

Süni intellekt texnologiyalarının ağıllı istehsal sistemlərində tətbiqi

Zəminə Əsgərova 

Xülasə. Müasir sənaye müəssisələrində rəqəmsal transformasiya istehsal proseslərinin təşkili, idarə olunması və optimallaşdırılması üçün yeni texnoloji imkanlar yaradır. Bu prosesdə süni intellekt texnologiyaları ağıllı istehsal sistemlərinin əsas komponentlərindən biri kimi çıxış edir. Maşın öyrənməsi, dərin öyrənmə, kompüter görməsi, intellektual robotlar və rəqəmsal əkiz texnologiyaları istehsal avadanlıqlarının vəziyyətinin monitorinqinə, məhsul keyfiyyətinin qiymətləndirilməsinə, texniki nasazlıqların əvvəlcədən müəyyən edilməsinə və resurslardan səmərəli istifadəyə imkan verir. Tədqiqatın məqsədi süni intellekt texnologiyalarının ağıllı istehsal sistemlərində tətbiq istiqamətlərini, onların əməliyyat səmərəliliyinə təsirini və tətbiq zamanı meydana çıxan əsas problemləri sistemləşdirməkdir. Tədqiqatda elmi ədəbiyyatın təhlili, müqayisəli yanaşma və konseptual ümumiləşdirmə metodlarından istifadə edilmişdir. Təhlil göstərir ki, süni intellekt istehsal proseslərinin avtomatlaşdırılması ilə yanaşı, məlumatlara əsaslanan qərarların qəbul edilməsini, proqnozlaşdırıcı texniki xidməti və istehsal sistemlərinin çevikliyini də gücləndirir. Bununla belə, məlumatların keyfiyyəti, sistemlərin integrasiyası, kibertəhlükəsizlik, ilkin investisiya xərcləri və alqoritmlərin izah olunma imkanları texnologiyanın geniş tətbiqini məhdudlaşdıran amillər olaraq qalır. Məqalədə süni intellektin sənaye müəssisələrində səmərəli tətbiqi üçün mərhələli rəqəmsallaşma, etibarlı məlumat infrastrukturunu və insan-maşın əməkdaşlığına əsaslanan yanaşma təklif edilir.

Açar sözlər: süni intellekt, ağıllı istehsal, maşın öyrənməsi, Sənaye 4.0, proqnozlaşdırıcı texniki xidmət, rəqəmsal əkiz, istehsalın optimallaşdırılması

Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti, fəlsəfə üzrə fəlsəfə doktoru, Bakı, Azərbaycan
E-poçt: zaminacahan2012@gmail.com

Daxil oldu: 27 Fevral 2026; Qəbul edildi: 19 İyun 2026; Onlayn dərc edildi: 22 Oktyabr 2026

© Müəllif(lər) 2026. Bu açıq girişli məqalə Creative Commons Attribution–NonCommercial 4.0 Beynəlxalq Lisenziyasının (CC BY-NC 4.0) şərtlərinə uyğun olaraq yayımlanmışdır.

Application of Artificial Intelligence Technologies in Smart Manufacturing Systems

Zamina Asgarova 

Abstract. Digital transformation in modern industrial enterprises creates new technological opportunities for organizing, managing, and optimizing production processes. In this context, artificial intelligence technologies serve as one of the key components of smart manufacturing systems. Machine learning, deep learning, computer vision, intelligent robots, and digital twin technologies enable the monitoring of production equipment, the assessment of product quality, the early detection of technical failures, and the efficient use of resources. The aim of this study is to systematize the application areas of artificial intelligence technologies in smart manufacturing systems, their impact on operational efficiency, and the main challenges encountered during their

implementation. The study employs scientific literature review, a comparative approach, and conceptual synthesis. The analysis indicates that artificial intelligence not only facilitates the automation of production processes but also strengthens data-driven decision-making, predictive maintenance, and the flexibility of manufacturing systems. Nevertheless, data quality, system integration, cybersecurity, initial investment costs, and the explainability of algorithms remain factors limiting the widespread adoption of these technologies. The article proposes a gradual digitalization strategy, reliable data infrastructure, and an approach based on human-machine collaboration to support the effective implementation of artificial intelligence in industrial enterprises.

Keywords: *artificial intelligence, smart manufacturing, machine learning, Industry 4.0, predictive maintenance, digital twin, production optimization*

Azerbaijan University of Architecture and Construction, PhD in Philosophy, Baku, Azerbaijan
E-mail: zaminacahan2012@gmail.com

Received: 27 February 2026; Accepted: 19 June 2026; Published online: 22 October 2026

© The Author(s) 2026. This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0).

Giriş

Sənaye sektorunda rəqabətin güclənməsi, məhsul çeşidinin genişlənməsi və istehlakçı tələblərinin dəyişməsi istehsal müəssisələrini daha çevik, səmərəli və dayanıqlı idarəetmə modellərinə keçməyə təşviq edir. Ənənəvi istehsal sistemləri əsasən əvvəlcədən müəyyən edilmiş əməliyyat ardıcılığına və insan tərəfindən idarə olunan nəzarət mexanizmlərinə əsaslandığı halda, müasir ağıllı istehsal sistemləri real vaxt məlumatlarının toplanması, təhlili və həmin məlumatlar əsasında qərarların formalaşdırılması ilə səciyyələnir. Bu transformasiyanın əsas texnoloji istiqamətlərindən biri süni intellektin sənaye proseslərinə inteqrasiyasıdır.

Süni intellekt kompüter sistemlərinin məlumatlardan öyrənmək, müəyyən nümunələri aşkar etmək, nəticələri proqnozlaşdırmaq və konkret məqsədlərə uyğun qərarların hazırlanmasına kömək etmək imkanlarını əhatə edir. İstehsal sahəsində bu imkanlardan avadanlıqların texniki vəziyyətinin qiymətləndirilməsi, qüsurların müəyyənəşdirilməsi, istehsal qrafiklərinin optimallaşdırılması və təchizat zəncirinin idarə olunması kimi müxtəlif istiqamətlərdə istifadə edilir. Tercan və Meisen (2022) tərəfindən aparılan sistematik icmal maşın öyrənməsi və dərin öyrənmə metodlarının istehsalda proqnozlaşdırıcı keyfiyyət təminatı üçün əhəmiyyətini göstərir.

Ağıllı istehsalın inkişafı yalnız ayrı-ayrı əməliyyatların avtomatlaşdırılması ilə məhdudlaşmır. Əsas məqsəd avadanlıqlar, istehsal xətləri, informasiya sistemləri və insan resursları arasında məlumat mübadiləsinin gücləndirmək, istehsalın ümumi vəziyyəti haqqında daha dolğun təsəvvür yaratmaqdır. Süni intellekt bu sistemlərdə müxtəlif mənbələrdən əldə olunan məlumatların təhlilinə və əməliyyatların daha əsaslandırılmış şəkildə idarə edilməsinə şərait yaradır. Müasir tədqiqatlarda onun istehsalın planlaşdırılması, proseslərin optimallaşdırılması, keyfiyyətə nəzarət, texniki xidmət və avtomatlaşdırılmış yığım sahələrində tətbiqi xüsusi qeyd edilir (Balayev və b., 2022).

Mövzunun aktuallığı sənaye müəssisələrinin məhsuldarlığı artırmaq, istehsal itkilərini azaltmaq və dəyişən bazar tələblərinə daha sürətli uyğunlaşmaq ehtiyacı ilə bağlıdır. Bununla yanaşı, süni intellektin tətbiqi yalnız texniki imkanların mövcudluğundan asılı deyil. Məlumatların etibarlılığı, kadrların rəqəmsal bacarıqları, sistemlərin qarşılıqlı uyğunluğu və təhlükəsizlik tələbləri də mühüm əhəmiyyət daşıyır.

Tədqiqatın məqsədi süni intellekt texnologiyalarının ağıllı istehsal sistemlərində tətbiq imkanlarını və əsas funksional istiqamətlərini müəyyənləşdirmək, onların potensial üstünlüklərini və tətbiq məhdudiyyətlərini elmi ədəbiyyat əsasında təhlil etməkdir.

