



АВТОМАТТАНДЫРУ ЖӘНЕ БАСҚАРУ
АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ
AUTOMATION AND CONTROL

DOI 10.51885/1561-4212_2022_4_217
MPHTI 50.01.85

**Б. Тойганбаев¹, К. Кошеков², А.К. Кошеков³, Р.К. Анаятова⁴, К. Алибекқызы⁵,
Ж.Е. Ерсайнова⁶**

Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Өскемен қ., Қазақстан

¹E-mail: Toiganbayev.b@gmail.com

²E-mail: kkoshekov@mail.ru

³E-mail: abai_koshekov@mail.ru

⁴E-mail: r-anayatova@mail.ru

⁵E-mail: Karlygash.eleusizova@mail.ru*

⁶E-mail: Zhansaya.ersaynova@mail.ru

АВИАЦИЯ САЛАСЫНЫҢ ЦИФРЛЫҚ ЖЕТІЛУ ДЕҢГЕЙІН БАҒАЛАУДЫҢ ФОРМАЛДЫ ӘДІСТЕРІ

ФОРМАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ЦИФРОВОЙ ЗРЕЛОСТИ АВИАЦИОННОЙ ОТРАСЛИ

FORMAL METHODS FOR ASSESSING THE LEVEL OF DIGITAL MATURITY OF THE AVIATION INDUSTRY

Аңдатпа. Мақаланың мақсаты – авиация саласының цифрлық жетілу деңгейін сандық бағалау және болжау әдістемесін әзірлеу. Салалық жетілудің цифрлық моделі маңыздылық деңгейі бойынша сарапшылықпен өлшенген цифрлық трансформацияның он технологиясының құрамы ретінде қарастырылады: «Нейротехнологиялар және жасанды интеллект»; «Таратылған тізілім технологиялары»; «Кванттық технологиялар»; «Жаңа өндіріс технологиялары»; «Smart Manufacturing Technologies (Smart Manufacturing); «Робототехника және сенсорлардың құрамдас бөліктері»; «Сымсыз байланыс технологиялары»; «Виртуалды және толықтырылған шындық технологиялары»; «Лазерлі технология». Нәтижесінде авиациялық саланың цифрлық жетілуінің есептелген деңгейі келесі салалармен анықталады: нейрондық технология дифференциалды бағалауы, математикалық конверсиялау арқылы цифрлық технологиялары, сандық жеке технологиялардың сандық деңгейі анық емес модельдеуі. Саланың цифрлық жетілу деңгейінің сандық мәні Харрингтонның қалаулы функциясы арқылы сапалы түрге қарастырылады.

Түйін сөздер: процесс, модель, ықтималдық, шешім қабылдау, модельдеу моделі, таралу заңы.

Аннотация. В статье поставлена цель разработки методики количественного оценивания и прогнозирования уровня цифровой зрелости авиационной отрасли. Цифровая модель зрелости отрасли рассматривается как композиция экспертно взвешенных по уровню значимости десяти технологий цифровой трансформации: «Нейротехнологии и искусственный интеллект»; «Технологии распределенного реестра»; «Квантовые технологии»; «Новые производственные технологии»; «Технологии умного производства (Smart Manufacturing); «Компоненты робототехники и сенсорика»; «Технологии беспроводной связи»; «Технологии виртуальной и дополненной реальности»; «Лазерная технология». Результирующий расчетный уровень цифровой зрелости авиационной отрасли находится по нейронной технологии путем математической свертки дифференцированных оценок цифровых технологий. Количественный уровень цифровых отдельных технологий находится нечетким моделированием. Количественное значение уровня

цифровой зрелости отрасли, преобразуется в качественную форму, использованием функции желательности Харрингтона.

Ключевые слово: процесс, модель, вероятность, принятия решений, имитационная модель, закон распределения.

Abstract. The aim of the article is to develop a methodology for quantitative assessment and forecasting the level of digital maturity of the aviation industry. The digital model of industry maturity is considered as a composition of ten digital transformation technologies expertly weighted by the level of significance: «Neurotechnologies and artificial intelligence»; «Distributed registry technologies»; «Quantum technologies»; «New production technologies»; «Smart Manufacturing Technologies (Smart Manufacturing); «Components of Robotics and Sensors»; «Wireless Communication Technologies»; «Technologies of Virtual and Augmented Reality»; «Laser Technology». The resulting calculated level of digital maturity of the aviation industry is found by neural technology by mathematical convolution of differentiated estimates digital technologies. Quantitative level of digital individual technologies is found by fuzzy modeling. Quantitative value of the level of digital maturity of the industry is converted into a qualitative form using Harrington's desirability function.

Keywords: process, model, probability, decision-making, simulation model, distribution law, standard.

Кіріспе. Қазіргі әлемдік экономикалық кеңістік жаңа технологиялардың қарқынды дамуымен, ақпараттық және компьютерлік жүйелердің санымен, ғылыми ақпарат пен ғылымды қажет ететін өнімдердің өсуімен сипатталады. Бұл факторлар адамзат өркениетінің жаңа даму парадигмасына өтуіне ықпал етіп қана қоймайды, сонымен қатар елдің бәсекеге қабілеттілігін және жаңа жаһандық сын-қатерлерге бейімделуін анықтайды. Экономикалық дамыған елдердің тәжірибесі көрсетіп отырғандай, жеке компанияның немесе тұтас елдің экономикалық өсуінің негізгі қозғаушы күші олардың жаңа білімді генерациялау және оны экономика мен қоғам талап ететін инновацияларға айналдыру қабілеті болып табылады. Экономика мен әлеуметтік салада жеті негізгі секторды бөліп көрсетуге болады: өнеркәсіп, отын-энергетика кешені, ауыл шаруашылығы, құрылыс, көлік және логистика, қаржы секторы, денсаулық сақтау. Экономиканың әрбір саласы үшін нақты даму, оның негізгі тенденциялары мен ықтимал әсерлері, технологиялық шешімдері бар. Ғылыми-техникалық прогресс тек өндірістік кооперацияда ғана емес, сонымен қатар ғылыми-білім беру ортасында, ғылыми даму салаларында да нығаюға ықпал етеді. Бұл ретте жаңа ғылыми білімдерді игеру жеделдетіліп, инновациялық белсенді және жаңашылдықты қабылдаушы кадрларды дайындау сапасы артады.

Бірқатар экономистердің көзқарасы бойынша «білімді қажет ететін экономика» терминін зияткерлік ресурстарды пайдаланумен, сондай-ақ білімді қажет ететін өнімдерді өндіруге арналған жаңа технологиялар мен ашылулармен сипатталатын экономикалық жүйе деп түсіну керек. Сондай-ақ ғылыми әдебиеттерде қолданылатын «білімді экономика», «ақпараттық экономика», «электрондық экономика», «желілік экономика» ұғымдарын «білімді қажет ететін экономика» терминімен бірдей пайдалану дұрыс емес деп саналады. Адамның ақыл-ойы, ақыл-ойы экономиканы дамыту үшін еңбек ресурсының негізгі капиталы қызметін атқарады.

Талданған әдебиеттерді қорытындылай келе «ақпараттық экономика», «постиндустриалды экономика», «жаңа экономика», «білімді экономика» және «білімді қажет ететін экономика» ұғымдарын синоним деп есептейтін зерттеушілермен келісу керек деп есептейміз. Біздің ойымызша, олар негізінен жаңа ғылыми идеяларды, өнертабыстарды, жаңалықтарды, цифрлық технологияларды қолдануға негізделген жоғары технологиялық өнімдерді өндіруге негізделген экономикадағы бірдей трансформациялық процестерді сипаттайды. Электрондық сөздікте, жүйелі түсіндірмеде ғылымды қажет ететін салалар – ең алдымен жоғары білікті адам ресурстарына сүйенетін салалар; мемлекеттік бюджеттің

кемінде 10 %-ын құрайтын іргелі және қолданбалы ғылымға жоғары қаржылық басылымдарында кездеседі. Осыған ұқсас арақатынас өнімнің өзіндік құнында сақталады.

