uzaqdan analiz aparılmaqla insanın və əşyanın yerləşdiyi mühitin fiziki vəziyyəti ölçülür, alınan nəticə əsasında qərar qəbul edilir. Bir qurğu və ya sistem eyni zamanda müxtəlif məqsədlər üçün istifadə oluna bilər. Məsələn, mobil telefon həm obyektin izlənməsi, həm qarşılıqlı sosial əlaqələrin qurulması, həm də verilənlərin toplanması, dəyişdirilməsi və ötürülməsi kimi funksiyaları yerinə yetirir. Lakin verilənlər bazasına malik sensor şəbəkəsi ayrılıqda KFS və ya IoT deyildir, yalnız bu sistemlərin bir komponentidir.

KFS və IoT sistemlərində analitik emal və qərar qəbul etmə sistemləri mühüm yer tutur. Buradan belə nəticəyə gəlmək olar ki, həm KFS və həm də IoT məntiqi və fiziki sistemlərlə işləmək üçün hazırlanmış, bir-birlərinə qarşılıqlı təsir göstərən məntiqi, fiziki, ötürücü və insan komponentlərindən ibarətdir.

KFS və “ağıllı” şəhər

KFS ətraf mühitdən toplanan böyük həcmdə müxtəlif tipli verilənlərin emalını yerinə yetirməyə qadir sistem olduğundan, o, böyük verilənlərin daha səmərəli və faydalı istifadəsinə imkan yaratmaqla “ağıllı” şəhər (*ing. smart city*) konsepsiyasının reallaşdırılmasını sürətləndirən sistemdir. “Ağıllı” şəhər dedikdə, müasir İKT-nin tətbiqi nəticəsində şəhər infrastrukturunu inkişaf etdirməklə vətəndaşlara innovasiyalı və daha keyfiyyətli xidmətlərin təklif edilməsi nəzərdə tutulur. KFS əsasında “ağıllı” şəhərlərin yaradılması fikrinin müəllifi Kassandra ənənəvi şəhərin ağıllı sistemə çevrilməsi üçün ağıllı nəqliyyat, ağıllı enerji, ağıllı səhiyyə, ətraf mühitin monitorinqi və müxtəlif sosial fəaliyyətlərin bir-birinə inteqrasiya olunmasını təklif edir. O, qeyd edir ki, “ağıllı” şəhərin yeni prototipi nəqliyyat, enerji paylanması, səhiyyə, ətraf mühitin monitorinqi, biznes, ticarət, fəvqəladə hallara cavab tədbirləri və sosial fəaliyyətlər üçün yeni nəsil innovasiya xidmətləri ilə təmin olunmuş şəhər mühitidir [17].

“Ağıllı” şəhərlərə genişmiqyaslı KFS kimi baxmaq olar. Nəzərə almaq lazımdır ki, “ağıllı” şəhərlər nəqliyyat, enerji, xidmət və s. sahələrə aid fiziki göstəriciləri izləyərək, verilənləri hesablama qurğularına ötürən sensorlar və mürəkkəb şəhər infrastrukturunu idarə edən icraçı elementlərdən ibarətdir. “Ağıllı” şəhərin infrastrukturunun əsası yalnız informasiyanın sensorlardan toplanması və emalı deyil, həm də vəziyyəti hissetmə, əlaqələndirmə, qərar qəbul etmə, proqnozlaşdırma, nəzarət və prosesləri aktivləşdirməkdən ibarətdir. İnformasiyanın toplanması və aktivləşdirmə mexanizmlərinin çoxunun simsiz olması səbəbindən məxfilik, təhlükəsizlik və düzgün idarəetmə məsələlərini nəzərə alan həm “fiziki”, həm də “kiber” komponentlərin balanslı və səmərəli işləməsi tələb olunur.

Hökumət, təşkilatlar və texnoloji sahələr şəhərlərdə insanların rahat və təhlükəsiz yaşamasını təmin etmək məqsədilə urbanizasiya səviyyəsinin artması nəticəsində yaranan problemlərin həllini həyata keçirirlər. Məsələn, xidmətin keyfiyyətinin artırılması, enerji təminatı məsələsinin səmərəli həlli və s. buna misal ola bilər. Nəqliyyat və enerji şəbəkələri kimi genişmiqyaslı ictimai

infrastruktur hər bir şəhərin əsas strateji infrastrukturunu təşkil edir. Şəhər sakinləri nəqliyyat sisteminin rahat və təhlükəsiz işləməsini, enerji ilə fasiləsiz təminatı, ekoloji mühitin təhlükəsizliyini və xidmət sahələrinin səmərəli işini tələb edirlər.

