

SƏTƏM SİSTEMLƏRİNDƏ SÜNİ İNTELLEKT ƏSASLI RİSK QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ METODLARININ TƏTBİQİ

Ziya Vüqar HÜSEYNZADƏ 

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti AZ1010, Azərbaycan, Bakı ş, pr.Azadlıq 34
E-mail: ziyahuseynzade0@gmail.com

Ağaşirin Simran QULİYEV 

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti AZ1010, Azərbaycan, Bakı ş, pr.Azadlıq 34
E-mail: email1955@gmail.com

Received: 25 April 2026

Revised: 23 May 2026

Accepted: 25 June 2026

UOT: 21474

DOI: <https://doi.org/10.32010/IFTA7182>

Xülasə: İstehsalat mühitində təhlükəsizlik səviyyəsinin yüksəldilməsi və peşə risklərinin minimuma endirilməsi SƏTƏM sistemlərinin əsas prioritet istiqamətlərindən hesab olunur. Müasir texnoloji inkişaf şəraitində sənaye müəssisələrində yaranan risklərin mürəkkəbləşməsi klassik qiymətləndirmə metodlarının imkanlarını məhdudlaşdırır və yeni yanaşmaların tətbiqini aktuallaşdırır. Məqalədə süni intellekt texnologiyalarının SƏTƏM sahəsində risklərin müəyyənəşdirilməsi və idarə olunmasında istifadəsi araşdırılmışdır. Təhlükəli halların aşkar edilməsi və mümkün qəzaların əvvəlcədən proqnozlaşdırılması məqsədilə maşın öyrənməsi alqoritmləri, neyron şəbəkə modelləri və məlumatların intellektual emalı üsullarının tətbiq imkanları təhlil edilmişdir. Sensor sistemlərdən, müşahidə kameralarından və istehsalat göstəricilərindən əldə edilən məlumatların analizi nəticəsində təhlükə yarada biləcək vəziyyətlərin əvvəlcədən müəyyən edilməsinin mümkün olduğu göstərilmişdir. Süni intellekt əsaslı sistemlərin insan amili ilə bağlı səhvlərin azaldılmasına, təhlükəsizlik üzrə qərarların daha operativ qəbul edilməsinə və qəza risklərinin qiymətləndirilməsinə müsbət təsir göstərdiyi qeyd olunmuşdur. Tədqiqat çərçivəsində ənənəvi risk analiz üsulları ilə intellektual modellərin müqayisəsi aparılmış və süni intellekt yanaşmalarının daha yüksək dəqiqlik və çeviklik təmin etdiyi vurğulanmışdır. Eyni zamanda sənaye obyektlərində təhlükəsizlik nəzarətinin avtomatlaşdırılması, riskli davranışların aşkarlanması və fəvqəladə halların erkən müəyyənəşdirilməsi istiqamətində bu texnologiyaların geniş tətbiq perspektivləri göstərilmişdir.

Açar sözlər: SƏTƏM, süni intellekt, risk qiymətləndirilməsi, maşın öyrənməsi, neyron şəbəkələr, təhlükəsizlik monitorinqi, sənaye təhlükəsizliyi, risklərin proqnozlaşdırılması.

Giriş:

Bu tədqiqatın mövzusu SƏTƏM sistemlərində süni intellekt əsaslı risk qiymətləndirilməsi metodlarının tətbiqi və onların sənaye mühitində təhlükəsizlik səviyyəsinin artırılmasında rolunun elmi cəhətdən əsaslandırılmasıdır. Müasir istehsalat sahələrində risk amillərinin mürəkkəbləşməsi ənənəvi qiymətləndirmə üsullarının kifayət qədər effektiv olmamasına gətirib çıxarır və daha çevik, məlumat əsaslı yanaşmaların tətbiqini zəruri edir. SƏTƏM sistemləri işçilərin istehsalat prosesində

mexaniki zədələrdən, kimyəvi və bioloji təsirlərdən, yüksək temperatur, elektrik cərəyanı və digər təhlükəli amillərdən qorunmasını təmin edən kompleks idarəetmə mexanizmidir. Lakin təhlükəsizliyin təmin olunması yalnız normativ tələblərin yerinə yetirilməsi ilə məhdudlaşmır, eyni zamanda risklərin vaxtında aşkar edilməsi və onların proqnozlaşdırılması ilə birbaşa bağlıdır.

