ISNN 3030-3907

2026/4
VOLUME 3

DEVELOPMENT OF SCIENCE

ILMIY JURNAL



Development of science

Ilmiy jurnal

2026/4 VOLUME 3

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Асадова Раъно Дилмуратовна
Тошкент Давлат техника университети доценти

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

RIVOJLANAYOTGAN AVTOMOBIL SANOATIDA ADAS TIZIMLARINING ROLI: SAMARADORLIK, TEXNOLOGIYALAR VA MUAMMOLAR

Q.Q. Safarov

Jizzax politexnika instituti tayanch doktaranti

Annotatsiya. Ushbu ilmiy maqola avtomobil sanoatida tobora muhim rol o‘ynayotgan Ilg‘or Haydovchiga Yordam Berish Tizimlari (ADAS) ning zamonaviy holatini keng qamrovli tahlil qilishga bag‘ishlangan. Maqolada ADAS tizimlarining yo‘l harakati xavfsizligiga real ta’siri, asosiy sensor texnologiyalari va sun’iy intellektga asoslangan idrok tizimlari, xalqaro standartlashtirish va sertifikatlash masalalari, hamda ushbu tizimlarni yanada rivojlantirishdagi texnik va ijtimoiy muammolar tahlil etilgan. Shuningdek, maqolada ADASdan yuqori darajadagi avtonom haydashga (SAE 3–4 darajalari) bosqichma-bosqich o‘tish istiqbollari va ular bilan bog‘liq muhim texnik cheklovlar ko‘rib chiqilgan.

Kalit so‘zlar: ADAS, sensorlar sintezi, sun’iy intellekt, funksional xavfsizlik, SOTIF, avtonom haydash, ISO 26262, UNECE reglamentlari.

Abstract. This scientific article is devoted to a comprehensive analysis of the current state of Advanced Driver Assistance Systems (ADAS), which are playing an increasingly important role in the automotive industry. The article analyzes the real impact of ADAS on road traffic safety, key sensor technologies and perception systems based on artificial intelligence, issues of international standardization and certification, as well as technical and social challenges in the further development of these systems. The article also discusses the prospects for a gradual transition from ADAS to higher levels of autonomous driving (SAE Levels 3–4) and the associated significant technical limitations.

Keywords: ADAS, sensor fusion, artificial intelligence, functional safety, SOTIF, autonomous driving, ISO 26262, UNECE regulations.

Аннотация. Настоящая научная статья посвящена всестороннему анализу современного состояния систем помощи водителю (ADAS), которые играют всё более важную роль в автомобильной промышленности. В статье анализируются реальное влияние систем ADAS на безопасность дорожного движения, ключевые сенсорные технологии и системы восприятия на основе искусственного интеллекта, вопросы международной стандартизации и сертификации, а также технические и социальные проблемы дальнейшего развития этих систем. Кроме того, в статье рассматриваются перспективы постепенного перехода от ADAS к более высоким уровням автономного вождения (уровни 3–4 по классификации SAE) и связанные с этим существенные технические ограничения.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: ADAS, сенсорная интеграция (синтез сенсоров), искусственный интеллект, функциональная безопасность, SOTIF, автономное вождение, ISO 26262, правила ЕЭК ООН.

1. KIRISH.

So‘nggi o‘n yillikda avtomobil sanoati eng muhim texnologik o‘zgarishlardan birini boshdan kechirmoqda: an’anaviy passiv xavfsizlik tizimlaridan (xavfsizlik kamarlari, havo yostiqlari) faol xavfsizlik va haydovchiga yordam berish tizimlariga bosqichma-bosqich o‘tish kuzatilmoqda. Ilg‘or Haydovchiga Yordam Berish Tizimlari (ADAS — Advanced Driver Assistance Systems) avtomobil atrofidagi muhitni idrok etish, ma’lumotlarni qayta ishlash va kerakli vaziyatlarda haydovchiga avtomatlashtirilgan yordam ko‘rsatish imkoniyatini beradi.

