

ӘОЖ 629.5:004.8  
DOI 10.52167/1609-1817-2025-140-5-16-25

**С.С. Пернебеков, А.С. Джунусбеков, Ж.Т. Дутбаев,  
З.А. Балабеков, А.В. Карташова**  
Auezov University, Шымкент, Қазақстан  
E-mail: saken\_uko@mail.ru

## **ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ МҮМКІНДІКТЕРІН КӨЛІК ТЕХНИКАСЫНА ТЕХНИКАЛЫҚ ҚЫЗМЕТ КӨРСЕТУ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ЖӨНДЕУ ТӘСІЛДЕРІН ЖЕТІЛДІРУ ҮШІН ҚОЛДАНУ**

**Аңдатпа.** Қазақстан Республикасының көлік саласының цифрландырылуы мен жедел дамуы жағдайларында көліктік техникаларды пайдалану сенімділігі мен тиімділігін арттыру мәселесі ерекше маңызға ие болады. Техникалық қызмет көрсетудің, белгіленген нормативтік аралықтарға негізделген дәстүрлі тәсілдері, кейбір жағдайларда, жасырын ақауларды анықтауға мүмкіндік бермейді де, жоспардан тыс ақаулар санының артуына, жөндеу жұмыстарына жұмсалатын шығындар көлемінің өсуіне және, ең бастысы, көлік құралдарының техникалық дайындығының төмендеуіне алып келеді. Аталған жұмыста жасанды интеллект технологияларын техникалық қызмет көрсету тәсілдерін жетілдіру үшін пайдалану және құралдардың нақты күйіне негізделген, болжамдық тәсілдемелерге өту мүмкіндіктері қарастырылады.

Зерттеулерде Қазақстанның көліктік кәсіпорындарының, соның ішінде темір жол компанияларының, қалалық жолаушылар тасымалдау көлігі парктерінің және кен өндіру кәсіпорындарының телематика мәліметтері, жөндеу мұрағаттары мен диагностикалық көрсеткіштері сараланған. Машиналық оқыту тәртіптемелерін, нейрожелілер үлгілерін және уақыттық қатарларды талдау әдістерін пайдалану жасырын заңдылықтарды анықтау, техника тораптарының мүмкін болатын ақауларын болжау және жөндеу аралық көрсеткіштерді оңтайландыру мүмкіндігін берді. Жасанды интеллектіні енгізу нәтижелері апаттық бос тұру мөлшерінің төмендеуін, тораптардың ресурстарының артуын, диагностикалау дәлдігінің жоғарылауы мен пайдалану шығындарының қысқаруын көрсетеді.

Осылайша, көліктік техникаларға техникалық қызмет көрсету мен оларды жөндеу жүйесінде жасанды интеллектіні қолдану көліктік инфрақұрылымдардың экономикалық тиімділігінің, қауіпсіздігінің, сенімділігінің едәуір дәрежеде артуын қамтамасыз етеді және аталған тәсілдеме көлік саласын цифрлық қайта құру жағдайларында жаңғыртудың аса маңызды құралы болып саналады.

**Түйінді сөздер:** жасанды интеллект, техникалық қызмет көрсету және жөндеу, болжамдық диагностика, көліктік техника, көлікті цифрландыру, жабдықтың жай-күйін бақылау, жөндеу аралықтарын оңтайландыру.

### **Кіріспе.**

Қазақстан Республикасының көлік кешені Ұлттық экономикамен қатар халықаралық логистикалық жүйелерде де стратегиялық тұрғыдағы маңызды орын алады. Автомобиль жолдары мен темір жол желілерінің ұзындықтарының көлемі, климаттық аймақтардың әркелкілігі, сонымен қатар көліктік тораптарға сәйкес келетін жүктемелердің жоғары деңгейі техникалардың тез тозуына және оларға техникалық қызмет көрсету тәсілдерінің тұрақты түрде жетілдірілуі қажеттілігіне алып келеді.

Халықаралық сипаттағы жүк тасымалдарының көлемінің ұлғаюы, көліктік дәліздердің ауқымының кеңеюі және көлік құралдарын пайдалану қарқындылығының жоғарылауы салдарынан көліктік үдерістердің тұрақтылығы мен сенімділігінің маңызы артады.