Burada əsas problem, maraq doğuran informasiya mənbələrinin son dərəcə qeyri-bircins və paylanmış xüsusiyyətə malik olması, habelə bir-biri ilə qarşılıqlı əlaqədə işləyən sensorlarla təchiz olunmuş qurğuların həddən artıq həssaslığıdır. Sensor şəbəkəsinə üç əsas vəzifəni yerinə yetirən ümumi bir sistem kimi baxıla bilər: informasiya mənbəyinin aşkarlanması, informasiyanın toplanması və nəzarət. Bu üç vəzifənin qarşılıqlı əlaqəsi “ağıllı” şəhər ideyasının həyata keçməsi üçün vacib şərtidir. Bu əməliyyatın yerinə yetirilməsi isə yalnız KFS-in tətbiqi ilə mümkündür.

KFS və süni cəmiyyət

Bu gün sosial tədqiqatlar fənlərarası təlim olub, süni intellekt, hesablama, idarəetmə və sosial elmlərin vəhdətini təşkil edir [18]. Süni intellektin maşın-insan qarşılıqlı münasibətlərinə təsiri paralel intellektual dünyanın yaranmasına şərait yaradır. Bir çox alimlərin fikrincə, yeni intellektual əsrdə biliyin avtomatlaşdırılması nəticəsində kiber mühit, fiziki dünya və sosial mühit bir-biri ilə asanlıqla inteqrasiya olunacaqdır [19, 20]. Bu isə yeni cəmiyyətin – süni cəmiyyətin yaranması deməkdir.

Süni cəmiyyət sosial proseslərin analizində kompüter modelləşdirməsindən geniş istifadə deməkdir. Məqsəd sosial hadisələri modelləşdirmək üçün agent adlandırılan hesablama qurğularından təşkil olunan paralel modelləşdirmə sisteminin qurulmasıdır. KFS ilə bağlı sosial aspektlər daha az tədqiq olunan sahələrdəndir [20, 21]. Sosial proseslərin analizində istifadə olunan hesablama və modelləşdirmə metodlarının “süni cəmiyyət” adlandırılması ideyasını ilk dəfə Joşua Epştein və Robert Ekstell təklif etmişlər [22]. Onlar bildirirlər ki, süni cəmiyyət sosial analizin yeni metodunu təklif etməklə sosial informatikanın bir elm sahəsi kimi inkişafına təkan vermişdir. Ənənəvi sosiologiyanın əsas problemi olan makro və mikro əlaqələrin analizi, sosial sistemdəki hər bir fərdin davranışı və cəmiyyətə, istehsal proseslərinə təsiri məsələləri sosial informatika metodları vasitəsilə (qraflar nəzəriyyəsi, süni intellekt, genetik alqoritmlər və s.) həll olunmaqdadır [23]. Sosial informatikanın tədqiqat obyektini cəmiyyətdəki informasiya təzahürlərinin bütün növləri və formaları, eləcə də insanların və cəmiyyətin normal fəaliyyəti və inkişafı üçün sosial əhəmiyyətə malik olan informasiya prosesləri, texnologiyalar, sistemlər və kommunikasiyalar təşkil edir [23]. Həm istehsal proseslərinin düzgün idarə olunması, həm də düzgün sosial siyasətin həyata keçirilməsi e-dövlət sisteminin ayrılmaz bir hissəsi kimi qəbul edilir və bu məsələlərdə mövcud sosial vəziyyətin qiymətləndirilməsi, təhlili və effektiv qərar qəbul edilməsi üçün KFSS-in xüsusi yeri vardır [24, 25].

Kiber-fiziki sosial sistemlər

KFSS konsepsiyası 2010-cu ildə yaradılmışdır [24]. Bu konsepsiyaya görə, KFSS kiber mühiti, fiziki dünyanı və sosial mühiti əhatə edən bir sistemdir. Bu sistem insanların intellektual alqoritmlərlə idarə olunan ağıllı əşyalarla birgə yaşadıkları mühitdir. Başqa sözlə, KFSS süni intellekt, bulud texnologiyaları və Big Data texnologiyalarının yaratdığı bir dünyada insanların fəaliyyətini təmin edir. KFSS sosial və fiziki sistemləri birləşdirir, kiber mühitdə intellektual maşın-insan qarşılıqlı münasibətlərini təmin edən, böyük verilənlərin emalına və insanların davranışlarına əsaslanan yeni bir sistemdir. KFSS-in işi yalnız proqram təminatı, sensorlar və müəyyən xidməti avadanlıqlardan deyil, həm də qərar qəbulunda iştirak edən insanların davranışlarından asılıdır [25]. KFSS elə təşkil olunmuşdur ki, istənilən texniki və elmi prosesin idarə olunmasında və nəzarətində insan faktoru nəzərə alınır. Yəni, KFSS yalnız fiziki və kiber dünyaları deyil, sosial mühiti və bu mühitin elm və texnologiyalara təsirini öyrənir. O, KFS-in daha mükəmməl formasıdır [26].

