

Mühəndislikdə süni intellektin rolu, mövcud yanaşmalar və gələcək istiqamətlər**Hüseynova Leyla İlham qızı** ORCID 0009-0006-4705-709X

Sumqayıt Dövlət Universiteti, Sumqayıt, Azərbaycan, müəllim

leyla.huseynova@sdu.edu.az

MƏQALƏ HAQQINDA MƏLUMAT	XÜLASƏ
Məqalənin tarixçəsi Daxilolma tarixi: 17.10.2025 Düzəliş tarixi: Qəbul olunma tarixi:	<i>Təqdim olunan məqalədə süni intellekt və maşın öyrənməsinin mühəndislik sistemlərinə – avtonom nəqliyyat vasitələri, ağıllı idarəetmə sistemləri və materialların aşkar edilməsi kimi sahələrə – integrasiyası sistemli şəkildə təhlil edilir, eyni zamanda bu sistemlərin funksional təhlükəsizliyinin və istismar etibarlılığının təmin olunmasına dair mövcud yanaşmalar araşdırılır.</i>
Açar sözlər Süni intellekt, avtonom sistemlər, kompüter elmləri, süni intellekt mühəndisliyi, materiallar və istehsal texnologiyaları, etika və məsuliyyət	<i>Aparılan təhlil nəticəsində mövcud elmi nailiyyətlər və aktual problemlər ümumiləşdirilir, həmçinin mühəndislik elmləri ilə süni intellekt texnologiyaları arasında səmərəli və davamlı qarşılıqlı əlaqənin formalaşdırılması üçün əsas elmi istiqamətlər müəyyən olunur.</i>

Giriş

2000-ci illərin əvvəllərində DARPA tərəfindən təşkil olunan Grand Challenge təşəbbüsü avtonom sistemlərin real mühitdə sınaqdan keçirilməsi üçün mühüm texnoloji impuls rolunu oynamışdır. Bu təşəbbüs süni intellekt alqoritmlərinin sensor sistemləri, yerləşdirilmiş hesablama platformaları və idarəetmə mexanizmləri ilə sıx integrasiyasının zəruriliyini açıq şəkildə ortaya qoymuşdur [4]. Bu təşəbbüs avtonom sistemlər sahəsində süni intellekt, real vaxt hesablama və kiber-fiziki sistemlərin inkişafını sürətləndirmək məqsədi daşıyırdı.

Gözləntilərin yüksək olmasına baxmayaraq, əldə olunan nəticələr bir sıra ciddi texniki məhdudiyyətləri üzə çıxarmışdır [4], [5]. İlkin mərhələdə sınaqdan keçirilmiş 21 nəqliyyat vasitəsindən yalnız 15-i final mərhələsinə keçə bilməmiş və onların heç biri müəyyən olunmuş marşrutu tamamlaya bilməmişdir. Qeyd edilən uğursuzluqların böyük əksəriyyəti yüksək səviyyəli süni intellekt alqoritmlərinin çatışmazlığı ilə deyil, sensorların etibarlılığı, aktuator nasazlıqları, yerləşdirilmiş aparat təminatının dayanıqlılığı, proqram və aparat komponentləri arasında integrasiya problemləri, eləcə də real istismar şəraitində kifayət qədər sınaqların aparılmaması ilə bağlı olmuşdur. Bu fakt kompüter mühəndisliyi baxımından mühüm bir nəticəni ortaya qoymuşdur: intellektual alqoritmlər müvafiq hesablama arxitekturaları və sıx integrasiya olunmuş sistem dizaynı olmadan effektiv və etibarlı fəaliyyət göstərə bilməz [1], [2].

DARPA 2005-ci ildə müsabiqəni daha mürəkkəb marşrut və artırılmış mükafat fondu ilə yenidən təşkil etmişdir. Bu dəfə beş avtonom nəqliyyat vasitəsi marşrutu uğurla başa vurmuşdur ki, bu da qavrayış sistemlərinin təkmilləşdirilməsi, sensor məlumatlarının birləşdirilməsi (sensor fusion), real vaxt rejimində qərar qəbul etmə mexanizmlərinin inkişafı və nasazlıqlara davamlı yerləşdirilmiş hesablama sistemlərinin tətbiqi sahəsində mühüm irəliləyişlərin əldə edildiyini göstərmişdir. Bu nailiyyətlər sonrakı mərhələlərdə müasir avtonom nəqliyyat vasitələrinin və kiber-fiziki sistemlərin inkişafı üçün əsas texnoloji baza rolunu oynamışdır [5], [10].