Арнайы нормативтік ережелермен белгіленген жөндеу аралық жүрілген жолдардың белгіленген шамаларына негізделген дәстүрлі техникалық қызмет көрсету мен жөндеу жүйесі, бүгінгі таңда, өзінің тиімділігінің шектелуімен сипатталады. Техникалық қызмет көрсетуді күнтізбелік уақыт немесе көлік құралының жүрген жолы шамасына байланысты белгілеуді қарастырушы дәстүрлі әдістеме машиналардың нақты пайдалану жағдайларын ескермейді, соның салдарынан кең ауқымда өзгеріп отыратын жұмыс істеу жағдайлары мен жұмыс жүктемелерінің деңгейін ескермеу елеулі кемшілік болып табылады. Соның нәтижесінде кенеттен орын алатын ақаулар мен істен шығу оқиғалары саны артады, жөндеу шараларына жұмсалатын шығын көлемі жоғарылайды және, ең бастысы, көліктік техникалардың техникалық дайындық коэффициентінің деңгейі төмендейді.

Әртүрлі телематикалық үлгілердің, сенсорлық жүйелердің және де автоматтандырылған диагностикалық құралдардың қол жетімділігі мен кеңінен пайдаланылуы құрал-жабдықтардың жұмысы туралы қажетті мәліметтер мен деректерді үздіксіз жинауға мүмкіндік береді. Ал, жасанды интеллект тәсілдері мен машиналық оқыту тәсілдерінің дамуы, өз кезегінде, сол алынған немесе жинақталған мәліметтерді кешенді түрде талдауға, олардың заңдылықтарын белгілеуге және техникалық күй деңгейін аса жоғары дәлдікпен болжауға мүмкіндік тудырады. Нәтижеде, нысандардың нақты күйін диагностикалауға негізделген, болжамдық немесе предиктивтік қызмет көрсету тәсілдемелерін енгізу мүмкіндігі пайда болады.

Қазақстан Республикасы өнеркәсіптік салаларды жаңғырту мен цифрлық түрлендіру бағдарламасы аясында деректерді талдаудың интеллектуалдық жүйелерімен, цифрлық телнұсқалармен және жабдықтарды автоматтандырылған бақылау жүйелерімен тікелей байланысты бағыттарды белсенді түрде дамытуда. Бүгінгі таңда жасанды интеллект тәртіптемелерін темір жолдық инфрақұрылымдарға, қалалық көлік жүйесіне және аса ауыр жағдайларда жұмыс істейтін ауыр машиналарды пайдаланатын тау-кен өндірісі саласына енгізудің аса ірі жобалары іске асырылуда. Аталған жобалар жасанды интеллект мүмкіндіктерін ақауларды болжау, жөндеу аралық жүрілген жол немесе істеген жұмыс уақыты мөлшерлерін оңтайландыру, ең бастысы, жұмыс үдерісінен апаттық жағдайда шығып қалып, бос тұру оқиғаларының үлесін қысқарту бағытында қолданудың келешегі үлкен екендігін көрсетіп отыр [1,2].

Бірақ та, бірқатар оңды нәтижелерге қарамастан, көлік құралдарына техникалық қызмет көрсету мен оларды жөндеу саласына жасанды интеллект мүмкіндіктерін енгізу бірқатар кедергілерге де тап болып отыр. Олардың қатарына мыналарды жатқызуға болады: көліктің көптеген түрлерінің арнайы сезбектермен (датчиктермен) жарақтандыру деңгейінің төмендігі; техникалық деректер мен мәліметтерді жинау мен сақтаудың өтпелі жүйесінің жоқтығы; машиналық оқыту мен деректерді талдау саласындағы білікті мамандардың жетіспеушілігі және т.с.с. Бірақ та, Қазақстанның бәсекеге қабілетті көліктік-логистикалық жүйені қалыптастыруға деген құлшынысы мен цифрлық дамудың өзекті беталыстары көлік техникасына интеллектуалдық қызмет көрсету саласындағы зерттеулердің маңызы жоғары екендігін айқындайды.

### **Материалдар мен тәсілдер.**

Зерттеу негізіне Қазақстан Республикасының көліктік саласына тиесілі әртүрлі кәсіпорындар мен мекемелерден, соның ішінде темір жол, автомобиль көлігі және тау-

кен өндірісі компанияларынан, алынған мәліметтер жатқызылды. Зерттеу базасы ретінде келесідей түрлердегі материалдар қолданылды [3-8]:

1. Көлік құралдарының телематикалық мәліметтері:

- агрегаттардың айналу жылдамдығы;
- гидрожүйелер мен майлау жүйесіндегі қысым;
- мойынтіректердің, салқындату сұлбасының температурасы;
- жанармайды пайдалану шамасы;
- қателіктер мен оқиғаларды тіркеу;
- дірілдік белгілер немесе сигналдар.