KFSS fiziki, koqnitiv, texniki, elmi və sosial sahələri əhatə etdiyi üçün sosial münasibətlərin müəyyən olunmasında, proqnozlaşdırılmasında, müxtəlif sosial-iqtisadi məsələlərin həllində,

nəzarət və idarə edilməsində yeni yanaşmalar təklif edir. Müxtəlif istehsalat sahələri və nəqliyyat sistemlərində idarəetmə və nəzarətə cavabdeh insanlar vardır. E-dövlətin idarə olunması, istehsalat prosesləri arasında qarşılıqlı əlaqələrin nəzarəti və bir çox proseslər avtomatlaşdırılmış olsa da, son qərarı insan verir. Həmin şəxslərin qərarı məqsəddən, qoyulan məhdudiyyətlərdən və şəraitdən asılıdır. Burada qərar qəbul edən şəxsin etimadı və şəxsi keyfiyyətləri də nəzərə alınmalıdır. KFSS istehsalatda, nəzarətdə və idarəetmədə maraqlı tərəflərə və onların kontekstdən asılı davranış aspektlərinə xüsusi diqqət yetirir. Bu aspektlərə sosial münasibətlər, insanların təşkilati və fərdi xüsusiyyətləri daxildir [24, 26].

KFSS əsasında sosial münasibətlərin analizi məsələsi özündə əməliyyat mexanizmlərinin əsas xüsusiyyətlərini saxlayır, fiziki dünya, kibermühit, intellektual mühit və sosial şəbəkələri birləşdirir.

KFSS e-dövlət mühitində sosial münasibətlərin xarakterik xüsusiyyətləri, yaranma və dəyişməsi səbəblərini daha dərinədən analiz etməyə şərait yaradır. KFSS fiziki sistemlərlə insanlar arasında koordinasiya işlərinin şəbəkə vasitəsilə yerinə yetirilməsini təmin etməklə daha effektiv idarəetmə və nəzarət təşkilatlarının yaradılması, hər bir vətəndaşın probleminin fiziki sistemlərdə həllini təmin edən əməliyyatlar ardıcılığı ilə yanaşı real zaman kəsiyində qərarların qəbulunu təmin edir.

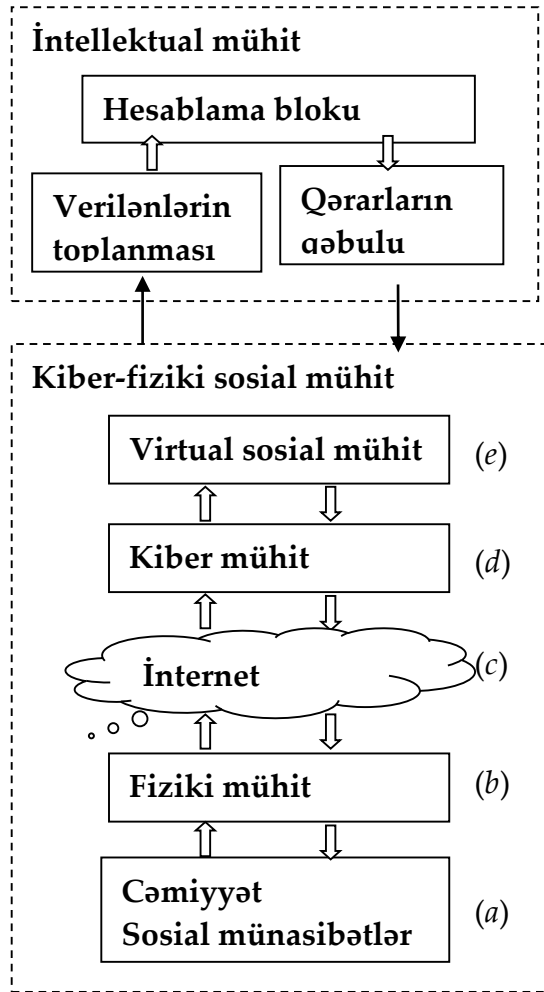
KFSS müxtəlif sahələrdə tətbiq olunsada, əsasən dörd göstəricini özündə birləşdirir:

1. *iqtisadi vəziyyət* – iqtisadi mexanizmlər vasitəsi ilə dünyada baş verən iqtisadi və sosial proseslərə təsir edən sahələrə aiddir.
2. *coğrafi məkan* – fiziki mühiti virtualdan fərqləndirən əsas göstəricidir.
3. *inzibati tədbirlər* – adətən siyasi proseslərdən yaranan və hökumət tərəfindən qurulan və ya tətbiq olunan qanunlar, siyasətlər və qurumları əhatə edir.
4. *mədəni münasibətlər* – dövlətin (qanunverici və ya icraçı) deyil, insanların qarşılıqlı münasibətləri ilə dəstəklənən cəmiyyətin atributlarına aiddir.