Bu məqsədə uyğun olaraq aşağıdakı vəzifələr müəyyən edilmişdir:

- ağıllı istehsal sistemlərinin texnoloji xüsusiyyətlərini izah etmək;
- süni intellektin əsas tətbiq istiqamətlərini sistemləşdirmək;
- istehsalın səmərəliliyi və məhsul keyfiyyətinə mümkün təsirləri qiymətləndirmək;
- texnologiyanın tətbiqi zamanı meydana çıxan texniki, iqtisadi və təşkilati problemləri müəyyənləşdirmək;
- sənaye müəssisələri üçün tətbiqə dair praktik tövsiyələr hazırlamaq.

Metodlar

1. Tədqiqatın metodoloji əsasları

Süni intellekt texnologiyalarının ağıllı istehsal sistemlərində tətbiqinin araşdırılması kompleks metodoloji yanaşma tələb edir. Bu, həmin texnologiyaların yalnız texniki xüsusiyyətlərinin deyil, eyni zamanda istehsal proseslərinin idarə edilməsinə, məhsul keyfiyyətinə, resurslardan istifadəyə, texniki xidmətə və müəssisələrin ümumi fəaliyyətinə təsirinin öyrənilməsi ilə əlaqədardır. Tədqiqatın metodoloji əsasını ağıllı istehsal sistemləri, Sənaye 4.0, maşın öyrənməsi, dərin öyrənmə, kompüter görməsi və rəqəmsal əkizlər üzrə elmi ədəbiyyatın təhlili təşkil edir (Carvalho et al., 2019).

Araşdırmada nəzəri və analitik metodlardan istifadə edilmişdir. Bu metodlar süni intellektin istehsal proseslərində tətbiq imkanlarını müəyyənləşdirməyə, müxtəlif texnoloji həllərin funksional xüsusiyyətlərini müqayisə etməyə, onların üstünlüklərini və məhdudiyyətlərini sistemləşdirməyə imkan verir. Tədqiqatın əsas istiqamətləri istehsal proseslərinin optimallaşdırılması, avadanlıqların texniki vəziyyətinin proqnozlaşdırılması, məhsul keyfiyyətinə nəzarət, robotlaşdırma və resursların idarə edilməsidir.

Metodoloji yanaşmanın seçilməsində tədqiqatın məqsədi əsas götürülmüşdür. Məqalənin məqsədi konkret müəssisədə süni intellekt sisteminin sınaqdan keçirilməsi deyil, mövcud elmi bilikləri təhlil etmək və onların əsasında ağıllı istehsalda süni intellektin tətbiq istiqamətlərini ümumiləşdirməkdir. Buna görə tədqiqatda sistemli ədəbiyyat təhlili, təsviri təhlil, müqayisəli təhlil, təsnifat, konseptual ümumiləşdirmə və analitik qiymətləndirmə metodları əsas yer tutur (Dalzochio et al., 2020).

2. Elmi ədəbiyyatın təhlili metodu

Elmi ədəbiyyatın təhlili tədqiqatın əsas metodlarından biri kimi seçilmişdir. Bu metod süni intellekt texnologiyalarının sənaye müəssisələrində tətbiqi ilə bağlı mövcud nəzəri yanaşmaların, elmi nəticələrin və texnoloji inkişaf istiqamətlərinin öyrənilməsini nəzərdə tutur. Ədəbiyyat təhlili vasitəsilə ağıllı istehsal sistemlərinin formalaşmasında süni intellektin rolu, onun tətbiq sahələri və bu sahədə mövcud problemlər haqqında məlumatlar ümumiləşdirilmişdir.

Mənbələrin müəyyənləşdirilməsi zamanı süni intellekt, ağıllı istehsal, Sənaye 4.0, maşın öyrənməsi, proqnozlaşdırıcı texniki xidmət, avtomatlaşdırılmış keyfiyyət nəzarəti və rəqəmsal əkizlər mövzularına diqqət yetirilmişdir. Elmi jurnallarda dərc olunan məqalələr, sistematik icmalar və istehsal texnologiyalarına dair tədqiqatlar əsas məlumat mənbələri kimi nəzərdə tutulmuşdur. Mənbələrin seçilməsi zamanı mövzuya uyğunluq, elmi əsaslandırma və araşdırılan texnologiyaların istehsal prosesləri ilə əlaqəsi nəzərə alınmışdır.

Ədəbiyyatın təhlili zamanı ayrı-ayrı müəlliflərin yanaşmaları müqayisə edilmiş, müxtəlif istehsal sahələrində süni intellektin tətbiq xüsusiyyətləri müəyyənləşdirilmişdir. Xüsusilə, maşın

öyrənməsinin istehsal keyfiyyətinin proqnozlaşdırılmasında rolu, kompüter görməsinin qüsurların aşkarlanmasına təsiri və rəqəmsal əkizlərin istehsal sistemlərinin monitorinqində imkanları araşdırılmışdır.

Bu metodun tətbiqi nəticəsində süni intellektin ağıllı istehsalda əsas funksional istiqamətlərini əhatə edən nəzəri baza formalaşdırılmışdır. Bununla belə, ədəbiyyat təhlilindən əldə edilən nəticələr mənbələrin əhatə dairəsindən və elmi tədqiqatlarda istifadə olunan yanaşmalardan asılıdır. Buna görə müxtəlif tədqiqatların nəticələri müqayisə edilərkən onların istehsal şəraiti, istifadə edilən məlumatlar və qiymətləndirmə meyarları da nəzərə alınmalıdır (Frank et al., 2019).

3. Təsviri təhlil metodu

Təsviri təhlil metodu süni intellekt texnologiyalarının mahiyyətini, funksiyalarını və ağıllı istehsal sistemlərində istifadə mexanizmlərini izah etmək üçün tətbiq edilmişdir. Bu metod araşdırılan texnologiyaların əsas xüsusiyyətlərini sistemli şəkildə təqdim etməyə və onların istehsal proseslərində hansı məqsədlərlə istifadə olunduğunu aydınlaşdırmağa imkan verir.

Təsviri təhlil çərçivəsində maşın öyrənməsi, dərin öyrənmə, kompüter görməsi və rəqəmsal əkizlər kimi texnologiyaların istehsal prosesləri ilə əlaqəsi nəzərdən keçirilmişdir. Maşın öyrənməsi istehsal məlumatlarından qanunauyğunluqların müəyyənəşdirilməsi və gələcək göstəricilərin proqnozlaşdırılması üçün istifadə olunan yanaşma kimi təhlil edilmişdir. Dərin öyrənmə mürəkkəb məlumat nümunələrinin, xüsusilə təsvirlərin və sensor siqnallarının emalı baxımından qiymətləndirilmişdir. Kompüter görməsinin əsas funksiyası məhsulların vizual yoxlanılması və qüsurların müəyyənəşdirilməsi ilə əlaqələndirilmişdir (Wuest et al., 2016).

Bununla yanaşı, ağıllı istehsal sistemlərində məlumatların toplanması, emalı və qərarvermə prosesləri arasındakı əlaqə izah edilmişdir. Sensorlardan əldə edilən məlumatların süni intellekt modelləri vasitəsilə təhlili avadanlığın texniki vəziyyətinin qiymətləndirilməsinə, istehsal prosesindəki kənarlaşmaların aşkar edilməsinə və əməliyyatların təkmilləşdirilməsinə imkan yaradır.

Təsviri təhlil metodu vasitəsilə süni intellektin yalnız istehsal əməliyyatlarının avtomatlaşdırılmasına xidmət etmədiyi, eyni zamanda istehsal proseslərinin müşahidəsi, proqnozlaşdırılması və idarə edilməsində mühüm rol oynadığı əsaslandırılmışdır. Bu yanaşma məqalənin digər bölmələrində aparılan müqayisəli və konseptual təhlil üçün nəzəri zəmin yaratmışdır (Heng et al., 2009).

4. Müqayisəli təhlil metodu

Müqayisəli təhlil metodu ağıllı istehsal sistemlərində istifadə edilən müxtəlif süni intellekt texnologiyalarının imkanlarını və məhdudiyyətlərini müəyyənəşdirmək məqsədilə tətbiq edilmişdir. Bu metod ayrı-ayrı texnologiyaların funksional xüsusiyyətlərini, tətbiq məqsədlərini və istehsal proseslərinə mümkün təsirlərini qarşılaşdırmağa imkan verir.