Tədqiqat hissəsi

SƏTƏM sistemlərində süni intellekt əsaslı risk qiymətləndirilməsi metodlarının tətbiqi üçün əsasən statistik məlumatların təhlili, maşın öyrənməsi alqoritmləri və ehtimal nəzəriyyəsinə əsaslanan modelləşdirmə yanaşmaları tətbiq olunur.

Metodoloji baza aşağıdakı üsulları əhatə edir:

SƏTƏM sistemlərində süni intellekt əsaslı risk qiymətləndirilməsi metodlarının tətbiqi üçün istifadə olunan metodoloji baza aşağıdakı üsulları əhatə edir:

- Maşın öyrənməsi modelləri – tarixi məlumatlar əsasında risklərin öyrənilməsi və proqnozlaşdırılması üçün istifadə olunur.

- Neyron şəbəkələr – mürəkkəb risk faktorları arasında qeyri-xətti asılılıqların aşkarlanması və analiz edilməsi üçün tətbiq edilir.

- Statistik analiz və ehtimal modelləri – risk hadisələrinin başvermə ehtimallarının qiymətləndirilməsi üçün istifadə olunur.

- Real vaxt sensor məlumatlarının emalı – istehsalat mühitində təhlükəli vəziyyətlərin operativ aşkarlanmasını təmin edir.

- Təsnifat və klasterləşdirmə alqoritmləri – risklərin kateqoriyalara ayrılması və oxşar risk qruplarının müəyyənləşdirilməsi üçün tətbiq edilir.

Təhlil və nəticələrin müzakirəsi

SƏTƏM (sağlamlıq, əməyin təhlükəsizliyi və ətraf mühit) sistemlərində risklərin idarə olunması istehsalat proseslərinin təhlükəsiz və dayanıqlı şəkildə təşkil edilməsinin əsas elmi-praktiki istiqamətlərindən biri kimi qəbul edilir. Bu sahənin nəzəri bazası təhlükələrin aşkar edilməsi, onların başvermə ehtimalının müəyyənləşdirilməsi və mümkün nəticələrin təsir dərəcəsinin qiymətləndirilməsi prinsiplərinə əsaslanır. Risk anlayışı ümumilikdə təhlükə mənbəyinin mövcudluğu, onun aktivləşmə ehtimalı və insanlara, texniki vasitələrə, eləcə də ətraf mühitə göstərə biləcəyi zərərin kompleks göstəricisi kimi izah olunur. Bu baxımdan risklərin idarə olunması yalnız mövcud təhlükələrin aradan qaldırılması ilə məhdudlaşmır, həm də potensial risklərin əvvəlcədən proqnozlaşdırılması və onların təsir gücünün minimuma endirilməsi prosesini əhatə edir [1]. Nəzəri yanaşmalar çərçivəsində risklərin idarə olunması ardıcıl və sistemli fəaliyyət kimi

nəzərdən keçirilir və bu fəaliyyət təhlükənin müəyyən edilməsi, riskin analizi, qiymətləndirilməsi, riskə nəzarət və idarəetmə tədbirlərinin həyata keçirilməsi mərhələlərindən ibarətdir. Bu mərhələlər bir-biri ilə sıx əlaqədə olmaqla ümumi təhlükəsizlik sisteminin formalaşmasına xidmət edir. Müasir SƏTƏM sistemlərində risklərin idarə olunması statik xarakter daşımır, əksinə, istehsalat şəraitinin dəyişməsi ilə paralel olaraq daim yenilənən və adaptasiya olunan dinamik bir proses kimi çıxış edir. Ənənəvi yanaşmalarda risklərin qiymətləndirilməsi əsasən ekspert rəyləri, statistik göstəricilər və normativ sənədlər əsasında həyata keçirilirdi. Lakin sənaye proseslərinin getdikcə mürəkkəbləşməsi, avtomatlaşdırma səviyyəsinin artması və insan faktorunun çoxsaylı dəyişənlərə bağlı olması bu metodların səmərəliliyini məhdudlaşdırmışdır. Bu səbəbdən müasir mərhələdə risklərin idarə olunmasında riyazi modellərə əsaslanan, məlumatların analitikasına söykənən və daha çevik yanaşmaların tətbiqi zəruri hala gəlmişdir. Risklərin nəzəri əsaslarında ehtimal nəzəriyyəsi və statistik analiz mühüm yer tutur. Bu yanaşmalar vasitəsilə təhlükə hadisələrinin başvermə tezliyi, onların paylanma xüsusiyyətləri və sistemə təsir dərəcəsi riyazi formada ifadə olunur. Eyni zamanda risklərin zaman üzrə dəyişməsinə təsvir etmək üçün stoxastik modellərdən istifadə edilir ki, bu da real istehsalat şəraitində baş verən dəyişkənliyi daha düzgün əks etdirməyə imkan verir. Beləliklə, həm qısa, həm də uzunmüddətli risklərin davranış dinamikası daha dəqiq analiz oluna bilər. SƏTƏM sistemlərinin nəzəri çərçivəsində insan amili də xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. İnsan səhvləri, diqqət yayınlığı, qeyri-kafi təlim səviyyəsi və psixoloji faktorlar bir çox hallarda risklərin əsas yaranma səbəblərindən biri kimi çıxış edir. Buna görə də müasir risk idarəetmə sistemləri yalnız texniki və statistik göstəriciləri deyil, həm də insan davranış modellərini nəzərə alaraq daha kompleks yanaşma tələb edir. Bundan başqa, risklərin idarə olunmasının nəzəri əsaslarına sistem yanaşması da daxildir. Bu yanaşmaya görə istehsalat mühiti bir-biri ilə qarşılıqlı əlaqədə olan çoxsaylı elementlərdən ibarət kompleks sistemdir və bu elementlərdən birində baş verən hər hansı dəyişiklik bütövlükdə sistemin təhlükəsizlik səviyyəsinə təsir göstərə

