

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

**М.Ф. БАЙМҰХАМЕДОВ,  
А.М. БАЙМҰХАМЕДОВА, С.Н. БОРАНБАЕВ**

**ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ:  
ҚАЗІРГІ ЗАМАНҒЫ ТЕОРИЯ  
ЖӘНЕ ТӘЖІРИБЕ**

2 Бөлім

---

**ARTIFICIAL INTELLIGENCE:  
MODERN THEORY AND PRACTICE**

Volume 2

Алматы, 2020

ӘОЖ  
КБЖ  
Б

*Академик З.Алдамжар атындағы Қостанай әлеуметтік-техникалық университетінің Ғылыми кеңесі шешімімен басып шығаруға ұсынылады*

**Рецензенттер:**

- Құрманов А.К.** – техника ғылымдарының докторы, Ахмет Байтұрсынов атындағы Қостанай мемлекеттік университетінің профессоры  
**Мелетов Н.А.** – физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, Қостанай мемлекеттік педагогикалық университетінің ғылым жөніндегі проректоры

**Б** **Баймұхамедов М.Ф., Баймұхамедова А.М., Боранбаев С.Н.**  
**Жасанды интеллект: қазіргі заманғы теория және тәжірибе / Artificial Intelligence: Modern Theory and Practice:** оқу құралы / М.Ф.Баймұхамедов, А.М.Баймұхамедова, С.Н.Боранбаев, 2 бөлім – Алматы: «Бастау», 2020. – 240 бет.

ISBN

Бұл оқулықтың екінші томы қоғамдық өмірдің түрлі салаларында жасанды интеллектің практикалық қолдануға арналған. Білім беруде, денсаулық сақтауда, ғарыштық зерттеулерде, өнеркәсіпте, ауыл шаруашылығында және қоршаған ортаны қорғауда ЖИ әдістері мен құралдарын қолдану қарастырылады. Көліктегі, робототехникалық кешендерде интеллектуалды басқару жүйелерін құру негіздері баяндалады. Білім және медицинада қолданылатын сараптама жүйелерін әзірлеу және құру модельдері мен әдістері қарастырылды. Материалды баяндау көп иллюстрациялар, практикалық мысалдармен сүйемелденеді, өзін-өзі бақылауға арналған сұрақтар ұсынылады.

*Оқулық техникалық мамандықтардың студенттері мен магистранттарына арналған.*

The second volume of this textbook is devoted to the practical application of artificial intelligence in various areas of public life. The application of AI methods and tools in education, healthcare, space research, industry, agriculture and environmental protection is considered. The fundamentals of building intelligent control systems in transport, in robotic complexes are described. The models and methods of development and creation of expert systems used in education and medicine are considered. The presentation of the material is accompanied by a large number of illustrations, practical examples, exercises and questions for self-control are offered.

*The textbook is intended for students and undergraduates of technical specialties.*

ISBN

ӘОЖ  
КБЖ

# МАЗМҰНЫ CONTENTS

Аббревиатуралардың толық жазылуы .....	8
Decoding of abbreviations .....	130

Кіріспе .....	
Introduction .....	

## **1-тарау. Жасанды интеллектті практикалық қолдану .....**

### **Chapter 1. Practical use of AI .....**

- 1.1. Сандық экономика жағдайында жасанды интеллектті  
практикалық қолдану.....
- 1.1. The practical application of artificial intelligence in  
a digital economy.....
- 1.2. Бүгін жасанды интеллект: нейрондық желілер және  
машина оқыту .....
- 1.2. Artificial Intelligence Today: Neural Networks and  
Machine Learning.....
- 1.3. Жасанды интеллекттің әлемдік экономикаға әсері.....
- 1.3. The impact of artificial intelligence on the global economy .....
- 1.4. Жасанды интеллектті практикалық пайдаланудың  
кейбір ерекшеліктері.....
- 1.4. Some features of the practical use of AI .....

## **2-тарау. Білім беру саласында жасанды интеллектті қолдану, сараптамалық оқыту жүйелерін әзірлеу және енгізу .....**

### **Chapter 2. The use of AI in education, development and implementation expert training systems .....**

- 2.1. Адаптивті оқыту .....
- 2.1. Adaptive learning.....
- 2.2. Сараптама жүйелерінің қабықшаларын салыстырмалы  
талдау .....
- 2.2. Comparative analysis of expert systems shells.....
- 2.3. Оқу үрдісінде қолдануға арналған сараптамалық оқыту  
жүйесінің жобалау әдістемесі.....
- 2.3. Methodology of designing expert training systems for use  
in the educational process .....
- 2.4. Сараптамалық оқыту жүйелерінің архитектурасы .....

- 2.4. Architecture of expert training systems .....
  - 2.4.1. BESS сараптама жүйесі қабықшасының архитектурасы...
  - 2.4.1. BESS expert system shell architecture.....
  - 2.4.2. BELS сараптама жүйесінің білім беру қабықшасының архитектурасы.....
  - 2.4.2. Architecture of the educational shell of the BELS expert system.....
- 2.5. BESS сараптама жүйесінің қабықшасын оқу процесінде қолдану .....
- 2.5. Use of the shell of the BESS expert system in the educational process.....
- 2.6. Білім алушының білімін бейімделген тестілеу .....
- 2.6. Adapted testing of student knowledge.....

### **3-тарау. Медицина саласындағы жасанды интеллект .....**

#### **Chapter 3. AI in the field of medicine .....**

- 3.1. Медицинада жасанды интеллекттің қолдану салалары .....
- 3.1. Scopes of AI in medicine .....
- 3.2. Dearhealth медициналық аналитикалық алаңы.....
- 3.2. Medical analytic platform dearhealth .....
- 3.3. Балалардағы қатерлі ісік диагностикалау үшін жасанды интеллект бағдарламасы – скрининг арналған .....
- 3.3. AI screening program for the diagnosis of cancer in children.....
- 3.4. Созылмалы ауруларды анықтайтын бағдарламалық жасақтама.....
- 3.4. Chronic disease detection software.....
- 3.5. Command center – GE Healthcare ауруханасын басқару жүйесі .....
- 3.5. Command center – Ge Healthcare hospital management system.....

### **4-тарау. Робототехникада жасанды интеллект әдістері мен құралдарын қолдану .....**

#### **Chapter 4. Application of AI methods and tools in robotics.....**

- 4.1. Робототехникада қолданылатын интеллектуалды мехатронды модульдер .....
- 4.1. Intelligent mechatronic modules used in robotics .....
- 4.2. Интеллектуалды мехатронды модульдердің мысалдары .....
- 4.2. Examples of intelligent mechatronic modules.....
- 4.3. Мобильді роботтарды басқарудың интеллектуалды жүйелері...

- 4.3. Intelligent control systems for mobile robots .....
- 4.4. Тұрмыстық және өндірістік мақсаттағы үй-жайлардың қауіпсіздігін қамтамасыз ететін робототехникалық жүйені басқарудың интеллектуалды жүйесі .....
- 4.4. Intelligent control system for a robotic system that ensures the safety of premises for domestic and industrial purposes .....

**5-тарау. Көліктегі жасанды интеллекттің жүйелері .....**

**Chapter 5. AI systems in transport .....**

- 5.1. Қоғамдық көлікте жасанды интеллект .....
- 5.1. AI in public transport .....
- 5.2. Теміржол көлігіндегі жасанды интеллект .....
- 5.2. AI in railway transport .....
- 5.3. Авиациядағы жасанды интеллект жүйелері .....
- 5.3. AI systems in aviation .....

**6-тарау. Ғарыштық зерттеулердегі жасанды интеллект жүйелері ...**

**Chapter 6. AI systems in space research .....**

- 6.1. Күн дауылын болжау және астероидтерден қорғау .....
- 6.1. Solar Storm Prediction and Asteroid Protection .....
- 6.2. Жасанды интеллект аппараттарға қонуға көмектеседі .....
- 6.2. AI helps vehicles to land .....
- 6.3. Жасанды интеллект ғарышкерлерді құтқарады .....
- 6.3. AI saves astronauts .....
- 6.4. Ғарыштық деректерді өңдеудегі жасанды интеллект .....
- 6.4. Artificial Intelligence in Space Data Processing .....

Қорытынды .....

Conclusion .....

Әдебиет .....

Literature .....



**ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ:  
ҚАЗІРГІ ЗАМАНҒЫ ТЕОРИЯ  
ЖӘНЕ ТӘЖІРІБЕ**

## Аббревиатуралардың толық жазылуы

<b>ЖИ</b>	– жасанды интеллект
<b>ЭЕМ</b>	– Электронды есептеу машинасы
<b>КСРО</b>	– Кеңестік Социалистік Республикалар Одағы
<b>ОБЖ</b>	– оңтайлы басқару жүйесін
<b>ІЖҚ</b>	– іштен жанатын қозғалтқышы
<b>ИБ</b>	– иінді білікт
<b>ОБОБ</b>	– отын берудің озық бұрышы
<b>БАҚҚ</b>	– берілісті ауыстырып қосу қорабы
<b>ПӘК</b>	– пайдалы әсер коэффициенті
<b>БҚ</b>	– беріліс қорабы
<b>ТКБИЖ</b>	– Теміржол көлігіндегі басқарудың интеллектуалды жүйесі
<b>ААҚ</b>	– ашық акционерлік қоғам
<b>АҚ</b>	– акционерлік қоғам
<b>ІҚТШҚ</b>	– іске қосу тоғын шектеу құрылғылары
<b>АҚШ</b>	– америка құрама штаттары
<b>АТ</b>	– ақпараттық технологиялар
<b>ҰА</b>	– ұшу аппараттары
<b>АЖ</b>	– ақпараттық жүйелерді



*Баймұхамедов Мәлік Файзуллаұлының  
профессор  
75-жылдығына  
арналып баспадан шығады*

## КІРІСПЕ

Жасанды интеллектін (ЖИ) тарихы біздің дәуірімізден әлдеқайда бұрын басталады. Аристотель алғашқылардың бірі болып «дұрыс ойлау» заңдылықтарын немесе анықталмайтын ойлау процестерін анықтады. Орта ғасырларда механикалық есептеу құрылғыларын жасау әрекеттері замандастарына қатты әсер қалдырды. 1642 жылы Блез Паскаль салған Паскалин машинасы ең танымал. «Арифметикалық машина жануарлардың кез-келген іс-қимылдарымен салыстырғанда ойлауға жақынырақ сияқты әсер береді» деп жазды Паскаль. Жасанды интеллектін практикалық іске асыру мүмкіндіктері электрондық есептеу машиналарын құру сәтінен бастап пайда болды. Осы уақытта «Машина ойлау біледі ме?» деген тақырыпта философиялық пікірталасу басталды. Бұл пікірталастың қорытындысы XX ғасырдың 50-ші жылдарында Алан Тьюринг ұсынған сынақ болды [1]. Сынақ мыналардан тұрады: екі телетайп бар (ол кезде басқа терминалдық құрылғылар жоқ, қазір ICQ ұсынар еді). Телетайптың бірі машинаға, екіншісі – адам отыратын аппаратқа қосылған. Бірнеше сарапшылар телетайптардың әрқайсысында кезекпен диалог жүргізеді. Егер сарапшылардың көпшілігі бес минут ішінде әңгімелесушілердің бірінде машинаны тани алмаса, онда Тьюринг сынағы сәтті өтті деп есептеледі. Тьюринг сынағы жасанды интеллекттің дамуында белгілі бір рөл атқарды, соның ішінде сынақтың сынағы да бар. Мұнда авиациямен ұқсастық жасауға болады. Жақсы ұшу аппараттары, Тьюринг тестінің логикасы бойынша, құстардан ажырамайтын, тіпті құстар да оларды өздерінде қабылдайды деп саналуы тиіс. Авиацияның дамуы конструкторлар құстарды көшіруді тоқтатқанда, аэродинамика, материалтану және күш теориясымен бастағаннан басталды. Робототехника адам анатомиясын көшіруді тоқтатқаннан кейін индустрияға айналды. Сол сияқты, жасанды интеллект субъектілері адамдар сияқты ойлайтын және әрекет ететін жасанды интеллект жүйелерін құруды тоқтатқаннан кейін өмір сүру құқығына ие болды, ал тиімді әрекет ететін және ойлайтын, яғни ең жақсы нәтижеге қол жеткізетін жүйелерді құра бастады.

Төменде тәжірибеде қолданылған жасанды интеллект саласындағы жетістіктердің кейбір мысалдары берілген [2]:

– Дербес жоспарлау және кестелерді құру. NASA-да әзірленген Remote Agent бағдарламасы жер маңындағы орбитадан алыс қашықтықтағы ғарыш аппараттарының жұмысын кешенді басқару оның ішінде диагностикалау және ақаулардың туындау себептерін жою үшін қолданылады.

– Ойындарды жүргізу. IBM компаниясының Deep Blue бағдарламасы шахмат матчында әлем чемпионын жеңіп алған алғашқы бағдарлама болды.

– Автономды басқару. Alvinn-нің компьютерлік көру жүйесі қозғалыс жолағын ұстана отырып, көлік жүргізуге үйретілді. 2850 миль бойы жүйе 98% уақыт ішінде автомобильді басқаруды қамтамасыз етті.

– Диагностика. Медициналық диагностикалық бағдарламалар медицинаның бірнеше саласында тәжірибелі дәрігер деңгейіне жетті.

– Жеткізуді жоспарлау. 1991ж. Парсы шығанағындағы дағдарыс кезінде АҚШ армиясында бір уақытта 50 000 автокөлікке, адамға және жүкті қамтитын жеткізуді жоспарлау мен тасымалдауды автоматтандыратын DART ((Dynamic Analysis and Re-planning) жүйесін қолданды. Бұл жүйенің жасаушылары бұл бір қолдану жасанды интеллектке олардың 30 жылдық инвестицияларын ақтады деп мәлімдеді.

Осылайша, практикада жасанды интеллекттің мүмкіндіктерінің спектрі шексіз: ғарыштық зерттеулер, әскери ғылым, робототехника, өнеркәсіп, ауыл шаруашылығы, көлік, медицина, білім және т.б. «Цифрлық Қазақстан» мемлекеттік бағдарламасы аясында ұлттық экономиканың барлық салаларында өндіріс процестерін цифрландыруға және роботтандыруға көп көңіл бөлінеді. Бұл бағдарламаны жүзеге асыруда жасанды интеллект әдістері мен құралдарын қолдану маңызды орын алады.

# 1-тарау. ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТТІ ПРАКТИКАЛЫҚ ТҮРДЕ ҚОЛДАНУ

## 1.1. Сандық экономика жағдайында жасанды интеллектіні практикалық түрде қолдану

Жасанды интеллектті дамыту мәселелері соңғы жылдары Интернетті жаппай енгізумен қатар, әлемдік экономиканы жаһандандыру мен цифрландырудың басты факторы ретінде сөз сөйлей отырып, аса маңызды мәнге ие болды. Компьютерлік технологиялардың бүгінгі даму деңгейі жасанды интеллект саласындағы көптеген жетістіктерге әртүрлі экономикалық жобаларға, жүйелер мен тіршілік ету салаларына белсенді қатысуға мүмкіндік береді. Жаңа жаһандық ақпараттық жүйелер шеңберіне алғашқылардың бірі болып кіретін мемлекеттер маңызды артықшылықтарға ғана емес, сонымен бірге әрі қарай дамуына айтарлықтай серпін алатыны анық.

Осыны ескере отырып, жасанды интеллект проблемасына, осы саладағы ғылыми зерттеулерге және перспективалық тәжірибелік әзірлемелерге ерекше назар аудару қажеттілігі айқын болады. Соған қарамастан, біздің еліміздің цифрлық экономикаға қатысты көптеген ғаламдық жобаларға және жасанды интеллект, робототехника, машиналық оқыту, виртуалды шындық, заттар мен үлкен деректер интернеті сияқты ұғымдарға қатысуы өте аз. Сондықтан теориялық және практикалық деңгейде қызметтің осы салаларында жүзеге асырылатын жеке және мемлекеттік дамудың тиімділігін арттыра отырып, басымдықтарды көрсете отырып, осы саладағы ұлттық саясатты қайта қарау қажет.

Әрине, бұл қазіргі кезде әлемдік ғылыми қоғамдастықта дамып келе жатқан негізгі тенденцияларды, одан әрі даму перспективаларын және ғылыми-зерттеу жұмыстарына, оның ішінде жасанды интеллект проблемаларына қатысты мәселелерге қатысудың маңыздылығын нақты түсінуді қажет етеді.

Бүгінде жасанды интеллектпен (ағылш. Artificial intelligence, қысқартылған – AI) ең алдымен бағдарламалық жүйелер мен алгоритмдер түсініледі, олардың басты ерекшелігі белгілі бір міндеттерді шешу қабілеті адам қалай жасағандығына ұқсас. Жаңа перспективалы әзірлемелер үнемі пайда болады, бұл адам жасайтын компьютерлердің қуаты мен өнімділігінің тұрақты өсуімен ғана емес, сондай-ақ жетекші мемлекеттер мен әлемнің ең ірі корпорациялары осы саладағы жұмыстарға бөлінетін маңызды көңілмен де түсіндіріледі. Жасанды интеллект саласындағы зерттеулер мен әзірлемелерге бағытталған орасан зор қаржы және адам ресурстары Елеулі теориялық және практикалық нәтижелер береді [3].

Осы саладағы жасанды интеллект пен басқа да әзірлемелерді пайдаланудың қолданбалы бағыттарының саны өте үлкен. Олардың көпшілігі бұрыннан бері белсенді түрде қолданылуда. тиімділігі. Сонымен қатар, 2016-2017 жылдары жүргізілетін Gartner компаниясының зерттеулері мынадай қорытынды жасауға мүмкіндік берді: 2020 жылға қарай жасанды интеллект технологиялары қандай да бір дәрежеде әрбір құрылатын компьютерлік бағдарламаға немесе сервистерге қатысады.

Қазіргі уақытта жасанды интеллект жаһандық цифрлық экономикада болып жатқан процестердің маңызды бөлігі болып табылады. Сондықтан ғылыми білімнің осы саласын дәл осындай прагматикалық қолдануды қарастырған жөн. Жасанды интеллект белгілі бір дәрежеде конъюктураны екі құрамдас бөлікке бөлуге болатындығын есте ұстаған жөн: әртүрлі роботтар түріндегі физикалық нұсқаулар және жасанды интеллекттің виртуалды іске қосылуы, ол чат боттарын әзірлеу мен белсенді қолданудан, өрнек пен сөйлеуді танудан, мазмұнды құрудан, сонымен қатар виртуалды көмекшілер мен сараптамалық жүйелерді дамыту.

Жасанды интеллект технологияларын роботтардың дамуы мен кейінгі жұмысында пайдалану адам өміріне жасанды интеллектпен байланысты жаңа компьютерлік және ақпараттық технологияларды белсенді енгізудің айқын көріністерінің бірі болып саналады. Сонымен қатар, бүгінгі таңда робототехниканың дамуы әлемдік экономикаға айтарлықтай әсер етеді, алдағы жылдары ол тұрақты түрде өседі.

Мысалы, Bank of America мамандары 2020 жылға қарай жасанды интеллектті қолдана отырып, шешімдер нарығын жалпы капиталдандыру \$153 млрд. құрайды, атап айтқанда \$83 млрд. робот техникасы саласына жұмсалады деген болжам жасады. Қалған \$70 млрд жасанды интеллект виртуалды іске асыру аймағына келеді. Қаржы ресурстарын осындай бөлу жасанды интеллект технологияларын пайдалана отырып, роботтаудың маңыздылығын көрсетеді.

Bank of America және Bank of England-да жұмыс істейтін қаржы нарығының жетекші талдаушылары жасаған басқа да әсерлі болжамдардың қатарында мұндай болжамдарды атап көрсетуге болады [3]:

– 10 жыл ішінде тек Ұлыбританияда робототехниканы дамыту нәтижесінде жұмыс орындарының саны шамамен 15 млн. -ға қысқарады;

– басқаша айтқанда, қазіргі таңда болып жатқан жаңа өнеркәсіптік революция, оны «Роботтар революциясы» деп жиі атайды. Экономикасы дамыған басқа елдер бойынша деректер мынадай: 2025 жылы Роботтар жұмыстан АҚШ-тың барлық халқының шамамен 7%-ын, 2030 жылы Канада тұрғындарының 40%-ын, 2035 жылы Жапония азаматтары үшін жұмыс орындарының саны екі есе қысқарады;

– 2012 жылдан бастап роботтарды сату қарқыны үнемі артып, 2014 жылы 29%-ды құрады. Нәтижесінде 2025 жылға қарай ағымдағы үрдістер сақталған жағдайда жасанды интеллекті бар роботтар шығаратын өнімнің үлесі бүгінгі 10% орнына 45%-ға жуық болады.

Американдық және британдық қаржы талдаушылары алған деректерді талдай отырып, жасанды интеллект технологияларын пайдалана отырып, робототехниканың қарқынды дамуы кезекті өнімділікке әкеледі деген айқын қорытынды жасауға болады.

Сарапшылардың бағалауы бойынша, бұл көрсеткіш жұмыс күшіне жұмсалатын шығындардың 20-33% шегінде төмендеуімен бірге жалпы әлем бойынша 30%-ға өседі. Әрине, бірінші кезекте «үзілген инновациялар» деп аталатын неғұрлым дамыған елдерге қатысты, бұл бірден бірнеше маңызды салаларды технологиялық қайта жүктеуге алып келеді.

Бұл жағдайда ең алдымен өнеркәсіп пен медицинаға жұмсалатын шығындарды қысқарту туралы сөз болып отыр, ол таяудағы 7-8 жыл ішінде \$8-9 трлн құрайды. Халықтың жұмыспен қамтылуына байланысты шығындар \$9 трлн. тең сомаға қысқарады. Автономды автомобильдерді («ақылды машиналарды»), сондай-ақ дрондарды немесе басқа ұшқышсыз ұшу аппараттарын белсенді енгізу қосымша үнемдеуге алып келеді \$1,9 трлн. Жоғарыда аталған сандар 2014-2017 жж. қорытындысы бойынша алынған деректерге негізделеді және «роботтардың революциясы» деп аталатын шындықты айқын көрсетеді. Әлбетте, оның негізінде жасанды интеллект саласындағы серпінді эзірлемелер мен жетістіктер жатыр.

Таяудағы 8-10 жыл ішінде ең маңызды өсу нүктелерінің қатарына жатқызуға болады:

1. Жасанды интеллект-интернет заттар нарығының негізі. Ол «заттар» ақпараттық желісінің концепциясын, яғни жасанды интеллектінің кіріктірімі технологияларымен жабдықталған, бір-бірімен тиімді өзара іс-қимыл жасауға мүмкіндік беретін физикалық объектілерді білдіреді.

2. Әскери-және авиа өнеркәсіптік кешендер. Робототехника нарығының бұл сегменті ең жылдам өсуші қатарына жатады. Бұл екі негізгі бағыт – жауынгерлік роботтар мен әскери ұшқышсыз ұшу объектілері есебінен жүзеге асырылады. Азаматтық пилотсыз ұшу аппараттарының (БЛА) нарығы қазіргі уақытта көлемі бойынша әскери сегменттен айтарлықтай кем түседі, бірақ өсудің жоғары қарқынын көрсетеді.

3. Автономды көлік. Дамыған елдердің нарықтарында Интернетке қосылу және оның ресурстарын белсенді пайдалану мүмкіндігін көздейтін ақылды машиналардың үлесі 2020 жылға қарай жаңадан өндірілетін тауарлардың шамамен 85-90%-ын құрайды. 2025 жылға қарай автономды басқарудың түрлі дәрежесін пайдаланатын жеке көлік саны 10-12%-дан

асады. Ұшқышсыз авто симбиоздың ең жарқын көріністерінің бірі болып табылады, оның ішінде робототехника және интернет түрінде физикалық іске асыру сияқты, сондай-ақ виртуальды да жасанды интеллектті жетілдірудің бірнеше бағыттарының бірі болып табылады, себебі мұндай машина құнының шамамен 30%-ын бағдарламалық қамтамасыз етуге арналған шығыстар құрайды.

4. Өнеркәсіптік роботтар. Жоғарыда қазіргі уақытта болып жатқан «роботтардың революциясы» ауқымын көрсететін мысалдар келтірілген. Жасанды интеллект элементтері бар осы құрылғыларды өнеркәсіптік қолдану ғылымның осы саласындағы әзірлемелерді қолданудың ең дәстүрлі нұсқаларының бірі болып табылады. Көшбасшылардың арасында ең алдымен екі мемлекеттің – АҚШ пен Жапонияның кәсіпорындары бар, нақты өндіріске өнеркәсіптік роботтарды белсенді енгізуде.

5. Медицина. Денсаулық сақтауға тартылған жеке роботтарды сату көлемі жылдам қарқынмен өсуде. Атап айтқанда, 2014 жылы 1,2 мыңнан астам осындай құрылғылар сатылды, келесі екі жыл-5 мыңға жуық, бұл жыл сайынғы есеппен екі есе көп. Әсіресе, роботтарға қатысты нарық сегменті белсенді дамып келеді, бұл екі ең салмақты себептермен түсіндіріледі. Біріншіден, халықтың неғұрлым дамыған елдердегі біртіндеп қартаюымен. Ал екіншіден, егде жастағы немесе наукас адамдарды күтумен айналысуға қабілетті және ниет білдірген қызметкерлердің тапшылығы.

6. Тұрмыстық Роботтар. Интернеттің және жасанды интеллектке тікелей қатысты нарықтың тағы бір қарқынды өсіп келе жатқан бағыты. 2017 жылы жасанды интеллект технологиясын іске асыратын 10 млн астам үй роботтары сатылды. Соңғы 2-3 жылда пәтердегі тұрмыстық техниканы ғана емес, инженерлік желілерді біріктіретін «Ақылды үй» типті жүйелер өте танымал болды. Нәтижесінде жасанды интеллект адамдардың өмірі мен тұрмысын белсенді басқара бастайды, оны іс жүзінде 24 сағат бойы жасайды.

7. Ауыл шаруашылығы роботтары. Мамандардың болжамынша, 2020 жылы іске асырылған ауыл шаруашылығы роботтарының саны 16,3 млрд. бірлік техникадан асады. Нарықтың осы сегментінің іс жүзінде жартысын, яғни шамамен 47% ұшқышсыз ұшу аппараттарын құрайды. Аталған өсу қарқыны дамыған елдер ауыл шаруашылығы өндірісіне тән еңбек сыйымдылығы жоғары проблеманы қалай шешетінін айқын көрсетеді.

Роботтарды және басқа да ұқсас техникалық және технологиялық объектілерді пайдалана отырып жасанды интеллектінің физикалық іске асырылу тақырыбын аяқтай отырып, ол міндетті түрде қажетті бағдарламалық қамтамасыз етудің көп санын әзірлеумен сүйемелденетінін

атап өту қажет. Сондықтан мамандардың басым бөлігі виртуалды жасанды интеллект-бұл ұғымның іс жүзінде ең көрнекі көрінісі деп санайды.

Жасанды интеллект технологияларын қолданудың маңызды бағыттарының бірі – антифрод. Бұл салыстырмалы түрде жаңа термин алаяқтыққа қарсы бағытталған шаралар жиынтығын білдіреді (англ. fraud), бұл жеке тұлғаға немесе компанияға қандай-да бір зиян келтіру, мысалы, қаржылық немесе беделге нұқсан келтіру мақсатында жасалған кез келген қасақана әрекеттер немесе әрекетсіздіктер дегенді білдіреді [3].

Жасанды интеллекттің ең прогрессивті және тиімді алгоритмдерін қолдана отырып, «антифрод» деп аталатын әртүрлі қорғаныс жүйелерін белсенді дамыту қажеттілігі қазіргі сандық экономиканың алаяқтықтың елеулі ауқымы сияқты маңызды ерекшелігіне байланысты. Компьютерлік технологияны кеңінен қолдану әр түрлі деңгейдегі алаяқтар үшін көптеген жаңа мүмкіндіктер ашады. Беделді консалтингтік агенттіктердің бағалауы бойынша, фродтан әлемдік экономика шығындарының көлемі 2020 жылы \$2 трлн. құрайды.

Аталған болжамның қисынды салдары антифрод саласындағы әзірлемелерге елеулі қаржы ресурстарын жұмсау болып табылады, олардың басым көпшілігі жасанды интеллектінің түрлі аспектілерін қолдануға негізделген. Әрине, әлеуетті алаяқтарға қарсы жүзеге асырылатын іс-шаралар клиенттердің жайлылығына және соның салдарынан бизнесті табысты жүргізуге кедергі келтірмеуіне басты назар аударылады.

Барлық деңгейдегі мемлекеттік билік органдарының қызметін және көптеген коммерциялық құрылымдардың жұмысын сүйемелдейтін операциялардың едәуір бөлігі тез және жоғары тиімділік деңгейімен арнайы алгоритмдер әзірлеу жолымен автоматтандырылуы мүмкін.

Қазіргі уақытта жасанды интеллект саласындағы компьютерлік қуаттар мен әзірлемелер оны қиындықсыз жасауға мүмкіндік береді. Нәтижесінде жыл сайын қағаз құжат айналымының көлемі азаяды, компьютерлік тасымалдағыштармен жұмысқа көшу жүріп жатыр және дәстүрлі мұрағаттарды қазіргі заманғы деректер базасына ауыстыру жүзеге асырылуда.

Қазіргі заманғы цифрлық экономика жағдайында жасанды интеллект мүмкіндіктерін пайдаланудың осы түрінің көрнекті мысалы ретінде 2011 жылдан бастап республикада іске асырылатын «Электрондық үкімет» атты IT-бағдарлама болып табылады. Оның басты міндеті – 2020 жылға қарай халыққа түрлі мемлекеттік органдар ұсынатын барлық қызметтердің 70%-ын қағаздан электрондық форматқа көшіру.

Жоспарланған іс-шаралардың көпшілігінің қиын тағдыры және оны жасаушылар бағдарламаны жүзеге асырудың әртүрлі кезеңдерінде кездестірген күрделі қиындықтар алгоритмдер мен жасанды интеллект технологияларын белсенді және, ең бастысы, тиімді пайдаланбай-ақ, осындай маңызды және ауқымды жобаларды жүзеге асырудың мүмкін еместігін айқын көрсетеді.

Сандық экономиканың ең тән ерекшеліктерінің қатарына көптеген мамандар әртүрлі криптовалюталардың пайда болуын және виртуалды ақша айналымының қарқынды өсуін сөзсіз есептейді. Кез келген криптовалютаның негізі – бұл деректер қоры түріндегі ақпаратты тарату және сақтаудың орталықсыздандырылған жүйесі. Блокчейннің басты артықшылығы-жиналған мәліметтердің қорғалуының жоғары деңгейі, ол тез өзгерістер енгізу мүмкіндігімен және пайдаланушыларға ұсынылатын деректердің дәлдігіне бір мезгілде кепілдік берумен үйлеседі.

Блокчейннің көрсетілген артықшылықтарының болуы бұл технологияны жасанды интеллект саласында жұмыс істейтін барлық зерттеушілер мен ғалымдар үшін танымал етеді. Көптеген мамандардың пікірі бойынша, блокчейн, жасанды интеллект пен заттардың ғаламтор арқылы белгілі бір технологияға біріктіріледі, ол теориялық және қолданбалы ғылымдағы ең тиімді және тез дамып келе жатқан бағыттардың бірі болып табылады [3].

Жасанды интеллект туралы айтқанда, нейрожелілік технологиялар сияқты перспективалық бағытты қозғамауға болмайды. Қазіргі таңда көп қабатты перцептрон түріндегі нейрожелілер қолданылуда [4]. Олардың басты артықшылығы алгоритмдік шешілмейтін міндеттерді шешу мүмкіндігі болып табылады. Жаттығу кезінде нейрондық желі өзінің ішкі құрылымына байланысты кіріс және шығыс суреттерге қатысты заңдылықтарды ашады, осылайша жаттығу үлгісінде алған тәжірибені «қорытындылайды».

Нейрондық желілердің әдістері негізгі зерттеулерден бастап деректерді өндіру, болжамдау, тәуекелдерді басқару, автоматты рейтингілеу және чектерді оқу, банктік карточкалық транзакция қауіпсіздігі, инжиниринг қосымшалары және т.б. тапсырмаларға дейінгі әртүрлі салалар мен салаларда кеңінен қолданылады.

Қазіргі заманғы технологияларға сәйкес келетін және бағдарламалық қамтамасыз ету нарығында ұсынылған нейрондық желілердің пакеттер арасында ең жақсы жұмыс сипаттамаларын көрсететін STATISTICA Neural Networks жүйесін пайдалана отырып, міндеттерді шешудің нақты мысалын қарастырайық.

Жыл сайын көптеген елдердің экономикасына орман өрттері елеулі зиян келтіреді. Алайда динамикадағы өрт саны өзгереді, демек, пайда



болған шығынның сомасы өзгереді. Біздің міндетіміз белгілі бір кезеңге ықтимал шығындарды болжау моделін құру болып табылады. Мысал ретінде Пенза облысында 11 жыл ішінде (2005-2016) өрттен келтірілген шығын статистикасын келтіреміз, деректерге талдау жүргіземіз және 2017 жылға болжам жасаймыз, шығу кезінде оны нақты мәнмен салыстырамыз. Әлбетте, болжанған мәндер бастапқы мәндерге сәйкес келеді. Бұл қарастырылған модельдер одан әрі жұмыс істеу үшін қолайлы және олар бойынша орман өрттерінен болатын шығындарды болжауға болады дегенді білдіреді.

Бұл мысал табиғи құбылыстарды болжау және олардың экономикаға теріс әсерін болжау үшін нейрондық технологиялардың мүмкіндіктерін пайдаланудың маңыздылығын көрсетеді. Жасанды интеллект жүйесін пайдалану қазіргі заманғы технологияларды дамытудың кең шекарасын ашады және жақын болашақта біздің өміріміздің барлық салаларын сапалы түрде түрлендіреді деп сеніммен айтуға болады.

«Жасанды интеллект» ұғымына, сондай-ақ оны пайдаланатын алгоритмдерді қолданудың практикалық бағыттарына қызығушылықтың артуының басты себебі, қазіргі заманғы компьютерлердің өнімділігі мен олардың жұмыс істеу процесінде іске қосылған ақпараттық технологиялар сапасының қарқынды өсуі болды. Нәтижесінде жасанды интеллектті пайдалануды болжайтын әртүрлі Алгоритмдер ғылымның, өнеркәсіптің және адам өркениетінің басқа да қызмет түрлерінің әр түрлі салаларында белсенді қолданылады.

Сонымен қатар, жасанды интеллект көріністері белгілі бір шартты үлестермен әртүрлі роботтар түрінде физикалық іске асыруға және жасанды интеллекттің виртуалды құрамдас бөлігіне бөлінуі мүмкін, ол шын мәнінде бағдарламалық қамтамасыз ету болып табылады. Жасанды интеллект дамуының екі бағыты қазіргі уақытта қалыптасатын сандық экономиканың маңызды бөлігі болып табылады.

Сонымен қатар, жасанды интеллектті қолданудың теориялық әзірлемелердің, сондай-ақ практикалық салаларының басым көпшілігі тиімділіктің жоғары деңгейін көрсетіп отыр, бұл мұндай жобаларды одан әрі бірінші кезекте қаржыландыруды да, сондай-ақ жаһандық нарықтағы олардың үлесінің қарқынды ұлғаюын да қамтамасыз етеді. Сайып келгенде, теориялық және практикалық мақсаттарда жасанды интеллектті пайдаланудың түрлі бағыттарын белсенді және тиімді дамытатын жаһандық цифрлық экономиканың қатысушылары ғана қазіргі жағдайда бәсекеге қабілетті болады.

## **1.2. Бүгінгі жасанды интеллект: нейрондық желілер және машина оқыту**

Жасанды интеллект технологиясын әртүрлі жолдармен жүзеге асыруға болады. Тәсілдердің бірі – нейрожелілер (нейрондық желілер). Нейрондық желі тірі ағзадағы жүйке желілерімен бірдей қағидаға құрылған, атауы да осыдан шыққан. Ағзада желіге жүйке жасушалары – нейрондар желіге қосылады, олар жүйке жүйесін құрайды. Ал жасанды нейрожеліде қарапайым процессорлар – есептеу элементтері қолданылады, олар сол схема бойынша қосылады және өзара әрекеттеседі.

Кәдімгі нейрожелілер алгоритмдеріне қарағанда тәжірибе негізінде білім алуға қабілетті. Нейрондық желілер деректердің кіріс пен шығыс арасындағы байланысын талдайды және анықтайды, мәліметтерді жинақтайды және мәселелерді шешуді қалыптастырады. Нейрожелілер осылайша жұмыс істей алуы үшін машиналық оқыту әдістері қолданылады.

Сонымен қатар, нейрондық желілер болған жағдайда мұндай оқыту көптеген есептеу ресурстарын қажет етеді.

Нейрондық желіні үйрете алатын нәрсе кіріске байланысты. Неғұрлым көп деректер болса, соғұрлым жақсы жаттығулар болады. Сіз нейрондық желіні кейбір нысандарды басқаларынан ажыратуға, салыстыруға және болжауға үйрете аласыз. Нейрожелілерді оқыту балалардың суретін көрсетіп, «Бұл мысық» деп айтады. Нейрондық желілер жағдайында олар осындай суреттерге түсіндірме жапсырмаларымен ие болады және оларды біріктіре алатын жеке элементтерді тануды үйренеді. Кіріс кескін белгілі бір сүзу жүйесіне енеді. Ондағы сүзгілер өлшемдері мен элементтерінің күрделілігі бойынша әр түрлі, оларды тануға болады – әрқайсысының өз ерекшеліктері бар. Кескін бірнеше рет осы жүйеде сүзіледі. Көптеген элементтер танылғаннан кейін, нейрондық желі болжау жасайды: осындай ықтималдылықпен бұл объект адам болып табылады.

Сонымен, акцияның бағасын ертеңгі күнді болжайтын, пошта конвертіндегі қолмен жазылған индекстерді анықтайтын және науқас органды суретте анықтайтын нейрондық желілер осылай пайда болды. Оларды оқыту үшін биржадағы курстар туралы сандық деректер мен жазылған сандар, науқастар мен сау ағзалардың бейнелері қолданылды. Мәселе мынада: нейрондық желілер жиі қателеседі, өйткені жаттығулар үшін шын мәнінде үлкен деректер үлгілерін жинау қиын болды. 2010 жылы ImageNet кескін базасы пайда болды: 22 мың санаттағы 15 миллион сурет. Қол жеткізу ашық болды: кез келген зерттеуші мәліметтерді пайдалана алады. Нәтижесінде жасанды интеллектін сапалы оқытуға

мүмкіндік туды. Нейрондық желілер дамып, қол жетімді және күнделікті өмірге берік ықпал ете бастады.

*Күнделікті өмірде кездесетін жасанды интеллект*

Siri, Google Assistant және Алиса дауыстық көмекшілері, веб-сайттардағы ұсыныстарға арналған алгоритмдер – мысалы, Brain, оны Youtube-ті Amazon-да бейнені немесе ерекше блокты ұсыну үшін пайдаланады және чат боттары – барлығы ЖИ технологиясына негізделген.

PayPal төлем жүйесі нейрожелілерге күдікті транзакцияларды табуға көмектесу үшін машиналық оқытуды қолданады. Бұл компанияға алаяқтық жағдайларының санын азайтуға мүмкіндік береді. Мысалы, ресейлік Prisma қосымшасы фото өңдеу үшін нейрожелілерді қолданады.

NVIDIA компаниясының инженері Роберт Бонд алгоритм ойлап тапты, оған көрші мысықтар кіріп, бақшасын бүлдірген кезде бақшадағы су бүріккіштері іске қосылады. Бұл мысық екенін анықтау үшін ол Caffe нейрожелісі негізінде жүйені қолданды: ол камерадан бейне түсіру бойынша мысықтарды анықтады. Камера жағдайдың өзгеруін анықтаған кезде, 7 фотосурет жасады. Суретті мыннан табуға болады: егер суретте мысық болса, онда желі бүріккіштерды қосады [5].

Ресейде нейрондық желілер Yandex Music тыңдауға болатын 2 музыкалық альбом жазды. Біреуі «Азаматтық қорғаныс» тобының (орындаушы – Нейрондық қорғаныс), ал екіншісі – «Нирвана» (орындаушы Neuron) тобының әндеріне негізделген.

Нейрожелілер медицинада, қаржы мен коммерцияда, өнеркәсіпте және тәртіп пен қауіпсіздікті қамтамасыз етуде қолданылады, мұнда деректердің үлкен көлемін өңдеу, жүйелеу және болжау қажет болған жерде. Медицинада нейрожелілер ісіктерді, жарақаттан кейін тіндердің және ағзалардың зақымдануын тануға, аурудың ықтимал асқынулары мен ағымдарын болжауға үйретеді. Бұл жай ғана емес: жеткілікті үлкен медициналық деректер базасы жоқ, бірақ сіз жоғары дәлдікке жетуіңіз керек. Өйткені, егер нейрондық желі мысықты итпен шатастырса, онда бұл соншалықты қорқынышты емес. Ал егер науқас сау орган болса - бұл жаман болады.

Жоғары жүктелген HighLoad++ жүйесін әзірлеушілердің кәсіби конференциясында кедейлік деңгейін болжау үшін нейрожелілерді стандартты емес пайдалану туралы баяндама жасалды. Африкадағы кедейлік деңгейі соншалықты жоғары, сондықтан бұл деректерді жинау және талдау мүмкіндігі жоқ. Соңғы деректер 2005 жылы жиналды. Стэнфорд университетінің ғалымдары алдымен ImageNet суреттер базасының көмегімен нейрондық желіні үйреткен. Содан кейін олар

күндізгі және түнгі уақытта спутниктерден Африканың көптеген суреттерін жинап, оларды нейрондық желіге жүктеді.

Нейрондық желі халықтың өз үйлерін түнде жарықтандыруға ақшасы бар-жоғын бағалап, олардың кедейлік деңгейінің болжамын жасады. Содан кейін болжам 2005 жылғы нақты деректермен салыстырылды – нейрондық желі айтарлықтай дәл болжам жасады.

### **Неліктен нейрондық желілер дамудың жаңа кезеңін күтуде**

Нейрондық желілерді оқытуға арналған есептеу қабілеттіліктері, суреттер мен басқа да деректер базасынан да көп болады. Сонымен қатар, нейрондық желілердің тиімділігі жоғары екендігі белгілі болды. Стэнфорд ғалымдары Африкадағы кедейлікті болжау үшін нейрондық желіні үйреткенде, олар, олар қоныстардың шатыры туралы деректерді жүктеді. Бірақ нейрондық желі суды, ормандарды, жолдарды және басқа объектілерді – алдын-ала жүктелмеген мәліметтер базасы мен мұғалімдердің араласуынсыз танып білуді үйренді.

2017 жылдың мамырында Google Brain әзірлеушілері машиналарды оқыту модельдерін өз бетінше жасайтын AutoML жобасын ұсынды. Егер жай ғана болса, бұл жасанды интеллект, ол бар нейрожелілерді талдап, тиімді жақтарын анықтап, адамның араласуынсыз – NASNet басқа нейрожелісін құрды. NASNet суреттерін тексеру жиынтығында 82,7% болжау дәлдігін көрсетті. Бұл көрсеткіш кескінді танитын барлық нейрондық желілерге қарағанда жоғары. Сонымен қатар, авторлар нейрондық желінің бастапқы кодын ашты. Мүмкін бұл жасанды интеллекттің дамуына жаңа серпін берер.

Жасанды интеллекттің дамуы сөзсіз еңбек нарығына әсер етеді. Бірақ бұл таңқаларлық болмауы керек, өйткені іс жүзінде бұл модернизация және автоматика сияқты. Кейбір мамандықтар жойылып, жаңалары пайда болады, өйткені жасанды интеллекттің дамуы басқа салалардың дамуына әсер етеді.

Қазір жасанды интеллект, нейрондық желілер және сөйлесу боттары адамнан алатын мамандықтардың тізімі бар. Мысалы, Google жаңалықтарды адамның араласуынсыз жазатын роботтарға инвестиция салады.

Болашақта бағдарламашылардың кейбір түрлері жұмыссыз қалуы мүмкін: біз ең алдымен дайын блоктарды жинаумен айналысатын «кодтаушылар» туралы айтамыз, яғни олардың жұмысын алгоритмге дейін қысқартуға болады. Бұл, мысалы, HR мамандарына қатысты: нейрондық желілер үміткерлерді іздестіру, оларды белгілі бір өлшемдерге сәйкес ұйымдастырып, хабарлама жіберу үшін ақпараттың көп көздерін қамтуы мүмкін.

Сондай-ақ, call-орталықтардың операторлары жойылып кету қаупі бар: олардың иығына автоматтандыруға болатын көптеген типтік жұмыстар жатады.

### **1.3. Жасанды интеллекттің әлемдік экономикаға әсері**

Заманауи шындықта болып жатқан цифрлық өзгерістерге байланысты жаңа технологиялардың, атап айтқанда жасанды интеллектін әдістері мен құралдарының пайда болуы мен қолданылуына байланысты ұлғаю үрдісі бар. Іскерлік және қоғамдық өмірдің барлық салаларына серпінді өзгермелі әлемде тиімді әрекет ете алатын ақылды жүйелер кіреді.

Жасанды интеллект (ЖИ) – интеллектуалды машиналарды, әсіресе интеллектуалды компьютерлік бағдарламаларды жасау ғылымы мен технологиясы. Қазіргі уақытта көптеген роботтар енгізілген есептеу алгоритмдеріне сүйене отырып, кейбір ұйымдастыру шешімдерін қабылдауға қабілетті. Мысал ретінде «Сири» немесе ресейлік аналогтық «Алиса» түріндегі жасанды интеллект бар өзіміздің смартфоньмыз болуы мүмкін.

80-жылдардың басында Барр және Фейгенбаум есептеу теориясы саласында жұмыс істейтін белгілі ғалымдар жасанды интеллектті сипаттайтын келесі термин ұсынды. Жасанды интеллект (ИИ) – бұл интеллектуалды компьютерлік жүйелерді әзірлеумен айналысатын информатика саласы, яғни біз дәстүрлі түрде адам ойымен байланыстыратын мүмкіндіктерге ие жүйелер – тілді түсіну, оқыту, ойлау қабілеті, мәселелерді шешу қабілеті [7].

Халықаралық электр байланысы (ХЭБ, англ. The International Telecommunication Union, ITU) одағы сарапшылармен McKinsey Global Institute, экономика мен бизнесті McKinsey & Company зерттеу жөніндегі бөлімшелермен ынтымақтастықта жасанды интеллектінің экономикалық тиімділігін көрсетті. Сонымен бірге, олар автоматтандыру әсерінен әлемдік еңбек нарығының қайта құрылуы, қызметкерлердің біліктілігі мен жекелеген ұйымдардың жұмысы түбегейлі өзгеру қажеттілігі сияқты келесі маңызды факторларды ескерді. Жасанды интеллекттің әлемдік экономикаға әсері жеті негізгі канал арқылы өтеді:

1. өндірістің ұлғаюы;
2. белгілі бір мерзімге қолданыстағы өнімдер мен қызметтерді ауыстыру;
3. инновация және өнім желісі мен қызметтерін кеңейту;
4. Жаһандық ағындардың экономикалық пайдасы;
5. құндылықтарды құру және қайта инвестициялау;

6. ЖИ-дің ауысуы мен жүзеге асырылу шығындары;
7. теріс сыртқы әсерлер.

Жасанды интеллект болашақта бәсекелес күресті тікелей қозғауы мүмкін екенін ескере отырып, бұл компаниялар, еңбек нарығы және мемлекеттік экономикалар үшін зардаптарға әкелуі мүмкін, ІТУ өз жұмысының негізгі қорытындыларын қалыптастырады.

Жасанды интеллект технологиялардың бес тобын біріктіреді [8]:

1. Машиналық көру;
2. табиғи тіл;
3. виртуалды көмекшілер;
4. роботталған процестерді автоматтандыру;
5. кеңейтілген машиналық оқыту.

Жасанды интеллект жалпы алғанда жаһандық экономикалық белсенділікке ықпал ету үшін өте зор әлеуетке ие. Кейбір компаниялар белгілі бір функцияларды орындау үшін жасанды интеллект технологиясының бірін қолдануға тырысады, ал басқалары осының барлығын қолдана алады. Жасанды интеллект технологияларын енгізу тез және жылдам жүреді, бұл 2030 жылға қарай әлемдік жалпы ішкі өнімнің 1,2% өсуіне әкеледі – бұл бұрын енгізілген технологиялардың бәрінен көп. Сонымен бірге, жасанды интеллекттің экономикалық әсері біртіндеп, жедел қарқынмен көрінуі мүмкін және уақыт өткен сайын байқауға болады, оны іске асыру кезінде айтарлықтай шығындар қажет болады және бәсекелестік пен комплементтіліктің күшеюі әсер етеді. Жасанды интеллект әлемдік экономиканың тиімділігін арттыруы мүмкін, бірақ алынған пайданы бөлу, ең алдымен, біркелкі болмайды. Жасанды интеллектті енгізу дамушы елдердің дамыған елдерден одан әрі артта қалуына ықпал етеді, сол арқылы мемлекеттер арасындағы жоғары цифрлық алшақтықты күшейтеді. Компания деңгейінде жасанды интеллектті пайдалану осы технологияларды енгізу бойынша көшбасшылар мен енгізуден кешіккен не өз қызметінде технологияларды мүлдем пайдаланбаған адамдар арасындағы өнімділіктің ұлғаюына әкелуі мүмкін.

Қорытындылай келе, жасанды интеллект ғаламдық еңбек нарығындағы сұранысты күнделікті тапсырмаларды қажет ететін кәсіптерден әлеуметтік және танымдық бағдарланған мамандықтарға, сондай-ақ автоматтандыру қиын жұмыстарға байланысты сұранысты жылжыта алады.

Алайда, бұл бірінші енгізу кезінде жұмыссыздықты арттыруға әкеледі. Басқаша айтқанда, жасанды интеллект технологияларын тиімсіз дамыту және енгізу жағдайында ұлттық экономикалар, жекелеген компаниялар мен қызметкерлер арасындағы еңбек нарығындағы теңсіз-

дікті күшейтуді жалғастыра алады, ал бұл мүмкін болатын әлеуметтік қақтығыстардың катализаторы болады. Бұған жол бермеу үшін елдер Үкіметтері бизнеспен бірлесе отырып, қызметкерлерді қолдауды және қажетті жаңа жұмыс орындарына ауыртпалықсыз көшуді қамтамасыз етуге міндетті, ал адамдардың өздері динамикалық өзгеріп отыратын еңбек нарығының қажеттіліктеріне сәйкес жаңа дағдыларды игеруі қажет.

Жасанды интеллект кез-келген есептеу жүйесі сияқты кемшіліктерге де ие болуы мүмкін және егер сіз оны елемей қалсаңыз, кез-келген күрделіліктің сәтсіздігінен құтылуға болады, мұндай жасанды интеллекттің мысалдарының бірі – Сбербанк қолданысқа енгізген. Олар өз қызметіне енгізген жасанды интеллектке миллиардтаған рубль жоғалтты. Бұл туралы банк басшысы Герман Греф: «Жасанды интеллект, әдетте, үлкен жүйелерде шешім қабылдайды. Алгоритмге енгізілген кішкентай қате өте үлкен зардаптарға әкелуі мүмкін. Біздің тәжірибемізде біз бұл үлкен ақшаны жоғалтып алдық. Машина үлкен көлемде аз қателік жасағандықтан, миллиардтаған рубльді жоғалтып алдық» [8]. Ол өзі айтқандай, барлық қателіктерді тауып, жасанды интеллект алгоритмінің жұмысын жақсартуға көмектесті. «Бұл қате табылған кезде біз оны зерттеп, жасанды интеллект жүйесін тексеру және тексеру үшін барлық сүзгілерді салдық.» Бұған дейін Греф Сбербанкке жасанды интеллект енгізу орта деңгейдегі қызметкерлер санына көп әсер етеді деп мәлімдеді: менеджерлердің шамамен 70% қысқартылды [9].

Сарапшылардың пікірінше, алдағы 5 жылда әлемде деректер көлемінің тез өсуі байқалады. Сондықтан олар 2025 жылға қарай бүкіл әлем бойынша ақпараттың мөлшері 2016 жылға қарағанда 10 есе асады деп болжайды. Таяу болашақта қоғам үшін ақпараттың мәні одан сайын арта түседі, деректер адамдар ғана емес, жаңа құрылғылар арқылы да пайда болады, бұлтқа ғаламдық көшу болады, дейді мамандар.

Жыл сайын деректерді қалыптастыру автоматтандырылып, талданады, ал алынған деректер желінің шекаралық сегменттеріне бірден жылжытылады. Соңында бизнес секторы өндіретін ақпараттың өсуі мен үлесі байқалады. Және бұл ақпарат тұтынушылық басып оза бастайды. Коммерциялық серверлерде сол және басқа да деректер сақталады. Мысалы, егер бизнес-деректер 2015 жылы жалпы ақпараттың 30%-ын құраса, 2025 жылға қарай олардың көлемі 60%-ға дейін өседі. Ақпарат құндылықтарын қайта ойластыру толқыны да өтеді, өйткені деректердің үлкен ағындары және олардың әртүрлілігі, және компаниялар мен тұтынушыларда аса маңызды рөл мен жаңа қиындықтарды тудырады. Ақпарат қызметтің қандай да бір саласына әсерін ескере отырып жиналатын болады.

Ақпаратқа тәуелділік үрдісі 2025 жылы да өзекті болып қалады. Сонымен қатар, қоғам өміріндегі деректердің маңыздылығы одан әрі артады – қазіргі заманғы инфрақұрылым онсыз өте алмайды, ал адам жайлы өмір сүре алмайды. Оларсыз ұшқышсыз автомобильдер келе алмайды және миллиондаған адамның өмірін қолдайтын медициналық құралдар тоқтайды.

Таяу жылдары халықтың жан басына шаққандағы ақпараттық эсерлердің орташа саны 20 есе өседі. Біздің үйлеріміз, жұмыс орындары, аспаптар мен көлік құралдары, көлік құралдары мен имплантаттар бірте-бірте «ақылды» болып келеді және көптеген құрылғылар заттарды Интернетке қосуға болады.

Әлемнің ең басты негізі ақпараттық қауіпсіздік болады. Ақпараттың жалпы әлемдік көлемінің жару өсуімен бірге қорғалған деректер мен киберқылмыскерлердің қол сұғушылығынан қорғау қажет болатындар арасындағы алшақтық тек ұлғаяды. Талдаушылардың нақты қорғалған деректер көлемі 40%-ды құрайды, ал 2025 жылы деректердің 90%-ы қорғауды қажет етеді. Корпоративтік қаржылық деректерді, жеке ақпаратты және медициналық құжаттаманы өңдеу үшін қауіпсіздік жүйелері міндетті болады [11].

Осының бәрінен жасанды интеллект – бұл бірқатар кемшіліктері бар динамикалық дамып келе жатқан жүйе, бірақ сол уақытта осы кемшіліктерді түзетуге немесе жақсартуға болады. Жақын арада ол біздің өміріміздің Интернет немесе басқа технологиялар сияқты таптырмас бөлігі болады. Бірақ мұндай жүйенің кемшіліктері дамыған елдердің нарығында дамымаған елдердің алдында теңсіздік және киберқылмыскерлерге бұл жүйенің қорғалмауы болады.

#### **1.4. Жасанды интеллектті практикалық пайдаланудың кейбір ерекшеліктері**

Әрине, жасанды интеллектті қолданудың көптеген ерекшеліктері ақылды құрылғылардың алдында тұрған нақты жобаларға, әзірлемелерге және міндеттерге байланысты. Сонымен қатар, жасанды интеллекттің кез келген саласына қатысты бірнеше аспектілерді атап өтуге болады. Бірінші кезекте - бұл қателіктер. Әрине, жасанды интеллект ешқашан қателеспейді және сыртқы факторлар оның әрекетіне эсер ете алмайды (соның ішінде авариялар немесе, мысалы, хакерлік шабуылдар). Сондықтан да ақылды машиналар біздің өмірімізге әлдеқайда берік болған кезде де адам маңызды шешімдер қабылдауға қатысады деп болжауға болады. Мүмкін,



бұл тезис жасанды интеллектті қолданудың кез келген саласы үшін маңызды болады, онда атқа маңызды нәрсе тұрады.

Қазір бұл әдіс IBM Watson суперкомпьютері-диагности мысалында сипатталуы мүмкін. Статистика миллиондаған медициналық құжаттар мен аурулар тарихы жүктелген жасанды интеллект жиі адамдардың дәлірек диагнозын қояды. Дегенмен, соңғы сөз емдеуші дәрігерде қалады, ал суперкомпьютер көмекші, тиімді және пайдалы құрал ретінде әрекет етеді.

Келесі ерекшелік ішінара алдыға байланысты – жауапкершілік. Мысалы, қазір ұшқышсыз жеке автомобильдер мен қоғамдық көлік әзірленіп, енгізілуде. Бірақ, егер мұндай автокөлік апатқа ұшыраса, кім жауапкершілікті өз мойнына алады? Немесе, мысалы, жоғары интеллектуалды робот-хирург құрылады, ол өз бетінше операция жасай алады. Егер науқас мұндай роботтың қате қозғалысынан өлсе, кім кім? Жасанды интеллект өзі жауапты деп санауға бола ма және мұндай қадамнан не істеу керек? Әзірге бұл мәселелер ашық қалып отыр, және роботтардың қызметі мен шешімдерін адамдардың бақылауына алатын себептердің бірі: жауапкершілік мәселелерін шешу әлдеқайда оңай.

Осы технологиялардың салыстырмалы жастығына қарамастан, жасанды интеллект түрлі салаларда кеңінен қолдануға ие болды және фантастикалық кітаптардан бізге келген көптеген жобалар шынайы болып келеді. Қазіргі уақытта енгізілген немесе жақын болашақта енгізу жоспарланған жасанды интеллектіні қолданудың қызықты мысалдарын келтіреміз.