KFSS-in mahiyyətini anlamaq üçün onun ümumi arxitektura sxemini quraq. KFSS-in ümumi sxemi şəkil 1-də verilmişdir. Şəkildən görüldüyü kimi, KFSS fiziki və kiber mühitin qarşılıqlı əlaqəsidir. Lakin burada cəmiyyət və sosial münasibətlər fiziki mühitdən virtual mühitə sintez edərək kiber-fiziki sosial mühit yaradırlar ki, bu mühit KFSS-in əsasını təşkil edir. KFSS-in tərkibindəki sistemlərin hər birinə gözlənilən və gözlənilməyən xətəların baş verə biləcəyi dinamik sistemlər kimi baxılır. Hər bir x sisteminin vəziyyəti t zamanında dəyişir:

$$x(t) = k(x, a, b, c, d, e)$$

burada, k funksiyası x sisteminin vəziyyətinin dəyişməsinə müəyyən edir. a – cəmiyyət və sosial münasibətlər, b – fiziki mühit, c – İnternet şəbəkəsi, d – kiber mühit, e kateqoriyası isə virtual sosial mühitdir (şəkil 1). Kontekstdən asılı logistika əməliyyatları KFSS-in təməlidir. Bu əməliyyatlar idarəetmə, nəzarət və emal prosesləri də daxil olan istehsal və verilənlərin ötürülməsi işlərini yerinə yetirirlər. KFSS-in səmərəliliyini artırmaq üçün qərarların qəbulunda istifadə olunan intellektual sistemlərin virtual məkandan da toplanan verilənlərdən real zaman rejimində daha səmərəli istifadəsinin təmin edilməsi və çevikliyinin artırılması tələb olunur. Burada əsas məsələ əməliyyatların planlaşdırıldığı və aparıldığı coğrafi, mədəni, administrativ, infrastruktur da daxil olmaqla, iqtisadi mühiti müəyyən etməkdir. Bu əməliyyatların əsas üstünlüyü yeni bilik və imkanlarla səmərəli təchiz olunmadır. KFSS-in işi müəyyən dərəcədə onu əhatə edən mühitlə mürəkkəb və dinamik qarşılıqlı təsirdən asılıdır. Bu əməliyyatlara kontekstdən asılı olaraq müxtəlif qurğular, infrastruktur və işçi qüvvəsi daxildir.



Şəkil 1. Kiber-fiziki sosial sistemin ümumi sxemi

KFSS-in səmərəli fəaliyyəti üçün aşağıdakı təkliflər işlənmişdir:

1. *KFSS üçün verilənlərin səmərəli toplanması texnologiyaları.* Ümumi bazaya gətirilməklə verilənlərin toplanması və qavranılması. Burada istifadə olunan metod və alqoritmlərdən müxtəlif informasiya mənbələrinin birləşdirilməsi ilə yanaşı, ətraf mühitdə baş verən hadisələri real zaman rejimində düzgün qiymətləndirilməsi tələb olunur. Məlumdur ki, verilənlər sensorlarda və verilənlərin toplanmasını həyata keçirən müxtəlif izləyici, üz tanıma və digər qurğularda saxlanılır. Verilənlərin toplanmasında mövcud avadanlıqlardan tam istifadə etmək üçün bu qurğular əlavə imkanlarla (verilənlərin təmizlənməsi, aqreqatlaşdırılması və strukturlaşdırılmasını yerinə yetirən texnologiyalarla) təmin olunmalıdır.

2. *KFSS-nəzarət texnologiyaları.* KFSS fiziki reallıq və virtual dünyanın birləşməsidir. Sosial medianın inkişafı ilə onlayn ictimai rəy insanların davranışlarına və sosial həyatlarına təsir göstərən vacib amilə çevrilmişdir. Həmçinin, nəzarət sistemlərinin inkişafında simulyasiya və virtual reallıq texnologiyalarından istifadə olunması daha dəqiq informasiya əldə olunmasına şərait yaradır. Hər bir vətəndaş haqqında onlayn ictimai rəy və virtual reallıq texnologiyaları ilə təchiz olunmuş izləmə cihazlarından əldə olunan verilənlərin emalı, KFSS-nəzarət texnologiyaları üçün yeni imkanlar təqdim edir.