Tədqiqat çərçivəsində ənənəvi avtomatlaşdırma sistemləri ilə süni intellektlə gücləndirilmiş istehsal sistemləri arasında konseptual müqayisə aparılmışdır. Ənənəvi avtomatlaşdırma sistemləri əsasən əvvəlcədən müəyyən edilmiş qaydalara və idarəetmə parametrlərinə əsaslandığı halda, süni intellekt sistemləri kifayət qədər keyfiyyətli məlumat olduqda mürəkkəb nümunələri öyrənmək, dəyişiklikləri müəyyənəşdirmək və proqnozlar hazırlamaq imkanına malikdir. Bununla belə, süni intellektin tətbiqi ənənəvi idarəetmə mexanizmlərinin tamamilə aradan qaldırılmasını tələb etmir. Əksinə, bu texnologiyalar mövcud sistemləri tamamlayaraq qərarvermənin keyfiyyətini yüksəldə bilər.

Müqayisə zamanı süni intellektin müxtəlif tətbiq sahələri də nəzərdən keçirilmişdir. Proqnozlaşdırıcı texniki xidmət avadanlığının vəziyyətinin əvvəlcədən qiymətləndirilməsinə, kompüter görməsi məhsul qüsurlarının aşkarlanmasına, optimallaşdırma alqoritmləri istehsal qrafiklərinin və resurs bölgüsünün

təkmilləşdirilməsinə, rəqəmsal əkizlər isə istehsal proseslərinin rəqəmsal modellər vasitəsilə araşdırılmasına xidmət edir (Kagermann et al., 2013).

Texnologiyaların müqayisəsində məlumat tələbləri, tətbiq mürəkkəbliyi, nəticələrin qiymətləndirilməsi, real vaxt rejimində işləmə imkanları və insan nəzarətinə ehtiyac kimi meyarlar nəzərə alınmışdır. Məsələn, kompüter görməsi üçün keyfiyyətli təsvirlər və uyğun işıqlandırma vacib olduğu halda, proqnozlaşdırıcı texniki xidmət üçün sensor göstəricilərinin ardıcıl toplanması və avadanlığın əvvəlki iş rejimi haqqında məlumatların mövcudluğu mühüm əhəmiyyət daşıyır.

Müqayisəli təhlilin nəticələri göstərir ki, bütün istehsal müəssisələri üçün eyni texnologiyanın seçilməsi məqsəduyğun deyil. Texnologiyanın səmərəliliyi müəssisənin fəaliyyət sahəsi, istehsal prosesinin mürəkkəbliyi, mövcud məlumat infrastrukturu və həll edilməli olan problemdən asılıdır.

5. Təsnifat metodu

Təsnifat metodu süni intellektin ağıllı istehsal sistemlərində tətbiq istiqamətlərini funksional xüsusiyyətlərinə görə qruplaşdırmaq üçün istifadə edilmişdir. Bu metod geniş və çoxşaxəli mövzunun ayrı-ayrı istiqamətlər üzrə sistemləşdirilməsinə və hər bir istiqamətin istehsal prosesindəki rolunun müəyyənləşdirilməsinə imkan verir.

Tədqiqat çərçivəsində süni intellektin tətbiq sahələri altı əsas qrupa ayrılmışdır: proqnozlaşdırıcı texniki xidmət, məhsul keyfiyyətinə nəzarət, istehsal proseslərinin optimallaşdırılması, robotlaşdırma və insan-robot əməkdaşlığı, rəqəmsal əkizlər və resursların idarə edilməsi (Kusiak, 2018).

Proqnozlaşdırıcı texniki xidmət avadanlığın texniki vəziyyətinin izlənilməsi və mümkün nasazlıqların əvvəlcədən müəyyənləşdirilməsi ilə əlaqələndirilmişdir. Keyfiyyətə nəzarət məhsullarda qüsurların aşkarlanması və istehsal standartlarına uyğunluğun qiymətləndirilməsi istiqamətini əhatə edir. İstehsalın optimallaşdırılması resursların bölgüsü, sifarişlərin ardıcılığı və əməliyyat qrafiklərinin təkmilləşdirilməsi ilə bağlıdır. Robotlaşdırma fiziki əməliyyatların avtomatlaşdırılmasını və robotların dəyişən şəraitə uyğunlaşmasını, rəqəmsal əkizlər fiziki sistemlərin rəqəmsal modelləşdirilməsini, resursların idarə edilməsi isə material, enerji və ehtiyatların səmərəli istifadəsini əhatə edir.

Bu təsnifatın əsas üstünlüyü müxtəlif texnologiyaların funksional məqsədlərini bir-birindən fərqləndirməklə yanaşı, onların qarşılıqlı əlaqəsini də nəzərə almasıdır. Məsələn, rəqəmsal əkizlər proqnozlaşdırıcı texniki xidmət modelləri ilə birləşdirildikdə avadanlığın vəziyyətini daha əhatəli qiymətləndirmək üçün istifadə oluna bilər. Eyni zamanda, kompüter görməsi və istehsal məlumatlarının analitikası məhsul keyfiyyətinin idarə edilməsində bir-birini tamamlayan vasitələr kimi çıxış edə bilər.

Beləliklə, təsnifat metodu süni intellekt texnologiyalarının istehsalda tətbiqinin vahid sistem daxilində öyrənilməsinə və onların müəssisənin müxtəlif funksional sahələri üzrə əhəmiyyətinin müəyyənləşdirilməsinə şərait yaratmışdır.

6. Konseptual ümumiləşdirmə metodu

Konseptual ümumiləşdirmə metodu elmi ədəbiyyatın təhlili və müqayisəsi nəticəsində əldə edilən məlumatları vahid nəzəri yanaşma çərçivəsində birləşdirmək üçün tətbiq edilmişdir. Bu metod ayrı-ayrı tədqiqatlarda irəli sürülən fikirləri əlaqələndirməyə, ortaq tendensiyləri müəyyənləşdirməyə və süni intellektin ağıllı istehsal sistemlərində ümumi rolunu izah etməyə imkan verir.

Ümumiləşdirmə zamanı süni intellektin istehsal sistemlərində üç əsas funksional istiqaməti fərqləndirilmişdir. Birinci istiqamət istehsal proseslərinin monitorinqi və diaqnostikasıdır. Bu istiqamətdə məlumatlar emal edilir, avadanlığın cari vəziyyəti qiymətləndirilir və mümkün

kənarlaşmalar müəyyənəşdirilir. İkinci istiqamət proqnozlaşdırmadır. Burada mövcud və tarixi məlumatlardan istifadə etməklə nasazlıqlar, keyfiyyət göstəriciləri və istehsal ehtiyacları haqqında ehtimallar formalaşdırılır. Üçüncü istiqamət qərarların dəstəklənməsi və optimallaşdırılmasıdır. Bu mərhələdə analitik nəticələr istehsal qrafiklərinin, texniki xidmət planlarının və resurs bölgüsünün təkmilləşdirilməsinə xidmət edir.

Bu funksional istiqamətlər bir-birindən təcrid olunmuş şəkildə deyil, qarşılıqlı əlaqədə fəaliyyət göstərə bilər. Məsələn, avadanlıqdan əldə edilən sensor məlumatları əvvəlcə monitorinq məqsədilə təhlil edilir, sonra mümkün nasazlıq proqnozlaşdırılır və sonda texniki xidmətin vaxtı müəyyənəşdirilir. Beləliklə, süni intellekt istehsal prosesində məlumatların toplanmasından idarəetmə qərarlarının hazırlanmasına qədər uzanan ardıcıl analitik prosesin bir hissəsinə çevrilir.

Konseptual ümumiləşdirmə əsasında müəyyən edilmişdir ki, süni intellektin ağıllı istehsalda səmərəli istifadəsi texnoloji imkanlarla yanaşı, məlumatların keyfiyyəti, sistemlərin inteqrasiyası, insan nəzarəti və təhlükəsizlik mexanizmlərinin uzlaşdırılmasını tələb edir. Bu nəticə məqalənin tövsiyələrinin formalaşdırılması üçün əsas olmuşdur (Lasi, Fettke, Kemper, Feld, & Hoffmann, 2014).