Әдеби шолу. Бұл аналитикалық материал негізінен авиация саласына баса назар аударатырып, көлік салаларындағы цифрлық трансформация мәселесінің ағымдағы жағдайын зерттейді.

Кәсіби IT ортада және медиа ортада «цифрландыру» (цифрландыру), «цифрлық жетілу» (цифрлық жетілу) сияқты ұғымдар кеңінен қолданылды, салыстырмалы түрде жақында «цифрлық трансформация» (цифрлық трансформация) тіркесі қолданысқа енді [1-6] Цифрлық трансформация көптеген салаларды қамтыды және алғашқылардың бірі болып авиацияны, автомобильді, теміржолды, теңіз көлігін, сонымен қатар жеткізу тізбегіндегі барлық логистикалық процестерді қамтитын көлік және логистика.

Көлікті цифрлық трансформациялау аумақтардың байланысын қамтамасыз ету, көлік қауіпсіздігін арттыру, көлік тиімділігін арттыру, қоршаған ортаға әсерді азайту және көрсетілетін қызметтердің сапасын арттыру бойынша негізгі міндеттердің кең ауқымын жүзеге асыруға бағытталған.

Цифрлық трансформацияның қазіргі жағдайында үлкен және біркелкі емес көлемдегі деректерді өңдеу және талдау мүмкіндігі бәсекелестік артықшылықтың аса маңызды факторына айналады [7-10]. Кәсіпорындар тұтынушылардың өзгеретін қажеттіліктеріне жауап беріп, электронды сату арналары арқылы нарыққа жаңа өнімдер мен қызметтерді жылдам шығарып, бұрынғыдан да жылдамырақ бола алады. Бүгінгі таңда көптеген компаниялардың нарықтық құны негізінен соңғы жылдары Facebook, Google, Microsoft, Apple, Amazon сияқты цифрлық алпауыттар рекордтық нарықтық капиталдандыруға жеткен «цифрлық активтермен» анықталады. Өндірістік жүйелерде және өндірістік-шаруашылық процестерді басқаруда технологиялық тізбектерді енгізетін «ақылды технологиялар» құрылуда, бұл әсіресе көлікте айқын көрінеді, мұнда көліктің барлық түрлерінің көптеген бизнес-процестері біртұтас «біртекті» цифрлық технологияға біріктірілген, бұл ұғым ғылыми және практикалық түсіндірудегі логистикалық жүйе деп аталды. Ең бастысы, IT-жобалар бизнес-процестерде революциялық құралдар рөлін атқара бастады, мұнда ең бастысы цифрлық нысанның өзі емес, мысалы, ұшақ, әуежай, цифрлық теміржол, цифрлық пойыз, вагон, жеткізу, бірақ цифрлық процесс [11, 12, 13]. Сапа стандарттары да өзгертілді, олар жүйелік динамикаға сәйкес ресми түрде процесс стандарттары деп атала бастады. Цифрлық процесс жеткізуді, маркетингті, дизайнды, пайдалануды, кәдеге жаратуды біріктіретін цифрлық толықтырылған шындыққа айналуы керек, яғни объектінің өмірлік циклінің барлық кезеңдерін қамтитын гипотезалар бар. Жүйе анықтамасы өзгертілді – бұрыннан бар «жүйе – ортақ мақсатпен біріктірілген өзара байланысты элементтердің жиынтығы» дегеннен жаңасы – «жүйе – ортақ мақсатпен біріктірілген өзара байланысты процестердің жиынтығы» ретінде заңдастырылды. Объект – бұл процесс немесе құбылыс болып табылады.

Сонымен қатар, тауар нарықтарының, тасымалдаудың әртүрлі субъектілерінің бизнес-процестерін ұтымды біріктіру және желіге келтіру үшін арнайы құралдар қажет – көліктік-экономикалық процестерді біріктіру және желілік оңтайландыру құралдары, ақпарат ағындарын басқару құралдары, сондай-ақ көліктегі аналитикалық қосымшалардың, ақпараттық жүйелердің, деректер базаларының және ақпараттық технологиялардың басым әзірлемелерінің портфолиосын қалыптастыру процесі болады. Мұндай құрал Үлкен деректер (Big Data) болды – [14,15].

Сонымен қатар, егер біз авиациялық саланы пәндік аспектіде қарастыратын болсақ, онда біз оны цифрлық деректерді генерациялау және жинақтау саласындағы жасанды

интеллект (ЖИ), ML (machine learning – machine learning), Big Data (үлкен деректер), сондай-ақ классикалық BI шешімдері мен бизнес-барлау құралдары үшін көшбасшыларға толығымен жатқыза аламыз.

Датчиктер Big Data бағдарламалық құралы – Analytics арқылы өңделетін физикалық деректерді білдіреді. Цифрлық егіздерді және Big Data Analytics құралдарын енгізудің арқасында проблемаларды 95 % ықтималдықпен негізгі проблемаларға айналмас бұрын анықтау мүмкін болды. Сонымен қатар, болжамды модельдеудің пайда болуымен талдау негізінде анықталған бөлшектерді олар істен шыққанға дейін ауыстыруды талап ететін, атап айтқанда жоспарлы жөндеу және техникалық қызмет көрсету кезінде ауыстыру мүмкін болды. Мұның бәрі шығындарды азайтуға және ұшу қауіпсіздігін арттыруға ықпал етеді.

Жеке субъектінің өмірінде де, шаруашылық жүргізуші субъектінің өмірлік циклінде де ең маңызды, тіпті күнделікті жұмыстардың бірі – болашақты болжау немесе болжау болып келеді. Бұл функция екі әдіспен жүзеге асырылады: сараптамалық талдау әдісі және компьютерлік технологияны қамтитын формальды әдістері. Болжау процестерін формализациялау үшін математикалық құралдар қолданылады. Көптеген зерттеулер, мысалы, американдық метеоролог Эдвард Лоренц, жасанды интеллект жүйелерінде үлкен рөл атқаратын формальды әдістердің бастапқы деректерге өте сезімталдығын дәлелдеді. Бұл сезімталдық, әдетте, хаосқа әкеледі, соған қарамастан нейрондық желілерде сәтті қолданылады. Лоренц компьютерлік технологияның бұрын-соңды болмаған қарқынды дамуы болжамдардың сапасының артуына әкелмегенін түсіне алмады, яғни көп жылдар бұрын болғандай, бүгінде дәл болжам 2-3 күнмен шектелді. Бұл мәселе үлкен деректерді белсенді пайдалану ортасында өзекті болып табылады. Бұл құбылыстың себебі динамикалық хаос болып табылады, ол үлкен деректермен жұмыс істеу кезінде өте маңызды болды. Лоренц жүйесінің шекті болжам көкжиегі бар екені белгілі жай. Болжамдық процестердің қасиеті бар және тенденция үлкен жылдамдықпен ауытқиды, болжау басталу нүктесінен неғұрлым алыс болса, болжам жасалады. Бұл Ляпунов көрсеткіші деп аталады. Болжаудың уақыт аралығы осы көрсеткішке байланысты, бұл уақытша деректерді кластерлеу мәселелерінде өте маңызды. Бейсызық динамика жасанды интеллект саласындағы көптеген иллюзиялардан айырады және осы жүйелердің функционалдығында көптеген шектеулер жасайды. Дегенмен, сызықтық емес динамика көптеген мәселелермен қатар, әсіресе нейрондық технологияда үлкен мүмкіндіктер ашады. Осылайша, сызықты емес динамика жүйенің өмірлік белсенділігін жоғары сапалы бақылау үшін нейронның кіріс векторындағы деректер көлемін азайтуға мүмкіндік береді.

Бұл жағдайда жүйелік талдаудан жүйелік синтезге көшу және айнаымалылар массасынан ең ақпараттысын шығару мүмкін болды. Осылайша, болжам таза ғылым саласынан практикалық технологиялар саласына көшуде.

Интеллектуалдық деректерді өңдеудің кең және жиі қолданылатын құралдарының бірі Data Mining. Сарапшылар арасында Data Mining «шикі» деректердегі анық емес жасырын пайдалы білімді анықтаудың ең жылдам дамып келе жатқан технологиясы болып табылады. Осы зияткерлік өнімді пайдаланған кезде пайдаланушыдан көптеген сұрақтар туындайды, мысалы, «пайдалы» деген не. Пайдалылық критерийі негізделуі керек және қандай да бір түрде ресми түрде түрлендірілуі керек. Қолдануға ұсынылатын кейбір критерийлер белгілі және типтік, содан кейін тапсырма жеңілдетіледі.