### *Медицина*

Медицинада жасанды интеллектінің керемет жады және оның көптеген деректерді өңдеу, ақпаратты салыстыру және талдау қабілеті ерекше бағаланады. IBM Watson немесе, мысалы, Google компаниясының DeepMind Health жоғарыда аталған жұмыс істейді. Бұл және оларға ұқсас ақылды көмекшілер тек дәрігерлерге кеңес беріп қана қоймай, сонымен қатар ауруларға бейімділікті анықтайды немесе оларды адам көзінен жасыруы мүмкін өте ерте кезеңдерде анықтайды.

2017 жылдың соңында Ресей премьер-министрі Д. Медведев ресейлік Денсаулық сақтау саласында жасанды интеллект мүмкіндіктерін пайдалануды көздейтін стратегияны белгіледі. Мысалы, «Үшінші пікір» дәрігердің шешім қабылдауына қолдау көрсету жүйесін дамыту жоспарлануда. Қазір ол қан жасушалары мен көз түбінің суреттерін, қуықты УДЗ және өкпенің рентгенограммасын талдай алады, ал болашақта компьютерлік томографтар мен МРТ деректерін өңдеуді үйренеді. Тағы бір ұқсас ресейлік жүйе – Botkin.AI. Оның міндеті – диагностикалық деректерді талдау, дәрігерлерге көмек пен кеңестер беру, жүргізілген емнің мониторингі. Әзірге Botkin.AI онкологтарға көмек-

теседі, бірақ жақында ол басқа облыстарда жұмыс істейтін болады деп жоспарлануда.

FDNA [10] компаниясының Face2Gene жобасы генетикалық ауруларды суретке түсіреді. Әзірлеушілердің айтуынша, бет белгілері бойынша 3 500-ге жуық генетикалық ауруды анықтауға болады. Қосымша Android және iOS смартфондары үшін қол жетімді. Жасанды интеллект тек дәрігерлерге ғана емес, пациенттерге де көмектеседі. Соңғы жылдары телемедицина мен тиісті қосымшалардың танымалдығы артып келеді. Олар әртүрлі алгоритмдерді пайдаланады: кейбір деректерді фитнес білезіктер сияқты алып жүретін датчиктерден жинайды; басқалары сауалнамалар болып табылады, олардың мақсаты – пациенттердің нақты белгілері мен проблемаларын анықтау. Кейбір жасанды интеллект сөйлейді және оларға ауызша жауап беруге болады, басқалары жазбаша коммуникацияны қалайды. Қажетті ақпаратты, қосымшаларды ала отырып, не одан әрі не істеу және қалай емделу керектігі туралы ұсыныстар береді, не тиісті мәліметтерді емдеуші дәрігерге жібереді. Осындай ең танымал интеллектуалды көмекшілердің бірі – Ada және Your.MD (Google Play және App Store жүктеп алуға болады).

#### *Өнеркәсіп және ауыл шаруашылығы*

Өнеркәсіпте жасанды интеллект бізге адамның қатысуы іс жүзінде қажет емес болғанша, көбірек және одан да көп автоматтандырылған жұмыс жасауға мүмкіндік береді. Атап айтқанда, LG компаниясы 2023 жылы зауыт ашуды жоспарлап отыр, мұнда барлық процестер – шығын материалдарын сатып алудан бастап, өндірілген өнімдер мен оларды жөнелтуге дейін – жасанды интеллект көмегімен жүзеге асырылады [4]. ЖИ сонымен бірге жабдықтың тозуын, белгіленген жоспарлардың орындалуын және адам бақылайтын басқа факторларды бақылайды.

Компанияның жоспарларына сәйкес, өндірісті ескі зауыттардан жаңасына ауыстыру 2021 жылы басталады. Мүмкін, сол кезде де ақылды зауыттың қаншалықты сәтті жұмыс істеп жатқаны туралы алғашқы ақпарат пайда болады.

Ауыл шаруашылығына келетін болсақ, онда жасанды интеллект өсімдіктердің жағдайын, ылғалдылық деңгейін, топырақта қажетті қоректік заттардың болуын және негізінен екпелерді дұрыс күту үшін қолданылады. Мысалы, роботтар арамшөптерді анықтап, оларды мұқият жоюды үйренді (химиялық заттарды алу немесе өңдеу арқылы). Ақылды көмекшілер фотосуреттерден оларға шабуыл жасаған өсімдік аурулары мен зиянкестерін анықтай алады, сондай-ақ мақсатты дәрі-дәрмектерді жеткізе алады. Бұл пестицидтер мен гербицидтерді үнемдеуге көмектеседі.

### *Жол қозғалысы*

Көптеген елдерде жасанды интеллект үлкен деректерді өңдеу қабілеті тығындар проблемасын жеңілдету үшін пайдаланылады. Атап айтқанда, Ресейде жасанды интеллект ірі қалалар мен федералдық жолдарда қозғалысқа көмектеседі. Компьютер бағдарламалардан алынған деректерді талдайды, қозғалыс тығыздығы, авариялар, ауа райы жағдайлары және трафикке әсер етуі мүмкін өзге де себептер туралы ақпаратты жинайды. Нәтижесінде интеллектуалды жүйе нақты уақыт режимінде жолдарды қадағалап, жағдайдың қалай дамидынын болжайды және осыған сәйкес бағдарламаларды ауыстырады.

Жол қозғалысын қадағалайтын жасанды интеллект аварияны бақылап қана қоймай, жүргізушілерге да көмектеседі. Мысалы, эвакуаторды шақыруы мүмкін.

Мұндай жүйелер тығындар проблемасы өзекті Еуропа, Азия, Солтүстік Американың көптеген қалаларында жұмыс істейді. Әрине, көптеген жағдайларда кептелістен толығымен құтылуға болмайды, алайда жасанды интеллект жол қозғалысы жағдайын жақсартуға, кейде қозғалысты айтарлықтай жеделдетуге мүмкіндік береді. Мүмкін, кең ауқымда автономды автомобильдер кіргенде – жасанды интеллект қолданудың тағы бір саласы алға жылжиды.

### *Тұрмыстағы жасанды интеллект*

Әрине, тұрмыста жасанды интеллектті пайдаланудың типтік мысалы-ақылды үйлер жүйесі болады, олар кең таралуда. Осындай әзірлемелердің көпшілігінің міндеті - біздің тұрмысымызды барынша автоматтандыру және жеңілдету. Мысалы, таңертеңнен бастап жасанды интеллект шымылдыққа күн сәулесін кіргізіп, радио арқылы сізді оятап, таңғы асқа хош иісті кофені күтіп, ал сіз жұмысқа кеткенде, ол сигнал беруді белсендіреді. Болашақта мұндай жүйелердің функционалы айтарлықтай кеңейтілетін болады, тіпті Тоңазытқыш сіздің сүйікті тағамыңызды өзі көрсетсе, ал шкаф киім – кешекті жылытады.

Ақылды үй энергия тұтынуды, жылытуды және желдетуді оңтайландырады, әр түрлі құралдардың жұмысын бақылайды. Жиынтығында бұл тек тұрмысты ыңғайлы етіп қана қоймай, электр энергиясын үнемді жұмсауға көмектеседі.

### **Өзін өзі бақылауға арналған сұрақтар:**

1. Ойлауға жақын әсер беретін арифметикалық машина кім және қашан салынды?

2. XX ғасырдың 50-ші жылдарында Алан Тьюринг ұсынған тесттің мәнін түсіндіріңіз.
3. Тәжірибеде қолданылған ЖИ саласындағы жетістіктердің мысалдарын келтіріңіз.
4. Қандай компания шахмат матчында әлем чемпионын жеңіп алған бағдарламаны әзірледі.
5. Ғарыш аппараттарының жұмысын кешенді басқару үшін қолданылатын бағдарламаны кім әзірледі.
6. Интернет заттар нарығының негізі дегеніміз не?
7. Қандай елдер нақты өндіріске өнеркәсіптік роботтарды белсенді енгізуде.
8. Көп қабатты персептрон түріндегі нейрожелілердің қандай артықшылықтары бар?
9. Нейрожелілер қандай принцип бойынша құрылады?
10. Қандай Youtube қолданатын алгоритмдер ЖИ технологиясы негізінде әзірленген.
11. Google Brain әзірлеушілері құрған, машинаны оқыту модельдерін өз бетінше жасайтын жоба қалай аталады?
12. Бақшадағы су бүріккіштерін қосатын алгоритмді кім жасады?
13. Нейрожелілер қай елде 2 музыкалық альбомды жазды, оларды Яндекске тыңдауға болады.
14. Жасанды интеллект әлемдік экономикаға қандай бағыттар бойынша әсер етеді.
15. Жасанды интеллект технологиялардың қандай топтары біріктіреді?

## **2-тарау. БІЛІМ БЕРУ САЛАСЫНДА ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТТІ ҚОЛДАНУ, САРАПТАМАЛЫҚ ОҚЫТУ ЖҮЙЕЛЕРІН ӨЗІРЛЕУ ЖӘНЕ ЕНГІЗУ**

### **2.1. Адаптивті оқыту**

*Адаптивті оқыту* – бұл жасанды интеллектті білім берудегі қолданудың ең перспективалық бағыттарының бірі. Әр түрлі нәрсені оқи бастайтындардың білім деңгейі. Ал қабілеттері әртүрлі. Әр түрлі өмірлік тәжірибелер және әртүрлі уәждер. Сондықтан, кейбір студенттер үшін бағдарлама әрқашан өте оңай болып көрінеді, ал кейбіреулер үшін бұл өте қиын. Біреулер материалды бір формада қабылдауға ыңғайлы. Басқа біреу. Нәтижесінде, оқытушы барлық уақытта шешілмейтін міндет алдында шығады: «әлсіз» оқушылардың қолайлы үлгерімін қалай қамтамасыз ету және жеңіл материалмен күшті адамдардан оқуға деген ниетін өтемеу керек?

Адаптивті технологиялар бұл мәселені шешуі керек. Жасанды интеллект әр оқушының үлгерімін қадағалайды немесе курстың блоктарын оның қабілетіне қарай көрсету тәртібін реттейді немесе оқытушыға қандай материал нашар оқитаны және қайсысы жақсы екендігі туралы хабарлайды.

Мұндай бағдарламаларды бұрын консервативті оқу процесіне енгізу бойынша тәжірибелерді көптеген алдыңғы қатарлы технологиялық компаниялар жүргізеді. Алайда, біздің көзқарасымызда жоғары технологиялы білімге деген көзқарас басым болып келеді, бұл сызықтық парадигманы сақтай отырып: онлайн-курс.

Интернеттегі курстарды жасаушыларға жасанды интеллект көмегімен адаптивті технологиялардың мүмкіндіктерін пайдалануға мүмкіндік беретін бірнеше платформалардың бірі – бұл *Stepik*. Бірақ оның үстіне осы уақытқа дейін оннан кем осындай курстар құрылған. Бейімделу технологиясының элементтері логикалық ойлауды дамыту бағдарламаларын ұсынатын логика сияқты балалар мен жасөспірімдерге арналған жобаларда, Бірыңғай мемлекеттік емтихан тапсырушыға өзін-өзі даярлау жобасында қолданылады. Оқуға бейімдеу технологияларын енгізу бойынша тәжірибелер *HR* (персоналды басқару) саласындағы коммерциялық жобаларда жүзеге асырылады. Бүгінгі таңда Ресей нарығында ең көрнекті болып саналады: *Competentum*, *Ispring*, *E-mba*. Тілдерді оқыту кезінде *ЖИ* енгізу әрекеттері бар (*Skyeng*, *Lingualeo*, *Websoft*), сонымен қатар бағдарламалау және дизайн (*Geekbrains*, *Netology*) [11].

#### *Прокторинг*

Қашықтықтан оқыту, заманауи жоғары технологиялық білім беру локомотиві дистанциялық емтиханды білдіреді. Білім алушы есептен

шығарылмайтынына сенімді болу үшін оны қалай өткізуге болады? Бақылау жұмыстарын жазу және емтихан тапсыру кезінде студентті бақылау – прокторинг жүйесі көмекке келеді. Өткенде, прокторинг дегеніміз, барлық емтихан кезінде тапсырушыларға веб-камера арқылы бақыланады.

Бүгін жағдай өзгерді. Адамға көмекке жасанды интеллект келді. Ол бір уақытта көптеген тапсырушылардың мінез-құлқын бақылай алады: кадрдағы «артық» адамдардың жоқ-жоғын, бөлмеде «артық» дауыстардың жоқ-жоғын, монитордан жиі тапсырушы көзқарасты бұратынын, браузердегі қойындыны ауыстыруға тырыспайтынын. Бұл іс-әрекеттердің барлығы бұзушылық ретінде белгіленеді. Ерекше жағдайларда, жүйе проекторға қандай да бір тапсырушыға назар аударуға сигнал береді. Тек сонда ғана оны веб-камера арқылы қадағалай бастайды.

Біздің елде осы саладағы ең озық өнім Proctoredu болып табылады. Қазіргі уақытта сервис Ресей нарығында жұмыс істейтін қашықтықтан білім беру платформаларымен, ресейлік жоғары оқу орындарымен өзара іс-қимылды жолға қояды және шетелдік нарыққа шығуға тырысады.

Білім беруде жасанды интеллект пайдалану саласы осы екі бағыттармен шектелмейді. Мысалы, шығармашылық тапсырмаларды – шығармалар мен эсселерді автоматты түрде тексеру бағдарламаларын құру бойынша жоспарлар бар. Тек прокторинг пен бейімдік оқыту бағыттары заманауи адамға түсінікті және ең көп дәрежеде пысықталған. Жасанды интеллектті қолдану идеялары көп. Олардың жүзеге асуы әзірге тек бірлік алды.

Біз білім беру саласында жаңа технологияларды енгізу жолының басында тұрмыз. Нарық тек қалыптасады.

## **2.2. Сараптама жүйелерінің қабықшаларын салыстырмалы талдау**

Қазіргі уақытта жалпы қабылданған «қабық» термині (ағылш. shell-раковина, қабығы, бос қабығы, патрон) сараптамалық жүйелерді құруға арналған құрал-саймандық құралдар жиынтығын білдіреді. Мұндай құралдар жиынтығының құрамы мен функционалдығы әр түрлі болады: икемді және «ашық» құралдардан бастап пайдаланушыларға үлкен еркіндік береді және оған кез-келген тақырыптық салада өзінің қосымшаларын құруға мүмкіндік береді, функциялар жиынтығы бар мамандандырылған жүйелерге дейін «дайын» сарапшылар қолданады, бірақ икемді емес және білімді құрылымдау кезінде білім инженерлеріне (когнитологқа) толық еркіндік бермейді [12]. Алайда, сараптама жүйелерінің бар қабықшаларын талдау негізінде сол немесе өзге дәрежеде

олармен қамтамасыз етілетін функционалдық мүмкіндіктерді көрсететін жалпылама бейнені жасауға болады (2.1-сурет).



2.1-сурет. Сараптамалық жүйенің жалтыланған бейнесі

Сараптамалық жүйелерді құрудың аспаптық құралдарын олардың ашықтығы мен проблемалық бағдарлануына байланысты жіктеуге әрекет жасаймыз. 2.1-кестеде әмбебап мақсаттағы икемді қабықшалар, проблемалы-бағытталған қабықшалар – қандай да бір пәндік саладағы немесе белгілі бір тектес салалардың сараптамалық білімін ұсынуға арналған арнайы құралдар және толық емес сараптамалық жүйелер (ТЕСЖ) берілген пәндік саланың мамандары тікелей енгізетін арнайы білімнің кейбір түрлері жоқ.

2.1-кесте. СЖ құрудың құрал-саймандық құралдарының жіктелуі

ЖАЛПЫ МАҚСАТТАҒЫ ҚАБЫҚШАЛАР			МӘСЕЛЕ	ТЕСЖ
Crystal	Leonardo	VP-Expert	IntelliForm	HelpDesk
XI PLUS	GURU	EASE	TestBench	Lending
BESS	ART	Procedural	Picon	Auto
BEST	Корифей	Consultant	G2	Under- Writing
ИСКАД	ЭКСПЕРТ	KEE	In-Ate	Advisor
ЭСПЛИАН	Интер	ФИАКР	Plexys	ИМ-С
ПРЭКСИС	Эксперт	KNOWOLL	ЭКРАН	СПРИНТ- Д
ДШЕЛЛ	СОКРАТ	САПРЭксперт	BELS	

Сараптамалық жүйелердің қабықшалары сарапшыдан білім алу және жүйенің білім базасына енгізу процесін жеңілдетеді және тіпті кейбір дәрежеде автоматтандырады.

Бұдан әрі IBM PC үйлесімді компьютерлерде жұмыс істейтін сараптамалық жүйелердің кейбір кеңінен қолданылатын қабықшалары қарастырылады.

Inference Corporation (Los Angeles) фирмасымен әзірленген ART (Automated Reasoning Tool) қабықшасы нақты уақыт ауқымына жақын режимде жұмыс істейтін СЖ құрастыруға арналған.

Шығару механизмі белгілі базада жаңа фактілерді белгілейді және қажетті нәтижелерді қалыптастырады. Білім базасы IF ... THEN ережесі түрінде ұсынылған. Жүйеде фактілерді бөлу үшін білім беру тілі, байланысты ұйымдастыру, LISP-те білім беру тілін сипаттау үшін компилятор, қолданбалы бөлім – қолдау құралы ретінде шығару механизмі (INFERENCE ENGINE), реттеуші және тасушы. ART жүйесі LISP тілінде жазылған.

Carnegie Group фирмасымен жасалған KNOWLEDGE CRAFT қабығы COMMON LISP тілінде жазылған. Бұл жүйе CRL-OPS және CRL-PROLOG білім беру тілін қамтиды және келесі құрылымдық ерекшеліктері бар:

- файл құрылымы;
- өндіріс ережелері және «жындар»;
- объектіге-бағытталған бағдарламалау;
- графикалық интерфейс;
- біртекті семантикалық желіні анықтау мүмкіндігі;
- монотонды емес шығару және интерактивті іздеу қабілеті.

KNOWALL қабықшасы әзірлеген фирма - Intelligent Machine Co. LISP тілінде жүзеге асырылған Жүйеде файл құрылымы, IF ... THEN сияқты өндірістік ережелер қолданылады. Сыртқы бағдарламаларды қолдануға және олармен мәліметтер алмасуға болады.

1985 ж. MDBS фирмасымен әзірленген GURU сараптамалық жүйелерінің интеграцияланған қабығы ең танымал болып табылады. Бұл жүйе Си тілінде жүзеге асырылған, білім берудің өнімдік тәсілін қолданады, ережелер: IF... THEN ... RESUME, ережелер саны шектелмейді. Қолданылады және тура және кері шығару механизмі, 16 нұсқаларын есептеу фактор дұрыстығын, 4 базалық типті деректер. Жүйеде деректер базасымен жұмыс істеудің кіріктірілген құралдары, электрондық кестелер типінің интерфейсі, деректерді қорғау құралдары қарастырылған. Массивтерді пайдалану, сыртқы бағдарламаларды шақыру, іскерлік графика пакеттерімен жұмыс істеу, деректермен жұмыс істеу үшін кіріктірілген функциялар қамтамасыз етіледі.



Intelligent Environment фирмасымен әзірленген CRYSTAL сараптама жүйелерінің қабықшасы Ұлыбританияда өте танымал: оны он жетекші британдық компаниялардың сегізі, ірі банктер және 100-ден астам жоғары оқу орындары пайдаланады. CRYSTAL қабықшасы – бұл пайдалану оңай, кері шығару механизмін пайдаланатын ережелерге негізделген аспаптық жүйе. Ол икемділігімен ерекшеленеді және диагностикадан бастап жобалауға дейін түрлі қосымшаларда қолданылуы мүмкін.

VP-Expert сараптамалық жүйелерінің қабықшасы, Paperback Software ұсынған, сараптамалық жүйелерді қолданушыға әзірлеуді білімді ұсынуға және пайдалануға үш тәсіл ұсынады [12].

Бірінші тәсіл (бұл қарапайым және қарапайым) – индукциялық кестелерді немесе матрицаларды қолдану, олардан VP-Expert ережелер шығарады және автоматты түрде мақсаттар мен өзекті сұрақтар жиынтығын қалыптастырады; кестелерде 21 бағанға дейін және 160 жолға дейін болуы мүмкін. Бұл тәсіл бағдарламашы электрондық кестеден немесе мәліметтер базасынан ақпаратты пайдаланып ЭС құрғысы келген кезде ыңғайлы.

Екінші тәсіл – бұл ELSE қолдану арқылы кеңейтілген өндіріс ережелерін қолдану, бұл керісінше жағдайды білдіреді және егер ереже жұмыс істеген болса, DISPLAY хабарлама көрсету мүмкіндігі. Ережелердің шартты бөлігінде 20 шарт болуы мүмкін.

«Деректер базасының ережелері» деп аталатын білімді ұсынудың үшінші тәсілі кеңес беру кезінде мәліметтер базасымен және электрондық кестелермен ақпарат алмасуға мүмкіндік береді. Мәліметтер базасының ережелері сізге ақпараттың көп бөлігін сараптамалық жүйеден тыс жерде сақтауға мүмкіндік береді.

VP-Expert 2.0 нұсқасында жаңа мүмкіндіктер қарастырылған: жасаушыға «тінтуірдің» көмегімен әрі қарай жұмыс істеуге болатын пиктограммалар мен кескіндер жасауға мүмкіндік беретін динамикалық кескіндер функциясы; ерікті тереңдіктің анықтамалық жүйесін жасау үшін пайдаланылатын гипермәтін. Жүйе әзірлеушінің достық ортасын қолдайды, білім қорының мазмұнын көруді қамтамасыз етеді, толтырылған білім қорын синтаксистік бақылау функцияларын орындайды және бақылау хаттамаларын жүргізеді.

Ұлыбританияда жасалған LEONARDO сараптамалық жүйесінің қабығы медицинада, ауылшаруашылығында және т.б. салаларда СЖ кең спектрін құру үшін кеңінен қолданылады. Бұл жүйеде білімді ұсыну үшін кадрлар мен өндіріс әдістері қолданылады. Ережелер саны шектелмеген. Кәдімгі (аралас), тікелей және кері шығу механизмдерін қолданыңыз. Бұлыңғыр біліммен жұмыс істеу үшін сенімділік факторлары және сенімділік дәрежесін анықтайтын Байес әдісі қолданылады. LEONARDO

қабықшасында кіріктірілген редактор, аргументтер компоненттері, шектеулі табиғи тілде сөйлесу мүмкіндігі, мәліметтер қорымен жұмыс істеу интерфейсі (dBASE III), LOTUS 1-2-3 пакетімен интерфейс және мәліметтерді қорғау құралдары бар.

PROCEDURAL CONSULTANT қабықшасы – Texas Instrument фирмасының өнімі PERSONAL CONSULTANT қабығының отбасына жатады. Жүйе түпкі пайдаланушыға шешім қабылдау ағаштарын құруға көмектеседі, бұл диагностикалық процесте диалог үшін негіз болады. Ол табиғи және қарапайым интерфейссті қамтамасыз ете отырып, графикалық режимде ағаштарды салуға мүмкіндік береді, PROCEDURAL CONSULTANT Си және Scheme тілдерінде жазылған.

Testbench қабықшасы – Texas Instruments және Carnegie Group фирмаларының бірлескен күш-жігерінің нәтижесі. Бұл үлкен пәндік-бағытталған жүйе Carnegie Group алдыңғы әзірлемесінің дамуы болып табылады, ол TEST деп аталады.

TestBench үш модульден тұрады:

- Testbuilder: даму ортасы. Бұл модуль LISP тілінде жазылған және Explorer - де жұмыс істеуге арналған;
- Test Bridge: TestBuilder-де жасалған жүйені IBM PC/AT-да жұмыс істейтін жүйеге түрлендіретін құрал;
- Testview: TestBench жүйесінің жұмыс ортасы. Бұл модуль Си тілінде жазылған.

ЭКРАН СЖ қабықшасы (сараптама білімді редакциялау, қарамайшы келмейтін талдау) КСРО ҒА ИМИ-да жасалған.

Бұл жүйе келесі қосымшаларға бағытталған: жіктеу, жобалауды автоматтандыру, техникалық диагностика есептерін шешу, интеллектуалды оқыту жүйелері, Автоматтандырылған нұсқаулықтар. Экранның соңғы нұсқасы предикаттар логикасына негізделген, деректер базасын құру құралдары бар, бірнеше білім қорымен жұмыс істей алады. Бағдарламалық қамтамасыз ету Си тілінде жазылған.

ПЕКОН қабықшасы (дербес кеңесші), Минск ғылыми-оқу орталығында әзірленген «Алгоритм» – сарапшы жүйелерді әзірлеуге, ЕО 1840, ЕС1841, IBM PC дербес ЭЕМ-де сараптамалық білім базасын құруға және жүргізуге арналған аспаптық бағдарламалық құрал. Жүйе интерактивті режимде жұмыс істейтін диагностикалық типтегі сараптамалық жүйелерді құруға бағытталған. ПЕКОН диагностиканың бейресми рәсімдері бар кез келген пәндік салада сараптама жүйесін құру үшін қолданылуы мүмкін.

Жүйе үш компоненттен тұрады:

– әзірлеушіге ережелердің синтаксистік дұрыс базасын жасауға, түрлендіруге және құжаттауға мүмкіндік беретін ережелер базаларының генераторы, ол мынадай кіші жүйелерді қамтиды: ережелер редакторы,

мәтіндік редактор, ережелер компиляторы, ережелер базасының листингтерін беру жүйесі;

– ереже базасы бойынша деректер базасын басқару бағдарламасын генераторы, объект туралы нақты деректерді кеңес беру кезінде қажетті жинауды және сақтауды қамтамасыз ететін фактілер базасын басқару бағдарламасын генераторы;

– кеңес беру жүйесі.

Деректер базасында фреймдер түрінде ұсынылған. Ережелер базасы мен деректер базасы нақты қосымшаның білім базасын құрайды. ПИКОН-да білімді ұсыну моделінің негізі анық логика және байесов формализм элементтері бар өнімдік ережелер негізінде шешім қабылдау желісі болып табылады. Логикалық қорытынды тікелей және кері шығару стратегияларын бірлесіп пайдалану негізінде жүзеге асырылады.

Жүйе PROLOG және Си тілдерінде жазылған. Қолданыстағы бағдарламалық құралдардың талдауы білімге негізделген жүйелерді жасақтаудағы жобалаудың негізгі қағидаттары мыналарды көрсетті:

– деректер базасында ұсынылған сараптамалық білімді қорытындылар мен әрекеттерді таңдау бойынша ұсыныстар алу үшін толық сеніммен пайдалануға болмайды. Жүйелер дәлелдеу механизмдерінде осы сенімсіздікті жеңуге қабілетті болуы тиіс;

– кез-келген салаға қатысты білім контексттік және процедуралық ақпаратты қамтиды;

– жүйенің тиімділігі мен практикалық құндылығы айтарлықтай дәрежеде бұл жүйенің қызмет етуі пайдаланушы үшін табиғи және мөлдір болып табылатындығына байланысты. Білімді өңдеу кезінде эвристиканың пайдаланушыға түсіндірілуі және оған түсінікті болуы қажет;

– пайдаланушы жүйемен қарым-қатынасын ұйымдастыру үшін сұрақтар қою және есептер шығару кезінде табиғи тілді пайдалану тиімді болып табылады.

Соңғы уақытта белгілі бір пәндік салалар үшін арнайы «пішілген» арнайы қабықшаларға қызығушылық артты. Мысалы, Texas Instruments, Teknowledge, Carnegie Group, IntelliCorp, Inference бірқатар шетелдік фирмалар, атап айтқанда, ақауларды диагностикалау, жабдықтарды жөндеу және персоналды оқыту кезінде пайдаланылатын проблемалық-бағытталған қабықшаларды шығару және жеткізу жоспарлары туралы хабарлады.

### **2.3. Оқу үрдісінде қолдануға арналған сараптамалық оқыту жүйесінің жобалау әдістемесі**

Тиісті сараптамалық оқыту жүйесін (СОЖ) әзірлеу процесі келесі кезеңдерді қамтиды [12].

*1 кезең. Дұрыс құрылған білім базасын анықтау.*

Бұл кезеңде белгілі бір формальды теория ретінде құрал-саймандық сараптама жүйесінің ортасында сарапшы жасайтын білім базасын (БЗ) қанағаттандыруы тиіс шарттар анықталады. Мұнда білім базасының толымдылығы, қарама-қайшы еместігі, шығынсыздығы және т.б. жағдайлары болуы мүмкін.

Осылайша, сараптамалық оқыту жүйесінің білімді ұсынудың ықтималды әдісін қолдай отырып, білім базасы дұрыс құрылатын болады егер ондағы білім келесі шарттарға сәйкес келсе:

- білім базасынан А алынған кез-келген гипотезасы үшін ықтималдығы  $P(A) \geq 0$  және  $P(A) \leq 1$ ;
- $p(A) \leq 1$ ; 1 гипотезасының ықтималдықтар сомасы;
- В кез келген симптом үшін БЗ-те А гипотезасы бар;
- БЗ-тен А гипотезасы үшін, А анықтайтын БЗ-те В белгісі бар;

*2 кезең. Пәндік сала моделін құру.*

Бұл кезеңде сарапшы үшін оқыту пәні болып табылатын пәндік саланың моделі құрылады (ЭОС базалық формальды теориясы). Осы салада қолданылатын негізгі ұғымдар, терминдер, теоремалар, әдістер ерекшеленеді және олардың арасындағы қатынастар анықталды. Мысалы, байесов теориясы үшін негізгі ұғымдар, терминдер, теоремалар: оқиға, оқиғаның априорлық ықтималдығы, оқиғаның апостериорлық ықтималдығы, тәуелсіз оқиғалар, шартты ықтималдылық, Бейес және т.б. теоремасы болып табылады.

*3 кезең. Оқыту әдістемесін таңдау.*

Оқытылатын пәннің ерекшеліктеріне, оқыту мақсаттарына, оқытындардың болжамды контингентінің психологиялық ерекшеліктерін, техникалық және бағдарламалық шектеулерді ескере отырып сараптамалық оқыту жүйесін құру кезінде қолданылатын оқытудың кейбір әдістемесі таңдалады.

*4 кезең. Білім алушының моделін құру.*

Бұл кезеңде оқытудың мақсаттарына сәйкес және пәндік сала модельді таңдау негізінде білім алушының моделі әзірленеді. Бұл модель білім алушының негізгі және ағымдық білімі мен дағдыларының деңгейін көрсетуі тиіс. Мысал ретінде білім алушының бес компонентті моделін келтіруге болады.

Білім алушының моделі (ең кең мағынада) – бұл оқыту процесін ұйымдастыру үшін қолданылатын білім.

Сонымен, білім алушының моделі дегеніміз – білім алушы туралы нақты тұжырымдалған көптеген фактілердің жиынтығы, олар оның жағдайының әртүрлі жақтарын сипаттайды: білімі, жеке қасиеттері, кәсіби қасиеттері және т.б.

Білім алушының моделін немесе біздің білім алушы туралы білімімізді зерттеу үшін үш көзқарас бар. Біріншіден, бұл білім алушының қандай бар екені туралы білім; екіншіден, біз оны қалай көргіміз келетінін туралы білім; және, ақырында, оны қалай көруге болатындығы туралы білім. Біріншісі білім алушының мінез-құлқын талдау арқылы белгіленеді және білім алушының мінез-құлық моделін ұсынады. Ол білім алушының өзгеруімен бірге өзгереді, сондықтан оны *білім алушының динамикалық немесе ағымдағы моделі* деп аталады. Бұл модельді құру механизмі когнитивті диагностика болып табылады.

Біз оқушыны қалай көргіміз келетіндігі, оның соңғы жағдайына қойылатын талаптар *білім алушының нормативтік моделі* деп аталады. Бұл білім әдетте көп қырлы. Бұған, мысалы, болашақ мамандардың жеке қасиеттеріне қойылатын талаптар, олардың кәсіби сапалары мен дағдылары, әртүрлі оқу пәндері бойынша білімі мен дағдылары, физикалық және психикалық жағдайының сипаттарына және т.б. қойылатын талаптар жатады. Бұл білім стандарты деп аталатын нәрсе. Оқытудың соңғы мақсаты – білім алушының мінез-құлық моделі оның нормативтік моделімен сәйкес келетін жағдайға қол жеткізу болып табылады.

Үшінші көзқарас, жалпы жағдайда, білім алушылар оқу процесінде қозғала алатын әртүрлі жолдар немесе траекториялар бар екендігіне негізделген. Бір жағынан, бұл дұрыс траектория болуы мүмкін, бұл тыңдаушылардың дұрыс іс-әрекеттерінің арқасында және тыңдаушының нормативтік моделінде қарастырылған, мысалы, бір міндеттерді шешудің әртүрлі тәсілдері мен әдістерін пайдалану дұрыс траекториялар болуы мүмкін. Екінші жағынан, әр түрлі траекториялар білім алушылардың қате әрекеттерімен байланысты болуы мүмкін және олардың көптеген қателіктерін оқытушы алдын ала болжай алады. Білім алушылардың ықтимал қателерін анықтау бойынша мұғалімнің жұмысы дидактикалық тұрғыдан өте пайдалы (қателіктерден үйрен!); осы қателер тізімі (дұрыс емес, траекторияны толық зерттегеннен кейін) студенттің нақты моделі - қате моделі.

Пәндік білімді, яғни оқу пәндері бойынша білімді анықтайтын білім алушының нормативтік моделінің бір бөлігі білім алушының пәндік моделін атаймыз. Білім алушының пәндік моделі, осылайша, пәнді оқытудың мағыналық жағын анықтайды, яғни сараптамалық Білім немесе пәндік саланың моделі болып табылады.

**Білім алушының** пәндік моделі көптеген пәндік салалардан оқу салаларын бөліп алады, сондықтан бұл – оқу пәндік саласының моделі немесе оқу пәнінің моделі. Білім алушының пәндік моделі, осылайша, пәнді оқытудың мағыналық жағын анықтайды, яғни ол сараптамалық білімді немесе пәндік аймақтың моделін білдіреді. Кіріспе білім

алушылардың пәндік моделі білім алушыларды үлгілеуді аяқтауға мүмкіндік береді, өйткені бұл жағдайда білім алушыларға байланысты барлық аспектілер біріктіріледі. Білім алушының пәндік моделінің терминдерінде оған қойылатын талаптар тұжырымдалады. Бұл ұғымды енгізу оқу пәндік саласын модельдеу басқа пәндік салаларды үлгілеуден айтарлықтай айырмашылығы бар. Оқу және тәрбиелік емес пәндерді модельдеудің мақсаттары әртүрлі. Кез келген қызмет, соның ішінде оқу қызметі міндеттерді шешу жолымен жүзеге асырылады, бұл ретте бұл міндеттер осы түрдің қызметі үшін ерекше.

Өндірісте, ғылыми-зерттеу (ғылыми-танымдық) және басқа қызметте проблемалар өз жауаптарын алу үшін шешіледі, мәселелерді шешудің нәтижелері қызметтің мақсатымен белгіленеді, сондықтан оның тікелей өнімі болып табылады. Бұл жерде мәселенің қалай шешілетіні емес, нәтижесінде алынғаны маңызды. Оқу іс-әрекетінің мақсаты осы мәселелерді шешуді үйрену, басқаша айтқанда, оқу іс-әрекетінің мақсаты іс-әрекет тәсілін қалыптастыру болып табылады. Оқу іс-әрекетінде оқу міндеттерін шешудің өзі мүдделі емес, оған талап етілетін жалғыз нәрсе – бұл дұрыс болу. Бұл жерде мәселелерді шешу процесі мұнда түбегейлі мәнге ие, өйткені мәселелерді шешу барысында іс-әрекет әдісі қалыптасады.

Сонымен, білім беру мәселелерін шешу мақсат емес, білім беру мақсатына жетудің құралы болып табылады. Сондықтан модельдеу мақсаттарының айырмашылығы.

Білім беру емес пәндік аймақты модельдеу әлеуметтік маңызды нәтижелер беруі керек, ал білім беру пәнінің аймағын модельдеу – бұл білім беру мәселелерін шешуге арналған процесс.

#### Бірінші компонент – тақырыптық модель

Әсіресе оқу материалы үшін оның құрылымын орнату өте маңызды, өйткені оқу білімінің белгілі бір бөлігін меңгеру оқу материалының құрылымында олардың орнын орнату. Сондықтан, оқушының пәндік моделін құрудағы міндеттердің бірі пәндік білім құрылымын белгілеу болуы тиіс. Оқу материалының құрылымын зерттеу өте маңызды және терең зерттеудің дербес пәні болып табылады.

Пәндік модель білімге қарағанда анағұрлым ірілендірілген түсінік беруі тиіс. Бұл әдетте тақырыптарды аудару арқылы жасалады.

#### **Білім алушының тақырыптық пәндік моделі-оқуға жататын тақырыптар тізімі.**

Тақырыптық модель пәндік білімнің белгілі бір қасиеттерін береді, олардың сипаттамасы, яғни метабілім болып табылады.

#### Екінші компонент – функционалдық модель

Әдістемелік тұрғыдан қандай да бір білімнің қандай рөл атқаратынын, қандай функцияларды атқаратынын анықтау, яғни функционалдық

құрылымдауды жүзеге асыру өте маңызды. Мұны функционалдық айдарлардың тізімін құрып, осылайша функционалдық білімді анықтауға болады. Бұл ретте олардың арасында өзгертпейтін функцияларды орындайтын (декларативтік білімдер, мысалы, анықтамалар, тергеу, қорытындылар), сондай-ақ қайта өзгертетін (процедуралық білімдер, мысалы, әдістемелер, алгоритмдер) білім болуы мүмкін. Олар бірге білім алушының функционалдық пәндік моделін құрайды. Ол қандай да бір пәндік білімнің қандай рөл атқаратынын көрсетеді.

Білімнің рөлі, олардың функциялары нақты пәнге байланысты, бірақ барлық пәндерге ортақ, мысалы, ұғымдар, қасиеттер бар. Жекелеген заттардың олар үшін осы заттардың бар болуымен анықталатын арнайы айдарлар болуы мүмкін. Айдарлар қандай да бір белгі бойынша біріктірілетін пәндер тобы үшін сәйкес келетін жағдайлар болуы мүмкін. Мысалы, мынадай айдарлар: ұғымдар, тұжырымдар, заңдар, қасиеттері, салдары, тұжырымдар, себептер, формулалар, тендеулер, модельдер, әдістемелер, алгоритмдер. Айдарларда сондай-ақ пәндік аймақтың семантикасын бермейді және метабілім болып табылады.

Функционалдық пәндік модель қажетті деңгейде студент білуі тиіс нәрсені құрылымдауға және нақтылауға мүмкіндік береді. Бұл жерде репродукциялық деңгейде білім туралы сөз болып отыр, яғни білу-есте сақтау.

#### Үшінші компонент – семантикалық модель

Декларациялық білім пәндік білімнің мазмұндық немесе семантикалық бөлігін анықтайды және білім алушының семантикалық пәндік моделін тудырады. Білім алушының семантикалық пәндік моделі семантикалық фактілердің бірізділігі болып табылады – құрамы бойынша пәндік мағынасы бар қарапайым фактілер.

Семантикалық факт – бұл бір сөйлеммен немесе сөйлеммен берілетін әрқашан аяқталған және жалғыз ой.

Сипатталған семантикалық фактілер пәндік саладағы білім бірліктерінің рөлін атқарады, өйткені осы білімдердің пәндік мағынасының ұсақ порциялары жоқ.

#### Төртінші компонент – процедуралық модель

Процедуралық білім пән саласы нысандарының өзгеруінің тәртібі мен сипатын сипаттайды және білім алушының процедуралық пәндік моделін құрайды. Бұл рецептер, нұсқаулықтар, алгоритмдер, әдістемелер, шешім қабылдау стратегиясы. Мысалы: табу, ауысу, қозғалыс тендеулерінің сандық шешімі, сандық интегралдау, тендеулерді құру, анықтау, пайдалану, құру, есептеу, қосу. Әдістемелер саны нақты жұмыс оқу жоспарларына байланысты. Әдістемелер, негізінен, зертханалық практикүмға жатады.

Іс-әрекет тұрғысынан процессуалдық білім іс-әрекеттің индикативті негіздерінің сызбаларының рөлін атқарады. Олар дағдылардың көмегімен жүзеге асырылады.

#### Бесінші компонент – операциялық модель

Жоғарыда айтылғандай, жаттығудың түпкі мақсаты іс-әрекет режимін қалыптастыру болып табылады, ал іс-әрекет режимі практикалық іс-әрекетте дағдылар арқылы жүзеге асырылады. Білім дағдыларды қалыптастырудың құралы ретінде әрекет етеді. Инженерлік білімде дағдылар мінез-құлық немесе операциялық білім ретінде қарастырылады. Дағдыларды қалыптастыру тетігі - бұл адамның мінез-құлқынан көрінетін білімді өңдеу (декларативті және процедуралық). Сонымен, оқушының пәндік моделі оқу процесінде қалыптасуы керек дағдыларды қамтиды. Бұл дағдылардың тізімі студенттің пәндік моделі болып табылады.

*5 кезең. Сараптамалық оқыту жүйесінің ортасында сараптамалық жүйені құру кезінде білім алушы (сарапшы) шешетін міндеттер иерархиясын (ағаш, желі) құру*

Сараптамалық оқыту жүйесінің ортасында сараптамалық жүйені әзірлеу процесі сарапшы мен сараптамалық оқыту жүйесімен белгілі бір міндеттерді бірлесіп шешу ретінде міндет тұрғысынан қарастырылады.

Барлық үдерісті міндеттер мен қосымша тапсырыстарға мұндай бөлу сараптамалық жүйелерді құру бойынша сарапшы (білім алушы) қызметін автоматтандырылған бақылаудың техникалық міндетін жеңілдетеді, білім диагностикасының және оқытудың тиімділігін арттырады

*6 кезең. Тапсырмаларды шешу кезінде білім алушылардың қателіктерін анықтау және жіктеу.*

Осы кезеңнің мақсаты сараптамалық оқыту жүйелері ортасында сараптамалық жүйелерді құру кезінде сарапшының ықтимал қателіктерін анықтау және шешілетін міндеттер бойынша оларды факторизациялау болып табылады. Бұл қателер дұрыс құрылған білім базасын анықтайтын шарттар бұзылған кезде туындайды.

*7 кезең. Қателіктің себебін анықтауға мүмкіндік беретін гипотезаларды анықтау.*

Пәндік сала моделінің және оқыту теориясының ұстанымдарының талдауы негізінде білім алушының пәндік сала туралы қандай да бір қатенің пайда болуына әкеп соқтыруы мүмкін дұрыс емес ұсыныстар туралы гипотезалар анықталады. Барлық гипотезалар қателерді анықтау кезінде гипотезаны таңдау процесін тездетуге мүмкіндік береді.

*Кезең 8. Қателерді диагностикалаудың сараптамалық жүйесін және оқытуды басқарудың сараптамалық жүйесін іске асыру.*

Бұл кезеңде қателерді диагностикалау және оқуды басқару бойынша сараптамалық жүйелерді құру арқылы сараптамалық оқыту жүйесін



құрудың алдыңғы кезеңдерінде алынған білімді формализациялау және тестілеу жүзеге асырылады.

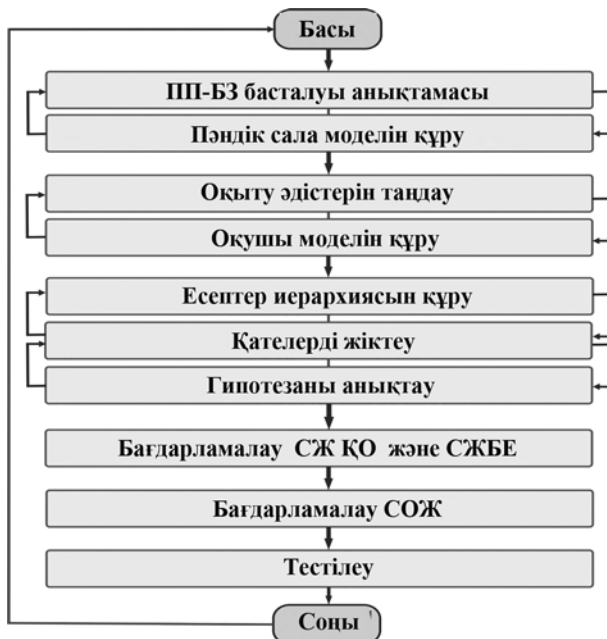
*Кезең 9. Сараптамалық оқыту жүйесін іске асыру*

Осы кезеңнің мақсаты сараптамалық оқыту жүйесінің, қателерді диагностикалаудың сараптамалық жүйесінің және сараптамалық оқыту жүйесінің сарапшы-пайдаланушыларын бақылау және оқыту бойынша кешенді міндеттерді шешу үшін оқытуды басқарудың сараптамалық жүйесінің өзара іс-қимылын ұйымдастыру болып табылады.

*Кезең 10. Сараптамалық оқыту жүйесін тестілеу*

Осы кезеңде сараптамалық оқыту жүйесінің қызметін бақылау жүзеге асырылады. Сараптамалық оқыту жүйесі жүзеге асыратын автоматтандырылған оқыту процесінің дидактикалық тиімділігін бағалау бойынша эксперименттер жүргізіледі, жүйенің және т.б. құрылымдық және психологиялық-педагогикалық кемшіліктері анықталады.

Сараптамалық оқыту жүйесін құру кезеңдерінің өзара байланысы 2.2-суретте көрсетілген.



2.2-сурет. Сараптамалық оқыту жүйелерін құру кезеңдерінің өзара байланысы

## 2.4. Сараптамалық оқыту жүйелерінің архитектурасы

### 2.4.1. Bess сараптама жүйесі қабықшасының архитектурасы

Сараптау жүйелерін құрудың әртүрлі әдістері белгілі: логикалық, ықтималды, өндірістік ережелерге, жақтауларға және семантикалық желілерге негізделген. Үш әдісті салыстырмалы талдау бойынша эксперименттер: ықтималдық, рамалар мен өндіріс ережелеріне негізделген [13]:

- осы әдістердің әрқайсысы еркін проблеманы шешу үшін қолданылуы мүмкін және олардың әрқайсысы әртүрлі бағдарламалық қамтамасыз етуде міндеттерді шешу кезінде жеткілікті өнімділікті қамтамасыз ете алады;
- осы әдістердің әрқайсысы теориялық тұрғыдан негізделген;
- қарастырылып отырған барлық үш әдіс жүйе берген жауаптарды түсіндіру үшін жарамды.

Көрсетілген әдістер нақты бағдарламалық қабықшадан бір түрлі міндеттерді шығару дәлдігі, іске асыру және пайдалану күрделілігі бойынша салыстырылды.

Жүргізілген эксперименттерден СЖ құру үшін «ең жақсы» әдістің жоқтығы туралы қорытынды қажет. Нақты бағдарламалық қабықшадан есептерді шешу үшін қолайлы әдісті таңдау туралы мәселе неғұрлым орынды болып табылады.

Бұдан әрі шешім қабылдаудың байесов әдісіне негізделген Bess (Bayes Expert System Shell) диагностикалық типті СЖ қабықшасының қысқаша сипаттамасын келтіреміз. BESS жүйесі Украинаның В.М. Глушков ат. Кибернетика институтының ғылыми-оқу орталығында Turbo Pascal (5.0 нұсқасы) трансляторын пайдалана отырып, Паскаль тілінде іске асырылған.

Шешім қабылдаудың байесов әдісін таңдау осы жүйелердің қолдануға бағытталуымен, негізінен, оқу процесінде, ол ықтималдық әдістермен формализациялауға, оқытудың статистикалық теориясының және білімді бақылаудың болуына, сондай-ақ оқытудың қазіргі әдістемелерінің дидактикалық тиімділігінің әр түрлі эксперименталды бағалауына негізделген. Шешім қабылдаудың субъективті байесовский әдісі қосымша ақпарат алу кезінде өзгеруі мүмкін адам оған тіркейтін кейбір баға ретінде кейбір оқиғаның ықтималдығын түсінуге негізделген.

BESS жүйесі 2.3-суретте келтірілген архитектураға ие.

*Білім базасының құрылымы.* Білім базасы – бұл деректер базасын жинақтау, ол соңғы деректерден айырмашылығы, білім базасында сақталатын білім белсенді және жаңа білімді құруға мүмкіндік береді.



2.3-сурет. BESS жүйесінің архитектурасы

BESS жүйесі диагностикалауға арналған, мысалы, диагностикаланатын жүйеден келіп түсетін ақпарат бойынша белгілі бір жүйелердің жұмыс істеуіндегі ақауларды іздеуге арналған [13].

Әрбір сарапшы-диагност, оның біліктілігіне байланысты, олар қарайтын жүйелерде орын алуы мүмкін ақаулықтардың белгілі бір санын және осы ақауларды тудырған себептердің соңғы санын анықтай алады. Осылайша, сарапшы-диагностиканың білімі осы жүйелерде болуы мүмкін ақауларға қатысты гипотезалардың соңғы санынан, қандай да бір гипотезаны растайтын не қабылдамайтын симптомдардың соңғы санынан, симптомдарды тексеру тәсілдерінің соңғы санынан тұрады.

BESS жүйесінде бұл білімдер келесі түрде қалыптасады: әрбір гипотезаға гипотеза атауына сәйкес қойылады, осы ақаудың априорлы ықтималдығы, осы гипотезаны растай алатын немесе қабылдамай алатын симптомдар саны және осы гипотезаға қатысты симптомдардың өздері. Әрбір симптому белгілі бір гипотезе қойылады сәйкестігін аты белгі ықтималдығы растау деректері симптому гипотезалар мен ықтималдығы, бұл симптом қабылдамай қояды гипотезаны.

Симптомның мәні туралы ақпарат пайдаланушыдан сұралғандықтан, әрбір симптомға сұрақ және ықтимал жауаптардың ауқымы салыстырылады.

Жүйенің пайдаланушымен өзара әрекеттесу процесі хаттамаланады. Хаттама алынған шешімді негіздеудің кіші жүйесінің жұмыс істеуі үшін негіз болып табылады. BESS білім қорының құрылымы 2.4-суретте келтірілген.

BESS жүйесіндегі шығыс стратегиясы қосымшаға байланысты анықталуы мүмкін. Нақтылаулар диагностикаланатын жүйеден түсетін деректермен (бір мәнді, көп мәнді); шығаруды аяқтау критерийімен;

симптомдарды тексеру кезектілігін белгілейтін критериймен және гипотезаларды жіктеу жүргізілетін критериймен (өзекті, қабылданған, қабылданбаған) анықталуы мүмкін.



2.4-сурет. BESS жүйесінің білім базасының құрылымы

BESS жүйесін шығару машинасында К. Нейлор ұсынған шығыс стратегиясы қолданылады. Бұл стратегияның мәні оның шығару процесіндегі рөлін көрсететін әрбір симптомға бағаны қосу және бірінші кезекте баға неғұрлым жоғары болатын мәселені қою болып табылады. Симптом бағасы мына формула бойынша анықталады:

$$CC(B) = \sum_{i=1}^n |P(A_i | B) - P(A_i | \neg B)| \quad (2.1)$$

Осылайша, в симптомының бағасы - барлық N гипотезаларда болуы мүмкін оқиғалардың ықтималдығының ең көп өзгерісінің сомасы.

Шығару машинасы келесі алгоритм бойынша талқылайды:

- 1-қадам. Симптомдардың бағасын есептеу.
- 2-қадам. Ең жоғары бағамен симптомды табу.
- 3-қадам. Сұрақ қою және жауап алу.
- 4-қадам. Өзекті гипотезалар үшін апостериорлық ықтималдықтарды есептеу.
- 5-қадам. Қабылданған, қабылданбаған, өзекті гипотезаларды жіктеу.
- 6-қадам. Ең ықтимал шешімді табу (ЕБШ).
- 7-қадам. Егер ЕБШ табылған болса, 10-қадамға өту.
- 8-қадам. Қалған симптомдар үшін бағаны қайта есептеу.

9-қадам. 2 қадамға өту.

10-қадам. Диагностиканы және тиісті ұсыныстарды беру.

11-қадам. Жұмысты аяқтау.

$A_i$  гипотезасының апостериорлық ықтималдығы мынадай формуламен бойынша есептеледі:

$$P(A_i | B) = P(B | A_i) * P(A_i) / (P(B | A_i) * P(A_i) + P(B | \neg A_i) * P(\neg A_i)), \quad (2.2)$$

формула бойынша  $B$  симптомы болған жағдайда:

$$P(\neg A_i | B) = P(B | \neg A_i) * P(A_i) / (1 - P(B | A_i) * P(A_i) - P(B | \neg A_i) * P(\neg A_i)), \quad (2.3)$$

$B$  симптомы болмаған кезде.

Шығу немесе аяқтау процесі кезінде жүйені қолданушының «қалай» немесе «неге» директивалары көмегімен негіздеу ішкі жүйесі арқылы жүйе қалайша осы немесе басқа шешімге келгенін білуге мүмкіндігі бар.

Бұл директивалардың мағынасы - қолданушыға өзара әрекеттесу хаттамасының барлығын немесе бір бөлігін, ілеспе ақпаратпен бірге беру.

«Қалай» директивасы таңдалғанда, қолданушыға хаттаманың басынан бастап шығу сатысына дейінгі барлық хаттама беріледі содан кейін негіздеме кіші жүйесіне жүгіну болған. «Неге» директивасын таңдағанда қолданушыға алдыңғы шығару қадамы түсіндіріледі.

Дербес компьютердің дисплейіне шығарылатын хаттаманың әрбір қадамы келесі ақпаратты қамтиды:

- қадам нөмірі;
- осы қадамда белсенді болатын симптомның атауы;
- қойылған сұрақ / алынған жауап;
- ағымдағы (белсенді) симптоммен байланысты өзекті гипотезалар саны;
- өзекті гипотезалар.

Ағымдағы симптоммен байланысты әрбір гипотеза үшін хаттамада төмендегі ақпаратты сақтайды:

- априорлық ықтималдығы;
- ықтималдығы дейін жауап;
- жауаптан кейінгі ықтималдылық;
- жауаптан кейінгі мәртебе (өзекті, қабылданған, қабылданбаған);
- нәтиже (ықтималдығы артты, ықтималдығы азайды, ықтималдығы өзгерген жоқ).

Жүйе хаттаманы басып шығаруға мүмкіндік береді. Бұл жағдайда пайдаланушыға толығырақ ақпарат беріледі, оның ішінде:

- белгілердің бағасы;
- ең жоғары бағасы бар симптомның атауы;

– максималды және минималды ықтималдықтар, сонымен қатар ағымдағы гипотезалардың жоғарғы және төменгі шекаралары және т.б.

Жүйенің сұрақтарына қолданушының жауаптары бір мәнді (иә/жоқ) және көп мәнді болуы мүмкін. Соңғы жағдайда жауап лингвистикалық (аз/орташа/көп) немесе сандық болуы мүмкін [- n .. + n]. Симптомдарды өңдегенде қолданушы бағдарламалық жасақтама үшін ең ыңғайлы жауап түрін таңдай алады.

Мысал ретінде автокөліктерді жөндеу бойынша сарапшы-механиктің рөлін орындайтын BESS СЖ-нің жұмысын қарастырайық. Ол ақаулықтарды жою бойынша ұсынымдар (ұйғарымдар) беруге арналған білім базасын қамтиды. Бұл базада, атап айтқанда, 2.5-суретте көрсетілген гипотезалар мен симптомдар болуы мүмкін.



2.5-сурет. Автокөліктерді жөндеу бойынша сараптамалық жүйенің білім базасының гипотезасы мен симптомдары (белгілері)

Гипотезаларымен және симптомдардың арасындағы байланыс сараптама жүйесінің қолданушымен (автокөлік иесімен) диалогының негізінде орнатылады. Бұл диалог осындай болуы мүмкін:

1. Фаралар жанады ма? – Иә.
2. Отын индикаторы нөл көрсетеді ме? – Жоқ.
3. Көлік жаңбыр астында ұзақ тұрды ма? – Иә.
4. Сіз жақында автосервис бардыңыз ба? – Жоқ, бұрыннан.
5. Стартер бұрылады ма? – Иә.
6. Жүргізіледі ма автомашинасы? – Жоқ.

Қолдаушының сұрауынан кейін алынған ақпаратты 2.2-кестеге енгізуге болады

2.2-кесте. Автокөліктерді жөндеу бойынша сараптамалық жүйені қолдаушының сұрау нәтижелері

	P(H)	Шам-дар-жанып түр	Жанармай 0	Көлік дымқыл	Қызмет көрсету сапары	Стартер жұмыс істейді	Көлік оталады
Батарея заряды аз	0.1	0.00 0.99	0.05 0.7		0.2 0.5	0.00- 0.99	0.01 1.00
Бензин жоқ	0.03		1.0 0.01				0.02 0.90
Ылғалды тұтандыру	0.01			0.9 0.1	0.25 0.50		0.02 0.90
Май жағылған шамдар	0.01				0.01 0.50		0.02 0.90

Алынған ақпаратты өндеу нәтижесінде жүйені шығару тетігі мынадай қорытынды береді:

Көлігіңіз дымқыл тұтанған сияқты.

#### 2.4.2. BELS сараптама жүйесінің білім беру қабықшасының архитектурасы

BELS сараптамалық жүйесінің білім беру қабығы SAA деп аталатын қолданбалы бағдарламалардың архитектурасын жасау үшін IBM фирмасының жүйелік тәсіл идеяларына толық сәйкес әзірленген [13].

Дәлірек айтқанда, CUA (Common User Access) деп аталатын қолданушы интерфейсін ұйымдастыру бойынша SAA жобасының құрамдас бөліктерінің ұсыныстары қолданылды.

BELS қабығының эксперименттік нұсқасын Borland International (АҚШ) фирмасының Borland C++ бағдарламалау ортасында объектілі-бағытталған бағдарламалау негізінде жүзеге асырылды.

CUA ұсыныстарын пайдалану мақсаты – білім алушының (қолданушының) СЖ-нің оқу қабығы үлгісінде оқу бағдарламаларымен өзара іс-қимыл механизмін стандарттау.