3. *KFSS və dərin təlim.* Dərin təlim, biliyin çıxarılması, süni intellekt və digər texnologiyalar dünyada gedən sosial-iqtisadi prosesləri anlamaq, bu sahədə riskləri azaltmaq üçün geniş istifadə olunmaqdadır. KFSS istehsalatda, nəqliyyatda, elmdə və bir çox sahələrdə işlərin çoxunun kompüterlər tərəfindən yerinə yetirilməsini dəstəkləyən texnologiya kimi biliyin əldə olunması, analizi və təlimi üçün yeni imkanlar yaratmaqdadır.

KFS-in mərhələli iş prinsipi

KFS texnoloji nailiyyətlərdən sıx asılı olsa da, bu sistemlərin işində yaradıcı yanaşma, çeviklik və maraqlı tərəflərin etimadı nəzərə alınmalıdır. Ümumi araşdırmadan məlum olur ki, KFS-də hesablama sistemləri verilənlərin toplanması və kiber-fiziki göstəricilərin monitorinqini həyata keçirən paylanmış qurğularla birgə işləyir. Başqa sözlə, KFS iki əsas funksiyayı yerinə yetirir [27]:

- Real zaman kəsiyində fiziki sistemlərlə virtual mühit arasında qarşılıqlı əlaqə yaratmaq. Belə bir əlaqələndirmə verilənlərin fiziki sistemlərdən əldə olunmasını və kiber sistemlərə ötürülməsini təmin edir.
- Kiber sistemlər vasitəsilə verilənlərin intellektual idarə olunması, analitika və hesablama imkanları.

KFS-in imkanlarını belə abstrakt şəkildə göstərməklə sistemlərin mahiyyəti haqqında tam təsəvvür əldə etmək mümkün deyil. KFS-in imkanlarını və necə təşkil olunduğunu təsəvvür etmək üçün məqalədə 6 səviyyəli iş prosesi təklif olunmuşdur. Proses verilənlərin toplanmasından başlayaraq emal olunması və son nəticənin əldə olunmasına kimi bütün mərhələləri aydın təsvir edir. KFS-in 6 səviyyəli iş prosesinin mərhələləri aşağıdakılardır:

1. *Verilənlərin fiziki sistemlərdən toplanması.* Fiziki sistemlərdən dəqiq və etibarlı verilənlərin əldə olunması KFS-in işinin başlanğıcını təşkil edir. Verilənlər sensorlardan, müəssisədaxili istehsalat kontrollerlərindən (ERP, MES, SCM və CMM) və şəbəkə sistemlərindən əldə olunur. Bu mərhələdə iki əsas faktor nəzərə alınmalıdır: a) müxtəlif tipdə olmasını nəzərə alaraq verilənlərin toplanması və mərkəzi serverə ötürülməsi əməliyyatının əngəlsiz və verilmiş zaman intervalında yerinə yetirilməsi; b) verilənlər mənbəyinin düzgün seçilməsi.

2. *Faydalı informasiyanın əldə olunması.* Əldə olunan verilənlərdən faydalı informasiya almaq üçün müxtəlif vasitələr və metodologiyalar mövcuddur. Son illərdə, xüsusi olaraq proqnozlaşdırma və səhiyyədə bu alqoritmlərin işlənməsinə çox diqqət yetirilməkdədir. KFS-in imkanları maşınlarda istifadə olunan ayrı-ayrı sistemlərə özünüdərk etmə (*ing. self-awareness to machines*) imkanını verir.

3. *Nəzarət.* Bir çox qeyri-bircins elementlərdən ibarət olan KFS təşkil olunduğu hər bir altsistemin işini idarə edən kompleks modellər tələb edir. KFS-in işini təşkil edən altsistemlər arasındakı dinamik qarşılıqlı əlaqə və bu əlaqələri nəzarətdə saxlayan obyektlər mövcuddur. Altsistemlərin qarşılıqlı əlaqələri verilənlərin paylanma şərtləri və trafik yükü kimi amillərin zamanla dəyişilməsi nəticəsində müxtəlif olur. KFS-i təşkil edən altsistemlərdə informasiya əvvəlcədən diqqətlə nəzarətdən keçirilir, fiziki sistemlərlə kiber-hesablama sistemləri arasında sinxronlaşdırılır.

4. *Kiber mühit.* Ümumi arxitektura bu səviyyə mərkəzi informasiya sistemi kimi fəaliyyət göstərir. Şəbəkə yaratmaq üçün fiziki sistemlər əlaqələndirilir və informasiya sistemə qoşulan bütün avadanlıqlardan daxil olur. Ümumi və geniş informasiya toplandıqdan sonra vəziyyəti daha yaxşı anlamağa imkan yaradan əlavə informasiyanı çıxarmaq üçün xüsusi analitikadan istifadə olunur. Bu analitika sistemin özünü başqa sistemlərlə müqayisə etməsini və qiymətləndirməsini təmin edir.