2. Әртүрлі саладағы көлік кәсіпорындарының техникалық қызмет көрсету мен жөндеу жазбаларының 2020-2024 жылдар аралығындағы мұрағаттары [3].

3. Көлік техникаларының негізгі тораптары мен агрегаттарының ақауларының статистикалық деректері:

- тарту электр қозғалтқыштары;
- редукторлар;
- гидравликалық жүйелер;
- тежеу жүйелері;
- жүріс бөлігі элементтері.

4. Құрастырылымдық және пайдалану құжаттамалары, соның ішінде агрегаттардың төлқұжаттары, жөндеу аралық жүрілген жол немесе жұмыс уақыты нормативтері, қауіпсіз пайдалану стандарттары.

5. Далалық өлшеу жұмыстары (дірілдік есептегіштер, жылулық есептегіштер, OBD-II және CAN-шин жүйелері көмегімен жүргізіледі).

Зерттеу жұмыстарында деректерді талдаудың, математикалық үлгілеудің және жасанды интеллекттің заманауи тәсілдері пайдаланылды [4-8]. Бұл ретте келесілер негізгі әдіснамалық құралдар болып табылады:

1. Жасанды интеллект тәсілдері.

1.1 Машиналық оқыту тәртіптемелері:

- *Random Forest* – ақаулардың орын алу мәнбірлерінің маңыздылығын анықтау үшін;

- *Gradient Boosting, XGBoost* – ақаулардың түрлерін жіктеу үшін;

- *SVM* – пайдалану көрсеткіштеріндегі ауытқуларды диагностикалау үшін.

1.2 Нейрондық желілер:

- *LSTM (Long Short-Term Memory)* – істен шығу оқиғаларын уақыттық қатар бойынша болжау үшін (температура, діріл және т.с.с.)

- *CNN (Convolutional Neural Networks)* – дірілдік белгілерді талдау мен дірілдердің спектрлік бейнесін сараптау үшін.

2. Дірілдік белгілерді талдау тәсілдері.

Негізгі тораптарды диагностикалау үшін, мысалы, редукторлар, мойынтіректер:

- спектралдық тығыздық тәсілі;
- белгілерді сүзгілеу;
- жиіліктік ауытқулар диаграммаларын салу.

3. Инженерлік талдаулар тәсілдері:

- құралдың немесе жабдықтың жасанды интеллект жүйесі енгізілгенге дейінгі және одан кейінгі техникалық күйлерін салыстыру;

- экономикалық тиімділікті талдау;
- анықталған ақаулардың машиналардың ресурстарына тигізетін әсерін есептеу;
- болжамдық қызмет көрсету тәсіліне ауысқаннан кейінгі ұтымдылықты бағалау.

4. Деректерді суреттеу немесе бейнелеу және құрылымдау тәсілдері.

Қажетті кестелер мен сызбаларды салу үшін келесілер пайдаланылды:

- уақыттық диаграммалар;
- ақаулардың статистикалық таралулары;
- негізгі көрсеткіштердің уақыт бойынша өзгеру сипаты;
- тәуекелділік мәнбірлерінің корреляциялық қалыптамалары.

Осылайша, зертеудің материалдары мен тәсілдері құрамына үлкен көлемдегі деректерді талдау, жасанды интеллект тәртіптемелерін пайдалану, инженерлік диагностика және статистикалық өңдеу сияқты негізгі кезеңдерден құралған кешендік тәсілдеме енгізілген.

Бұлардың барлығы көлік техникаларына қызмет көрсету мен жөндеу жүйесіне жасанды интеллект мүмкіндіктерін енгізу тиімділігінің нақты және шынайы, жан жақты бағасын анықтауға мүмкіндік береді.

### Нәтижелер.

Ғылыми зерттеулер барысында жасанды интеллект тәртіптемелерінің Қазақстанның көлік жүйесінің құрамына кіретін әртүрлі салалардың көлік құралдарына көрсетілетін техникалық қызметтер мен жөндеу жұмыстарының сапасына тигізетін әсерін толыққанды бейнелейтін кешенді нәтижелер алынды.

Талдау, сараптау және бағалау жұмыстары телематика, техникалық қызмет пен жөндеу жұмыстарының статистикалық мұрағаттық құжаттары, диагностикалық өлшеу жұмыстары мәліметтері мен нақты кәсіпорындарға жасанды интеллект мүмкіндіктерін енгізу нәтижелері негізінде жүргізілді [3].