Студентпен (қолданушымен) интерфейссті ұйымдастырудың әдістері мен құралдарын осындай стандарттау білім беру бағдарламаларын жасау

технологиясының құнын жеңілдетеді және азайтып қана қоймайды, сонымен қатар оқу бағдарламаларын өнім нарығында олардың жетістіктерін қамтамасыз етеді.

BELS сараптамалық жүйесінің білім беру қабілетін дамытуда қолданылатын объектілік-бағытталған тәсіл мәтіндік редакторлардың, электрондық кестелер, ақпараттық-іздеу жүйелері мен гипермедиа жүйелерінің мүмкіндіктерін біріктіретін бағдарламалық өнімді жүзеге асыруды жеңілдетті. BELS жүйесінде оқушымен диалогты визуализациялау оны кейбір объектілермен қамтамасыз ету және олардағы әрекеттерді орындау мүмкіндігі арқылы жүзеге асырылады (гипотезалар мен білім базасының белгілері, оларды өзгерту, жаңа мәліметтерді іске қосу). Осының арқасында білім алушы бағдарламада оны қалай орындауға емес, объектінің орындалатын тапсырмасына өзінің назарын аудара алады. BELS жүйесінің архитектурасы 2.6-суретте көрсетілген



2.6-сурет. BELS жүйесінің архитектурасы

BELS жүйесінің білім базасының құрылымында, сондай-ақ BESS, жүйесінде сияқты, BELS-дегі әрбір симптомы мүмкін жауаптардың сұрағы мен диапазоны салыстырылады. Жүйе мен қолданушының өзара әрекеттесу процесі тіркеледі. Осы хаттаманың негізінде алынған шешімді негіздеудің кіші жүйесі жұмыс істейді.

BELLS жүйесін шығару машинасында К. Нейлор ұсынған шығыс стратегиясы қолданылады. Бұл стратегияның мәні әрбір симптомға бағаны белгілеу, бұл оның шығу процесіндегі рөлін көрсетеді және ең алдымен баға ең жоғары деген сұрақты қояды.

BELS жүйесінде қабылданған шешімді түсіндіруге арналған ішкі жүйе BESS негіздеу ішкі жүйесімен бірдей жұмыс істейді, бірақ ыңғайлы



терезе интерфейсі және дамыған оқыту компоненті бар. Жүйеде құрылған білім базасының листингін принтерге шығару мүмкіндігі бар.



2.7-сурет. BELS білім базасының құрылымы

Білім алушы – сарапшымен өзара іс-қимыл білім алудың ішкі жүйесін қолдана отырып жүзеге асырылады. Соңғысы сол жақта тігінен гипотезаның аттары енгізілетін экрандық кестені білдіреді, ал релеванттық гипотезаның жасушасына осы симптомның салмағының сандық мәні енгізіледі.

## 2.5. BESS сараптама жүйесінің қабығын оқу процесінде қолдану

Сабақ барысында Bess құрал-саймандық сараптама жүйесі қолданылды. Бұл қабық білім беру қосымшаларының барлық талаптарына сәйкес, бұл оны сараптау қабықшасының басқа қабықшасынан тиімді ажыратады. Сараптау жүйесінің кез келген қабығы бағаланатын критерийлердің негізінде BSS жүйесінің кейбір сараптамалық бағалауын келтіреміз:

- зерттеудің жеңілдігі - өте жақсы;
- жүйенің әлеуетті мүмкіндіктері – жақсы;
- білім базасын әзірлеу жеңілдігі – өте жақсы;
- соңғы қолданушының құрылған сараптамалық жүйелерімен жұмыс істеу тиімділігі мен қолайлылығы – өте жақсы.

BISS жүйесінде білім келесідей қалыптасады. Әрбір гипотезаға гипотезаның атауымен, осы гипотезаның болуының априори ықтималдылығымен, осы гипотезаны растай алатын немесе қабылдамай алатын симптомдар саны және осы гипотезаға қатысты симптомдардың өзі сәйкес қойылады.

Белгілі бір гипотезадағы әрбір симптом симптомның есімі сәйкестікке қойылады, симптомның гипотезаны растайтын ықтималдығы және симптомның гипотезаны қабылдамау ықтималдығы.

Симптомның мәні туралы ақпарат қолданушыдан сұралғандықтан, әрбір симптомға сұрақ және ықтимал жауаптардың ауқымы салыстырылады.

Мысалы ретінде (2.8 сурет) орындау режимінде BISS инструменталды сараптамалық жүйесінің жұмыс істеу фрагментін келтіреміз («Жердің табиғи аймақтарын жіктеу» сараптамалық жүйесі «Орта мектептегі сараптамалық жүйелер» оқу курсының тыңдаушыларымен құрастырылды).

Осы жүйені бастапқы ретінде таңдап алу шешімі оқу процесінде пайдалану үшін келесі дәлелдермен негіздеуге болады.

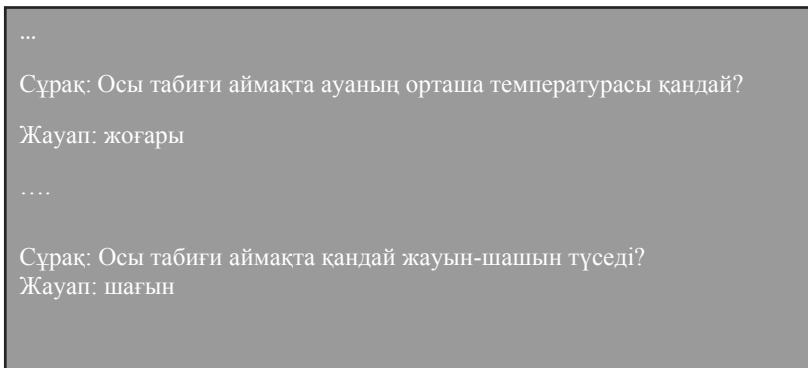
Сарапшыға өзі қабылдаған гипотезаларды (аномалияларды) және олармен бірге жүретін сыртқы көріністерді (белгілерді) еске түсіріп, мәлімдеу оңайырақ, ол шешім қабылдау ережелерін жасаудан гөрі.

1. Сарапшы өзіне белгілі гипотезаларды (аномалияларды) және олармен бірге жүретін сыртқы көріністерді (симптомдарды) еске түсіру және жария ету оңайырақ.

2. BISS жүйесінің шығыс машинасы жұмыс істейтін ықтималдықтар қолда бар статистикамен байланыстыру жолымен оңай анықталады. Білім базасын түзету процесінде ықтималдықтар көрсетіледі.

3. Байесов әдісін қолдану оқиғалардың (симптомдар мен гипотезалар) тәуелсіздігін болжайды, бұл білім базасын жүргізуді жеңілдетеді.

4. «Гипотеза-симптом» қатынасы жеке сипатқа ие болғандықтан (яғни басқа гипотезалар мен симптомдармен байланыссыз қарастырылады), гипотезалар анықтамаларын нақтылау (енгізу, жою, қатынастарды редакциялау) қайшылықтарға әкеп соқпайды.



2.8-сурет. BISS аспаптық сараптама жүйесінің жұмыс істеу үзіндісі

Білім беруде сараптамалық жүйені пайдалану дамудың бастапқы сатысында тұр. Оқу үрдісінде сараптамалық жүйені (СЖ) қолданудың үш негізгі стратегиялық бағытын қарастырайық.

Бірінші бағыт – білім алушының танымдық іс-әрекетінің жаңа түрін ұйымдастырумен байланысты – оған алдын ала таңдалған пәндік салада өзінің өзіндік сараптамалық жүйесін білім толтыру мүмкіндігі беріледі. Нәтижесінде оқушы (студент) өзінің сараптамалық жүйесімен есеп береді. Егер бұл сараптама жүйесі мінсіз жұмыс істесе, онда білім алушы материалды жақсы меңгерген деп санауға болады. Осылайша, сараптамалық жүйе оқушының білім моделі ретінде қолданылады. Оның құрылымы мен мінез-құлқын өзінің сараптамалық жүйесімен, сондай-ақ басқа да оқушылардың сараптамалық жүйесімен салыстыра отырып, мұғалім оқушының білімін сапалы бағалауға мүмкіндігі бар. Сонымен қатар, оқуға деген ынтаны арттыру үшін мұғалім бір міндетті шешу үшін әр түрлі оқушылар жазған сараптамалық жүйелер арасында жарыстар өткізе алады.

Екінші бағыт – оқушының білім кемшіліктерін анықтауда педагог кеңесшісі ретінде сараптамалық жүйені пайдалану. Бұл оқытуда сараптамалық жүйелерді қолданудың өте маңызды аспектісі, өйткені тіпті өте тәжірибелі педагогқа осындай жұмысты әрбір оқушымен жеке жүргізу үшін негізсіз көп уақыт жұмсау қажет. Мұнда диагностикалаушы типтегі сараптама жүйесін пайдалану орынды болып табылады.

Үшінші бағыт жаңа материалды баяндау үшін мұғалімнің білім үлгісі ретінде сараптамалық жүйені пайдалану болып табылады. Бұл жерде сараптамалық жүйе оқушының психологиялық ерекшеліктерін ескере отырып, оның пән бойынша білімдеріне негізделе отырып, жаңа материалды баяндау әдістемесін қалыптастыра алады.

Бұл жағдайда келесі қасиеттерге ие болуы тиіс сараптамалық оқыту жүйесін пайдаланған жөн:

- оқытылатын пән саласындағы құзыреттілік;
- оқытушымен қарым-қатынаста достық интерфейс;
- оқыту стратегиясының болуы;
- білім алушының мінез-құлқына байланысты оқу стратегиясын таңдауды басқара білу;
- оқу сапасын жақсарту үшін өз тәжірибесін қолдана білу.

Осылайша, сараптамалық оқыту жүйелерін іске асыру үшін қажетті білім пәндік сала туралы білімге, білім алушы туралы білімге және оқыту стратегиясын білуіне бөлінуі тиіс.

Сараптамалық жүйелер оқытуда тек сараптамалық оқыту немесе интеллектуалды оқыту жүйелері (ИОЖ) ретінде ғана емес, сондай-ақ оқытушы (студент) сарапшы ретінде сараптамалық жүйенің қабықша-

сымен жұмыс істейтін аспаптық сараптамалық жүйелерді пайдалану арқылы да қолданылуы мүмкін.

Әдістеменің мәні-білім алушыға зерттелетін тақырыптың алдын ала таңдалған тар пәндік саласында сарапшы режимінде аспаптық сараптау жүйесімен жұмыс істеу мүмкіндігі беріледі. Бұл ретте оқушы кез келген анықтамалық әдебиетті: энциклопедияларды, анықтамаларды, оқулықтарды жән Зерттеу нәтижелері оқушының дербес компьютермен өзара іс-қимылының бұл түрін оқушының танымдық іс-әрекетінің жаңа түрі деп атауға болатынын көрсетті. Зерттеудің мақсаты білім алушының танымдық іс-әрекетінің осы түрін ұйымдастыру және сынақтан өткізу болып табылады. Бұл міндетті шешу үшін түрлі оқу орындарында бірқатар тәжірибелер жүргізілді т.б. пайдалана алады.

Курстың екі негізгі нұсқасымен эксперимент жүргізілді, оның біріншісі – сараптамалық жүйе ұғымымен алғашқы танысу (6-10 сағат), екіншісі-материалды терең игеру және оны өзінің практикалық қызметінде қолдану (36 сағат). Бірінші нұсқа екінші нұсқа толығымен кіреді. «Оқытудағы сараптамалық жүйелер» оқу курсының негізгі мақсаттары мен міндеттері оқытуда сараптамалық жүйені пайдаланудың тиімділігін растау болып табылады [13].

Курс материалына кіреді:

- сараптама жүйесі саласындағы негізгі ұғымдармен танысу;
- байесов статистикалық әдіспен шешім қабылдау;
- Bess байесов аспапты сараптамалық жүйесін пайдалануға оқыту;
- әрбір білім алушының BESS ортасында сараптамалық жүйенің өз нұсқасын жасау және жасау.

Курс үш негізгі кезеңде жүзеге асырылады.

#### 1 кезең

- сараптама жүйесінің негізгі ұғымдарымен танысу;
- қарапайым оқу сараптама жүйесін құру;
- құрылған сараптамалық жүйелердің жарысы (бағалау)

#### 2 кезең

– Мектеп бағдарламасы пәндерінің негізгі бөлімдері бойынша жалпылама сабақтарда оқушылардың ұқсас жұмысының үлгісі ретінде өз сценарийі бойынша сараптама жүйесін құру жолымен өз пәні бойынша сабақтарда сараптамалық жүйені қолдану әдістемесін әзірлеу. Өткізілген эксперименттерде мұғалімдерге биология, жаратылыстану, орыс тілі және әдебиет, география, экология, медицина, психология, химия және т.б. сабақтар өткізу кезінде сараптамалық жүйені қолдануды ұсынды.

– Жоғарыда көрсетілген пәндер бойынша оқушылармен жұмыстың әртүрлі түрлері мен формаларында: сынақ сабақтарында; факультативтік

сабақтарда; бітіру емтиханда (алдын ала көрсетілген билеттің бір сұрағы бойынша); ерекше дарынды балалармен жұмыс істегенде; бейіндік сынып оқушыларының өзіндік жұмыс түрі ретінде диагностикалайтын үлгідегі сараптамалық жүйені қолдану нысандарын әзірлеу.

### 3 кезең

Қандай да бір пән бойынша білім алушылардың білімін диагностикалау және тестілеу үшін сараптама жүйесін құру. Мысалы, химия, экология және қоршаған ортаны қорғау бойынша оқу курсы өткізу барысында оқушыға берілетін оқу тапсырмасының шағын бөлігін келтіреміз. Білім алушыға жағасында бірқатар өнеркәсіптік кәсіпорындар орналасқан Шығанақтың суын ластау мүмкіндігін талдайтын химия бойынша сарапшы болуға мүмкіндік беріледі. Судың келесі сипаттамалары зерттеледі:

- рН реакциясы (қышқылдық, негізгі);
- су түсі (қалыпты, қызыл реңк, қара реңк);
- судың консистенциясы (қалыпты, майлы);
- бөгде қоспалардың (көміртегі, күкірт, металдар) болуы);
- судың үлес салмағы (қалыпты, төмен, жоғары).

Нәтижесінде білім алушы суды ластау мүмкіндігі туралы сараптамалық есеп береді. Сонымен қатар, осы пән саласындағы оның білімі компьютерде құрылған сараптама жүйесін іске қосу арқылы бағаланады. Дұрыс жұмыс істейтін сараптама жүйесі білім алушы материалды жақсы меңгергенін болжауға барлық негіз береді. сынақтан өтпеді

## **2.6. Білім алушының білімін бейімделген тестілеу**

Оқытудағы маңызды міндеттердің бірі білім алушының білімін кейбір оқу пәні бойынша тестілеу болып табылады. Тестілеу білімді интегралды бағалауды, белгілі бір дискретті шкала бойынша (мысалы, сынақ / сынақтан өтпеді, 2...5 және т.б.). Әдетте, мұндай баға болжамды немесе ықтимал сипатқа ие, өйткені оқу пәні туралы білім жағдайы жалпы таңдалған қарапайым білім, білік, дағды бойынша бағаланады. Білімді тестілеу білім алушыны сұрау арқылы жүргізіледі. Әрбір сұрақ оқылатын пән туралы білімнің кейбір элементтерімен байланысты және белгілі бір салмаққа («маңыздылыққа», күрделілікке) ие. Егер келесі сұрақты таңдау білім алушының алдыңғы сұраққа жауап беруіне байланысты болса, онда білімді тестілеу адаптивті деп аталады. Адаптивті тестілеудің артықшылығы – сұрақтарды мақсатты таңдау тестілеу уақытын қысқартады, сонымен қатар тестілеу жүйесі неғұрлым интеллектуалды болып көрінеді және білім алушының сенімін тудырады [14].

Оның элементтерінің кейбір іріктеуі бойынша жиынтықтың сипаттамаларын бағалау үшін статистикалық әдістер қолданылады. Бұл жағдайда байесов әдісін қолданған жөн, өйткені ол кейбір априорлы ақпаратты (мысалы, нақты білім алушының үлгерімі, осы оқу пәні бойынша үлгерім пайызы және т.б.) және классикалық статистикаға қарағанда білімді интегралдық бағалау кезіндегі сұрақтардың әртүрлі салмағын ескеруге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, байесов әдісі таңдау элементтерін жүйелі бағалауды қарастырады, демек, адаптивті тестілеуді ұйымдастыруға мүмкіндік береді. Байесов әдісін қолдану үшін басқа дәлел ретінде оны диагностикалық жүйелерде кеңінен қолдану болып табылады.

Адаптивті тестілеу жүйесін құру әдісін қарастырайық. Білім алушының білімін тестілеу төрт балдық шкала бойынша орындалсын – қанағаттанарлықсыз, қанағаттанарлық, жақсы, өте жақсы. Шкаланың әрбір мәніне гипотезаны салыстырамыз.  $i$  ( $1 < i < 4$ ) шкаласының мәніне сәйкес келетін білім алушының білімі туралы  $A_i$  – гипотезаны белгілейміз. Мысалы,  $A_1$  – «қанағаттанарлықсыз білім» гипотезасы, ал  $A_4$  – «өте жақсы білім».

Әрбір тестіленуші элемент (білім, білік, дағды) бақылау мәселесі (тапсырма) және көптеген ықтимал жауаптар байланысты симптом деп санаймыз. Әрбір жауапқа тестіленуші элементтің білім (иелену) дәрежесін бағалаудың кейбір мәні салыстырылады. Баға алу тәсілі мәселеге (міндеттерге) байланысты және қаралмайды. Баға рұқсат етілген тәсілдердің бірі деп есептейміз, мысалы [-5, +5] аралығынан  $k$  мәнімен, мұнда -5 тең емес, +5 тең, 0-сұраққа белгісіз жауапқа сәйкес келеді, ал қалған барлық мәндер ішінара дұрыс (оң) немесе ішінара дұрыс емес (теріс) жауапқа сәйкес келеді [15].

1-қадам.  $A_1$  гипотезасын қалыптастыру – «қанағаттанарлықсыз білім», оған нөлден ерекшеленетін априорлық ықтималдықты салыстыра отырып, бірақ оған бірде бір симптомды қоспай.

2-қадам. Барлық симптомдарды (сұрақтарды) үш топқа бөлу: симптомдары «қанағаттанарлық», «жақсы» және «өте жақсы» деген бағаға.  $B_3$ ,  $B_4$  және  $B_5$  симптомдарының топтарын белгілейміз.

3-қадам.  $A_2$  гипотезасын қалыптастыру – «қанағаттанарлық білім». оның априорлы ықтималдығы мен симптомдарын  $B_3$  тобынан салыстыра отырып.

4-қадам.  $A_3$  гипотезасын қалыптастыру – «жақсы білім», оған  $B_3$  және  $B_4$  топтарының априорлы ықтималдығы мен симптомдарын салыстыра отырып,  $B_3$  тобының симптомдары  $A_2$ -ге қарағанда  $A_3$ -ке аз үлес беруі тиіс. Соңғы шартты ресми түрде келесідей білдіруге болады.  $P_{ij}^+$  және  $P_{ij}^-$

сәйкесінше,  $j$  гипотезасы үшін  $i$  симптомды растау және теріске шығару ықтималдығына сәйкес болсын. Егер содан кейін:

$$\text{егер } P_{ij}^+ / P_{ij}^- > 1, \text{ содан кейін } P_{ij}^+ / P_{ij}^- > P_{ik}^+ / P_{ik}^- \text{ және } P_{ik}^+ / P_{ik}^- > 1 \quad (2.4)$$

$$\text{егер } P_{ij}^+ / P_{ij}^- < 1, \text{ содан кейін } P_{ij}^+ / P_{ij}^- < P_{ik}^+ / P_{ik}^- \text{ және } P_{ik}^+ / P_{ik}^- < 1 \quad (2.5)$$

$V_3$ -тен  $A_2$ -ге аз үлес қосатын кейбір белгілерді  $A_3$ -те жоққа шығаруға болады.

$A_2$ -де аз үлес беретін  $B_3$ -тің кейбір симптомдарын  $A_3$  -ке төмендетуге болады.

5-қадам.  $B_3$ ,  $B_4$  және  $B_5$  топтарынан априорлы ықтималдық пен симптомдарды салыстыра отырып,  $A_4$  – «өте жақсы білім» гипотезасын қалыптастыру.  $B_3$  және  $B_4$  симптомдары үшін  $A_3$  және  $A_4$  гипотезаларына қатысты (2.4) немесе (2.5) арақатынасы орындалуы тиіс.  $B_3$ -тен кейбір симптомдар және, мүмкін,  $B_4$ -тен,  $A_3$ -ке аз салымдар беретін,  $A_4$ -ке түсіруге болады.

6-қадам. Білім базасын тестілеуді өткізу. Білім базасының қанағаттанарлық мінез-құлқы жағдайында жұмысты аяқтау, әйтпесе  $A_2$ ,  $A_3$  және  $A_4$  гипотезаларына симптомдардың салымдарын анықтау, ол үшін тиісінше 3, 4 немесе 5-қадамға өту. Симптомдарды Қосу, Жою немесе қайта бөлу (және оларға қатысты сұрақтар), ол үшін 2-қадамға өту.

Ұсынылған әдіс оңай қорыту жағдайда шкаласының өлшемі  $N$ , мұндағы  $N > 4$ .

Бұл симптомдар  $N-1$  тобына бөлінеді, ал  $A_i$  ( $i > 1$ ) гипотезасына  $B_j$  ( $1 < j < i$ ) топтарының белгілері кіреді, ал  $B_k$  ( $1 < k < i-1$ ) топтарының белгілері аз үлес  $A_i$  гипотезаға береді,  $A_{i-1}$  карағанда.

BESS аспаптық жүйесі арқылы осы әдіс бойынша құрылған білім базасы келесі мінез-құлққа ие.  $B_5$  немесе  $B_4$  топтарынан бір немесе екі күрделі сұрақ таңдалады. Егер білім алушы оларға дұрыс жауап берсе, онда  $A_3$  және  $A_4$  гипотезаларының ықтималдығы азаяды және  $B_3$ -тен сұрақтар таңдалады. Дұрыс жауап бергенде  $A_2$  гипотезасы қабылданады, әйтпесе  $A_3$ ,  $A_4$  гипотезасын бұрып, барлық сұрақтарды таңдау арқылы  $A_1$  гипотезасын қабылдау әрекеті қолданылады. Егер білім алушы бірінші сұрақтарға дұрыс жауап берсе, онда  $A_4$  және/немесе  $A_3$  ықтималдығы артады және  $B_4$  және  $B_5$  топтарынан сұрақтар таңдалады, олар  $B_3$  топтарынан сұрақтармен алмасады. Дұрыс жауап болған жағдайда  $A_4$  гипотезасы немесе, егер жауаптардың арасында дұрыс емес болса,  $A_3$  гипотезасы расталады.

Қуәлік бағасын анықтау үшін BISS-те қолданылатын тәсіл гипотезалар мен симптомдар саны шамамен бірдей болған жағдайда жақсы. Гипотезалар аз болса, кезекті сұрақ (симптом) белгілі бір гипотезамен байланысты (мысалы, алдыңғы қадамда растау алған немесе

барынша ықтималдығы бар). Бұдан басқа, «жақсы» деген бағаға білім «қанағаттанарлық» деген бағаға (және осыған ұқсас) деген білімді қосады деген факт тиісті гипотезаларға симптомдар салу арқылы тек қана айқын емес түрде ескеріледі. Осылайша, егер «жақсы білім» гипотезасы қабылданбаса, онда «қанағаттанарлық білім» және «үздік білім» деген екі гипотезасы бұрынғысынша талданады. Нәтижесінде шешім қабылдау жүйесі кемінде 80% симптомдарды талдайды, оның ішінде барлық «дұрыс» және барлық «дұрыс емес» жауаптарда.

Көрсетілген проблемаларды келесідей шешуге болады. Білімді тестілеу үшін сараптамалық жүйенің білім базасы ағаш болып табылады, онда гипотезалар симптомдар сияқты рөл атқара алады. Тиісті бағаға білім туралы гипотезалар иерархияны ескере отырып, жүйелі түрде қарастырылады. Кейбір гипотезаны растау кезінде тиісті салым осы бағынышты гипотезада ескеріледі. Авторға күәлік бағасын есептеу үшін формуланы таңдау мүмкіндігі берілуі тиіс. Тиісті жиынтық тестілеудің дәстүрлі әдістері мен бағалау шкаласын ескеруі тиіс. Мысалы, тестілеу уақытын қысқарту мақсатында үлгеруші білім алушы үшін күрделі сұрақтардың аз мөлшерін немесе үлгермейтін оқушы үшін қарапайым сұрақтарды таңдауды қамтамасыз ету. Кезекті мәселені таңдау кезінде ықтимал гипотезалардың ағымдағы жай-күйін ғана емес, сондай-ақ талданған симптомдардың санын да, мүмкін олардың сипаттамаларын да ескеру қажет. Гипотезаларды қабылдау механизмі, сондай-ақ білімнің бір элементтері бойынша әртүрлі күрделіктегі сұрақтардың болуын және өзара байланысын ескеру және белгілі бір күрделіктегі сұрақтарға дұрыс жауаптардың белгілі бір саны кезінде гипотезаны қабылдауды қамтамасыз ету үшін түзетілуі тиіс.

### **Өзін өзі бақылауға арналған сұрақтар:**

1. Оқытудың бейімделу технологиясын сипаттаңыз.
2. ЖИ-ның бейімделу оқытуымен байланысын түсіндіріңіз.
3. Оқытудың бейімделу технологиясының қандай элементтерін білесіз?
4. Білім алушының нормативтік моделі деп нені атайды
5. Сараптама жүйелерінің қабықшаларына салыстырмалы талдау беріңіз
6. Сараптамалық оқыту жүйелерінің (СОЖ) функционалдық мүмкіндіктері қандай?)
7. СОЖ құрастырудың аспаптық құралдарының жіктелуі
8. Сараптамалық оқыту жүйелерін құру кезеңдері



9. СОЖ жобалау әдістемесі жүйелер.
10. Білім алушының пәндік моделін құру
11. Bess сараптамалық оқыту жүйесінің архитектурасы
12. BELLS сараптама жүйесінің оқу қабығының архитектурасы
13. BELLS білім қорының құрылымы
14. Оқу үрдісінде Bess сараптау жүйесінің қабығын қолдану
15. Оқу үрдісінде СЖ қолданудың стратегиялық бағыттарын көрсетіңіз.
16. Оқу пән саласының компоненттері.
17. Сараптама жүйесінің білім базасының гипотезасы мен белгілері автокөліктерді жөндеу бойынша
18. «Оқытудағы сараптамалық жүйелер» курсының материалы.
19. Білім алушының білімін бейімделген тестілеу
20. Адаптивті тестілеу сараптау жүйесін құру әдісі.

## **3-тарау. МЕДИЦИНА САЛАСЫНДАҒЫ ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ**

*Медицинадағы жасанды интеллект (ЖИ)* – күрделі медициналық деректерді талдау кезінде адам білімін аппроксимациялау үшін алгоритмдер мен бағдарламалық қамтамасыз етуді қолданады. Адам денсаулығына байланысты қосымшалардың негізгі мақсаты профилактика немесе емдеу әдістері мен пациенттерді емдеу нәтижелері арасындағы өзара байланысты талдау болып табылады. Қазіргі кезде жасанды интеллект бағдарламасы әзірленіп, практикада қолданылуда, олар процестердің диагностикасын, емдеу хаттамаларын әзірлеуді, дәрілік заттарды әзірлеуді, пациенттің жай-күйі туралы мониторингті жүргізеді. Денсаулық сақтау жасанды интеллектке инвестициялаудың басты салаларының бірі болып қалады.

### **3.1. Медицинада ЖИ қолдану аясы**

Медициналық мекемелерде жеке компьютерлердің көпшілігі мәтіндік құжаттаманы өңдеу, деректер қорын сақтау және өңдеу, статистика жүргізу және қаржылық есептерді орындау үшін ғана қолданылады. Машиналардың жеке, мамандандырылған бөлігі әртүрлі диагностикалық және емдік аспаптармен бірге қолданылады [16].

Көптеген емдеу-диагностикалық технологияларда заманауи компьютерлердің мүмкіндіктері іс жүзінде пайдаланылмайды. Ең алдымен бұл диагностика, емдеу іс-шараларын тағайындау, аурудың ағымы мен оның нәтижелерін болжау. Біздің ойымызша, қазіргі заманғы компьютерлік технологияларды медицинада жеткіліксіз толық пайдаланудың негізгі себептері нашар дамыған техникалық база, осы технологияларға қатысушыларды қазіргі заманғы аппараттық және бағдарламалық қамтамасыз ету саласында даярлаудың жеткіліксіз деңгейі, қолданбалы бағдарламалардың мамандандырылған пакеттерімен нашар жарақтандырылуы және т.б. болып табылады. Компьютерлік қосымшаларды қолданудың психологиялық аспектісі үлкен маңызға ие.

Бұл дәрігердің жұмыс ерекшеліктеріне байланысты маңызды себеп болып табылады. Дәрігер зерттеуші болып табылады, оның жұмысы шығармашылық сипатқа ие, алайда ол өз қызметінің нәтижесіне тікелей жауап береді. Диагноз немесе емдеу туралы шешім қабылдай отырып, ол өз білімі мен тәжірибесіне – өзінің және ол үшін беделді болып табылатын әріптестеріне сүйенеді. Бұл ретте шешімнің негіздемесі өте маңызды, әсіресе, егер ол сыртқы тараптан айтылса.

Қазіргі заманғы техникалық мүмкіндіктер ауру ағымының сапалы жаңа деңгейіне шығуға мүмкіндік береді, атап айтқанда, тиісті математикалық модельдер негізінде көзбен шолып, нақты ауру кезінде патологиялық үдерістің типтік дамуын кеңістіктік пішімдеуге мүмкіндік береді. Қазір медицинаны дамытудың қазіргі кезеңінде ақпараттық жүктемелер адам мүмкіндіктерінің шегіне жетеді. Дилемма пайда болады: немесе ақпаратты толық талдауды құрбан етуге тура келеді, немесе шешім қабылдауды компьютерлік қолдаудың түрлі әдістерін кеңінен қолдану қажет. Медициналық сараптау жүйелері дәрігерге өзінің диагностикалық болжамдарын тексеруге ғана емес, күрделі диагностикалық жағдайларда консультация алу үшін компьютерге жүгінуге мүмкіндік береді [17].

Білімді ұсыну тәсілдерін формаландыруға және сараптамалық жүйелерді (СЖ) құруға арналған зерттеулер саласын «білім инженериясы» деп атайды. Бұл термин Е.Фейгенбауммен енгізілген және оның түсіндіруінде «сарапшылар білімін талап ететін күрделі қолданбалы проблемаларды шешуге жасанды интеллект саласындағы қағидалар мен құралдарды енгізу» дегенді білдіреді. Басқаша айтқанда, сараптамалық жүйелер келесі тізімдегі бір немесе бірнеше сипаттамаға ие міндеттер жататын бейресми проблемаларды шешу үшін қолданылады:

- тапсырмалар сандық түрде ұсынылуы мүмкін емес;
- пәндік сала туралы бастапқы деректер мен білім бірдей емес, дәл емес, қарама-қайшы;
- мақсаттарды нақты мақсатты функцияның көмегімен көрсетуге болмайды;
- тапсырманың бір мағыналы алгоритмдік шешімі жоқ.

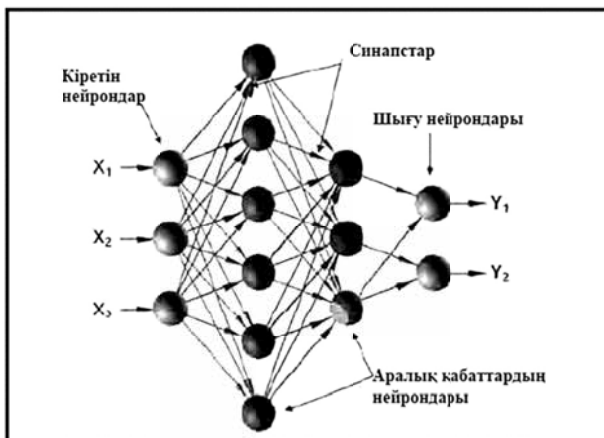
Жоғарыда аталған барлық қасиеттер медициналық міндеттер үшін типтік болып табылады, өйткені көп жағдайда олар көп өлшемді, шатастырылған, кейде қарама-қайшы клиникалық деректердің үлкен көлемімен ұсынылған. СЖ диагностика, дифференциалды диагностика, болжау, емдеу стратегиясы мен тактикасын таңдау міндеттерін шешуге мүмкіндік береді.

Сараптамалық медициналық жүйелердің арасында өзін-өзі оқытатын интеллектуалды жүйелер (ӨОЗЖ) ерекше орын алады. Олар нақты практикадан жағдайларды автоматты түрде жіктеу әдістеріне немесе мысалдарды қолдана отырып оқыту әдістеріне негізделген. Өздігінен білім алатын интеллектуалды жүйелердің ең жарқын мысалы – жасанды нейрондық желілер [19, 20].

Жасанды нейрондық желілер (ИНС; artificial neural networks) деректерді әдетте қолданылатын желілік әдістерге қарағанда әлдеқайда жақсы жіктеуге мүмкіндік беретін сызықты емес жүйе болып табылады. Жасанды нейрондық желілерді медициналық диагностикалаудың

қосымшасында оның сезімталдығын төмендетпей, әдістің ерекшелігін айтарлықтай арттыруға мүмкіндік береді [21].

Жасанды нейрондық желілер – бұл ми функцияларын моделдеуге негізделген когнитивтік ақпаратты өндеуге арналған құрылым. Әрбір жасанды нейрондық желінің негізін салыстырмалы қарапайым, көп жағдайда ми нейрондарының жұмысын имитациялайтын бір типті элементтер (ұяшықтар) құрайды. Әрбір нейрон мидағы жүйке жасушаларына ұқсас өзінің ағымдағы жағдайымен сипатталады, олар қозғалуы немесе тежеуі мүмкін. Жасанды нейронның синапстер тобы – басқа нейрондардың шығуымен біріктірілген бір бағыттағы кіріс байланыстары бар, сондай-ақ сигнал (қозу немесе тежеу) келесі нейрондардың синапстарына түсетін осы нейронның аксон-шығу байланысы бар (3.1-сурет).

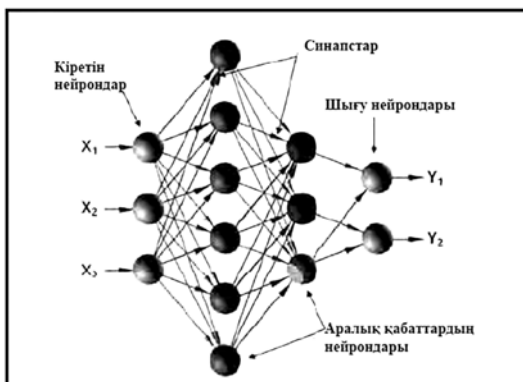


3.1-сурет. Жасанды нейрондық желінің схемалық құрылымы

Жасанды нейрондық желілер үшін сигналдарды параллель өндеу принципі тән, оған нейрондардың көп санын қабаттарға біріктіру және түрлі қабаттардың нейрондарын біріктіру жолымен қол жеткізіледі. Теориялық жағынан әрбір қабаттағы қабаттар саны мен нейрондар саны ерікті болуы мүмкін, бірақ іс жүзінде ол компьютер ресурстарымен шектелуі мүмкін. Жалпы жағдайда, жасанды нейрондық желілер қиын болған сайын, оған тән міндеттер соғұрлым ауқымды. Синаптикалық байланыстардың беріктігі оқу деректер жиынтығынан білім алу процесінде модификацияланады (оқыту режимі), содан кейін жаңа деректерге нәтиже алу кезінде қолданылады (орындау режимі) [21].

Жасанды нейрондық желілерді болжаудың басқа әдістерінен неғұрлым маңызды ерекшелігі нейрондық желіні өзінің жеке тәжірибесі мен әріптестерінің тәжірибесін бере алатын немесе желіні бақылау арқылы алынған нақты деректерге үйрететін дәрігер-маманның өзі сараптамалық жүйелерді құрастыру мүмкіндігі болып табылады. Нейрондық желілер көп өлшемді деректердің жасырын заңдылықтарын негізге ала отырып, шешім қабылдауға қабілетті.

Жасанды нейрондық желілердің оң ерекшелігі - олар бағдарламаланбайды, яғни диагноз қою үшін ешқандай қорытынды ережелерін қолданбайды, ал мұны мысалдар көрсету арқылы жасайды. Кейбір жағдайларда жасанды нейрондық желілер адамның миына тән таңғажайып қасиеттерді көрсете алады, соның ішінде сұралған деректерде заңдылықтарды іздестіре алады. Нейрондық желілер көптеген қолданбалы міндеттерді шешу үшін пайдаланылатын техниканың көптеген салаларында қолданылады: космонавтикада, автомобиль жасауда, банк және әскери істе, сақтандыруда, робототехникада, деректерді беру кезінде және т.б., ең маңыздысы нейрондық желінің қасиеті алынған білімді оқыту және қорыту қабілеттілігінен тұрады. Желі жасанды интеллект деп аталады. Оқыту үлгілерінің шектеулі жиынында жазылған, ол жинақталған ақпаратты қорытады және оқыту процесінде өңделмеген деректерге қатысты күтілетін реакцияны өңдейді. Медицинада оқытылған жасанды нейрондық желілерді қолдану процесі схемалық түрде 3.2-суретте көрсетілген.

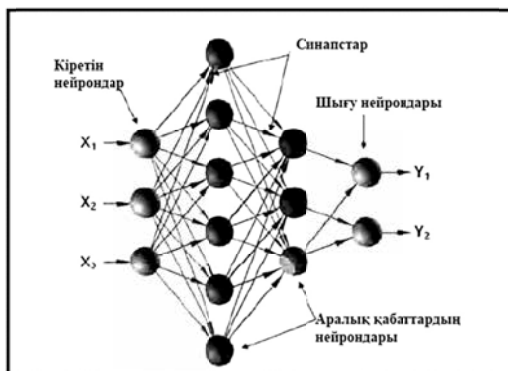


3.2-сурет. Медицинада оқытылған жасанды нейрондық желіні қолдану сызбасы

Жасанды нейрондық желілердің белгілі практикалық қосымшаларының едәуір санына қарамастан, сигналдарды өңдеу үшін оларды одан әрі пайдалану мүмкіндігі түпкілікті таусылмаған және жасанды нейрондық желілер көптеген жылдар бойы нақты процестер мен құбылыстардың дәл модельдері болмаған жағдайда шешім қабылдауды қолдаудың негізгі құралдарының бірі болады деп болжауға болады.

Data Mining деректерді талдау және өндіру технологиясы деп аталатын классификация және болжау есептерін шешу үшін үлкен көлемді ақпаратты өңдеу және қорытудың басқа перспективалы технологиясының мысалы болып табылады [22]. Деректерді талдау және өндірудің әдістері мен құрал-саймандық құралдары барлауды талдаудың басты және тәуелсіз компонент әдісі, факторлық талдау, көпше регрессия, көп өлшемді шкалалау, кластерлік талдау және бейнелерді тану әдісін пайдалана отырып, белгілер кеңістігін редуцирлеу сияқты белгілі статистикалық құралдарын одан әрі дамытуды білдіреді. Бағдарламалық жүзеге асырылған және ыңғайлы пайдаланушы интерфейсімен жабдықталған, сондай-ақ көп өлшемді деректерді визуализациялаудың икемді алгоритмдерімен қолдау көрсетілген Data Mining құралдары тіпті жаңадан бастаған пайдаланушыға да тиісті зерттеулер жүргізуге мүмкіндік береді. Data Mining жүйесінің бейнелерін кластерлік талдау және тану әдістерінің арсеналына әдетте тірек векторлар әдісі (Support Vector Machine немесе SVM), шешім ағаштарының әдісі (decision trees), белгілер кеңістігіндегі «жақын көрші» әдісі, байесов классификациясы және т.б. кіреді. Жіктеу және тану әдістерінің көрсетілген тобының арасында ең қызықты және икемді тірек векторлар (ИТВ) әдісі ұсынылады.

Тірек векторлар әдісі – бұл бастапқы жіктеу әдісі, ол осы міндетті көп өлшемді кеңістікте гипержазықтықтар құру жолымен шешеді, әр түрлі класқа жататын бақылау топтарын бөледі. 3.3-суретте тірек векторлар әдісінің негізгі идеясы суреттелген. Схеманың сол жағында бастапқы объектілер берілген, олар одан әрі ядро деп аталатын математикалық функциялардың арнайы класының көмегімен белгілер кеңістігінде түрлендіріледі (орны ауыстырылады, жылжытылады). Бұл қозғалу процесі объектілерді қайта түрлендіру немесе қайта топтастыру деп аталады. Түрлендірілген объектілердің жаңа жиынтығын (схеманың оң жағында) сызықты бөлеміз. Осылайша, күрделі қисық құрудың орнына (схеманың сол жағында көрсетілгендей) әр түрлі нысандарды бөлетін оңтайлы тура жүргізу қажет. Содан кейін әдіс тірек векторлары деп аталатын екі сынып арасындағы шекарадағы объектілерді іздестіреді [23] және оларды тану үшін ұсынылатын жаңа объектілердің қандай да бір сыныбына жататындығы туралы шешім қабылдау үшін пайдаланады.



3.3-сурет. Тірек векторы әдісінің негізгі идеясы

Медицинада сараптамалық жүйелерді қолдану мысалдарын бір-бірімен атауға болмайды, олар денсаулық сақтаудың көптеген салаларында қолданылады. Мұндай жұмыстардың басым көпшілігін шетелдік зерттеушілер орындаған және негізінен олар әртүрлі клиникалық жағдайларда жасанды нейрондық желіні пайдалану мүмкіндіктеріне қатысты. Мысалы, P.L. Lie [18] хирургия саласында жасанды нейрондық желілер негізінде артық дене салмағы бар адамдарда өт-тас ауруының даму қаупін болжау жүйесін құрды. Авторлар ретроспективті түрде антропоморфометриялық, анамнестикалық, клиникалық және зертханалық деректерді зерттеді, 1999 жылдың ақпан айынан бастап 2005 жылдың қазан айына дейінгі кезеңде операциядан өткен 117 семіздік емделушінің кері таралу алгоритмімен оқытылған жасанды нейрондық желісі салынды. Клиникалық деректерді (жынысы, жасы, дене салмағының индексі, ілеспелі аурулар), зертханалық көрсеткіштерді және гистологиялық зерттеу нәтижелерін қоса алғанда, 30 кіретін айнымалы пайдаланылды. Жасанды нейрондық желінің болжамды құндылығын сол деректер базасында оқытылған логистикалық регрессия моделімен салыстырды. Жасанды нейрондық желі (ЖНЖ) логистикалық регрессия моделіне қарағанда ең жақсы болжамды құндылықты және төмен қатені көрсетті. Екі әдістің мәліметтері бойынша өт-тас ауруы қаупінің аса маңызды факторлары -диастолалық артериялық қысымның жоғарылауы, преморбид фоны, глюкоза метаболизмінің бұзылуы және қан холестеринінің деңгейінің жоғарылауы.

Эндоскопияда A.Das et al. [18] асқазан-ішек жолының жоғарғы бөліктерінен қан кетпейтін науқастарды сұрыптау үшін нейрожелілік технологияларды пайдаланды. Зерттелетін патологиясы бар 387 пациенттің клиникалық және зертханалық деректері бойынша оқытылған жасанды

нейрондық желінің тиімділігі зерттелді, верификация – ROC-анализі бар 200 пациенттің деректері бойынша зерттелді. Желінің шығуында екі қорытынды ауыспалы болды: жалғаспалы қан кету белгілерінің болуы немесе болмауы және емдік эндоскопияға қажеттілік. Нейрондық желінің сезімталдығы > 80% құрады, болжанатын құндылығы – 92-96%.

Онкоурологияда P.Bassi et al. қуық обырына байланысты радикалды цистомияға шалдыққан пациенттердің 5 жылдық өміршеңдігі болжалды. Ол үшін жасанды нейрондық желі (ЖНЖ) және логистикалық регрессия моделі (ЛРМ) әзірленді және салыстырылды. 5 жылдық өмір сүрудің жалғыз статистикалық шынайы болжамдары ісік сатысы және көрші органдарға өсудің болуы немесе болмауы болып табылатыны анықталды. Логистикалық регрессия моделі (ЛРМ) сезімталдығы мен ерекшелігі 68,4% және 82,8%, жасанды нейрондық желі (ЖНЖ) – тиісінше 62,7% және 86,1% құрады. Логистикалық регрессия моделінің (ЛРМ) оң болжамды құндылығы – 78,6%, жасанды нейрондық желі (ЖНЖ) – 76,2%, теріс болжамды құндылығы – тиісінше 73,9% және 76,5%. Логистикалық регрессия моделінің (ЛРМ) диагностикалық дәлдік индексі – 75,9%, жасанды нейрондық желі (ЖНЖ) – 76,4%. Осылайша, жасанды нейрондық желінің болжамдық құндылығы логистикалық регрессия моделімен салыстырмалы болып шықты, бірақ нейрожелі белгілі бір артықшылықтарды көрсетті: жасанды нейрондық желі жұмыс істеуге ыңғайлы, айнымалы арасындағы сызықсыз байланысты анықтауға мүмкіндік беретін түсінікті бағдарламалық қамтамасыз етуге негізделген, сондықтан ол болжамдауда пайдалану үшін неғұрлым қолайлы.

F.K.Chun et al. логистикалық регрессия үлгісімен салыстырғанда қуықасты безі обырының қауіп тобын анықтау үшін жасанды нейрон желісін пайдаланды. Жасанды нейрондық желі дәл болжау мүмкіндіктерін көрсетті.

Трансплантологияда G.Santori et al. [18] бүйрек трансплантацияланғаннан кейін балалардағы қан сарысуындағы креатининнің кейінге қалдырылған төмендеуін болжауда нейрожелілік технологияларды қолданды. Бүйрек трансплантациясына жататын емделушілерде кіретін ауыспалы және ізделетін нәтижелердің арасындағы корреляцияны анықтау үшін 107 клиникалық мысалда оқытылған жасанды нейрондық желі құрылды. Нәтижемен коррелирлейтін ең маңызды айнымалылар іріктелді: ауыстырып отырғызу күні қан сарысуының креатинині, алғашқы 24 сағат ішіндегі диурез, гемодиализ тиімділігі, реципиент жынысы, донор жынысы, ауыстырып салғаннан кейінгі бірінші күні дене салмағы, жасы. Модель пациенттердің екінші таңдауымен калибрленген (n = 41). Оқыту, калибрлеу және тексеру таңдауларындағы нейрондық желінің дәлдігі тиісінше 89%; 77% және 87% құрады. Салыстырмалы логистикалық



талдау жалпы 79% дәлдікті көрсетті. ЖНЖ сезімталдығы мен ерекшелігі 87%-ды құрады, ал логистикалық регрессия әдісі тиісінше 37% және 94%-ды көрсетті.

Медициналық радиологияда F.Dohler et al. гиппокампалық склерозды автоматтандырылған анықтау мақсатында магнитті резонанстық томография (МРТ) суреттерін жіктеу үшін нейрондық желіні пайдаланды. Жасанды нейрондық желі суреттердің 144 мысалында оқытылды және склеротикалық өзгерістердің болуына қатысты митіндерінің өзгерістерін жіктеуге мүмкіндік берді. E.E. Gassman et al. [18] сүйек құрылымдарын автоматтандырылған сәйкестендіру үшін жасанды нейрондық желіні құрды және бұл әдістеменің сенімділігін дәстүрлі әдістермен салыстырғанда бағалады. Әдістеменің сезімталдығы мен ерекшелігі 87% және 82% құрады. Сонымен қатар, ЖНЖ сүйек құрылымының сегменттеуін 10 есе жылдам орындады.

A.T.Tzallas неврологиясында және басқалары электроэнцефалограммды талдау негізінде эпилептикалық ұстамаларды болжау үшін нейронжелі қолданылды. Әдістің болжамдық дәлдігі 98-100% құрады.

Бұл нейрожелілік модель науқастың стационарға түскен кезде және емдеуге жатқызудың алғашқы 48 сағаты ішінде алынған деректер негізінде инфицирленген панкреонекроздың даму ықтималдығын болжауға арналған: нәтижелердің дәлдігі – 90%, ерекшелігі – 96%. Осы үлгіні пайдалана отырып, біз жіті панкреатитпен аурудың ерте мерзімінде жұқтырылған панкреонекроздың дамуына қауіп төндіретін науқастар тобын анықтау мүмкіндігіне ие болдық. Бұдан басқа, нейрондық желі жіті панкреатиттің инфекциялық асқынуларын ерте мерзімде болжау үшін 12 барынша ақпараттық көрсеткіштерді бөлуге мүмкіндік берді: 1) стационарға емдеуге жатқызу түрі (басқа ауруханадан ауыстыру); 2) науқастың жасы; 3) дене салмағының индексі; 4) науқастың дене температурасы; 5) жүрек жиырылу жиілігі; 6) тыныс алу қозғалысының жиілігі; 7) қан лейкоциттерінің саны; 8) ауру басталғаннан 24 сағат ішінде анықталатын іштің кебуі (іш ішінің жоғарғы); 9) аурудың басынан алғашқы 24 сағат ішінде анықталатын іш қуысындағы жіті сұйықтық түзілімдері және (немесе) бос сұйықтық; 10) қанның несепнәрі; 11) қан глюкозы; 12) кешенді қарқынды терапияның 24 сағат ішінде науқастың жалпы жай-күйін жақсартудың болмауы (пациент жүргізілетін емдеуге «жауап бермейді»), SAPS II шкаласы бойынша балл санының өсуі).

N.Horowitz et al [22] гастроэзофагеальды рефлюксті ауруды анықтау үшін диагностикалық сауалнаманы әзірлеуде қолданылды. Авторлармен 132 пациент тексерілді, алынған мәліметтер негізінде DM-модель жасалды, ол аурудың ең маңызды және сенімді белгілерін: күйдірілген, қышқылдың кекіруі, антацидтік терапиядан оң нәтиже және жіті, майлы

тағамнан кейін көңіл-күйінің нашарлауына мүмкіндік берді. Осы әдістің сезімталдығы мен ерекшелігі 75% және 78% құрады.

Y.C.Lee et al. [16] семіздікті хирургиялық емдеуден кейін дене салмағының төмендеуін болжау үшін DM-технологиясын қолданды. Жұмыста әртүрлі әдістермен операция жасалған 249 пациенттің (177 әйел және 72 ер адам) деректері ретроспективті ескерілді. 208 науқас (83,5%) операциядан кейін 2 жыл бойы дене салмағын сәтті төмендеткен, ал 41 (16,5%) әсер болмаған. DM-модель авторлары жасаған операцияға дейін одан кейін әсер болатынын және араласудың қандай түрі жақсырақ болатынын анықтауға мүмкіндік береді.

Жоғарыда келтірілген барлық мысалдарды біріктіретін жалпы ерекшелік нейрожелілік модельдерді құрудың бірыңғай әмбебап технологиясының болмауы болып табылады. Жарияланатын әзірлемелерде сараптамалық жүйелердің жұмыс істеу алгоритмдері мен әртүрлі архитектуралары қолданылады. Бұл әрбір міндет үшін өзінің жеке архитектурасы, ал көбінесе – кейбір бірегей алгоритм немесе бұрыннан бар алгоритмнің бірегей модификациясы жасалуына әкеледі. Іс жүзінде қолдану тұрғысынан мұндай сараптама жүйелері шешім қабылдаудың дәстүрлі бағдарламаларынан айырмашылығы жоқ. Сонымен қатар, дәстүрлі сараптамалық жүйелерді нейрожелілік жүйелерге автоматты түрде түрлендіру әдістері ұсынылды. Оларды әзірлеу нейроинформатика бойынша мамандардың қатысуын талап етеді, ал пайдаланушының құрастыру мүмкіндігі іс жүзінде жоқ. Бұл мұндай жүйелерді қымбат етеді және практикалық қолдану үшін өте ыңғайлы емес, сондықтан жарияланымдарда авторлар негізінен шығару ережелері бойынша жұмыс істейтін нейрожелілік алгоритмдер мен дәстүрлі жүйелердің жұмыс сапасын салыстырады.

Осылайша, медицинада сараптама жүйелерін қолдану туралы жарияланымдарды талдау негізінде келесі қорытындылар жасауға болады:

1. Медициналық нейроинформатика ғылым ретінде нақты материалды жинақтау кезеңінде.

2. Нейрондық желілер жасанды интеллект деп аталады. Оқыту үлгілерінің шектеулі жиынында жазылған, олар жинақталған ақпаратты қорытады және оқыту процесінде пайдаланылмайтын жаңа деректерге қатысты күтілетін реакцияны әзірлейді. Белгілі практикалық қосымшалардың едәуір санына қарамастан, жасанды интеллект әдістеріне негізделген тәсілдерді одан әрі пайдалану мүмкіндігі олардың тиімділігі түпкілікті зерттелмеген.

3. Заманауи техникалық мүмкіндіктер ауру ағымының сапалы жаңа деңгейіне шығуға мүмкіндік береді, атап айтқанда сараптамалық автоматтандырылған технологиялар негізінде патологиялық процестің

типтік дамуын модельдеу. Эксперттік компьютерлік медициналық жүйелер дәрігерге өзінің диагностикалық болжамдарын тексеруге ғана емес, қиын диагностикалық жағдайларда консультация алу үшін компьютерге жүгінуге мүмкіндік береді.

Сараптамалық жүйелер бүгінгі күні жалпы денсаулық сақтауды дамытуда өте маңызды рөл атқарады және пациенттерді емдеу мәселелерінде даулы және проблемалық жағдайлар туындаған жағдайда медициналық персоналға жүйелі көмекті қамтамасыз ету үшін қызмет етеді. Медициналық сараптама жүйелері диагностика міндеттерін ғана шешуге ғана емес, сонымен қатар аурулардың ағымын болжауға, оларды емдеу тактикасын таңдауға көмектеседі. Сараптама жүйелері қандай жағдайларда көмектесе алады?

Сараптамалық жүйелер, әдетте, келесі сипаттағы проблемалар туындаған жағдайда қолданылады:

- Сарапшыларға ұсынылған бастапқы деректер бір мәнді емес немесе қарама-қайшы.
- Есептерді классикалық әдістермен бір мәнді шешу алгоритмін анықтау мүмкін емес.
- Тапсырма сандық формада ұсынылуы мүмкін емес.

Сонымен, егер мәселе жоғарыда аталған факторлардың қайсыбірімен (немесе бірнешеуімен) сипатталса, онда оны шешу үшін сараптама жүйесін қолдану орынды.

Медициналық проблемалар, әдетте, дәл осындай қасиеттерге ие, себебі бастапқы деректер көбінесе шатастырылған және қарама-қайшы клиникалық деректердің көп санымен ұсынылған.

Сараптама жүйелерін жобалауға әртүрлі тәсілдер мен әдістер бар, алайда медициналық сараптама жүйелерін әзірлеушілердің арасында қазіргі уақытта ең басым бағыттардың бірі өзін – өзі оқытатын интеллектуалды жүйелерді (ӨОСЖ), ал нақты айтқанда-жасанды нейрон желілерін әзірлеу болып табылады.

Жасанды нейрондық желілер (ЖНЖ) – бұл математикалық модельдер және олардың бағдарламалық (немесе аппараттық) іске асырылуы, олар биологиялық нейрондық желілердің (жүйке жүйесіне біріктірілген тірі ағзаның жүйке жасушаларының желілері) бейнесі бойынша құрылады [21]. Басқаша айтқанда, жасанды нейрондық желілер - бұл тірі ми жұмысының функцияларын модельдеуге негізделген ақпаратты өңдеуге арналған жүйелер.

Жасанды нейрондық желілер сызықты емес жүйелер болып табылады, бұл деректерді желілік әдістердің көмегімен қарағанда анағұрлым сапалы өңдеуге және талдауға мүмкіндік береді. Нейрондық

желілердің классикалық Алгоритмдер алдындағы тағы бір артықшылығы – бұл оқыту мүмкіндігі. Нейрондық желілер осы сөздің классикалық түсінігінде бағдарламаланбайды, ал нақты мысалдарда оқиды. Іс жүзінде, жүйе берілген мысалдар санының «жаттыға» отырып, процесте алынған ақпаратты қорытады және жүйені оқыту процесіне тікелей қатыспаған деректерге қатысты реакция жасайды. Жасанды нейрондық желілерді оқыту жүйе элементтері арасындағы байланысты табудан тұрады.

Осылайша, жасанды нейрондық желілер тек қана бастапқыда салынған деректерді ғана емес, сонымен қатар олар анықтаған жасырын заңдылықтарды негізге ала отырып, шешімдер қабылдай алады.

Кез келген жасанды нейрондық желінің негізінде бір типті қарапайым элементтер жатыр, олардың функциясы нейрондардың жұмысын имитациялау болып табылады. Ми жасушалары сияқты, әрбір жасанды «нейронда» «синапс» тобы бар. Жасанды нейрондық желілер жағдайында «синапстар» басқа «нейрондардың» шығуымен қосылатын бір жақты кіру байланысы болып табылады. Сондай-ақ жасанды «нейрондар» «аксондарға» ие (сигналдар басқа нейрондардың «синапстарына» түсетін шығыс байланысы).

Жасанды нейрондық желілердің жұмысы бастапқыда деректерді параллель өндеуге қабілетті ақпаратты өндеудің биологиялық жүйелерінің модельдеріне негізделген. Тиісінше, жасанды желілер үшін бұл принцип тән. Мұндай әсерге желіде элементтердің көп саны - «нейрондар» өз кезегінде бір-бірімен біріктірілген қабаттарға біріктірілген арқасында қол жеткізіледі.

Жасанды нейрондық желі қиын болған сайын, қиын есептерді ол шеше алады. Дегенмен, желідегі нейрондар мен олардың қабаттарының саны компьютер қуатымен шектеледі.

Жасанды нейрондық желілерді әзірлеу медицинадағы сараптама жүйелерін пайдалану саласындағы ең перспективалы бағыттардың бірі болып табылады. Дегенмен, бұл жалғыз қолданылатын технология емес.