7. Analitik qiymətləndirmə metodu

Analitik qiymətləndirmə metodu süni intellekt texnologiyalarının istehsal sistemlərində tətbiqi ilə əlaqədar potensial faydaları və riskləri sistemli şəkildə nəzərdən keçirmək üçün istifadə edilmişdir. Bu metod texnologiyanın yalnız müsbət tərəflərini deyil, onun tətbiqinə mane ola biləcək texniki, iqtisadi və təşkilati amilləri də qiymətləndirməyə imkan verir.

Tədqiqatda potensial faydalar məhsuldarlığın yüksəldilməsi, istehsal dayanma müddətinin azaldılması, qüsurların erkən aşkarlanması, enerji və material sərfiyyatının optimallaşdırılması, texniki xidmətin daha səmərəli planlaşdırılması və qərarvermənin təkmilləşdirilməsi istiqamətləri üzrə təhlil edilmişdir. Bu faydaların reallaşması müəssisənin texnoloji hazırlığından, istifadə olunan modelin keyfiyyətindən və istehsal prosesinin xüsusiyyətlərindən asılı olaraq dəyişə bilər.

Risqlərin qiymətləndirilməsi zamanı məlumat çatışmazlığı, sensor xətalrı, model nəticələrinin qeyri-dəqiqliyi, kibertəhlükəsizlik təhdidləri, ilkin investisiya xərcləri və ixtisaslı kadrların çatışmazlığı nəzərə alınmışdır. Həmçinin süni intellekt modelinin nəticələrinə həddindən artıq etibar edilməsinin istehsal və təhlükəsizlik baxımından yarada biləcəyi problemlər diqqətə alınmışdır.

Analitik qiymətləndirmənin mühüm prinsipi potensial üstünlükləri avtomatik olaraq əldə edilmiş nəticələr kimi təqdim etməməkdir. Məsələn, süni intellektin texniki nasazlıqların sayını azaltdığını müəyyən etmək üçün tətbiqdən əvvəlki və sonrakı göstəricilər müqayisə edilməli, eyni zamanda istehsal həcmi və avadanlığın iş şəraiti kimi amillər nəzərə alınmalıdır. Eyni qayda məhsul keyfiyyəti, enerji sərfiyyatı və iqtisadi səmərəlilik göstəricilərinə də aiddir.

Bu metodun tətbiqi nəticəsində süni intellektin ağıllı istehsal sistemlərində istifadəsinin texnoloji imkanlarla yanaşı, idarəetmə, təhlükəsizlik və iqtisadi əsaslandırma məsələlərini də əhatə etdiyi müəyyənəşdirilmişdir (Lee et al., 2015).

8. Tədqiqatın məhdudiyyətləri

Tədqiqatın metodoloji məhdudiyyətləri də nəzərə alınmalıdır. Məqalə nəzəri və analitik xarakter daşıdığı üçün konkret sənaye müəssisəsindən ilkin məlumatlar toplanmamış, istehsal avadanlıqları üzərində eksperiment aparılmamış və süni intellekt modellərinin performansını praktiki sınaqlarla ölçülməmişdir. Buna görə məqalədə göstərilən üstünlüklər elmi ədəbiyyatda müzakirə olunan potensial imkanlar və nəzəri ümumiləşdirmələr kimi qiymətləndirilməlidir.

Digər məhdudiyyət müxtəlif tədqiqatların fərqli sənaye sahələrini, məlumat dəstlərini və qiymətləndirmə meyarlarını əhatə etməsi ilə bağlıdır. Bir istehsal mühitində səmərəli hesab olunan texnologiya digər müəssisədə eyni nəticəni verməyə bilər. Bu səbəbdən nəticələrin bütün sənaye sahələrinə eyni şəkildə şamil edilməsi məqsəduyğun deyil.

Gələcək tədqiqatlarda konkret müəssisələrin məlumatlarından istifadə etməklə süni intellekt modellərinin müqayisəli sınaqlarının aparılması, tətbiqdən əvvəlki və sonrakı istehsal göstəricilərinin qiymətləndirilməsi və texnologiyanın iqtisadi səmərəliliyinin ölçülməsi tövsiyə olunur. Belə yanaşma nəzəri nəticələrin praktiki sübutlarla tamamlanmasına və ağıllı istehsal sistemlərində süni intellektin tətbiqi üçün daha dəqiq metodoloji çərçivənin formalaşdırılmasına imkan verə bilər.

Nəticələr

Aparılmış nəzəri təhlil süni intellekt texnologiyalarının ağıllı istehsal sistemlərinin inkişafında mühüm rol oynadığını göstərir. Elmi ədəbiyyatın araşdırılması və müxtəlif tətbiq istiqamətlərinin müqayisəsi əsasında müəyyən edilmişdir ki, süni intellekt istehsal proseslərinin avtomatlaşdırılması, istehsal məlumatlarının operativ təhlili, avadanlıqların texniki vəziyyətinin qiymətləndirilməsi və resurslardan istifadənin optimallaşdırılması üçün geniş imkanlar yaradır. Bu texnologiyaların tətbiqi istehsal sistemlərinin yalnız cari vəziyyətini izləməyə deyil, eyni zamanda mümkün dəyişiklikləri proqnozlaşdırmağa və idarəetmə qərarlarını təkmilləşdirməyə şərait yaradır.

Tədqiqatın nəticələri göstərir ki, süni intellektin ağıllı istehsalda tətbiqini bir neçə əsas istiqamət üzrə ümumiləşdirmək mümkündür. Bu istiqamətlər proqnozlaşdırıcı texniki xidmət, avtomatlaşdırılmış keyfiyyət nəzarət, istehsal proseslərinin optimallaşdırılması, robotlaşdırma, rəqəmsal əkizlərin tətbiqi və resursların idarə edilməsidir. Hər bir istiqamət istehsalın müəyyən probleminin həllinə yönəlsə də, onların integrasiyası müəssisənin ümumi idarəetmə imkanlarını genişləndirə bilər (Lei et al., 2018).

Proqnozlaşdırıcı texniki xidmətin əhəmiyyətinin müəyyən edilməsi

Təhlil nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, proqnozlaşdırıcı texniki xidmət ağıllı istehsal sistemlərində süni intellektin ən mühüm tətbiq istiqamətlərindən biridir. Sensorlardan əldə olunan temperatur, vibrasiya, təzyiq və enerji sərfiyyatı göstəricilərinin təhlili avadanlığın texniki vəziyyətindəki dəyişiklikləri vaxtında aşkar etməyə imkan verə bilər. Bu məlumatlar əsasında qurulan maşın öyrənməsi modelləri mümkün nasazlıq əlamətlərini müəyyənləşdirərək texniki xidmətin daha məqsədyönlü planlaşdırılmasını dəstəkləyir.

Ənənəvi texniki xidmət yanaşmalarında avadanlığın yoxlanılması çox vaxt əvvəlcədən müəyyən edilmiş vaxt intervallarına və ya nasazlıq baş verdikdən sonrakı müdaxiləyə əsaslanır. Proqnozlaşdırıcı yanaşma isə texniki vəziyyət barədə real vaxt məlumatlarından istifadə etməklə xidmət ehtiyacının daha çevik qiymətləndirilməsinə şərait yaradır. Bununla belə, proqnozların dəqiqliyi məlumatların keyfiyyətindən, avadanlığın iş rejimindən və modelin düzgün hazırlanmasından asılıdır (Lu, 2017).

Beləliklə, nəzəri təhlil proqnozlaşdırıcı texniki xidmətin istehsal dayanma risklərinin idarə edilməsində və texniki resursların planlaşdırılmasında potensial əhəmiyyətini ortaya qoyur. Bu üstünlüklərin konkret müəssisədə hansı səviyyədə reallaşması isə praktiki ölçmələr vasitəsilə müəyyən edilməlidir.