Бұл ретте көлік жүйесінің үш ерекше саласы таңдап алынды:

1. Темір жол көлігі бойынша - «ҚТЖ» ҰК» АҚ құрамына кіретін «Арыс пайдалану локомотив депосы» мен «Шымкент Локомотив Сервис» ЖШС;
2. Автомобиль көлігі бойынша - Шымкент қаласындағы автокөлік кәсіпорындары;
3. Тау-кен өндірісі бойынша - «ҚазАтомӨнеркәсіп-SaUran» ЖШС «Степное-РУ» филиалы, «HeidelbergCement Group» ЖШС.

Болжамдық техникалық қызмет көрсету тиімділігін анықтау мен жасанды интеллект жүйесінің көлік құралдарына техникалық қызмет көрсету мен оларды жөндеу көрсеткіштеріне тигізетін әсерін талдау мақсатында салыстырмалы сипаттағы арнайы кесте түзілді.

1 кесте - Дәстүрлі және болжамдық қызмет көрсетулерді өзара салыстыру

№	Көрсеткіштер	Дәстүрлі қызмет көрсету	Болжамдық қызмет көрсету (ЖИ)	Өзгерістер
1	Жоспардан тыс жөндеулер	20-25%	8-15%	-40...-55%
2	Техниканың бос тұруы	12-16 сағ/ай	6-8 сағ/ай	-50%
3	Диагностика дәлдігі	60-65%	80-90%	+20...+25%
4	Шығындарды үнемдеу	-	15-25%	-

### 1. Темір жол көлігі.

Бүгінгі таңда темір жол көлігі саласында назар аударуға тұрарлық көрнекті бағыттардың бірі ретінде локомотивтер паркін пайдалануды цифрландыруды ерекше атап өтуге болады. Локомотивтердің бірқатар түрлері үшін олардың буксалық тораптарының температура шамаларының уақыттық қатарлары мен электрлік қозғалтқыштардың дірілдеріне негізделген болжамдық нейрожелілік үлгілер дайындалған.

Енгізу нәтижелері ретінде мыналарды ерекше атап өтуге болады:

- локомотивтердің апаттық жағдайлардағы тоқтап қалу оқиғаларының 35-40% дейін қысқаруы;
- тарту қозғалтқыштарының қызып кету жағдайларының санының 25-30% дейін төмендеуі;
- локомотивтердің ақаулары салдарынан поездардың кестеден кешігуі санының 12-15% дейін азаюы;
- жасырын ақауларды диагностикалау дәлдігінің 80-85% дейін артуы;
- буксалық тораптардың апатсыз жұмыс істеу уақыттарының орташа есеппен 15% артуы.

2. Жолаушылар тасымалдау кәсіпорындары.

Соңғы жылдары Шымкент қаласында орналасқан және телематикалық сипаттағы арнайы кешендермен жабдықталған алдыңғы қатарлы автокөлік кәсіпорындары («Shymkent Bus» ЖШС, «Т-Bus» ЖШС және т.с.с.) Random Forest мен класстерлеу үлгілерінің тәртіптемелерін енгізу бағытында көшбасшы болып табылады. Жүргізілген талдаулар нәтижесінде мынадай қорытындылар алынды:

- суыту жүйесінің ақауларының орын алу жиілігі 50-55% төмендеген;
- жанармай шығындары көлемі 4-5% азайған;
- желідегі жұмыс барысында қозғалтқыштардың істен шығу оқиғаларының тіркелуі 30-35% дейін төмендеген;
- автобустардың жөндеу аралық жүрілген жол көлемі 12-15% дейін артқан.

3. Тау-кен көлігі техникасы.

Түркістан облысы аумағында орналасқан және жүк көтеру шамасы аса жоғары автокөлік құралдары мен эксковаторларды, бұрғылау қондырғыларын пайдаланушы «ҚазАтомӨнеркәсіп-SaUran» ЖШС «Степное-РУ» филиалы, «HeidelbergCement Group» ЖШС кәсіпорындарының өндірістік-техникалық қызметтері ауыр машиналардағы әртүрлі дірілдер мен температуралық ауытқуларды талдау жүйесін пайдалану жұмыстарын белсенді түрде іске асыруда.

Талдау барысында мынадай нәтижелер анықталды:

- апаттық ақаулар мен істен шығулар санының 25-30% дейін төмендеуі;
- гидравликалық сораптардың қызып кету оқиғаларының 35-40% дейін қысқаруы;
- ауыр машиналардың апаттық тоқтап қалу оқиғаларының 25-30% дейін азаюы;
- доңғалақтардың қызмет ету мерзімінің 12-15% дейін артуы.