Болжау және жіктеу есептерін шешу үшін білімнің жаңа түсіндірмелерін анықтау мақсатында ақпаратты өңдеу үшін қолданылатын тағы бір технология – бұл Data Mining. Орыс тілінде бұл ұғым «Білімді деректер қорында табу» ретінде анықталады. Нақты айтқанда, Data Mining – бұл бұрын белгісіз білім интерпретациясын, жасырын заңдылықтарды бастапқы деректерде табу процесі [22].

Айта кету керек, Data Mining құралдары визуализацияның икемді алгоритмдерінің арқасында терең математикалық дайындық жоқ адамдар үшін де қол жетімді.

Data Mining әдістері заңдылықтардың бірнеше түрін анықтауға мүмкіндік береді:

– Жіктелуі. Оның көмегімен қарастырылатын объектіні жатқызуға болатын топты сипаттайтын белгілерді анықтауға болады. Бұл жағдайда бұл жіктелген объектілерді талдау негізінде жүргізіледі.

– Кластеризация. Шын мәнінде, сол жіктеу, алайда талданатын объектілер тиесілі топтар берілген болып табылмайды, яғни деректер топтары Data Mining құралдарының көмегімен тікелей бөлінеді.

– Қауымдастық. Егер бір-бірімен байланысты бірнеше оқиға болған жағдайда анықталады.

– Бірізділік. Егер бір-бірімен байланысты оқиғалардың тұтас тізбегі болған жағдайда анықталады.

– Болжау. Болжамдау үшін негіз деректер базасында сақталатын ақпарат болып табылады. Математикалық модельдерді құру болашақта жүйенің мінез-құлқын болжауға мүмкіндік береді.

Data Mining негізінде әртүрлі әдістер мен алгоритмдер жатыр: шешім ағаштары, жақын көрші әдісі, Байес желілері, сызықтық регрессия, корреляциялық талдау, регрессиялық талдау, кластерлік талдау, ассоциативті ережелерді іздеу әдістері, генетикалық Алгоритмдер, тірек векторлар әдісі және т.б.

Бүгінгі таңда медицинаның көптеген салаларында қолданылатын және әртүрлі әдістер негізінде жұмыс істейтін көптеген сараптамалық жүйелер бар. Алайда, медициналық сараптама жүйелерінің жалпы ерекшелігі (әсіресе, жүйеде оқитындар туралы айтатын болсақ) оларды құрудың бірыңғай технологиясының жоқтығын атап өтуге болады. Көп жағдайда, әзірлемелерде және толыққанды жұмыс істейтін жүйелерде жұмыс істеудің әртүрлі алгоритмдері негізінде жатыр. Нәтижесінде, әрбір міндет үшін, әдетте, өз архитектурасын әзірлеу қажет.

Айта кету керек, медицинада сараптама жүйелерін пайдалану ауру ағымын диагностикалау және болжау сияқты проблемаларды шешу процесінде жаңа деңгейге шығуға мүмкіндік бергеніне қарамастан, сараптама жүйелерін пайдаланудың психологиялық аспектісі де бар. Дәрігер өз шешімдері үшін үлкен жауапкершілікте болғандықтан, ол үшін өз іс-әрекетіне, өз тарапынан немесе оған айтылған іс-әрекетіне сенімді болу өте маңызды.

Осылайша, бір жағынан, медицинадағы сараптамалық жүйелер дәрігердің шешім қабылдау процесін айтарлықтай жеңілдетуі мүмкін, әсіресе стандартты емес жағдайларда, деректерді толық және дәл талдауды жүзеге асыру, жедел шешім қабылдау қажет болған жағдайда көмектесу, адам факторымен байланысты қателердің санын азайту. Екінші жағынан, мұндай жүйе тек сарапшының қолында ғана пайдалы құрал бола алады және ешбір жағдайда дәрігерді толық алмастыра алмайды.

Қазіргі уақытта денсаулық сақтаудағы жасанды интеллект әдістері мен құралдары келесі салаларда қолданылады:

- медициналық бейнелерді (МРТ суреттері, УДЗ қорытындылары, кардиограммалар, компьютерлік томография нәтижелері) тануға арналған қосымшалар мен бағдарламалық өнімдер);

- дәрілік препараттарды әзірлеуге арналған стартаптар (микроскопиялық талдау, препараттардың тиімділігін зерттеу, вирустарды зерттеу және тиімді вакциналарды іздеу);

- протездеу саласында машинамен оқыту технологияларын пайдалану (интеллектуалды жүйелер адамның анатомиялық ерекшеліктерін ескере отырып, ыңғайлы протездер жасайды );

- пациентке қашықтан көмек үшін қосымшалар (олар Ұлыбританияда танымал-олардың көмегімен жалпы тәжірибе дәрігерлері қашықтан режимде суық немесе өмірге қауіп төндірмейтін басқа да жағдайларды емдеу үшін ұсыныстар бере алады);

- обыр ауруларын емдеу жөніндегі стартаптар (мысалы, Sophia AI – 30 млн. пациент жағдайының клиникалық көрінісін талдай алатын және емдеудің тиімді схемасын ұсына алатын инвестициялар)

Бұдан әрі медицинаның әр түрлі салаларында ЖИ құралдарын қолдануға байланысты ең ірі әзірлемелерді қарастырайық.

*Ми тамырларының аневризмасын емдеу үшін жасанды интеллект: ge healthcare және fujitsu australia жобасы*

Маккуори университеті (Сидней, Австралия) және Macquarie Medical Imaging компаниясы GE Healthcare және Fujitsu Australia серіктестігіне қосылды. Университет қызметкерлері GE Healthcare компаниясы ұсынған технологияларды әзірлеу және тестілеу үшін клиникалық сараптама жүргізді. Fujitsu компаниясы бұл бастаманы басқарады. Fujitsu GE Revolution СТ-сканері арқылы алынған ми кескіндеріне жасанды интеллект технологиясын қолдануға жиналады. Ал суреттің шифрын шешу үшін және ыдыстардағы аномалияларды іздеу үшін арнайы алгоритм қолданылады [24]. Жасанды интеллект жүйелері бірнеше жылдан бері медицинада белсенді қолданылады және медициналық бейнелерді шешу үшін, соның ішінде. Алайда, қан тамырларының аневризмасы сияқты ауыр ауру үшін алғаш рет қолданылады.

Аурудың болуын анықтаудан басқа, жасанды интеллект-платформа операциядан өткен немесе қауіп тобындағы пациенттерге бақылау жүргізетін болады. Маккуори университетінің профессоры Джон Магнуссен (John Magnussen) ми тамырларының аневризмалары табу үшін

қиын екенін, бұл тіпті компьютерлік томографияны-бейнелерді шешу тәжірибесі мол тәжірибелі дәрігерлерді жасау қиын екенін атап өтті.

Жасанды интеллект технологиясының көмегімен дәлірек диагностика мүмкін болды: жүйе суреттегі күдікті жерлерді автоматты түрде белгілейді, содан кейін мидың осы аймағының жағдайын бақылап, кейінгі компьютерлік томографияға сүйенеді.

Магнуссен бас миы тамырларының қалыпты және патологиялық жағдайларының үлкен деректер жиынтығын жасау – нейрондық желіні оқытудың ең күрделі бөлігі екенін түсіндірді. Жүйе патология не екенін және норма екенін ажыратуды үйренуі керек. Егер оған бастапқы дұрыс емес мәліметтер берсе, онда оқу нәтижесі жаман болады. Мысалы, өзін-өзі басқаратын автомобильдерге арналған деректер жиынтықтарын таңбалаумен салыстырғанда, ми суреттерін тану үшін жасанды интеллектті үйрету үшін деректер жиынтықтары әлдеқайда ұзағырақ және мұқият жасалады. Әлемде медициналық суреттерді білікті ашып, ондағы патологияны немесе норманы анықтауға қабілетті мамандар көп емес.

Әзірге жүйе медициналық визуализация міндеттерін «сатып алу» болып табылады. Және оған осы процесте сарапшыларды ішінара ауыстыра алатын уақыт қажет. Егер эксперимент табысты болса және нейросеть патологияны білікті таба бастаса, клиникаларда осындай қызметтердің бағасы бірден төмен болады, яғни көптеген пациенттер үшін қолжетімді болады.

Медиктер мен инженерлер жұмысының келесі кезеңі – бұл басқа, кем емес ауыр ауруларға қатысты деректер жиынтығын құру. Жасанды интеллект есептеу қуатының өсуімен, Google және IBM сияқты компаниялар бұрын қиын болып көрінген міндеттер мен үдерістер үшін шешімдерді ұсынады. Университеттің академиялық дағдыларын, нарыққа өнім шығару бойынша маркетингтардың тәжірибесін және медиктердің білімін біріктіре отырып, қолжетімді баға бойынша нақты тиімді шешім алуға болады, деп мәлімдеді доктор Магнуссен.

*Үндістан Денсаулық сақтау саласында жасанды интеллектті белсенді пайдаланады*

2018 жылдың сәуірінде жасанды интеллект негізіндегі медициналық құрылғы АҚШ (FDA) өнімдері мен дәрілік препараттарының сапасын бақылау басқармасының мақұлдауына ие болды. Бұл қадам басқа елдерде денсаулық сақтауда жасанды интеллект платформаларының таралуына қатысты шешуші қадам болды. IDx-DR, камераның көмегімен көздің суреттерін талдау үшін жасанды интеллектті пайдаланатын бағдарламалық алгоритм диабеттік ретинопатияның жеңіл дәрежесі анықталғанда (қандағы қанттың жоғары деңгейі тор қабатындағы қан тамырларын зақымдайтын жағдай) 87% дәлдікке жетті.

Үндістан, әлемдік интеллектуалды жарысқа қатысушы ретінде медицинаға заманауи технологияларды енгізе бастады. IT-қызметтерді ұсынатын және экономиканың басқа салалары үшін жасанды интеллект және машинамен оқыту құралдарын (МҰ) әзірлейтін үнді компаниялары үшін денсаулық сақтауға жасанды интеллектті енгізу ауруларды диагностикалауда нағыз серпіліс болды. Бүгінде Үндістанның IT-компаниялары осы салада қажетті тәжірибе алу үшін жергілікті және шетелдік клиникалармен және институттармен ынтымақтасады. Мысалы, өткен жылы NTT DATA Services технологиялық компаниясы Динанат Мангешкар (Deenanath Mangeshkar Hospital) ауруханасымен бірікті.

Үндістанда осы бағдарламаны пайдаланудың алты айлық кезеңінде эмфиземаны анықтау деңгейі 170%-ға өсті. Дәстүрлі диагностика жүйелері мұндай тиімділікке ие емес және осындай дәлдікпен ауруларды ешқашан диагностикалай алмайды. Медициналық көмек процесін талдау мен жеделдетуді автоматтандыру үшін жасанды интеллект пайдалану Үнді клиникаларына аз уақыт пен ресурстар шығынымен жұмыс істеуге көмектесті.

NTT DATA Services шешімдері суреттерді талдау үшін жаңа жасанды интеллект құралдарымен клиникалық суреттерді интеграциялаудың жиырма жылдық тәжірибесіне сүйенеді. Қазіргі уақытта компания тек Үндістанда ғана емес, АҚШ пен Жапонияда да сынақ жүргізеді. Іс жүзінде технология жеткізушісі клиенттерге өздерінің әзірлемелерін медициналық мәліметтермен алмасуға мүмкіндік береді. Денсаулық сақтауда технологияларды пайдаланудың түрлі аспектілері бар, мысалы, болжамдық диагностика, медициналық бейнелерді талдау, препараттардың тиімділігін талдау, емдеу әдістерін салыстырмалы талдау және тағы басқалар. Медицинаны дамытудың барлық осы бағыттарында қолданыстағы жабдыққа және техникалық жабдыққа жасанды интеллект қосу диагностика процесін жүздеген есе тиімдірек етті.

Persistent Systems технологиялық қызмет көрсетушісі болжамды диагностикада жасанды интеллектті пайдаланады. Prashanti Cancer Care Mission Үнді медициналық ұйымымен бірлесе отырып, компания қауіп тобындағы емделушілерде сүт безі обырының маркерлерін анықтауға арналған платформаны әзірледі. Persistent Systems сондай-ақ Азия және Африка ұлттарындағы өкпе обырын диагностикалаудың заманауи шешімдерін әзірлеу және бүйрек ауруының даму мүмкіндігін анықтау үшін АҚШ-тағы клиникалармен ынтымақтасады.

Persistent Systems өкілдері болжамды модельдеу технологиясында он жылдан астам уақыт жұмыс істеп келе жатқанын атап өтті. Үндістанда әлемдегі қатерлі ісікпен сырқаттанушылықтың ең жоғары көрсеткіштерінің бірі болса да, алдын алу емес, емдеуге әлі көңіл бөлінуде. Сүт безі



обырының 55%-да ауру кеш сатыда диагностикаланады. Салыстыру үшін: Ұлыбританияда асқынған кезеңдерде 11% оқиға диагностикаланады.

Жақында Үндістандағы ең ірі ақпараттық технология – Tata Consultancy Services (TCS) қызмет көрсетушісі Tata медициналық орталығымен бірлесе отырып, болжамдық талдау технологияларын әзірлеу және обыр биомаркерлерін анықтау үшін зерттеу орталығын құрды. Nigamai Health Analytix жоғары технологиялық шешімдердің тағы бір үнді өндірушісі обырды анықтаудың жаңа әдісін қолданды. Зертханалардағы микроскоптарды ауыстыратын Optrascan шешімі. Optrascan патологтар жұмыс істейтін слайдтарға AI және ML алгоритмдерін қолданады. Бағдарламаның Дәлдік деңгейі 95% құрайды.

*Ai-mediKanGen бағдарламасы сирек генетикалық мутация тапты*

Әзірлеменің авторы Бирмингем Мэтт Майт (Matt Maight) Алабама университетінің профессоры. Ол университеттің ғылыми бөлімшесі болып табылатын Хью Коула (Hugh Kaul Precision Medicine Institute) дәл медицина институтын басқарады. MediKanGen бағдарламасы профессор Майт Бертранның ұлының диагнозын орнату үшін ойлап тапты. Бағдарлама 2010 жылы ресми түрде құрылғанына қарамастан, ол туралы тек қазір ғана айта бастады.

Нәтижесінде балада көптеген оғаш симптомдар пайда болған, соның ішінде өкпеде сұйықтықтың жиналуы, іштің кебуі және құсу, профессор Майт жасанды интеллект негізінде бағдарлама үшін код жазып, mediKanGen құрды. Осы интеллектуалды жүйені құру сәтіне дейін Майт медициналық деректердің үлкен массивтерін қарауға және талдауға қабілетті ИИ-платформаны әзірледі, сондықтан әзірлеуді жетілдірді және түбегейлі жаңа бағдарламаны алды. Қазіргі уақытта mediKanGen эксперимент ретінде Бирмингемдегі Алабама Университетінің мамандары үшін ғана қолжетімді.

Ұлттық денсаулық сақтау институты қаржыландыратын жоба шеңберінде mediKanGen университеттер мен зерттеу зертханалары бірнеше онжылдықтарда жинаған медициналық деректердің, соның ішінде гендер, күрделі ақуыздар, ауру белгілері, емдеу нәтижелері, қолжетімді препараттар және т.б. туралы ақпаратты байланыс және қол жетімділік үшін қолданыла бастады. Енді mediKanGen жаһандық желі арқылы жылжыту үшін дәрігерлер мен ғалымдар пайдаланатын GPS функциясын орындайды. Ол дәрігерлердің аурудың бастапқы себептерін түсінуге және емдеудің жаңа әдістерін әзірлеуге көмектесетін байланыс іздейді.

Профессор Майттың айтуынша, жасанды интеллектінің негізгі рөлі оның Денсаулық сақтау саласындағы талдауды қамтамасыз ету, үдерістерді автоматтандыру және емдеудің жаңа әдістерін табу қабілеті

болып табылады. Профессор Майттың ұлы болған жағдайда бағдарлама рак рейтингінің жоғарғы жағына, аутоиммундық бұзылулар мен инфекцияларды шығарды. Осылай диагноз қойылды: жасушалық Қалдықтарды кәдеге жаратуға жауап беретін NGLY1 гениндегі сирек генетикалық Қос мутация. Бала ресми расталған диагнозы бар алғашқы науқас болды. Баланың ағзасындағы ферменттің жетіспеушілігі нейродегенеративті бұзылудың дамуын тудырды. Мұндай аурумен адамдар бұлшықеттердің әлсіздігінен, эпилепсияға ұқсас ұстамалардан, сондай-ақ жас бездерінің дамуы мен секрециясының болмауынан зардап шегеді.

Қазіргі уақытта mediKanren әзірлеушісі, профессор Майт, NGLY1 генинің мутациясынан туындаған симптомдарды жеңілдету үшін қолдануға болатын препараттардың болуын анықтайтын алгоритмдерді әзірлеу үшін дәріханалар желісімен серіктестік келісім жасады.

Жасанды интеллект жүйесінің жұмысы салдарынан асқазан жарасы мен қышқыл рефлюкс емдеу үшін қолданылатын Prevacid дәрілік препараты өкпе қызметін жақсартады және Бертранға ата-аналармен қарым-қатынас жасауға мүмкіндік береді.

MediKanren платформасы 80 деректер базасында жұмыс істейді және PubMed-да жарияланған барлық зерттеулерге, сондай-ақ федералдық медициналық мекемелердің медициналық мақалалар жинағына қол жеткізуге болады. Жүйе пациенттің ауру тудырған молекулалық және генетикалық ерекшеліктері туралы кез келген құжатталған ақпаратты ұсынады, сондай-ақ пациенттің қандай ем алғаны туралы хабарлайды.

Ауруханалардың емделушілері өлімінің ең көп таралған себептерінің бірі-бүйректің жіті зақымдануы немесе жедел бүйрек жеткіліксіздігі (ЖБН). Бүйрек-бұл адам ағзасындағы қан сүзгісі, олардың дұрыс жұмыс істемей, өлім өте жақын арада келеді. АҚШ ауруларын бақылау және алдын алу орталықтарының (CDC) деректері бойынша 2014 жылғы жағдай бойынша «жіті бүйрек жеткіліксіздігі» диагнозы 4 млн. адам қойылған. Жыл сайын осы жағдайдың салдарынан жүздеген мың адам қайтыс болады, ал тірі қалғандарға диализдің қымбат процедурасы (арнайы аппаратпен қанды жасанды тазарту) қажет.

DeepMind Health зерттеушілері жақын арада жедел бүйрек жеткіліксіздігінен зардап шегетін пациенттердің қайсысын анықтайтын жасанды интеллект алгоритмін жасады. Жедел бүйрек жеткіліксіздігінің (ЖБЖ) алдын алу қиын, себебі бұл жағдайдың пайда болу себептері көп. Әдетте бүйрек күрделі операция кезінде бас тартады немесе операциядан кейін асқынуларға, қан жұғуына байланысты. Сондай-ақ жіті бүйрек жеткіліксіздігі кейбір дәрі-дәрмектерді, күйік асқынуларын, жүрек ұстамаларын тудырады және осының бәрі ауруханаларда жиі орын алады.

Жасанды интеллектке мамандандырылған Google еншілес компаниясы DeepMind Health алгоритмі – жедел бүйрек жеткіліксіздігі қаупі бар пациенттерді анықтайды және бұл жағдайды 48 сағат ішінде болжайды. Алгоритм құрылғаннан кейін бірден 55% дәлдікпен жұмыс істеді, біраз уақыттан кейін көрсеткіш 90,2% -ға жетті. Алгоритмді оқыту үшін инженерлер АҚШ ардагерлер істері жөніндегі департаментінің электрондық медициналық карталарының деректерін жасанды интеллектке ұсынды. Нейрондық желі 703 782 ересек пациенттердің ауру тарихын қарады, осылайша 600 мың симптомдар мен медициналық ақпараттан тұратын деректер жиынтығы қалыптасты. Оған қан анализінің нәтижелері, өмірлік маңызды функциялардың көрсеткіштері, шығарылған препараттар мен процедуралар, сондай-ақ дәрігерлік деректер, мысалы, Палаталар арасындағы аударымдар немесе қарқынды терапия бөлімшесіне жатқызу енгізілді.

Жасанды интеллект жіті бүйрек жетіспеушілігін анықтауға көмектесетін 4 мың факторды анықтады. Көрсеткіштерді зерделеп, жүйе жақын арада 48 сағатта пациенттердің қайсысы зардап шегеді деп есептейді. Осылайша, медиктерде шаралар қабылдау және бүйректің бас тартуын болдырмау үшін уақыт пайда болады.

Егер дәрігерде пациенттің ағымдағы клиникалық суретінің сипаттамасы ғана болса (қан құю, дәрі-дәрмек қабылдау және т.б. туралы алдыңғы жазбаларсыз) алгоритм соншалықты тиімді болады ма белгісіз. Қазір эзирлеушілер диагностикалық үлгіні жетілдірумен айналысады және оны диабет, сепсис, бауыр жетіспеушілігі сияқты ауруларды диагностикалау үшін қолдануға ниетті.

### **3.2. dearhealth медициналық аналитикалық платформасы**

DEARhealth, Inc. (Лос – Анжелес) - Денсаулық сақтау саласындағы американдық стартап. Талдаудың негізінде медициналық мамандар пациентке пайдасыз тексерулер немесе талдаулар тағайындамай, нақты ауру кезінде мақсатты көмек көрсете алады. DEARhealth, Inc. медицинадағы жасанды интеллект жұмысының тамаша мысалы, оның ішінде электрондық медициналық карталарды (EMR) талдау, пациенттер мен дәрігерлер үшін психологиялық қолдау бағдарламалары, еңбек өнімділігін арттыру және денсаулық жағдайын бақылау, сондай-ақ дәрігерлер мен кіші медициналық қызметкерлер үшін жеке оқыту бағдарламалары. Емделушілер үшін бонустар айқын: көңіл-күйді жақсарту, медициналық процедураларды қысқарту және дәрілік препараттарға қажетсіз шығындар.

Жақында Лос-Анджелестегі Калифорния университетінің қолдауымен DEARhealth компаниясы (UCLA) Philips Health Technology Ventures, Vesalius Biocapital III инвесторларының қатысуымен А сериясын қаржыландыру раундының жабылуы туралы жариялады. Инвестиция көлемі 6,8 млн. еуроны құрады. Осы қаржылық құюдың арқасында «ақылды» медициналық қызметтерді жеткізуші әдеттегі медициналық практикаға заманауи технологияларды енгізетін ауруханалардың санын арттыруды жоспарлап отыр. Осындай технологияларға ие бола отырып, ауруханалар өз қызметтерінің сапасы мен құнын көтереді. DEARhealth кеңейтіліп, Амстердамда (Нидерланды) қосымша кеңсе ашады.

2012 жылы алғашқы тест сынақтары кезінде DEARhealth-те өз жұмысының басында голланд ғалымы Даниэль Хоммес (Daniel Hommes) науқастардың созылмалы аурулары туралы деректер негізінде күтім жасау дәрігерлер жұмысының нәтижелеріне қалай әсер ететінін зерттеді. АІЖ қабыну аурулары бар пациенттердің бірінші тобы рецидивтер мен емдеуге жатқызу жиілігінің төмендегенін көрсетті.

Сайып келгенде, мұндай тәсіл болжанатын шығындарды әлдеқайда азайтты. 2012 жылдан бастап компания созылмалы аурулардың тізімін кеңейтті, олармен дәрігерлер арнайы құрастырылған кешенді бағдарламалар (бауыр, бүйрек, буындар, онкологиялық аурулар, ауырсыну синдромдары, эпилепсия және т.б.) бойынша жұмыс істеді.

DEARhealth технологиясы әрбір пациентке бағытталған, нейросетиктер бақылайтын дәрігерлік көмек көрсету тәсілдерін ұсынады.

Жасанды интеллект қажетті талдаулар мен процедураларды ұсынады және дәрігерлердің жұмысын ғана емес, Кіші медициналық қызметкерлердің жұмысын да үйлестіреді. Күн сайын жүйе талдау нәтижелерін, аурудың динамикасын (жақсарту немесе нашарлау) ескере отырып, емдеу процесін оңтайландыру бойынша ұсыныстар береді. Дәрігер ұсынысты қабылдай алады немесе қабылдамай тастай алады, ұсыныстар орындау үшін міндетті болып табылмайды. Алайда, жүйе кез келген жағдайда Quadruple Aim қағидаттарымен келісілген шешім іздейді (үш мақсат – пациенттерге қызмет көрсету сапасын арттыру, халықтың денсаулығын жақсарту және медициналық қызмет көрсету шығындарын төмендету).

Пациенттер де DEARhealth жұмысына қатысады: мобильді қосымшалардың көмегімен олар нейрожеліні оқыту үдерісіне белсенді қатысады. Денсаулық сақтаудағы осы инновацияның қосымша артықшылықтары: платформа электрондық медициналық карталарды талдайтын кез келген БҚ-мен оңай интеграцияланады, сондықтан міндеттер бірден алғашқы медициналық көмек дәрігерлері, бейінді мамандар, ауруханалардың координаторлары және тіпті кіші медициналық қызметкерлер арасында бөлінеді.

### 3.3. Балалардағы обырды диагностикалау үшін жасанды интеллект-скрининг бағдарламасы

Жұқа Органикалық синтез саласындағы ғылыми зерттеулерге маманданған Atomwise компаниясы (Сан-Франциско, АҚШ) және украиндық Enamine компаниясы (Киев) жасанды интеллект технологиясын пайдалана отырып, медициналық препараттардың виртуалды скрининг бағдарламасын іске қосты. Бағдарлама 10-to-the-10 («10-ға 10») деп аталды. Ол 10 миллиард қосылыстар деректер кітапханасында негізделген және балаларда обырының төмен молекулалық дәрілік препараттарды ашу үшін пайдаланылатын болады.

Atomwise миллиард химиялық қосылыстарды бағалау үшін бағдарламалық қамтамасыз студі ұсынады, ал Enamine өзінің виртуалды қосылыстар кітапханасына қолжетімділікті қамтамасыз етеді. Atomwise бас директоры Абрахам Хейфец (Abraham Heifets) жасанды интеллект платформасының арқасында компания серіктестері болып табылатын көптеген фармацевтикалық фирмаларға тиімді субмолекулалық қосылыстарды сәйкестендіруге қол жеткізді. Олар болашақ дәрі-дәрмекке негіз болады, және химиялық кітапхана жүздеген есе көбейген кезде не болатынын ғана көрсетуге болады.

Шілде айының басында Atomwise Eli Lilly and Company фармацевтикалық холдингімен жасанды интеллект базасында бағдарламалық қамтамасыз студі ұсыну туралы ұзақ мерзімді келісімге қол қойды. Қазіргі уақытта нейросеть холдинг өз базасынан таңдаған ең тиімді 10 препаратты зерттейтін болады. Enamine украиндық компаниясымен Қаржылық мәміленің егжей-тегжейі жария етілмейді, бірақ Eli Lilly and Company жағдайында Atomwise әрбір препараты үшін тестілеу кезеңінде 1 миллион доллар алады, ал кейіннен препараттардың әзірлеудің барлық кезеңдеріне және коммерциялық сатысына 550 миллионға дейін.

Онкологиялық аурулар әр түрлі кезеңдерде жыл сайын әлем бойынша 300 мың балалар мен жасөспірімдерде диагноз қойылады. Қатерлі ісік ауруының көптеген түрлері, зерттеулерге қарамастан, әлі де тиімді емделмейді және 80% жағдайда қолданыстағы әдістер елеулі жанама әсерлерді тудырады. 10-нан 10-ға дейінгі бағдарлама бұрын-соңды фармацевтикалық препараттарда қолданылмайтын химиялық қосылыстарды қарастырумен айналысады. Осылайша, ісікпен күресу үшін мақсатты жасушаларды белсендіретін дәрілердің пайда болу ықтималдығы едәуір артады. Мұндай жасушалар метастаздардың пайда болуын және қатерлі жасушалардың көбеюін тежейді. Қосылыстардың дерекқорына екі технологияның бірігуі арқылы қол жеткізілді: жасанды интеллект – атомдық алгоритмдер, Enamine-ден REAL виртуалды

кітапханасы және бұлтты есептеу техникасы. Егер болашақ дәрі-дәрмектердің молекулалық қосылыстары 5 немесе одан көп жыл бұрын қосылыстардың осындай жылдамдығымен таңдалса, шынымен тиімді дәріні ойлап табу оншақты уақытты алады.

Украиналық Enamine компаниясымен қатар, интеллектуалды қызметтердің американдық провайдері қазір Чарльз Ривер Лабораториясымен, AbbVie, Merck, Дьюк Университетінің Медицина Мектебімен, Байермен және Каролинска Институтімен жұмыс істейді [25].

### **3.4. Созылмалы ауруларды анықтауға арналған бағдарлама**

Гейзингер, Стил денсаулық сақтау саласындағы инновация ғылыми-зерттеу ұйымы Medial EarlySign-пен бірлесе отырып, асқазан-ішек жолдарының созылмалы ауруларының ерте сатыларын және онымен байланысты бұзылыстарды анықтау қызметін құрды. Medial EarlySign, машина жасау және жасанды интеллект шешімдерін жасаушы және жеткізуші, ауруды диагностикалаудың көптеген қосымшаларын орналастырды. Компания мамандары жасанды интеллект технологиясын аурудың жасырын түрлерін анықтауға бейімдейді. Жасанды интеллектсіз кәдімгі медициналық жабдық, компонент осы белгілерді анықтай алмайды, демек, пациент қымбат уақытты жоғалтады және бірнеше жылдан кейін күрделі және қымбат емдеуді қажет ететін қарқынды белгілер жиынтығымен дәрігерге келеді.

Гастроэнтерологиялық бұзылуларға мамандандырылған клиникаларға арналған жаңа бағдарламалық жасақтамада әдеттегі қан анализдерінің өзгеруін талдайтын EarlySign LGI-Flag технологиясы қолданылады. Технологияның арқасында дәрігерлер тезірек мәселені анықтап, науқасқа мүмкін болатын салдары туралы хабарлайды. Осындай ескерту диагнозының нәтижесінде пациенттің аурудың дамуына жол бермейтін емдеу әдістерін таңдауға мүмкіндігі бар [17].

EarlySign LGI-Flag AlgoMarkers болжамды алгоритміне негізделген, ол пациенттердің электронды жазбаларынан (EHR) миллиондаған жазбаларды сүзеді. Шын мәнінде, бұл пациенттердің электронды жазбаларының (EHR) тарихының 10 жылдығы немесе одан да көп. Сонымен қатар, жүйе пациенттердің қатаң есебін жүргізеді, медициналық тарихтағы барлық өзгерістерді тіркейді. Алгоритм үлкен медициналық мәліметтер базасымен жұмыс істеу үшін арнайы жасалған машиналық оқыту құралдарының жиынтығына негізделген. Тәуекелді болжау науқастың белгілі бір аурудың пайда болу ықтималдығын және келесі 2, 5, 10 жыл ішінде оның жағдайы қалай өзгеретінін көрсетеді.

Гейзингер ерітіндінің тапсырыс берушісі ретінде ғана емес, сонымен қатар өкпенің созылмалы обструктивті ауруымен (өлім-жітім көрсеткіші бойынша АҚШ-тағы үшінші), интракраниальды қан кетулер диагнозымен және өмірге қауіп төндіретін басқа жағдайлармен күресу үшін танымдық есептеулерді қолдайтын тұлға ретінде де танымал. Компания денсаулық сақтау және инновация саласындағы ұлттық көшбасшы мәртебесін алуды жоспарлап отыр. EarlySign LGI-Flag арқасында дәрігерлерге қауіпті ауруларды диагностикалауға, адамдарға жақсы өмір сүруге көмектесуге, мамандандырылған клиникаларда емделуге үлкен шығындардан аулақ болуға және халықтың өмір сүру ұзақтығын арттыруға бірегей мүмкіндік берілді.

### **3.5. Command center – Ge Healthcare-ден аурухананас басқару жүйесі**

GE Healthcare медициналық жабдықтарын жасаушы Кореядағы (Сеул) K-Hospital Fair 2019 медициналық көрмесінде «Command Center» деп аталатын аурухананы басқаруға арналған жасанды интеллект жүйесін ұсынды. Шешімнің екінші жұмыс атауы – Mural. Бұл жасанды интеллект жүйесі АҚШ, Ұлыбритания және Канададағы жеті ауруханада іске қосылды. Қазіргі уақытта әзірleme Корея үкіметінің сатуға және жаппай пайдалануға жіберілуін мақұлдауын күтуде [17].

Корея университетінің ауруханасы алдағы үш жылда бұл жүйені енгізген алғашқы корейлік медициналық институт болады. Командалық орталық ауруханадағы пациенттер туралы барлық бұрмаланған мәліметтерді жинайды, ақпаратты маңыздылығы бойынша сұрыптайды және медициналық қызмет көрсетушілерге шұғыл медициналық көмек пен мамандандырылған емдеуді қажет ететін науқас туралы ескертеді.

Науқастың әр клиникалық мәліметтері нақты уақыт режимінде Командалық орталықтың басқару тақтасында жанартылады. Панельге қол жеткізу портативті құрылғылардағы немесе компьютерлердегі веб-шолғыш арқылы жүзеге асырылады. Осының арқасында қашықтан бақылау жүзеге асырылады, төтенше жағдайлар кезіндегі жалпы палатада өткізілетін уақыт айтарлықтай қысқарады. Пак Йонг Хун, Корея Университеті ауруханасының президенті, медициналық мекемелерде жасанды интеллект жүйелерін жедел жәрдем бөлімінен, содан кейін – барлық мамандандырылған бөлімдерде енгізу жоспарланғанын айтты.

GE Healthcare басқарушы директоры Керри Хаугтің (Kerrie Hauge) айтуынша, Джон Хопкинс университетінде, Command Center енгізілген алғашқы ауруханада пациенттерді күту уақыты айтарлықтай қысқарды,

сондай-ақ ауыр жағдайда науқастарды орналастыру үшін бос ауруханалық орындар саны артты.

GE Healthcare командалық орталығын іске қосу сәтіне дейін телемұнарақтау нарығының перифериясында болды. Алайда, диагностика үшін GE шешімдері бүкіл әлем бойынша ауруханалық желілерде кеңінен қолданылады. Қазіргі үлкен деректер жаңа платформаны және жалпы телемедицинаны дамыту үшін пайдалы болады. Өзірлеушілердің мәлімдеуінше, Command Center осындай хирургтар, кардиологтар – медициналық бағыттағы сұранысқа ие мамандықтар үшін жаңа мүмкіндіктер ашады. Техникалық мүмкіндіктер бойынша бұл платформа Philips және Avizia сияқты телемедициналық шешімдердің алыптарымен бәсекелесе алады.

### **Өзін өзі бақылауға арналған сұрақтар:**

1. Медицинадағы жасанды интеллект дегеніміз не?
2. Медицинада ЖИ қолдану салалары.
3. Медицинадағы сараптамалық жүйелер қандай міндеттерді шешеді?
4. Өзін-өзі оқытатын зияткерлік жүйелер нені білдіреді?
5. Жасанды нейрондық желілер (ЖНЖ) дегеніміз не?
6. ЖНЖ негізі неде?
7. Data Mining (DM) технологиясын сипаттаңыз,
8. Data Mining әдістері мен құралдары.
9. Сараптама жүйелері қандай жағдайларда көмектесе алады?
10. Ми тамырларының аневризмасын емдеу үшін ЖИ қолдану
11. Dearhealth медициналық аналитикалық платформасы
12. Сирек генетикалық мутацияны қандай бағдарлама тапты?
13. Балалардағы обырды диагностикалау үшін қандай бағдарлама қолданылады?
14. Созылмалы ауруларды анықтауға арналған бағдарлама
15. Командалық орталық»деп аталатын аурухананы басқаруға арналған жасанды интеллект жүйесі.



## 4-тарау. РОБОТ ТЕХНИКАСЫНДА ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТІҢ ӘДІСТЕРІ МЕН ҚҰРАЛДАРЫН ҚОЛДАНУ

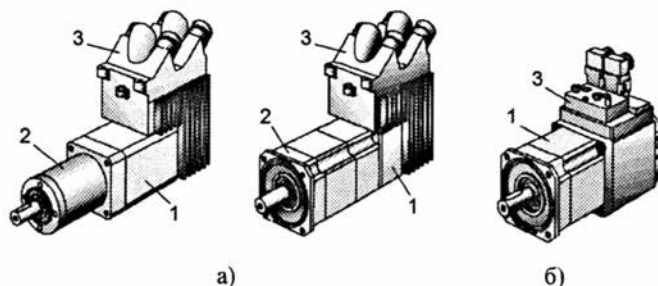
### 4.1. Робот техникасында қолданылатын интеллектуалды мехатронды модульдер

Мехатрониканы дамытудың қазіргі кезеңінің басты ерекшелігі – интеллектуалды мехатроникалық модульдер – модульдердің түбегейлі жаңа буынын құру болып табылады [26].

Интеллектуалды мехатронды модуль (ИММ) – механикалық, электрлік (электротехникалық), ақпараттық және компьютерлік (электрондық) бөліктердің синергетикалық интеграциясы бар құрылымдық және функционалдық дербес бұйым, оны жеке және басқа модульдермен әртүрлі комбинацияларда пайдалануға болады.

Осылайша, қозғалыстың мехатрондық модульдерімен (ҚММ) салыстырғанда интеллектуалды мехатрондық модуль (ИММ) конструкциясына микропроцессорлық есептеуіш құрылғылар мен күштік электрондық түрлендіргіштер қосымша кірістіріледі, бұл модульдерге интеллектуалды қасиеттер береді және олардың қозғалыстың мехатрондық модулінен (ҚММ) басты ерекшелігі болып табылады.

4.1 (а) және 4.1 (б)-суреттерінде SIEMENS SIMODRIVE POSMO А және SIMO-RIVE POSMO SI фирмасының интеллектуалды мехатронды модульдері бейнеленген, оған 1 электрқозғалтқышы, 2 Механикалық түрлендіргіш және 3 күш түрлендіргіші кіреді.



4.1-сурет. Интеллектуалды мехатронды модульдер

Бұл элементтердің синергетикалық интеграциясы мехатрониканың құрылымдық негізін құрайды. Әр түрлі физикалық табиғат элементтерін

синергетикалық интеграциялаудың мехатрондық идеясы жоғары технологиялық өнімдерді жасаушылар мен тұтынушылар арасында кең танымал бола бастады. Интеллектуалдық мехатронды модульдердің алғашқы үлгілері XX ғасырдың 90-шы жылдарының ортасында пайда болды және соңғы жылдары олардың нарықтағы үлесі тез өсуде. Мысалы, Packaging Digest журналының мәліметтері бойынша, қазіргі уақытта қозғалысты басқару контроллерлері 35,1% мехатронды орау машиналарын қолданады. Жақын 1,5...2 жыл ішінде осы санаттағы машиналардың үлесін 8...10%-ға ұлғайту күтілуде. Осындай үрдіс мехатрондық жүйелерді қолданудың басқа да салаларында, атап айтқанда автоматтандырылған машина жасауда байқалады.

Интеллектуалды мехатрондық модульдерді қолдануға болатын негізгі артықшылықтарды қарастырайық:

- интеллектуалды мехатронды модульдердің (ИММ) басқарудың жоғарғы деңгейіне жүгінбестен күрделі қозғалыстарды дербес жасай алу мүмкіндігі, бұл модульдердің дербестігін, өзгеретін және белгісіз қоршаған орта жағдайларында жұмыс жасайтын мехатрондық жүйелердің икемділігі мен өміршеңдігін арттырады;

- модульдер мен орталық басқару блогы арасындағы байланысты жеңілдету (сымсыз байланысқа ауысуға дейін); бұл мехатрондық жүйенің шуылға қарсы иммунитетін жоғарылатуға және оны тез қайта құруға мүмкіндік береді; ақаулықтарды компьютерлік диагностикалау және авариялық және қалыптан тыс жұмыс режимдерінде автоматты қорғау арқасында мехатронды жүйелердің сенімділігі мен қауіпсіздігін арттырады;

- ИММ негізінде дербес компьютерлер мен тиісті бағдарламалық қамтамасыз ету базасында желілік әдістерді, аппараттық-бағдарламалық платформаларды қолдана отырып, бөлінген басқару жүйелерін құрады;

- басқару теориясының қазіргі заманғы әдістерін (бағдарламалық, бейімделген, интеллектуалды, оңтайлы) тікелей атқарушы деңгейде қолдану, бұл нақты іске асыруда басқару процестерінің сапасын айтарлықтай арттырады;

- механикалық модульде қозғалысты басқару, апаттық режимдерде модульді қорғау және ақауларды диагностикалау бойынша интеллектуалды функцияларды тікелей іске асыру үшін ИММ құрамына кіретін күш түрлендіргіштерді интеллектуализациялау;

- мехатрондық модульдерге арналған сенсорларды интеллектуализациялау ең сенсорлық модульде шуды сүзуді, калибрлеуді, кіру/шығу сипаттамаларының линеаризациясын, айқас байланыстардың компенсациясын, гистерезис және нөлдің дрейфін қамтамасыз ете

отырып, бағдарламалық жолмен өлшеудің анағұрлым жоғары дәлдігіне қол жеткізуге мүмкіндік береді.

Ақылды мехатронды модульдерді сериялық өнімдерде қолдануды тежейтін негізгі фактор – бұл жоғары баға, дегенмен соңғы жылдары ол үнемі төмендеп келеді. Бұл бірқатар технологиялық факторларға байланысты:

Трафикті басқару міндеттеріне бағытталған аппараттық құралдар мен ақпараттық технологиялардың соңғы уақыттағы қарқынды дамуы;

- жартылай өткізгіш құрылғылардың жаңа ұрпағының пайда болуы (өріс эффектісі транзисторлары, оқшауланған қақпалы биполярлы транзисторлар, өріс басқарылатын тиристорлар);
- қозғалысты басқару жүйелеріндегі жаңа элементтер базасына көшу – бұлар сандық сигнал процессорлары (DSP – процессорлар) және FPGA қондырғылары (Field Programmable Gate Arrays);

Электрондық және есептеу құрылғыларын механикалық компоненттерге біріктіруге мүмкіндік беретін гибриді мехатроника технологияларын дамыту.

Функционалды құрылымдық талдау тұрғысынан ақылды мехатронды модульдер барлық жеті функционалды қайта құруды жүзеге асырады. Интеллектуалды мехатронды модульдердің құрамына электро-механикалық және басқару ішкі жүйелері, сондай-ақ қуат түрлендіргіші және сәйкес интерфейстер кіреді.

Интеллектуалды мехатрондық модуль мыналардан тұрады негізгі элементтер:

- электр қозғалтқышы (қозғаушы және басқа түрлері, мысалы, гидравликалық);
- Механикалық түрлендіргіш;
- кері байланыс сенсорлары және сенсорлық құрылғылар;
- басқару контроллері;
- қуат түрлендіргіші;
- интерфейс және байланыс құрылғылары.

Заманауи интеллектуалды мехатронды модульдерде электр қозғалтқыштарының әр түрлі түрлері қолданылады: бұрыштық және сызықты қозғалыс, ауыспалы және тұрақты ток, коллектор және клапан, үздіксіз қозғалыс және басқаш.

Қозғалыс түрлендіргіштері ретінде редукторлар, бұрандалар және басқа берілістер қолданылады. Жоғары моментті қозғалтқыштар негізінде жасалған кейбір ақылды мехатронды модульдердің конструкцияларында қозғалыс түрлендіргіштері жоқ.

Интеллектуалды мехатрондық модульдер модульдің ішкі жүйелерінің нақты күйі туралы ақпаратты компьютердің басқару құрылғысына

жіберетін әртүрлі позициялық және жылдамдықты өлшейтін (фотопульса, айналмалы трансформаторлар, тахогенераторлар) және сенсорларды (ток және момент, температура және діріл сенсорлары) пайдаланады.

Заманауи элементтер базасында енгізілген контроллерлер сізге ақылды функциялары бар ықшам және сенімді мехатронды өнімдер алуға және олардың негізінде орталықтандырылмаған басқарумен көп координатталған мехатронды жүйелер жасауға мүмкіндік береді. PC-NC басқару жүйелерінің ашық архитектурасымен бірге бұл жылдамдық, дәлдік және функционалды икемділік тұрғысынан түбегейлі жаңа сипаттамаларға ие мүлдем жаңа басқару жүйелерін құруға мүмкіндік береді.

Бұл элементтердің бәрін әзірлеуші бір пакетте құрылымдық түрде біріктіруі өте маңызды. Бұл жағдайда байланыс құрылғылары пайдаланушыға қол жетімді емес жабық блоктарға айналады. Интеллектуалды мехатронды модульдерді құру кезінде функционалды-құрылымдық және құрылымдық-құрылымдық талдаудың кезеңдерін дәйекті түрде жүргізіп, содан кейін таңдалған нұсқаны жобалық іске асыруға кірісу керек. Интеллектуалды мехатронды модульдердің мәні осы дизайнда қолданылатын құрылымдық элементтердің түріне емес, ең алдымен олардың функционалды мақсатына байланысты болатындығын атап өткен жөн.

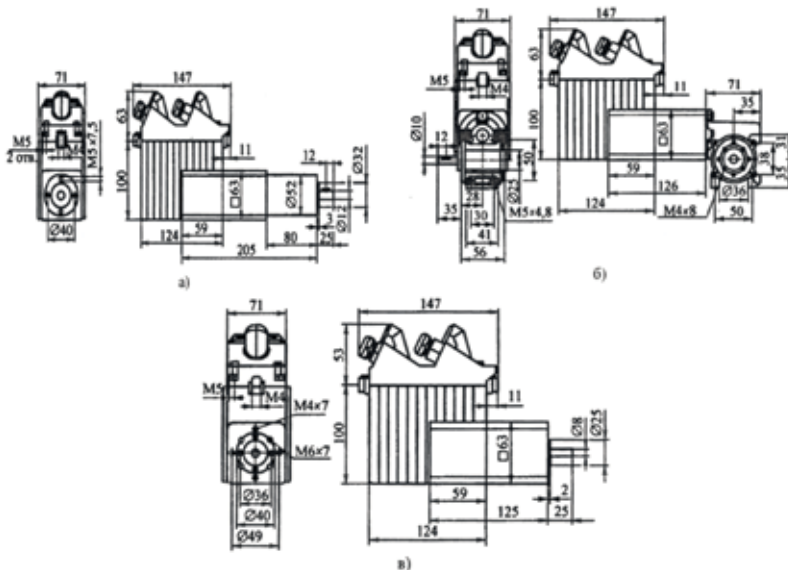
## **4.2. Интеллектуалды мехатронды модульдердің мысалдары**

Алғашқы интеллектуалды мехатронды модульдердің бірі американдық Animatics Corp фирмасының SmartMotor модулі болып табылады. Ол 1994 жылы нарықта пайда болған [26].

Ол диаметрі 60 мм стандартты электрқозғалтқыштың негізінде құрылған, корпустың артқы жағында қосымша фотоимпульсті датчик, күшейткіш, 32 биттік бағдарламалаушы контроллер және желімен байланыс құрылғысы орнатылған. Модуль әмбебап болып табылады, әртүрлі мақсаттағы мехатрон жүйелерінде қолданылуы мүмкін. Өндіруші 70% модуль стандартты элементтерден тұрады, бұл оның құнын төмендетуге және жоғары сенімділікті қамтамасыз етуге мүмкіндік берді. Пайдаланушы басқару режимін (жағдайы, жылдамдығы немесе үдеуі бойынша) дербес таңдай алады, сондай-ақ модульдің динамикалық сипаттамаларына қозғалыс түрлендіргіштерінде люфтің әсерін өтейтін компьютерлік басқару алгоритмдерін пайдалана алады.

SIEMENS интеллектуалды мехатронды SIMODRIVE POSMO A модульдерін шығарады (4.2-сурет), келесі элементтерден тұрады:

- тұрақты магнит қоздырғышы бар клапан қозғалтқышы;
- планетарлық (4.2.а-сурет) немесе құрг (4.2.б-сурет) моторлы қозғалыс түрлендіргіші (болмауы мүмкін (4.2, в-сурет));
- тежегіш құрылғы (болмауы мүмкін);
- орнатылған импульстік сенсор (ОИС);
- құрылымдық бекітілген қуат түрлендіргіші қозғалтқыш қақпағында;
- реттеуішті қамтитын жиынтық басқару құрылғысы және бағдарламалау блоктары, сондай-ақ ортада қосылу үшін коммуникациялық интерфейс PROFIBUS.



4.2-сурет. SIMODRIVE POSMO интеллектуалды мехатронды модульдері

Конструкцияның айрықша ерекшелігі күш түрлендіргішін қосу үшін алынбалы қақпақ болып табылады, ол PROFIBUS шина мекенжайының интеграцияланған ауыстырып қосқышы мен тежегіш резисторы бар, бұл қажет болған жағдайда қозғалтқышты басқа құрылғыларда коммуникациялық және күштік (қуат бойынша) байланыстарды үзбей ажыратуға мүмкіндік береді. Коммуникациялық және күштік шиналарды біріктірудің арқасында модульдің ішкі құрылымын жеңілдетуге қол жеткізіледі және оның жинақылығы қамтамасыз етіледі.

Модульді басқару PROFIBUS стандартты шинасы бойынша жүзеге асырылады, бұл ретте келесі қозғалыс режимдері мүмкін:

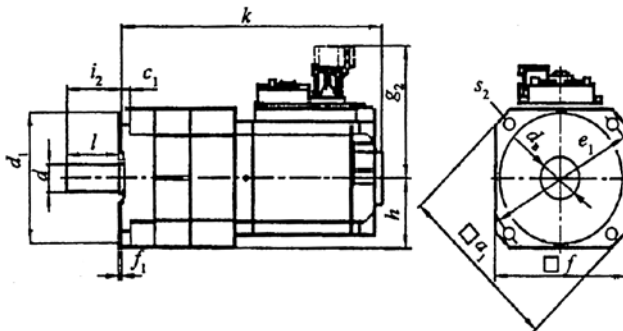
- бағдарламалық берілген жылдамдықпен және реттелетін үдеумен соңғы позицияға жылжыту;
- біліктің реттелетін айналу жиілігі мен реттелетін үдеуі бар қозғалыс.

Оператор арнайы бағдарламалық жасақтаманың көмегімен қозғалыс бағдарламасында уақытша немесе логикалық шарттар қоя алады, саңылауды (люфтты) өтеу әдістерін пайдалана алады, ісінетін жағдай туралы және модульдің күйін диагностикалауға хабар ала алады. Кейбір SIMODRIVE POSMO модульдерінің техникалық деректері 4.1-кестесінде келтірілген [26].

4.1-кесте. SIMODRIVE POSMO А интеллектуалды мехатрондық модульдердің техникалық сипаттамалары

Модуль түрі	75 Ватт	300 Ватт
Қуат кернеуі U, В	24	48
Қозғалтқыш түрі	тұрақты магнит қозуымен щеткасыз сервомоторы	
Номиналды қозғалтқыш білігінің айналу жиілігі $n_n$ , об/мин	3300; 2000	3500; 3000
Номиналды қозғалтқыш моменті $T_n$ , Н·м	0,18; 0,36	0,48; 0,95
Қозғалтқышының номиналды тоғы I, А	4,5; 9	5; 10
Қозғалтқыштың тиімділігі $\eta$ , %	65	75
Қозғалтқыштың инерция моменті, $J_d$ , кгм <sup>2</sup>	$6 \cdot 10^{-2}$	$6,3 \cdot 10^{-2}$
Кері байланыс сенсоры	өсімді	өсімді
Датчиктің ажыратымдылығы, инкр/об	816	4096
Модульдің массасы m, кг: редукторсыз	3,1	3,9 (4,0)
1-сатылы тісті бәсеңдеткішпен	3,5	5,1 (5,2)
2-сатылы тісті бәсеңдеткішпен	3,7	5,4 (5,5)
с 3-сатылы тісті бәсеңдеткішпен	3,9	
Бұрамдық бәсеңдеткішпен	3,5	
Ескерту. Жақшадағы мәндер – модульдің тежегіші бар массасы.		

SIEMENS интеллектуалды мехатронды модулі SIMODRIVE POSMO SI (4.3-сурет) мехатрондық жүйені орталықтандырылмаған басқару кезінде бір басқарылатын координат бойымен қозғалыстарды жүзеге асыруға арналған.



4.3-сурет. SIMATRIVE POSMO SI интеллектуалды мехатронды модуль

Модуль келесі элементтерді қамтиды:

- тұрақты магнит қоздырғышы бар клапан қозғалтқышы (қоректендіру кернеуі 600 В);
- қозғалыс түрлендіргіші және тежегіш құрылғы;
- электрлік электр қондырғысы;
- орнатылған импульстік сенсор (ОИС);
- мәжбүрлі салқындатуға арналған желдеткіш;
- басқару контроллерін, позициялау және бағдарламалау блоктарын, сондай-ақ PROFIBUS шинасына арналған коммуникациялық интерфейсін қамтитын басқару құрылғысы.

*Модульдің функционалдық мүмкіндіктері:*

- қозғалыс тізбегін еркін бағдарламалау мүмкіндігімен бір осьте позициялау;
- жетекші құрылғымен (Master) жылдам циклдык деректер алмасу PROFIBUS-DP желісінде жетекші құрылғы (Slave) ретінде пайдалану;
- қозғалыс контроллері және PROFIBUS-DP шина басқару иерархиялық жүйесі арқасында басқа жетектермен бірге қозғалыстың интерполяциялық түрі;
- орын ауыстырудың абсолюттік мәнін өлшеудің кіріктірілген жүйесі;

- Windows 95/98/NT астында жұмыс істейтін арнайы Simcom U бағдарламасының арқасында PROFIBUS-DP шинасындағы барлық жетектерді жылдам іске қосу.

SIEMENS фирмасы, осы модульдерді өндіруші, олардың келесі артықшылықтарын атап өтеді:

- тікелей машинада модульді орналастыру арқылы басқару тірегіне тұтынушының шығындарын азайту;
- модульді орнату және коммуникациялық және күш шиналарын біріктіру арқылы машинаны жылдам орнату;
- кіріс немесе шығыс ретінде реттелетін 4 клемм арқылы сигналдарды тікелей қосу, пайдалануға ыңғайлы модульді орнату, штекерлік техника және стандартты кабельдер;
- PROFIBUS-DP кіріктірілген мекенжай қосқышы бар кірістірілген қосылым қақпағы басқа байланыстарды үзбей модульді немесе жетекті контурды ажыратады;
- ақаулықты және жұмысқа дайындықты көрсететін жарықдиодты жылдам диагностика, сондай-ақ PROFIBUS-DP шинасы бойынша ақпарат беру және арнайы SimoCom U бағдарламасын пайдалану;
- жад картасы (Memory Card) арқылы модульдерді жылдам ауыстыру.

#### **4.3. Мобильді роботтарды басқарудың интеллектуалды жүйелері**

Қазіргі заманғы робот техникасын дамыту белгісіз және экстремалды жағдайларда – ғарыштық және терең су зерттеулерінен, атом станцияларына қызмет көрсетуден, техногендік авариялар мен апаттардың салдарын жоюдан, терроризмге қарсы күрес және қарулы күштер, полиция және басқа да арнайы бөлімшелер мүддесінде пайдаланудан, күрделі медициналық операцияларды орындағанға дейін, коммуналдық-шаруашылық саласын автоматтандырудан, тұрмыс пен бос уақытты ұйымдастыруға байланысты принципті жаңа қолданбалы салаларды жылдам қамти бастайды. Қашықтықтан басқарылатын және автономды роботтарды құруға маңызды түрткі Чернобыль апаты (1986 ж.) және «Курск» су асты қайығындағы авария (2000 ж.), шешендік және Ресейдің бірқатар қалаларының террорлық актілері болды. Бұдан басқа, іздестіру-құтқару жұмыстарын орындау, қоршаған орта мониторингі, мұнай және газ өткізгіштердегі, электр беру желілеріндегі және ұзындықтағы басқа да объектілердегі авариялық жағдайларды жедел бақылау міндеттерін шешу қашықтықтан және автономды басқарылатын пилотсыз шағын көлемді ұшу аппараттарын құруға айтарлықтай қызығушылық туғызады.



Белгіленбеген (немесе белгісіз) ортада қажетті функцияларды орындай алатын автоматты жүйелерді құру қажеттілігі жалпы робот техникасы міндеттерінде жасанды интеллект әдісі мен технологияларын қолданбалы қолдану бойынша іздестіру зерттеулерін және атап айтқанда, автономды мобильді роботтар мен басқарылмайтын әуе көліктерін басқару жүйелерін құру кезінде күрт күшейтуге әкелді [27].

Қазіргі уақытта әскерлер пайдаланатын қашықтан басқарылатын мобильді роботтар кеңінен таралған. Қашықтықтан басқарылатын мобильді роботтарды қолданудың негізгі проблемалары байланыс арналарын өткізудің сенімсіздігіне және тар жолағына, сондай-ақ объектіні бақылау мен басқаруды тек өлшеу аспаптарының көрсеткіштері бойынша жүзеге асыратын оператор жұмысының күрделілігіне байланысты.

Сондықтан, терминалдық басқаруды пайдаланбай, оператордың макрокомандасы негізінде қойылған міндетті орындауды қамтамасыз етуге қабілетті автономды мобильді роботтарды құру қажеттілігі туындайды.

Жоғары дербестік дәрежесі роботтардың динамикалық өзгеретін жұмыс істеу ортасына бейімделу қажеттілігін анықтайды. Мұндай роботтар қиын және алдын ала белгісіз жағдайда дербес шешім қабылдауы тиіс. Сондықтан автономды роботтар интеллектуалды басқару жүйесіне ие болуы керек [28].

Жоғарыда айтылғандай, заманауи мобильді роботтар адам үшін зиянды немесе қауіпті жағдайларда жұмыс істеуге арналған. Мұндай жағдайлар экстремалды орталарда технологиялық операцияларды орындау, авариялардың салдарын жою кезінде, жарылыс қаупі бар заттармен жұмыс істеу кезінде орын алады. Мұндай жағдайларда мобильді роботтарды қолдану оператор-адамның денсаулығы мен өміріне қауіп төндіруге мүмкіндік береді. Осылайша, өз бетінше қозғалуға және қойылған міндетті автоматты түрде орындауға қабілетті ұтқыр робототехникалық кешендер құру мәселесі өзекті болып табылады.