ADAS tizimlarining keng joriy etilishining asosiy omili — bu yo‘l-transport hodisalari (YTH) sonini kamaytirish va yo‘l harakati xavfsizligini oshirishdir. Jahon sog‘liqni saqlash tashkiloti (JSST) ma’lumotlariga ko‘ra, har yili dunyoda taxminan 1,3 million kishi yo‘l-transport hodisalari natijasida halok bo‘ladi. ADAS tizimlari aynan shu muammoni hal qilishga qaratilgan bo‘lib, ular inson omili (charchoq, diqqatni yo‘qotish, noto‘g‘ri qaror qabul qilish) bilan bog‘liq hodisalarni oldini olishga xizmat qiladi.

ADAS tizimlarining asosiy vazifalari quyidagilardan iborat: avtomobil atrofidagi muhitni (boshqa transport vositalari, piyodalar, yo‘l belgilari va infratuzilma elementlari) real vaqt rejimida idrok etish; potensial xavfli vaziyatlarni aniqlash va haydovchini ogohlantirish; kerakli hollarda (masalan, favqulodda tormozlash) tizimning avtomatik aralashuvi; va nihoyat, haydovchiga qulay va xavfsiz haydash sharoitlarini yaratish.

Ushbu maqolada ADAS tizimlarining asosiy texnologik tarkibiy qismlari (sensorlar, sensorlar sintezi, sun’iy intellekt), ularning real sharoitdagi samaradorligi, xalqaro standartlashtirish va sertifikatlash masalalari, hamda kelgusidagi rivojlanish istiqbollari va muammolari tahlil qilinadi.

2. ADAS tizimlarining yo‘l harakati xavfsizligiga ta’siri

2.1 Real sharoitdagi samaradorlik bahosi

ADAS tizimlarining yo‘l harakati xavfsizligiga ta’sirini baholash muhim ilmiy va amaliy ahamiyatga ega. So‘nggi yillarda o‘tkazilgan ko‘lamli tadqiqotlar ADAS tizimlarining real sharoitlarda YTHlarni kamaytirishda ijobiy ta’sir ko‘rsatayotganini tasdiqlamoqda.

Ding va boshqalar (2025) tomonidan olib borilgan tadqiqotda 3549 ta ADAS bilan jihozlangan va 3,76 million ADAS bilan jihozlanmagan transport vositalarining ikki avtomobil ishtirokidagi YTHlari tahlil qilingan. Quasi-Induced

ISSN 3030-3907

Exposure (QIE) usuli qo‘llangan ushbu tadqiqotda ADAS bilan jihozlangan avtomobillar turli yo‘l sharoitlarida YTHlarni sezilarli darajada kamaytirishi aniqlangan. Shu bilan birga, tadqiqot ADAS tizimlarining ham cheklovlari mavjudligini ko‘rsatgan: chorrahalar, yorug‘liksiz qorong‘u sharoitlar va yuqori tezliklarda ADAS bilan jihozlangan avtomobilning YTHda aybdor bo‘lish ehtimoli ortadi. Aksincha, kunduzgi yorug‘lik, qishloq yo‘llari va past tezliklarda bu ehtimol kamayadi.

2.2 Yevropa Ittifoqida majburiy ADAS tizimlarining prognoz qilingan ta’siri

Yevropa Ittifoqining Umumiy Xavfsizlik Reglamenti (General Safety Regulation — GSR) ga muvofiq, 2024-yil iyulidan boshlab barcha yangi ro‘yxatdan o‘tkazilgan avtomobillar Intelligent Speed Assistance (ISA) va Emergency Lane Keeping (ELK) kabi ADAS funksiyalari bilan jihozlanishi majburiy hisoblanadi.

Costa va boshqalar (2025) tomonidan VTT Texnik Tadqiqot Markazida o‘tkazilgan tadqiqotda majburiy ADAS tizimlari EU-27 mamlakatlarida 2030-yilga borib jarohatlanish va halokatli YTHlarni 6% ga kamaytirishi mumkinligi prognoz qilingan. Xususan, Avtomatik Favqulodda Tormozlash Tizimi (AEB) YTHlarni 5% ga, maslahat beruvchi Intelligent Speed Assistance (ISA) 1% ga, Lane Keeping Assist (LKA) va teskari harakat kamerasi esa har biri 0,2% ga kamaytirishi prognoz qilinmoqda. Mualliflarning ta’kidlashicha, Yevropa Ittifoqining xavfsizlik maqsadlariga erishish uchun ADAS tizimlarini joriy etish boshqa xavfsizlik choralari bilan birgalikda amalga oshirilishi lozim.