Жасанды интеллектте кейде «ең жақын көрші әдісі» деп аталатын әдіс қолданылады. Бұл алгоритм қашықтық метрикасына сәйкес нысандар арасындағы ұқсастықты «өлшейді». Бірақ бұл әдіс сарапшылардың пікірлерінің сәйкестік дәрежесін Спирман

корреляция коэффициентімен өлшегенде сарапшылық бағалауда да қолданылады.

«Шешім ағаштары» деп аталатын алгоритм бар екені бәріне әйгілі. Бұл технология қазіргі уақытта деректерді өңдеу тапсырмаларында ең көп сұранысқа ие. Әдіс иерархиялық көпдеңгейлі детализацияға негізделген. Мұндай алгоритмдердің әрекеттері регрессиялық және корреляциялық талдауға негізделген.

Белгілі «генетикалық алгоритмдер» бар, олар әмбебап болып саналады және көпкритериалды жағдайда да, үлкен деректер ортасында оптимумды көпкритериалды іздеуде де оңтайландыру есептерінде қолданылады.

Авиация саласының жағдайына бейімделген деректерді интеллектуалды өңдеудің ең тиімді технологиясын зерттеу және таңдау осы жұмыстың мақсаты болып табылады және келесі материалдарда сипатталған.

1. Нейротехнологиялар және жасанды интеллект тобы мынандай технологияларды біріктіреді: компьютерлік көру, табиғи тілді өңдеу, сөйлеуді тану және синтездеу, шешім қабылдауды қолдау жүйелері, нейрондық интерфейстер, нейростимуляция және нейросезім.

Компьютерлік көру – бұл көлік саласында белсенді қолданылатын орталық ЖИ технологиясы. Түрлі компьютерлік көру құрылғылары сыртқы ортаға бейімделген және операциялық жағдай туралы үш өлшемді мәліметтерді қабылдауға және талдауға мүмкіндік береді (басқа көліктерден, жолдар, бағдарламалар және т.б.).

Мониторинг жүйелерін, көлік құралдарын, байланыс желілерін және жол инфрақұрылымы объектілерін диагностикалау және техникалық қызмет көрсетуді пайдалану арқылы айтарлықтай үнемдеуге болады. Көліктің әртүрлі түрлері, көліктік және логистикалық инфрақұрылым деректердің айтарлықтай көлемін жасайды.

Бұл технологиялар ақпаратты жинау, есепке алу және сақтау, оны талдау және визуализациялау, сонымен қатар логистикалық құжаттарды автоматтандырылған өңдеу міндеттерін шешуге бағытталған. Көліктегі сөйлеуді тану және синтездеуге негізделген шешімдер негізінен дауыстық хабарламаларды автоматты түрде талдау және олардың мазмұнын анықтау үшін қолданылады. Шешім қабылдауды қолдау жүйелері трафик ағындарын оңтайландыруға және логистикалық процестерді автоматтандыруға мүмкіндік береді. Болжалды техникалық қызмет көрсету жүйелерінің көмегімен автокөлікті жөндеу қажеттілігін анықтау мүмкін болады. Кіріктірілген нейроинтерфейстері бар көліктер (нейромобильдер) автомобильдерді, ұшақтарды және су көлігін басқаруды жеңілдетеді.

2. «Таратылған тізілім технологиялары» тобы мыналарды қамтиды: деректерді ұйымдастыру және синхрондау технологиялары, деректердің тұтастығы мен дәйектілігін қамтамасыз ету технологиялары (консенсус), орталықтандырылмаған қосымшаларды және смарт келісімшарттарды құру және орындау технологиялары.

Жүктерді тасымалдау мен логистикада әр түрлі бөлінген бухгалтерлік жүйе кеңінен қолданылады. Олар жүкті қадағалауға, транзакцияларды (мысалы, жанармай құю) және активтерді басқаруға, жүк құжаттарының қауіпсіз тасымалдануын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Блокчейн және басқа да осыған ұқсас технологиялар салалық регистрлер мен деректер базасын жүргізу, сондай-ақ нормативтік талаптарды іске асыруды автоматтандыру үшін пайдаланылуы мүмкін.

3. Кванттық технологиялар тобына мыналар кіреді: кванттық байланыстар; кванттық есептеулер; кванттық сенсорлар.

Қазіргі уақытта кванттық байланыстарға негізделген шешімдер даму сатысында. Болашақта олар теміржол көлігінен, оның ішінде ұшқышсыз көліктерден деректер

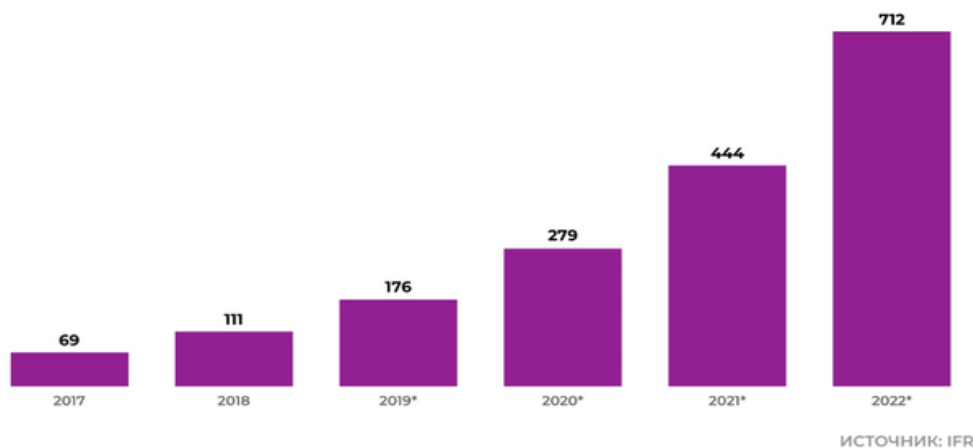
жіберілетін байланыс арналарын қорғау үшін, сондай-ақ маңызды көлік нысандарының қауіпсіздік жүйелерін құру үшін пайдаланылуы мүмкін. Қазіргі уақытта кванттық есептеулерге негізделген шешімдер де даму сатысында. Өңірлік ерекшеліктерді, табиғи-климаттық жағдайларды және басқа да талаптарды ескере отырып, саланың және көліктің жекелеген түрлерінің даму параметрлерін модельдеу және болжау перспективалы бағыт болып табылады. Кванттық сенсорларды көлік ағындарын оңтайландыру мақсатында автомобиль көлігінің навигациялық жүйелерін жақсарту үшін пайдалануға болады.

4. *Жаңа өндіріс технологиялары тобының агрегаттары: сандық дизайн, математикалық модельдеу және өнімнің немесе өнімнің өмірлік циклін басқару (Smart Design).*

Қазіргі уақытта ақпараттық модельдеу (ВІМ) темір жолдар мен автомобиль жолдарының желілерін, инфрақұрылым объектілерін жобалау үшін қолданылады. Ұшқышсыз көліктерге арналған ақылды жолды құру кезінде мұндай жүйелерге сұраныс артып келеді. Ақылды өндіріс технологиялары бизнес-процестерді автоматтандыру деңгейін арттыру және күрделі объектілердің өмірлік циклін басқару үшін әртүрлі смарт өндіріс жүйелерінде кеңінен қолданылады.