Daha geniş kontekstdə, süni intellekt və maşın öyrənməsi texnologiyalarının yetkinləşməsi ilə kompüter mühəndisləri bu yanaşmaların ölçmə, hesablama, qərar qəbul etmə və icra mexanizmlərinə malik mühəndislik sistemlərinə integrasiyasına artan maraq göstərməyə başlamışdır. Avtonom nəqliyyat vasitələri, robototexnika, istehsal prosesləri və intellektual

infrastruktur sistemlərində süni intellektin proqram və aparat təminatı ilə birgə tətbiqi mühüm transformativ potensiala malikdir [6], [10]. Bu potensial yalnız süni intellekt alqoritmlərinin mövcud sistemlərə əlavə olunması ilə deyil, eyni zamanda məlumatyönlü modellər, hesablama arxitekturaları və mühəndislik məhdudiyyətləri arasında yaranan sinerji ilə şərtlənir [9], [10].

Lakin DARPA müsabiqələrinin təcrübəsi göstərir ki, bu istiqamətdə bir sıra ciddi problemlər mövcuddur. Real istismar mühitlərində sistemlərin etibarlılığının, təhlükəsizliyinin, dayanıqlılığının və proqnozlaşdırılan performansının təmin edilməsi aparat dəyişkənliyi, sensor məlumatlarının qeyri-müəyyənliyi, real vaxt məhdudiyyətləri, sistemlərin yoxlanılması və verifikasiya prosedurları, eləcə də süni intellekt əsaslı qərar mexanizmlərinin izah edilə bilməsi kimi məsələlərin kompleks şəkildə həllini tələb edir. Bu problemlər xüsusilə təhlükəsizlik baxımından kritik olan kompüter mühəndisliyi sistemlərində daha qabarıq şəkildə özünü göstərir.

Süni intellektlə dəstəklənən sistemlərə marağın sürətlə artdığı mövcud şəraitdə, süni intellektin kompüter mühəndisliyi ilə inteqrasiyasının imkan və məhdudiyyətlərinin sistemli şəkildə təhlil edilməsi xüsusi aktuallıq kəsb edir. Bu məqalədə “mühəndislik əsaslı süni intellekt sistemi” anlayışı ölçmə məlumatlarından, sahə biliyindən və maşın öyrənməsi metodlarından istifadə etməklə yanaşı, təhlükəsizlik, etibarlılıq, dayanıqlılıq və təmin olunmuş performans tələblərinə cavab verən kompüter əsaslı sistem kimi müəyyən edilir.

Avtonom sistemlər və kiber-fiziki hesablama platformaları (CPS)

Ümumi baxış və kompüter mühəndisliyi konteksti

Mühəndislik əsaslı süni intellekt sistemləri arasında ən çox diqqət cəlb edən tətbiqlərdən biri avtonom nəqliyyat vasitələridir. Quruda, havada və dənizdə insan operatoru olmadan fəaliyyət göstərə bilən bu sistemlər riskli mühitlərdə missiyaların icrası, qəza ehtimalının azaldılması, uzunmüddətli fasiləsiz istismar və əməliyyat xərclərinin optimallaşdırılması kimi üstünlüklər vəd edir.

Kompüter mühəndisliyi baxımından bu üstünlüklər yalnız “AI alqoritminin gücü” ilə izah edilmir. Real nəticə proqram–aparat birgə layihələndirməsi, etibarlı sensor infrastruktur, real vaxt hesablama, xəyata davamlılıq və təhlükəsizlik-kritik sistem tələblərinin eyni vaxtda təmin olunması ilə əldə edilir. Buna görə də avtonom nəqliyyat texnologiyaları mühəndislik və süni intellekt arasında sinerjinin müzakirəsi üçün metodoloji baxımdan əlverişli başlanğıc nöqtəsidir.

Avtonom avtomobillər: qavrayış, sensorların inteqrasiyası və real vaxt qərarvermə

DARPA Grand Challenge müsabiqəsindən sonra avtonom yerüstü nəqliyyat sistemləri əhəmiyyətli inkişaf mərhələsi keçmişdir. Hazırda müxtəlif şəhərlərdə sürücüsüz taksilər real mühitdə sınaq və məhdud istismar rejimlərində fəaliyyət göstərir [4], [5]. Məsələn, Waymo-nun robotaksi xidməti ABŞ-ın bir sıra şəhərlərində tətbiq ssenarilərinə çıxarılmışdır [6].