4. Әртүрлі көлік салалары арасындағы тиімділіктер мен жетістіктерді салыстырмалы түрде бағалау.

Жүргізілген мақсаттық зерттеулер нәтижесінде мыналарды анықтау мүмкін болды:

- аса жоғары деңгейдегі экономикалық тиімділік тау-кен өндірісі саласында байқалады;
- техника құралдарының ресурстарының өсімі автокөлік кәсіпорындарына тиесілі;
- апаттылық деңгейінің төмендеу көрсеткіші темір жол көлігіне тән;
- болжамдық үлгілердің ең жоғары тиімділік деңгейі біртіндеп тозу сипаты тән тораптарға тиесілі, мысалы, мойынтіректер, редукторлар және т.с.с.

Осылайша, жасанды интеллект мүмкіндіктерін кеңінен пайдалану барлық талданған салалар үшін пайдалану көрсеткіштерінің жақсаруына, ақаулардың орын алу ықтималдылығын төмендетуге және шығындар мөлшерін оңтайландыруға алып келетіндігін дәлелдеп отыр.

### Талқылау.

Алынған нәтижелер көлік құралдарына техникалық қызмет көрсету мен оларды жөндеу жүйесінде жасанды интеллект мүмкіндіктерін пайдаланудың маңызы мен әуелетін кешенді талдауға жол ашады.

Жасанды интеллект жүйелерінің көліктік жүйелердің сенімділігіне тигізетін әсеріне келетін болсақ, жүргізілген зерттеулер нәтижесінде белгілі болып отырғанындай, жасанды интеллект үлгілері мыналарды қол жетімді ете алады [4-9]:

- ақаулар мен істен шығу оқиғаларының басым бөлігін алдын ала болжау;
- ақауларды анықтау дәлдігін едәуір дәрежеде арттыру;
- зардаптары жоғары апаттық оқиғалардың орын алу жиілігін азайту;
- негізгі тораптардың жұмыс ресурстарының шамасын, пайдалану тәртіптерін оңтайландыру жолымен, ұзарту.

Бұлардың барлығы, сайып келгенде, болжамдық техникалық қызмет көрсету тәсіліне көшу саланың цифрлық сипаттағы трансформациялануының аса тиімді бағыты болып табылатындығын айқындайды.

Жасанды интеллект тәртіптемелерінің жоғары деңгейдегі тиімділігінің басты себептері ретінде мыналарды атап өткен жөн:

- уақыттық қатарлар деректері мен мәліметтері құрамында, дәстүрлі диагностикалау тәсілдерімен анықтауға болмайтын, жасырын түрлердегі үлгілердің бар болуы;

- ML алгоритмдері әртүрлі дерек көздерінен алынған ақпараттарды біріктіреді, мысалы, телематика құралдары, есептегіштер, жөндеу құжаттары мұрағаттары, операторлардың есептері және т.с.с.;

- жасанды интеллект сызықтық емес тәуелділіктерді де есепке алуға қауқарлы, ал мұндай тәуелділіктер айнымалы жүктемелермен жұмыс істейтін механизмдерге тән құбылыс;

- нейрожелілер белгіленген шектерден төменгі ауытқуларды да анықтай алады, ал олар дәстүрлі, штаттық жүйелер тарапынан ескерілмейді.

Яғни, жасанды интеллект жүйелері техникалар мен жабдықтарды не қарапайым диагностикалаушы, не белгіленген ережелер мен регламенттер де жасай алмайтын тәсілмен талдау мүмкіндігіне ие.

Бұл ретте, бүгінгі таңда, Қазақстан Республикасында жасанды интеллектті енгізудің бірқатар қиындықтары да бар екендігін атап өту керек:

- әсіресе шалғай аудандар мен аймақтардағы техникалардың ескі, тозған паркі;
- машиналар мен жабдықтардың цифрлық тұрғыда жеткіліксіз деңгейде жарақтандырылуы (қысымды, дірілді, жанармай сапасын есептегіш немесе сезгіштерінің жеткіліксіздігі немесе тіптен жоқтығы);

- кәсіпорындар мен мекемелердің ақпараттық жүйелерінің шашыраңқылығы;

- машиналық оқыту мен data engineering бойынша арнайы мамандардың жетіспеушілігі;

- болжамдық қызмет көрсету бойынша арнайы ұлттық стандарттардың жоқтығы;

Аталған кедергілердің барлығы көліктік саланың нақты күй бойынша қызмет көрсету үлгісіне өтуін тежейді.