5. *Biliyin əldə olunması.* KFS-in bu səviyyədə tətbiqi nəzarət olunan sistemin hərtərəfli təhlilinə səbəb olur. Əldə olunan biliklərin təcrübəli ekspertlərə düzgün təqdim edilməsi qəbul ediləcək qərarın düzgün olduğunu təsdiq edir. Hər bir qurğunun ayrı-ayrılıqda vəziyyəti haqqında informasiya əhəmiyyətli olduğundan xidmət proseslərinin optimallaşdırılması üçün prioritet məsələlər haqqında qərar qəbul edilə bilər.

6. *Konfigurasiya.* Bu səviyyə kiber mühitdən fiziki sistemlərə olan əks əlaqədir və maşınların öz-özünə qurulması və özünü iş prosesinə uyğunlaşdırması üçün nəzarətçi rolunu oynayır. Bu mərhələ biliyin əldə olunması mərhələsində qəbul olunmuş düzgün və xəbərdaredici məsələlərin dayanıqlılığına nəzarət sistemi (*ing. Resilience Control System, RCS*) kimi fəaliyyət göstərir və sistemin monitorinqi üçün lazımdır.

Nəticə

Tədqiqatda məlum oldu ki, KFS fiziki sistemlərin İnternetə və ya digər şəbəkələrə qoşulduqda imkanlarının genişlənməsi, paylanmış, mərkəzləşdirilməmiş, insanlarla, ətraf mühit və müxtəlif təyinətli qurğularla qarşılıqlı əlaqənin təmin edilməsidir. Uyğunluq, reaktivlik, optimallıq və təhlükəsizlik bu kimi sistemlərdə qurulmalı olan vacib xüsusiyyətlərdir. Belə ki, KFS artıq cəmiyyətin görünməyən "neyron şəbəkəsini" meydana gətirir.

KFSS elmin, texnologiyaların və cəmiyyətin sintezidir. Hesablama texnologiyalarının, şəbəkələrin və cəmiyyətin fiziki sistemlərlə vəhdəti elmin inkişafı, texniki imkanların genişlənməsi və insanların həyat şəraitinin daha da yaxşılaşdırılmasına yönəlmişdir. KFSS fiziki, koqnitiv, texniki, elmi və sosial sahələri əhatə etdiyi üçün nəzarət və idarəetmənin təşkilinin transformasiya edilməsində yeni yanaşmalar təklif edir. İstənilən texniki və elmi prosesin idarə olunmasında və nəzarətində insan faktoru nəzərə alınır. Beləliklə, KFSS sosial münasibətlərin müəyyən olunmasında, e-dövlət və vətəndaş arasında məmnunluğa nail olmaq üçün məsələlərin həllində, vətəndaşların sosial kreditlərinin müəyyən olunmasında çox əhəmiyyətlidir. KFSS əsasında sosial kreditin ölçülməsi məsələsi özündə əməliyyat mexanizmlərinin əsas xüsusiyyətlərini saxlayır, fiziki dünya, kibermühit, intellektual mühit və sosial şəbəkələri birləşdirir.

Sosial-iqtisadi sahələrdə, tibb, təhsil, hərbi və digər məsələlərin həllində bir-birləri ilə sıx əlaqəli olan sensor, kommunikasiya və sosial şəbəkələr kimi komponentlərdən istifadə tələb olunan informasiyanın əldə olunması, problemin aşkarlanması, mövcud situasiyaya aydınlıq gətirilməsi, məsələnin düzgün planlaşdırılması, qərarların qəbulu, həmçinin, əməliyyatın planlı şəkildə yerinə yetirilməsində KFSS-dən istifadə yüksək nəticələr əldə etməyə imkan verə bilər. Süni intellekt metodlarından istifadə etməklə insanların davranışlarını modelləşdirmək mümkündür. Bu, ənənəvi emal və planlaşdırma prosedurlarını əvəz edə bilər. Məqalədə verilmiş KFSS-in ümumi arxitekturasından da görünür ki, KFSS fiziki sistemlərlə insanlar arasında koordinasiya işlərinin şəbəkə vasitəsilə yerinə yetirilməsini təmin etməklə daha effektiv idarəetmə və nəzarət təşkilatlarının yaradılması, hər bir vətəndaşın probleminin fiziki sistemlərdə həllini təmin edən əməliyyat ardıcılığı ilə yanaşı real zaman kəsiyində qərarların qəbulunu təmin edir.