2.3 Foydalanuvchilarning qabul qilishi va ishonchi

ADAS tizimlarining haqiqiy samaradorligi nafaqat texnik xususiyatlariga, balki foydalanuvchilarning ularni qanchalik qabul qilishi va ishonchiga ham bog‘liq. FIA Yevropa Byurosining 2026-yilda chop etilgan ekspert tadqiqoti 13500 dan ortiq Yevropa avtomobilchilik klublari a’zolari o‘rtasida o‘tkazilgan so‘rov natijalariga asoslangan. Tadqiqot shuni ko‘rsatdiki, Adaptive Cruise Control (ACC) keng qabul qilingan, ishonchli va tez-tez ishlatiladigan tizim hisoblanadi. Biroq, Lane Keeping Assistance (LKA) va Intelligent Speed Assistance (ISA) ko‘plab haydovchilar tomonidan kamroq ishonchli deb baholangan va kamroq foydalanilgan.

Qiziqarli jihat shundaki, bir qator tadqiqotlar haydovchilarning ADAS tizimlarini o‘chirib qo‘yish tendensiyasini qayd etgan. AAMI Crash Index 2025 ma’lumotlariga ko‘ra, avstraliyalik haydovchilarning beshdan bir qismi ADAS tizimlarini juda zerikarli deb topib, ularni o‘chirib qo‘yadi. Shuningdek, so‘rovlarda respondentlarning 58% ADAS tizimlari ularni xavfsizroq his qilishiga yordam berishini aytgan bo‘lsa-da, sezilarli qismi noto‘g‘ri signallar va

ISSN 3030-3907

qulaylikning yetishmasligi tufayli ushbu tizimlardan qochadi yoki ularni butunlay o‘chirib qo‘yadi.

3. ADAS tizimlarining asosiy texnologik tarkibiy qismlari

3.1 Sensor texnologiyalari

Zamonaviy ADAS tizimlari bir necha turdagi sensorlardan foydalanadi, ularning har biri o‘ziga xos afzallik va kamchiliklarga ega:

Kameralar: Vizual ma’lumotlarni (yo‘l belgilari, svetoforlar, transport vositalari va piyodalar) aniqlash uchun asosiy sensor turi hisoblanadi. Kameralar rangli va strukturaviy ma’lumotlarni taqdim etadi, bu esa ob’ektlarni tasniflash va ularning harakatini tushunish uchun muhimdir. Biroq, yomon ob-havo sharoitlari (yomg‘ir, qor, tuman) va yorug‘likning yetishmasligi kameralar samaradorligini sezilarli darajada pasaytiradi.

Radar (Radio Detection and Ranging): Radiochastota signallari yordamida ob’ektlarning masofasi va nisbiy tezligini o‘lchaydi. Radarning asosiy afzalligi — yomon ob-havo va yorug‘lik sharoitlarida (tuman, yomg‘ir, qorong‘ulik) ishlash qobiliyatidir. Shu sababli radar ko‘pincha adaptiv kruiz-kontrol (ACC) va favqulodda tormozlash (AEB) kabi funksiyalar uchun asosiy sensor sifatida ishlatiladi.

LiDAR (Light Detection and Ranging): Lazer impulslari yordamida atrof-muhitning yuqori aniqlikdagi 3D xaritasini yaratadi. LiDAR aniq fazoviy ma’lumotlarni taqdim etadi va ob’ektlarning chegaralarini, geometrik tuzilishini va ulargacha bo‘lgan masofani aniqlashda yuqori aniqlikka ega. Asosiy kamchiligi — yuqori narxi va yomg‘ir yoki qor kabi sharoitlarda ishlash sifatining pasayishi.

Ultrasonik sensorlar: Qisqa masofalarda (odatda 5–10 metr) ishlaydigan sensorlar bo‘lib, asosan to‘sib qo‘yish (parkovka), parallel parkovka va tirbandliklarda yordam berish kabi funksiyalar uchun ishlatiladi.