Məhsul keyfiyyətinə nəzarətdə süni intellektin imkanları

Araşdırmanın digər nəticəsi süni intellektin məhsul keyfiyyətinin qiymətləndirilməsi prosesində əhəmiyyətli imkanlara malik olmasıdır. Kompüter görməsi və dərin öyrənmə texnologiyaları

məhsulların təsvirlərini təhlil etməklə səth qüsurlarını, ölçü uyğunsuzluqlarını, rəng fərqlərini və digər vizual kənarlaşmaları müəyyənləşdirmək üçün istifadə oluna bilər.

Avtomatlaşdırılmış keyfiyyət nəzarəti xüsusilə istehsal xəttində çoxsaylı məhsulların qısa müddətdə yoxlanılması tələb olunduqda əhəmiyyət qazanır. Süni intellekt sistemləri işçilərin vizual yoxlamasını tamamilə əvəz etmədən, şübhəli məhsulların seçilməsi və əlavə yoxlamaya yönləndirilməsi prosesini dəstəkləyə bilər. Bu yanaşma keyfiyyətə nəzarətin ardıcılığını yaxşılaşdırmaq və insan amili ilə bağlı bəzi dəyişkənlikləri azaltmaq üçün potensial imkan yaradır (Zhong et al., 2017).

Bununla yanaşı, modelin effektivliyi təlim məlumatlarının reprezentativliyindən, qüsurların nümunələrinin müxtəlifliyindən, görüntülərin keyfiyyətindən və istehsal şəraitinin sabitliyindən asılıdır. Buna görə süni intellekt əsasında aparılan keyfiyyət yoxlamasının nəticələri müstəqil sınaqlar və mövcud keyfiyyət standartları əsasında yoxlanılmalıdır.

İstehsal proseslərinin optimallaşdırılması imkanları

Tədqiqatın nəticələri göstərir ki, süni intellekt istehsalın planlaşdırılması və idarə olunmasında məlumatlara əsaslanan qərarların qəbul edilməsini dəstəkləyə bilər. İstehsal qrafikləri, avadanlıqların yüklənməsi, xammal ehtiyatları və sifarişlərin icra müddətləri haqqında məlumatların birgə təhlili əməliyyatların ardıcılığını və resurs bölgüsünü təkmilləşdirmək üçün istifadə oluna bilər.

İstehsal proseslərinin optimallaşdırılması zamanı yalnız məhsuldarlığın artırılması deyil, eyni zamanda keyfiyyət, enerji sərfiyyatı, çatdırılma müddəti və istehsal xərcləri də nəzərə alınmalıdır. Bu göstəricilər arasında mümkün ziddiyyətlər çoxmeyarlı qərarvermə yanaşmasını zəruri edir. Məsələn, istehsal sürətinin artırılması müəyyən şəraitdə enerji istehlakının yüksəlməsinə və ya məhsul qüsurlarının çoxalmasına səbəb ola bilər. Süni intellektlə birləşdirilmiş optimallaşdırma üsulları belə qarşılıqlı təsirlərin təhlilinə kömək edə bilər (Mahmudova, 2025).

Nəticə etibarilə, süni intellektin istehsal planlaşdırılmasında tətbiqi resurslardan istifadənin yaxşılaşdırılması və dəyişən sifarişlərə uyğunlaşma imkanlarını genişləndirir. Lakin bu imkanların reallaşması üçün müəssisənin informasiya sistemləri arasında məlumat mübadiləsinin təmin edilməsi və istifadə olunan modellərin real istehsal şəraitinə uyğunlaşdırılması vacibdir.

Robotlaşdırma və rəqəmsal əkizlərin istehsalda rolu

Nəzəri təhlil göstərir ki, süni intellektin robotlaşdırma ilə birləşdirilməsi istehsal proseslərində çevikliyi və avtomatlaşdırma imkanlarını artırır. Kompüter görməsi və intellektual idarəetmə alqoritmləri robotların obyektləri tanımasına, əməliyyatların ardıcılığını müəyyənləşdirməsinə və dəyişən şəraitə uyğunlaşmasına kömək edir. Bu xüsusiyyətlər xüsusilə təkrarlanan, yüksək dəqiqlik tələb edən və təhlükəli əməliyyatların yerinə yetirilməsində əhəmiyyətlidir.

Bununla yanaşı, robotların tətbiqi insan əməyinin tamamilə aradan qaldırılması kimi qiymətləndirilməməlidir. İstehsal proseslərinin təhlükəsiz təşkili üçün insan-robot əməkdaşlığının düzgün planlaşdırılması, texniki təhlükəsizlik vasitələrinin tətbiqi və işçilərin müvafiq təlimlərdən keçirilməsi zəruridir.

Rəqəmsal əkizlər isə fiziki istehsal sistemlərinin rəqəmsal modellər vasitəsilə təhlilinə imkan yaradır. Süni intellektin bu modellərə inteqrasiyası avadanlığın vəziyyətinin izlənilməsini, müxtəlif istehsal ssenarilərinin qiymətləndirilməsini və mümkün dəyişikliklərin əvvəlcədən araşdırılmasını dəstəkləyə bilər. Bununla belə, rəqəmsal modelin faydalılığı onun real sistemə uyğunluğundan və məlumatların vaxtında yenilənməsindən asılıdır (Monostori, 2014).

Resurslardan istifadənin səmərəliliyinin artırılması

Araşdırma göstərir ki, süni intellekt texnologiyalarının tətbiqi material, enerji və digər istehsal resurslarının idarə edilməsinin təkmilləşdirilməsi üçün imkanlar yaradır. Enerji sərfiyyatı, istehsal həcmi, avadanlıqların iş rejimi və xammal ehtiyatları haqqında məlumatların təhlili resurs istehlakındakı dəyişiklikləri müəyyənləşdirməyə və daha uyğun əməliyyat rejimlərini seçməyə kömək edə bilər.

Tələbin proqnozlaşdırılması və ehtiyatların idarə edilməsi də bu baxımdan əhəmiyyətlidir. Süni intellekt modelləri tarixi sifarişlər və mövcud istehsal imkanları əsasında ehtimal olunan tələbi qiymətləndirmək üçün istifadə oluna bilər. Bu, artıq ehtiyatların yaranması və ya xammal çatışmazlığı ilə bağlı risklərin idarə edilməsinə kömək edə bilər.

Bununla belə, proqnozların etibarlılığı bazar dəyişikliklərindən, məlumatların tamlığından və modelin yenilənmə tezliyindən asılıdır. Buna görə resursların idarə edilməsində süni intellektin nəticələri müəssisənin real əməliyyat göstəriciləri ilə müntəzəm müqayisə edilməlidir.

Süni intellektin tətbiqini məhdudlaşdıran amillər

Tədqiqat çərçivəsində müəyyən edilmiş əsas nəticələrdən biri süni intellektin tətbiqinin yalnız texnoloji imkanlarla müəyyən olunmamasıdır. Məlumatların keyfiyyəti, mövcud avadanlıqların rəqəmsal infraqururktura uyğunluğu, kibertəhlükəsizlik, maliyyə imkanları və ixtisaslı kadrların mövcudluğu texnologiyanın tətbiqinə birbaşa təsir göstərən amillərdir.

Məlumatların natamam və ya qeyri-dəqiq olması süni intellekt modelinin səhv proqnozlar verməsinə səbəb ola bilər. Köhnə avadanlıqların yeni informasiya sistemləri ilə inteqrasiyası əlavə texniki və maliyyə xərcləri yarada bilər. Bundan başqa, istehsal sistemlərinin şəbəkələrə qoşulması məlumatların qorunması və kibertəhlükəsizlik üzrə tədbirlərin gücləndirilməsini tələb edir.

İqtisadi baxımdan texnologiyanın tətbiqindən əvvəl gözlənilən faydalarla ilkin investisiya və istismar xərcləri müqayisə olunmalıdır. Kiçik və orta müəssisələr üçün mərhələli tətbiq yanaşması risklərin azaldılması baxımından daha uyğun ola bilər. Eyni zamanda, işçilərin rəqəmsal bacarıqlarının inkişaf etdirilməsi və süni intellekt sistemlərinin fəaliyyətinə insan nəzarətinin təmin olunması vacib şərtlərdir (Quliyev, 2025).