Araşdırmalar göstərdi ki, KFS konsepsiyası IoT, "ağıllı" şəhər, süni cəmiyyət və bir sıra yeni konsepsiyaların əsasını təşkil etməkdədir və bu istiqamətdə yeni-yeni imkanlar yaratmaqdadır. Industry 4.0-də KFS-in təsiri ilə sənaye, nəqliyyat, enerji və təhlükəsizlik sahələrində nəzarət və idarəetməni daha keyfiyyətli həyata keçirmək üçün geniş spektrdə yeni texnologiyalar tətbiq edilməkdədir. KFS-in Industry 4.0-də rolunu daha yaxşı anlamaq üçün KFS-in mahiyyətinin araşdırılması vacib məsələlərdəndir. Təklif edilən KFS-in 6 səviyyəli iş prosesi bu sahədə mövcud problemləri daha yaxşı anlamağa və Industry 4.0 ilə əlaqədar gələcək tədqiqatların daha səmərəli aparılmasına yardım edə bilər.

Minnətdarlıq

Bu iş Azərbaycan Respublikası Dövlət Neft Şirkətinin (SOCAR) Elm Fondunun maliyyə yardımını ilə yerinə yetirilmişdir – Müqavilə № 03LR - AMEA.

Ədəbiyyat

1. Pisching M.A., Diolin F.J., Filho J.S., Miyagi P.E. Service composition in the cloud-based manufacturing focused on the Industry 4.0 / Proceedings of the IFIP Advances in International and Communication Technology, 2015, pp.65–72.
2. Frazzona E.M., Hartmann J., Makuschewitz T., Scholz-Reiter B. Towards Socio-Cyber-Physical Systems in Production Networks / Proceedings of the Forty Sixth CIRP Conference on Manufacturing Systems, 2013, pp.49–54.
3. Guo W., Zhang Y., Li L. The integration of CPS, CPSS, and ITS: A focus on data // Tsinghua Science and Technology, 2015, vol.20, no.4, pp.327–335.
4. Sztipanovits J., Koutsoukos X., Karsai G., Kottenstette N., Antsaklis P., Gupta V., Goodwine B., Baras J., Shige W. Toward a Science of Cyber-Physical System Integration / Proceedings

- of the IEEE, 2012, 100:29–44.
5. Navickas V., Kuznetsova S.A., Gruzauskas V. Cyber–physical systems expression in industry 4.0 context // Financial and credit activity: problems of theory and practice, 2017, vol.2, no.23. <http://fkd.org.ua/article/view/121475/0>
 6. Greer Ch., Burns M., Wollman D., Griffor E. Cyber-Physical Systems and Internet of Things, National Institute of Standards and Technology Special Publication 1900-202, 2019, 61p. <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/SpecialPublications/NIST.SP.1900-202.pdf>
 7. Lee E.A. Cyber-Physical Systems – Are Computing Foundations Adequate? Position Paper. NSF Workshop on Cyber-Physical Systems: Research Motivation, Techniques and Roadmap, 2006.
 8. Rajkumar R. A Cyber-Physical Future / Proceedings of the IEEE, vol.100, Special Centennial Issue, May 13, 2012, pp.1309–1312.
 9. Kwei-Jay L., Panahi M. A real-time service-oriented framework to support sustainable cyber-physical systems / Proceedings of the 8th IEEE International Conference on Industrial Informatics, 2010, pp.15–21.
 10. Woochul K., Kapitanova K., Sang Hyuk S. RDDS: A Real-Time Data Distribution Service for Cyber-Physical Systems / IEEE Transactions on Industrial Informatics, 2012, vol.8, no.2, pp.393–405.
 11. Monostori L. Cyber–physical Production Systems: Roots, Expectations and R&D Challenges // Procedia CIRP, 2014, vol.17, pp.9–13.
 12. Pisching M., Junqueira F., Santos Filho D., Miyagi P.E. An architecture for organizing and locating services to the Industry 4.0 / Proceedings of the 23rd ABCM International Congress of Mechanical Engineering, Rio de Janeiro, Brasil, 6-11 december 2015, https://www.researchgate.net/publication/289248543_an_architecture_for_organizing_and_locating_services_to_the_industry_40
 13. Derler P., Lee E.A., Vincentelli A.S. Modeling Cyber-Physical Systems / Proceedings of the IEEE, 2012, vol.100, pp.13–28.
 14. Ashton K. That ‘Internet of Things’ Thing // RFID, 2009, <https://www.rfidjournal.com/articles/pdf?4986>
 15. ITU-T Recommendations, <https://www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?rec=y.2060>.
 16. Ibarra-Esquer J, González-Navarro F, Flores-Rios B, Burtseva L, Astorga-Vargas M. Tracking the Evolution of the Internet of Things Concept Across Different Application Domains // Sensors, 2017, vol.17, no.6, pp.1379.
 17. Cassandras Ch.G. Smart Cities as Cyber-Physical Social Systems // Engineering, 2016, vol.2, issue 2, pp.156–58.
 18. Wang F.-Y. Social computing digital dynamics of science, technology and humanities // Basic Sci. China, 2015, vol.22, no.5, pp.65–67.
 19. Wang F.-Y. Software-defined system and knowledge automation: Parallel sublimation from Newton to Merton // Automat, 2015, vol.41, no.1, pp.1–8.
 20. Le-Feng C., Tao Y. Intelligent energy dispatching robot and its knowledge automation: Information, physics and social integration: Frame-work, technology and challenges // Procedia CSEE, 2018, vol.38, no.1, pp.25–40.
 21. Zhong L., Dong-sheng Y., Ding W., Wei-ming Z., Wenji M. Cyber-Physical-Social Systems for Command and Control // IEEE Intelligent Systems, 2011, no.26, pp.92–96.
 22. Epstein J.M., Axtell R.L. Growing Artificial Societies, Complex adaptive systems, Institution Press & MIT Press, 1996, 228 p.
 23. Əliquliyev R.M., Ələkbərova İ.Y. Sosial informatika: sosial proseslərin analizində informasiya texnologiyalarının tətbiqi // İnformasiya cəmiyyəti problemləri, 2019, №2, s.3–17.
 24. Wang F.Y. The emergence of intelligent enterprises: From CPS to CPSS / Proceedings of the Intelligent Systems Conference, IEEE, 2010, vol.25, no.4, pp.85–88.
 25. Frazzon E.M. , Hartmann J., Makuschewitz T., Scholz-Reiter B. Socio-Cyber-Physical Systems in Production Networks // Procedia CIRP, 2013, vol.7, pp.49–54