Бұл ретте роботқа адамның ең аз қатысуымен белгісіз сыртқы ортада дербес жұмыс істеуге мүмкіндік беретін интеллектуалды басқару жүйесін құру проблемасы маңызды рөлге ие.

Қазіргі уақытта роботты көп жағдайда қозғалыс деңгейінде адам операторы басқарады, ал адам роботты үнемі қадағалап отыруға және оның әрекеттерін жедел басқаруға міндетті. Бұл тәсіл роботтың тәуелсіз шешім қабылдай алмауымен анықталады және бірнеше кемшіліктері бар. Бұларға роботтың қолданылу аясын едәуір шектейтін байланыс операторын (кабельдік немесе радио) байланыстыру арнасын ұйымдастыру және үнемі қолдау қажеттілігі кіреді. Технологиялық операция-

ларды орындау кезінде көру жүйесінен объект және жұмыс процесі туралы ақпарат алатын оператор манипулятор мен көлік құралы жетектерін үнемі қолмен басқарады.

Жоғары назар аударуды және сақтықты талап ететін орындалатын жұмыстардың сипатымен ұштасқан басқарудың күрделі процесі оператордың тез шаршауына және соның салдарынан қате әрекеттердің ықтималдығының артуына әкеледі. Сонымен қатар, адам телеметрия деректері бойынша жағдайды дұрыс бағалай алмайды және көрсетілген кемшіліктерді барабар басқаруды жүзеге асыра алмайды, егер оператор-адам тарапынан басқару жеке қозғалыстардың тапсырмасы деңгейінде емес, мақсатты қою деңгейінде жүргізілсе. Бұл жағдайда робот қойылған міндеттерді өз бетінше (немесе адамның ең аз қатысуымен) орындауы тиіс.

Басқару жүйесі мобильді роботтардың функционалдық мүмкіндіктерін кеңейтуге және орындалатын жұмыстардың тиімділігін ішінара детерминацияланбаған жағдайларда автономды орындауды қамтамасыз ету жолымен арттыруға мүмкіндік береді [28].

Адамдардың қауіпсіздігін қамтамасыз етудің заманауи тұжырымдамасында мобильді робот техникасы құралдарын қолдануға айтарлықтай рөл бөлінеді. Бұл осындай роботтардың тәулік бойы дайын болу мүмкіндігі, қоғам санасында адам өмірінің құндылығының өсуі, сондай-ақ роботтардың өздерінің арзандауымен байланысты.

Қандай да бір дәрежеде арнайы қызметтердің мүддесінде мобильді роботтарды қолдану кез келген түрдегі операцияны жүргізу кезінде мүмкін болады. Алайда, жарылыс-техникалық жұмыстарды және терроризмге қарсы операцияларды жүргізу кезінде, сондай-ақ маңызды объектілерді қорғау кезінде роботтарды пайдалану неғұрлым орынды.

Адамдардың қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін жарылыс-техникалық жұмыстарды жүргізу кезінде роботтарды қолдану келесі тактикалық міндеттерді шешу үшін мүмкін болады:

- жарылғыш құрылғыларды іздеу және диагностикалау;
- жарылғыш құрылғыларды жою немесе эвакуациялау;
- жару құрылғыларын ажыратып тастау немесе залалсыздандыру;
- терроризмге қарсы операцияларды жүргізу кезінде объектілер мен аумақтарға химиялық және радиациялық барлау жүргізу;
- радиоэлектрондық кедергілер, түтін және арнайы шымылдықтар қою;
- ұшпайтын әрекет ететін арнайы құралдарды жеткізу және қолдану;
- басып алынған және күзетілетін объектілерге жасырын кіру;
- объектілер мен аумақтарға радиоэлектрондық аудио және бейне барлау жүргізу;

- объектілерді күзету кезінде бөгеттердің (есіктердің, қабырғалардың) бұзылуы;
- аумақты немесе объектінің периметрін патрульдеу;
- объектіге ену әрекеттерінің жолын кесу;
- бұзушыларды бейтараптандыру.

Көрсетілген операциялар әртүрлі объектілерде және әртүрлі жағдайларда жүргізіледі:

- қоғамдық көлік объектілерінде (қалалық, теміржол, авиациялық, теңіз, автомобиль көліктері);
- адамдар тұратын және тіршілік ететін жерлерде (пәтерлер, үйлер, кеңселер және т.б.);
- өнеркәсіптік объектілерде (химиялық өнеркәсіп, ядролық технологиялық цикл объектілері және т.б.);
- қалалық инфрақұрылым объектілерінде (кәріз, жылу станциялары, су құбыры және т.б.);
- ашық жерлерде, қатты қиылысқан жерлерде, ормандарда және т.б.

Операциялық ерекшелігі, пайдалану шарттары және мобильді роботтың функционалдық мақсаты оның құрылымдық ерекшеліктерін, басқару жүйесінің күрделілік дәрежесін, салмақ және өлшем сипаттамалары және арнайы жабдықтың құрамын анықтайды [27].

Су асты робототехникасында ХХІ бастау дәстүрлі техникалық шешімдерден биология, химия, информатика және-басқару теориясының заманауи жетістіктеріне негізделген жаңа техникалық шешімдерге көшу уақыты ретінде сипаттауға болады. Бұл технологияларды енгізу мұхиттық тереңдікті зерттеуде су асты техникалық жүйелерін пайдалану тұжырымдамасын қайта қарап қана қоймай, сонымен қатар адам-мұхиттың «өзара қарым-қатынасы» қауіпсіздігін жоғары деңгейге көтеруге мүмкіндік берді [28].

Бірінші кезекте суасты роботтарды қолдану экстремалды суасты операцияларына қатысатын адамдардың өміріне қауіп-қатерді азайту мүмкіндігін қамтамасыз етті, олар:

- құтқару жұмыстары;
- экологиялық апаттарды жою;
- мұхиттар мен теңіздердің сейсмикалық қауіпті аудандарын зерттеу;
- түбінің күрделі рельефін тексеру.

Сонымен қатар, Жапония, АҚШ, Канада, Италия, Англия, Ресей, Исландия және т.б. сияқты технологиялық дамыған елдерде қолданылатын су асты роботтары жоғарыда аталған міндеттерді ғана емес, сонымен қатар басқа да түрлі міндеттерді орындауға қабілетті:

- экстремалды жағдайларда (радиациялық, химиялық және бактериологиялық ластану кезінде) бірінші кезектегі құтқару (су асты-сүнгүйір) жұмыстарына қатысу;
- геологиялық барлау жұмыстарын жүргізу (теңіз қайраңында және үлкен тереңдіктерде мұнай және газ барлауды қамтамасыз ету, мұхиттық түбінің түбіндегі ауытқушылық құбылыстарын және белсенді геологиялық түзілімдерін зерттеу);
- аса маңызды кәсіптік аудандардың балық өнімділігінің өзгеруін ұзақ мерзімді болжау мақсатында кәсіпшілік аудандарында шикізат, биологиялық ресурстар мен экологиялық жағдайдың жай-күйіне мониторингті жүзеге асыру;
- океанографиялық зерттеулер және су ортасының экологиялық мониторингі;
- фото бейнетүсірілім, теңіз түбін картографиялау және акустикалық пішіндеу;
- шолу-іздістіру жұмыстары (суға батқан объектілерді іздеу және зерттеу жұмыстарын жүргізу);
- су асты объектілерінің инспекциясы (құрылыстар мен коммуникацияларды тексеру), авариялық-жөндеу, қалпына келтіру (кәбіл төсеу) және мұз асты жұмыстарын орындау (Су асты жағдайын жарықтандыру);
- әскери мақсаттағы жұмыстар, атап айтқанда, теңізге қарсы барлауды, патрульдеуді, әскери техника объектілерінің қауіпсіздігін қамтамасыз етуді, миналарды іздестіруді және залалсыздандыруды қамтиды.

2007 жылы әлемдегі жалпы халық саны 6,6 млрд-қа жетті, бұл 1950 жылмен салыстырғанда екі жарым есе көп – 2,5 млрд. 2050 жылға қарай жер бетінде шамамен 9,3 миллиард адам өмір сүреді. Мұндай мәліметтер американдық үкіметтік емес статистикалық ұйымның «Халық туралы деректер бюросы» (ХТДБ) есебінде келтірілген [33]. Мамандардың айтуынша, 2050 жылға қарай планетамыздың халқы 45%-ға өседі. Бірақ сонымен бірге, әлем халқы өсіп қана қоймай, қартаяды. 60 жастан асқан адамдардың саны 2050 жылға қарай екі миллиардқа жуық болады.

Жоғарыда келтірілген деректер біздің ғаламшар халқының азық-түлікке деген мұқтажығы өсе түсетінін көрсетеді. Бұл ретте ауыл шаруашылығы өндірісінің қазіргі жай-күйі тиімділіктің төмендеуімен сипатталады, ол бірқатар объективті және субъективті себептер бойынша пайда болады, олардың қатарына бірінші кезекте энергия тасығыштарға бағаның көтерілуін жатқызу қажет.

Сондай-ақ, өсімдіктерге күтім жасау, отау және жинау сияқты көп еңбекті қажет ететін ауыл шаруашылығы операцияларын орындау үшін

жақын және алыс шетелдерден келгендердің жалдамалы еңбегі пайдаланылады.

Бұл жағдайда тұрғындар санының өсуінің болашағын ескере отырып, ауылшаруашылық операциялары үшін роботты жүйелерді әзірлеп, қолданған жөн:

- өңдеуді жүргізу;
- егіс жұмыстары;
- арамшөптер мен суару;
- егін жинау.

#### **4.4. Тұрмыстық және өндірістік мақсаттағы үй-жайлардың қауіпсіздігін қамтамасыз ететін робототехникалық жүйені басқарудың интеллектуалды жүйесі**

2017 жылы Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінде бір топ ғалымдар «Тұрмыстық және өндірістік мақсаттағы үй-жайлардың қауіпсіздігін қамтамасыз ететін робототехникалық жүйені басқарудың интеллектуалды жүйесін құру» жобасын жасады. Бұл жобаның негізгі ерекшелігі жасанды интеллект жүйесін (ЖИЖ) пайдалана отырып роботты басқару болып табылады. Бұл навигацияны түзетумен патрульдеу режимінде жасанды интеллект жүйесінің платформасының автономды жұмысын, ішкі және сыртқы құрылғылардың (сканерлер, сенсорлар, датчиктер, сиреналар және т.б.) электрондық коммутациясын, сымсыз зарядтау аймағына жылжыту жолымен жүйені энергиямен қамтамасыз етудің үздіксіздігін қамтамасыз етеді. Сондай-ақ ЖИЖ тіркелген пайдаланушыларға (үй иелеріне) ұялы байланыс жүйесі және интернет арқылы аудио-бейне ақпаратты беруді және басқару сигналдарын қабылдауды қамтамасыз етеді [29].

Төтенше жағдайларда (өрт қауіпті, жарылғыш, радиациялық, газбен улану және т.б.) жұмыс істейтін тұрмыстық және өнеркәсіптік мақсаттағы үй-жайлардың қауіпсіздігін қамтамасыз етудің практикада қолданылатын кезіргі заманғы техникалық құралдары үй-жайларды жоспарлауға бейімделуге және қорғалатын үй-жайлардың аумағында әртүрлі кедергілерді еңсере отырып, орнын ауыстыруға қабілетті емес.

Ұсынылған интеллектуалды мобильді робот түріндегі қауіпсіздік жүйесінің моделі қосымша датчиктердің көмегімен қойылған міндеттерге байланысты жаңартылуы мүмкін. Мысалы, бұл тек су, газ ағу датчиктері, қысым, температура датчиктері ғана емес, сонымен қатар қозғалу сенсорлары, сондай-ақ радиация деңгейін анықтауға арналған Гейгер есептеуіші немесе жылыжайлар үшін нитратомер, спектроанализатор және т.б.

Бұл жобаның негізгі міндеті экстремалды жағдайларда жұмыс істеу үшін автономды бағдарламалық-техникалық робототехникалық кешендік алгоритмдер мен аппараттық шешімдерді құру болды. Бұл кешеннің ерекше ерекшелігі нейрондық желілер мен анық емес логика негізінде тәуелсіз интеллектуалды басқару жүйесі, экстремалды жағдайға байланысты топографиялық және аппараттық бейімдеу мүмкіндігі бар робототехникалық жүйені басқарудың интеллектуалды жүйесін құру болып табылады. Практикалық нәтиже тұрмыстық және өндірістік мақсаттағы бөлмелерде жұмыс істеуге арналған, бейнебақылаудан бастап радиациялық бақылауға дейінгі кіру жүйелерінің кең спектрі бар күзет роботының тәжірибелік үлгісін жасау болды.

Бұл жобаның өзектілігі интеллектуалды мобильді робототехникалық жүйе көмегімен тұрмыстық және өнеркәсіптік мақсаттағы үй-жайларда қауіпсіздікті қамтамасыз ету болып табылады. Зерттеудің міндеттері жасанды интеллекті бар жүйелерді жобалау есептерін шешудің жаңа алгоритмдерін әзірлеумен байланысты болды.

Мобильді роботтарды басқарудың интеллектуалды жүйесі автоматты түрде үй-жайларды жоспарлауға бейімделеді, онлайн мониторингті қамтамасыз ете отырып, деректерді интеллектуалды өңдеуді жүргізеді және басқару шешімін, соның ішінде төтенше жағдайларда телекоммуникациялық жүйе бойынша хабарламаларды беруді дербес қабылдайды. Осы жобаның жаңалығы: анық логика элементтері бар өздігінен оқылатын көп қабатты нейрондық желі негізінде тәуелсіз интеллектуалды басқару жүйесі [30].

Жобаның жаңашылдығы қазіргі заманғы ақпараттық-телекоммуникациялық жүйелерге икемді интегралдауды жүзеге асыратын және қорғалатын үй-жайдың жоспарлануын ескере отырып, роботтың қозғалысын автоматты басқаруды қамтамасыз ететін өзін-өзі басқарудың интеллектуалдық жүйесін әзірлеу және шешімдер қабылдау болып табылады. Роботты басқарудың интеллектуалды жүйесі күзетілетін үй-жайлардың еркін архитектурасына автоматты бейімдеуді жүзеге асырады, үй-жайлардың қауіпсіздігін ғаламтор арқылы қашықтықтан бақылау мүмкіндігіне ие.

### **Өзін өзі бақылауға арналған сұрақтар**

1. Робототехникадағы ЖИ әдістері мен құралдары.
2. Интеллектуалды мехатрондық модуль (ИММ) дегеніміз не?
3. Интеллектуалды мехатронды модульдердің мысалдарын келтіріңіз.

4. Интеллектуалды мехатрондық модульдерді қолдануды беретін негізгі артықшылықтар.
5. Интеллектуалды мехатронды модуль қандай элементтерден тұрады?
6. Simodrive posmo SI мехатрон Модулінің функционалдық мүмкіндіктері.
7. Мобильді роботтарды басқарудың зияткерлік жүйелері.
8. Мобильді роботтарды қандай жұмыстар үшін қолдану орынды?
9. Су асты жұмыстары қандай жағдайларда қолданылады?
10. Тұрмыстық және өнеркәсіптік мақсаттағы үй-жайлардың қауіпсіздігін қамтамасыз ететін робототехникалық жүйені басқарудың интеллектуалды жүйесі.
11. Ауыл шаруашылығында робототехникалық жүйелерді қолдану.
12. Тұрмыстық және өнеркәсіптік мақсаттағы үй-жайларда жұмыс істеу үшін қорғаушы роботты құру.
13. Қашықтықтан басқарылатын мобильді роботтарды қолданудың негізгі мәселелерін атаңыз.
14. Қандай университетте «тұрмыстық және өнеркәсіптік мақсаттағы үй-жайлардың қауіпсіздігін қамтамасыз ететін робототехникалық жүйені басқарудың зияткерлік жүйесін құру»жобасы әзірленді?
15. Бұл жобаның жаңалығы қандай?

## 5-тарау. КӨЛІКТЕГІ ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ (ЖИ) ЖҮЙЕЛЕРІ

### 5.1. Қоғамдық көліктегі ЖИ

Қоғамдық көлік – бұл мегаполис, сондай-ақ ұсақ елді мекендер тұрғындарының немен бетпе-бет келуде. Автобустарда, метро, троллейбустарда немесе трамвайларда жиі жүретін жолаушылар мұндай сапарлардың барынша ыңғайлы және қауіпсіз болуын қалайды. Бұл мақсатқа жету үшін қалалық тасымалдау саласына жасанды интеллект-технологиялар енгізілуде. Олардың көмегімен машиналар ағынын реттеу, автобус маршруттарын қадағалау, адамдардың баратын пункттеріне дейін жайлы қозғалуын қамтамасыз ету мүмкіндігі бар.

Қоғамдық көлік үшін ИИ-жүйелердің артықшылықтары

Бүгінде жасанды интеллект технологиясы көлік жүйесіндегі түрлі процестерді автоматтандыруға және оңтайландыруға көмектеседі. Мысалы, жасанды интеллект бағдаршамдарды басқару және жолдарда кептелістерді азайту үшін қолданылады. Автомагистральдардың жүктелуі туралы деректерді талдай отырып, жасанды интеллект маршрутты өзгертуді ұсынады. Жасанды интеллект жолаушылар ағынын зерттеу және көліктің жарамдылығын бақылау үшін енгізеді.

Қоғамдық көлік – бұл мегаполистердің де, шағын қалалардың тұрғындары да кездестіретін нәрсе. Автобустарда, метро, троллейбустарда немесе трамвайларда жиі жүретін жолаушылар мұндай сапарлардың барынша ыңғайлы және қауіпсіз болуын қалайды. Бұл мақсатқа жету үшін қалалық тасымалдау саласына жасанды интеллект-технологиялар енгізілуде. Олардың көмегімен машиналар ағынын реттеу, автобус маршруттарын қадағалау, адамдардың баратын пункттеріне дейін жайлы қозғалуын қамтамасыз ету мүмкіндігі бар.

*Қоғамдық көлік үшін ЖИ-жүйелердің артықшылықтары*

Бүгінде жасанды интеллект технологиясы көлік жүйесіндегі түрлі процестерді автоматтандыруға және оңтайландыруға көмектеседі. Мысалы, жасанды интеллект бағдаршамдарды басқару және жолдарда кептелістерді азайту үшін қолданылады. Автомагистральдардың жүктелуі туралы деректерді талдай отырып, жасанды интеллект маршрутты өзгертуді ұсынады. Жасанды интеллект жолаушылар ағынын зерттеу және көліктің жарамдылығын бақылау үшін енгізеді.

Әртүрлі компаниялар жасанды интеллект жүйелері бар ақылды автобустарды дамытуда. Мұндай машиналар жолаушылардың қауіпсіздігі мен қауіпсіздігін арттыратын заманауи жабдықтармен және бағдарламалық қамтамасыз етумен жабдықталған.



Қоғамдық көлік саласындағы интеллектуалды жүйелердің арқасында:

- жолаушыларға қызмет көрсету сапасы артады;
- тасымалдау қауіпсіз болады;
- маршруттарды оңтайландыру жүреді;
- автомобильдер сирек бұзылады;
- тасымалдаушыларға жолаушылар ағынын бақылау оңай және автопаркті қадағалау оңай болады.

ЖИ-жүйелері бар автономды машиналардың тағы бір жанама артықшылығы: көбінесе оларды электр энергиясымен жасайды. Осының арқасында ауаға аз зиянды газдар шығарылады.

#### *Пилотсыз көліктер*

Дүниежүзілік денсаулық сақтау ұйымының статистикасына сәйкес, жыл сайын жол-көлік оқиғаларында 1 миллионнан астам адам қайтыс болады. Жол-көлік оқиғалары көбінесе жылдамдықтың, абайсыздықтың және жүргізушінің тәжірибесіздігінің салдарынан болады.

Жасанды интеллектпен жабдықталған пилотсыз көліктің дәстүрлі машинадан айырмашылығы, оны компьютер басқарады. Мұндай машина өздігінен қозғала алады. Ол жол қозғалысын, ауа-райын, тәулік уақытын ескере отырып маршрутты таңдайды. Пилотсыз көлік ешқашан шаршамайды және қырағылықты жоғалтпайды. Өндіріс компаниялары мінуге қауіпсіз деп санайды. Бүгінгі таңда Ресейде, АҚШ-та, Швецияда және басқа елдерде ақылды автобустар әзірленіп, сынақтан өткізіліп, жолға қойылуда. Сонымен қатар, жерасты басқарылмайтын көлік те бар. Жүргізушілердің көмегінсіз жүретін метроның автокөліктері Париж, Стамбул, Дубай және басқа қалаларда қолданылады. Мәскеуде алдағы бес жылда адамсыз пойыздар метроның айналма желісінде іске қосылады.

#### *Шетелдік тәжірибе*

IBM және Local Motors компаниясы Olli басқарылмайтын 12 орындық электр шинасын жобалап, сынақтан өткізді. Уотсон компьютері тасымалдауды басқарады. Көлік берілген бағыт бойынша өздігінен жүре алады. Компьютерлік жүйе жолаушылардың сұрақтарына жауап береді: ақылды автобус адамға назар аударарлық жерлер туралы айтып, мейрамхана ұсына алады.

2018 жылы Стокгольмда олар 11 орындық автономды автобустарды сынақтан өткізе бастады. Көліктің бақыланбайтын жұмысын Ericsson телекоммуникациялық компаниясы жасаған Connected Urban Transport платформасы қамтамасыз етеді. Оның көмегімен автокөлік ақылды қалалық жүйелермен – қоғамдық көлік аялдамалары, бағдаршамдар, датчиктермен өзара әрекеттеседі.

#### *Ресей тәжірибесі*

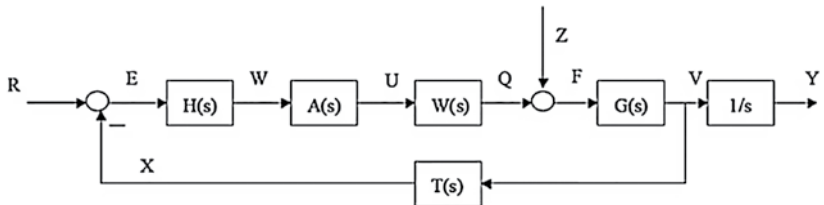
2016 жылы қоғамға ұшқышсыз 12 орындықты «Шатл» электрокары таныстырылды. Оны «Яндекс» және «Камаз» қолдауымен ОАЖА F3O

мамандары әзірлеген болатын. Машина бейнебақылау камераларымен және түрлі датчиктермен жабдықталған. Автокөлік өзі баратын жерге бағыт салады.

2019 жылы Cognitive Technologies және «көлік жүйелері» компаниялары Ресей астанасының жолдарына ұшқышсыз трамвай шығаруды жоспарлап отыр. Көлік құралы «Витязь-М» моделінің негізінде құрастырылып, автоматты басқару жүйесімен жабдықталды. Көлік ұшқышсыз деп саналғанына қарамастан, трамвай жүргізушісі трамвай рөлінде болады. Егер жолда қауіпті жағдай туындаса, ол машинаны басқаруға дайын болады.

Көлікте жасанды интеллект жүйесін қолданудың басқа мысалдарын келтірейік. Интеллектуалды басқару жүйелері бар ұшқышсыз көлік құралдары тау-кен өндіру, металлургия, ғарыш және басқа салаларда тиімді пайдаланылады. Қалаларда ұшқышсыз автомобильдер, жасанды интеллектпен басқарылатын автобустар пайда болады. Жалпы, автокөлігіне қатысты барлық нәрсе: таксидің келу уақытын есептеу, тапсырыстарды көретін автомобильдерді таңдау, беру уақытын есептеу, бағаны дұрыс анықтау және болжау – бұның бәрі интеллектуалды басқару жүйелерімен автоматты түрде жасалады. Автокөлік қозғалысын автоматты басқарудың интеллектуалды жүйесінің жұмысын қарастырайық.

5.1-суретте автокөлік қозғалысын басқарудың интеллектуалды жүйесінің блок-схемасы көрсетілген [31].



5.1-сурет. Автокөлікті басқарудың интеллектуалды жүйесінің блок-схемасы

Кіру ретінде  $F$  күші бар инерциялық жүйе ретінде және шығу ретінде  $V$  жылдамдығы бар автокөлік Ньютон екінші заңына сәйкес беру функциясы бар бірінші реттегі жүйемен ұсынылуы мүмкін.

$$G(s) = \frac{\omega(s)}{\alpha(s)} = \frac{k_1}{s + \alpha_1} \quad (5.1)$$

$F$  қозғаушы күші, блок-схемада көрсетілгендей, жол жағдайларына байланысты  $Q$  қозғалтқышының тартымын және  $Z$  үйкеліс күштерін жиынтықтау нәтижесі ретінде анықталады. Блок-схемада  $V$  автокөліктің

жылдамдығын интегралдау оның  $d$  ығысуына әкеледі (блоктың беріліс функциясы  $1/s$  тен). Автокөліктің қозғалтқышы  $W(s)$  блогымен көрсетілген, ол  $U$  газ педалінің орны мен  $Qsk$  қозғалтқышының  $Q$ -дегі бірінші ретті жүйе түріндегі қатынасы арасындағы байланысты білдіреді.

$$W(s) = (Q(s)) / (U(s)) = k_2 / (s + a_2). \quad (5.2)$$

$T(s) = k_3$  беріліс функциясы  $V$  жылдамдығын  $X$  тұрақты ток сигналына түрлендіретін тахогенераторды білдіреді. Қатенің  $e$  сигналы автокөліктің талап етілетін жылдамдығын ұсынатын  $R$  тірек сигналы мен нақты жылдамдықты ұсынатын  $X$  кері байланыс сигналы арасындағы айырмашылық ретінде қалыптасады.

Беріліс функциясы бар блок:

$$H(s) \cdot W(s) / E(s) = k_3 / (c_p + c_1/s + c_{ds}) \quad (5.3)$$

пропорционалды-интегралдық-дифференциалды контроллер деп аталады, ол  $W$  сигналын басқарады.

$A(s) = k_3/s$  беріліс функциясы бар блок, қуат күшейткішін және автокөлік газ педалін басқаратын сервомеханизм ұсынады [31].

Осылайша, біз келтірілген суреттегі блок-схеманың беріліс функциялары. Әр түрлі қозғалыс жағдайында автокөлік қозғалысын басқарудың интеллектуалды жүйесін талдауға мүмкіндік береді.

Жол жағдайларын ескере отырып, автомобиль қозғалысының әр түрлі режимдері мен траекторияларын компьютерде талдауға болады. Мұндай интеллектуалды жүйелер ұшқышсыз көлік құралдарын басқару үшін қолданылады.

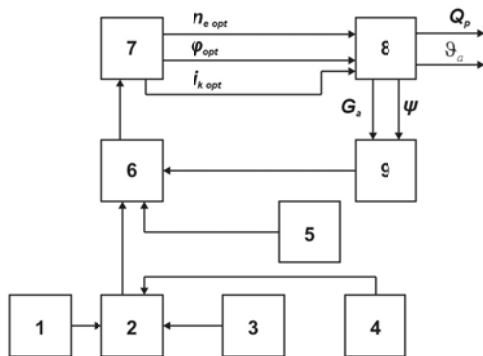
#### *Оңтайлы басқару жүйесінің құрылымы.*

Бұл бөлімде тау-кен өндіру кәсіпорнында пайдаланылатын жүк автокөліктерін оңтайлы басқару жүйесін қарастырайық. Қойылған міндетті шешу процесінде оңтайлы басқару жүйесінің құрылымдық сұлбасы әзірленді (5.2-сурет).

Оңтайлы басқару жүйесінің құрамына келесі блоктар кіреді: 1 – физикалық процестің моделі; 2 – оңтайлы басқару теңдеуін шығару; 3 – оңтайлылық критерийін әзірлеу; 4 – оңтайлы басқаруды шектеу тапсырмасы; 5 – математикалық модельдің параметрлері; 6 – оңтайлы басқару теңдеуінің коэффициенттерін өзгерту; 7 – оңтайлы басқару теңдеуін шешу; 8 – физикалық процесс; 9-физикалық процесс моделінің коэффициенттерін өзгерту.

5.2-сурет бойынша блоктар бойынша оңтайлы басқару жүйесін (ОБЖ) әзірлеу процесін қарастырайық.

Физикалық объект – бұл іштен жанатын дизельді қозғалтқышы бар автокөлік (ІЖК), ал физикалық процесс автокөліктің отын шығыны мен оның қозғалыс жылдамдығы болып табылады.



5.2-сурет. Оңтайлы басқару жүйесінің құрылымдық сұлбасы

Оңтайлы басқару жүйесінің (ОБЖ) математикалық моделін әзірлеу.

Қойылған міндетті шешу және мақсатты жүзеге асыру үшін физикалық процесс отын шығыны мен қозғалыс жылдамдығының математикалық модельдері түрінде ұсынылады. Отын шығынының математикалық моделін иінді біліктің (ИБ) айналу жиілігіне  $n_e$ , отын берудің озу бұрышына (ОБОБ)  $\varphi$ ,  $i_k$  берілісті ауыстырып қосу қорабының (БАҚҚ) беріліс саны,  $G_a$  автомобилінің салмағына және  $\psi$  жол жағдайларына байланысты отын шығынының жол шығынына байланысты ұсынуға болады:

$$Q_p = f(n_e, \varphi, i_k, G_a, \psi) \quad (5.4)$$

мұндағы:  $n_e$  – ИБ айналу жылдамдығы;

$\varphi$  – ОБОБ;

$i_k$  – БАҚҚ беріліс коэффициенті;

$G_a$  – автокөліктің салмағы;

$\psi$  – жолдың жалпы кедергісі.

Жұмыс нәтижелері негізінде  $g_e$  отынның меншікті шығынының әртүрлі айналу жиіліктері кезінде ОБОБ  $\varphi$  өзгертін мәндерінен тәуелділігінің деректері алынды. Деректерді өңдегеннен кейін CurveExpert бағдарламасын қолдана отырып, 2 полиноммен интерполяция жүргізілді және оның коэффициенттері есептелген.

$$g_e = a + b \cdot n_e + c \cdot \varphi + d \cdot n_e^2 + e \cdot \varphi^2 + f \cdot n_e \cdot \varphi \quad (5.5)$$

мұнда  $a$ ;  $b$ ;  $c$ ;  $d$ ;  $e$ ;  $f$  – автокөлік қозғалтқышына байланысты коэффициенттер.

Нәтижесінде отынның жол шығынының теңдеуі келесі түрді қабылдайды:

$$Q_p = g_e \cdot \frac{\left( G_a \cdot \psi + 0,077 \cdot k \cdot F \cdot \left( 0,377 \cdot \frac{r_k \cdot n_e}{i_k \cdot i_0} \right)^2 \right)}{0,36 \cdot 10^5 \cdot \eta_{TP} \cdot \rho_T} \quad (5.6)$$

Осылайша, отын шығысының физикалық процесінің математикалық моделін және автокөлік қозғалысының жылдамдығын келесі теңдеулер жүйесі түрінде ұсынуға болады:

$$\begin{cases} Q_p = (a + b \cdot n_e + c \cdot \varphi + d \cdot n_e^2 + e \cdot \varphi^2 + f \cdot n_e \cdot \varphi) \cdot \\ \left( \frac{G_a \cdot \psi + 0,077 \cdot k \cdot F \cdot \left( 0,377 \cdot \frac{r_k \cdot n_e}{i_k \cdot i_0} \right)^2}{0,36 \cdot 10^5 \cdot \eta_{TP} \cdot \rho_T} \right) \\ g_a = 0,377 \cdot \frac{r_k \cdot n_e}{i_k \cdot i_0} \end{cases} \quad (5.7)$$

Оңтайлылық критерийін эзірлеу мақсатты функцияны алудан тұрады. Мақсат қоюға сүйене отырып, оңтайландыру келесі оңтайлылық өлшемдерін қолдана отырып жүзеге асырылады: отын шығынының минимумы және тасымалдау уақытының минимумы. Бұл өлшемдер Өзара ажыратқыш болып табылады, яғни тасымалдау уақытының минимумына отын шығыны ең жоғары болғанда және керісінше қол жеткізіледі. Бірмәнді қағидатты негізге ала отырып, оңтайлылық критерийлерін екі мақсатты функцияның сызықтық комбинациясы түрінде ұсынуға болады:

1. отын шығыны ең аз  $Q_p = f(n_e, \varphi) = \min$ ;
2. қозғалыс уақытының минимумы  $t = f(g_a) = \min$ .

Қозғалыс уақытының минимумына жету қозғалыс жылдамдығының артуымен қол жеткізіледі. Осыны ескере отырып, оңтайлылық критерийі келесідей жазылады:

$$Cf = p_1 \cdot Q_p + (1 - p_1) \cdot \frac{1}{g_a} = \min \quad (5.8)$$

келесі шарттарға сәйкес:

– отын шығыны мен көлік жылдамдығының математикалық моделі теңдеулер жүйесімен ұсынылған (5.7) келесі шектеулер бойынша:

1.  $n_{e \min} < n_e < n_{e \max}$  ;
2.  $\varphi_{\min} < \varphi < \varphi_{\max}$  .

мұнда  $\varphi_{min}$  және  $\varphi_{max}$ , сондай-ақ  $n_{emin}$  және  $n_{emax}$  автокөлік сипаттамалары анықталады.

$p_1$  және  $p_2$  – оптималдылық критерийлерінің маңыздылығы.

5.8-тендеуінде  $p_1 + p_2 = 1$  деп қабылданды.

Оңтайлы басқару теңдеуінің шешімі келесідей жүзеге асырылады. Қозғалыстың барлық бағыты жолдың жекелеген учаскелеріне бөлінеді. Жолдың әрбір учаскесі үшін автокөліктің салмағына, жолдың кедергісінің коэффициентіне және БАҚҚ  $i_k$  беріліс санына байланысты көлік құралы қозғалысының жылдамдық режимі анықталады. Жылдамдық режимі шегінде оңтайлылық критерийлерін қолдана отырып, оңтайлы қозғалыс жылдамдығы және БАҚҚ (беру) тиісті беріліс саны таңдалады.

Жылдамдық режимін анықтау және оған сәйкес БАҚҚ беру саны (беру) мынадай түрде жүзеге асырылады. (5.7) негізінде автокөлік жылдамдығының  $G_a$  салмағына,  $\psi$  жолдың кедергісінің коэффициентіне тәуелділігі алынды:

$$g_{1a} = \frac{0,377 \cdot n_M \cdot M_k \cdot \eta_{tr}}{G_a \cdot \psi} \quad (5.9)$$

мұндағы  $n_M$  – ең жоғары айналу моментіне сәйкес келетін айналу жиілігіне сәйкес келеді;

$M_k$  – айналу моменті;

$\eta_{tr}$  – ПӘК трансмиссиясы;

$G_a$  – автокөлік салмағы;

$\psi$  – жолдың кедергі коэффициенті.

Берілудің тиімділігі ПӘК мен айналу жиілігін  $n_M$  максималды моментіне сәйкес келетін тұрақты мән ретінде қабылдай отырып, осы бөлімде қозғалыс жылдамдығын  $\psi$  және  $G_a$ -ге байланысты анықтауға болады.

Беріліс қорабының (БҚ) редукторларын анықтау келесі тәсілмен жүзеге асырылады. Әр жылдамдық диапазоны беріліс қорабының белгілі бір қатынасына сәйкес келеді (нақты беріліс). Бірінші беріліс үшін, егер жылдамдық осы диапазон үшін ең үлкен мәннен аз болса, онда бірінші редуктор таңдалады. Максималды диапазондағы минимумға тең немесе одан жоғары жылдамдықта соңғы беріліс үшін соңғы беріліс таңдалады.

Берілген жылдамдық диапазонын, минимумнан максимумға дейін, автокөліктің салмағына және жолды тарту коэффициентіне  $\psi$  байланысты анықтау келесі схема бойынша жүзеге асырылады:

1. 5.9-формуласына сәйкес, осы бөлімдегі жылдамдық  $\psi$  және  $G_a$  тең ағымдағы мәндеріне есептеледі.

2. Оның қайсысына жататынын тексереді.

3. Диапазонға байланысты белгілі бір салмақтағы жолдың берілген бөлігі үшін минималды және максималды жылдамдықтар анықталады.

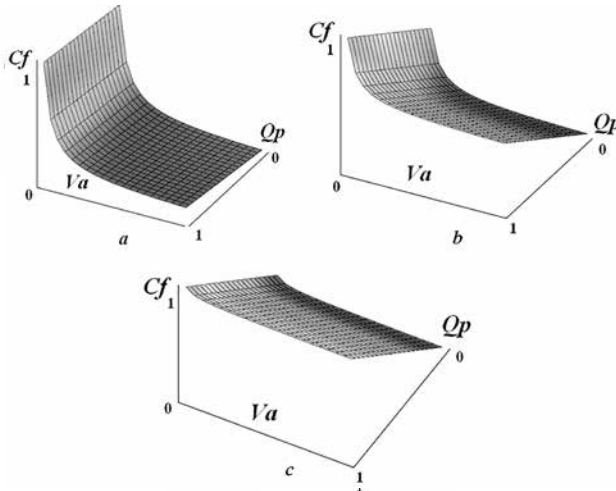
4. Беріліс коэффициенті (редуктор) белгілі бір жылдамдық диапазоны үшін көлік құралының салмағы  $G_a$  үшін және жол учаскесінің кедергі коэффициенті  $\psi$  үшін анықталады.

Алынған жылдамдық диапазонына сәйкес ИБ айналу жиіліктерінің диапазоны анықталады:

$$n_{e \min} = V_{a \min} \frac{i_k(\mathcal{Q}_{1a}) \cdot i_0}{0,377 \cdot r_k} \quad n_{e \max} = V_{a \max} \frac{i_k(\mathcal{Q}_{1a}) \cdot i_0}{0,377 \cdot r_k} \quad (5.10)$$

(5.8) оптималдылық критеріі негізінде Mathcad бағдарламасының көмегімен (ИБ) айналу жиілігінің диапазоны және іске қосу тогын шектеу құрылғылары (ІҚТШҚ) бойынша бар шектеулер кезінде оңтайлы мәндері (5.8 теңдеуі)  $\varphi$  және  $n_e$  оңтайлы мәндері анықталады.

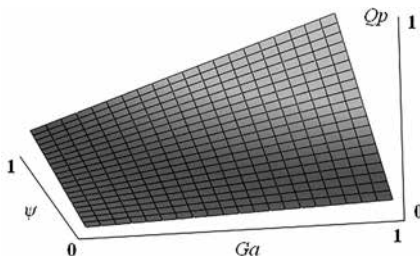
5.3-суретте  $Q_p$  отынының шығынынан  $C_F$  мақсатты функциясын және  $P_1$  оптималдылығының өлшемінiң белгіленген салмағы кезінде автокөлік қозғалысының жылдамдығын  $V_a$  модельдеу нәтижелері көрсетілген.



5.3-сурет. Оптималдылық өлшемінiң маңыздылығы белгіленген салмақ кезінде отын шығыны және автокөлік қозғалысының жылдамдығы бойынша бағалау функциясы: а – 0,1 маңыздылық салмағында; б – 0,5 маңыздылық салмағында; с – 0,9 маңыздылық салмағында

5.3-суреттен маңыздылық салмағы азайған кезде мақсатты функция қозғалыс жылдамдығымен, ал ұлғайған кезде-отын шығынымен анықталады.

5.4-суретте  $G_a$  автокөліктің салмағы мен  $\psi$  маршрут учаскесінің жол кедергісінің коэффициентінің өзгеруінен отын шығынын модельдеу нәтижелері көрсетілген.



5.4-сурет. Отын шығынының автокөлік салмағына және жол кедергісінің коэффициентіне тәуелділігі

5.4-суретте жол жағдайының нашарлауы және автокөлік салмағының артуы кезінде шығын өсуде.

Қорытындылай келе, әзірленген оңтайлы басқару жүйесі жүк автокөлігінің қозғалысын автоматтандырылған басқарудың барлық жүйесінің негізгі бөлігін білдіреді. ОБЖ зерттеудің жүргізілген теориялық нәтижелері нақты физикалық процеске сәйкес келеді және басқару объектісін, яғни автокөлікті оңтайландыру үшін қолданылуы мүмкін.

ОБЖ оңтайлы басқарудың әзірленген жүйесі нақты автокөліктің параметрлерін, оның тиелуін және бағыттың ерекшеліктерін ескере отырып, оңтайлы қозғалыс режимін анықтайды, яғни, отын шығыны және көлік құралының қозғалыс уақыты бойынша оңтайлылықтың кешенді критериймен ұсынылған оңтайландыру міндеті шешіледі.

ОБЖ оңтайлы басқару жүйесін енгізу автокөлік қозғалысын басқару процесіне адам факторының әсерін төмендетуге мүмкіндік береді. Нәтижесінде отын шығыны азаяды және зиянды заттардың шығарындылары азаяды. Бұдан басқа, қозғалыс барысында автокөліктің қауіпсіздігі артады. Осының барлығы тау-кен өндіру кәсіпорындарының бәсекеге қабілеттілігін арттыруға мүмкіндік береді.

#### *Ақылды автобустарға арналған автоматтандырылған жүйелер*

Бүгінде автономды автобустарды әзірлеумен қатар, түрлі компаниялар ақылды автокөліктердің барынша тиімді жұмысын жолға қоюға көмектесетін автоматтандырылған жүйелерді құрады.

Мәселен, ресейлік «ЕвроМобайл» компаниясы қоғамдық көлік үшін кешенді IT-жүйесін әзірледі. Ол автобустың координаттарын автопаркке береді, бейнекамераға жазады және салонда және жолда болып жатқанның



бәрін серверге жібереді. Жанармай мен шинаның қысымын бақылау жүйесі автомобильдің жағдайы туралы ақпарат жинайды және оны жүргізуші мен паркке жібереді. Дауыстық автоинформер және медиаорталық жолаушыларға аялдамалар мен көлік жүретін маршрут туралы хабарлайды. Төтенше жағдайда «ЭРА ГЛОНАСС» жүйесі автобус координаттарын диспетчерлік қызметке жібереді [33].

EuroMobile-тің тағы бір дамуы – «Автокөлік өткізгіш» автоматтандырылған жүйесі. Оның мақсаты – автобуста қанша жолаушы тасымалдайтындығын тіркеу. Жолаушылар бөлімінде орнатылған бейне-камералар көліктің қанша адам кіргенін және шыққанын бақылайды. Бұл деректер орталық басқару тақтасына жіберіледі.

Осылайша, жасанды интеллект технологиялары сапарларды ыңғайлы және қауіпсіз ете алады. Тек ақылды автобустар, трамвайлар мен троллейбустар барлық қалалардың жолдарымен жүретін кезде, қоғамдық көліктерде жүру төзімділік сынақ емес, жақсы сапар бола алады.

## 5.2. Теміржол көлігіндегі жасанды интеллект

### *Теміржол көлігіндегі басқарудың интеллектуалды жүйесі (ТКБИЖ)*

Тасымалдау процесін оңтайландыру және теміржол көлігі жұмысының сапалы көрсеткіштерін жақсарту мақсатында «ҒЗИАЖ» ААҚ ТКБИЖ жобасын орындайды [34].

ТКБИЖ – «ҒЗИАЖ» ААҚ өндірістік жұмыстарының өндірістік циклінің толық циклін автоматтандыратын алғашқы басқару жүйесі. ТКБИЖ – бұл «Ресей темір жолдары» АҚ өндірістік жұмыстарының өндірістік циклінің толық циклін автоматтандыратын алғашқы басқару жүйесі. ТКБИЖ жүйесін құрудың мақсаты Ресей темір жолдарының пайдалану тиімділігін арттыру, сонымен қатар компанияның тұтынушылар назарын аудару.

ТКБИЖ функционалы тасымалдау процесін жоспарлаудың, жылдық және айлық жоспарлаудан бастап поездарды өткізуді диспетчерлік жоспарлауға дейін бар барлық көкжиектерді қамтиды. Сонымен бірге, ТКБИЖ қозғалыс, тартылыс, инфрақұрылым және компанияның көлік қызметтері орталығы дирекцияларына арналған технологиялық процесстерді автоматтандырады. Жоспарлау, келісу және орындалуын бақылау міндеттерін шешу интеллектуалды бағдарламалық-аппараттық модульдердің өзара іс-қимыл жасайтын динамикалық жоспарлаушылар желісінің көмегімен жүзеге асырылады.

Бұдан басқа, бұл жасанды интеллект әдістерін пайдаланатын теміржол көлігі үшін алғашқы отандық жүйе.

Осы жобаны іске асырудың мақсаты полигонның орын алған, ағымдағы және болжамды пайдалану жағдайларын жан-жақты сипаттайтын, сонымен қатар бөлімдерде поездардың құрамы мен жылжуын есептеуді қолдана отырып, бөлінген полигонның жұмысын бақылау мен жоспарлаудың кешенді құралдарын іске асыруға мүмкіндік беретін біріктірілген полигонның бірыңғай моделін құру болып табылады.

ТКБИЖ Кузбас – Шығыс және Кузбас – Солтүстік-батыс полигонында енгізілді.

Экономикалық әсері:

- станциялардың жеке технологиялық процестерін ескере отырып, станцияларда құрам құруды тиімді жоспарлау;
- пойыз жұмысын жедел жоспарлау және бақылау кезінде үйлестірілген шешімдер қабылдау;
- барлық санаттағы жүк тиелген вагон ағындарының (жөнелтілмеген, жөнелтпе маршруттар, контейнерлік және мамандандырылған поездардың келісілген жөнелту және келу уақытымен жүктерді тасымалдау шарттары шеңберінде) порттық тораптарына қозғалысты басқару дирекциясының логистикалық орталықтарының жұмысымен өзара байланыста болуын басқару;
- шекаралық станцияларға және мемлекетаралық түйіспелі пункттерге су шығаруды басқару;
- тексерілген және шоғырландырылған деректер негізінде барлық басқару деңгейіндегі жедел персоналдың жалпы жағдайлық хабардарлығын қамтамасыз ету [34].

### **5.3. Авиациядағы жасанды интеллект жүйелері**

Технология әлемді басқарады. Және авиация ерекшелік емес. Жасанды интеллект те осы салада қолданылады. Рас, мұнда ол басқа салалардағыдай тез дамып жатқан жоқ. Алайда қазірдің өзінде белгілі бір жетістіктерге қол жеткізілді. Әлемдегі жетекші авиакомпаниялар, оқу орталықтары және ұшақ өндірушілері жасанды интеллектке қаражат сала бастады.

Авиация саласы үнемі жетілдіруге тырысатын негізгі бағыттардың бірі – ұшқыштарды даярлау. Болашақ ұшқышты оқыту ұзақ және қарқынды процесс болып табылады, ол жерде мектеп және сертификаттау тестілері бар. Сарапшылардың пікірінше, жасанды интеллект ұшқыштардың дайындығын едәуір жақсартады [35].

Сарапшылардың пікірінше, жасанды интеллект ұшқыштарға толық көзбен шолу диапазонын ұсына отырып, одан да шынайы симуляцияға ие

болуға мүмкіндік береді. Жасанды интеллект енгізілген компьютер жаттығулар туралы барлық мәліметтерді жинап қана қоймайды, сонымен қатар жаттығу кезінде ұшқыштың әрекетін жазады. Оқу барысында жиналған барлық мәліметтер автопилоттарды жақсарту үшін пайдаланылады.

Жасанды интеллект авиацияда керемет жұмыс істей алатын сияқты. Бір қызықты факт, бір эксперименттік оқу орталығы сандық инновацияларға (соның ішінде жасанды интеллект енгізуге) ұшқыштарды даярлау жүйесін 1 миллиард долларға инвестициялады. «Шығыс» деп аталатын жаңа оқыту жүйесі оқу процесінде тікелей деректердің тәжірибелік дағдыларын және пилоттық үлгерімді бағалайды. Оқу процестерін автоматтандыру ұшқыштарға оқытушының субъективтілігінен гөрі стандарттарға сәйкес жақсырақ білім алуға мүмкіндік береді. Ұшқыштарын даярлау үшін жасанды интеллект технологиясын енгізген тағы бір компания – АҚШ әскери-әуе күштері. АҚШ әскери-әуе күштері өзінің тренажерларында заманауи биометриялық жүйелерді, жасанды интеллект пен виртуалды шындық жүйелерін қолдана отырып ұшқыштарды оқытудың жаңа әдісін табуға тырысу үшін «Болашақта ұшқыштарды оқыту» бағдарламасын іске қосты. Мұндай AI-run симуляторлары оқушыларға жақсы қателіктерді түсінуге және оларды түзетуге көмектесу үшін нақты миссияларды ойнатады. Жасанды интеллектті енгізу АҚШ әскери-әуе күштеріне жыл сайын оқыту мен практиканың жылдам әрі тиімді тәсілін құра отырып, көбірек авиаторларды оқытуға мүмкіндік береді.

#### *Ұшқыштың жұмыс жүктемесін төмендету*

Ұшқыштарға көмек - жасанды интеллект арқылы жақсартуға болатын тағы бір маңызды функция. Теориялық тұрғыдан ол ұшқыштарға үлкен жағдайлық хабардарлықты беріп, құралдарды басқаруға кететін уақытты қысқартуы мүмкін. Бұл сондай-ақ ұшқыштарға ұшу кезінде экипаждың басқа мүшелерімен жақсы қарым-қатынас жасауға мүмкіндік береді. Бұл тек теория емес, өйткені GPS технологиясына маманданған Garmin компаниясы «Telligence-ті» ұсынған. Бұл ұшқыштың жұмыс жүктемесін қысқартуға және жақсы ұшуды қамтамасыз етуге арналған өнім. «Telligence» ұшқыштарға әуе кемесімен сөйлесуге – қарапайым дауыс командаларының көмегімен байланысты реттеуге мүмкіндік береді. Бұл өнім қазірдің өзінде сертифициатталған және бүгін орнату үшін қол жетімді.

Тағы бір маңызды өнертабыс ALIAS DARPA (Aircrew Labor-in-Cockpit Automation System) жасанды интеллектін іске асыру болып табылады. Алиас-адамның физикалық орнын алатын адам тәрізді машина.

Бұл роботталған қол, ол екінші ұшқыштың орнын алады, итеріп, басқару элементтерін тартады. Мұндай жүйе ұшақтардағы автоматтандыру деңгейін жоғарылатуы және қысқартылған борттық экипажбен ұшу мүмкіндігін қамтамасыз етуі мүмкін. ALIAS сондай-ақ ұшудан бастап қонғанға дейін барлық миссияны игеруге ұмтылады. ALIAS пайымдауы ұшқышқа орындаушы емес, басшы болуға мүмкіндік береді [35].

Қазіргі заманғы АТ-ны дамыту бортта шешілетін басқару міндеттерін жетілдіру деңгейін және автоматтандыру деңгейін арттыруды, сондай-ақ ҰА мен оның жүйелерінің ерекшеліктерін, шектеулері мен мүмкіндіктерін жан-жақты есепке алуды талап етеді. Экипажға объектіні қолдану мақсаттарына қол жеткізуді басқаруда орталық рөл берілген алдыңғы ұрпақтардың борттық жүйелерінен айырмашылығы, қазіргі уақытта білімді басқару әдістері мен технологияларын қолдана отырып, басқарудың борттық жүйелерінің рөлін арттыру үрдісі орын алуда. Ұшуда шешуді талап ететін міндеттердің көптүрлілігі, күрделілігі және бірқалыпты болуы перспективалы авиакомпаниялардың экипаждарына есептеу және ақпараттық көмекті қамтамасыз ету құралдарын әзірлеуге жаңа тәсілдерді талап етеді. Ұшақтың мақсатты іс-әрекетінің жалпы тиімділігін арттыру үшін авиакөлікті дамытудың қазіргі кезеңінде экипаждың «электрондық көмекшілері» деп атауға болатын көптеген білікті мамандардың интеграцияланған тәжірибесін қамтитын борттық ақпараттық жүйелерді (АЖ) әзірлеу қажеттілігі туындайды.

АЖ – бұл ақпараттық процесте интеграцияланған, адаммен немесе автономды түрде жұмыс істейтін, ақпарат пен білім негізінде мақсатты синтездей алатын, егер мотивация болса, іс-қимыл туралы шешім қабылдауға және мақсатқа жетудің ұтымды жолдарын табуға қабілетті аппараттық және бағдарламалық құралдардың жиынтығы.

Деректерді өңдеудің дәстүрлі детерминацияланған және статистикалық әдістері өңделетін ақпараттың көлемін және бортта шешілетін міндеттердің күрделілігін игере алмайды. Белгілі басқару алгоритмдерін жетілдіру олардың тұрақты күрделенуіне байланысты әрқашан қажетті нәтиже бермейді, бұл оларды жаңа технологиялар мен тәсілдердің көмегімен іске асыруды талап етеді. Дәстүрлі әдістер күрделі объектілерді басқару сапасын арттыруды қамтамасыз ете алмайды, өйткені жүйеге әсер ететін және шешімдер іздестіруді жүзеге асыруға тура келетін барлық белгісіздіктерді ескермейді.

Жаңа технологияны жобалау білімді өңдеу әдістері мен заманауи интеллектуалдық технологияларды пайдалана отырып, борттық БҚ әзірлеудің дәстүрлі емес тәсілдерін тарта отырып, борттық АЖ әзірлеуді және енгізуді талап етеді.

Борттық АЖ штаттық режимдерде және экстремалды жағдайларда іс-әрекеттердің мақсатқа сай тактикасын анықтауға байланысты міндеттерді өзіне алуға қабілетті. Бұл мақсатқа экипаж функцияларын және проблемалы-бағытталған «электрондық көмекшілерді» ұтымды бөлу, үйлестіру және қайталау арқылы қол жеткізуге болады, объектіні қолданудың барынша тиімділігін, тиімді өміршеңдікті, істен шығуларды, зақымдануларды және т.б. бәсеңдетуді қамтамасыз ету міндеттерін шешеді.

Авиакөлік объектілері үшін интеллектуалды жүйелерді қолданудың неғұрлым перспективалы салалары мынадай бағыттар болып табылады:

- интеллектуалды навигация және ұшу (ұшу тапсырмасының орындалуын басқару, жедел жағдайды бағалау және болжау және т.б.)
- ұшу тапсырмасын интеллектуалды жоспарлау;
- ақпаратты интеллектуалды өңдеу, мақсатты деректерді жинау және талдау;
- нысаналы мақсаттағы бөлінетін құралдарды басқару;
- топтық әрекеттер және топтық ұшақ жүргізу;
- кешенді борттық жабдықтарды (КБЖ) бақылау және диагностикалау;
- КБЖ техникалық қызмет көрсету және жөндеу;
- АЖ-ны тренажер және оқыту жүйесі ретінде пайдалану.

Ұшақтың экипажының мақсатты міндеттерді шешуін интеллектуализациялаудың негізгі жолдарының бірі қалыптасқан жағдайларды бағалау және ұшуда шешімдер қабылдау кезінде экипаж қызметін ақпараттық қамтамасыз етуді жетілдіру болып табылады. Ұшуда өңдеуге жататын ақпараттың тұрақты өсіп келе жатқан көлемі жағдайында ақпараттық технологияларды дамытудың осы кезеңінде практикалық тұрғыдан бұл бағыт ерекше қызығушылық тудырады. Сондықтан зерттеулер бірінші кезекте ұшу тапсырмасының режимдері мен кезеңдерін орындауды роботтандыру және объектінің және қоршаған ортаның ағымдағы жай-күйінің ақпараттық моделін құру үшін қажетті мәліметтерді алу процесінде ұшқыштың кернеулігін төмендету мәселелеріне бағытталуы тиіс.

Интеллектуалды басқару технологияларының пайда болуы перспективалы борттық есептеу кешендерін бағдарламалық-математикалық қамтамасыз етуді (БМКЕ) құруға принципті жаңа көзқарас мүмкіндігі туралы айтуға мүмкіндік береді.

Күрделі жүйелердің дамуы тек дәстүрлі басқару теориясының көмегімен шешілмейтін бірқатар мәселелерді тудырады. Негізінен, бұл мәселелер жүйенің жұмыс істеуі жағдайындағы осындай белгісіздікпен

байланысты, бұл эвристикалық ойлау қабілетін қалыптастыру және тәжірибеден үйрену қабілеті бар адамға тән процедураларға ұқсас шешім қабылдау процедураларын жүзеге асыруды талап етеді.

Басқарудың икемді және тиімді жүйелерін құру дәстүрлі басқару теориясының алгоритмдік әдістерімен қатар, нәтиже, негіздеу және эвристиканы қолдану сияқты әдістерді қолдануды талап етеді.

Білімді өңдеу алгоритмдерін пайдалану сізге:

- жүйенің функционалдығын кеңейту;
- жүйенің кенеттен өзгертін сыртқы жағдайларға жедел бейімделуі;
- тапсырмалардың параллелдеуіне байланысты жүйенің реакция уақытын азайтуға;
- бақылау іс-әрекеттері ағымдағы жағдайға барабар болу ықтималдығын арттыру;
- алдын-ала дайындық тәжірибесіне сүйене отырып, стандартты емес мәселені шешудің жоспарын құру;
- сыртқы ортаның әсерінен өзінің сыртқы мінез-құлқын түбегейлі өзгерту, бір мәселені шешуден бас тартуға және басқа проблеманы шешуден бас тартуға мүмкіндік береді.

Әр түрлі интеллектуалды технологиялардың салыстырмалы талдауы бірқатар жалпы белгілерді анықтауға мүмкіндік береді, олардың негізгісі белгілі бір ұғымдарды пәндік аймақтың жекелеген құбылыстары арасында байланыс орнатудың құралы ретінде, білім мен логикалық тұжырымдарды ұсыну тетіктерінің болуымен байланысты.

Сонымен, дәстүрлі технологиялардың жасанды интеллект технологиясымен үйлесуімен сипатталатын гибридтік жүйелердің дамуы ерекше маңызға ие.