3.2 Sensorlar sintezi (Sensor Fusion)

Yuqorida sanab o‘tilgan sensorlarning har biri alohida olinganda atrof-muhitni to‘liq va ishonchli idrok etishni ta’minlay olmaydi. Sensorlar sintezi — bu turli sensorlardan olingan ma’lumotlarni birlashtirib, yagona va izchil atrof-muhit modelini yaratish jarayonidir.

Sensorlar sintezi bir necha darajada amalga oshirilishi mumkin:

Past darajadagi sintez: Sensorlardan to‘g‘ridan-to‘g‘ri olingan xom ma’lumotlarni birlashtiradi.

O‘rta darajadagi sintez: Ajratib olingan xususiyatlarni (masalan, ob’ekt kandidatlari, geometrik tuzilmalar) birlashtiradi.

Yuqori darajadagi sintez: Interpretatsiya qilingan semantik natijalarni (ob’ekt tasnifi, harakat prognozi) birlashtiradi.

ISSN 3030-3907

2026-yilga kelib sensorlar sintezi eksperimental ADAS imkoniyatidan tortib, ilg‘or haydovchiga yordam berish va avtonom haydash platformalarining asosiy infratuzilmasiga aylangan. Sun’iy intellekt tomonidan boshqariladigan idrok (perception) quvurlari turli xil ma’lumotlar oqimlarini bir vaqtda interpretatsiya qilish imkonini beradi.

Yaqinda IEEE xalqaro konferensiyasida taqdim etilgan tadqiqotda kamera, LiDAR, radar va V2X (Vehicle-to-Everything) orqali SPaT (Signal Phase and Timing) ma’lumotlarini birlashtiruvchi ko‘p-sensorli sintez ramkasi taklif etilgan. Ushbu yondashuv yomon ob-havo yoki sensorlarning to‘silib qolishi kabi qiyin sharoitlarda svetoforlarni idrok etishning aniqligi va mustahkamligini oshirishi kutilmoqda.

3.3 Sun’iy intellekt va chuqur o‘rganish

So‘nggi yillarda sun’iy intellekt va ayniqsa chuqur o‘rganish (deep learning) ADAS tizimlarining idrok qilish (perception) va qaror qabul qilish (decision-making) imkoniyatlarini tubdan o‘zgartirdi.

Ob’ektlarni aniqlash va tasniflash. Konvolyutsion neyron tarmoqlar (CNN) va YOLO (You Only Look Once) kabi real vaqt rejimidagi ob’ektlarni aniqlash algoritmlari ADAS tizimlarida transport vositalari, piyodalar, yo‘l belgilari va svetoforlarni real vaqt rejimida yuqori aniqlik bilan aniqlash imkonini beradi.

Scientific Reports jurnalida chop etilgan tadqiqotda haydovchi chalg‘ishini aniqlash va real vaqt rejimidagi yo‘l ob’ektlarini tanib olishni birlashtiruvchi integratsiyalashgan chuqur o‘rganish ramkasi taklif etilgan. Ushbu tizim haydovchining fizik, vizual va kognitiv chalg‘ishlarini CNN va transfer learning yordamida tasniflaydi. Tizimning amaliyligi NVIDIA Jetson Xavier NX platformasida real vaqt rejimida sinovdan o‘tkazilgan bo‘lib, 25 kadr/sekund tezlikka erishilgan.

Meta-o‘rganish (Meta-learning) yondashuvi. Yaqinda chop etilgan ishda ADAS tizimlari uchun oldindagi transport vositalarining orqa chiroq signallarini (burilish ko‘rsatkichlari va tormoz signallari) aniqlashda meta-o‘rganish bilan kuchaytirilgan YOLOv8 modeli qo‘llangan. An’anaviy radar va LiDAR faqat bilvosita harakat niyatlarini (masalan, sekinlashish yoki yo‘l chizig‘idan chiqib ketish) aniqlay oladi, ammo rangli kodlangan orqa chiroq signallarini to‘g‘ridan-to‘g‘ri interpretatsiya qila olmaydi. Mualliflarning ta’kidlashicha, meta-o‘rganish strategiyasi modelga kam ma’lumotdan o‘rganish va yangi stsenariylarga tez moslashish imkoniyatini beradi.