Aparılmış nəzəri təhlil əsasında aşağıdakı ümumiləşdirmələr formalaşdırılmışdır:

1. Süni intellekt ağıllı istehsal sistemlərində məlumatların toplanması, təhlili və idarəetmə qərarlarının hazırlanması arasında əlaqəni gücləndirən texnologiyadır.
2. Proqnozlaşdırıcı texniki xidmət avadanlıqların vəziyyətinin qiymətləndirilməsi və texniki müdaxilələrin planlaşdırılması üçün potensial imkanlar yaradır.
3. Kompüter görməsi və dərin öyrənmə məhsul keyfiyyətinə nəzarətin avtomatlaşdırılmasını və vizual qüsurların aşkarlanmasını dəstəkləyə bilər.
4. Süni intellektə əsaslanan optimallaşdırma istehsal qrafiklərinin, resurs bölgüsünün və əməliyyat qərarlarının təkmilləşdirilməsinə kömək edə bilər.
5. Robotlaşdırma və rəqəmsal əkizlər süni intellektin fiziki istehsal prosesləri ilə inteqrasiyasını genişləndirir, lakin onların tətbiqi təhlükəsizlik, məlumatların keyfiyyəti və sistemlərin uyğunluğu ilə bağlı tələblər yaradır.
6. Süni intellektin potensial üstünlükləri avtomatik olaraq reallaşmır; onların əldə olunması texniki hazırlıq, düzgün məlumat idarəetməsi, insan nəzarəti və iqtisadi əsaslandırmadan asılıdır.
7. Texnologiyanın müəssisələrdə tətbiqi konkret problemin müəyyənləşdirilməsi, pilot layihənin həyata keçirilməsi və nəticələrin ölçülə bilən göstəricilər əsasında qiymətləndirilməsi ilə başlanmalıdır.

Beləliklə, tədqiqatın nəticələri süni intellekt texnologiyalarının ağıllı istehsal sistemlərində geniş tətbiq potensialına malik olduğunu, lakin onların səmərəli istifadəsinin texnoloji, təşkilati və iqtisadi amillərin birlikdə nəzərə alınmasını tələb etdiyini göstərir. Bu nəticələr nəzəri ədəbiyyatın təhlilinə əsaslanır və gələcəkdə konkret sənaye müəssisələrində aparılacaq empirik tədqiqatlar vasitəsilə yoxlanıla və dəqiqləşdirilə bilər (Qurbanova və b., 2025).

Müzakirə və nəticə

Süni intellekt texnologiyalarının ağıllı istehsal sistemlərində tətbiqi müasir sənaye müəssisələrinin rəqəmsal transformasiyasının əsas istiqamətlərindən biri hesab olunur. İstehsal proseslərinin avtomatlaşdırılması, məlumatların real vaxt rejimində təhlili, avadanlıqların texniki vəziyyətinin qiymətləndirilməsi və istehsal əməliyyatlarının optimallaşdırılması süni intellektin sənaye sahəsində əhəmiyyətini artırır. Ənənəvi istehsal sistemlərindən fərqli olaraq, ağıllı istehsal sistemləri yalnız əvvəlcədən müəyyən edilmiş əməllər əsasında fəaliyyət göstərmir, həm də istehsal prosesində yaranan məlumatları təhlil edərək dəyişən şəraitə uyğun qərarların qəbul edilməsinə şərait yaradır (Zhang et al., 2023).

Tədqiqat çərçivəsində nəzərdən keçirilən elmi yanaşmalar göstərir ki, süni intellektin istehsal sistemlərinə inteqrasiyası məhsuldarlığın artırılması, istehsal xərclərinin azaldılması, məhsul keyfiyyətinin yüksəldilməsi və resurslardan istifadənin səmərəliliyinin təmin edilməsi baxımından mühüm imkanlar yaradır. Bununla belə, bu imkanların reallaşdırılması müəssisənin texnoloji infrastrukturunu, məlumatların keyfiyyəti, maliyyə resursları və kadr potensialı kimi amillərdən asılıdır. Buna görə də süni intellektin tətbiqi yalnız texniki yenilik kimi deyil, həm də təşkilati və idarəetmə dəyişikliklərini tələb edən kompleks proses kimi qiymətləndirilməlidir.

Süni intellektin istehsal səmərəliliyinə təsiri

Süni intellektin istehsal səmərəliliyinə təsiri əsasən böyük həcmli məlumatların emalı, proseslərdəki qanunauyğunluqların müəyyənləşdirilməsi və qərarların daha dəqiq əsaslandırılması ilə əlaqədardır. Maşın öyrənməsi alqoritmləri istehsal xətlərindən, sensorlardan və idarəetmə sistemlərindən əldə edilən məlumatları təhlil edərək avadanlıqların iş rejiminin təkmilləşdirilməsinə kömək edə bilər. Bu, istehsal prosesində yaranan gecikmələrin, texniki nasazlıqların və resurs itkilərinin müəyyənləşdirilməsi üçün əlavə imkanlar yaradır (Rəhimova və b., 2025).

Lakin süni intellektin məhsuldarlığa təsiri bütün müəssisələrdə eyni səviyyədə olmur. Texnoloji cəhətdən inkişaf etmiş, rəqəmsal məlumat bazasına və avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemlərinə malik müəssisələr bu texnologiyalardan daha səmərəli istifadə edə bilərlər. Əksinə, köhnəlmiş avadanlıqlardan istifadə edən və istehsal məlumatlarını sistemli şəkildə toplamayan müəssisələrdə süni intellektin tətbiqi əlavə texniki və maliyyə çətinlikləri yarada bilər.

Bu baxımdan, süni intellektin istehsal səmərəliliyinə təsiri yalnız alqoritmlərin texniki imkanları ilə deyil, həmin alqoritmlərin mövcud istehsal mühitinə nə dərəcədə uyğunlaşdırılması ilə də müəyyən edilir (Zonta et al., 2020).

Proqnozlaşdırıcı texniki xidmətin əhəmiyyəti

Tədqiqatın əsas müzakirə istiqamətlərindən biri proqnozlaşdırıcı texniki xidmət sistemləridir. Ənənəvi texniki xidmət yanaşmalarında avadanlıqlara müəyyən edilmiş vaxt intervalllarında xidmət göstərilir və ya nasazlıq baş verdikdən sonra təmir işləri həyata keçirilir. Süni intellektə əsaslanan proqnozlaşdırıcı texniki xidmət isə sensorlardan əldə edilən məlumatların təhlili vasitəsilə avadanlıqların texniki vəziyyətindəki dəyişiklikləri əvvəlcədən müəyyənləşdirməyə imkan verir.

Bu yanaşma avadanlıqların gözlənilməz dayanma riskinin azaldılmasına, texniki xidmətin daha məqsədyönlü planlaşdırılmasına və ehtiyat hissələrindən istifadənin optimallaşdırılmasına kömək edə

bilər. Bununla yanaşı, proqnozlaşdırıcı sistemlərin dəqiqliyi istifadə olunan məlumatların həcmi və keyfiyyəti, sensorların etibarlılığı və maşın öyrənməsi modellərinin düzgün seçilməsi ilə sıx bağlıdır.

Beləliklə, proqnozlaşdırıcı texniki xidmətin tətbiqi istehsalın fasiləsizliyinin təmin olunması üçün perspektivli istiqamət olsa da, onun effektivliyi müntəzəm texniki nəzarət və model nəticələrinin mütəxəssislər tərəfindən qiymətləndirilməsi ilə dəstəklənməlidir (Rəhimova və b., 2025).

Məhsul keyfiyyətinə nəzarətdə süni intellektin rolu

Məhsul keyfiyyətinə nəzarət ağıllı istehsal sistemlərinin mühüm komponentlərindən biridir. Kompüter görməsi və dərin öyrənmə texnologiyaları məhsulların səthindəki qüsurların, ölçü uyğunsuzluqlarının və digər keyfiyyət problemlərinin avtomatik aşkarlanmasına şərait yaradır. Bu sistemlər xüsusilə yüksək sürətlə işləyən istehsal xətlərində insan müşahidəsinin imkanlarını tamamlaya və yoxlama prosesinin ardıcılığını artırma bilər.