### **Өзін өзі бақылауға арналған сұрақтар**

1. ЖИ қоғамдық көлікте қолдану.
2. Қоғамдық көлік үшін артықшылықтары мен-жүйелері қандай?
3. Жасанды интеллектпен жабдықталған пилотсыз көліктің дәстүрлі көліктен қандай айырмашылығы бар?
4. 12 орындық ОШІ электробусын кім әзірледі?
5. «Шатл» пилотсыз 12 орындық электрокар қоғамға қай жылы ұсынылды?
6. Автокөлік қозғалысын басқарудың зияткерлік жүйесінің блок-сызбасын сипаттаңыз.
7. Компьютерде көліктің әртүрлі режимдерін және траекторияларын талдау үшін қандай параметрлерді қолдануға болады?

8. Зияткерлік басқару жүйелері бар пилотсыз көлік құралдары қандай салаларда қолданылады?
9. Жүк көлігін басқарудың оңтайлы жүйесінің блок-схемасын келтіріңіз.
10. Жүк көлігін оңтайлы басқару жүйесінің құрамына қандай блоктар кіреді?
11. Жүк көлігін оңтайлы басқару жүйесінің математикалық моделі қандай түрде ұсынылады.
12. Көлік құралының салмағы мен жол кедергісі коэффициентінің өзгеруіне байланысты отын шығыны қалай өзгереді?
13. Ақылды автобустар үшін автоматтандырылған жүйелердің мысалдарын келтіріңіз.
14. Қай компания қоғамдық көліктерге арналған кешенді IT жүйесін жасады?
15. «Автокондуктор»автоматтандырылған жүйесін кім әзірледі?

## 6-тарау. ҒАРЫШТЫҚ ЗЕРТТЕУЛЕРДЕГІ ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ ЖҮЙЕЛЕРІ

### 6.1. Күн дауылын болжау және астероидтерден қорғау

NASA Frontier Development Lab зертханасының ғалымдары (6.1-суретті қараңыз) Microsoft және IBM-мен ынтымақтастықта күш пен күн күркіреуін болжау үшін өзін-өзі оқытатын жүйелермен жұмыс істейді. Бұл жүйелерді тек күн дауылын болжау, жаңа ғаламшардың климатын және олардың өмірге жарамдылығын анықтау үшін ғана емес, табиғи ресурстарды табу үшін де пайдалануға болады.

Зертхананы 2013 жылы Обама Asteroid Grand Challenge бағдарламасымен шабыт алған жаңа зеландиялық кәсіпкер Джеймс Парр құрды. Парр NASA жерді астероидтар мен басқа да қауіптерден қорғау жобаларына ЖИ саласындағы озық әзірлемелерді енгізетін жобамен бірлесіп жұмыс істеуді ұсынды. Паррдың айтуынша, жасанды интеллект – астрономдар әлі бағалай алмаған жалғыз технология.



6.1-сурет. NASA Frontier Development зертханасы

#### *Экзопланеталарды ашу*

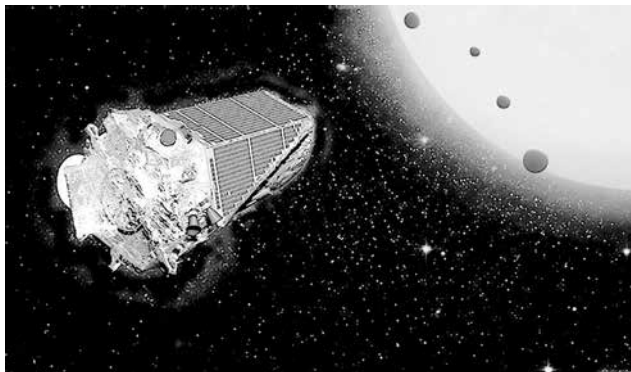
Жасанды интеллект ғалымдарға жаңа ғаламшарларды табуға көмектеседі. ЖИ алгоритмімен жабдықталған Кеплер телескопы ғарышқа 2009 жылы наурызда ұшырылып, он жылға жуық уақыт жұмыс істеді: осы уақыт ішінде астрономдар онымен 2600-ден астам экзопланетаны тапты (6.2-сурет). Мәселен, 2017 жылдың соңында ол Kepler -90 жұлдыздар



жүйесіндегі Кеплер 80g және Кеплер 90i ғаламшарларын Айдаһар шоқжұлдызында табу арқылы күн жүйесінің егіздерін табуға көмектесті.

Google AI компаниясының аға инженері, жобаны зерттеушілердің бірі, ашылған конференциялық қоңырау кезінде «Бұл шөп шабатын жерден ине табу сияқты», – деді Крис Шаллу [37].

2018 жылдың қазанында оның жанармай бағы бос болып, телескоп миссияны аяқтады. Алайда, Кеплер жаңа әлемдерге аң аулауды аяқтағаннан кейін, астрономдар Gaia телескопынан алынған мәліметтер мен ақпараттарды пайдаланып, тағы 104 экзопланетаны тауып алды.



*6.2-сурет. Kepler (NASA) телескопын көрсету*

Осы нәтижеге жету үшін зерттеушілер NASA деректерін қолдана отырып, алгоритмді оқыды. 15 мың сынақ сигналдарын зерттегеннен кейін, телескоп 96% жағдайда планеталарды дұрыс анықтай алды (6.3-сурет).



*6.3-сурет. JAXA / NASA роботы*

*ISS-тен алынған JAXA / NASA роботтары туралы репортаж*

Жапондық аэроғарыштық зерттеулер агенттігінде (JAXA) Int-Ball – қашықтықтан басқарылатын дрон әзірледі, ол камераға ғарыш станциясының бортында жүргізілетін эксперименттерді түсіреді және оларды Жерге жібереді.

Int-Ball барлық элементтері 3D-принтерде басып шығарылған, ол 12 пропеллер көмегімен қозғалады, ал XFC ішінде – желімделген қызғылт нүктелер-маркерлер бойынша бағдарланады.

Кішкентай көзді робот (салмағы Int-Ball тек 1 килограмм, диаметрі – 15 см) жердегі экипаж мен команданың жұмысын синхрондауды жеңілдетеді. Дрон астронавтардың бірнеше міндеттерін алып, олардың жұмыс көлемін 10%-ға азайтты. Болашақта Int-Ball өнімдер қорын бақылап, кемеңіз сынған бөлшектерін жояды деп жоспарлануда.

## **6.2. ЖИ аппараттарға қонуға көмектеседі**

ЖИ қолданатын заманауи әзірлемелер біртіндеп бағдарламалық қамтамасыз ету мен техниканы автономды, өзін-өзі үйренуге қабілетті етеді. Бұл саладағы ең күтілетін әзірлемелер – орбитаға қатысты жолды дербес түзете алатын, автопилотпен жұмыс істейтін және ғарыш станциясына қонатын кемелер.



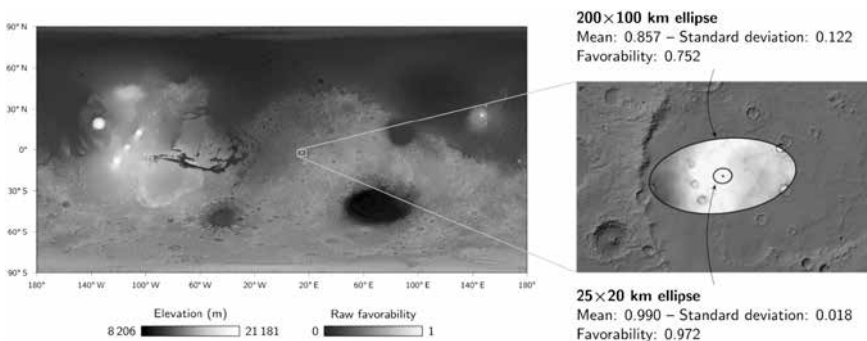
*6.4-сурет. ЖИ NASA-ға планетааралық қону модулінің тұжырымдамаларын жасауға көмектесуде*

Отырғызу үшін учаскені таңдау күрделі және көп өлшемді міндет болып табылады: зерттеушілерге сайт қызықты болуы үшін беті салыстырмалы түрде тегіс, жарықтандырылған болуы керек (егер құрылғы күн батареяларымен жұмыс істесе). Сонымен қатар, бұл жағдайлар жеткілікті үлкен аймақта сақталуы керек – егер зонд дәл белгіленген жерде емес, бірақ оның жанында орналасса. Бұл жағдайда шешімдер бірнеше көздерден жиналған планетаның бетіндегі толық емес және гетерогенді мәліметтер негізінде қабылдануы керек.

Бұл мәселені шешу үшін ғалымдар марсиандық миссия үшін қолайлы қону алаңын таңдайтын ЖИ негізіндегі жүйені ойлап тапты. Даму мыналарға негізделген: технология бұлыңғыр логика теориясына негізделген. Қарапайым логикадан айырмашылығы, мәлімдемелер шынайы және жалған ғана болуы мүмкін. Анық емес логика «тұжырым осындай және осындай ықтималдылыққа қатысты» немесе «мәлімдеме осындай және осындай өлшемде дұрыс» сияқты ұғымдарды қолданады.

Марстың әр түрлі нүктелеріндегі топография, ауа, топырақ құрамы және басқа жағдайлар туралы мәліметтерді қолдана отырып, жүйе автоматты түрде роверге қону үшін қолайлы орынды таңдайды. Бағдарлама осылай жұмыс істейді: Марстың бетін кішігірім бөліктерге бөледі, барлығына 0-ден 1-ге дейінгі санды тағайындайды (0 – қонуға жарамсыз, 1 – қонуға жарамды), жағымды жерлерді бірге топтастырады және астрономдарға ұсынады.

Теорияда бағдарлама кері бағытта да жұмыс істей алады: белгілі бір ландшафтты зерттеу үшін дұрыс марсоход таңдау. Жоба авторлары жақында мұндай алгоритмдерді шұғыл жағдайларда ғана жермен байланысатын автономды марсоходтар құру үшін пайдалануға болады деп үміттенеді. Бұл жаңа планеталарды зерттеу әлдеқайда тиімді және жылдам болар еді.



6.5-сурет. Қолайлы локацияны іздеу

NASA инженері Хироның айтуынша, ол автономды ғарыш кемелері әзірлеу сатысында: Еуропа, Юпитердің спутниктерінің бірі ғалымдардың келесі тағайындау пункті болуы мүмкін.

#### *Радиацияны қадағалау*

Ғарыш экипаждары мүшелерінің денсаулығы үшін үлкен қауіп радиоактивті сәулелену болып табылады. Ұшу кезінде ғарышкерлер бірден иондаушы сәулеленудің екі түрімен: күн жарқылдарымен және ғарыш сәулелерімен бетпе-бет келеді. Мұндай сәулелердің ұзақ әсері ДНҚ тізбегін бұзады. Ағза үзілулерді калпына келтіруге қабілетті, бірақ «жөндеу» кезінде мутацияға әкелетін қателер жиі кездеседі.

Бүкіл әлемнің ғалымдары ұшу кезінде ғарышкерлер денсаулығының тұрақты мониторингі үшін ЖИ саласында бірлескен зерттеулер жүргізеді. Экипаж мүшелерінің жай-күйіндегі ең аз өзгерістерді қадағалауға қабілетті технологияның пайда болуы уақытылы шаралар қабылдауға және ауыр зардаптарды болдырмауға мүмкіндік береді.

### **6.3. ЖИ ғарышкерлерді құтқарады**

Ғарышқа ұшу – бұл физикалық тұрғыдан ғана емес, адам үшін үлкен стресс. Отбасымен ұзақ айлар, көбінесе олармен байланысу мүмкін емес, тіпті ең тәжірибелі де білімді адамдар үшін қиын сынақ болып табылады. Ғалымдар бұл жаңа технологиялар көмектеседі деп үміттенеді SIMON (Интерактивті мобильді топтық жерсерік) – авиациялық және космонавтика неміс орталығы неміс орталығының алғашқы көмекшісі. Airbus және IBM экипаж мүшелеріне ұзақ ұшуды жеңілдету үшін виртуалды көмекшіні ойлап тапты [37].

Футбол добына ұқсас Робот бірнеше бейнекамералармен, микрофондармен, сенсорлармен және процессорлармен жабдықталған: олардың көмегімен ол ғарышкерлермен араласады. Он екі орнатылған желдеткіш оған барлық бағыттарда ұшуға, «басымен» соғуға және шайқауға мүмкіндік береді.

Кемедегі немесе ғарыш станциясындағы SIMON-ның негізгі қызметі – күрделі тапсырмаларды орындау немесе кемеңің бөлшектерін жөндеу туралы нұсқаулар беру (ақпаратты жылдам іздеп, ұйымдастыра алады). Бірақ SIMON жай көмекші ғана емес, сонымен қатар оның әлеуметтік рөлі бар: ұзақ ұшулар кезінде ғарышкерлермен байланыс орнату. Сондықтан әзірлеушілер бетті тану функциясын және экранда кең күлімсіреу түрінде «адам» элементін қосты (6.6-сурет).



*6.6-сурет. Команданың Интерактивті Мобильді Спутнигі*

Бұл саладағы зерттеулер Ресейде де жүргізіледі. Перспективалы зерттеулер қоры мен «Андроид техникасы» ҰЕҰ әзірлеген алғашқы адам тәрізді робот-құтқарушы Федор (FEDOR – Final Experimental Demonstration Object Research) 2021 жылы экипаж мүшесі болуы мүмкін. Робот автомобильді жүргізе алады, кедергілер жолағын еңсере алады, құрылыс құралдарын пайдалана алады, жергілікті жерде бағдарлай алады және салмағы 20 кг дейін жүкті көтере алады.

Робот автокөлік жүргізуді, кедергілерді жеңуді, құрылыс құралдарын қолдануды, рельефті шарлауды және жүктерді 20 кг-ға дейін көтеруді біледі. Қазіргі уақытта бұл барлық төрт бағытта жүре алатын жалғыз антропоморфты робот.

Сыртқы әлеммен өзара әрекеттесу үшін Федор екі камераны, жылу түсіргішті, микрофонды, GPS пен бірнеше ондаған лазерді қолданады: бұл жабдық оған қоршаған ортаның үш өлшемді диаграммасын құруға және тапсырмаларды дәл орындауға мүмкіндік береді. Федордың төрт жұмыс режимі бар: автономды, супервайзер, көшіру және аралас.

Оның тағы бір ерекшелігі - кері күшті моментті немесе сенсорлық байланыс жүйелері. Оператор арнайы костюм көмегімен роботты басқарады, ал робот ақпаратты костюм арқылы операторға кері жібереді. Осылайша, мысалы, басқарушы Федор қаншалықты ауыр жүкті көтеретінін сезінуі мүмкін. 2018 жылдың қыркүйегінде Федорды Роскосмосқа тапсырды, онда оны «Федерация» ғарыш кемесінде ұшуға дайындайды.

Соңғы бірнеше жылда ғарышқа ұшу оңай және қауіпсіз болды, бірақ ғарыштық инженерия саласында көптеген шешілмеген міндеттер қалып

отыр. Автопилотацияланатын кемелер, әлеуметтік роботтар және жасанды интеллект саласындағы басқа да әзірлемелер басқа планеталарды жақын және қолжетімді ете отырып, осы мәселелерді шешуге көмектесе алады.

#### **6.4. Ғарыш деректерін өңдеудегі жасанды интеллект**

Жасанды интеллект жер бетіндегі өмірді жеңілдету үшін құрылған болса, неге оның көмегімен оның тыс объектілерді іздеп емес еді? Сондықтан жерді ғарышты зерттеу үшін пайдалану өте қиынды. Бүгінде NASA мен Google сияқты көптеген компаниялар жаңа аспан денелерін іздеу және басқа планеталарда өмір сүру үшін AI-ді енгізді.

Қазір астрономдардың телескоптарда түнгі отырудың қажеті жоқ – аппараттар өздері аспанды бақылауға және оның суреттерін жасауға қабілетті. Дегенмен, ғалымдармен жұмыс істеу оңай болған жоқ.

Зерттеу техникасы бірнеше сәтті кадрларды емес, мыңдаған терабайттарды береді: мысалы, Чилидегі бір телескоп әр түні ғарыштың 15 Тб суретін береді. Мұндай ақпарат көлемін өңдеуге, егер ол адамның күшінде болса, жылдар кетуі мүмкін.

Мәселе телескопта алыс жарық көздерінің пішіндерін бақылау кезінде бұрмаланады. Суреттерді талдау және суреттегі не екенін түсіну үшін – астероид, экзопланета немесе тұтас галактика, – көп уақыт қажет.

Үлкен деректерді талдау жасанды интеллект үшін қиындық тудырады. Оның арқасында Стэнфорд пен SLAC ұлттық жедел зертханасының американдық ғалымдары ғарышта жаңа нысандарды іздеу уақытын бір айдан бірнеше секундқа дейін қысқартты.

Ғалымдар тобы ғарыш объектілерінің жарты миллион бейнелерінің нейрондық желісін көрсетті – және ол суреттерді зерттеудің дәстүрлі әдістерімен салыстыруға болатын дәлдікпен талдады.

«Нейрондық желілер өздері қандай ерекшеліктерді іздейді» – дейді жоба жетекшісі Фил Маршалл. – «Бұл балалардың объектілерді тануды қалай үйренетініне ұқсайды. Сіз оларға ит не айтасыз, сіз жай ғана иттердің суретін көрсетесіз».

ЖИ фотосуреттердің сапасын жақсартуға алады және бұл да ғарышты зерттеуде пайдалы болды.

Осылайша, швейцариялық астроном Кевин Шавински және оның астрофизиктер командасы телескоптардан алынған шайылған суреттердің рұқсатын арттыру үшін ЖИ пайдаланады. Зерттеушілер кейбір галактикалардың суреттерінің сапасын арнайы төмендетті, фотосуретке шу мен ширығуды қосты, содан кейін оларды түпнұсқалық суреттермен бірге жасанды интеллект арқылы өткізіп жіберді. Нәтижесінде нейрожелі суреттерін шудан тазартуды үйренді.

Шавинскидің жұмыс нәтижелері таң қалдырады, бірақ астрон әлі де жобаға мұқият қарайды.

«Ақыр соңында, бұл ғылымның негізгі принциптеріне қайшы келеді: Біз әлемді біле аламыз, тек оны жеке бақылай аламыз», – дейді Кевин. Сондықтан, әзірге нейросеть жұмыс нәтижесін тексеруге болатын аймақтарда ғана қолданылады.

### *Жаңа ғарыш объектілерін іздеу*

Google қызметкерлері NASA Kepler ғарыштық обсерваториясы арқылы орбитадан фото жинауды аяқтағанын білді. Төрт жылдық миссия бойы аппарат әр жарты сағат сайын фото жасады – мұндай деректер көлемін қолмен өңдеу мүмкін болмады. Крис зерттеушілерге Google II әзірленген көмегімен жұмысты аяқтауға көмектесуді шешті.

Шалье айтқандай, Kepler деректер жинағы екі апта жүктелді, нәтижесінде олардың барлығы да компьютерде орналаспаған. Эндрю Вандербергпен, Астрофизикпен және Остиндегі Техас университетінің докторантымен бірге Крис тоғыз айға жуық жобамен айналысты.

Энтузиастар NASA-ның 15000 деректер нүктесін нейрондық желі құру үшін пайдаланып, нәтижесінде планета бар екенін көрсететін жарық үлгілерін тануды үйренді.

Кейбір үлгілерді ғалымдар байқаған жоқ. Осылайша Күнге ұқсас планетарлық жүйеде орналасқан Kepler-90 және Kepler-90i экзопланеталарын табуға болады.

## **6.5. Ғарыш техникасын жетілдіру**

Тіпті автокөлікті басқару кейде қиын – тіпті ешкім көрмеген Марста қолшатырлар туралы айту қиын. Екінші жағынан, техника құмды дауылға түскен және содан бері байланысқа шықпайтын Opportunity марсоходымен болған іс-қимылға басшылықты күтпеуі мүмкін.

Осы жағдайдан кейін NASA өзінің екінші ровері Curiosity бағдарламалық жасақтамасын жаңартып, оның бортында орнатылған ChemCam камерасында бақылау және талдау үшін мақсаттарды өз бетінше таңдауға мүмкіндік береді.

Марсоход көп дербестік алған кезде-жұмыс тиімдірек болды. Енді ғылым үшін әлдеқайда қызықты ақпарат жинау үшін, жерге нұсқауларды күту орнына Curiosity өзі зерттеу үшін маңызды мақсаттарды таңдайды.

NASA-да атап өткендей, бұл зерттеу техникасына интеллектті енгізудің алғашқы қадамы. 2020 жылы Марста іске қосылатын жаңа марсоход өз ресурстарын ескере отырып, ғылыми ақпаратты жинау

процесін автоматты түрде түзететін болады: осылайша ровер жермен байланысты жоғалтпай, энергия мөлшерін біркелкі таратады [39].

Ақылды роверс Қызыл ғаламшарды зерттейтін болса, нейрондық желі ғарыштағы ғарышкерлерге көмектеседі.

2018 жылдың шілдесінде IBM және Airbus жасаған SIMON жасанды интеллект роботы Халықаралық ғарыш станциясына (XFC) жіберілді. Ғарышта ауырлық болмауына байланысты кез-келген манипуляцияларды орындау өте қиын. SIMON-ның ыңғайлылығы мынада, ол дауыстық басқарумен жұмыс істейді: экипаж мүшелері роботтан қажетті техникалық деректерді, диаграммаларды, нұсқаулықтарды көрсетуді сұрай алады, бұл астронавттарды негізгі жұмысынан алшақтатпайды.

Қазірдің өзінде жасанды интеллект ғарышты ешкім білмейтін аудандарды зерттеп жатыр. Бұл феноменальды ашылуларға әкеледі – мүмкін ғалымдар жақын арада адамдар болашақта қозғалатын планета таба алады. Бірақ ЖИ ғаламның пайда болу құпияларын шеше ала ма? Мұны әлі ешкім білмейді.

#### *Жасанды интеллект ғарыштан тыс жердегі өркениетті іздейді*

Свинберн технологиялық университетінің бір топ жас зерттеушілері жасанды интеллектпен интеграцияланған бағдарлама құруды жариялады. Пайдаланылған робот ғарышта жылдам жыпылықтайды, бұл жер үсті тіршіліктің бар екенін көрсетуі мүмкін. Алғаш рет, ешқандай сипаттама мен түсініктеме бере алмайтын оғаш жыпылықтар 2018 жылдың қазан айында Австралияда орнатылған радио-телескоппен жазылды.

Ғалымдар оларды радио жарқылдары деп атады және бүгінгі күнге дейін олардың пайда болу құпиясын шеше алмай отыр. Университеттің аспиранты Джеймс Свинберн осындай радио жарқылдарын түсіре алатын жасанды интеллекті бар автоматтандырылған жүйені жасады. Ғарыштан шыққан радио толқындар Жерге миллиардтаған жарық жылдарында келеді.

Олар тек миллисекундтың бір бөлігін ғана ұстай алады және олардың мақсаты неде – астрономдар үшін жұмбақ. Ваэль Фарах бұл ауруларды нақты уақытта анықтаған алғашқы ғалым болды, ол оларды арнайы жүйеге енгізіп, осындай бес құбылысты тіркеп үлгерді. Бірақ бұл жарықтың ұсақ бөлшектерін анықтау қиын.

Ғалымдар телескоптың Жерге орнатылған сигналдың Ғаламды миллиардтаған жылдар бойына «жүріп өткенін» жоққа шығармайды, бұл телескопқа түскен миллисекундтардағы қалдықтардан гөрі күшті және күрделі құрылымға ие.

Жасанды интеллектті қолдану басқа шығу тегі радио толқындарын жер бетіндегі өркениеттер жіберген болуы мүмкін. Олар уақыт пен жиілік



бойынша бұрын қол жетімді емес жоғары ажыратымдылыққа ие. Нейрондық желі гравитациялық линзаның эффектiсiн қолдана отырып, радио телескоптарымен түсiрiлген Ғаламның суреттерiнен керемет жылдам ақпарат алуға қабiлеттi, деп хабарлайды Engadget.

Гравитациялық линзалар – бұл ғарыш объектiлерiне әсер ету. Оның мәнi мынада: бақылаушы ғарышта бiр-бiрiнен алыс ғарыш объектiсi арқылы басқа ғарыш объектiсi арқылы қараған кезде алыстағы жарық көзiнiң нысаны бұрмаланады. Бұл ғалымдарға экзопланетаны ашуға, галактикалар эволюциясын түсiнуге көмектескен пайдалы құбылыс. Гравитациялық объективке жататын суреттердi талдау өте ұзақ уақытты қажет етедi, бұл зерттеушiлерден нақты суреттердi модельделген бейнелермен салыстыруды талап етедi. Бiр суреттi талдау бiрнеше аптаға, тiптi айларға созылуы мүмкiн.

Стэнфорд пен SLAC ұлттық үдеткiш зертханасының американдық ғалымдары бұл уақытты бiрнеше секундқа қысқартудың әдiсiн тапты. Зерттеу тобы ғарыш объектiлерiнiң имитациясы бар жарты миллиондық нейрондық желi көрсеттi. ЖИ суреттердi дәстүрлi әдiстермен салыстыруға болатын дәлдiкпен талдай алды.

Жаңа телескоптардың пайда болуымен объективтiлiктiң көбiрек мысалдары пайда болады және барлық деректердi талдау үшiн тезiрек талдау қажет болады. Ең бастысы, мұндай талдау үшiн астрономға қашықтағы серверде ЖИ-пен байланысу үшiн тек ноутбук немесе ұялы телефон қажет болады.

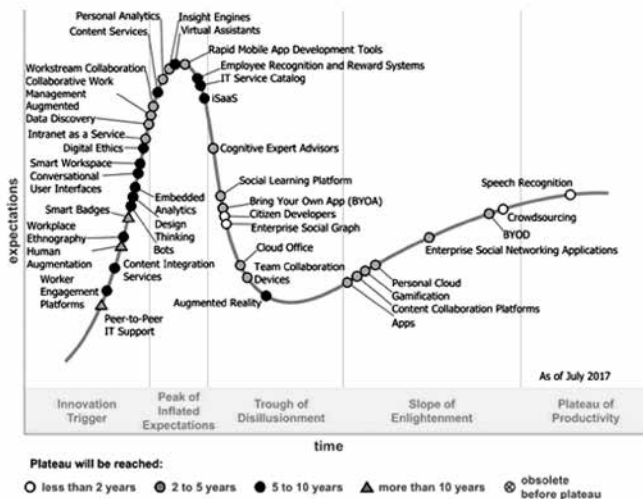
ЖИ ғарыштан түсiрiлген суреттер бойынша құл еңбегiнiң орнын iздестiрудi үйретедi. Жаңа краудсорсинг жобасы Оңтүстiк Азиядағы кiрпiштi күйдiруге арналған пештердi – мәжбүрлi еңбек орындарын сәйкестендiруге және жасанды интеллект бұған үйретуге бағытталған.

Gartner зерттеу компаниясы жыл сайын хайп циклдары туралы (Hype Cycle) баяндама жариялайды. 2017 жылы сарапшылар жасанды интеллект, 5G, терең оқыту және перифериялық есептеулер қосты. Сонымен қатар рейтингтен виртуалды көмекшiлер мен дербес аналитиканы алып тастады.

Gartner нұсқасы бойынша ең өзектi технологиялардың үштiгiне жасанды интеллект, иммерсивтi жүйелер және сандық платформалар кiрдi. Хайпа шыңында ЖИ облысында қазiр терең бiлiм бар. Amazon, Apple, Baidu, Google, IBM, Microsoft және Facebook АТ алыптары осы саладағы әзiрлемелерге үлкен ақша салады.

Сондай-ақ, сарапшылар алғаш рет DeepMind тәжiрибе жасап жатқан арматурамен тереңдетiлген бiлiмге қосылды. Сарапшылардың пiкiрiнше, 2018 жылға қарай терең бiлiм беру жүйелерi деректердi талдаушылардың 80% үшiн стандартты құралға айналады.

Рейтингтің күтілетін көшбасшысы сандық платформалар – интернет заттар негізіндегі ақылды үйге арналған жүйелер, оның ішінде Google ұсынған Amazon және Home колонкалары болды (6.7-сурет).



6.7-сурет. Amazon және Home Google Echo бағандары

Gartner сондай-ақ жаңа өнімдерге барынша әсер ететін технологияларды атады. Олардың ішінде блокчейн, перифериялық есептеу жүйелері, кванттық компьютерлер, нейроморфты чиптер және «сандық егіздері» бар. Сонымен бірге, виртуалды жеке көмекшілер мен қимылдық басқару жүйелері Нуре Сусле 2017-ге кірмеген.

Сондай-ақ, 2020 жылға қарай мобильді операторлардың 3% коммерциялық қолжетімді ететін 5G технологиясы да үлкен әсер етеді. 2018 жылдан бастап 2022 жылға дейін компаниялар IoT-коммуникация, жоғары ажыратымдылықтағы бейне стримингі және тіркелген сымсыз қатынау үшін 5G қолдана бастайды.

Жақын жылдары мейнстримге, сондай-ақ 4D-баспа технологиялары, робомобильдер, нейроинтерфейстер, кванттық компьютерлер, воллюметриялық 3D-дисплейлер, адам мүмкіндіктерін жетілдіру жүйелері және жүйеге біріктірілген ақылды шаң-микрoқұрылғылар жатады. Алайда, жаңа технологияларды енгізу бір мезгілде жүзеге асырылмайды. Мәселен, терең оқыту екі жыл ішінде, ал ұшқышсыздықтар, нейроинтерфейстер, воллюметриялық дисплейлер – 10 жыл бойы таратылады.

Кәсіпорындарға жаңа технологиялар пайда әкелуі мүмкін, бірақ бизнес иелері инновациялық өнімдердің кемшіліктері мен ерекшеліктерін ескеруі керек. Бұрын Гартнер AI-ді кеңінен және асығыс енгізумен туындауы мүмкін проблемалар туралы ескерткен.

*Жасанды интеллект радио сигналдарды табуға қалай көмектеседі*

Корольдік астрономиялық қоғамның ай сайынғы хабарламалары редакциясының мәліметінше, Мельбурндегі (Австралия) Свинберн технологиялық университетінің қызметкерлерінің бірі «жылдам радиациялық жарылыстарды» (ЖРЖ) тани алатын машиналық оқыту жүйесін ойлап тапты. Бұл сигналдар күрделі, жұмбақ құрылымдарға ие және олар тек миллисекундтардың бір бөлігінде ғана шығарылады [40].

Molonglo телескопты басқара отырып, ЖИ жүйесі жылдам радиосплексілерді анықтай алмады, сонымен қатар одан әрі талдау үшін олардың сигналдарын толығырақ жазып алды. ЖИ пайдалана отырып, зерттеушілер осындай 59-дан 157-ге дейін сигналдарды анықтай алды, бұл бұрынғыдан әлдеқайда көп.

Жылдам радио жарылыстарын зерттеу өте қызықты, себебі олардың ерекше құрылғысынан басқа, олар ешқашан қайталанбайды. Яғни, сіз жай ғана бір нүктеге «бейімделіп», оны үнемі «тыңдай» алмайсыз. Бұрын біз осы радиосигналдар туралы көбірек ақпарат алу үшін рентген, оптикалық және басқа телескоптарды қолданатынбыз, бірақ оларда көбінесе жазу режиміне өтуге уақыт болмады, көптеген сигналдар жоғалды. Енді, жасанды интеллекттің арқасында біз телескоптарды жылдам жазба режиміне ауыстыра аламыз, жылдам радио сигналдардың көп санын жазып аламыз, сондықтан олар туралы көбірек білуге болады.

Ғалымдардың сөздерінде ақиқаттың үлесі бар екеніне қарамастан, әлі күнге дейін «жасанды интеллект» термині – бұл қандай да бір ақылды машина емес, тек үлкен деректер массивімен жұмыс істеуге арналған бағдарламалар жиынтығы. Бұл бағдарламалар алгоритмдер негізінде жұмыс істейді (кейде өте күрделі), бірақ біз ойлауды атаймыз. Сондықтан бұл жағдайда біз кіріс ақпаратты талдау үшін тек ілгері нұсқаға ие және одан да көп емес.

## ҚОРЫТЫНДЫ

Жасанды интеллект – интеллектуалды жүйелердің шығармашылық функцияларды орындау қасиеті, бұл дәстүрлі түрде адамның прерогативасы болып саналады, бұл құралдар жүйесі, тіпті өте тар және күрделі есептерді шешетін математикалық алгоритмдер жиынтығы деп айтуға болады. Пилотсыз көлік А нүктесінен В нүктесіне дейін жүре алады, бірақ 6 санын 7-ге көбейту туралы сұраққа жауап бере алмайды. Біз осы сұраққа жауап беретін тағы бір құралды қоя аламыз, бірақ олар бір-бірімен байланысты болмайды. Сондықтан ұшқыштың орнына ұшақта ұшатын роботты жасауға болады. Бірақ бұл екі түрлі робот болады және оларды басқаратын жалпы робот жоқ – адам мұны әлдеқайда тиімді жасайды. Мақсаттарды анықтау, не істеу керек екенін түсіну қажет күрделі есептерде жасанды интеллект адамға шексіз ұтылады. Ия, бәлкім, робот миналарды саперден гөрі жақсы қазып шығар, ол сәтсіз қазып алса, шынымен де өкінбейді. Ұшақтарда, мүмкін, олар ұшатын, дәлірек ататын болады.

Жасанды интеллект – (artificial intelligence) – компьютерлік жүйелердің адам ақыл-ойының жеке функцияларын қабылдауға қабілеттілігі, мысалы, алдыңғы тәжірибе мен сыртқы әсерлерді ұтымды талдау негізінде алынған оңтайлы шешімдерді таңдау және қабылдау.

Бұл анықтамада білім термині тек миға сезім мүшелері арқылы енетін ақпаратты ғана білдірмейді. Бұл білім түрі өте маңызды, бірақ зияткерлік белсенділік үшін жеткіліксіз. Біздің қоршаған орта объектілері сезімге әсер етіп қана қоймай, сонымен бірге бір-бірімен белгілі бір қатынастарда болатын қасиетке ие. Қоршаған ортада интеллектуалды белсенділікті жүзеге асыру үшін (немесе тіпті бар болса да) білім жүйесінде осы әлемнің моделі болу керек екені түсінікті. Қоршаған ортаның осы ақпараттық моделінде нақты объектілер, олардың қасиеттері мен олардың арасындағы қатынастар тек бейнеленбейді және есте сақталады, бірақ ақыл-ойдың осы анықтамасында айтылғандай, ақыл-ойды мақсатты түрде өзгертуге болады.

Осылайша, жасанды интеллект – компьютерлік жүйенің белгілі бір күрделілік класының міндеттерін шешу және осы міндеттерді біздің өміріміздің барлық салаларында шешу үшін өзін-өзі оқыту барысында бағдарламаны (бірінші кезекте эвристикалық) жасау қабілеті.

«Цифрлық Қазақстан» мемлекеттік бағдарламасы шеңберінде халық шаруашылығының барлық салаларында өндірістік процестерді цифрландыру мен роботизациялауға көп көңіл бөлініп жатыр. Осы бағдарламаны іске асыруда ЖИ әдістері мен құралдарын дамыту маңызды рөл атқаруда.

## Өзін өзі бақылауға арналған сұрақтар

1. Жылдам радиовсплески» (FRB) танытын Машиналық оқыту жүйесін кім әзірледі?
2. Гравитациялық линзалау дегеніміз не
3. Планеталық жүйеде орналасқан Kepler-90 және Kepler-90i экзопланеттерін кім тапты?
4. NASA Frontier Development Lab зертханасын кім құрды?
5. Халықаралық ғарыш станциясынан репортаждар қандай робот жасады?
6. Int-Ball-қашықтан басқарылатын дрон қай жерде жасалды
7. ЖИ аппараттарға қонуға қалай көмектеседі?
8. Космонавттар иондаушы сәулеленудің қандай түрлеріне тап болады?
9. Германдық авиация және космонавтика орталығының тапсырысы бойынша қандай құрылғы жасалған?
10. Ғарыштық деректерді өңдеуде ЖИ қолдану.
11. Астрофизиктердің қайсысы телескоптардан шайылған суреттердің рұқсатын арттыру үшін ЖИ пайдаланады?
12. Бірінші адам тәрізді робот-құтқарушы Федор кім әзірледі?
13. ЖІ жаңа ғарыш объектілерін қалай іздейді?
14. NASA Curiosity марсоходы қандай функцияларды орындайды?
15. Радио жарқылын тарта алатын жасанды интеллектісі бар автоматтандырылған жүйені кім жасады?



**ARTIFICIAL INTELLIGENCE:  
MODERN THEORY AND  
PRACTICE**

## Decoding of abbreviations

<b>AI</b>	– Artificial intelligence
<b>AAI</b>	– Association of artificial intelligence
<b>AAFS</b>	– Advance angle of the fuel supply
<b>AIS</b>	– Artificial intelligence system
<b>ALIAS</b>	– Aircrew Labor-in-Cockpit Automation System
<b>ARF</b>	– Acute renal failure
<b>ART</b>	– Automated Reasoning Tool
<b>ANN</b>	– Artificial neural network
<b>CS</b>	– Crankshaft speed
<b>CDC</b>	– Centers for Disease Control
<b>CS</b>	– computer science
<b>CUA</b>	– Common User Access
<b>DART</b>	– Dynamic Analysis and Re-planning
<b>DBMS</b>	– Data base management system
<b>DK</b>	– Declarative knowledge
<b>DM</b>	– Data Mining
<b>EMR</b>	– Electronic medical records
<b>ES</b>	– Expert system
<b>ETS</b>	– Expert training system
<b>HR</b>	– Human Resources
<b>GB</b>	– Gearbox
<b>FEDOR</b>	– Final Experimental Demonstration Object Research
<b>FPGA</b>	– Field ProgrammableGateArrays
<b>FRL</b>	– Frame representation language
<b>FDA</b>	– Food and Drug Administration
<b>ISS</b>	– International Space Station
<b>IMM</b>	– Intelligent mechatronic module
<b>IRMS</b>	– Intelligent Railway Management System
<b>IS</b>	– Information system
<b>JAXA</b>	– Japan Aerospace Exploration Agency
<b>KB</b>	– knowledge bases
<b>KBMS</b>	– knowledge base management system
<b>MNN</b>	– Multi-layer neural networks
<b>MMM</b>	– Mechatronic motion modules
<b>MS</b>	– mathematical software
<b>OCS</b>	– Optimal control system
<b>PK</b>	– Procedural knowledge
<b>SDM</b>	– Sample-driven module



- SQL** – Structured query language
- SVM** – Support Vector Machine
- TCS** – Tata Consultancy Services
- UCLA** – University of California at Los Angeles
- USA** – United states of America
- UAV** – unmanned aerial vehicles

## INTRODUCTION

The history of artificial intelligence (AI) begins long before our era. Aristotle was the first to try to determine the laws of “right thinking” or the processes of irrefutable reasoning. Attempts to create mechanical calculating devices in the Middle Ages greatly impressed contemporaries. The most famous car is Pascaline, built in 1642 by Blaise Pascal. Pascal wrote that «an arithmetic machine produces an effect that seems closer to thinking than any animal action.» The possibilities of the practical implementation of AI have appeared since the creation of electronic computers. At this time, a philosophical discussion began on the topic «Can a machine think?» The result of this discussion was a test proposed by Alan Turing in the 50s. XX century [1]. The test is as follows:

There are two teletypes (at that time there were no other terminal devices, now I would offer ICQ). One of the teletypes is connected to the car, the other to the apparatus, behind which the person is sitting. Several experts alternately engage in dialogue on each of the teletypes. If most experts cannot recognize the car in one of the interlocutors within five minutes, the Turing test is considered to have passed successfully. The Turing test played a role in the development of artificial intelligence, including criticism of the test itself. Here you can draw an analogy with aviation.

Good aircraft, according to the logic of the Turing test, should be considered those that are indistinguishable from birds to such an extent that even birds take them for their own. The development of aviation began when the designers stopped copying the birds, and started aerodynamics, materials science and the theory of strength. Robotics became an industry after it stopped copying human anatomy.

Similarly, the subjects of artificial intelligence gained the right to life after they stopped trying to build AI systems that think and act like people, and began to build systems that act and think rationally, i.e. achieving the best result.

The following are some examples of AI achievements used in practice [2]:

- Offline planning and scheduling. The Remote Agent program developed at NASA is used to comprehensively control the operation of spacecraft

far beyond the Earth's orbit, including Diagnostics and troubleshooting as they arise.

- Doing games. IBM's Deep Blue program was the first program to defeat a world chess champion.
- Autonomous control. Alvin's computer vision system has been trained to drive in a lane. For 2,850 miles, the system has been driving 98% of the time.
- Diagnostics. Medical diagnostic programs have managed to reach the level of an experienced doctor in several areas of medicine.
- Supply Planning. During the crisis in the Persian Gulf in 1991. The DART (Dynamic Analysis and Re-planning) system was deployed in the US Army, which provided automated delivery planning and scheduling of transportation, covering simultaneously up to 50,000 cars, people, and cargo. The developers of this system said that this application alone paid for their 30-year investment in artificial intelligence.

Thus, in practice, the range of capabilities of AI is almost endless: space research, military science, robotics, industry, agriculture, transport, medicine, education, etc. Within the framework of the state program «Digital Kazakhstan», much attention will be paid to digitalization and robotization of production processes in all sectors of the economy. An important place in the implementation of this program is the use of AI methods and tools.

# **Chapter 1. Practical use of AI**

## **1.1. The practical application of artificial intelligence in a digital economy**

The most important issues in the development of artificial intelligence have acquired in recent years, acting, along with the widespread adoption of the Internet, as a key factor in globalization and digitalization of the global economy. Today's level of development of computer technology allows numerous developments in the field of artificial intelligence to participate more actively in various economic projects, systems and spheres of life.

Obviously, states that are among the first to organically fit into the framework of new global information systems will receive not only significant advantages, but also a tangible impetus to further development.

Given this, it becomes clear the need to pay special attention to the problem of artificial intelligence, scientific research in this area and promising practical developments. Nevertheless, the participation of our country in numerous global projects related to the digital economy and concepts such as artificial intelligence, robotics, machine learning, virtual reality, the Internet of things and big data is currently very small. That is why it is necessary to revise national policies in this area, outlining priorities and increasing the effectiveness of both private and state developments carried out in these areas of activity at the theoretical and practical levels.

Naturally, this requires a clear understanding of the main trends that are currently developing in the global scientific community, the prospects for further development and the importance of participation in scientific and research work, including in the field of issues related to the problem of artificial intelligence.

Today, artificial intelligence (from the English. Artificial intelligence, for short – AI) refers primarily to software systems and algorithms, the main feature of which is the ability to solve certain problems in the same way as a person does.

New promising developments are regularly appearing, which is explained not only by the constant increase in the power and productivity of human-made computers, but also by the serious attention paid to work in this area by leading states and the largest corporations in the world. As a result, huge financial and human resources allocated to research and development in the field of artificial intelligence give serious theoretical and practical results [3].

The number of applied areas for the use of artificial intelligence and other developments in this area is extremely large. Many of them have been actively used for a long time, in practice proving their efficiency. Moreover, Gartner

research conducted in 2016-2017 allowed us to draw the following conclusion: by 2020, artificial intelligence technologies will be present to one degree or another in almost every computer program or service created.

AI is currently an important part of the processes taking place within the global digital economy. Therefore, it is advisable to consider just such a pragmatic application of this branch of scientific knowledge. It should be borne in mind that artificial intelligence with some degree of conventionality can be divided into two components: the physical embodiment in the form of various robots and the virtual implementation of AI, which consists in the development and active use of chat bots, pattern and speech recognition, content generation, and also the development of virtual assistants and expert systems.

The use of AI technologies in the development and subsequent operation of robots is deservedly considered one of the most obvious manifestations of the active introduction of the latest computer and information technologies related to artificial intelligence in human life. Moreover, today the development of robotics has a significant impact on the global economy, and in the coming years it will increase steadily.

For example, Bank of America specialists made a forecast that by 2020 the total market capitalization of artificial intelligence solutions will be \$ 153 billion. More than half of this amount, namely \$ 83 billion, will be spent in the field of robotics. The remaining \$ 70 billion will be in the field of virtual implementation of artificial intelligence. This distribution of financial resources clearly demonstrates the importance of robotics using AI technology.

Among other equally impressive forecasts made by leading financial market analysts working in Bank of America and Bank of England, we can distinguish the following [3]:

- within 10 years, only in the UK as a result of the development of robotics, the number of jobs will be reduced by about 15 million. This is an impressive figure when you consider that the entire population of the state is today just over 65 million people;
- in other words, the new industrial revolution taking place today, which is often called the «robot revolution», will affect every second working Briton in the coming years. The data for other advanced economies are as follows: in 2025, robots will displace about 7% of the total US population, in 2030 – 40% of the Canadian population, and in 2035 the number of jobs for Japanese citizens will be halved;
- since 2012, the growth rate of sales of robots is constantly increasing, amounting to 29% in 2014. As a result, while maintaining current trends, by 2025 the share of products manufactured by AI robots will be about 45% instead of the current 10%.

Analyzing the data obtained by American and British financial analysts, we can draw obvious conclusions that the rapid development of robotics using artificial intelligence technologies will lead to another jump in productivity.

According to experts, this indicator will grow by 30% in the whole world, accompanied by a decrease in labor costs in the range of 20-33%. Naturally, first of all, the so-called «disruptive innovations» will affect the most developed countries, which will lead to a technological restart of several important industries at once.

In this case, we are talking primarily about cutting costs for industry and medicine, which will amount to \$ 8-9 trillion over the next 7-8 years. The costs associated with employment will be reduced by a similar amount equal to \$ 9 trillion. Active implementation of autonomous cars («smart cars»), as well as drones or other unmanned aerial vehicles, will lead to additional savings of another \$ 1.9 trillion. The above figures are based on data obtained in 2014-2017 and clearly demonstrate the reality of the so-called «revolution of robots». Obviously, it is based on breakthrough developments and achievements in the field of artificial intelligence.

The most important growth points over the next 8-10 years include:

1. AI as the basis of the so-called «the internet of things» market. It is a concept of an information network of «things», i.e. physical objects equipped with built-in artificial intelligence technologies that allow them to effectively interact with each other.

2. Military and aviation industrial complexes. This segment of the robotics market is deservedly one of the fastest growing. This is achieved through two main areas – combat robots and military unmanned aerial vehicles. The civilian unmanned aerial vehicles (UAV) market is currently significantly inferior to the military segment in terms of volume, but also demonstrates high growth rates.

3. Autonomous transport. The part of smart machines which provide the possibility of connecting to the Internet and the active use of its resources, in the markets of developed countries by 2020 will amount to approximately 85-90% of the newly produced. By 2025, the number of personal vehicles using various degrees of autonomous control will exceed 10-12%. It is important to note that unmanned cars are one of the most striking manifestations of the symbiosis of several areas of AI improvement at once, including both the physical embodiment in the form of robotics and the Internet of things, and virtual, since approximately 30% of the cost of such cars is made up of software costs.

4. Industrial robots. The above examples have already been given that clearly demonstrate the scale of the «robot revolution» taking place today. The industrial application of these devices with elements of artificial intelligence is

one of the most traditional applications of developments in this field of science. Among the leaders are two countries - the United States and Japan that actively introduce industrial robots in real production.

5. Medicine. Sales of personal robots involved in healthcare are growing at the fastest pace. In particular, in 2014 a little more than 1.2 thousand of such devices were sold, and during the next two years – almost 5 thousand, which is twice as much on an annualized basis. The market segment is particularly actively developing, concerning robots-nurse, which is due to the two most significant reasons. Firstly, the gradual aging of the population in the most developed countries. And secondly, the shortage of workers who are able and willing to care for the elderly or sick people.

6. Household robots. Another rapidly growing market direction, directly related to the Internet of things and artificial intelligence. In 2017, more than 10 million home robots were sold, involving AI technologies. The list of such equipment is extremely extensive and includes vacuum cleaners, lawn mowers, etc. In the last 2-3 years, systems such as «Smart Home» have become especially popular, combining not only household appliances in the apartment, but also utility networks. As a result, artificial intelligence begins to more actively control people's lives, doing this for almost 24 hours.

7. Agricultural robots. According to experts, the number of agricultural robots sold in 2020 will exceed 16.3 billion units of equipment. Almost half of this market segment, i.e. about 47% are unmanned aerial vehicles. The indicated growth rates clearly demonstrate how developed countries solve the problem of high labor intensity characteristic of agricultural production.

Concluding the theme of the physical embodiment of AI using robots and other similar technical and technological objects, it should be noted that it is necessarily accompanied by the development of a large number of necessary software. That is why a significant part of experts believe that virtual artificial intelligence is the most obvious manifestation of this concept in practice.

One of the most important areas of using artificial intelligence technologies is antifraud. This relatively new term refers to a set of measures directed against fraud, which means any intentional actions or omissions against a private individual or company with the aim of causing any damage, for example, financial or reputational [4].

The need for the active development of a variety of protection systems, which are called «antifraud», using the most progressive and effective artificial intelligence algorithms, is due to such an important feature of the modern digital economy as the serious scale of fraud. The widespread use of computer technology opens up a lot of new opportunities for scammers of various levels. According to the estimates of reputable consulting agencies, the volume of losses of the world economy from fraud will amount to \$ 2 trillion in 2020.

The logical consequence of this forecast is the expenditure of serious financial resources on developments in the field of antifraud, the vast majority of which are based on the application of various aspects of artificial intelligence.

Naturally, the main attention is paid to ensuring that activities carried out against potential fraudsters do not interfere with the comfort of customers and, as a result, the successful conduct of business.

A significant part of the operations accompanying the activities of state authorities of all levels and the work of most commercial structures can be automated quickly and with a high level of efficiency by developing special algorithms.

The existing computer capacities and developments in the field of artificial intelligence make it possible to do this without problems. As a result, the volume of paper workflow decreases every year, there is a transition to working with computer media and traditional archives are being replaced with modern databases.

A good example of this type of use of the capabilities of artificial intelligence in the modern digital economy is the IT program implemented in the Republic since 2011 under the name «Electronic Government». Its main task was the translation by 2020 of 70% of all services provided to the population by various state bodies from paper to electronic format.

The difficult fate of most of the planned activities and the serious difficulties that its developers have encountered at various stages of the software implementation, clearly demonstrate that the implementation of such serious and large-scale projects without the active and, most importantly, efficient use of algorithms and artificial intelligence technologies is impossible.

Among the most characteristic features of the digital economy, most experts unconditionally classify the appearance of various cryptocurrencies and the rapid growth in the turnover of virtual money. The basis of any cryptocurrency is blockchain technology, which is a decentralized system for the distribution and storage of information in the form of databases. The main advantages of the blockchain are a high level of security of the collected information, which is combined with the ability to quickly make changes and at the same time guarantee the accuracy of the data provided to users.

The presence of the indicated advantages of the blockchain makes this technology popular for almost all researchers and scientists working in the field of artificial intelligence. According to most experts, blockchain, artificial intelligence and the Internet of things for the foreseeable future will practically merge into one technology, which is one of the most effective and rapidly developing areas in modern science, both theoretical and applied [4].



Speaking about artificial intelligence, one cannot but touch upon such a promising direction as neural network technologies. To date, one of the most used are neural networks such as a multilayer perceptron [5]. Their main advantage is the ability to solve algorithmically insoluble problems. During training, a neural network, due to its internal structure, reveals patterns in relation to input and output images, thereby «summarizing» the experience gained in the training sample.

Methods of neural networks are widely used in various fields and spheres, from basic research to the tasks of data mining, forecasting, risk management, automatic rating and reading of checks, bank card transaction security, engineering applications, etc. Let us consider a specific example of solving the problem using the STATISTICA Neural Networks system, which corresponds to modern technologies and shows the best performance characteristics among the neural network packages presented on the software market.

Every year, forest fires cause serious damage to the economies of many countries. However, the number of fires in the dynamics is changing, and therefore, the amount of damage arising is changing. Our task is to create a model for predicting possible losses for a certain period. As an example, we give the statistics of damage from fires in the Penza region for 11 years (2005-2016), analyze the data and make a forecast for 2017, comparing it with the actual value at the output. Obviously, the predicted values practically coincide with the initial ones. This means that the considered models are suitable for further work and from them it is possible to predict losses from forest fires.

This example illustrates the importance of using the capabilities of neural technologies to predict natural phenomena and their negative impact on the economy. It is safe to say that the use of artificial intelligence systems opens up wide frontiers for the development of modern technologies and in the near future will qualitatively transform practically all spheres of our life.

The main reason for the increasing interest in the concept of «artificial intelligence», as well as the practical areas of application of the algorithms using it, was the rapid growth in the performance of modern computers and the quality of information technologies involved in their work. As a result, various algorithms involving the use of AI are actively used in various fields of science, industry, and other types of human civilization activities.

Wherein, the manifestations of artificial intelligence can be somewhat conventionally divided into physical embodiment in the form of various robots and the virtual component of AI, which is essentially software. Both directions of the development of artificial intelligence are an important part of the emerging digital economy [4].

Moreover, the vast majority of both theoretical developments and practical applications of AI show such a high level of efficiency that they provide both

further priority financing of such projects and a rapid increase in their share in the global market. Ultimately, only those participants in the global digital economy who are actively and efficiently developing various areas of the use of AI for theoretical and practical purposes will be competitive in modern conditions.

## **1.2. Artificial Intelligence Today: Neural Networks and Machine Learning**

AI technology can be implemented in different ways. One way is neural networks. The neural network is built on the same principle as the nerve networks in a living organism. In the body, nerve cells - neurons, are connected to the network, they form the nervous system. And in an artificial neural network simple processors are used – computing elements that connect and interact in the same way.

Unlike conventional algorithms, neural networks are capable of learning from experience. Neural networks analyze and identify the relationship between data at the input and output, summarize the data and formulate solutions to problems. In order for neural networks to function in this way, machine learning methods are used. Moreover, in the case of neural networks, such training requires a lot of computing resources.

What you can teach a neural network depends on the input. The more data, the better training will be. You can teach a neural network to distinguish some objects from others, to compare and predict. Learning a neural network is like teaching a child when they are shown a picture and they say, «This is a cat.» In the case of neural networks, they get a lot of such pictures with explanatory labels and learn to recognize individual elements that can then be combined. The input image enters a certain filtering system. Filters in it are different in size and complexity of elements that can be recognized – each has its own set of features. The image is repeatedly filtered in this system. When many elements are recognized, the neural network makes a prediction: with such probability this object is a person.

So there were neural networks that predict the stock price for tomorrow, recognize hand-written index numbers on a mailing envelope and identify a diseased organ in the picture. For their training, we used numerical data on exchange rates and images of written numbers, patients and healthy organs.

The problem was that neural networks often made mistakes because it was difficult to collect really large data samples for training. In 2010, the ImageNet image database appeared with 15 million images in 22 thousand categories. Access was open: data could be used by any researcher. As a result, it became

possible to qualitatively train AI. Neural networks have become more developed, affordable and integrate firmly into everyday life [5].

*The artificial intelligence that we face in daily life.*

Voice assistants Siri, Google Assistant and Alice, algorithms for recommendations on websites – for example, Brain, which uses Youtube to recommend videos or a block with recommended products on Amazon, chat bots – all of them are developed on the basis of AI technologies.

PayPal uses machine learning to help neural networks find suspicious transactions. This allows the company to reduce the incidence of fraud. For example, the Russian application Prisma uses neural networks to process photos.

NVIDIA engineer Robert Bond developed an algorithm that included garden water sprinklers when neighboring cats wandered in and spoiled his garden. To determine that it was a cat, he used a system based on the Caffe neural network: it detected cats by video from cameras. When the camera recorded a change in the situation, it took 7 photos. The neural network analyzed the photos: if there was a cat in the pictures, then the network included sprinklers [5].

In Russia, neural networks have written 2 music albums that can be heard on Yandex.Music. One is based on songs of band «Grazhdanskaya Oborona» (the performer is «Neyronnaya oborona» («Neural Defense»)), and the another is based on Nirvana (performer «Neurona»).

Neural networks are used in medicine, finance and commerce, industry and ensuring order and security, wherever large volumes of data need to be processed, systematized and predicted. In medicine, neural networks are trained to recognize tumors, damage to tissues and organs after injuries, to predict possible complications and the course of the disease. This is not easy: there is no sufficiently large medical database, but you need to achieve high accuracy. After all, if a neural network confuses a cat with a dog, then this is not so scary. But if a healthy body with a sick - it will be bad.

At a professional conference of developers of high-load systems HighLoad++, there was a report on the non-standard use of neural networks to predict poverty levels. The poverty rate in Africa is so high that it is not possible to simply collect and analyze this data. The latest data was collected in 2005. Scientists at Stanford University first trained the neural network using the ImageNet image database so that it could recognize settlements. Then they collected many satellite images of Africa during the day and night and uploaded them to the neural network. The neural network assessed whether the population has money to light their homes at night, and made a forecast of their poverty level. The forecast was then compared with real data for 2005 – the neural network made a fairly accurate forecast.

*Why neural networks are waiting for a new round of development.*

There are more computing capacities, as well as images and other databases for training neural networks. In addition, it turned out that neural networks are capable of greater efficiency. When Stanford scientists trained the neural network to predict poverty in Africa, they uploaded data on the roofs of settlements.

But the neural network independently learned to recognize water, forests, roads and other objects – without pre-loaded databases and teacher intervention.

In May 2017, Google Brain developers introduced the AutoML project, which independently designs machine learning models. This is the AI that analyzed the existing neural networks, identified the effective sides and created another neural network without human intervention – NASNet. NASNet showed a prediction accuracy of 82.7% on the image test set. This figure is higher than that of all earlier neural networks with image recognition.

In addition, the authors discovered the source code of the neural network. Perhaps this will a push to the development of AI.

The development of AI will inevitably affect the labor market. But this should not be surprising, because in fact it is like upgrading and automation. Some professions will disappear, and new ones will appear, because the development of AI will affect the development of other areas.