bilər. Buna görə də risklərin idarə olunması yalnız lokal səviyyədə deyil, ümumi sistem integrasiya olunmuş şəkildə qurulmasını tələb edir [4].

Süni intellekt əsaslı risk qiymətləndirilməsi metodları və alqoritmlər - SƏTƏM sistemlərində süni intellekt əsaslı risk qiymətləndirilməsi metodları müasir sənaye təhlükəsizliyi sahəsində ən sürətlə inkişaf edən və strateji əhəmiyyət daşıyan istiqamətlərdən biri kimi çıxış edir. Bu yanaşmaların əsas məqsədi istehsalat mühitində mövcud olan və ya gələcəkdə yarana biləcək təhlükələrin ənənəvi qiymətləndirmə üsulları ilə müqayisədə daha operativ, daha dəqiq və daha obyektiv şəkildə müəyyən edilməsidir. Süni intellekt texnologiyalarının üstünlüyü böyük həcmli, müxtəlif strukturda və qeyri-müəyyən xarakterli məlumatların emalını mümkün etməsidir ki, bu da risk qiymətləndirmə prosesini sabit və statik modeldən çıxararaq adaptiv və dinamik sistemə çevirir. Bu sahədə əsas yer tutan metodlardan biri maşın öyrənməsi (machine learning) alqoritmləridir. Bu alqoritmlər keçmiş istehsalat məlumatlarını analiz edərək risk faktorları arasında mövcud olan gizli asılılıqları müəyyən edir və gələcəkdə baş verə biləcək təhlükəli halların ehtimalını hesablayır. Xüsusilə nəzarətli (supervised) və nəzarətsiz (unsupervised) öyrənmə metodları risklərin həm proqnozlaşdırılması, həm də strukturlaşdırılması üçün geniş tətbiq sahəsinə malikdir. Təsnifat modelləri vasitəsilə risklərin səviyyələrə (aşağı, orta, yüksək və kritik) ayrılması mümkün olur ki, bu da idarəetmə qərarlarının daha məqsədyönlü verilməsinə şərait yaradır. Dərin öyrənmə (deep learning) və neyron şəbəkə modelləri isə daha mürəkkəb sistemlərdə qeyri-xətti və çoxölçülü əlaqələrin aşkarlanmasında mühüm rol oynayır. Bu modellər insan davranışı, texniki nasazlıqlar, ekoloji amillər və istehsalat yüklənməsi kimi müxtəlif faktorlar arasında gizli korrelyasiyaları üzə çıxarır. Xüsusilə görüntü emalı əsaslı sistemlərdə (computer vision) işçilərin fərdi mühafizə vasitələrindən istifadə etməməsi, təhlükəli zonalara daxil olması və ya normativ qaydaları pozması kimi halların avtomatik aşkarlanması SƏTƏM sahəsində real vaxt nəzarət imkanlarını əhəmiyyətli dərəcədə genişləndirir. Bununla yanaşı, ansambl öyrənmə metodları – qərar ağacları (decision tree), təsadüfi meşə (random forest) və gradient boosting kimi yanaşmalar risk