Multimodal Large Language Models (MLLMs). 2025-yilgi ilmiy adabiyotlarda MLLMlarning yo‘l harakati xavfsizligi kontekstida idrok qilish,

ISSN 3030-3907

qaror qabul qilish va adversar mustahkamlikni oshirish imkoniyatlari tahlil qilingan.

4. Standartlashtirish va sertifikatlash

4.1 Funksional xavfsizlik: ISO 26262

ISO 26262 standarti avtomobilning elektr va elektron (E/E) tizimlari funksional xavfsizligi uchun asosiy xalqaro standart hisoblanadi. Ushbu standart apparat va dasturiy ta’minotdagi nosozliklar natijasida yuzaga keladigan xavflarni aniqlash va minimallashtirishga qaratilgan tizimli yondashuvni taqdim etadi. ISO 26262 avtomobil xavfsizligi hayot siklining barcha bosqichlarini (boshqaruv, ishlab chiqish, ishlab chiqarish, ekspluatatsiya, utilizatsiya) qamrab oladi va risklarni tahlil qilishga asoslangan metodologiyani taklif etadi.

4.2 Mo‘ljallangan funksionallik xavfsizligi: ISO 21448 (SOTIF)

ISO 26262 asosan apparat va dasturiy ta’minotdagi tasodifiy nosozliklarni ko‘rib chiqadi. Biroq, avtomatlashtirilgan haydash tizimlarida (ADS) tizimning mo‘ljallangan funksionalligi doirasidagi cheklovlar yoki yetishmovchiliklar tufayli yuzaga keladigan xavflarni hisobga olish ham muhimdir. ISO 21448 (SOTIF — Safety of the Intended Functionality) standarti aynan shu muammoni hal qilishga qaratilgan.

Patel va boshqalar (2025) tomonidan PRISMA protokoli asosida o‘tkazilgan tizimli adabiyotlar sharhi 2018–2023 yillar oralig‘ida chop etilgan 51 ta ilmiy maqolani tahlil qilgan. Tadqiqotchilar SOTIF bo‘yicha mavjud adabiyotlarni sintez qilib, ularni tematik guruhlarga ajratgan va mavjud ilmiy bo‘shliqlarni aniqlagan.

4.3 ISO/TS 5083: Avtomatlashtirilgan haydash tizimlari uchun yangi standart

2025-yilda ISO/TS 5083 standarti e’lon qilindi — bu SAE Level 3 va Level 4 avtomatlashtirilgan haydash xususiyatlari xavfsizligiga bag‘ishlangan birinchi xalqaro muhandislik standartidir. Ushbu standart haydovchidan mas’uliyat (qisman yoki to‘liq) o‘tkaziladigan avtomatlashtirilgan haydash tizimlari uchun texnik yo‘riqnomani taqdim etadi.

ISO/TS 5083 ISO 26262 va ISO 21448 (SOTIF) standartlariga asoslanadi, biroq avtomatlashtirilgan haydash tizimlari uchun maxsus ishlab chiqilgan yangi yo‘riqnomalarni kiritadi. Standartning asosiy e’tibor yo‘nalishlari: xavfsizlikni dizayn orqali ta’minlash, verifikatsiya va validatsiya, hamda post-deployment (joylashtirishdan keyingi) faoliyatlardir.

4.4 UNECE reglamentlari

Birlashgan Millatlar Tashkilotining Yevropa Iqtisodiy Komissiyasi (UNECE) bir qator reglamentlari ADAS tizimlarini xalqaro miqyosda sertifikatlash uchun asosiy normativ hujjatlar hisoblanadi:

ISSN 3030-3907

• UNECE R79: Rulni boshqarish tizimlarini, jumladan Lane Keeping Assist (LKA) va avtomatik yo‘l o‘zgartirishni tartibga soladi.

•UNECE R152: Yengil va og‘ir transport vositalari uchun Avtomatik Favqulodda Tormozlash Tizimi (AEBS) bilan bog‘liq.

•UNECE R155: Avtotransport vositalarining kiberxavfsizligini tartibga soladi — bu ADAS tizimlari uchun muhim jihat.

•UNECE R157: Level 3 avtomatlashtirilgan haydash tizimlariga (masalan, Traffic Jam Pilot) qaratilgan.