Süni intellekt əsaslı keyfiyyətə nəzarət sistemlərinin üstünlüyü onların çoxsaylı vizual məlumatları emal etmək və müəyyən edilmiş nümunələr üzrə qüsurları təsnifləşdirmək imkanları ilə bağlıdır. Bununla belə, müxtəlif işıqlandırma şəraiti, məhsulların xarici görünüşündəki dəyişikliklər və təlim məlumatlarının məhdudluğu sistemin nəticələrinə təsir göstərə bilər. Əgər model kifayət qədər müxtəlif və keyfiyyətli məlumatlarla öyrədilməyibsə, qüsurları düzgün müəyyənləşdirməmək və ya keyfiyyətli məhsulları səhvən qüsurlu hesab etmək ehtimalı yaranır (Susto et al., 2015).

Bu səbəbdən süni intellektin keyfiyyətə nəzarətdə tətbiqi insan mütəxəssislərin nəzarətini tamamilə aradan qaldırmaq kimi deyil, yoxlama prosesinin dəqiqliyini və operativliyini artıran vasitə kimi qiymətləndirilməlidir.

İstehsal proseslərinin optimallaşdırılması və resurslardan istifadə

Süni intellekt istehsal planlaşdırılması, material ehtiyatlarının idarə olunması, enerji istehlakının təhlili və istehsal güclərinin bölüşdürülməsi kimi sahələrdə də tətbiq edilə bilər. Proqnozlaşdırma modelləri tələbin dəyişməsinə qiymətləndirməyə, optimallaşdırma alqoritmləri isə mövcud resursların daha səmərəli bölüşdürülməsinə kömək edir. Bu imkanlar istehsalın planlaşdırılmasında çevikliyin artırılması və əməliyyat xərclərinin idarə olunması baxımından əhəmiyyətlidir.

Bununla belə, istehsal proseslərinin optimallaşdırılması zamanı yalnız məhsuldarlığın artırılması əsas məqsəd olmamalıdır. Enerji sərfiyyatı, xammal itkisi, ekoloji təsirlər, işçilərin təhlükəsizliyi və məhsulun keyfiyyəti də qərarların qəbulunda nəzərə alınmalıdır. Əks halda, bir göstəricinin yaxşılaşdırılması digər göstəricilərin pisləşməsinə səbəb ola bilər.

Deməli, süni intellekt əsaslı optimallaşdırma sistemləri çoxmeyerli idarəetmə prinsipləri əsasında qurulmalı və müəssisənin iqtisadi, texnoloji və ekoloji məqsədləri ilə uzlaşdırılmalıdır.

Rəqəmsal əkizlər və intellektual robotlaşdırma

Rəqəmsal əkizlər fiziki avadanlığın, istehsal xəttinin və ya bütöv istehsal sisteminin rəqəmsal modelini yaratmağa imkan verir. Bu modellər real sistemdən daxil olan məlumatlarla yenilənərək müxtəlif istehsal ssenarilərinin qiymətləndirilməsi və mümkün problemlərin əvvəlcədən araşdırılması üçün istifadə oluna bilər. Süni intellektin rəqəmsal əkizlərlə birləşdirilməsi istehsal proseslərinin modelləşdirilməsi, parametrlərin seçilməsi və qərarların sınaqdan keçirilməsi imkanlarını genişləndirir (Tao et al., 2019).

İntellektual robotlaşdırma isə təkrarlanan, yüksək dəqiqlik tələb edən və ya insan sağlamlığı üçün təhlükəli əməliyyatların avtomatlaşdırılmasına şərait yaradır. Bununla yanaşı, robotların tətbiqi istehsal sahəsinin yenidən qurulmasını, təhlükəsizlik standartlarına əməl edilməsini və işçilərin yeni texnologiyalarla işləmək üzrə hazırlanmasını tələb edə bilər.

Bu texnologiyaların uğurlu integrasiyası üçün istehsal avadanlıqları, sensorlar, idarəetmə proqramları və məlumat mübadiləsi sistemləri arasında uyğunluq təmin edilməlidir. Belə uyğunluq olmadıqda, ayrı-ayrı texnologiyaların mövcudluğu bütöv istehsal sisteminin səmərəliliyini avtomatik olaraq artırır.

Süni intellektin tətbiqində əsas problemlər

Ağıllı istehsal sistemlərində süni intellektin tətbiqi bir sıra texniki, iqtisadi və təşkilati problemlərlə müşayiət olunur. İlk növbədə, keyfiyyətli və etibarlı məlumatların əldə edilməsi mühüm şərtidir. Natamam, səhv və ya qeyri-bərabər paylanmış məlumatlar əsasında qurulan modellər yanlış nəticələr verə bilər. İstehsal məlumatlarının müxtəlif sistemlərdə saxlanması və standartlaşdırılmaması da məlumat mübadiləsini çətinləşdirir (Tao et al., 2018).

İkinci mühüm problem tətbiq xərcləri ilə bağlıdır. Sensorların quraşdırılması, proqram təminatının alınması və ya hazırlanması, hesablama infrastrukturunun yaradılması və mütəxəssislərin cəlb edilməsi müəyyən maliyyə vəsaiti tələb edir. Bu xərclər xüsusilə kiçik və orta müəssisələr üçün məhdudlaşdırıcı amilə çevrilə bilər.

Bundan əlavə, istehsal sistemlərinin rəqəmsallaşdırılması kibertəhlükəsizlik risklərini də artırır. İstehsal məlumatlarının icazəsiz əldə edilməsi, idarəetmə sistemlərinə müdaxilə və məlumatların itirilməsi müəssisənin fəaliyyətinə ciddi təsir göstərə bilər. Buna görə də süni intellekt sistemlərinin tətbiqi məlumatların qorunması, giriş hüquqlarının idarə olunması, sistemlərin müntəzəm yenilənməsi və ehtiyat nüsxələrin yaradılması kimi tədbirlərlə müşayiət edilməlidir.

Digər tərəfdən, süni intellektin geniş tətbiqi işçilərin funksiyalarında dəyişikliklərə səbəb ola bilər. Bu dəyişikliklər yeni bacarıqlara ehtiyac yaradır və işçi heyətinin davamlı təlimini zəruri edir. Beləliklə, texnoloji yeniliklərin uğuru yalnız proqram təminatından deyil, insan kapitalının inkişafından və təşkilati hazırlıqdan da asılıdır (Wang et al., 2016).

Nəticələr

Aparılmış nəzəri təhlil göstərir ki, süni intellekt texnologiyaları ağıllı istehsal sistemlərinin inkişafında mühüm rol oynayır. Maşın öyrənməsi, dərin öyrənmə, kompüter görməsi, proqnozlaşdırıcı analitika, intellektual robotlar və rəqəmsal əkizlər istehsal proseslərinin daha çevik, məlumatlara əsaslanan və səmərəli idarə olunması üçün geniş imkanlar yaradır.

Tədqiqatın nəticələrinə əsasən, aşağıdakı qənaətlər irəli sürülə bilər:

- 1. İstehsal səmərəliliyinin yüksəldilməsi:** Süni intellekt istehsal proseslərində yaranan problemlərin müəyyənləşdirilməsinə, əməliyyatların optimallaşdırılmasına və qərarların məlumatlar əsasında qəbul edilməsinə kömək edə bilər.
- 2. Avadanlıqların etibarlılığının artırılması:** Proqnozlaşdırıcı texniki xidmət texniki nasazlıqların əlamətlərini əvvəlcədən müəyyənləşdirmək və gözlənilməz dayanma riskini azaltmaq üçün perspektivli vasitədir.
- 3. Məhsul keyfiyyətinə nəzarətin təkmilləşdirilməsi:** Kompüter görməsi və maşın öyrənməsi texnologiyaları məhsul qüsurlarının avtomatik aşkarlanmasını və keyfiyyətə nəzarətin ardıcılığını dəstəkləyir.
- 4. Resurslardan istifadənin optimallaşdırılması:** Süni intellekt istehsal planlaşdırılması, enerji istehlakının təhlili və material ehtiyatlarının idarə olunmasında səmərəliliyin artırılmasına şərait yarada bilər.
- 5. Rəqəmsal texnologiyaların integrasiyası:** Süni intellektin rəqəmsal əkizlər, robotlaşdırma və sənaye məlumat sistemləri ilə birləşdirilməsi istehsal proseslərinin modelləşdirilməsi və idarə olunması imkanlarını genişləndirir.