səviyyəsində həyata keçirilməlidir. Bu isə təhlükəsizlik idarəetməsinin daha geniş və qiymətləndirilməsində yüksək dəqiqlik və sabitlik təmin edir. Bu alqoritmlər müxtəlif risk faktorlarını birləşdirərək daha kompleks qərar mexanizmləri formalaşdırır və nəticələrin etibarlılıq səviyyəsini artırır. Eyni zamanda klasterləşdirmə metodları (K-means və s.) oxşar risk davranışlarının qruplaşdırılmasına imkan verir və müəssisə daxilində risk zonalarının və kritik sahələrin daha dəqiq müəyyən olunmasını təmin edir. Müasir SƏTƏM sistemlərində süni intellekt yalnız keçmiş məlumatların analizi ilə məhdudlaşmır, həm də real vaxt rejimində işləyən IoT cihazları və sensor şəbəkələri vasitəsilə davamlı monitoring funksiyasını yerinə yetirir. Temperatur, təzyiq, vibrasiya, qaz sızması, səs səviyyəsi və digər texniki parametrlər fasiləsiz izlənilir və sistemdə baş verən ən kiçik dəyişikliklər belə anomaliya kimi qeydə alınaraq risk səviyyəsinin avtomatik yenilənməsinə imkan yaradır. Bu isə preventiv (önləyici) təhlükəsizlik yanaşmasının formalaşmasına şərait yaradır. Əlavə olaraq, böyük verilənlər (Big Data) analitikası və bulud əsaslı hesablama texnologiyaları risk qiymətləndirmə sistemlərinin miqyaslanma bilməsini və daha geniş istehsalat şəbəkələrində tətbiqini mümkün edir. Bu yanaşmalar müxtəlif müəssisələrdən toplanan məlumatların integrasiyasına və ümumi risk xəritələrinin yaradılmasına imkan verir. Ümumilikdə, süni intellekt əsaslı risk qiymətləndirilməsi metodları SƏTƏM sahəsində yalnız texnoloji yenilik kimi deyil, həm də təhlükəsizlik idarəetmə fəlsəfəsində fundamental transformasiya kimi çıxış edir. Bu yanaşmalar insan subyektivliyindən asılılığı azaldır, qərarvermə prosesini daha məlumat əsaslı edir və sənaye müəssisələrində risklərin proaktiv şəkildə idarə olunmasını təmin edərək təhlükəsizlik səviyyəsinin yeni mərhələyə yüksəlməsinə şərait yaradır [7].

Bu yanaşmalar risklərin yalnız mövcud vəziyyətini deyil, həm də gələcək inkişaf istiqamətlərini qiymətləndirməyə şərait yaradır. Real vaxt yanaşmaları isə SƏTƏM sistemlərində risklərin idarə olunmasında daha operativ və effektiv mexanizm kimi çıxış edir. IoT əsaslı sensor şəbəkələri vasitəsilə temperatur, təzyiq, vibrasiya, qaz konsentrasiyası və digər kritik parametrlər fasiləsiz olaraq izlənilir və əldə olunan məlumatlar dərhal analiz edilir. Bu proses

nəticəsində anomaliyalar vaxtında aşkarlanır və risk səviyyəsi avtomatik olaraq yenilənir. Real vaxt emalı sistemləri istehsalat mühitində baş verə biləcək qəza hallarına qarşı qabaqlayıcı tədbirlərin görülməsinə imkan yaradır. Bundan əlavə, statistik və real vaxt yanaşmalarının inteqrasiyası risklərin daha kompleks və dəqiq modelləşdirilməsini təmin edir. Hibrid modellər vasitəsilə həm tarixi məlumatlar, həm də cari müşahidələr birləşdirilərək daha etibarlı nəticələr əldə edilir. Bu yanaşma SƏTƏM sistemlərində qərarvermə prosesinin sürətini artırır və insan amilindən asılılığı azaldaraq təhlükəsizlik idarəetməsini daha stabil və etibarlı hala gətirir.