Now there is a list of professions that, presumably, artificial intelligence, neural networks and chat bots can pick up from a person. For example, Google invests in robots that write news without human intervention. Some types of programmers may also be left without work in the future: we are talking primarily about «coders» who are engaged in collecting ready-made blocks, that is, their work can be reduced to an algorithm. The same applies, for example, to HR specialists: neural networks can cover much more sources of information in order to search for candidates, organize them according to certain criteria and send them notifications. Also, call center operators are at risk of extinction: a lot of typical work that can be automated falls on their shoulders.

### **1.3. The impact of artificial intelligence on the global economy**

In connection with the digital transformations taking place in modern realities, the emergence and application of new technologies, in particular AI methods and tools, has a tendency to increase. Intelligent systems that can act effectively in a dynamically changing world penetrate into all spheres of business and public life.

Artificial Intelligence (AI) – the science and technology of creating intelligent machines, especially intelligent computer programs [6]. At the

moment, many robots are able to make some organizational decisions based on the computational algorithms implemented in them. An example is our own smartphone, which probably contains artificial intelligence in the form of a «Siri» or the Russian analogue of «Alice».

In the early 80's well-known scientists involved in the field of computation theory Barr and Feigenbaum proposed the following term describing artificial intelligence. Artificial intelligence (AI) is a field of computer science that is engaged in the development of intelligent computer systems, that is, systems that have the capabilities that we traditionally associate with the human mind – understanding the language, learning, the ability to reason, and solve problems [6].

The International Telecommunication Union (ITU) in collaboration with experts from the McKinsey Global Institute, the economics and business unit of McKinsey & Company, simulated the economic effect of artificial intelligence in its study. At the same time, they took into account the following important factors, such as the transformation of the world labor market under the influence of automation, the need for radical changes in the skills of employees and the operation of individual organizations. The impact of artificial intelligence on the global economy will go through seven main channels:

1. increase in production;
2. replacement of existing products and services for a given period;
3. innovation and expansion of product lines and services;
4. The economic benefits of increased global flows;
5. creation and reinvestment of values;
6. costs of the transition and implementation of AI;
7. negative external effects.

Taking into account the fact that artificial intelligence in the future can directly affect competition, which will inevitably entail consequences for companies, labor markets and state economies, ITU forms the main conclusions of its work. AI combines five technology groups [7]:

1. machine vision;
2. natural language;
3. virtual assistants;
4. robotic process automation;
5. advanced machine learning.

AI as a whole has an incredibly powerful potential for contributing to global economic activity. Some companies will try to use one of the AI technologies to perform certain functions, while others may apply all of the above. The introduction of AI technologies will occur quickly and rapidly, which will lead to the fact that by 2030 it will generate 1.2% of the increase in world GDP – more than all the introduced technologies before. At the same time, the

economic effect of AI can be manifested gradually, at an accelerating pace and only be noticeable over time due to the need for significant implementation costs at the start and the enhancing effects of competition and complementarity subsequently.

Artificial intelligence can increase the efficiency of the global economy, but the distribution of benefits received is likely to be uneven. The introduction of AI contributes to an even greater lag of developing countries from developed countries, thereby widening the already high digital divide between states. At the company level, the use of AI can lead to an increase in the productivity gap between the leaders in the implementation of these technologies and those who delayed the implementation or did not use the technology at all in their activities.

Finally, AI can shift demand on the global labor market from professions that require routine tasks to socially and cognitively oriented specialties, as well as to activities that are difficult to automate.

However, this will lead to an increase in unemployment at the first time of implementation. In other words, in the case of inefficient development and implementation of AI technologies, it can continue to exacerbate the inequality between national economies, individual companies and workers in the labor market, and this will become a catalyst for possible social conflicts. To avoid this, the governments of the countries together with business are obliged to provide support and painless transition of workers to new demanded jobs, and people themselves will need to learn new skills in accordance with the needs of a dynamically changing labor market.

Artificial intelligence, like any computing system, can also have flaws and if you overlook it, you can get a failure of any complexity, one of the examples of such artificial intelligence is the one that Sberbank put into operation. The Artificial Intelligence, which they introduced into their activities, failed due to which they lost billions of rubles. The head of the bank, German Gref, stated this at the «Lesson of Digit»: «Artificial intelligence, as a rule, makes decisions in large systems. A small error crept into the algorithm can lead to very large consequences. In our practice, we lost a lot of money on this. Due to the fact that the machine made a small mistake on large volumes, we lost billions of rubles «[8].

As he himself said, they found all the errors and this all helped to improve the work of the artificial intelligence algorithm. «When this error was detected, we studied on it, put in all kinds of filters in order to calibrate and verify the artificial intelligence system.» Earlier, Gref also stated that the introduction of artificial intelligence in Sberbank most affects the number of mid-level employees: about 70% of managers were reduced [9].

According to analysts, in the next 5 years, the world will see a rapid increase in data volume. So they predict that, by 2025, the entire amount of information around the world will exceed 10 times this figure for 2016. In the near future, the value of information for society will increase even more, data will be generated not only by people, but also by new devices, and there will also be a global transition to the cloud, experts say.

Every year, data generation is more and more automated and analyzed, and the data obtained is immediately transferred to the boundary segments of the network. In the end, there is an increase in the share of information that the business sector produces. And this information begins to overtake consumer. Both those and other data are stored on commercial servers. For example, if business data in 2015 amounted to 30% of the total information, then by 2025 their volume will already grow to 60%. There will also be a wave of rethinking the values of information, as large flows of data, and their diversity, and a critical role will cause new difficulties for companies and consumers. Information will be collected taking into account the impact on a particular field of activity.

The trend of dependence on information will remain relevant in 2025. Moreover, the importance of data in the life of society will increase even more - modern infrastructure cannot do without them, and people cannot live comfortably. Without them, unmanned vehicles will not go and medical devices that support the lives of millions of people will stop.

In the coming years, the average number of informational impacts per capita will increase by 20 times. Our homes, workplaces, appliances and wearable devices, vehicles and implants are gradually becoming smarter, and more and more devices can be connected to the Internet of things.

The most important basis for the existence of the world will be information security. Along with the explosive growth of the total global amount of information, the gap between protected data and those that need to be protected from attacks by cybercriminals will only increase. The volume of actually protected analytics data will be 40%, and 90% of the data in 2025 will need to be protected. Mandatory will be security systems for processing corporate financial data, personal information and medical records.

From all this, it can be concluded that artificial intelligence is a dynamically developing system that has a number of shortcomings, but at the same time, these same shortcomings can be corrected or improved, thereby moving AI to the next level of development. And soon it will become an indispensable part of our life as the Internet or other technologies. But the disadvantages of such a system will be the inequality in the market of developed countries to the undeveloped, and the vulnerability of this system to cyber crime.

## 1.4. Some features of the practical use of AI

Of course, many features of the application of AI depend on specific projects, developments and tasks that smart devices face. But you can also highlight several aspects that relate to almost any area of the use of artificial intelligence. First of all, these are mistakes. Of course, one cannot say that AI is never mistaken and external factors are not able to influence its actions (including accidents or, for example, hacker attacks). Therefore, it can be assumed that even when smart machines enter our lives much more solidly, a person will still participate in important decisions. Most likely, this thesis will be relevant for any field of application of artificial intelligence, where something serious is at stake.

Now this approach can be illustrated by the example of the supercomputer-diagnostician IBM Watson. Statistics show that AI, in which millions of medical documents and medical records are loaded, often makes diagnoses more accurately than people. Nevertheless, while the last word is left by the attending physician, and the supercomputer acts as an assistant, an effective and useful tool.

The next feature is partially related to the previous one – responsibility. For example, unmanned personal vehicles and public transport are already being developed and implemented. But who will take responsibility if such a car crashes? Or, suppose, a highly intelligent robot surgeon is created who can independently conduct operations. Who will be blamed if the patient dies from the wrong movement of such a robot? Can the AI itself be held responsible and what should follow from such a step?

While these issues remain open, and perhaps this is one of the reasons why the activities and decisions of robots are controlled by people: it is much easier to solve the problems of responsibility.

Despite the comparative youth of these technologies, AI has already found wide application in various fields, and many projects, as if coming to us from science fiction books, are becoming quite real. Let's see interesting examples of the use of artificial intelligence, which are currently implemented or are planned for implementation in the near future.

### *The medicine*

In medicine, the excellent memory of artificial intelligence and its ability to process a large amount of data, compare and analyze information are especially appreciated. This is how the already mentioned IBM Watson or, for example, DeepMind Health from Google works. These and similar smart assistants not only give advice to doctors, but also determine a predisposition to diseases or identify them at very early stages, when they can hide from the human eye.

At the end of 2017, Russian Prime Minister D. Medvedev outlined a strategy, which includes, among other things, the use of artificial intelligence



capabilities in Russian healthcare. For example, it is planned to develop the «Third Opinion» physician decision support system. Now system knows how to analyze images of blood cells and the fundus, ultrasound of the bladder and x-rays of the lungs, and in the future she will learn how to process data from computer tomographs and MRI. Another similar Russian system is Botkin.AI. Among of its tasks are the analysis of diagnostic data, tips and advice to doctors, monitoring the treatment. While Botkin.AI helps oncologists, it is planned that soon it will work in other areas.

The Face2Gene project from FDNA [10] promises to identify genetic diseases from the photo. According to the developers, about 3,500 genetic diseases can be detected by facial features, even if they have not yet shown symptoms. The application is available for smartphones on Android and iOS. Artificial intelligence helps not only doctors, but also patients. In recent years, the popularity of telemedicine and related applications has been growing. They use various algorithms: some collect data from wearable sensors like fitness bracelets; others, rather, are questionnaires whose purpose is to establish the exact symptoms and problems of patients. Some AIs recognize speech and can be answered verbally, while others prefer written communication. Having received the necessary information, the applications either give recommendations on what to do next and how to be treated, or send the relevant information to the attending physician. One of the most famous intelligent assistants of this kind is Ada and Your.MD (available for download on Google Play and the App Store).

#### *Industry and Agriculture*

In industry, artificial intelligence allows us to do work more and more automated, up to the point that human participation is practically no longer required. In particular, LG plans to open a factory in 2023, where all processes – from the purchase of consumables to the control of manufactured products and their shipment – will be carried out using artificial intelligence [3]. The AI will also monitor equipment wear and tear, fulfillment of set plans and other factors that a person usually monitors.

According to the company's plans, a partial transfer of production from old factories to a new one will begin in 2021. Perhaps, even then, the first information will appear on how successfully the smart factory is functioning.

As for agriculture, then artificial intelligence is used to monitor the condition of plants, the level of moisture, the presence of necessary nutrients in the soil and, in principle, for proper care of plantings. For example, robots have learned to identify weeds and carefully dispose of them (by pulling out or treating with chemicals). Smart assistants are able to identify plant diseases or pests that have attacked them from photographs, as well as deliver targeted drugs on a targeted basis. This helps save pesticides and herbicides more economically.

### *Traffic*

In many countries, the ability of artificial intelligence to process huge amounts of data is used to alleviate the problem of traffic jams. In Russia in particular, AI helps traffic in major cities and on federal highways. The computer analyzes data from traffic lights, collects information about traffic density, accidents, weather conditions and other reasons that can affect traffic. As a result, an intelligent system monitors roads in real time, makes forecasts of how the situation will develop, and in accordance with this switches traffic lights.

Traffic AI not only monitors accidents, but also helps drivers. For example, it may call a tow truck.

Similar systems work in many cities in Europe, Asia, North America, for which the problem of traffic jams is relevant. Of course, in most cases it is not possible to completely get rid of congestion, but AI can improve the situation with traffic, sometimes it can significantly accelerate traffic. Perhaps progress will be more noticeable when autonomous cars come into widespread use – another area of application of artificial intelligence.

### *Artificial Intelligence at Home*

Of course, a typical example of the use of AI in everyday life will be systems of smart homes, which are becoming more widespread. The task of most of these developments is to automate and make our life easier. For example, in the morning, the AI will be able to open the curtains so that sunlight enters the bedroom, wake you up using the radio and turn on the coffee maker so that you can have aromatic coffee for breakfast, and when you leave for work, it will activate an alarm. In the future, the functionality of such systems will certainly be significantly expanded, up to the point that the refrigerator itself will order your favorite food, and the cupboard will steam your clothes.

Smart home optimizes energy consumption, heating and ventilation, controls the operation of various devices, adapting to your schedule. Together, this not only makes life more convenient, but also helps to save energy more economically.

## Chapter 2. The use of AI in education, development and implementation of expert training systems

### 2.1. Adaptive Learning

Adaptive learning is perhaps one of the most promising areas of application of artificial intelligence in education.

The level of knowledge of those who begin to study something different. And the abilities are different. Different life experiences and different motivations. Therefore, for some of the students the program always seems too easy, for some it is unbearably difficult. Someone is convenient to perceive the material in one form. Someone in another. As a result, the teacher always faces the unsolvable task: how to ensure acceptable performance of «weak» students and not discourage the desire to learn light material from the strong?

Adaptive technologies should solve this problem. It is assumed that artificial intelligence will track the progress of each individual student and either adjust the order in which the blocks of the course are displayed according to his ability, or inform the teacher about which material is less well learned and which is better.

Experiments to introduce such programs into a previously conservative learning process are conducted by many advanced technology companies. However, our view is still dominated by the view on high-tech education as simply remote, preserving the paradigm of the linear course: online course.

One of the few platforms that allow online course creators to use the capabilities of adaptive technologies using artificial intelligence is Stepik. But even on it there are less than ten such courses created so far.

Elements of adaptive technologies are also used in projects for children and adolescents such as *logiclike*, which offer programs for the development of logical thinking, in the project for self-training for the Unified State Exam *Examer*.

Experiments on the introduction of adaptive technologies in training are carried out in commercial projects in the field of HR (Human Resources). Today on the Russian market the most noticeable are Competentum, Ispring, E-mba. There are attempts to implement AI in teaching languages (Skyeng, Lingualeo, Websoft), as well as programming and design (Geekbrains, Netology) [11].

#### *Proctoring*

Distance learning, the locomotive of modern high-tech education, involves a distance exam. How to conduct it so as to be sure that the student did not cheat? Proctoring systems come to the rescue – tracking a student while writing test papers and passing exams. In the past, proctoring meant that the examiner was

monitored through a webcam throughout the exam. Today the situation has changed. Artificial intelligence came to the rescue of man. He is able to track the behavior of many donors at the same time: whether there are «extra» people in the frame, whether there are «extra» votes in the room, how often the dealer takes his eyes off the monitor, does he try to change the tab in the browser. All these actions are recorded as violations. In special cases, the system gives a signal to a person-proctor to pay attention to one or another student. Only then will they begin to follow him through a webcam.

In our country, the most advanced product in this area is Proctoredu. Currently, the service is establishing interaction with distance education platforms operating on the Russian market, Russian universities and is trying to enter foreign markets.

The scope of the use of artificial intelligence in education is not limited to these two areas. For example, there are plans to create software for automatically checking creative assignments – essays. It's just that the directions of proctoring and adaptive learning are understandable to the modern person and to the greatest extent worked out. There are many ideas for using artificial intelligence. The incarnation of them so far received only a few.

And let's not forget – we are at the very beginning of the path to introduce new technologies in the field of education. The market is just forming.

## **2.2. Comparative analysis of expert systems shells**

The generally accepted term «shell» means a set of tools for building expert systems. The composition and functionality of such a toolkit varies widely: from very flexible and «open» tools that provide users with a greater degree of freedom and allow him to build his applications in any subject area, to specialized systems with an extensive set of functions that are «almost ready» for use by experts, but less flexible and do not provide complete freedom to the knowledge engineer (cognitologist) when structuring knowledge [12]. However, based on the analysis of existing expert systems (ES) shells, it is possible to compile a generalized image that reflects the functionality that they provide to one degree or another (Figure 2.1).

Let us make an attempt to classify ES construction tools depending on the degree of their openness and problem orientation. Table 2.1 shows flexible shells for universal use, problem-oriented shells – special tools for presenting expert knowledge of any subject area or some kind of related areas and incomplete expert systems (IES) in which there are only some types of specialized knowledge introduced directly by specialists this subject area.

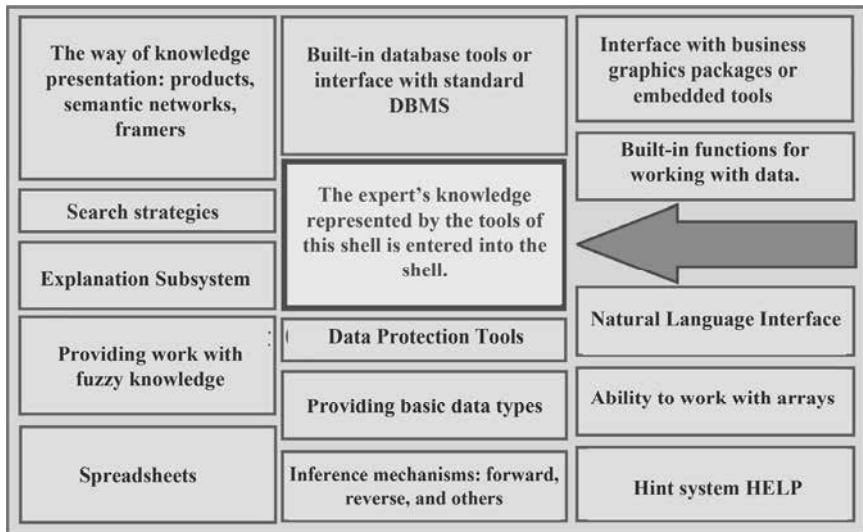


Fig. 2.1 – A generalized image of the expert system

Table 2.1. Classification of ES construction tools

SHELLS OF GENERAL PURPOSE			PROBLEM	IES
Crystal	Leonardo	VP-Expert	IntelliForm	HelpDesk
XI PLUS	GURU	EASE	TestBench	Lending
BESS	ART	Procedural	Picon	Auto
BEST	Корифей	Consultant	G2	Under-Writing
ИСКАД	ЭКСПЕРТ	КЕЕ	In-Ate	Advisor
ЭСПЛАН	Интер	ФИАКР	Plexys	ИМ-С
ПРЭКСИС	Эксперт	KNOWOLL	ЭКРАН	СПРИНТ-Д
ДШЕЛЛ	СОКРАТ	САПРЭксперт	BELS	

ES shells facilitate and even to some extent automate the process of extracting knowledge from an expert and entering the system into the knowledge base.

The following are some commonly used ES shells that run on computers compatible with IBM PCs.

Shell ART (Automated Reasoning Tool), developed by Inference Corporation (Los Angeles), is designed to construct ES, operating in a mode close to real time.

The inference mechanism establishes new facts on the basis of already known facts and generates the required results. The knowledge base is presented in the form of IF ... THEN rules. The system has a knowledge representation language for extracting facts, organizing relationships, a compiler for converting the description of a knowledge representation language into LISP, the application part – an INFERENCE ENGINE output mechanism as a support tool, debugger and tracer. The ART system is written in LISP.

The KNOWLEDGE CRAFT shell, created by Carnegie Group, is written in COMMON LISP. This system includes the CRL-OPS and CRL-PROLOG knowledge representation language and has the following design features:

- file structure;
- production rules and «demons»;
- object-oriented programming;
- graphical interface;
- the ability to define a homogeneous semantic network;
- ability to non-monotonous output and interactive search.

The KNOWOLL shell, developed by Intelligent Machine Co., is implemented in the LISP language. The system uses a file structure, production rules such as IF ... THEN. It is possible to use external programs and exchange data with them.

The integrated shell ES GURU, developed by MDDBS in 1985, is one of the most famous. This system is implemented in C language, uses a production method for representing knowledge, the rules are: IF ... THEN ... RESUME, the number of rules is unlimited. The direct and reverse inference mechanism is used, 16 options for calculating the reliability factor, 4 basic data types. The system provides built-in database tools, an interface such as spreadsheets, data protection tools. It provides the use of arrays, calling external programs, working with business graphics packages, and built-in functions for working with data.

The ES CRYSTAL shell developed by Intelligent Environment is very popular in the UK: it is used by eight out of ten leading British companies, the largest banks and more than 100 higher education institutions. The CRYSTAL shell is a rule-based tooling system using an inverse output mechanism, easy to operate. It is flexible and can be used in a wide variety of applications – from diagnostics to design.

The VP-Expert ES shell, supplied by Paperback Software, offers the user-developer of expert systems three approaches to the presentation and use of knowledge [12].

The first approach (which is the basic and simplest) is to use induction tables or matrices from which VP-Expert generates rules and automatically forms a goal and a set of relevant questions; Tables can have up to 21 columns and up to 160 rows. This approach is convenient when the programmer wants to create an ES using information from a spreadsheet or database.

The second approach is the use of production rules, expanded through the use of ELSE, which means the opposite condition, and DISPLAY's ability to display a message if the rule worked. The conditional part of the rules may contain up to 20 conditions.

The third approach to the presentation of knowledge, called the «database rules», makes it possible to exchange information with databases and spreadsheets during the consultation. Database rules allow you to store most of the information outside the expert system.

In the version of VP-Expert 2.0 new features are provided: the function of dynamic images, which allows the developer to create pictograms and images that can be further worked with using the «mouse»; hypertext used to create hint systems of arbitrary depth. The system supports a friendly developer environment, provides viewing the contents of the knowledge base, implements the functions of parsing the filled knowledge base, and keeps trace protocols.

The LEONARDO ES shell, developed in the UK, is widely used to build a wide variety of ES in fields such as medicine, agriculture, etc. This system uses frame and production methods for representing knowledge. The number of rules is not limited. Apply the usual (mixed), direct and reverse output mechanisms. To work with fuzzy knowledge, confidence factors and the Bayesian method of determining the degree of reliability are used. The LEONARDO shell has a built-in editor, argumentation components, the ability to communicate in a limited natural language, an interface for working with a database (dBASE III), an interface with the LOTUS 1-2-3 package, and data protection tools are provided.

The PROCEDURAL CONSULTANT shell, a Texas Instrument product, belongs to the PERSONAL CONSULTANT shell family. The system helps the end user to build decision trees, which will then serve as the basis for dialogue in the diagnostic process. It allows you to draw trees in graphical mode, thus providing a natural and simple interface, PROCEDURAL CONSULTANT is written in C and Scheme languages.

The TestBench shell is the result of a collaborative effort by Texas Instrument and the Carnegie Group. This large subject-oriented system is a development of the previous Carnegie Group development called TEST.

TestBench consists of three modules:

- TestBuilder: development environment. This module is written in LISP and is designed to work on Explorer;

- TestBridge: a utility that converts a system developed on TestBuilder into a system that will run on an IBM PC / AT;
- TestView: TestBench systems environment. This module is written in C language.

The ES shell «EKARAN» (SCREEN) (Expertise Knowledge Editing, Consistency Analysis) was developed at the Institute of Applied Mathematics of the USSR Academy of Sciences. This system focuses on the following applications: classification, design automation, technical diagnostics, intelligent training systems, automated instructions. The latest version of EKARAN is based on predicate logic, has the means to create a database, and can work with several knowledge bases. The software is written in C language.

The PEKON shell (Personal Consultant), developed at the Minsk Scientific and Training Center of «Algorithm», – is a software tool designed to develop expert systems, create and maintain expert knowledge bases on personal computers EC 1840, EC1841, IBM PC. The system is focused on the creation of expert diagnostic-type systems operating in an interactive mode. PEKON can be used to create an expert system in any subject area with informal diagnostic procedures. The system consists of three components:

- rule base generator allowing the developer to create, modify and document syntactically correct rule bases containing the following subsystems: rule editor, text editor, rule compiler, system for issuing rule base listings;
- fact base generator, which, based on the rule base, generates a fact base management program that provides for the collection and storage of the actual data about the object required during consultation;
- consultation system.

The facts in the database are presented in the form of frames. The rule base and the fact base form the knowledge base of a particular application. The basis for the model of knowledge representation in PEKON is a decision-making network based on production rules with elements of fuzzy logic and Bayesian formalism. Inference is based on the sharing of forward and reverse withdrawal strategies.

The system is written in the languages PROLOG and C. Analysis of existing software tools showed that the basic principles of design in the development of knowledge-based systems are as follows:

- the expert knowledge presented in the DB cannot be used with full confidence to draw conclusions and receive recommendations on the choice of actions. Systems should be able to overcome this uncertainty in their argumentation mechanisms;



- knowledge related to any field includes both contextual and procedural information;
- the effectiveness and practical value of the system depends to a large extent on how the functioning of this system is natural and transparent to the user. When processing knowledge, it is desirable that heuristics are explained to the user and understood by him;
- for organizing user communication with the system, it is effective to use the natural language when posing questions and generating reports.

Recently, interest has grown in specialized shells specially tailored for specific subject areas. A number of foreign companies, for example, Texas Instruments, Teknowledge, Carnegie Group, IntelliCorp, Inference announced their plans to produce and supply problem-oriented shells, which will be used, in particular, for troubleshooting, equipment repair and personnel training.

### **2.3. Methodology of designing expert training systems for use in the educational process**

The process of developing the appropriate expert training system (ETS) includes the following steps [12].

*Stage 1. Definition of a correctly constructed knowledge base (KB).*

At this stage, the conditions that must be met by the KB created by an expert in the environment of an instrumental expert system are defined, as some formal theory. This may include conditions for completeness, consistency, non-redundancy of knowledge bases, etc. So, for ETS supporting the probabilistic method of knowledge representation, the KB will be correctly constructed if the knowledge contained in it satisfies the following conditions:

- for any hypothesis A from the knowledge base, the probability  $P(A) > 0$  and  $P(A) \leq 1$ ;
- the sum of the probabilities of hypotheses  $P(A) \leq 1$ ;
- for any symptom B from the KB, there is a hypothesis A in KB associated with B;
- for any hypothesis A from KB there are symptoms B in KB that define A;

and etc.

*Stage 2. Building of the subject area model.*

In this stage, a model of the subject area is built, which is the subject of training for an expert (basic formal theory of ETS). The basic concepts, terms, theorems, methods used in this field are identified, and the relations between them are determined. So, for example, for Bayesian theory, the basic concepts,

terms, and theorems are: event, a priori probability of an event, a posteriori probability of an event, independent events, conditional probability, Bayes theorem, etc., which are in a certain relation to each other.

*Stage 3. The choice of teaching methods.*

Based on the characteristics of the subject being studied, learning objectives, taking into account the psychological characteristics of the proposed contingent of students, technical and software limitations, a certain teaching methodology is used that is used in the construction of the ETS.

*Stage 4. Building a learner model.*

At this stage, in accordance with the objectives of training and based on an analysis of the domain model, a learner model is developed. This model should reflect the level of basic and current knowledge and skills of the student. An example is the five-component student model.

**The learner model** (in the broadest sense) is the knowledge about the learner used to organize the learning process.

Thus, the learner model is a set of precisely formulated facts about the student, which describe various aspects of his condition: knowledge, personal characteristics, professional qualities, etc.

There are three points of view from which the learner's modeling, or our knowledge of the learner can be studied. Firstly, this is knowledge of what the learner is; secondly, knowledge of how we want to see him/her; and finally, knowledge of how we can see him/her. The former are established by analyzing the student's behavior and represent the student's behavioral model. It changes with the change in the learner; therefore, it is called the dynamic or current model of the learner. The mechanism for constructing this model is cognitive diagnosis.

Knowledge of how we want to see the learner, the requirements for his final state are called the normative model of the learner. This knowledge is usually multifaceted. This includes, for example, requirements for the personal qualities of future specialists, their professional qualities and skills, knowledge and skills in various academic subjects, characteristics of the physical and mental state, etc. This is exactly what is called the standard of education. And the ultimate goal of training is to achieve a situation where the student's behavioral model at graduation coincides with its normative model.

The third point of view is based on the fact that, in the general case, there are various paths, or trajectories, along which trainees can advance in the learning process. On the one hand, these can be correct trajectories due to the correct actions of the trainees and provided for by the normative model of the trainee, for example, the use of various techniques and methods for solving the same problems. On the other hand, various trajectories can be caused by erroneous actions of the trainees and many of their errors can be foreseen by the teacher.

The teacher's work to identify possible errors of students is extremely useful from a didactic point of view (learn from mistakes!); the list of these errors (preferably, with a full study of the erroneous trajectory) is a specific model of the learner – the error model.

The part of the normative model of the student (learner) that defines subject knowledge, that is, knowledge of academic subjects, will be called the subject model of the student. Thus, the subject model of the learner determines the semantic side of learning the subject, i.e. represents expert knowledge or a domain model.

The subject model of a student distinguishes educational areas from the whole set of subject areas, so this is a model of a subject area or a model of a subject. The introduction of the concept of the subject model of the student allows you to make the simulation of the student complete, since in this case all aspects related to the student are combined. In terms of the subject model of the student, the requirements for him are formulated. The introduction of this concept is all the more justified because the modeling of a subject area is significantly different from the modeling of other subject areas. The fact is that the goals of modeling educational and non-educational subject areas are different. Any activity, including educational, is carried out by solving problems, and these tasks are specific to the activity of this type.

In production, research (scientific-cognitive) and other activities, problems are solved for the sake of receiving their answers, the results of solving problems are set by the purpose of the activity and therefore are its direct products. What matters here is not how the problem is solved, but what is obtained as a result. The purpose of the educational activity is to learn how to solve these problems, in other words, the purpose of the educational activity is to form a mode of action. In educational activities, the result of solving educational problems in itself is of no interest, the only thing required of it is to be correct. The process of solving problems is of fundamental importance here, since it is in the process of solving problems that a mode of action is formed. Thus, solving educational problems is not a goal, but a means of achieving educational goals. Hence the difference in modeling goals. Modeling of a non-educational subject area should provide socially significant results, while modeling of an educational subject area is a process for solving educational problems.

*The first component is a thematic model*

It is very important, especially for educational material, to establish its structure, since to assimilate a certain portion of educational knowledge means to establish their place in the structure of educational material. Therefore, one of the tasks in constructing the subject model of the learner should be to establish the structure of subject knowledge. The study of the structure of

educational material is an independent subject of extremely important and in-depth research. The subject model should give a more or less enlarged view of what knowledge is about. This is usually done by listing topics.

***The subject model of the learner*** is a list of topics to be studied.

The thematic model conveys certain properties of subject knowledge, is their characteristic, i.e. meta-knowledge.

The second component is a functional model.

It is very important methodologically to determine what role this or that knowledge plays, what functions they perform, that is, carry out functional structuring. This can be done by compiling a list of functional categories, thus defining functional knowledge. Moreover, among them may be knowledge that performs both non-transformative functions (declarative knowledge, for example, definitions, consequences, conclusions), and transformative (procedural knowledge, for example, methods, algorithms). Together they make up the functional subject model of the student. It shows what role this or that subject knowledge plays.

The role of knowledge, their functions depend on a specific subject, however, there are common headings for all subjects, for example, concepts, properties. Individual objects may have headings specific to them, determined by the essence of these objects. There may be occasions when the headings are the same for a group of items that are grouped according to some characteristic. For example, such headings: concepts, formulations, laws, properties, consequences, conclusions, causes, formulas, equations, models, methods, algorithms. Headings have a content that also does not convey the semantics of the subject area and is metacognition (metaknowledge).

A functional subject model allows you to structure and detail what the student needs to know. This is about knowledge at the reproductive level, that is, to know is to remember.

The third component is the semantic model.

Declarative knowledge determines the content or semantic part of subject knowledge and generate a semantic subject model of the learner. The semantic subject model of the learner is a sequence of semantic facts - the simplest in the composition of facts that have objective meaning.

***A semantic fact*** is always a complete and unique thought that is conveyed by a single sentence or statement.

The described semantic facts play the role of knowledge units of the subject area, since smaller portions of this knowledge of the subject matter have no meaning.

The fourth component is a procedural model.

Procedural knowledge describes the order and nature of the transformation of objects of the subject area and make up the procedural subject model of the

student. These are recipes, instructions, algorithms, techniques, decision strategies. For example: finding, transition, numerical solution of equations of motion, numerical integration, preparation of equations, definition, use, construction, calculation, addition. The number of methods depends on the specific workplan. The methods mainly relate to laboratory practice.

From the point of view of activity, procedural knowledge plays the role of schemes of indicative foundations of action. They are realized with the help of skills.

#### Fifth Component – Operational Model.

As already noted, the ultimate goal of training is the formation of a mode of action, and the mode of action is realized in practical activity through skills. Knowledge acts as a means by which skills are formed. In knowledge engineering, skills are treated as behavioral or operational knowledge. The mechanism for the formation of skills is the handling of knowledge (both declarative and procedural), manifested in human behavior. Thus, the subject model of the student includes the skills that must be formed in the learning process. The list of these skills is an operational subject model of the student.

*Stage 5. Building a hierarchy of tasks (tree, network), solved by the trainee (expert) when building the ES in the ETS environment.*

The process of developing ES in the ETS environment is considered from the point of view of the task approach as a joint solution of certain tasks by an expert and ETS. Such a breakdown of the entire process into tasks and subtasks simplifies the technical task of automated monitoring of the expert (trainee) activities in creating ES, increases the efficiency of knowledge diagnostics and training processes.

*Stage 6. Definition and classification of errors of students in solving problems.*

The purpose of this stage is to identify possible expert errors when building ES in the ETS environment and factoring them on the tasks being solved. These errors arise in violation of the conditions that determine a correctly constructed knowledge base.

*Step 7. Identify hypotheses to establish the cause of the error.*

Based on the analysis of the subject model and the teaching theory, hypotheses are determined about possible incorrect representations of the student about the subject, which can lead to the appearance of a particular error. All hypotheses are factorized by error, which allows you to speed up the process of selecting a hypothesis when an error is detected.

*Step 8. Implementation of ES error diagnosis and ES learning control.*

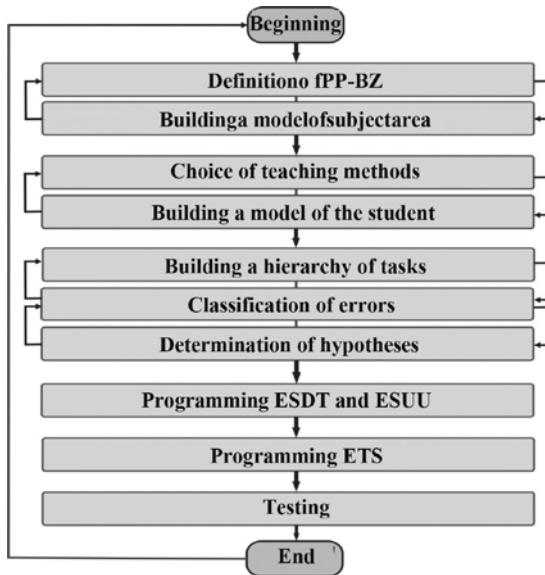
At this stage, formalization and testing of knowledge obtained at the previous stages of building the ETS by building expert systems for diagnosing errors and managing learning is carried out.

### *Stage 9. Implementation of the ETS.*

The purpose of this stage is to organize the interaction of ETS, ES error diagnosis and ES learning management to solve the complex task of monitoring and training expert users of ETS.

### *Step 10. Testing the ETS.*

At this stage, the activities of the ETS are monitored. Experiments are being conducted to evaluate the didactic efficiency of the process of automated learning carried out by ETS, structural and psychological-pedagogical deficiencies of the system are revealed, etc. The relationship between the stages of building the ETS is shown in figure 2.2.



*Fig. 2.2 – The relationship of the stages of the construction of the ETS*

## **2.4. Architecture of expert training systems**

### **2.4.1. BESS expert system shell architecture**

Various methods for constructing ES are known: logical, probabilistic, based on production rules, frames, and semantic networks. Experiments on the comparative analysis of three methods: probabilistic, based on frames and production rules, showed [13]:

- each of these methods can be applied to solve an arbitrary problem and each of them can provide sufficient performance when solving problems in various software;
- each of these methods is theoretically justified;
- All three methods considered are suitable for explaining the responses generated by the system.

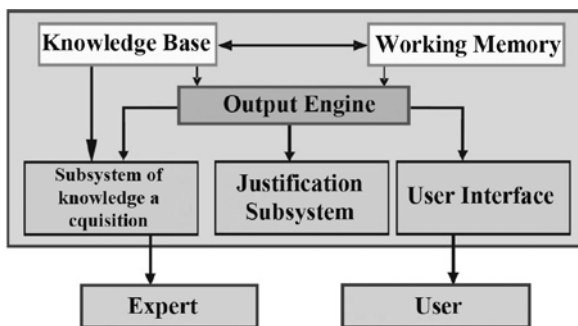
These methods were compared in terms of accuracy of inference, complexity of implementation, and use on the same set of tasks from a specific software shell.

From the conducted experiments, the conclusion follows that there is no «best» method for constructing ES. More appropriate is the question of choosing the appropriate method for solving problems from a specific software shell.

The following is a brief description of the diagnostic shell of the diagnostic type BESS (Bayes Expert System Shell), based on the Bayesian decision-making method. The BESS system is implemented in Pascal using the Turbo Pascal translator (version 5.0) at the scientific and educational center of the Institute of Cybernetics named after V.M.Glushkova, Academy of Sciences of Ukraine.

The choice of the Bayesian decision-making method is determined by the orientation of these systems to use mainly in the educational process, which can be formalized by probabilistic methods, the presence of a statistical theory of learning and knowledge control, as well as various experimental estimates of the didactic effectiveness of existing teaching methods. The subjective Bayesian decision-making method is based on an understanding of the probability of an event as a certain rating ascribed to it by a person, which can change when additional information is received.

The BESS system has the architecture shown in Figure 2.3.



*Fig. 2.3 – The architecture of the BESS system*

The structure of the knowledge base. KB - this is some generalization of the database, which differs from the latter in that the knowledge stored in the KB, in contrast to the data, is active and allows you to generate new knowledge.

The BESS system is intended for diagnostics, for example, troubleshooting in the functioning of certain systems according to information received from the diagnosed system [13].

Each expert diagnostician, depending on his qualifications, can detect a certain number of malfunctions that can occur in the considered systems, and a finite number of causes that caused these malfunctions. Thus, the knowledge of an expert diagnostician consists of a finite number of hypotheses regarding the malfunctions that are possible in these systems, a finite number of symptoms confirming or rejecting a particular hypothesis, and a finite number of methods for checking symptoms.

In the BESS system, this knowledge is formalized as follows: Each hypothesis is associated with the name of the hypothesis, the a priori probability of the presence of this malfunction, the number of symptoms that can confirm or reject the given hypothesis, and the symptoms themselves related to this hypothesis. Each symptom in a certain hypothesis is associated with the name of the symptom, the probability that the symptom confirms the hypothesis, and the probability that the symptom rejects the hypothesis.

Since information about the symptom values is requested from the user, each symptom is matched with a question and a range of possible answers.

The process of interaction between the system and the user is recorded. The protocol is the basis for the functioning of the substantiation subsystem of the obtained solution. The structure of the BESS knowledge base is shown in Figure 2.4.

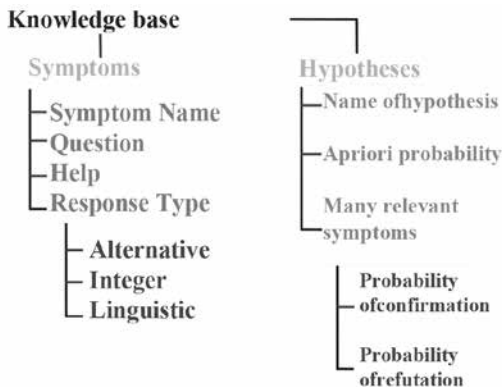


Fig. 2.4 – The structure of the knowledge base of the BESS system



Depending on the application, the output strategy in the BESS system may be specified. Refinements can be determined by the data (single-valued, multi-valued) coming from the diagnosed system; criterion for completing the withdrawal; a criterion that establishes the sequence of testing for symptoms, and a criterion in accordance with which the classification of hypotheses (relevant, accepted, rejected) is carried out.

In the output machine of the BESS system, the withdrawal strategy proposed by C. Naylor is applied. The essence of this strategy is to assign a price to each symptom that reflects its role in the withdrawal process, and ask first of all the question for which the price is the highest. The price of a symptom is determined by the formula:

$$LIC(B) = \sum_{i=1}^n |P(A_i | B) - P(A_i | \neg B)| \quad (2.1)$$

Thus, the price of symptom B is the sum of the maximum changes in the probabilities of events that can occur in all  $n$  hypotheses to which this symptom applies.

The output machine carries out the arguments according to the following algorithm:

- Step 1. Calculate the price of symptoms.
- Step 2. Find the symptom with the highest price.
- Step 3. Ask a question and get an answer.
- Step 4. Calculate posterior probabilities for current hypotheses.
- Step 5. Classify hypotheses into accepted, rejected, relevant.
- Step 6. Find the most likely solution (MLS).
- Step 7. If MLS is found, go to step 10.
- Step 8. Make a price recount for the remaining symptoms.
- Step 9. Go to step 2.
- Step 10. Issue diagnostics and related recommendations.
- Step 11. Complete the work.

The posterior probability of the hypothesis  $A_i$  is calculated by the formula:

$$P(A_i | B) = P(B | A_i) * P(A_i) / (P(B | A_i) * P(A_i) + P(B | \neg A_i) * P(\neg A_i)) \quad (2.2)$$

in case of symptom B and according to the formula:

$$P(\neg A_i | B) = P(B | \neg A_i) * P(A_i) / (1 - P(B | A_i) * P(A_i) - P(B | \neg A_i) * P(\neg A_i)) \quad (2.3)$$

in the absence of symptom B.

The user of the system has the opportunity during the withdrawal process or after its completion to find out how the system came to a particular decision by contacting the rationale subsystem using one of the «How» or «Why» directives. The meaning of these directives is to give the user all or some part of

the interaction protocol along with accompanying information. When the «How» directive is selected, the user is given the entire protocol from the beginning to the output step, after which an appeal to the justification subsystem took place. When choosing the «Why» directive, the user is explained the previous output step.

Each step of the protocol displayed on the personal computer includes the following information:

- step number;
- the name of the symptom that is active in current step;
- asked question / received answer;
- the number of relevant hypotheses associated with the current (active) symptom;
- relevant hypotheses.

For each hypothesis associated with the current symptom, the protocol stores the information which can be found below:

- a priori probability;
- probability before the answer;
- probability after the answer;
- post-response status (relevant, accepted, rejected);
- result (the probability has increased, the probability has decreased, the probability has not changed).

The system provides the ability to print the protocol. In this case, the user is provided with more detailed information, including:

- price of symptoms;
- name of the symptom with the maximum price;
- maximum and minimum probabilities, as well as upper and lower bounds of current hypotheses, etc.

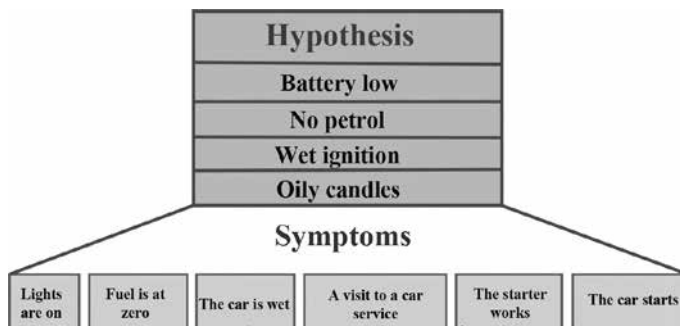
User answers to system questions can be monosemantic (yes / no) and polysemantic. In the latter case, the answer can be linguistic (small / medium / many) or numerical [-n .. + n]. When editing symptoms, the user can choose the type of answer that is most convenient for his software.

As an example, consider the work of the BESS ES, which acts as an expert mechanic in car repair. It includes a knowledge base designed to issue recommendations (prescriptions) for troubleshooting. This base, in particular, may contain hypotheses and symptoms presented in Figure 2.5.

The connection between hypotheses and symptoms is established on the basis of the dialogue of the ES with the user (car owner). This dialog might be like this:

1. Are the headlights on? – Yes.
2. Does the fuel indicator show zero? – No.

3. Did the car stand in the rain for a long time? – Yes.
4. Have you been to a car service recently? – No, for a long time.
5. Does the starter crank? – Yes.
6. Does the car start? – Not.



*Fig. 2.5 – Hypotheses and symptoms of the knowledge base of the expert system car repair*

After questioning the user, the information obtained can be summarized in table 2.2.

Table 2.2 – The results of a survey of a user of an expert system for car repair

	P (N)	Lights are on	Fuel is at 0	Machine is wet	Visiting service	Starter is running	Machine starts
Battery (accumulator) is low	0.1	0.00-0.99	0.05-0.7		0.2 -0.5	0.00-0.99	0.01-1.00
No gas	0.03		1.0-0.01				0.02-0.90
Wet ignition	0.01			0.9 -0.1	0.25-0.50		0.02-0.90
Oiled plugs	0.01				0.01-0.50		0.02-0.90

As a result of processing the received information, the system output mechanism produces the following conclusion:

Your car seems to have wet ignition.

## 2.4.2. Architecture of the educational shell of the BELS expert system

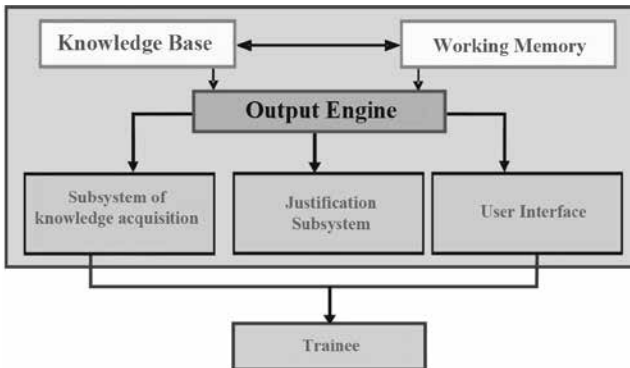
The educational shell of the BELS ES was developed in full accordance with the ideas of the IBM system approach for developing the architecture of application programs, known as SAA [13].

More precisely, the recommendations of the component of the SAA project on the organization of the user interface, referred to as CUA (Common User Access) were used. An experimental version of the BELS shell was implemented based on object-oriented programming in the Borland C++ programming environment by Borland International (USA). The purpose of using the CUA recommendations was to standardize the mechanism of interaction between the student (user) and the curriculum using the example of the ES educational shell.

Such standardization of methods and means of organizing the interface with the student (user) not only simplifies and reduces the cost of the technology for developing educational programs, but also unifies the curriculum, ensuring their success in the market of educational software products.

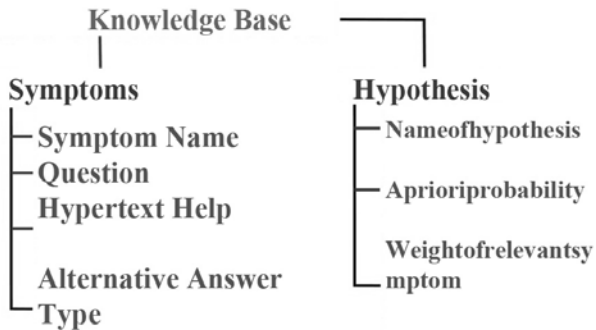
The object-oriented approach used in the development of the educational shell of the BELS ES made it easy to implement a software product that combines the capabilities of text editors, spreadsheets, information retrieval systems and hypermedia systems.

In the BELS system, visualization of the dialogue with the learner is realized by providing the latter with some objects and the ability to perform actions on them (manipulating hypotheses and symptoms of the knowledge base, modifying them, activating new data). Thanks to this, the student can focus on the task performed by the object, and not on how to implement it in the program. The BELS system has the architecture shown in Figure 2.6



*Fig. 2.6 – Architecture of the BELS system*

In the structure of the knowledge base of the BELS system, as well as in the BESS system, each symptom in BELS is associated with a question and a range of possible answers. The process of interaction between the system and the user is recorded. Based on this protocol, the substantiation subsystem of the obtained solution is functioning. The structure of the BELS knowledge base is shown in Figure 2.7.



*Fig. 2.7 – The structure of the BELS knowledge base*

In the output machine of the BELS system, the withdrawal strategy is applied, proposed by K. Neylor. The essence of this strategy is to assign a price to each symptom that reflects its role in the withdrawal process, and ask first of all the question for which the price is the highest.

The subsystem for explaining the decision made in the BELS system functions similarly to the justification subsystem BESS, but has a convenient window interface and a more developed training component. The system has the ability to display the listing of the created knowledge base on a printer.

Interaction with a trained expert takes place using the knowledge acquisition subsystem. The latter is a screen table in which the names of the hypotheses are entered vertically on the left, and the numerical value of the weight of the symptom is entered into the cell of the relevant hypothesis of the symptom.

## **2.5. Use of the shell of the BESS expert system in the educational process**

During the classes, the BESS instrumental expert system was used. This shell meets all the requirements of educational applications, which distinguishes it from other ES shells.

Here are some expert assessments of the BESS system based on the criteria by which any ES shell is evaluated:

- ease of study – excellent;
- potential capabilities of the system – good;
- ease of developing knowledge bases – excellent;
- efficiency and convenience of the end user with built-in expert systems – excellent.

In the BESS system, knowledge is formalized as follows. Each hypothesis is associated with the name of the hypothesis, the a priori probability of the presence of this hypothesis, the number of symptoms that can confirm or reject this hypothesis, and the symptoms themselves related to this hypothesis. Each symptom in a certain hypothesis is associated with the name of the symptom, the probability that the symptom confirms the hypothesis, and the probability that the symptom rejects the hypothesis.

Since information on the meaning of the symptom is requested from the user, then each symptom is matched with a question and a range of possible answers.

Let us take as an example (Figure 2.8) a fragment of the functioning of the instrumental ES BESS in the execution mode (ES «Classification of the Earth's Natural Zones» compiled by participants of the «Expert Systems in High School» training course).

...

Question: What is the average air temperature in this natural zone?

Answer: high

...

Question: What amount of precipitation falls in this natural zone??

Answer: small

**Prescription**

**These signs are characteristic of the desert.**

*Fig. 2.8 – A fragment of the functioning of the instrumental ES BESS*

The decision to choose this particular system as the starting one for use in the educational process can be justified by the following arguments.

1. It is easier for an expert to recall and declare the hypotheses (anomalies) known to him/her and the external manifestations (symptoms) that accompany them, rather than formulate the rules by which he/she makes decisions.

2. The probabilities on the basis of which the output machine of the BESS system operates are easily established by association with the available statistics. In the process of adjusting the knowledge base, probabilities are specified.

3. The use of the Bayesian method assumes the independence of events (symptoms and hypotheses), which facilitates the maintenance of a knowledge base.

4. Since the relation «hypothesis  $\leftrightarrow$  symptom» is of an individual nature (that is, it is considered without regard to other hypotheses and symptoms), clarification of the definitions of hypotheses (entering, deleting, editing relations) does not lead to contradictions.

The use of ES in training is still in the initial stage of development. Consider the three main strategic directions of the use of ES in the educational process.

The first direction is associated with the organization of a new type of cognitive activity of a student – he/she is given the opportunity to fill his/her own expert system with knowledge in a pre-selected subject area. Moreover, he/she can use any literature: reference books, textbooks, etc. As a result, the student reports to his/her own expert system. And if this expert system works flawlessly, then we can assume that the trainee has learned the material well. Thus, the expert system is used as a model of student knowledge. Comparing its structure and behavior with its own ES, as well as with the ES of other students, the teacher has the opportunity to better assess the knowledge of the student. In addition, to increase the motivation for learning, a teacher can hold competitions between ES written by different students to solve one problem.

The second area is the use of ES as a teacher's consultant in identifying student knowledge gaps. This is a very important aspect of the use of expert systems in teaching, since even a very experienced teacher will need to spend an unreasonably large amount of time to conduct such work individually with each student. It is advisable to use a diagnostic type ES.

The third area is the use of ES as a model of teacher knowledge for the presentation of new material. Here, the expert system, taking into account the psychological characteristics of the student, based on his knowledge of the subject, can form a methodology for the presentation of new material.

In this case, it is advisable to use an expert training system, which should have the following properties:

- competence in the studied subject area;

- user-friendly interface in communication with the student;
- the presence of a learning strategy;
- the ability to manage the choice of learning strategies depending on the behavior of the learner;
- the ability to use own experience to improve the quality of learning.

Thus, the knowledge necessary to implement expert training systems should be divided into knowledge about the subject area, knowledge about the learner, and knowledge of the learning strategy.

ES can be used in training not only as expert learning or intelligent learning systems (ILS), but also by using instrumental ESs when the learner (student) works with the ES shell as an expert.

The essence of the technique is that the student is given the opportunity to work with the instrumental ES in expert mode in a pre-selected narrow subject area of the studied topic. At the same time, the student can use any reference literature: encyclopedias, reference books, textbooks, etc.

The research results showed that this type of interaction of the student with a personal computer can be called a new type of cognitive activity of the student. The purpose of the research was the organization and testing of this type of cognitive activity of the student. To solve this problem, a number of experiments were conducted in various educational institutions.

Experiments were conducted with two main options for the course, the first of which was aimed at initial acquaintance with raising ES (6-10 hours), and the second – in-depth development of the material and its application in practice (36 hours). Moreover, the first option is fully included in the second. The main goals and objectives of the training course «Expert Systems in Learning» is to confirm the effectiveness of using ES in training [13].

Course material includes:

- familiarization with basic concepts from the field of ES;
- familiarity with the Bayesian statistical decision-making method;
- training in using the Bayesian instrumental expert system BESS;
- development and creation by each student of their own version of an expert system in the BESS environment.

The course is implemented in three main stages.

### Stage 1

- familiarization with the basic concepts of ES;
- creation of a simple training expert system;
- competition (assessment) of the created ES.



### Stage 2

– Development of a methodology for applying ES in the classroom in its own subject by creating ES in its own scenario, as a model for the analogous work of students in general lessons on the main sections of the subjects of the school curriculum. In the experiments conducted, teachers were offered to use ES when conducting classes in biology, natural history, Russian language and literature, geography, ecology, medicine, psychology, chemistry, etc.

– Development of forms of using ES diagnostic type in the above disciplines on various kinds and forms of work with schoolchildren: in test lessons; elective classes; at the final exam (one question from the ticket specified in advance); when working with especially gifted children; as a form of independent work of students of specialized classes.

### Stage 3

Creation of ES for diagnostics and testing of knowledge of students in a particular subject. For example, we give a small part of the training assignment provided to the student during the course on chemistry, ecology and environmental protection. The student is given the opportunity to be a chemistry expert analyzing possible water pollutants in the bay, on the banks of which a number of industrial enterprises are located. The following water characteristics are investigated:

- pH reaction (acidic, basic);
- water color (normal, red tint, black tint);
- water consistency (normal, oily);
- the presence of impurities (carbon, sulfur, metals);
- specific gravity of water (normal, low, high).

As a result, the student provides an expert report on possible water pollutants. In addition, his knowledge in this subject area is evaluated by launching the ES created by him on a computer. A properly working expert system gives every reason to believe that the student has learned the material well.

## **2.6. Adapted testing of student knowledge**

One of the essential tasks in training is testing the learner's knowledge in a certain discipline. Testing involves an integral assessment of knowledge, determining the degree of mastery of a given subject, which is carried out on some discrete scale (for example, pass / did not pass, 2 ... 5, etc.). As a rule, such an assessment is predictive or probabilistic in nature, since the state of knowledge about the academic discipline as a whole is assessed by the selected

elementary knowledge, skills. Testing of knowledge is carried out through a survey of the student. Each question is associated with a certain element of knowledge about the studied discipline and has a certain weight («importance», complexity). If the choice of the next question depends on the learner's answer to the previous question, then knowledge testing is called adaptive. The advantage of adaptive testing is that a targeted choice of questions reduces the testing time, and in addition, the testing system looks more intelligent and arouses the confidence of the student [14].

To assess the characteristics of the population for some sample of its elements, statistical methods are used. In this case, it is preferable to use the Bayesian method, since it allows you to take into account some a priori information (for example, the performance of a particular student, the percentage of academic performance in a given academic discipline, etc.) and, unlike classical statistics, different weight of questions for integrated assessment of knowledge. In addition, the Bayesian method provides a consistent assessment of sample elements and, therefore, allows you to organize adaptive testing. Another argument in favor of the Bayesian method may be its widespread use in diagnostic systems.

Consider the method of constructing an adaptive testing expert system. Let the student's knowledge testing be performed on a four-point scale - unsatisfactory, satisfactory, good, excellent. Each scale value is associated with a hypothesis. Let  $A_i$  be the learner's knowledge hypothesis corresponding to the scale  $i$  ( $1 < i < 4$ ). For example,  $A_1$  is the hypothesis of «unsatisfactory knowledge,» and  $A_4$  is «excellent knowledge».

We will consider each tested element (knowledge, skill) a symptom with which the control question (task) and the set of possible answers are associated. Each answer is associated with a certain value of assessing the degree of knowledge (possession) of the tested element. The method of obtaining the assessment depends on the issue (task) and will not be considered. We assume that the estimate is given by one of the admissible methods, for example, the value of  $k$  from the interval  $[-5, +5]$ , where:  $-5$  corresponds to the non-correct,  $+5$  to the correct,  $0$  to the indefinite answer to the question, and all other values correspond to partially correct (positive) or partially incorrect (negative) answers [15].

Step 1. Form hypothesis  $A_1$  – «unsatisfactory knowledge» by comparing it with a non-zero a priori probability, but without including a single symptom in it.

Step 2. Divide all the symptoms (questions) into three groups: the symptoms are rated as «satisfactory», «good» and «excellent». Denote the symptom groups  $B_3$ ,  $B_4$  and  $B_5$ .

Step 3. Form hypothesis  $A_2$  – «satisfactory knowledge», comparing it with a priori probability and symptoms from group  $B_3$ .

Step 4. Form hypothesis  $A_3$  – «good knowledge», comparing it with a priori probability and symptoms from groups  $B_3$  and  $B_4$ , and symptoms from group  $B_3$  should make a smaller contribution to  $A_3$  than to  $A_2$ . The last condition can be formally expressed as follows. Let  $P_{ij}^+$  and  $P_{ij}^-$  be, respectively, the probabilities of confirmation and refutation of symptom  $i$  for hypothesis  $j$ . Then symptom  $i$  will make a smaller contribution to hypothesis  $k$  than to hypothesis  $j$  if one of the conditions is fulfilled:

$$\text{if } P_{ij}^+ / P_{ij}^- > 1, \text{ then } P_{ij}^+ / P_{ij}^- > P_{ik}^+ / P_{ik}^- \text{ u } P_{ij}^+ / P_{ij}^- > 1 \quad (2.4)$$

$$\text{if } P_{ij}^+ / P_{ij}^- < 1, \text{ then } P_{ij}^+ / P_{ij}^- < P_{ik}^+ / P_{ik}^- \text{ u } P_{ij}^+ / P_{ij}^- < 1 \quad (2.5)$$

Some symptoms from  $B_3$  that give little contribution to  $A_2$  can be omitted in  $A_3$ .