5. *«Робототехника және сенсорлардың құрамдас бөліктері» тобы.*

Робототехниканың ең жылдам дамып келе жатқан сегменттерінің бірі – логистика. Цифрлық трансформация көптеген салаларды қамтыды және алғашқылардың бірі болып әуе, автомобиль, теміржол, теңіз көлігін, сондай-ақ жеткізу тізбегіндегі барлық логистикалық процестерді қамтитын көлік және логистика жауап берді. IFR-дан 2017-2022 жылдарға арналған логистикалық роботтардың әлемдік нарығының даму тенденциясы (мәліметтер мың данамен) 1-суретте көрсетілген. 2018 жылы әлемде сатылған логистикалық жүйелер санының IFR бағалауы 111 мыңды құрайды, бұл осы жүйелер нарығындағы 60 % өсімге сәйкес келеді. Бұл кәсіби робототехника нарығындағы барлық сатылымдардың шамамен 40 % құрайды. 7,7 мыңға жуығы – өндірісте пайдаланылатын автономды басқарылатын көліктер (AGV немесе автоматтандырылған басқарылатын көлік), 103 мыңы – өндірістік емес жағдайларда.



1-сурет. IFR-дан 2017-2022 жылдарға арналған логистикалық роботтардың әлемдік нарығын дамыту болжамы

Ұшқышсыз басқаруға арналған ұшақтар мен автомобильдік роботтық көліктерде қажет жағдайларда радиоарна арқылы жүзеге асырылады. Радиоарнаның кемшілігі оның сыртқы рұқсат етілмеген әсерге жиі ұшырауы. Осы жағдайларда ұшқышсыз көлік ағындарын

қауіпсіз басқару принциптері бұрын-соңды болмаған маңыздылық пен өзектілікке ие болады, олар үшін VLC технологиялары қолданылады.

Әуе көлігінің смарт логистикасы аэродром кенептерін, инфрақұрылымдық объектілерді (жарық сигнализациясы, VLC жүйелері, бейнекамералар, жарықтандыру жүйелері және т.б.), технологиялық көліктерді, диспетчерді функционалды және ақпараттық түрде біріктіретін заманауи интеллектуалды жүйелермен (АЖ) техникалық және ұйымдастырушылық жағынан қамтамасыз етілген. ұшуды жедел басқаруға арналған қосымшалар және т.б.

6. *«Сымсыз байланыс технологиялары» тобы.* Бұл топ мыналарды қамтиды: WAN (Wide Area Network); LPWAN (төмен қуатты кең аймақтық желі); WLAN (сымсыз жергілікті желі); PAN (Personal Area Network) RFID (HF және UHF тегтері); спутниктік байланыс технологиялары; VLC технологиялары. Олар ақылды жол инфрақұрылымын, интеллектуалды көлік жүйелерін және, сайып келгенде, ұшқышсыз жерүсті көлігін пайдалануға мүмкіндік береді. Қолданудың негізгі бағыттарының қатарында көлік құралдарын қашықтан бақылау, жүрдек пойыздардағы сымсыз байланыс, әртүрлі нысандармен деректер алмасуға арналған V2X (Көліктен барлығына) жүйелерінің жұмысы, сондай-ақ жолаушыларға арналған бірқатар жаңа қызметтер бар. Логистикада 5G желілері дрондарды соңғы тұтынушыға тауарларды жеткізу үшін де, логистикалық орталықтарға тасымалдау үшін де пайдалануға мүмкіндік береді.

7. *«Виртуалды және толықтырылған шындық технологиялары» тобында әзірлеуші қолданушы тәжірибесін (UX) жақсартуға арналған VR/AR мазмұнды әзірлеу құралдары мен технологиялары бар.*

Қазіргі уақытта көлік индустриясында пайдаланушы тәжірибесін жақсартуға арналған VR/AR контент әзірлеу құралдары мен технологияларын пайдалану деңгейі соңғы технологиялардың жетілдірілмегеніне байланысты төмендеген. D авиация, мұндай шешімдер ұшқыштарды және ұшу операцияларына қатысатын басқа персоналды оқыту үшін пайдаланылуы мүмкін.

Теориялық және практикалық тұрғыдан жоғарыда аталған цифрлық трансформация технологиялары дамудың әртүрлі деңгейінде болады. Цифрлық трансформацияның қарқыны әсерлі, сондықтан бұл динамика «Цифрлық серпіліс» деп аталды. Статистика дереккөздердің 88 %-дан астамы цифрлық үзіліс олардың салаларына үлкен немесе трансформациялық әсер ететінін хабарлады. Дүниежүзілік экономикалық тәжірибе көлік-логистика саласы бұл салада ең үлкен сапалық секірісті бастан кешіріп, цифрлық революция кезінде 11-ші орыннан 7-ші орынға көтерілгенін көрсетеді.

Цифрлық технологиялардағы негізгі міндет – цифрлық жетілу деңгейін бағалау. Сандық жетілуді бағалау ұйымның өсу әлеуметтік бағалауға, даму бағыттарын анықтауға және цифрлық трансформацияның жеке стратегиясын жасауға мүмкіндік беретін көп деңгейлі зерттеу болып табылады.

Жұмыста экономиканың және әлеуметтік саланың негізгі салаларының «Цифрлық жетілу» көрсеткішін есептеу әдістемесі берілген. Бұл әдістемеде «Цифрлық жетілу» деңгейін сандық есептеуге арналған формулалар берілген. 2019 жылға қатысты пайызбен 2030 көрсетілген. Нәтижесінде цифрлық стратегиялар үлкен дәлдікке ие емес, өйткені олар сараптамалық бағалаудың субъективті аппаратына сүйенеді, бірақ болжамды кезеңде іске асыру ықтималдығы жоғары болады.

Зерттеу әдістері. Зерттеу әдістемесі жүйелік әдіске негізделген. Бұл интерпретацияда жүйе басқарудың цифрлық басқару агенттерінің біріктірілген жиынтығы ретінде қарастырылады, мұнда агенттер сыртқы ортамен байланысты белгілі бір тұтастық ретінде

бір-бірімен жүйелік байланыста болатын цифрлық технологиялар бола алады. Технологиялық және операциялық динамиканы бағалау және болжау тапсырмаларында жүйелік тәсіл әдістерін формализациялаудың қолданбалы құралдары ретінде мыналар қолданылады: сараптамалық бағалаулар, технологиялық ұқсастықтар, функционалдық тәуелділіктер, ықтималдық және имитациялық модельдер, анық емес жиындар, агент негізіндегі тәсілдер. Компьютерлік эксперимент жүргізу үшін алдыңғы зерттеулерде жасалған бағдарламалық қосымша қолданылады. Модельдеу үшін авиациялық кәсіпорындардың есеп беру құжаттарынан статистикалық мәліметтер пайдаланылды.

Зерттеу нәтижелері. Зерттеудің мақсаты – авиация саласының және авиация саласының шаруашылық субъектілерінің цифрлық жетілу деңгейін сандық бағалаудың ресми әдістемесін әзірлеу.

Зерттеудің жұмыс гипотезасы цифрлық трансформацияны процесс ретінде, ал цифрлық жетілуді цифрлық трансформация деңгейін бағалау құралы ретінде қарастыру болып табылады.

Зерттеудің бірінші кезеңі авиация саласының цифрлық жетілу деңгейін бағалау және болжау үшін формальды үлгіні әзірлеуді қамтиды.

Зерттеудің екінші кезеңі – авиациялық кәсіпорындардың цифрлық жетілу деңгейін бағалау және болжау үшін формальды үлгіні әзірлеу.

Формалдау процесі ықтималдықтар теориясына, математикалық статистикаға, анық емес жиындар теориясына, имитациялық модельдеуге, өзара шолу әдісіне және агентке негізделген тәсілге негізделген.

Нарықтық қаржылық-өндірістік құрылымның корпоративтік ұйымдық мақсаты шектеулі ресурстармен экономикалық нәтижелердің тиімділігін барынша арттыру болып табылады. Бұл мақсатқа жету барлық адамдық, қаржылық және материалдық ресурстарды бір басқаруға біріктіру және өнімді өткізуді қоса алғанда, үздіксіз жабық өндірістік циклді ұйымдастыру арқылы жоспарланады. Заманауи жағдайларда ұйымдастыру және басқару ISO 2015 стандартымен реттеледі. Бұл стандарт 8 принципке негізделген, олардың ішінде негізгілерінің бірі «процестік тәсіл» болып табылады. Мұндай тәсілмен жүйе бизнес-процестер мен ішкі процестерден құрылымдалған, функциялар немесе процедуралар деңгейіне дейін ыдырайтын жүйе динамикасы тұрғысынан қарастырылады.