SƏTƏM sistemlərində rəqəmsal transformasiya və ağıllı təhlükəsizlik monitorinqi - Müasir sənaye mühitində SƏTƏM sistemlərinin inkişafı rəqəmsal transformasiya prosesləri ilə birbaşa əlaqəlidir və bu transformasiya istehsalat təhlükəsizliyinin idarə olunmasında fundamental dəyişikliklərə səbəb olmuşdur. Rəqəmsal transformasiya dedikdə, ənənəvi kağız əsaslı, manual və reaktiv təhlükəsizlik idarəetmə mexanizmlərinin yerini tamamilə avtomatlaşdırılmış, məlumat əsaslı, süni intellektlə dəstəklənən və proaktiv sistemlərin tutması başa düşülür. Bu yanaşma SƏTƏM sahəsində risklərin daha erkən mərhələdə aşkarlanmasına, onların real vaxt rejimində izlənilməsinə, həmçinin qabaqlayıcı tədbirlərin avtomatik şəkildə həyata keçirilməsinə imkan yaradır. Rəqəmsallaşma nəticəsində müəssisələrdə təhlükəsizlik yalnız hadisədən sonra reaksiya vermək deyil, hadisə baş verməzdən əvvəl onu proqnozlaşdırmaq və qarşısını almaq prinsipinə əsaslanır. Ağıllı təhlükəsizlik monitorinqi sistemləri bu transformasiyanın əsas tərkib hissələrindən biri kimi çıxış edir və istehsalat mühitinin fasiləsiz nəzarətdə saxlanılmasını təmin edir. Bu sistemlər IoT (Internet of Things) cihazları, sənaye sensorları, ağıllı kameralar, RFID texnologiyaları və bulud əsaslı platformalar vasitəsilə istehsalat mühitindən davamlı olaraq məlumat toplayır və həmin məlumatları süni intellekt alqoritmləri ilə emal edir. [14]. Nəticədə temperatur, təzyiq, rütubət, qaz sızmaları, vibrasiya səviyyəsi, maşınların iş rejimi və insan hərəkətləri kimi çoxsaylı parametrlər real vaxt rejimində analiz olunur. Sistemlərdə yaranan ən kiçik anomaliya belə avtomatik signal mexanizmləri vasitəsilə aşkar edilir və risk

səviyyəsi dərhal yenilənir. Bu isə insan müdaxiləsini minimuma endirərək təhlükəsizlik qərarlarının daha sürətli, dəqiq və obyektiv qəbul olunmasını təmin edir. Rəqəmsal SƏTƏM sistemlərində böyük verilənlər (Big Data) analitikası xüsusi strateji əhəmiyyət daşıyır. Müxtəlif mənbələrdən toplanan strukturlaşdırılmış və strukturlaşdırılmamış məlumatlar – sensor axınları, video görüntülər, işçi davranış qeydləri, texniki nasazlıq tarixçələri və insident hesabatları – vahid platformada birləşdirilərək kompleks analiz olunur. Bu analiz nəticəsində risklərin davranış modelləri formalaşdırılır və istehsalat mühitində təhlükə yarada biləcək nümunələr (patterns) müəyyən edilir. Maşın öyrənməsi və dərin öyrənmə alqoritmləri bu məlumatlardan davamlı şəkildə öyrənərək zaman keçdikcə daha dəqiq proqnozlar verir və sistemin adaptivliyini artırır. Eyni zamanda prediktiv analitika vasitəsilə gələcəkdə baş verə biləcək qəza və insidentlərin ehtimalı əvvəlcədən hesablanır. Ağıllı monitorinq sistemlərinin mühüm istiqamətlərindən biri də video analitika və kompüter görmə (computer vision) texnologiyalarının tətbiqidir. Bu texnologiyalar vasitəsilə işçilərin fərdi mühafizə vasitələrindən (kaska, qoruyucu geyim, əlcək və s.) istifadə edib-etməməsi, təhlükəli zonalara icazəsiz girişlər, avadanlıqların düzgün istismar olunmaması, təhlükəsizlik baryerlərinin pozulması və digər normativ pozuntular avtomatik şəkildə aşkarlanır. Bundan əlavə, davranış analitikası vasitəsilə işçilərin hərəkət nümunələri izlənilir və riskli davranışlar erkən mərhələdə müəyyən edilir. Bu yanaşma insan faktorundan qaynaqlanan risklərin əhəmiyyətli hissəsini real vaxt rejimində nəzarət altına almağa imkan verir. Bundan əlavə, rəqəmsal transformasiya SƏTƏM sistemlərində qərar dəstək sistemlərinin (Decision Support Systems) inkişafına geniş imkanlar yaradır. Bu sistemlər toplanmış məlumatları inteqrasiya olunmuş şəkildə analiz edərək rəhbər heyətə risk səviyyələri, kritik zonalar, yüksək təhlükə potensialına malik sahələr və prioritet müdaxilə istiqamətləri haqqında vizuallaşdırılmış və strukturlaşdırılmış hesabatlar təqdim edir. Bu isə idarəetmənin daha elmi əsaslara söykənməsinə, insan subyektivliyinin azalmasına və strateji qərarların daha düzgün verilməsinə şərait yaradır. Bulud texnologiyaları