Ал саланың стратегиялық сипаттағы даму бағыттарына келетін болсақ, онда Қазақстан Республикасы үшін өте өзекті болып табылатын келесідей бағыттарды ерекше атап өтуге болады:

- темір жол, автомобиль және карьерлік көліктерді жаппай телематизациялау;

- техникалық қызмет көрсету мен жөндеу бойынша ұлттық мәліметтер базасын құру және ақпараттармен өзара алмасу стандартын енгізу;

- цифрлық мониторинг тәсілдерін енгізуді мемлекеттік тұрғыдан қолдау шараларын жасау;
- инженерлік мамандарды цифрлық дағдыларға (data analytics, ML, IoT) үйрету немесе арнайы мамандар дайындау ісін жолға қою.

Осы шаралар нақты іске асырылған жағдайда мемлекетіміз көлік құралдарын техникалық пайдалану саласына жұмсалатын шығындар көлемін біршама деңгейде қысқарта алады және көліктік саланың қауіпсіздігін арттыруға тиісті жағдайлар жасалады.

### **Қорытынды.**

Жүргізілген зерттеулер көліктік техникаларға қызмет көрсету мен оларды жөндеу жүйесіне жасанды интеллект технологияларын енгізудің жоғары тиімділігін айқындайды. Нақты кәсіпорындардың мұрағаттық мәліметтері мен деректерін жинау, талдау мен сараптау нәтижелері көрсеткеніндей, машиналық оқыту, уақыттық қатарларды зияткерлік тұрғыда талдау тәсілдерін және мониторинг жасаудың автоматтандырылған жүйелерін кеңінен қолдану, бұрын еңбек өнімділігінің деңгейін төмендетудің негізгі мәнбірлерінің бірі болып саналған, көлік техникаларының сенімділік деңгейін арттыруға және кенеттен орын алатын ақаулар санын азайтуға мүмкіндік береді.

Болжамдық диагностикалық үлгілерді кеңінен қолдану кесте бойынша қызмет көрсету үлгісінен, нақты күй бойынша қызмет көрсету түріне өтуге мүмкіндік береді, ал бұл, өз кезегінде, қолдағы бар ресурстарды оңтайлы пайдалануға, жөндеу жұмыстарын ұтымды ұйымдастыруға жол ашады. Сонымен қатар, пайдалану шығындары көлемі күрт төмендейді, бас тұру уақыттарының шамасы қысқарады және көлік құралдарының негізгі тораптарының ресурстар шамасы артады. Жалпы жасанды интеллект үлгілері механизмдер мен машиналардың тозуының жасырын белгілерін, ақаулардың нақты белгілері көрінгенге дейін, анықтауға деген тұрақты қабілетке еге.

Зертеу барысында алынған нәтижелер көрсеткеніндей, жасанды интеллектті пайдалану әуелеті әсіресе, темір жол көлігінде және тау-кен өндірісі саласында аса жоғары, бұл салаларда техникалар жоғары деңгейде жүктелген және оларда техниканың бос тұруының өзіндік құны да аса жоғары. Ал, автокөлік кәсіпорындары, өз кезегінде, экономикалық тиімділік тұрғысынан үнемділікті, бағыттардағы жұмыс тұрақтылығын және көлікті басқару тәртібінің оңтайлылығын көрсетеді.

Сонымен бір мезгілде жасанды интеллект технологияларын енгізудің бірқатар күрделі мәселелері мен кедергілері де анықталды: көлік паркінің бірқатарындағы арнайы есептегіштер мен телематика құралдарының жеткіліксіздігі, мәліметтерді жинау мен өндеудің біріздендірілген ережелерінің жоқтығы және жоғары білікті арнайы мамандардың жеткіліксіздігі. Ал бұлар саланы цифрландыруға деген кешенді тәсілдеменің қажеттілігін көрсетеді.

Көлік құралдарына техникалық қызмет көрсету мен оларды жөндеудің зияткерлік тұрғыдағы жүйелерінің одан ары қарай дамуы арнайы есептегіштердің инфрақұрылымдарын кеңейтуге, пайдалану деректері мен мәліметтерінің бірыңғай ұлттық қорын қалыптастыруға, инженерлік мамандардың біліктілігін арттыруға, сонымен қатар болжамдық қызмет көрсетудің салалық стандарттары мен ережелерін дайындауға бағытталғаны жөн. Бұл шаралардың барлығы дерлік еліміздің көлік жүйесінің тұрақты қызмет етуін қамтамасыз етуге, қауіпсіздік деңгейін арттыруға, апаттық жағдайлардың санын азайтуға және Қазақстан Республикасының көлік кәсіпорындары жұмысының экономикалық тиімділігінің артуына қажетті жағдайларды жасай алады.