Тақырыптық әдебиеттерді және интернет-ресурстарды шолу нәтижесінде авиациялық индустрия үшін келесі жиынтықта осы жұмыста цифрлық SMART технологияларының жаңа жаңартылған тізімі қалыптасты:

- V1 – «Нейротехнологиялар және жасанды интеллект»;
- V2 – «Таратылған тізілім технологиялары»;
- V3 – «Кванттық технологиялар»;
- V4 – «Жаңа өндіріс технологиялары»;
- V5 – «Ақылды өндіріс технологиялары»;
- V6 – «Робототехниканың және сенсорлардың құрамдас бөліктері»;
- V7 – «Сымсыз байланыс технологиялары»;
- V8 – «Виртуалды және толықтырылған шындық технологиялары».
- V9 – Лазерлік технология.
- V10 – борттық SMART диагностикасы.

Жалпы авиация саласының цифрлық жетілуінің интеграцияланған көрсеткіштерін әзірлеу үшін сараптамалық тәсіл қолданылды. Дәстүрлі әдістерден айтарлықтай айырмашылығы, бұл зерттеуде сарапшылық бағалаудың өзгертілген нұсқасы қолданылды.

Түрлендірілген сараптама әдісінің мәні мынада. Дәстүрлі түрде емтихан нәтижелерін қорытындылау үшін келесі өрнектер таңдамалы түрде қолданылады:

– орташа арифметикалық өлшенген

$$L1 = \sum_{i=1}^n x_i k_i; \quad (1)$$

– геометриялық орташа

$$L2 = \prod_{i=1}^n (x_i)^{k_i}; \quad (2)$$

– салмақты гармоникалық

$$L3 = \frac{\sum_{i=1}^n k_i}{\sum_{i=1}^n \frac{k_i}{x_i}}; \quad (3)$$

– орташа өлшемді квадрат

$$L4 = \sum_{i=1}^n k_i x_i^2 \quad (4)$$

$$L5 = 1 - \sqrt{\sum_{i=1}^n k_i (1 - x_i)^2}. \quad (5)$$

Бұл жұмыста біз кірістердің орташа салмақты қосындысы үшін нейрондық тәсілді ұсынамыз. Бұрын (1) – (5) формулалары бойынша есептеу нұсқаларының әрқайсысы дәстүрлі сараптамаға және 1-кесте нысанындағы сараптама деректеріне жатады, мұнда әрбір өрнекке өз G_i дәрежесі берілген.

1-кесте. (1) – (5) өрнектердің сарапшы бағалаулары мен рейтингтері

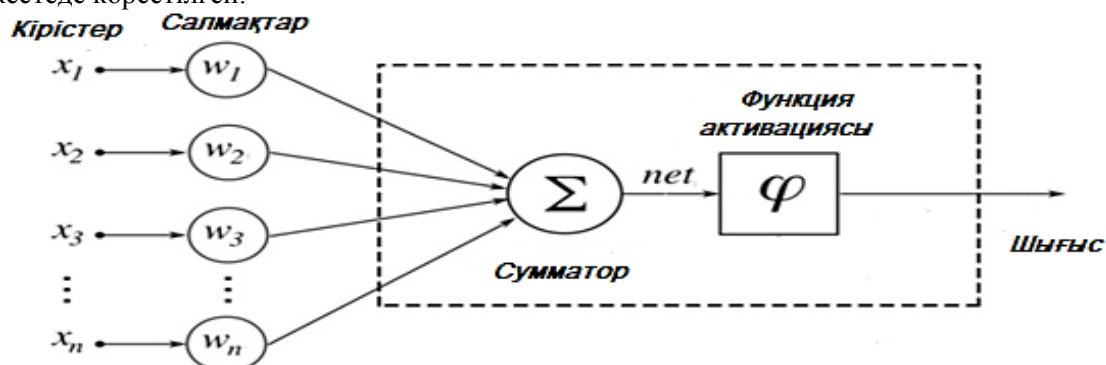
№	Критерий аты	Белгіленуі	Ранг (R)	Балы (G)
1	Арифметикалық орташа	L1	3	8
2	Геометриялық орташа	L2	1	10
3	Салмақталған гармоникалық	L3	2	9
4	Салмақты орташа квадраттық	L4	4	7
5	Салмақты орташа квадраттық	L5	5	6

n кіріс бойынша өлшенген деректерді математикалық конверсиялау арқылы сараптамалық бағалау нәтижесін қалыптастыруға арналған нейрондық Smart моделі 2-суретте көрсетілген.

Бұл жағдайда нейрондық модель (2-сурет) бес кіріс үшін интегралды функционалды рөл атқарады. Бұл модель бағдарламалық блок ретінде жүзеге асырылады. Сараптаманың нәтижелі интегралдық мәнін есептеу (белсендендіру функциясы) (6) өрнектен табылады.

$$Q = \frac{\sum_{i=1}^5 x_i G_i}{\sum G_i} \quad (6)$$

В1-В10 цифрлық SMART технологияларының сараптамалық рейтингінің нәтижелері 2-кестеде көрсетілген.



2-сурет. Сараланған сараптамалық бағалау нәтижелерінің салмақты қосындысының нейрондық моделі [24]

2-кесте. SMART технологияларының сарапшылық рейтингі

		SMART технологияларының баллдық және рейтингтік бағалаулары									
№	Ki	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10
1	7,4	0,121	0,091	0,076	0,106	0,076	0,106	0,121	0,045	0,121	0,136
2	8,8	0,135	0,108	0,081	0,068	0,081	0,081	0,135	0,081	0,108	0,122
3	7,4	0,13	0,058	0,101	0,116	0,101	0,116	0,101	0,087	0,072	0,116
4	7,8	0,105	0,066	0,079	0,105	0,105	0,118	0,079	0,118	0,105	0,118
5	7,2	0,133	0,12	0,093	0,093	0,08	0,093	0,107	0,093	0,107	0,08
Aj		0,125	0,089	0,086	0,098	0,089	0,103	0,109	0,085	0,103	0,114
Ajp		1	7	9	6	8	4	3	10	5	2
Bj		0,125	0,089	0,086	0,097	0,089	0,102	0,109	0,085	0,103	0,115
Bjp		1	7	9	6	8	4	3	10	5	2

Осылайша, цифрлық SMART технологияларының сараптамалық маңыздылығы мамандардың жиынтық көзқарастары мен бағалаулары және сыртқы бизнес-ортаның жай-күйі тұрғысынан анықталады. Дүниежүзілік бизнес тәжірибесіндегі цифрлық SMART технологияларының маңыздылығын сараптамалық бағалау нәтижелерін талдау бірінші дәрежелі технология – «Нейротехнология және жасанды интеллект», ал екінші дәреже «Onboard SMART диагностика» технологиясына берілгенін көрсетті.

Авиация саласының цифрлық жетілуін сандық бағалаудың ресми моделін әзірлеудегі келесі міндет модельдеу әдісін таңдау болып табылады. Айта кету керек, әдебиет көздерінде мұндай модельдеу туралы ақпарат жоқ. Шешілетін мәселе параметрлік бұлыңғырлық пен деректердің анық еместігі ортасында нашар формалданған мәселелерге жататындықтан, ең қолайлы модельдеу аппараты анық емес жиындар теориясы мен модельдеу модельдеу болады [19, 20].

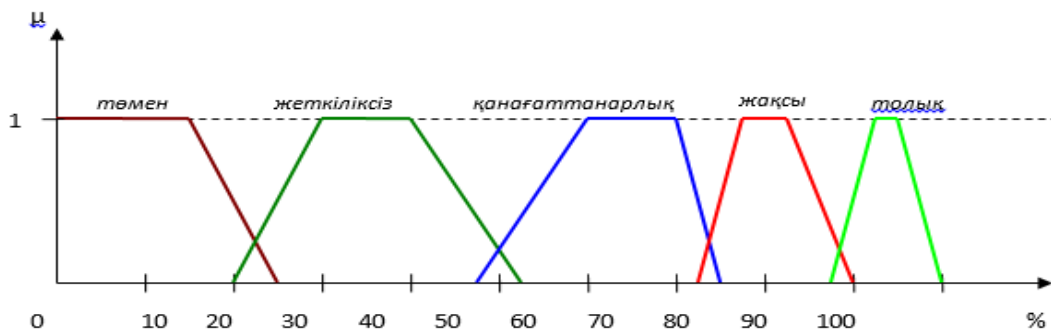
Анық емес модельдерде олар лингвистикалық айнымалылармен, лингвистикалық терминдермен, мүшелік функциямен, айнымалыны анықтау облысымен жұмыс істейді.