və kənar hesablama (edge computing) yanaşmaları SƏTƏM sistemlərinin miqyaslanmasını və real vaxt performansının artırılmasını təmin edir. Xüsusilə böyük sənaye müəssisələrində və çoxsaylı istehsalat sahələrinə malik şirkətlərdə bütün təhlükəsizlik məlumatlarının mərkəzləşdirilmiş platformada idarə olunması mümkün olur. Bu yanaşma müxtəlif coğrafi ərazilərdə yerləşən obyektlərin vahid təhlükəsizlik standartları əsasında monitorinqini təmin edir və operativ idarəetməni asanlaşdırır [11]. Ümumilikdə, SƏTƏM sistemlərində rəqəmsal transformasiya və ağıllı təhlükəsizlik monitorinqi sənaye təhlükəsizliyində köklü dəyişiklik yaradan innovativ yanaşmadır. Bu model yalnız risklərin erkən aşkarlanmasını təmin etmir, həm də proaktiv təhlükəsizlik mədəniyyətinin formalaşmasına şərait yaradır, insan amilindən asılılığı azaldır, qərarvermə prosesini optimallaşdırır və sənaye müəssisələrində daha dayanıqlı, etibarlı və təhlükəsiz iş mühitinin yaradılmasına xidmət edir.

Nəticələr

1. Aparılan araşdırmalar göstərir ki, SƏTƏM (sağlamlıq, əməyin təhlükəsizliyi və ətraf mühitin mühafizəsi) sistemlərində süni intellekt və rəqəmsal transformasiya texnologiyalarının tətbiqi risklərin daha erkən mərhələdə müəyyənəşdirilməsinə, onların yaranma ehtimalının elmi əsaslarla qiymətləndirilməsinə və potensial təhlükələrin daha operativ şəkildə aşkar edilməsinə geniş imkanlar yaradır. Bu yanaşma ənənəvi metodlarla müqayisədə daha yüksək dəqiqlik və etibarlılıq təmin edir, eyni zamanda insan amilindən qaynaqlanan subyektiv xətlərin azalmasına şərait yaradır. Nəticə etibarilə, risklərin idarə olunması prosesi daha sistemli, davamlı və ölçülə bilən xarakter alır.

2. Müasir SƏTƏM idarəetmə sistemlərində maşın öyrənməsi, dərin öyrənmə və Big Data analitikası kimi qabaqcıl texnoloji yanaşmaların tətbiqi istehsalat mühitində baş verə biləcək təhlükələrin yalnız aşkar edilməsi deyil, həm də onların əvvəlcədən proqnozlaşdırılması imkanlarını əhəmiyyətli dərəcədə gücləndirir. Bu texnologiyalar böyük həcmli məlumatların emalı və təhlili nəticəsində gizli nümunələrin və risk faktorlarının üzə çıxarılmasına şərait yaradır. Beləliklə, müəssisələrdə preventiv tədbirlərin

vaxtında görülməsi, qəza ehtimallarının minimuma endirilməsi və ümumi təhlükəsizlik səviyyəsinin yüksəldilməsi mümkün olur.

3. Real vaxt rejimində işləyən monitorinq sistemlərinin və IoT (Əşyaların İnterneti) əsaslı sensor şəbəkələrinin tətbiqi istehsalat və sənaye mühitində risklərin operativ şəkildə aşkarlanmasını təmin edir. Bu texnologiyalar vasitəsilə temperatur, təzyiq, qaz sızması, vibrasiya və digər kritik göstəricilər fasiləsiz olaraq izlənilir və normadan kənarlaşmalar dərhal sistemə signal verir. Nəticədə, qəza və insidentlərin baş vermə ehtimalı əhəmiyyətli dərəcədə azalır, həmçinin operativ müdaxilə imkanları genişlənilir və qərarvermə prosesi daha sürətli və effektiv olur.