Осылайша, жасанды интеллект техникалық қызмет көрсету үдерістерін жаңғыртудың негізгі құралы болып табылады және оның мүмкіндіктерін толыққанды пайдаға жарату бәсекеге қабілетті, технологиялық тұрғыдан толыққанды дамыған көлік саласының қалыптастырылуына ықпал ететін болады.

## ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Официальный сайт Министерство транспорта Республики Казахстан. - URL: <https://www.gov.kz/memleket/entities/transport?lang=ru>.

[2] Постановление Правительства Республики Казахстан от 28 марта 2023 года №269 «Об утверждении Концепции цифровой трансформации, развития отрасли информационно-коммуникационных технологий и кибербезопасности на 2023-2029 годы».

[3] Статистические отчеты производственно-технических отделов транспортных компаний, о проведенных работах по ТОиР транспортной техники.

[4] Сычугов А. Н. Применение машинного обучения для анализа технических характеристик и параметров эксплуатируемого подвижного состава на высокоскоростных железнодорожных магистралях//Бюллетень результатов научных исследований. - 2023. - Вып. 2. - С. 171-180.

[5] Голов Р.С., Мыльник А.В. Концептуальные основы реализации технологии предиктивной аналитики на высокотехнологичных промышленных предприятиях//Научные труды Вольного экономического общества России. - 2024. - №248(4). - С. 486-494.

[6] Егоров С.В., Шационок П.В., Ерпылева А.И., Жарков Д.И. Мировой и российский опыт применения интеллектуальных транспортных систем//Транспортное дело России. - 2022. - №2. - С. 130-136.

[7] Березуцкий Д.Э., Буркина А.В., Маркелова И.В. и др. Искусственный интеллект в сфере транспорта и логистики. - М.: Ассоциация «Цифровой транспорт и логистика», 2025. - 277 с.

[8] Introduction to Neural Networks. - AI-NLP-ML Group. Department of Computer Science and Engineering IIT Patna, 2025. - 45 p.

## REFERENCES

[1] Oficial'nyj sajt Ministerstvo transporta Respubliki Kazahstan. - URL: <https://www.gov.kz/memleket/entities/transport?lang=ru>.

[2] Postanovlenie Pravitel'stva Respubliki Kazahstan ot 28 marta 2023 goda №269 «Ob utverzhdenii Konceptii cifrovoj transformacii, razvitija otrasli informacionno-kommunikacionnyh tehnologij i kiberbezopasnosti na 2023-2029 gody».

[3] Statisticheskie otchety proizvodstvenno-tehnicheskikh otdelov transportnyh kompanij, o provedennyh rabotah po TOiR transportnoj tehniki.

[4] Sychugov A. N. Primenenie mashinnogo obuchenija dlja analiza tehniceskikh harakteristik i parametrov jekspluatiruemogo podvizhnogo sostava na vysokoskorostnyh zheleznodorozhnyh magistraljah//Bjulleten' rezul'tatov nauchnyh issledovanij. - 2023. - Vyp. 2. - S. 171-180.

[5] Golov R.S., Myl'nik A.V. Konceptual'nye osnovy realizacii tehnologii prediktivnoj analitiki na vysokotehnologichnyh promyshlennyh predpriyatijah//Nauchnye trudy Vol'nogo jekonomicheskogo obshhestva Rossii. - 2024. - №248(4). - S. 486-494.

[6] Egorov S.V., Shacionok P.V., Erpyleva A.I., Zharkov D.I. Mirovoj i rossijskij opyt primenenija intellektual'nyh transportnyh sistem // Transportnoe delo Rossii. - 2022. - №2. - S. 130-136.

[7] Berezuckij D.Je., Burkina A.V., Markelova I.V. i dr. Iskusstvennyj intellekt v sfere transporta i logistiki. - M.: Associacija «Cifrovoj transport i logistika», 2025. - 277 s.

[8] Introduction to Neural Networks. - AI-NLP-ML Group. Department of Computer Science and Engineering IIT Patna, 2025. - 45 p.