6. Risklərin idarə olunmasının vacibliyi: Məlumatların keyfiyyəti, kibertəhlükəsizlik, ilkin investisiya xərcləri və ixtisaslı kadr çatışmazlığı süni intellektin tətbiqində əsas məhdudlaşdırıcı amillər sırasındadır.

Tədqiqatın ümumi nəticəsi ondan ibarətdir ki, süni intellekt ağıllı istehsal sistemlərinin səmərəliliyini yüksəltmək üçün mühüm texnoloji vasitədir, lakin onun tətbiqi konkret müəssisənin ehtiyaclarına və imkanlarına uyğun planlaşdırılmalıdır. Bu prosesə mərhələli yanaşılması, ilk növbədə daha çox xərc və vaxt itkisi yaradan problemlərin müəyyənləşdirilməsi, pilot layihələrin həyata keçirilməsi və nəticələrin müvafiq göstəricilər əsasında qiymətləndirilməsi məqsədəuyğundur.

Gələcək tədqiqatlarda süni intellekt texnologiyalarının real sənaye müəssisələrində tətbiqinin iqtisadi nəticələrinin, istehsal məhsuldarlığına təsirinin, enerji istehlakında yaratdığı dəyişikliklərin və texniki xidmət xərclərinə təsirinin empirik məlumatlar əsasında araşdırılması tövsiyə olunur. Belə yanaşma nəzəri nəticələrin praktik şəraitdə yoxlanılmasına və ağıllı istehsal sistemlərinin inkişafı üçün daha əsaslandırılmış tövsiyələrin hazırlanmasına imkan verə bilər.

Ədəbiyyat

- Balayev, R. Ə., İbrahimov, F. M., & Ağakışiyeva, U. Ə. (2022). Aqrar-sənaye sahələrində süni intellektin tətbiq dairəsinin genişləndirilməsinin konseptual məsələləri. *Kənd təsərrüfatının iqtisadiyyatı*, (3), 58. <https://agroecconomics.az/az/article/2044/article/>
- Carvalho, T. P., Soares, F. A. A. M. N., Vita, R., Francisco, R. da P., Basto, J. P., & Alcalá, S. G. S. (2019). A systematic literature review of machine learning methods applied to predictive maintenance. *Computers & Industrial Engineering*, 137, Article 106024. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.106024>
- Dalzochio, J., Kunst, R., Pignaton, E., Binotto, A., Sanyal, S., Favilla, J., & Barbosa, J. (2020). Machine learning and reasoning for predictive maintenance in Industry 4.0: Current status and challenges. *Computers in Industry*, 123, Article 103298. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103298>
- Frank, A. G., Dalenogare, L. S., & Ayala, N. F. (2019). Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies. *International Journal of Production Economics*, 210, 15–26. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.01.004>
- Heng, A., Zhang, S., Tan, A. C. C., & Mathew, J. (2009). Rotating machinery prognostics: State of the art, challenges and opportunities. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 23(3), 724–739. <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2008.06.009>
- Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Final report of the Industrie 4.0 Working Group*. acatech – National Academy of Science and Engineering.
- Kusiak, A. (2018). Smart manufacturing. *International Journal of Production Research*, 56(1–2), 508–517. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1351644>
- Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H.-G., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. *Business & Information Systems Engineering*, 6, 239–242. <https://doi.org/10.1007/s12599-014-0334-4>
- Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H.-A. (2015). A cyber-physical systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, 3, 18–23. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2014.12.001>
- Lei, Y., Li, N., Guo, L., Li, N., Yan, T., & Lin, J. (2018). Machinery health prognostics: A systematic review from data acquisition to remaining useful life prediction. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 104, 799–834. <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2017.11.016>
- Lu, Y. (2017). Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. *Journal of Industrial Information Integration*, 6, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2017.04.005>

- Mahmudova, S. V. (2025). Sənaye 4.0 və süni intellekt: Avtomatlaşdırmanın yeni dövrü. In *Süni intellekt: Nəzəriyyədən praktikaya* [Beynəlxalq elmi konfrans materialları]. <https://doi.org/10.5281/zenodo.17537919>
- Monostori, L. (2014). Cyber-physical production systems: Roots, expectations and R&D challenges. *Procedia CIRP*, 17, 9–13. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.03.115>
- Quliyev, M. A. (2025). Süni intellektin Azərbaycan iqtisadiyyatında gələcək perspektivləri. *Tikintinin iqtisadiyyatı və menecment*, 2(31), 211–217. <https://www.timjurnal.az/uploads/2025/05/hisse-4-son-3.pdf>
- Qurbanova, G., Quluzadə, S., & Əlizadə, Q. (2025). Azərbaycan sənayesində süni intellektin tətbiqi: İqtisadi inkişaf və innovasiya imkanları. In *Azərbaycanın sosial-iqtisadi inkişaf istiqamətləri: Müasir trendlər və aktual problemlər mövzusunda Respublika elmi-praktiki konfransın materialları*, 128–129. Lənkəran Dövlət Universiteti. <https://lsu.edu.az/new/PDF/KONFRANS%20MATER%C4%B0ALI%20-%2019%20dekabr%202025.pdf>
- Rəhimova, K. R., Abbasova, V. M., İsmayılova, Z. R., & Həsənova, T. Ə. (2025). Süni intellekt texnologiyalarının kənd təsərrüfatında tətbiqi. *Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının Xəbərləri*, 17(4), 100–107. <https://doi.org/10.52171/herald.334>
- Rəhimova, K. R., Abbasova, V. M., İsmayılova, Z. R., & Həsənova, T. Ə. (2025). Süni intellekt texnologiyalarının kənd təsərrüfatında tətbiqi. *Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının Xəbərləri*, 17(4), 100–107. <https://doi.org/10.52171/herald.334>
- Susto, G. A., Schirru, A., Pampuri, S., McLoone, S., & Beghi, A. (2015). Machine learning for predictive maintenance: A multiple classifier approach. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 11(3), 812–820. <https://doi.org/10.1109/TII.2014.2349359>
- Tao, F., Zhang, H., Liu, A., & Nee, A. Y. C. (2019). Digital twin in industry: State-of-the-art. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 15(4), 2405–2415. <https://doi.org/10.1109/TII.2018.2873186>
- Tao, F., Zhang, M., Liu, Y., & Nee, A. Y. C. (2018). Digital twin driven prognostics and health management for complex equipment. *CIRP Annals*, 67(1), 169–172. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2018.04.055>
- Wang, S., Wan, J., Li, D., & Zhang, C. (2016). Implementing smart factory of Industrie 4.0: An outlook. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 12(1). <https://doi.org/10.1155/2016/3159805>
- Wuest, T., Weimer, D., Irgens, C., & Thoben, K.-D. (2016). Machine learning in manufacturing: Advantages, challenges, and applications. *Production & Manufacturing Research*, 4(1), 23–45. <https://doi.org/10.1080/21693277.2016.1192517>
- Zhong, R. Y., Xu, X., Klotz, E., & Newman, S. T. (2017). Intelligent manufacturing in the context of Industry 4.0: A review. *Engineering*, 3(5), 616–630. <https://doi.org/10.1016/j.eng.2017.05.015>
- Zonta, T., da Costa, C. A., da Rosa Righi, R., de Lima, M. J., da Trindade, E. S., & Li, G. P. (2020). Predictive maintenance in the Industry 4.0: A systematic literature review. *Computers & Industrial Engineering*, 150, Article 106889. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106889>
- Zhang, C., Wang, Z., Zhou, G., Chang, F., Ma, D., Jing, Y., Cheng, W., Ding, K., & Zhao, D. (2023). Towards new-generation human-centric smart manufacturing in Industry 5.0: A systematic review. *Advanced Engineering Informatics*, 57, Article 102121. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2023.102121>