26. Zhang J. J., Wang F.-Y., Wang X., Xiong G., Zhu F., Lv Y., ... Lee Y. Cyber-Physical-Social Systems: The State of the Art and Perspectives // IEEE Transactions on Computational Social Systems, 2018, vol.5, no.3, pp.829–840.
27. Lee J., Bagheri B., Kao H. A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems // Manufacturing Letters, 2015, no.3, pp.18–23.

UOT 004.9:351

Алекперова Ирада Я.

Институт Информационных Технологий НАНА, Баку, Азербайджан
airada.09@gmail.com

Роль киберфизических систем в 4-й промышленной революции

В результате улучшения компьютерных и сетевых технологий расширяются социальные сети, мобильные устройства, устройства отслеживания и наблюдения быстро входят в нашу повседневную жизнь, генерируя большие данные в режиме реального времени. Сегодня физическая и виртуальная среды тесно переплетены и интерактивны. Такая ситуация привела к появлению специальных систем – киберфизических систем (КФС), (Cyber-Physical Systems), которые позволяют взаимодействовать физическим системам, работающим в реальном мире, с киберсистемами. Такие концепции, как интернет вещей, большие данные, искусственный интеллект и облачные вычисления, включая КФС, привели к 4-й промышленной революции (Industry 4.0). КФС занимают особое место в Industry 4.0. В статье рассматриваются сущность, тенденции и этапы развития концепции КФС, анализируются взаимосвязи между КФС и интернетом вещей, «умным» городом и «искусственным обществом». Определены роль, перспективы и проблемы КФС в Industry 4.0. Разработаны предложения по эффективному использованию киберфизических социальных систем (КФСС), (Cyber-Physical Social Systems) для формирования э-правительства и социально-экономического развития страны.

Ключевые слова: киберсреда, физические системы, Industry 4.0, киберфизические системы, интернет вещей, «умный» город, искусственное общество, киберфизические социальные системы.

Irada Y. Alakbarova

Institute of Information Technology of ANAS, Baku, Azerbaijan
airada.09@gmail.com

The role of cyber-physical systems in Industry 4.0.

As a result of improved computer and network technologies, social networks, mobile devices, tracking and surveillance devices are rapidly expanding into our daily lives, generating big data in real time. Today, the physical and virtual environments are closely intertwined and interactive. This situation has led to the emergence of special systems - cyber-physical systems (CPS), which allow physical systems that work in the real world to interact with cyber systems. Concepts such as the Internet of things, big data, artificial intelligence, and cloud computing, including CPS, led to the 4th Industrial Revolution (Industry 4.0). CPS has a special place in Industry 4.0. The article discusses the nature, trends and stages of the development of the CPS concept, analyzes the relationships between the CPS and the Internet of things, a smart city and an artificial society. The role, prospects and problems of CPS in Industry 4.0 are determined. Proposals are developed for the effective use of Cyber-Physical Social Systems (CPSS) for the formation of e-government and socio-economic development of the country.

Keywords: cyber-environment, physical systems, Industry 4.0, cyber-physical systems, Internet of things, smart city, artificial society, cyber-physical social systems.