**Saken Pernebekov**, candidate of technical sciences, professor, Auezov University, Shymkent, Kazakhstan, saken\_uko@mail.ru

**Junusbekov Aitmukhamed**, candidate of technical sciences, associate professor, Auezov University, Shymkent, Kazakhstan, adzhunusbekov@bk.ru

**Zhaxylyk Dutbayev**, candidate of technical sciences, associate professor, Auezov University, Shymkent, Kazakhstan, dutbaev.69@mail.ru

**Zetbek Balabekov**, candidate of technical sciences, associate professor, Auezov University, Shymkent, Kazakhstan, zetbekkz70@mail.ru

**Antonina Kartashova**, candidate of technical sciences, associate professor, Auezov University, Shymkent, Kazakhstan, antonina-max@mail.ru

## USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO IMPROVE TRANSPORT EQUIPMENT MAINTENANCE AND REPAIR METHODS

**Abstract.** In the context of digitalization and rapid development of the transport industry in the Republic of Kazakhstan, improving the reliability and operational efficiency of transport equipment is of particular importance. Traditional maintenance and repair methods based on scheduled intervals do not always allow for the timely detection of hidden defects, leading to an increase in unscheduled failures, increased repair costs, and decreased vehicle availability. This paper examines the potential of using artificial intelligence technologies to improve maintenance methods and move toward a predictive approach based on the actual condition of the equipment.

The study analyzed telematics data, repair archives, and diagnostic indicators from transport companies in Kazakhstan, including railway companies, urban transport fleets, and mining enterprises. The use of machine learning algorithms, neural network models, and time series analysis methods enabled the identification of hidden patterns, prediction of probable component failures, and optimization of maintenance intervals. The results of implementing artificial intelligence demonstrate a reduction in emergency downtime, an increase in component life, improved diagnostic accuracy, and a reduction in operating costs.

Thus, the use of artificial intelligence in the transport equipment maintenance system ensures a significant increase in the reliability, cost-effectiveness, and safety of transport infrastructure, making this approach a strategically important tool for modernizing the industry in the context of digital transformation.

**Keywords:** artificial intelligence. maintenance and repair. predictive diagnostics. transport technology. digitalization of transport. equipment condition monitoring. optimization of inter-repair intervals.

**Сакен Пернебеков**, к.т.н., профессор, Auezov University, Шымкент, Казахстан, saken\_uko@mail.ru

**Айтмухамед Джунусбеков**, к.т.н., доцент, Auezov University, Шымкент, Казахстан, adzhunusbekov@bk.ru

**Жаксылык Дутбаев**, к.т.н., доцент, Auezov University, Шымкент, Казахстан, dutbaev.69@mail.ru

**Зетбек Балабеков**, к.т.н., доцент, Auezov University, Шымкент, Казахстан, zetbekkz70@mail.ru

**Антонина Карташова**, к.т.н., доцент, Auezov University, Шымкент, Казахстан, antonina-max@mail.ru

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЦЕЛЯХ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТОДОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ТРАНСПОРТНОЙ ТЕХНИКИ

**Аннотация.** В условиях цифровизации и быстрого развития транспортной отрасли Республики Казахстан особое значение приобретает повышение надёжности и эффективности эксплуатации транспортной техники. Традиционные методы технического обслуживания и ремонта, основанные на регламентных интервалах, не всегда позволяют своевременно выявлять скрытые дефекты, что приводит к увеличению числа внеплановых отказов, росту затрат на ремонт и снижению технической готовности транспортных средств. В данной работе рассматриваются возможности применения технологий искусственного интеллекта для совершенствования методов технического обслуживания и перехода к предиктивному подходу, основанному на фактическом состоянии оборудования.

В исследовании проанализированы данные телематики, архивы ремонтов и диагностические показатели транспортных предприятий Казахстана, включая железнодорожные компании, автопарки городского транспорта и горнодобывающие предприятия. Применение алгоритмов машинного обучения, нейросетевых моделей и методов анализа временных рядов позволило выявлять скрытые закономерности, прогнозировать вероятные отказы узлов техники и оптимизировать межремонтные интервалы. Результаты внедрения искусственного интеллекта демонстрируют снижение аварийных простоев, увеличение ресурса узлов, повышение точности диагностики и сокращение эксплуатационных расходов.

Таким образом, применение искусственного интеллекта в системе технического обслуживания транспортной техники обеспечивает существенное повышение надёжности, экономической эффективности и безопасности транспортной инфраструктуры, что делает данный подход стратегически важным инструментом модернизации отрасли в условиях цифровой трансформации.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, техническое обслуживание и ремонт, предиктивная диагностика, транспортная техника, цифровизация транспорта, мониторинг состояния оборудования, оптимизация межремонтных интервалов.

Қабылданған күні: 2025 жылғы 28 шілде  
Рецензиядан өткен күні: 2025 жылғы 03 қыркүйек  
Мақұлданған күні: 2025 жылғы 08 қараша