4. SƏTƏM sistemlərində rəqəmsal texnologiyaların inteqrasiyası təhlükəsizlik idarəetmə yanaşmasını ənənəvi reaktiv modeldən daha müasir proaktiv və prediktiv modelə transformasiya edir. Bu dəyişiklik müəssisələrdə yalnız baş vermiş hadisələrə reaksiya vermək deyil, eyni zamanda potensial riskləri əvvəlcədən proqnozlaşdıraraq onların qarşısını almaq imkanı yaradır. Nəticədə, sənaye müəssisələrində daha etibarlı, dayanıqlı və davamlı inkişaf edən iş mühiti formalaşır, əməkdaşların təhlükəsizliyi isə daha yüksək səviyyədə təmin edilir.

ƏDƏBİYYAT SIYAHISI:

1. Beynəlxalq Standartlaşdırma Təşkilatı (ISO) tərəfindən hazırlanmış ISO 45001:2018 standartı əməyin sağlamlığı və təhlükəsizliyi idarəetmə sistemlərinə dair tələbləri və tətbiq üzrə rəhbər prinsipləri müəyyən edir. Occupational health and safety management systems — Requirements with guidance for use, Geneva, 2018.

2. Beynəlxalq Standartlaşdırma Təşkilatının ISO 31000:2018 sənədi risklərin idarə olunması sahəsində ümumi yanaşmaları, prinsipləri və sistemli risk qiymətləndirmə metodlarını əhatə edir. *Risk management — Guidelines*, Geneva, 2018.

3. Ətraf mühitin idarə olunması sahəsində geniş tətbiq edilən ISO 14001:2015 standartı müəssisələrdə ekoloji idarəetmə sistemlərinin qurulması və davamlı inkişaf prinsiplərini müəyyən edir. Environmental management systems — Requirements with guidance for use, Geneva, 2015.

4. Əliyev, R.H. tərəfindən hazırlanmış Sənaye təhlükəsizliyi və əməyin mühafizəsi adlı dərs vəsaiti sənaye müəssisələrində təhlükəsizlik qaydalarının nəzəri və praktiki əsaslarını sistemli şəkildə izah edir. Bakı, 2019.

5. Məmmədov, N.A. müəllifi olduğu Fövqəladə hallar və risklərin idarə olunması kitabında fəvqəladə vəziyyətlərin yaranma səbəbləri və onların idarə olunması metodları geniş şəkildə təhlil olunur. Bakı, 2020.

6. Həsənov, E.M. tərəfindən yazılmış Rəqəmsal iqtisadiyyat və Sənaye 4.0 texnologiyaları əsəri müasir sənaye transformasiyasında rəqəmsal texnologiyaların rolunu və tətbiq sahələrini araşdırır. Bakı, 2022.

7. Abbasov, A.M. tərəfindən təqdim olunan *Süni intellekt və informasiya sistemləri* kitabı süni intellekt texnologiyalarının nəzəri əsaslarını və tətbiq imkanlarını izah edir. Bakı, 2021.

8. Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti tərəfindən hazırlanmış Əməyin təhlükəsizliyi üzrə metodik göstərişlər. Bakı, 2018.

9. Goodfellow, I., Bengio, Y. və Courville, A. tərəfindən yazılmış Deep Learning kitabı dərin öyrənmə alqoritmlərinin nəzəri əsaslarını və tətbiq sahələrini əhatə edən fundamental elmi mənbədir. MIT Press, Cambridge, 2016.

10. Russell, S. və Norvig, P. müəlliflərinin Artificial Intelligence: A Modern Approach

kitabı süni intellekt sahəsində ən geniş istifadə olunan fundamental dərsliklərdən biri hesab olunur və müxtəlif AI metodlarını sistemli şəkildə izah edir. Pearson, 2020.

11. Məmmədli, A., & İsmayilov, E. A. (2023). Application of deep learning technologies in serious games. In *2023 5th International Conference on Problems of Cybernetics and Informatics (PCI 2023)*. <https://doi.org/10.1109/PCI60110.2023.10325961>

12. Zio, E. tərəfindən yazılmış "The future of risk assessment" adlı elmi məqalədə risk qiymətləndirməsinin gələcək inkişaf istiqamətləri və yeni yanaşmalar təhlil edilir. Reliability Engineering & System Safety, 2018.

13. Lee, J., Bagheri, B. və Kao, H.A. müəlliflərinin "Cyber-physical systems for Industry 4.0" Manufacturing Letters, 2015.