Ushbu reglamentlarga muvofiqlikni tasdiqlash uchun laboratoriya sinovlari (elektromagnit moslik, sensorlar ishlashini tekshirish) va real yo‘l sharoitidagi sinovlar (og‘ir tirbandlik, yomon ob-havo, kutilmagan to‘siqlar) amalga oshiriladi.

5. ADASdan avtonom haydashga o‘tish: muammolar va istiqbollar

5.1 SAE avtonomiya darajalari

SAE International (sobiq Society of Automotive Engineers) avtomobil avtonomiyasining 0 dan 5 gacha bo‘lgan darajalarini belgilagan:

•Level 0: Avtomatlashtirilmagan — haydovchi barcha vazifalarni bajaradi.

•Level 1: Haydovchiga yordam — bitta avtomatlashtirilgan funksiya (masalan, adaptiv kruiz-kontrol).

•Level 2: Qisman avtomatlashtirish — bir vaqtning o‘zida bir nechta funksiyalar (masalan, ACC + LKA), ammo haydovchi doimo muhitni kuzatishi kerak.

•Level 3: Shartli avtomatlashtirish — tizim barcha haydash vazifalarini muayyan sharoitlarda bajaradi, ammo haydovchi talab qilinganda aralashishi kerak.

•Level 4: Yuqori avtomatlashtirish — tizim barcha haydash vazifalarini muayyan sharoitlarda (geofencing) haydovchi ishtirokisiz bajaradi.

•Level 5: To‘liq avtomatlashtirish — tizim barcha sharoitlarda inson ishtirokisiz barcha haydash vazifalarini bajaradi.

5.2 Level 2 dan Level 3 ga o‘tishdagi texnik muammolar

Level 2 ADAS tizimlaridan Level 3 shartli avtomatlashtirilgan haydash tizimlariga o‘tish bir qator muhim texnik muammolarni keltirib chiqaradi. Arrow kompaniyasi mutaxassislarining 2025-yilgi tahliliga ko‘ra, eng asosiy muammolar quyidagilardan iborat:

Hisoblash arxitekturasining o‘zgarishi. An’anaviy avtomobil hisoblash arxitekturalari har bir maxsus funksiya uchun alohida hisoblash elementlaridan foydalanadi. Biroq, Level 3 va undan yuqori tizimlar uchun bunday yondashuv yetarli emas. Ma’lumotlar hajmining keskin o‘sishi bir yoki bir nechta protsessorlar ichidagi ko‘p yadrolar bo‘ylab ish yuklarini taqsimlaydigan hisoblash

ISSN 3030-3907

arxitekturasini talab qiladi — bu “g‘ildiraklar ustidagi ma’lumotlar markazi” (data center on wheels) deb ataladigan modeldir.

Sensor ma’lumotlarini birlashtirishning murakkablashishi. Yuqori darajadagi avtonom tizimlar turli sensor turlaridan (kameralar, radar, LiDAR) olingan ma’lumotlarni sintez qilishni talab qiladi. Bu “sintez” (fusion) jarayoni maxsus protsessor yadrolari tomonidan amalga oshiriladi, so‘ngra boshqa yadrolar “siyosat” (policy) ishlov berishiga — ya’ni sensor tahlili natijalariga asoslangan holda kerakli harakatlarni aniqlashga o‘tadi.

Avtomobil ichidagi tarmoq talablarining oshishi. 5G simsiz aloqa va V2X (Vehicle-to-Everything) texnologiyalarining joriy etilishi transport vositalarining ko‘proq sensorlar, boshqaruv va hisoblash quvvatiga ega bo‘lishini talab qiladi. Yuqori tezlikdagi magistrallarda va sharoitlarda ma’lumotlarni uzatishdagi har qanday kechikish (latency) halokatli oqibatlarga olib kelishi mumkin, shuning uchun Ethernet avtomobil ichidagi tarmoq magistrali uchun dominant texnologiyaga aylanmoqda.

5.3 Global ADAS penetratsiyasi va Level 3 ga o‘tish prognozlari

Counterpoint Research ma’lumotlariga ko‘ra, global ADAS penetratsiyasi 2035-yilga borib 94% ga yetadi. Ayni paytda Xitroy balanslangan masshtabda qabul qilish va yuqori avtonomiyaga ehtiyotkorlik bilan o‘tishni amalga oshirmoqda.