Bu tip sistemlərdə kompüter mühəndisliyi baxımından əsas irəliləyişlər avtonom idarəetmə texnoloji yığınının (texniki modullar zəncirinin) təkmilləşdirilməsi ilə bağlıdır. Yığın, ümumilikdə, aşağıdakı mərhələləri əhatə edir:

1. Sensor sistemi: kamera, lidar/radar alternativləri, IMU, GNSS və s.;
2. Sensor məlumatlarının inteqrasiyası (sensor fusion): çoxmənbəli məlumatların birləşdirilməsi [2], [9];
3. Qavrayış modulları: obyekt tanıma, izləmə, semantik segmentasiya;
4. Lokallaşdırma və xəritələmə: mövqenin dəqiq təyini və xəritə ilə uyğunlaşdırma;
5. Planlaşdırma və idarəetmə: trayektoriyanın planlaşdırılması, model proqnozlaşdırıcı idarəetmə və s.;
6. Real vaxt icrası və təhlükəsizlik monitorinqi: gecikmələrin idarə olunması və risklərin izlənməsi.

Kompüter mühəndisliyi baxımından bu hadisələr aşağıdakı mühüm məqamı göstərir: problem çox vaxt “neyron şəbəkə niyə səhv etdi?” sualından daha genişdir. Qəza və nasazlıqlar, adətən, sensor etibarlılığı, kalibrəmə, məlumat keyfiyyəti, mühit uyğunsuzluğu (domain shift), real vaxt gecikmələri, aktuatorlardan geriəlaqə və təhlükəsizlik məhdudiyyətləri kimi komponentlərin

qarşılıqlı təsiri nəticəsində formalaşır. Başqa sözlə, sistemin zəifliyi tək bir moduldan deyil, çox vaxt kiber-fiziki arxitekturanın bütöv zəifliyindən qaynaqlanır [6], [7].

Robototexnika və yerləşdirilmiş intellekt

Robot anlayışı və ML-in funksional rolu

Robot – sensorlar, prosessorlar və aktuatorlarla təchiz olunmuş, mühiti hiss edən, qərar verən və fiziki dünyada hərəkət icra edən sistemdir. Robototexnika tarixində davranış-əsaslı idarəetmə yanaşmalarının, o cümlədən subsumption arxitekturasının mühüm təsiri olmuşdur [7], [8].

Maşın öyrənməsi robotlarda əsasən aşağıdakı funksiyaları gücləndirir:

- Qavrayış: obyektlərin tanınması və mühitin semantik şərhı;
- Planlaşdırma: təcrübədən öyrənərək daha optimal qərarvermə;
- İdarəetmə: geriəlaqə dövrəsində dəqiqliyin artırılması və adaptiv idarəetmə.

Kompüter mühəndisliyi baxımından isə robotların “intellekti” yalnız model keyfiyyəti ilə deyil, həm də kənar hesablama (edge computing) məhdudiyyətləri, enerji sərfi, real vaxt gecikmələri, sensor səs-küyü, aktuatorların qeyri-xətti dinamikası və proqram təminatının sertifikatlaşdırılması tələbləri ilə müəyyən edilir [7], [8].

Materialların informatikası və hesablama yönümlü material kəşfi

Materialların axtarışı (kompozisiya–proses–xassə) çoxölçülü və geniş seçim məkanı tələb etdiyinə görə AI/ML üçün əlverişli sahə hesab olunur. Nümunələrin hazırlanması və sınaqların robotlaşdırılması, ölçmələrin avtomatlaşdırılması və ML modellərinin proqnozlaşdırma məqsədilə öyrədilməsi nəticəsində proses tədricən qapalı dövrəli avtonom kəşf modelinə yaxınlaşır [8], [10].

Kompüter mühəndisliyi baxımından bu istiqamət yüksək məhsuldarlıqlı hesablama (HPC), paylanmış hesablama, məlumat boru xətləri (data pipelines), laboratoriya avtomatlaşdırması və eksperiment idarəetməsinin etibarlılığı ilə birbaşa bağlıdır [10].

Etibarlı mühəndislik-AI sistemləri üçün əsas çağırışlar

Müasir ML modelləri yüksək nəticələr versə də, etibarlılıq baxımından domain shift, düşmən təsirlər (adversarial), qərəz və izah edilə bilmə problemləri kimi risklər daşıyır. Bu risklər təhlükəsizlik-kritik sistemlərdə daha kəskin görünür: yüksək düzgünlük səviyyəsinə baxmayaraq nadir hallarda baş verən ciddi səhvlər praktik istismarda qəbul edilməzdir.

Bundan əlavə, böyük modellərin miqyaslanması bahalıdır və “daha çox məlumat + daha çox hesablama” yanaşması çox vaxt azalan gəlir effekti yaradır.