Лингвистикалық айнымалылар ретінде жоғарыда келтірілген B1, B2, B3 ... B10 белгілері бар цифрлық технологиялар жиынтығы зерттелетін болады. Тілдік айнымалыларды анықтау облысы 0-1 диапазонында орнатылған.

Анық емес тәсілде бірінші кезең бұлыңғырлау болып табылады, ол зерттелетін цифрлық технологиялар үшін келесідей жетілу деңгейлерін көрсетеді.

1. B1 – «Нейротехнологиялар және жасанды интеллект».

Терминдер = [«төмен», «жеткіліксіз», «қанағаттанарлық», «жақсы», «толық»]. Қаржыландыру сомасының мүшелік функциясының графигі 3-суретте көрсетілген.



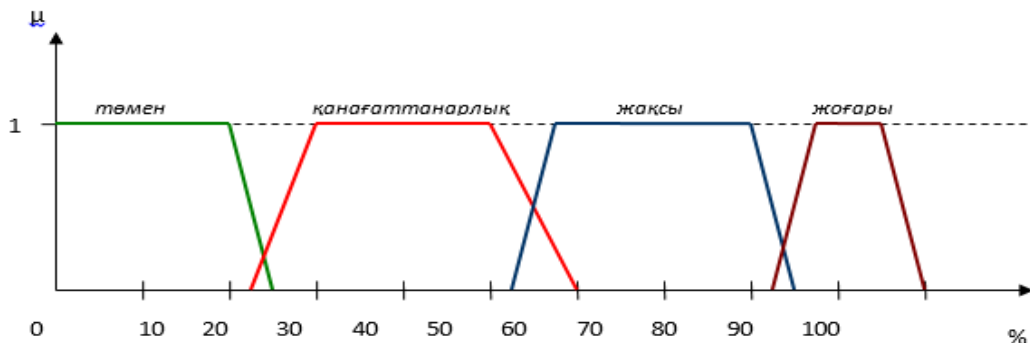
3-сурет. Анық емес жетілу деңгейі

2. B2 – «Таратылған тізілім технологиялары».

Терминдер = [«төмен», «қанағаттанарлық», «жақсы», «жоғары»].

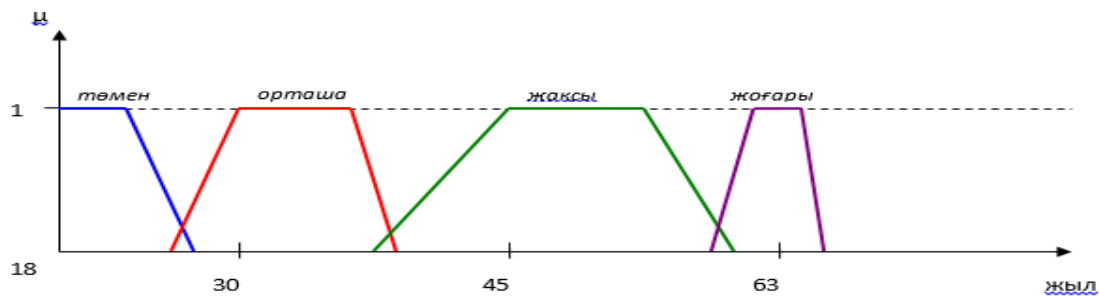
Аспаптық бақылаудың сапасы (4-суретті қараңыз).

3. B3 – «Кванттық технологиялар».



4-сурет. Бұлыңғыр жетілу деңгейі

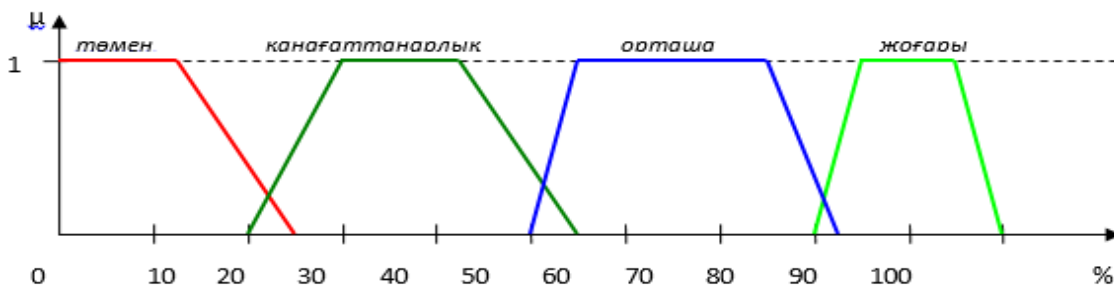
Терминдер = [«төмен», «орташа», «жақсы», «жоғары»]. Кадр жасына тиесілі функцияның графигі 5-суретте көрсетілген.



5-сурет. Жетілудің анық емес деңгейі

4. B4 – «Жаңа өндіріс технологиялары»

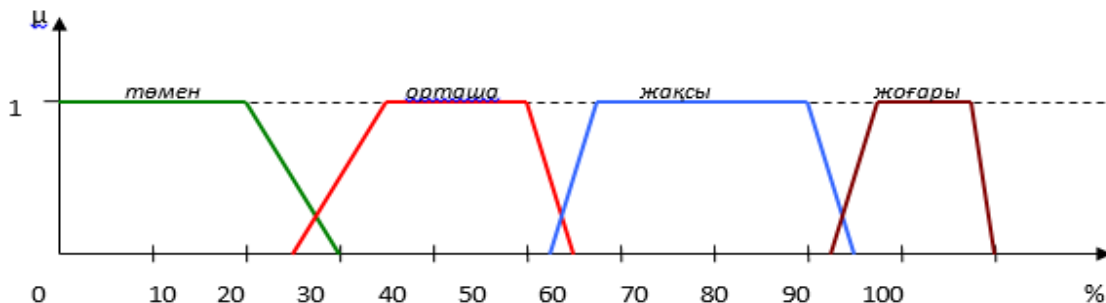
Терминдер = [«төмен», «қанағаттанарлық», «орташа», «жоғары»].



6-сурет. Бұлыңғыр жетілу деңгейі

5. B5 – «Ақылды өндіріс технологиялары».

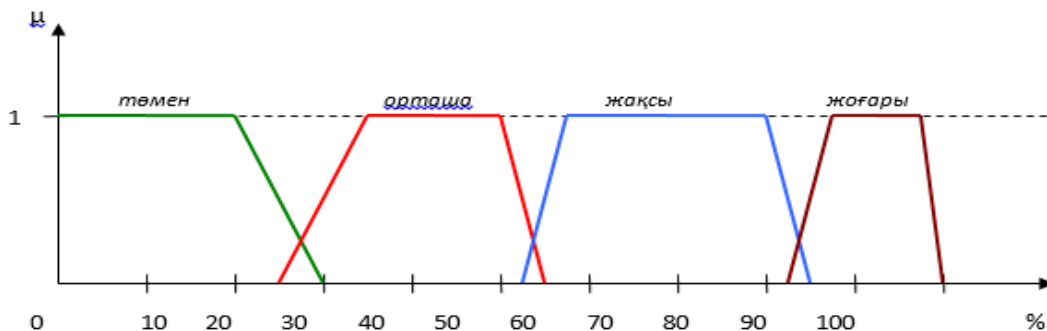
Терминдер = [«төмен», «орташа», «жақсы», «жоғары»]. Мүшелік функциясының графигі 7-суретте көрсетілген.