LeddarTech kompaniyasi ADASdan avtonom haydashga bosqichma-bosqich o‘tish strategiyasini ilgari surmoqda. Ushbu yondashuv to‘g‘ridan-to‘g‘ri Level 4 avtonomiyaga e’tibor qaratish o‘rniga, Level 2 ADAS tizimlaridan boshlab AI funksionalligini iterativ ravishda kengaytirishni taklif qiladi.

Huawei esa 2025-yil oxirigacha ADS 4 tizimini bozorga chiqarish, 2026-yilda keng miqyosli Level 3 magistral haydash va shahar Level 4 pilotlariga o‘tish, 2027-yilga borib Level 3 asosiy oqimga qabul qilish va Level 4 ni erta tijoratlashtirishni rejalashtirmoqda.

6. Muammolar va kelgusidagi tadqiqot yo‘nalishlari

6.1 Kiberxavfsizlik

ADAS va avtomatlashtirilgan haydash tizimlarining kiberxavfsizligi tobora dolzarb masalaga aylanmoqda. SAE International jurnalida chop etilgan yaqin tadqiqotda AI bilan jihozlangan avtomatlashtirilgan transport vositalari uchun apparat asosidagi xavfsizlik arxitekturasi taklif etilgan.

Ushbu arxitektura quyidagi asosiy tamoyillarga asoslanadi:

End-to-end ishonch (trust): Apparat interfeysi xavfsizligi, tezlatilgan kriptografiya va SRAM PUF (Physical Unclonable Function) asosidagi kalitlarni taqdim etish orqali ta’minlanadi.

ISSN 3030-3907

Apparat ildizi (hardware root of trust): Kriptografik identifikatsiya, xavfsiz yuklash (secure boot enforcement) va butun transport vositasining hayot sikli davomida ishonchli kalitlar saqlanishini kafolatlaydi.

MACsec (Media Access Control Security): Zonal Ethernet arxitekturasida har bir tugun MACsec bilan jihozlangan interfeyslar bilan ta'minlanadi, bu esa bog'lama darajasidagi maxfiylik va yaxlitlikni ta'minlaydi.

6.2 Chetki hisoblash (Edge Computing) va real vaqt rejimidagi ishlov berish

Avtonom transport vositalari kuniga 4–20 TB ma'lumot ishlab chiqaradi, ularning katta qismi darhol ishlov berishni talab qiladi. Chetki hisoblash (edge computing) hisoblash vazifalarini ma'lumot manbasiga (bort tizimlari yoki yo'l chetidagi qurilmalar) yaqinroq joylashtirish orqali kechikishni bartaraf etadi. Bu ayniqsa to'qnashuvdan qochish va avtonom navigatsiya kabi kechikishga sezgir ilovalar uchun muhimdir.

Biroq, avtomobil muhitlarida taqsimlangan chetki tarmoqlarni boshqarish bir qator muammolarni keltirib chiqaradi: masshtablash imkoniyati, kiberxavfsizlik, AI integratsiyasi va ma'lumotlar orkestratsiyasi.

6.3 SOTIF bo'yicha ilmiy bo'shliqlar

Patel va boshqalar (2025) tomonidan o'tkazilgan tizimli adabiyotlar sharhi SOTIF sohasida bir qator muhim ilmiy bo'shliqlarni aniqlagan:

Avtomatlashtirilgan haydash tizimlarining mo'ljallangan funksionalligi doirasidagi xavflarni tizimli ravishda identifikatsiya qilish metodologiyalarining yetarli emasligi;

Perceptron (idrok) va qaror qabul qilish tizimlarining SOTIF talablariga muvofiqligini baholashning standartlashtirilgan usullarining yo'qligi;

SOTIF bo'yicha empirik tadqiqotlarning kamligi (mavjud ishlarning aksariyati nazariy yoki simulyatsiyaga asoslangan).