Etimadın formalaşması birdəfəlik deyil, uzunmüddətli və yığılan prosesdir. Buna görə sistem dizaynında yalnız interfeys deyil, həm də istismar konsepsiyası, təlim və istismar protokolları, hadisələrin jurnallaşdırılması və izah/hesabat mexanizmləri nəzərə alınmalıdır.

AI texnologiyalarının iqtisadi miqyasının artması fonunda əmək bazarında yerdəyişmələr, məlumat məxfiliyi, müəllif hüquqları və bərabərlik məsələləri daha aktualdır. Eyni zamanda AI-nin “qara qutu” xarakteri klassik şəffaflıq tələbləri ilə ziddiyyət yaradır və avtonomluq səviyyəsi, məsuliyyət və nəzarət mexanizmləri üzrə tənzimləmə ehtiyacını gücləndirir.

Mühəndislik əsaslı süni intellekt sistemlərinin inkişafı kompüter mühəndisliyinin çoxşaxəli məsələlərini birləşdirir: sensor–hesablama–idarəetmə zəncirinin inteqrasiyası, real vaxt performansı, etibarlılıq, kiberdavamlılıq, verifikasiya/validasiya, insan–sistem interfeysi və tənzimləmə. Avtonom nəqliyyat, robototexnika, istehsal avtomatlaşdırması, tibbi robotlar və material kəşfi kimi sahələrdə real təsir yalnız alqoritmik tərəqqi ilə deyil, möhkəm sistem arxitekturasının və etibarlılıq təminatı mexanizmlərinin düzgün qurulması ilə mümkün olacaqdır.

Ədəbiyyat

- [1]. Brooks, R.A. A robust layered control system for a mobile robot // IEEE Journal of Robotics and Automation, –1986, 2(1), –p.14–23.
- [2]. Brooks, R.A. Intelligence without representation // Artificial Intelligence, –1991, 47(1–3), –p.139–159.

- [3]. DARPA. DARPA Grand Challenge overview. Defense Advanced Research Projects Agency. – 2004
- [4]. DARPA. DARPA Grand Challenge: Results and analysis. Defense Advanced Research Projects Agency. –2005
- [5]. Garibay, O.O. Six human-centered artificial intelligence grand challenges / O.O.Garibay, F.Xu, C.Strickland, [et al.] // International Journal of Human–Computer Interaction, –2023, 39(5), – p.1–16.
- [6]. Goodfellow, I.J., Shlens, J., & Szegedy, C. Explaining and harnessing adversarial examples // International Conference on Learning Representations (ICLR). –2015
- [7]. Halevy, A. The unreasonable effectiveness of data / A.Halevy, P.Norvig, F.Pereira // IEEE Intelligent Systems, –2009, 24(2), –p.8–12.
- [8]. LeCun, Y. Deep learning / Y.LeCun, Y.Bengio, G.Hinton // Nature, – 2015, 521(7553), – p.436–444.
- [9]. National Highway Traffic Safety Administration / Crash data for advanced driver assistance systems. U.S. Department of Transportation. –2023
- [10]. Raissi, M. Physics-informed neural networks: A deep learning framework for solving forward and inverse problems / M.Raissi, P.Perdikaris, G.E.Karniadakis // Journal of Computational Physics, –2019, 378, –p.686–707.

Summary

The role of artificial intelligence in engineering, existing approaches and future directions

Huseynova L.I.

Keywords: *artificial intelligence, autonomous systems, computer science, artificial intelligence engineering, materials and manufacturing technologies, ethics and responsibility.*

This paper provides a systematic analysis of the integration of artificial intelligence and machine learning into engineering systems – such as autonomous vehicles, intelligent control systems, and materials discovery – while also examining existing approaches to ensuring the functional safety and operational reliability of these systems.

Based on the conducted analysis, current scientific achievements and existing challenges are summarized, and key research directions are identified to establish effective and sustainable interaction between engineering sciences and artificial intelligence technologies.

Резюме

Роль искусственного интеллекта в инженерии, существующие подходы и будущие направления

Гусейнова Л.И.

Ключевые слова: *искусственный интеллект, автономные системы, компьютерные науки, инженерия искусственного интеллекта, материалы и производственные технологии, этика и ответственность.*

В представленной статье системно анализируется интеграция искусственного интеллекта и машинного обучения в инженерные системы – такие как автономные транспортные средства, интеллектуальные системы управления и обнаружение новых материалов, – а также рассматриваются существующие подходы к обеспечению функциональной безопасности и эксплуатационной надежности этих систем.

По результатам проведенного анализа обобщаются современные научные достижения и актуальные проблемы, а также определяются основные научные направления, направленные на формирование эффективного и устойчивого взаимодействия между инженерными науками и технологиями искусственного интеллекта.