7-сурет. Бұлыңғыр жетілу деңгейі

6. B6 – «Робототехника компоненттері мен сенсорлары».

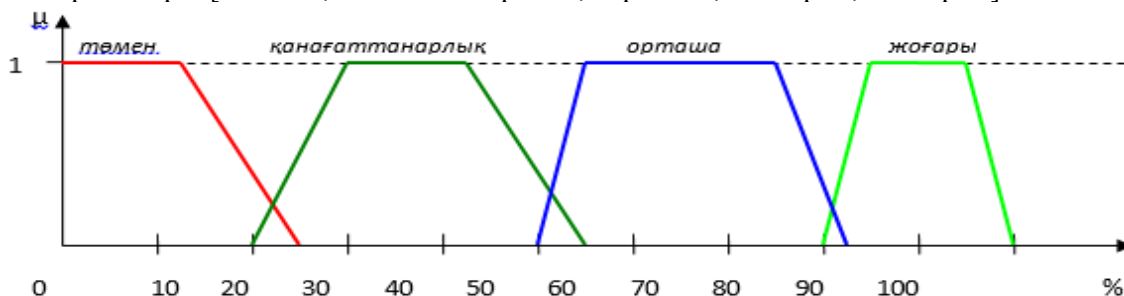
Терминдер = [«төмен», «орташа», «жақсы», «жоғары»].



8-сурет. Бұлыңғыр жетілу деңгейі

7. B7 – «Сымсыз технологиялар»

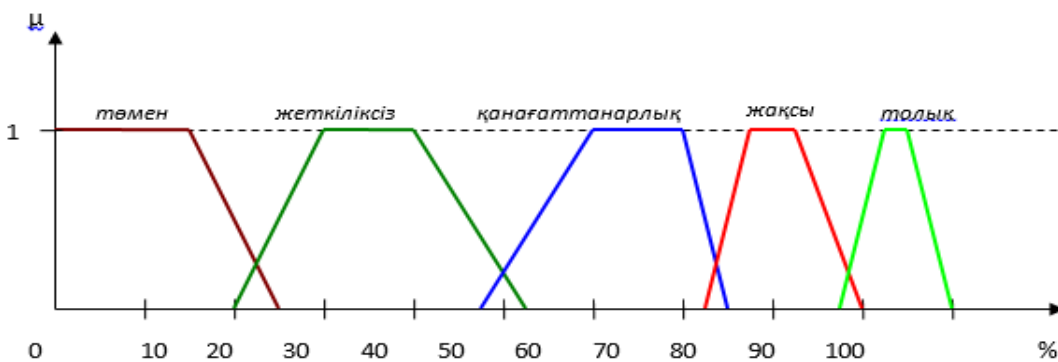
Терминдер = [«төмен», «қанағаттанарлық», «орташа», «жоғары», «жоғары»].



9-сурет. Бұлыңғыр жетілу деңгейі

8. B8 – «Виртуалды және толықтырылған шындық технологиялары»

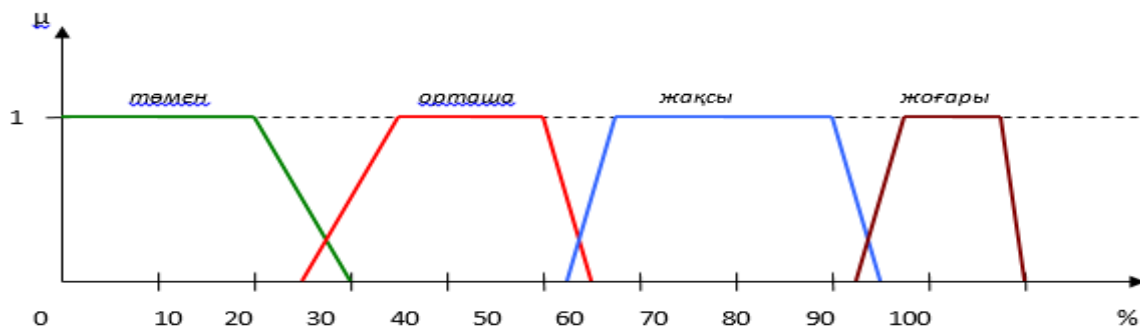
Терминдер = [«төмен», «жеткіліксіз», «орташа», «жақсы», «толық»].



10-сурет. Бұлыңғыр жетілу деңгейі

9. B9 – «Лазерлік технология».

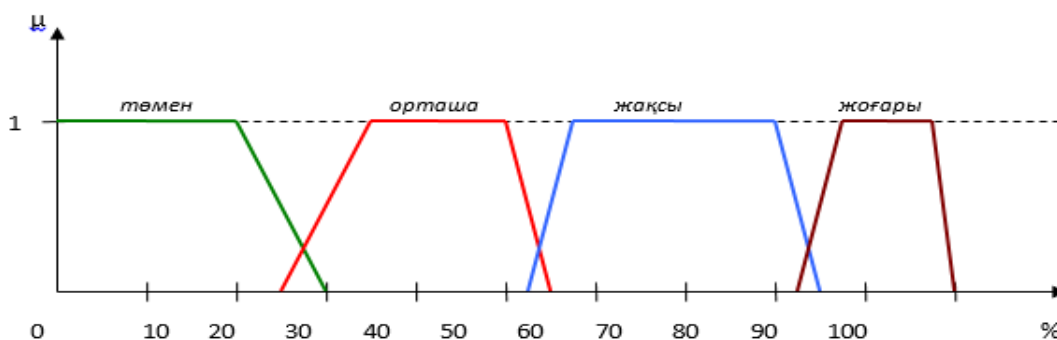
Терминдер = [«төмен», «орташа», «жақсы», «жоғары»].



11-сурет. Бұлыңғыр жетілу деңгейі

10. B10 – «Борттық SMART диагностикасы».

Терминдер = [«төмен», «орташа», «жақсы», «жоғары»]



12-сурет. Бұлыңғыр жетілу деңгейі

Авиация саласының цифрлық жетілу деңгейінің интегралды көрсеткішін есептеу үшін алдымен жоғарыда аталған цифрлық технологиялардың әрқайсысы үшін сараланған осы көрсеткішті бағалау қажет. Ол үшін бірнеше әдістемелер ұсынылған және олардың бірі құжатта ұсынылған [31]. Мысалы, B1 үшін әдістердің бірімен есептеу нәтижесін R1 деп белгілейміз. Бұл нәтиже статистикалық тұрғыдан анық емес және 3-кестедегі сараптамалық маңыздылықты және келесі өрнекті ескере отырып, анық емес жағдайды қажет етеді.

$$Q_i = \omega_i [X_{ij} (\alpha_{i1} \times \omega_{ij} + \alpha_{i1+1} \times \omega_{ij+1})] \tag{7}$$

Өрнек (7) анық емес тәсілде дефилтрация процедурасын, математикалық интерпретацияда конволюция функциясын орындайды және активтендіру функциясы ретінде нейрондық блокпен (4-сурет) жүзеге асырылады. Дефузизация тілдік айнымалының мүшелік функциялары бойынша α – тіліктер арқылы жүзеге асырылады. Жалпы авиация саласының цифрлық жетілу деңгейін (K_{Σ}) қорытынды кешенді бағалау келесі формула бойынша есептеледі:

$$K_{\Sigma} = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_{10}}{\omega_1 + \omega_2 + \omega_3 + \dots + \omega_{10}} \tag{8}$$

Келесі кезеңнің міндеті $\{Q_i\}$, $i = 1 - 10$ жиынының алынған бағалауларын және a, b, c,

d трапециясының параметрлерін статистикалық зерттеу болып табылады. Бұл кезең трапеция мүшелік функциясының a,b,c,d параметрлерінің кездейсоқ шама болуымен түсіндіріледі, өйткені оларды белгілі бір субъективтілік дәрежесі бар мамандар тағайындаған. Жұмыста осы параметрлерді таңдауда объективтілікті арттыру үшін модельдеу әдісі қолданылды, модельдеу процесінде трапеция параметрлерінің мәндері берілген интервалда қалыпты заңға сәйкес кездейсоқ түрде құрылды. Нөлден бірге дейінгі салыстырмалы түрде алынған есептелген сандық мән шешім қабылдаушымен түпкілікті нәтиженің сапасымен қабылданбайды. Мұндай жағдайларда салыстырмалы сандық ақпарат Харрингтонның қалау функциясын қолданатын адамға таныс сапалы тілдік формаға айналады [20]. Сапаның барлық сандық диапазоны келесі бес интервалға бөлінеді: 0-0,2; 0,2-0,37; 0,37-0,63; 0,63-0,8; 0,8-1,0. Әрбір интервалға лингвистикалық интерпретацияда сапалық «салмақ» беріледі: өте нашар; нашар; қанағаттанарлық; жақсы; өте жақсы.