7. XULOSA.

Ushbu maqolada Ilg'or Haydovchiga Yordam Berish Tizimlari (ADAS) ning zamonaviy holati, ularning yo'l harakati xavfsizligiga ta'siri, asosiy texnologik tarkibiy qismlari, xalqaro standartlashtirish va sertifikatlash masalalari, hamda ADASdan yuqori darajadagi avtonom haydashga o'tishdagi muammolar tahlil qilindi.

ADAS tizimlarining real sharoitlarda YTHlarni kamaytirishdagi ijobiy ta'siri ko'plab empirik tadqiqotlar bilan tasdiqlangan bo'lsa-da, ularning samaradorligi muayyan sharoitlarda (chorrahalar, yorug'liksiz qorong'u joylar, yuqori tezliklar) cheklanganligi aniqlandi. Sensorlar sintezi va sun'iy intellekt texnologiyalarining rivojlanishi ADAS tizimlarining idrok qilish va qaror qabul qilish imkoniyatlarini sezilarli darajada oshirmoqda. Xalqaro standartlar (ISO

ISSN 3030-3907

26262, ISO 21448, ISO/TS 5083) va UNECE reglamentlari ADAS va avtomatlashtirilgan haydash tizimlarining xavfsizligini ta’minlash uchun muhim normativ asosni yaratmoqda.

ADASdan yuqori avtonomiyaga o‘tish bir qator texnik muammolarni (hisoblash arxitekturasining o‘zgarishi, sensorlar sintezining murakkablashishi, kiberxavfsizlik, real vaqt rejimidagi ishlov berish) hal qilishni talab qiladi. Ushbu muammolarni muvaffaqiyatli bartaraf etish avtomobil sanoatining xavfsizroq va samaraliroq kelajak sari olg‘a siljishida hal qiluvchi omil bo‘ladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Ding S. va boshq. “Assessing the safety effectiveness of advanced driver assistance systems”. Journal of Safety Research, 95:345-361, 2025. doi:10.1016/j.jsr.2025.10.014.
2. Costa A., Innamaa S., Malin F. “Safety impact of advanced driver assistance systems in Europe in 2030”. Journal of Safety Research, 95:290-300, 2025. doi:10.1016/j.jsr.2025.10.014.
3. Lee G. va boshq. “Classifying Advanced Driver Assistance System (ADAS) Activation from Multimodal Driving Data: A Real-World Study”. Sensors, 25(19):6139, 2025. doi:10.3390/s25196139.
4. Patel M. va boshq. “A Systematic Literature Review on Safety of the Intended Functionality for Automated Driving Systems”. SAE Technical Paper 2025-01-5030, 2025. arXiv:2503.02498.
5. Mattas K. va boshq. “Safety Perspective on Assisted Lane Changes: Insights from Open-Road, Live-Traffic Experiments”. arXiv:2508.09233, 2025.
6. “In-Progress: Enhancing Traffic Signal Perception for Connected and Autonomous Vehicles (CAVs) via Multi-Sensor Fusion of Camera, LiDAR, Radar, and SPaT Data”. IEEE Conference, San Francisco, CA, 2025.
7. “Sensor Fusion for Autonomous Transport in 2026: Integrating LiDAR, Cameras, Radar and AI”. Promwad, 2026.
8. “Real-Time Detection of Rear Car Signals for Advanced Driver Assistance Systems Using Meta-Learning and Geometric Post-Processing”. DOAJ, 2025.
9. “Integrated deep learning framework for driver distraction detection and real-time road object recognition in advanced driver assistance systems”. Scientific Reports, 15:25125, 2025.
10. “EXPERT STUDY ON ADAS AND DCAS: IMPACTS ON ROAD SAFETY, DRIVER TRUST AND POLICY”. FIA Region I, 2026.
11. “ISO/TS 5083: A Milestone for Safe Automated Driving”. HORIBA MIRA, 2025.

ISSN 3030-3907

12. “Technical challenges in developing next-generation ADAS and autonomous vehicles”. Microchip Technology / Arrow Electronics, 2025.
13. Suriyanarayanan C., Iacob R. “Securing the AI-Driven Vehicle: A Hardware-Based Security Framework for Scalable, Trustworthy Autonomy”. SAE Technical Paper 2026-01-0085, 2026.
14. “Edge Computing Solutions for Automotive in 2026”. Informatix.Systems, 2025.

ISSN 3030-3907