14. Wang, L., Törngren, M. və Onori, M. tərəfindən hazırlanan "Cyber-physical production systems" məqaləsində müasir istehsal sistemlərinin rəqəmsal inteqrasiyası və avtomatlaşdırılması məsələləri təhlil olunur. Journal of Manufacturing Systems, 2018.

15. Susto, G.A. və həmkarlarının "Machine learning for predictive systems in industry" adlı tədqiqatında sənaye mühitində proqnozlaşdırıcı sistemlər üçün maşın öyrənməsi metodlarının tətbiqi araşdırılır. IEEE, 2019.

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE-BASED RISK ASSESSMENT METHODS IN HSE MANAGEMENT SYSTEMS

Ziya Vugar HUSEYNZADE

Azerbaijan State Oil and Industry University, AZ1010, 34 Azadliq Avenue, Baku, Azerbaijan
E-mail: ziyahuseynzade0@gmail.com

Agashirin Simran GULIYEV

Azerbaijan State Oil and Industry University, AZ1010, 34 Azadliq Avenue, Baku, Azerbaijan
E-mail: emal1955@gmail.com

Abstract: Improving the level of safety in the industrial environment and minimizing occupational risks are considered key priorities of HSE systems. Under conditions of modern technological development, the increasing complexity of risks arising in industrial enterprises limits the effectiveness of traditional assessment methods and necessitates the application of innovative approaches. This article examines the use of artificial intelligence technologies in the identification and management of risks within HSE systems. The possibilities of applying machine learning algorithms, neural network models, and intelligent data processing methods for detecting hazardous situations and predicting potential accidents are analyzed. It is demonstrated that the

analysis of data obtained from sensor systems, surveillance cameras, and production indicators makes it possible to identify potentially dangerous situations in advance. It is noted that artificial intelligence-based systems contribute to reducing errors associated with the human factor, improving the efficiency of safety-related decision-making, and enhancing accident risk assessment processes. Within the framework of the study, traditional risk analysis methods were compared with intelligent models, emphasizing that artificial intelligence approaches provide greater accuracy and flexibility. In addition, the prospects for the broad application of these technologies in automating safety control at industrial facilities, detecting unsafe behavior, and ensuring early identification of emergency situations are discussed.

Keywords: HSE, artificial intelligence, risk assessment, machine learning, neural networks, safety monitoring, industrial safety, risk prediction.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ РИСКОВ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СИСТЕМАХ HSE (ЗДОРОВЬЕ, БЕЗОПАСНОСТЬ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ)

Зия Вюгар ГУСЕЙНЗАДЕ

Azerbaijan State Oil and Industry University, AZ1010, Азербайджан, г. Баку, пр. Азадлыг, 34

E-mail: ziyahuseynzade0@gmail.com

Агаширин Симран ГУЛИЕВ

Azerbaijan State Oil and Industry University, AZ1010, Азербайджан, г. Баку, пр. Азадлыг, 34

E-mail: email1955@gmail.com

Резюме: Повышение уровня безопасности производственной среды и минимизация профессиональных рисков являются одними из приоритетных направлений систем HSE. В условиях современного технологического развития усложнение рисков, возникающих на промышленных предприятиях, ограничивает возможности традиционных методов оценки и делает актуальным применение новых подходов. В статье исследовано использование технологий искусственного интеллекта в области выявления и управления рисками в системах HSE. Проанализированы возможности применения алгоритмов машинного обучения, моделей нейронных сетей и методов интеллектуальной обработки данных для обнаружения опасных ситуаций и прогнозирования возможных аварий. Показано, что анализ информации, полученной от сенсорных систем, камер наблюдения и производственных показателей, позволяет заранее выявлять потенциально опасные ситуации. Отмечено, что системы, основанные на искусственном интеллекте, способствуют снижению ошибок, связанных с человеческим фактором, повышению оперативности принятия решений в области безопасности и более эффективной оценке аварийных рисков. В рамках исследования проведено сравнение традиционных методов анализа рисков с интеллектуальными моделями, при этом подчеркнуто, что подходы на основе искусственного интеллекта обеспечивают более высокую точность и гибкость. Также рассмотрены перспективы широкого применения данных технологий для автоматизации контроля безопасности на промышленных объектах, выявления опасного поведения и раннего обнаружения чрезвычайных ситуаций.

Ключевые слова: HSE, искусственный интеллект, оценка рисков, машинное обучение, нейронные сети, мониторинг безопасности, промышленная безопасность, прогнозирование рисков.