Қорытынды. Ұсынылып отырған жұмыстың мақсаты цифрлық трансформация жүйесіндегі авиация саласының цифрлық жетілу деңгейін сандық бағалау әдістемесін әзірлеу болып табылады. Салалық жетілудің цифрлық моделі маңыздылық деңгейі бойынша сарапшылықпен өлшенген цифрлық трансформацияның он технологиясының құрамы ретінде қарастырылады: «Нейротехнологиялар және жасанды интеллект»; «Таратылған тізілім технологиялары»; «Кванттық технологиялар»; «Жаңа өндіріс технологиялары»; «Ақылды өндіріс технологиялары», «Робототехника компоненттері мен сенсорлары», «Сымсыз байланыс технологиялары», «Виртуалды және толықтырылған шындық технологиялары», «Лазерлік технология».

Қарау нәтижелері бойынша жалпы қорытынды жасалуы керек: авиацияны цифрлық түрлендірудің мемлекеттік саясаты әртүрлі ақпараттық жүйелер мен технологияларды біріктіру, құжаттаманы электронды түрге көшіру арқылы біртұтас цифрлық ортаны құруға бағытталған: цифрлық шешімдерді, оның ішінде автоматтандырылған және ұшқышсыз көліктерді пайдаланудың нормативтік ережелерін әзірлеу.

Цифрлық шешімдер саладағы және шаруашылық жүргізуші субъектілердегі басқару процестерін жетілдіру құралы ретінде қызмет етеді және көліктің барлық түрлеріне ортақ шаралармен қатар авиациялық логистика секторының ерекшеліктері мен міндеттерін ескеретін жоспарлар қарастырылған.

Цифрлық технологиялар көлік инфрақұрылымының қолданыстағы объектілерін жаңғырту және жаңаларын салу және қосалқы қызметтерді көрсету арқылы қауіпсіз және заманауи инфрақұрылымдарды құруға елеулі үлес қосуға арналған.

Мақала Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігі Ғылым комитетінің гранттық қаржыландыру ЖРН AP08857126 – «Авиациялық жөндеудің технологиялық процестері бойынша интерактивті оқыту бағдарламаларының кешенін әзірлеу» жобасы аясында жасалған.

Әдебиеттер тізімі

1. Государственная Программа «Цифровой Казахстан» // Утверждена Постановлением Правительства Республики Казахстан от 12 декабря 2017 года № 827
2. Абдрахманова Г.И., Быховский К.Б., Веселитская Н.Н., Вишневецкий К.О., Гохберг Л.М. Цифровая трансформация отраслей: стартовые условия и приоритеты. XXII Международная научная конференция по проблемам развития экономики и общества, Москва, 2021 г. – С. 11-16.
3. Алтухов А.И., Дудин М.Н., Анищенко А.Н. Цифровая трансформация как технологический прорыв и переход на новый уровень развития России // Продовольственная политика и безопасность. 2020. – Том 7. – № 2. – С. 81-96. – doi: 10.18334/ppib.7.2.100923.
4. Исаев Е.А., Коровкина Н.Л., Табакова М.С. Оценка готовности ИТ-подразделения компании к цифровой трансформации бизнеса // Бизнес-информатика. – 2018. – № 2 (44). – С. 55-64. DOI:

- 10.17323/1998-0663.2018.2.55.64.
5. Прохоров А., Коник Л. Цифровая трансформация: анализ, тренды, мировой опыт. – М.: АльянсПринт, 2019. – 368 с.
 6. Роджерс Д.Л. Цифровая трансформация: практическое пособие / пер. с англ. – М.: Точка, 2017. – С. 7.
 7. Knowledge Discovery Through Data Mining: What Is Knowledge Discovery- Tandem Computers Inc., 1996.
 8. Data mining: учебный курс. СПб: Питер. – 20 с.
 9. Gul J., Dauletbay Z. Models of effective public administration in digitalization // Opcion. – 2019. – Vol. 35. Special Edition. – No. 24. – Pp. 1517-1531.
 10. Ilin I., Levaniuk D., Dubgorn A. Assessment of digital maturity of enterprises // Advances in Intelligent Systems and Computing. – 2020. 1259. – Pp. 167-177.
 11. Lezina T., Stoianova O., Ivanova V., Gadasina L. Assessment the Company's Readiness for Digital Transformation: Clarifying the Issue // Lecture Notes in Business Information Processing. – 2019. – Vol. 358. – Pp. 3-14.
 12. Big Data – что такое системы больших данных? Развитие...//promdevelop.ru>industry/big-data.
 13. Большие данные в авиации: 4 практических примера
 14. bigdataschool.ru>blog/большие-данны...
 15. «Воздушная математика». Большие данные в мире гражданской...bumirang.ru>vozdushnaya-matematika...
 16. Цифровая трансформация гражданской авиации//avia.ramax.ru.

References

1. Gosudarstvennaya Programma "Cifrovoy Kazahstan" // Utverzhdena Postanovleniem Pravitel'stva Respubliki Kazahstan ot 12 dekabrya 2017 goda № 827
2. Abdrahmanova G.I., Byhovskij K.B., Veselitskaya N.N., Vishnevskij K.O., Gohberg L.M. Cifrovaya transformaciya otraslej: startovye usloviya i priority. XXII Mezhdunarodnaya nauchnaya konferenciya po problemam razvitiya ekonomiki i obshchestva, Moskva, 2021 g. – S. 11-16.
3. Altuhov A.I., Dudin M.N., Anishchenko A.N. Cifrovaya transformaciya kak tekhnologicheskij proryv i perekhod na novyj uroven' razvitiya Rossii // Prodovol'stvennaya politika i bezopasnost'. 2020. – Tom 7. – № 2. – S. 81-96. – doi: 10.18334/ppib.7.2.100923.
4. Isaev E.A., Korovkina N.L., Tabakova M.S. Ocenka gotovnosti IT-podrazdeleniya kompanii k cifrovoj transformacii biznesa // Biznes-informatika. – 2018. – № 2 (44). – S. 55-64. DOI: 10.17323/1998-0663.2018.2.55.64.
5. Prohorov A., Konik L. Cifrovaya transformaciya: analiz, trendy, mirovoj opyt. – М.: Al'yansPrint, 2019. – 368 s.
6. Rodzhers D.L. Cifrovaya transformaciya: prakticheskoe posobie / per. s angl. – М.: Tochka, 2017. – S. 7.
7. Knowledge Discovery Through Data Mining: What Is Knowledge Discovery- Tandem Computers Inc., 1996.
8. Data mining: uchebnyj kurs. SPb: Piter. – 20 s.
9. Gul J., Dauletbay Z. Models of effective public administration in digitalization // Opcion. 2019. Vol. 35. Special Edition. – No. 24. – Pp. 1517-1531.
10. Ilin I., Levaniuk D., Dubgorn A. Assessment of digital maturity of enterprises // Advances in Intelligent Systems and Computing. – 2020. 1259. – Pp. 167-177.
11. Lezina T., Stoianova O., Ivanova V., Gadasina L. Assessment the Company's Readiness for Digital Transformation: Clarifying the Issue // Lecture Notes in Business Information Processing. – 2019. – Vol. 358. – Pp. 3-14.
12. Big Data – chto takoe sistemy bol'shih dannyh? Razvitie...//promdevelop.ru>industry/big-data.
13. Bol'shie dannye v aviacii: 4 prakticheskikh primera bigdataschool.ru>blog/bol'shie-dann...
14. «Vozdushnaya matematika». Bol'shie dannye v mire grazhdanskoj...bumirang.ru>vozdushnaya-matematika...
15. Cifrovaya transformaciya grazhdanskoj aviacii//avia.ramax.ru.