Step 5. Form hypothesis  $A_4$  – «excellent knowledge», comparing it with a priori probability and symptoms from groups  $B_3$ ,  $B_4$  and  $B_5$ . For the symptoms from  $B_3$  and  $B_4$ , relations (2.4) or (2.5) must be satisfied with respect to hypotheses  $A_3$  and  $A_4$ . Some symptoms from  $B_3$  and, possibly, from  $B_4$ , giving small contributions to  $A_3$ , can be omitted in  $A_4$ .

Step 6. Test the knowledge base. In the case of satisfactory behavior of the knowledge base, finish the work, otherwise clarify the contribution of the symptoms to hypotheses  $A_2$ ,  $A_3$  and  $A_4$ , for which go to step 3, 4 or 5, respectively. Add, remove or redistribute the symptoms (and related questions), for which go to step 2. The proposed method can be easily generalized to the case of a scale of size  $N$ , where  $N > 4$ . In this case, the symptoms are divided into the  $N-1$  group, and the hypothesis  $A_i$  ( $i > 1$ ) includes symptoms from the  $B_j$  groups ( $1 < j < i$ ), and the symptoms from the  $B_k$  groups ( $1 < k < i-1$ ) make a smaller contribution to hypothesis  $A_i$  than in  $A_{i-1}$ .

The knowledge base constructed according to this method using the BESS tool system has the following behavior. One or two rather difficult questions are selected from groups  $B_5$  or  $B_4$ . If the student answers them correctly, then the probabilities of hypotheses  $A_3$  and  $A_4$  are reduced and questions from  $B_3$  are selected.

With correct answers, hypothesis  $A_2$  is accepted, otherwise an attempt is made to reject hypotheses  $A_3$ ,  $A_4$  and accept hypothesis  $A_1$  by sorting out all the questions. If the student answers the first questions correctly, then the probabilities  $A_4$  and / or  $A_3$  increase and questions from groups  $B_4$  and  $B_5$  are selected, which are interspersed with questions from group  $B_3$ . In the case of correct answers, hypothesis  $A_4$  is confirmed, or, if there are incorrect answers among hypotheses, hypothesis  $A_3$ .

The approach used in BESS to determine the price of evidence is good when the number of hypotheses and symptoms is approximately the same. With a

small number of hypotheses, the next question (symptom) is preferable to choose from those that are associated with a particular hypothesis (for example, which was confirmed in the previous step or has the greatest probability). In addition, the fact that knowledge on the assessment of «good» includes knowledge on the assessment of «satisfactory» (and similar) is taken into account only implicitly, through the contributions of symptoms to the corresponding hypotheses.

Thus, if the hypothesis «good knowledge» is rejected, then both the hypotheses «satisfactory knowledge» and «excellent knowledge» will still be analyzed, although one of them can be rejected based on the student's answers. As a result, the decision-making system analyzes at least 80% of the symptoms, including with all the «right» and all the «wrong» answers.

These problems can be solved as follows. The knowledge base of an expert system for testing knowledge is represented by a tree in which hypotheses can play the same role as symptoms. The knowledge hypotheses for the corresponding assessment are considered sequentially, taking into account the hierarchy. When confirming a certain hypothesis, the corresponding contribution is taken into account in the hypothesis to which this one is subordinate. The author should be given the opportunity to select the formula for calculating the price of the evidence.

An appropriate set should take into account traditional testing methods and a rating scale. For example, provide a selection of a small number of difficult questions for a successful learner or simple for a underperforming student to reduce testing time. When choosing another question, it is necessary to take into account not only the current state of probability hypotheses, but also the number of symptoms analyzed, and possibly their characteristics. The mechanism for accepting hypotheses should also be adjusted in such a way as to take into account the presence and interconnection of questions of varying complexity on the same elements of knowledge and to ensure acceptance of the hypothesis with a certain number of correct answers to questions of a certain complexity.

## **Chapter 1. AI IN THE FIELD OF MEDICINE.**

Artificial Intelligence (AI) in medicine – uses algorithms and software to approximate human knowledge in the analysis of complex medical data. The main objective of human health related applications is to analyze the relationship between prevention or treatment methods and patient treatment results. Artificial intelligence programs have been developed and put into practice that diagnose processes, develop treatment protocols, develop medicines, and monitor the patient's condition. Health remains one of the main areas of investment in AI.

### **3.1. Scopes of AI in medicine**

In medical institutions, most personal computers are used only for processing text documents, storing and processing databases, statistics and financial calculations. A separate, specialized part of the machines is used in conjunction with various diagnostic and medical devices [16].

In many diagnostic and treatment technologies, the capabilities of modern computers are practically not used. First of all, this is diagnostics, the appointment of therapeutic measures, predicting the course of diseases and their outcomes. In our opinion, the main reasons for the insufficient full use of modern computer technologies in medicine are the poorly developed technical base, insufficient training of participants in these technologies in the field of modern hardware and software, poor equipment with specialized application software packages, etc.

Of great importance is the psychological aspect of the use of computer applications. This is a serious reason associated with the features of the doctor. The doctor is a researcher, his work is creative, but he is directly responsible for the result of his work. When deciding on a diagnosis or treatment, he relies on knowledge and experience - his own and that of his colleagues, who are his authority. In this case, the rationale for the decision, especially if it is prompted from the outside. Modern technical capabilities allow us to reach a qualitatively new level of presentation of the course of the disease, namely, visually, based on the appropriate mathematical models, to spatially model the typical development of the pathological process in a particular disease. Already now, at the present stage of development of medicine, information loads reach the limits of human capabilities. A dilemma arises: either you have to sacrifice the completeness of the analysis of information, or you need to make wider use of various methods of computer support for decision making. Medical expert

systems allow the doctor not only to check their own diagnostic assumptions, but also turn to the computer for advice in difficult diagnostic cases [17].

The field of research devoted to the formalization of the ways of presenting knowledge and the construction of expert systems (ES) is called «knowledge engineering». This term was introduced by E. Feigenbaum and in his interpretation means «the introduction of principles and means from the field of artificial intelligence in solving difficult applied problems requiring expert knowledge.»

In other words, expert systems are used to solve informal problems, which include tasks that have one or more characteristics from the following list:

- tasks cannot be represented in numerical form;
- the initial data and knowledge about the subject area are ambiguous, inaccurate, contradictory;
- goals cannot be expressed with a clearly defined objective function;
- there is no unique algorithmic solution to the problem.

All of the above properties are typical for medical problems, since in most cases they are represented by a large amount of multidimensional, confusing, and sometimes conflicting clinical data. ES can solve the problems of diagnosis, differential diagnosis, prognosis, choice of strategy and tactics of treatment, etc. [18].

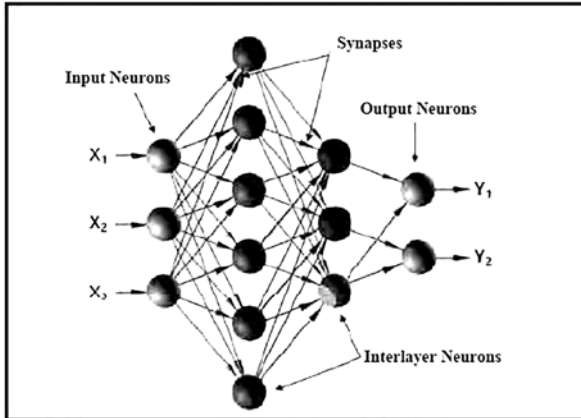
Among the expert medical systems, a special place is occupied by the so-called self-learning intelligent systems (SIS). They are based on methods for automatically classifying situations from real practice or on teaching methods using examples. The most striking example of SIS is artificial neural networks [19, 20].

Artificial neural networks (ANN) are a non-linear system that allows classification of data much better than commonly used linear methods. As applied to medical diagnostics, ANN make it possible to significantly increase the specificity of a method without decreasing its sensitivity [21].

ANN is a structure for processing cognitive information based on modeling brain functions. The basis of each ANN is relatively simple, in most cases of the same type of elements (cells) that mimic the work of brain neurons. Each neuron is characterized by its current state, by analogy with nerve cells in the brain that can be excited or inhibited. An artificial neuron has a group of synapses – unidirectional input connections connected to the outputs of other neurons, and also has an axon – an output connection of this neuron with which a signal (excitation or inhibition) arrives at the synapses of the following neurons (Fig. 3.1).

An ANN is characterized by the principle of parallel signal processing, which is achieved by combining a large number of neurons into the so-called layers and connecting neurons of different layers. Theoretically, the number of

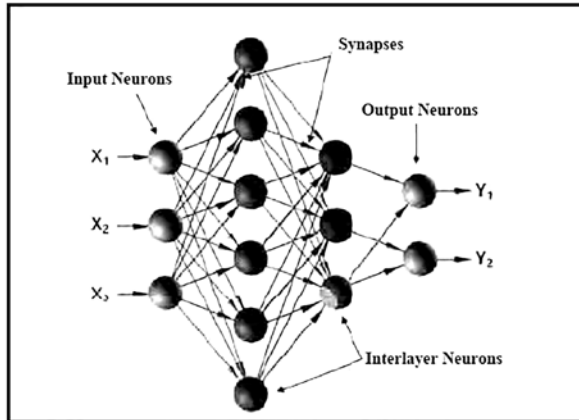
layers and the number of neurons in each layer can be arbitrary, but in fact it is limited by computer resources. In the general case, the more complex the ANN, the larger the tasks subject to it. The strength of synaptic connections is modified in the process of extracting knowledge from the training data set (training mode), and then it is used to obtain the result on new data (execution mode) [21].



*Fig. 3.1 – Schematic structure of an artificial neural network*

The most important difference between ANN and other forecasting methods is the ability to design expert systems by the specialist physician himself, who can transfer his individual experience and the experience of his colleagues to the neural network or train the network on real data obtained by observation. Neural networks are able to make decisions based on the hidden patterns revealed by them in multidimensional data. A positive distinguishing feature of ANN is that they are not programmable, i.e. they do not use any inference rules for making a diagnosis, but are trained to do this with examples. In some cases, ANNs can demonstrate amazing properties inherent in the human brain, including finding patterns in confusing data. Neural networks have found application in many areas of technology, where they are used to solve many applied problems: in space, automotive, banking and military, insurance, robotics, data transfer, etc. Another, equally important property of a neural network is the ability to learning and summarizing the knowledge gained. The network has the features of so-called artificial intelligence. Trained on a limited set of training samples, it summarizes the accumulated information and produces the expected response in relation to data that was not processed in the

training process. Schematically, the process of using a trained ANN in medicine is shown in Fig. 3.2.



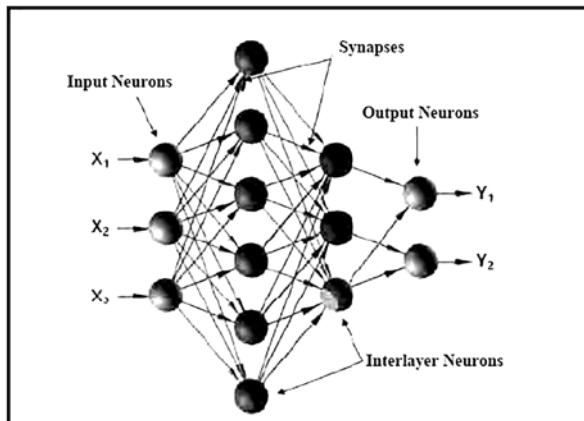
*Fig. 3.2 – Scheme of the application of trained artificial neural network in medicine*

Despite the significant number of already known practical applications of artificial neural networks, the possibilities of their further use for signal processing are not completely exhausted, and it can be assumed that ANN will be one of the main decision support tools for many years in the absence of accurate models of real processes and phenomena.

An example of another promising technology for processing and summarizing large amounts of information for solving classification and forecasting problems is the so-called Data Mining analysis and mining technology [22]. Methods and tools for analysis and data mining represent the further development of such well-known statistical tools for exploratory analysis as the principal method and the independent component method, factor analysis, multiple regression, reduction of feature space using the multidimensional scaling method, cluster analysis and pattern recognition, etc. Software-implemented and equipped with a convenient user interface, as well as supported by flexible algorithms for visualization of multidimensional data, Data Mining tools allow carrying out relevant studies even for a novice user. The arsenal of methods for cluster analysis and pattern recognition of Data Mining systems usually include the support vector machine (Support Vector Machine, or SVM), decision trees, the method of «nearest neighbor» in the space of signs, Bayesian classification, etc. [22]. Among the indicated group of classification and recognition methods, the most supportive and flexible method is the support vector method (SVM).



SVM is an initial classification method that solves this problem by constructing hyperplanes in a multidimensional space, dividing groups of observations belonging to different classes. Figure 3.3 illustrates the basic idea of the SVM. The left side of the diagram shows the original objects, which are further transformed (moved, shifted) in the space of attributes using a special class of mathematical functions called kernels. This process of moving is also called the transformation, or rearrangement of objects. The new set of transformed objects (on the right side of the diagram) is already linearly separable. Thus, instead of constructing a complex curve (as shown on the left side of the diagram), it is only necessary to draw an optimal straight line that will separate objects of different types. Then the method searches for objects located at the boundaries between two classes, which are called support vectors [23], and uses them to make decisions about whether or not new objects presented for recognition belong to a particular class.



*Fig. 3.3 – The basic idea of the support vector method*

Examples of the use of expert systems in medicine cannot be called isolated; they are used in many areas of healthcare. It is noteworthy that the vast majority of such work was carried out by foreign researchers and mainly they relate to the possibilities of using ANNs in various clinical situations. So, for example, in the field of surgery P.L. Lie [18] on the basis of ANN created a system for predicting the risk of gallstone disease in overweight people. The authors retrospectively studied the anthropomorphic, medical history, clinical, and laboratory data of 117 obese patients operated on from February 1999 to October 2005. An ANN was trained using the backpropagation algorithm. 30 input variables were used, including clinical data (gender, age, body mass index, concomitant diseases), laboratory parameters, and histological findings.

The predicted value of the ANN was compared with a logistic regression model trained on the same database.

ANN showed better predictive value and lower error than the logistic regression model. The most important risk factors for gallstone disease, according to both methods, are increased diastolic blood pressure, premorbid background, impaired glucose metabolism and increased blood cholesterol.

In endoscopy, A. Das [18] used neural network technologies to sort patients with non-varicose bleeding from the upper gastrointestinal tract. The efficacy of ANN was studied, studied according to the clinical and laboratory data of 387 patients with the studied pathology, verification – according to the data of 200 patients with ROC analysis. At the output of the network, there were two resulting variables: the presence or absence of signs of ongoing bleeding and the need for therapeutic endoscopy. The sensitivity of the neural network was >80%; the predictive value was 92–96%.

In oncology, P. Bassi et al. predicted 5-year survival for patients undergoing radical cystectomy for bladder cancer. For this, ANN and the Logistic Regression Model (LRM) were developed and compared. It was revealed that the only statistically reliable predictors of 5-year survival were the stage of the tumor and the presence or absence of germination in neighboring organs. The sensitivity and specificity of LRM were 68.4% and 82.8%, ANN 62.7% and 86.1%, respectively. The positive predictive value of LRM is 78.6%, the ANN is 76.2%, the negative predictive value is 73.9% and 76.5%, respectively. Index of diagnostic accuracy of LRM – 75.9%, ANN – 76.4%.

Thus, the prognostic value of the ANN turned out to be comparable with the LRM, but the neural network showed certain advantages: the ANN is based on easy-to-use, understandable software that allows to identify nonlinear relationships between variables, therefore it is more preferable for use in forecasting.

F.K.Chun et al. used ANNs to identify prostate cancer risk groups compared with LRM. ANN also demonstrated more accurate predictive capabilities.

In transplantology, G. Santori et al. [18] applied neural network technologies in predicting a delayed decrease in serum creatinine in children after kidney transplantation. To identify the correlation between the input variables and the desired result in patients undergoing kidney transplantation, an artificial neural network, trained in 107 clinical examples, was created. The most important variables that were correlated with the result were selected: serum creatinine on the day of transplantation, diuresis in the first 24 hours, hemodialysis efficacy, recipient gender, donor sex, body weight on the first day after transplantation, age. The model was calibrated by a second sample of patients (n = 41). The accuracy of the neural network in the training, calibration and test samples was 89%; 77% and 87% respectively. Comparative logistic

analysis showed an overall accuracy of 79%. The sensitivity and specificity of ANN was 87%, while the logistic regression method showed the worst results - 37% and 94%, respectively.

In medical radiology, F. Döhler et al. used a neural network to classify MRI images for the automated detection of hippocampal sclerosis. ANN was trained on 144 examples of images and allowed to classify changes in brain tissue relative to the presence of sclerotic changes. E.E. Gassman et al. [18] created an ANN for automated identification of bone structures and evaluated the reliability of this technique compared to traditional ones. The sensitivity and specificity of the technique were 87% and 82%. In addition, ANN performed 10 times faster segmentation of bone structures.

In neurology A.T. Tzallas et al. used a neural network to predict epileptic seizures based on an analysis of electroencephalograms. The predictive accuracy of the method was 98-100%.

This neural network model is designed to predict the likelihood of developing infected pancreatic necrosis based on data obtained upon admission to the hospital and during the first 48 hours of hospitalization: accuracy of the results is 90%, specificity is 96%. Using this model, we were able already in the early stages of the disease with acute pancreatitis to determine the group of patients threatened by the development of infected pancreatic necrosis with the choice of adequate treatment and diagnostic tactics. In addition, the neural network made it possible to identify the 12 most informative indicators for predicting the infectious complications of acute pancreatitis in the early stages of the disease: 1) type of hospitalization in the hospital (transfer from another hospital); 2) the age of the patient; 3) body mass index; 4) body temperature of the patient; 5) heart rate; 6) respiratory rate; 7) the number of white blood cells; 8) bloating, determined within 24 hours from the onset of the disease (increased intra-abdominal pressure); 9) acute fluid formations and (or) free fluid in the abdominal cavity, determined in the first 24 hours from the onset of the disease; 10) blood urea; 11) blood glucose; 12) the lack of improvement in the general condition of the patient within 24 hours of complex intensive care (the patient «does not respond» to the treatment, the increase in the number of points on the SAPS II scale)

Data Mining (DM) technology, including neural network modeling, support vector method, etc., is used by N. Horowitz [22] in the development of a diagnostic questionnaire for the detection of gastroesophageal reflux disease. The authors examined 132 patients, on the basis of the data obtained, a DM model was constructed, which made it possible to select the most important and reliable signs of the disease: heartburn, belching sour, a positive effect of antacid therapy and deterioration of health after spicy, fatty foods. The sensitivity and specificity of this method were 75% and 78%.

Y.C.Lee et al. [16] used DM-technology to predict weight loss after surgical treatment of obesity. The work retrospectively takes into account the data of 249 patients (177 women and 72 men) operated on using various techniques. 208 patients (83.5%) within 2 years after surgery successfully reduced body weight, while 41 (16.5%) had no effect. The DM model created by the authors allows one to identify before the operation whether there will be an effect after it and what type of intervention is preferable.

A common feature that unites all the above examples is the lack of a single universal technology for creating neural network models. The published developments use a wide variety of architectures and algorithms for the functioning of expert systems. This leads to the fact that for almost every task its own architecture is developed, and often some unique algorithm or a unique modification of an existing algorithm. From the point of view of practical application, such expert systems almost do not differ from traditional decision-making programs. Moreover, methods of automated conversion of traditional expert systems to neural networks are proposed. Their development requires the participation of experts in neuroinformatics, and the possibility of designing by the user is practically absent. This makes such systems expensive and not very convenient for practical use, therefore, in publications, the authors mainly compare the quality of work of neural network algorithms and traditional systems that work according to inference rules.

Thus, based on the analysis of publications on the use of expert systems in medicine, the following conclusions can be drawn:

1. Medical neuroinformatics as a science is still at the stage of accumulation of factual material.

2. Neural networks possess the features of the so-called artificial intelligence. Trained on a limited set of training samples, they summarize the accumulated information and generate the expected response in relation to new data not used in the training process. Despite the significant number of already known practical applications, the possibilities of further use of approaches based on artificial intelligence methods, their effectiveness has not been fully studied.

3. Modern technical capabilities allow us to reach a qualitatively new level of presentation of the course of the disease, namely, on the basis of expert automated technologies to model the typical development of the pathological process. Expert computer medical systems allow the doctor not only to check their own diagnostic assumptions, but also turn to the computer for advice in difficult diagnostic cases.

ES today play a very important role in the development of healthcare in general, and serve to provide systematic assistance to medical personnel in case of controversial and problematic situations in the treatment of patients. Medical

ES can solve not only diagnostic problems, but also help in predicting the course of diseases and in choosing the tactics for their treatment. In which situations can expert systems help?

ES, as a rule, are applied in a situation when problems of the following nature arise:

- The initial data presented to the experts are ambiguous or contradictory.
- It is impossible to determine the algorithm for the unique solution of the problem by classical methods.
- The task cannot be represented in numerical form.

So, if a problem is characterized by any (or several) of the above factors, then it is advisable to use an expert system to solve it.

Medical problems, as a rule, possess precisely such properties, because initial data are often represented by a large number of confusing and possibly conflicting clinical data.

There are various approaches and methods to the design of expert systems, however, among the developers of medical ES at the moment, one of the most priority areas is the development of so-called self-learning intelligent systems (SIS), and more specifically – artificial neural networks.

Artificial neural networks (ANN) are mathematical models and their software (or hardware) implementations that are built in the image of biological neural networks (networks of nerve cells of a living organism that are combined in the nervous system) [21]. In other words, ANN are information processing systems that are based on modeling the functions of the living brain.

ANN differ in that they are nonlinear systems, which makes it possible to process and analyze data an order of magnitude more qualitatively than using linear methods. Another advantage of neural networks over classical algorithms is the ability to learn. Neural networks are not programmed in the classical sense of the word, but are trained on specific examples. In fact, the system, «training» on the *n*th number of given examples, summarizes the information obtained in the process and develops a reaction with respect to data that did not directly participate in the learning process of the system. Training ANN consists in finding connections between elements of the system.

Thus, ANN can make decisions based not only on the data originally laid down in them, but also on hidden patterns revealed by them.

The basis of any artificial neural network is the same elementary elements, the function of which is to simulate the work of neurons. Like brain cells, each artificial «neuron» has a group of «synapses». In the case of ANN, «synapses» are one-way input connections that connect to the outputs of other «neurons». Artificial «neurons» also have «axons» (an output connection by which signals are sent to the «synapses» of other neurons).

As already mentioned, the work of the ANN was originally based on models of biological information processing systems that are capable of parallel data processing. Accordingly, this principle is also characteristic of artificial networks. This effect is achieved due to the fact that in the network a large number of «neuron» elements are combined into the so-called layers, which, in turn, are interconnected.

It is reasonable to note that the more complex an artificial neural network, the more complex problems it can solve. However, the number of neurons and their layers in the network is limited by the power of the computer.

As already mentioned, the development of ANNs is one of the most promising areas in the use of expert systems in medicine. However, this is not the only technology used.

Another technology that is used to process information in order to detect new interpretations of knowledge to solve problems of forecasting and classification is Data Mining. In Russian, this concept is defined as «discovery of knowledge in databases.» In fact, we can say that Data Mining is the process of detecting previously unknown interpretations of knowledge, hidden patterns in the source data [22].

It is worth saying that Data Mining tools are available even for people who do not have deep mathematical training, thanks to flexible visualization algorithms.

Data Mining methods allow you to identify several types of patterns:

- *Classification.* With its help, it is possible to identify signs that characterize the group to which the object in question can be attributed. In this case, this is based on the analysis of already classified objects.

- *Clustering.* In fact, the same classification, however, the groups to which the analyzed objects belong are not specified, i.e. Data groups are allocated directly using Data Mining.

- *Association.* It is determined if there are several events related to each other.

- *Sequence.* It is determined if there is a whole chain of events related to each other.

- *Forecasting.* The basis for forecasting is information that is stored in databases. The construction of mathematical models allows us to predict the behavior of the system in the future.

Data Mining is based on various methods and algorithms: decision trees, nearest neighbor method, Bayesian networks, linear regression, correlation analysis, regression analysis, cluster analysis, associative rule search methods, genetic algorithms, support vector method, etc.

Today, there are a great many expert systems that work on the basis of various methods and are used in many areas of medicine. However, a common feature of medical ES (especially when it comes to learning systems) is the lack

of a single technology for their creation. For the most part, in development and already in fully functioning systems, various functioning algorithms are the basis. As a result, for each task, as a rule, it is necessary to develop your own architecture.

It is worth mentioning that, despite the fact that the use of expert systems in medicine allows you to reach a new level in the process of solving problems such as diagnosing and predicting the course of the disease, there is a psychological aspect to using ES. Since the doctor has a huge responsibility for his decisions, it is very important for him to be sure of his actions, or those prompted by him from the outside.

Thus, on the one hand, ES in medicine can significantly facilitate the decision-making process by a doctor, especially in non-standard situations, perform a more complete and accurate data analysis, help when it is necessary to make a decision promptly, reduce the number of errors related to the human factor. On the other hand, such a system can only become a useful tool in the hands of an expert, and in no case can it completely replace a doctor.

Currently, AI methods and tools in healthcare are used in the following areas:

- applications and software for the recognition of medical images (magnetic resonance imaging (MRI) images, ultrasound findings, cardiograms, computed tomography results);
- startups for the development of drugs (microscopic analysis, study of the effectiveness of drugs, the study of viruses and the search for effective vaccines);
- the use of machine learning technologies in the field of prosthetics (intelligent systems develop convenient prostheses taking into account the anatomical features of a person);
- applications for remote patient care (they are popular in Great Britain – with their help general practitioners can remotely give recommendations for the treatment of colds or other conditions that are not life-threatening);
- start-ups for the treatment of cancer (for example, SOPHiA AI - an application for the diagnosis of cancer, attracting \$ 30 million investment, able to analyze the clinical picture of the patient's condition and offer an effective treatment regimen)

Next, we consider the largest developments associated with the use of AI in various fields of medicine.

### *AI for treating cerebral aneurysms:ge healthcare and fujitsu australia project*

Macquarie University (Sydney, Australia) and Macquarie Medical Imaging have partnered with GE Healthcare and Fujitsu Australia to explore the power of artificial intelligence to diagnose and control cerebral aneurysms. University

staff conducted a clinical examination to develop and test the technology presented by GE Healthcare. Fujitsu company will lead this initiative. Fujitsu is about to apply artificial intelligence technology to brain images taken with the GE Revolution CT scanner. And to decrypt the image and search for anomalies in the vessels, a special algorithm will be used [24].

Artificial intelligence systems have been actively used in medicine for several years, including for decoding medical images. However, for such a serious disease as vascular aneurysm, they are used for the first time.

In addition to determining the presence of a disease, the AI platform will also monitor patients who have undergone surgery or are at risk. John Magnussen, a professor at Macquarie University, emphasized that cerebral aneurysms are difficult to detect, and even experienced physicians with a long history of decoding CT images are hard to do.

With the help of artificial intelligence technology, a more accurate diagnosis has become possible: the system automatically marks suspicious areas in the images, and then monitors the state of this area of the brain, based on a later CT scan.

Magnussen explained that creating a sufficiently large data set of normal and pathological cases of the state of the vessels of the brain is the most difficult part of learning the neural network. The system must learn to distinguish what exactly is a pathology and what is the norm. If you give her the initial incorrect data, then the result of the training will be bad. Compared, for example, with the labeling of data sets for self-driving cars, data sets for training AI to recognize brain images are much longer and more thorough. There are not many specialists in the world who are able to competently decode a medical image and determine if there is a pathology on it or a norm.

So far, the system is a «mean» solution to the problem of medical imaging. And she will need time to be able to at least partially replace experts in this process. If the experiment is successful, and the neural network begins to qualifiedly find a pathology, the prices for such services in clinics will immediately become lower, which means more affordable for most patients.

The next stage in the work of doctors and engineers is the creation of data sets in relation to other, no less serious diseases. With the increasing computing power of AI, companies such as Google and IBM offer solutions for tasks and processes that previously seemed overwhelmingly complex. By combining the academic skills of the university, the experience of marketers in bringing a product to the market and the knowledge of doctors, you can get a truly effective solution at an affordable price, said Dr. Magnussen.

### *India actively uses AI in healthcare*

In April 2018, an AI-based medical device was approved by the U.S. Food and Drug Administration (FDA). This step has been decisive regarding the



spread in other countries of artificial intelligence platforms in healthcare. IDx-DR, a software algorithm that uses AI to analyze eye images with a camera, achieved 87% accuracy in detecting mild diabetic retinopathy (a condition in which high blood sugar damages the blood vessels in the retina).

India, as a participant in the global intellectual race, was one of the first to introduce modern technology in medicine. For Indian companies providing IT services and developing AI and machine learning (ML) tools for other sectors of the economy, the introduction of artificial intelligence in healthcare has become a real breakthrough in the diagnosis of diseases. Today, Indian IT companies work with local and foreign clinics and institutes to gain the necessary experience in this industry.

For example, last year, the technology company NTT DATA Services teamed up with Deenanath Mangeshkar Hospital in Pune to start using an AI-based solution to diagnose lung emphysema [24].

Over the six-month period in which this program has been used in India, the detection rate of emphysema has increased by 170%. Traditional diagnostic systems are not as effective and will never be able to diagnose diseases with the same accuracy.

The use of artificial intelligence to automate the analysis and accelerate the process of medical care has helped Indian clinics start working with less time and resources.

NTT DATA Services solutions rely on twenty years of experience integrating clinical imaging with new artificial intelligence tools for image analysis. The company is currently testing not only in India, but also in the USA and Japan. In fact, the technology provider allows customers to use their developments in exchange for their medical data arrays.

There are various aspects of the use of technology in healthcare, for example, prognostic diagnostics, decoding of medical images, analysis of drug efficacy, comparative analysis of treatment methods and much more. And in all these areas of the development of medicine, the addition of artificial intelligence to existing equipment and technical equipment made the diagnostic process hundreds of times more efficient. Persistent Systems technology service provider uses AI in predictive diagnostics.

In collaboration with the Indian medical organization Prashanti Cancer Care Mission, the company has developed a platform for identifying breast cancer markers in at-risk patients. Persistent Systems is also collaborating with clinics in the United States to develop advanced solutions for the diagnosis of lung cancer and to determine the likelihood of developing kidney disease in people of Asian and African nationality.

Representatives of Persistent Systems emphasize that they have been working on predictive modeling technology for more than ten years. Although

India has one of the highest rates of cancer in the world, the focus so far is on treatment, not prevention. In 55% of cases of breast cancer, the disease is diagnosed at a late stage. For comparison: in the UK, only 11% of cases are diagnosed in advanced stages.

Recently, India's largest IT provider Tata Consultancy Services (TCS), in collaboration with Tata Medical Center, has set up a research center to develop predictive analytics technologies and identify cancer biomarkers. Another Indian high-tech solution maker, Niramai Health Analytix, has introduced a completely new method for detecting cancer – the Optrascan solution, which replaces laboratory microscopes. Optrascan applies AI and ML algorithms to slides that pathologists work on. The accuracy level of the program is 95%.

*The medikanren AI program has discovered a rare genetic mutation*

The author of the development is a professor at the University of Alabama in Birmingham, Matt Maight. He heads the Hugh Kaul Precision Medicine Institute which is a university research unit. Professor Might invented the mediKaren program specifically to diagnose Bertrand's son. Despite the fact that the program was officially created in 2010, they started talking about it only now, after eight years of experimental use in the laboratory [24].

After unsuccessful attempts to establish the cause of the mysterious disease, as a result of which the child developed many strange symptoms, including accumulation of fluid in the lungs, bloating and vomiting, Professor Might wrote the code for the program based on artificial intelligence and created mediKanren. Until the creation of this intelligent system, Might developed an AI platform that could view and analyze huge amounts of medical data, so he improved the development and received a completely new program. Currently, mediKanren is only available to experts at the University of Alabama in Birmingham as an experiment.

As part of a project funded by the National Institute of Health, mediKanren began to be used to communicate and access medical data collected by universities and research laboratories over several decades, including information about genes, complex proteins, and symptoms of diseases, treatment results, available drugs, etc. Information that was previously scattered across hundreds of databases, formatted in different formats, did not lend itself to simple analysis. Now mediKanren has a GPS function that doctors and scientists use to navigate the global network. She is looking for connections that will help doctors understand the underlying causes of the disease and develop new treatments.

According to Professor Might, the main role of artificial intelligence lies in its ability to provide analysis in the healthcare sector, automate processes and find new treatment methods. In the case of Professor Might's son, the program

brought cancer, autoimmune disorders and infections to the top of the ranking. So the diagnosis was made: a rare genetic double mutation in the NGLY1 gene, encoding an enzyme responsible for the disposal of cellular waste. The boy was the first patient with such an officially confirmed diagnosis. The lack of enzyme in the body of the boy caused the development of a neurodegenerative disorder. People with this ailment suffer from muscle weakness, seizures similar to epilepsy, as well as developmental delays and lack of secretion of the lacrimal glands.

Currently, mediKanren's developer, Professor Might, has partnered with a network of pharmacies to develop algorithms that determine the availability of drugs that can be used to alleviate the symptoms caused by the mutation of the NGLY1 gene.

Due to the operation of the AI system, it was found that the drug Prevacid, used to treat stomach ulcers and acid reflux, improves lung function and allows Bertrand to communicate with his parents.

The mediKanren platform operates in 80 databases and has access to all studies published on PubMed, as well as to a collection of medical articles from federal medical institutions. The system provides any documented information about the molecular and genetic features that caused the disease in the patient, and also informs what treatment the patient received.

One of the most common causes of death in hospital patients is acute kidney damage or acute renal failure (ARF). The kidneys are a blood filter in the human body, without their proper functioning, death occurs very soon. According to the US Centers for Disease Control and Prevention (CDC), as of 2014, 4 million people were diagnosed with acute renal failure. Annually, as a result of this condition, hundreds of thousands of people die, and survivors require an expensive dialysis procedure (artificial blood purification with a special device).

Researchers at DeepMind Health have developed an artificial intelligence algorithm that determines which patient may suffer from acute renal failure in the near future. Prevention of acute renal failure is complex because there are many reasons for this condition. Typically, the kidneys fail during a major operation or are associated with complications after surgery, blood poisoning. Also, some medications, burn complications, heart attacks, and very often all this happens in hospitals.

Algorithm DeepMind Health – a subsidiary of Google, specializing in artificial intelligence – identifies patients at risk of acute renal failure and predicts this condition in 48 hours. Immediately after creation, the algorithm worked with an accuracy of 55%, after a while the indicator reached 90.2%. To train the algorithm, engineers provided AI data from the US Department of Veterans Affairs electronic medical records. The neural network looked at the

medical records of 703,782 adult patients, thus forming a data set of 600 thousand symptoms and medical information. It includes the results of a blood test, vital signs, prescribed medications and procedures, as well as medical data, such as transfers between the wards or hospitalization in the intensive care unit.

AI identified 4 thousand factors that help in identifying ARF. After examining the indicators, the system calculates which of the patients will suffer in the next 48 hours. Thus, doctors have time to take action and prevent kidney failure.

It is still unknown whether the algorithm will be just as effective if the doctor has only a description of the patient's current clinical picture (without previous records of blood transfusions, medications, etc.). Now the developers are improving the diagnostic model and intend to use it to diagnose diseases such as diabetes, sepsis, and liver failure.

### **3.2. Medical analytic platform dearhealth**

DEARhealth, Inc. (Los Angeles) is an American startup in the field of healthcare that provides clients with a SaaS technology platform for the comprehensive analysis of patient data [25]. Based on the analysis, medical specialists can provide targeted assistance to a patient with a specific disease without prescribing useless examinations or tests. DEARhealth, Inc. provides an excellent example of the work of artificial intelligence in medicine, including the analysis of electronic medical records (EMR), psychological support programs for patients and doctors, increased labor productivity and health monitoring, as well as individual training programs for doctors and nurses. Bonuses for patients are obvious: improvement of well-being, reduction of medical procedures and unnecessary expenses for medicines.

DEARhealth, with the support of the University of California at Los Angeles (UCLA), recently announced the closure of the Series A funding round with investors from Philips Health Technology Ventures, Vesalius Biocapital III. The investment amounted to 6.8 million euros. Thanks to this financial infusion, the provider of smart medical services plans to increase the number of hospitals that will introduce modern technologies into ordinary medical practice. With these technologies, hospitals will improve the quality and cost of their services.

DEARhealth expands and opens an additional office in Amsterdam (Netherlands), thereby increasing the number of its clients – medical institutions.

During the first test trials in 2012, at the beginning of his work at DEARhealth, Dutch scientist Daniel Hommes studied how patient care based

on data on their chronic diseases affects the results of doctors. The first group of patients with inflammatory diseases of the gastrointestinal tract showed a decrease in the frequency of relapses and hospitalization.

Ultimately, this approach greatly reduced projected costs. Since 2012, the company has expanded the list of chronic diseases with which doctors worked on specially designed comprehensive programs (diseases of the liver, kidneys, joints, cancer, pain syndromes, epilepsy, etc.).

DEARhealth technology offers patient-centered, neural network-controlled methods of providing medical care.

The AI offers the necessary analyzes and procedures, and coordinates not only the work of doctors, but also the work of nurses. Every day, the system issues recommendations for optimizing the treatment process, taking into account the results of the tests, the dynamics of the disease (improvement or worsening). The doctor may accept or decline the offer, recommendations are not binding. However, in any case, the system is looking for a solution that is consistent with the principles of Quadruple Aim (the triple goal is to improve the quality of patient care, improve public health and reduce the cost of medical care).

Patients are also involved in the work of DEARhealth: with the help of mobile applications, they actively participate in the process of training the neural network. They leave feedback on the quality of psychological support, nutrition, the attitude of a doctor, etc. Additional advantages of this innovation in healthcare: the platform is easily integrated with any software that analyzes electronic medical records, so the tasks are immediately distributed between primary care physicians, specialized specialists, hospital coordinators and even nursing staff.

### **3.3. AI screening program for diagnosing cancer in children**

Atomwise company (San Francisco, USA) and the Ukrainian company Enamine (Kiev), specializing in research in the field of fine organic synthesis, have launched a virtual drug screening program using artificial intelligence technology. The program was called 10-to-the-10 («10 by 10»). It is based on a data library of 10 billion compounds and will be used to discover low molecular weight cancer drugs in children.

Atomwise will provide software for evaluating billions of chemical compounds, and Enamine will provide access to its virtual compound library. Atomwise CEO Abraham Heifets said that thanks to the artificial intelligence platform, many pharmaceutical companies that are now partners in the company have been able to identify effective submolecular compounds. They

become the basis for future medicines, and you can only imagine what will happen when the chemical library grows hundreds of times.

In early July, Atomwise signed a long-term agreement with the pharmaceutical holding Eli Lilly and Company on the provision of artificial intelligence-based software. Currently, the neural network will study the 10 most effective drugs selected by the holding from its own base. The details of the financial transaction with the Ukrainian company Enamine were not disclosed, but in the case of Eli Lilly and Company, Atomwise will receive \$ 1 million for each drug at the testing stage, and subsequently up to 550 million for all stages of drug development and commercialization.

Oncological diseases at different stages are annually diagnosed in 300 thousand children and adolescents around the world. Many types of cancer, despite research, still do not have effective treatment, and existing methods in 80% of cases cause serious side effects. The «10 by 10» program deals with viewing chemical compounds never before used in pharmaceuticals. So the likelihood of developing drugs that activate target cells to fight tumors will increase significantly.

Such cells inhibit the formation of metastases and the growth of malignant cells. The connection database has become available through the merger of two technologies: Atomwise AI algorithms, Enamine's REAL (readily accessible) virtual library, and cloud computing. If molecular compounds of future drugs were selected with such a speed of analysis of compounds as 5 or more years ago, the invention of a truly effective drug would take decades.

In addition to the Ukrainian company Enamine, the American provider of intellectual services is now collaborating with Charles River Laboratories, AbbVie, Merck, Duke University School of Medicine, Bayer and Karolinska Institutet [25].

### **3.4. Chronic Disease Detection Software**

Steele Institute for Health Innovation research organization owned by company Geisinger, in collaboration with Medial EarlySign, has developed a service to detect the early stages of chronic gastrointestinal diseases and related disorders. Medial EarlySign, a developer and provider of machine learning and artificial intelligence solutions, has hosted many disease diagnosis applications. The company's specialists are adapting artificial intelligence technology to identify hidden patterns of diseases. Conventional medical equipment without an AI component cannot detect these signs, which means that the patient loses precious time and comes to the doctor, a few years later, already with a set of intense symptoms that require complex and expensive treatment.

The new software for clinics specializing in gastroenterological disorders will use the EarlySign LGI-Flag technology, which analyzes changes in the performance of regular blood tests. Thanks to technology, doctors will sooner identify the problem and report the possible consequences to the patient. As a result of such a warning diagnosis, the patient has the opportunity to choose methods of treatment, preventing the development of the disease [17].

EarlySign LGI-Flag is powered by the AlgoMarkers predictive algorithm, which filters millions of records from electronic patient records (EHR). In fact, this is 10 years or more of the history of EHR management. In addition, the system keeps a strict record of patients, records all changes in the medical history. The algorithm is based on a set of machine learning tools that was specially created to work with large medical databases. Risk predictors indicate the likelihood that the patient will develop a particular disease, and how his condition will change over the next 2, 5, 10 years.

Geisinger is known not only as the customer of the solution, but also as a supporter of cognitive computing for the fight against chronic obstructive pulmonary disease (the third highest mortality rate in the United States), diagnosis of intracranial hemorrhage and other life-threatening conditions. The company plans to obtain the status of a national leader in healthcare and innovation. Thanks to EarlySign LGI-Flag, doctors were given a unique opportunity to diagnose dangerous diseases, help people live better, avoid the huge costs of treatment in specialized clinics and generally increase the life expectancy of the population.

### **3.5. Command center – Ge Healthcare Hospital Management System**

The developer of medical equipment, GE Healthcare, presented at the K-Hospital Fair 2019 medical exhibition in Korea (Seoul) an artificial intelligence system for managing a hospital called the «Command Center». The second working title of the solution is Mural. This AI system was launched in seven hospitals in the US, UK and Canada. Currently, the development is awaiting approval of the launch for sale and mass use by the Korean authorities [17].

Korea University Hospital will be the first Korean medical institute to implement this system in the next three years. The command center combines all disparate data about patients in the hospital, sorts information by importance and warns health care providers about a patient who needs emergency medical care and specialized treatment.

Each patient's clinical data is updated in real time on the Command Center control panel. Access to the panel is through a web browser on portable devices or computers. Due to this, remote monitoring is carried out, the time spent in

the general ward in emergency situations is significantly reduced. Park Jong Hoon, president of Korea University Hospital, said the AI system will be deployed in emergency care facilities from the emergency department, and then across all specialized departments.

According to Kerrie Hauge, Managing Director of GE Healthcare, at Johns Hopkins University, the first hospital to introduce the Command Center, patient waiting times were significantly reduced, and there was an increase in the number of free hospital beds for critically ill patients.

Until the launch of the Command Center, GE Healthcare was on the periphery of the telehealth market. However, GE diagnostic solutions are widely used in hospital networks around the world. Existing big data will be useful for the development of the new platform and telemedicine as a whole. According to the developers, the Command Center opens up new opportunities for such surgeons, cardiologists - the most popular professions in the medical field. In terms of technical capabilities, this platform may well compete with such giants of telemedicine solutions as Philips and Avizia.



# Chapter 1. APPLICATION OF AI METHODS AND TOOLS IN ROBOTICS

## 4.1. Intelligent mechatronic modules used in robotics

The main feature of the modern stage of development of mechatronics is the creation of a fundamentally new generation of modules – intelligent mechatronic modules [26].

*Intelligent mechatronic module* (IMM) is a structurally and functionally independent product with a synergistic integration of mechanical, electrical (electrical), information and computer (electronic) parts, which can be used individually and in various combinations with other modules.

Thus, in comparison with mechatronic motion modules (MMM), microprocessor computing devices and power electronic converters are additionally integrated into the IMM design, which gives these modules intellectual properties and is their main distinguishing feature from MMM.

In fig. 3.1, a and fig. 3.1, b, the SIEMENS intelligent mechatronic modules SIMODRIVE POSMO A and SIMO-RIVE POSMO SI are shown, respectively, including an electric motor 1, a mechanical transducer 2, and a power transducer 3.

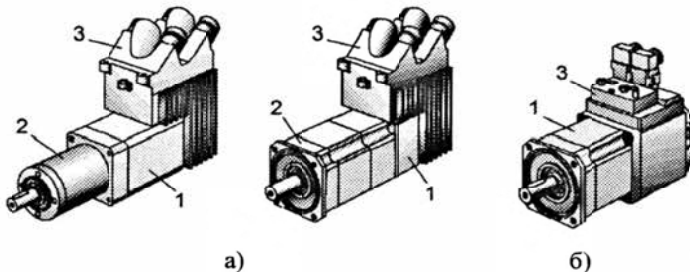


Fig. 4.1 – Intelligent mechatronic modules

The synergistic integration of these elements forms the structural basis of mechatronics. The mechatronic idea of synergistic integration of elements of various physical nature is becoming increasingly popular among developers and consumers of high technology products. The first samples of intelligent mechatronic modules appeared in the mid-90s of the XX century, and in recent years their market share has been growing rapidly. Thus, according to Packaging Digest magazine [26], currently, built-in motion controllers are used

in 35.1% of mechatronic packaging machines. Over the next 1.5 ... 2 years, an increase in the share of cars of this class by 8 ... 10% is expected. A similar trend is observed in other fields of application of mechatronic systems, in particular, in automated engineering.

Consider the main advantages that are provided by the use of intelligent mechatronic modules:

- the ability of the IMM to perform complex movements independently, without resorting to the upper level of control, which increases the autonomy of the modules, the flexibility and survivability of mechatronic systems operating in changing and uncertain environmental conditions;
- simplification of communications between the modules and the central control device (up to the transition to wireless communications), which allows to achieve increased noise immunity of the mechatronic system and its ability to quickly reconfigure;
- creation on the basis of IMM of distributed control systems using network methods, hardware and software platforms based on personal computers and related software;
- the use of modern methods of control theory (software, adaptive, intelligent, optimal) directly at the executive level, which significantly improves the quality of management processes in specific implementations;
- intellectualization of power converters, which are part of the IMM, for the implementation directly in the mechatronic module of intellectual functions for motion control, protection of the module in emergency conditions and troubleshooting;
- intellectualization of sensors for mechatronic modules allows achieving higher measurement accuracy by programmatically providing noise filtering, calibration, linearization of input / output characteristics, compensation of cross-connections, hysteresis and zero drift in the sensor module itself.

The main factor restraining the use of intelligent mechatronic modules in serial products is their high price, although in recent years it has been constantly decreasing. This is due to a number of technological factors:

- recent rapid development of hardware devices and information technologies focused on traffic control tasks;
- the advent of a new generation of semiconductor devices (power field effect transistors, insulated gate bipolar transistors, field-controlled thyristors);
- transition to a new element base in motion control systems – these are digital signal processors (DSP – processors) and FPGA units (Field Programmable Gate Arrays);
- the development of hybrid mechatronics technologies that enable the integration of electronic and computing devices into mechanical components.

From the point of view of functional structural analysis, intelligent mechatronic modules implement all seven functional transformations. The IMM structure includes electromechanical and control subsystems, as well as a power converter and corresponding interfaces. The IMM consists of the following main elements:

- an electric motor (although it is possible to use engines and other types, for example, hydraulic);
- mechanical converter;
- feedback sensors and touch devices;
- control controller;
- power converter;
- interface and communication devices.

In modern IMM, various types of electric motors are used: angular and linear motion, variable and constant current, manifold and valve, continuous motion and stepper. As motion converters, gear, screw and other gears are used. In the designs of some IMM built on the basis of high-torque engines, motion converters are absent.

Intelligent mechatronic modules use various position and speed sensors (photopulse, rotating transformers, tachogenerators) and sensors (current and torque, temperature and vibration sensors), which transmit information to the computer control device about the actual state of the module subsystems.

Built-in controllers, implemented on a modern elemental base, allow to obtain compact and reliable mechatronic products with intelligent functions, and to build multi-axis mechatronic systems with decentralized control on their basis.

In combination with the open architecture of PC-NC control systems, this allows you to create completely new control systems that have fundamentally new characteristics in terms of speed, accuracy and functional flexibility.

It is crucial that all of the listed items are whether they are constructively combined by the developer in a single package. In this case, communication devices become indoor units inaccessible to the user. When developing IMM, it is necessary to consistently perform the stages of the functional-structural and structural-constructive Lisa and then proceed to the design implementation of the selected option.

It should be noted that the essence of intelligent mechatronic modules is not determined by the type of structural elements used juveniles in this design, and primarily their functional purpose.

## 4.2. Examples of intelligent mechatronic modules

One of the first intelligent mechatronic modules is the SmartMotor module of the American company Animatics Co., which appeared on the market in 1994 [26].

It was created on the basis of a standard electric motor with a diameter of 60 mm, in the back of the housing of which an additional photo-pulse sensor, an amplifier, a 32-bit programmable controller and a communication device with a network were installed. The module is universal, can be used in mechatronic systems for various purposes.

The manufacturer emphasizes that the module consists of standard elements by 70%, which allowed to reduce its cost and ensure high reliability. The user can independently select the control mode (by position, speed or acceleration), and also use computer control algorithms that compensate for the influence of backlash in motion converters on the dynamic characteristics of the module.

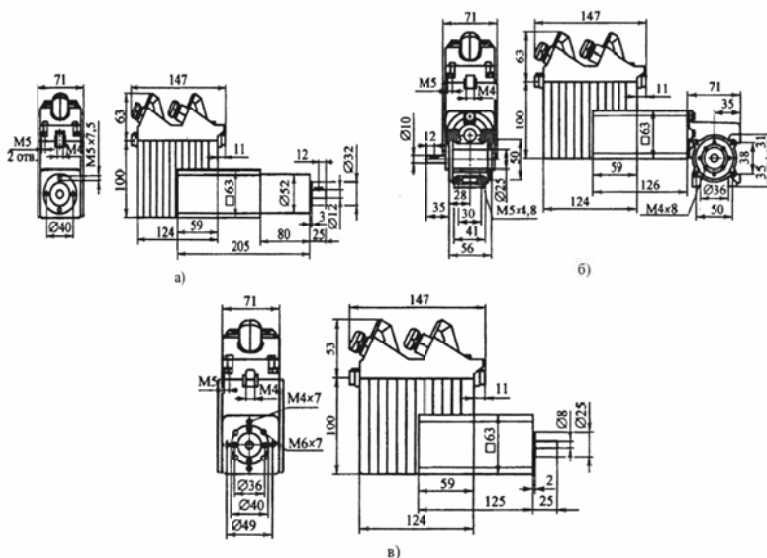


Fig. 4.2 – Intelligent mechatronic modules SIMODRIVE POSMO

Firm SIEMENS produces intelligent mechatronic modules SIMODRIVE POSMO A (Fig. 4.2), consisting of the following elements:

- valve motor with permanent magnet excitation;

- planetary (Fig. 4.2, a) or worm (Fig. 4.2, б) transform motor movement (may be absent (Fig. 4.2, c);
- brake device (may be absent);
- built-in photo-pulse sensor (PPS);
- power converter, which is structurally fixed on the engine cover;
- complete control device including a regulator engine, positioning and programming blocks, as well as communication interface for connecting in the environment PROFIBUS.

A distinctive design feature is a removable cover for connecting the power converter, which contains an integrated PROFIBUS bus address switch and a brake resistor, which allows you to turn off the engine if necessary without breaking communication and power (power) connections in other devices. By combining the communication and power buses, the simplification of the internal structure of the module is achieved and its compactness is ensured.

The module is controlled by a standard bus PROFIBUS, and the following driving modes are possible:

- moving to an end position with a programmed speed and adjustable acceleration;
- movement with adjustable shaft speed and adjustable acceleration.

Using special software, the operator can set temporary or logical conditions in the motion program, use clearance compensation methods (backlash), receive messages about the swivel position and diagnose the module status. The technical data of some SIMODRIVE POSMOA modules is given in table. 4.1 [26].

Table 4.1 – Technical characteristics of the intelligent mechatronic modules SIMODRIVE POSMOA

Type of module	75 Watt	300 Watt
Supply voltage U, B	24	48
Type of motor	Permanent magnet excitation	
Nominal motor shaft speed $n_n$ , rpm.	3300; 2000	3500; 3000
Nominal engine torque $T_n$ , Nm	0,18; 0,36	0,48; 0,95
Motor rated current I, A	4,5; 9	5; 10
Engine efficiency $\eta$ , %	65	75
Engine moment of inertia, $J_n$ , $\text{kgm}^2$	$6 \cdot 10^{-2}$	$6,3 \cdot 10^{-2}$
Feedback sensor	incremental	incremental

Module mass $m$ , kg: without gear	3,1	3,9 (4,0)
with gear	3,5	5,1 (5,2)
with gear	3,7	5,4 (5,5)
with gear	3,9	
with worm gear	3,5	
<b>Note. Values in brackets are the mass of the module with the brake.</b>		

The intelligent mechatronic module SIMODRIVE POSMO SI (Fig. 4.3) of SIEMENS firm is designed to implement movements along one controlled coordinate during decentralized control of the mechatronic system.

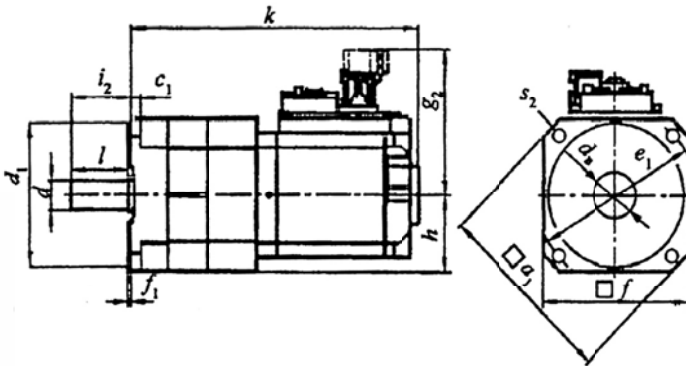


Fig. 4.3 – SIMODRIVE POSMO SI intelligent mechatronic module

The module includes the following elements:

- valve motor with permanent magnet excitation (power supply voltage 600 V);
- motion converter and brake device;
- power electronics unit;
- built-in photo-pulse sensor (PPS);
- fan for forced cooling;
- a control device, including a control controller, positioning and programming units, as well as a communication interface for the PROFIBUS bus.

*Functionality of the module:*

- positioning along one axis with the possibility of free programming of a sequence of movements;

- use as a slave device (Slave) in the PROFIBUS-DP network with fast cyclic data exchange with the master device (Master);
- interpolation type of movement together with other drives thanks to a hierarchical control system with motion controller and PROFIBUS-DP bus;
- built-in system for measuring absolute displacement values;
- quick commissioning of all drives on the PROFIBUS-DP bus thanks to the special SimoCom U program running under Windows 95/98 / NT.

SIEMENS, a manufacturer of these modules, notes their following advantages:

- minimization of consumer costs for the control rack by placing the module directly in the machine;
- quick installation of the machine due to the installation of the module and the combination of communication and power buses;
- direct connection of signals using 4 terminals, which are configured as inputs or outputs, installation of modular, easy-to-use, plug-in equipment and standard cables;
- a plug-in connection cover with an integrated PROFIBUS-DP address switch allows you to disconnect a module or drive circuit without interrupting other communications;
- quick diagnostics thanks to light-emitting diodes indicating malfunction and readiness for work, as well as information transfer via PROFIBUS-DP and the use of a special program SimoCom U;
- quick replacement of modules using a memory card (Memory Card).

### **4.3. Intelligent control systems for mobile robots**

The development of modern robotics is rapidly starting to cover fundamentally new application areas related to work in uncertain and extreme conditions – from space and deep-sea research, maintenance of nuclear power plants, elimination of the consequences of technological accidents and disasters, the fight against terrorism and use in the interests of the armed forces, police and other special forces, to perform complex medical operations, automation of public utilities, organization of life and leisure. A significant impetus to the creation of remotely controlled and autonomous robots was the Chernobyl accident (1986) and the accident on the Kursk submarine (2000), terrorist attacks in Chechnya and a number of Russian cities. In addition, the implementation of search and rescue operations, the solution of environmental monitoring tasks, the operational control of emergencies at oil- and gas-pipelines, power lines and other long-distance objects cause considerable

interest in the creation of unmanned small-sized aircraft with remote and autonomous control.

The need to create automatic systems capable of fulfilling the required functions in an undetermined (or uncertain) environment caused a sharp intensification of search research on the applied use of artificial intelligence methods and technologies in robotics tasks in general, and when creating control systems for autonomous mobile robots and unmanned aerial vehicles, particulars [27].

At present, remote-controlled mobile robots used by troops have become quite widespread.

The key problems of using remotely controlled mobile robots are associated with the unreliability and narrow bandwidth of communication channels, as well as the complexity of the operator's work, which controls and manages object according to indication of measurements instruments.

Therefore, there is a need to create autonomous mobile robots capable of fulfilling the task on the basis of operator macros without using terminal control.

A high degree of autonomy determines the need for adaptation of robots to a dynamically changing operating environment. Such robots must make their own decisions in a complex and predetermined environment. Therefore, autonomous robots must have an intelligent control system [28].

As noted above, modern mobile robots are designed to operate in conditions harmful or dangerous to humans. Such conditions are present when performing technological operations in extreme environments, eliminating the consequences of accidents, and working with explosive objects. Using mobile robots in such conditions eliminates the threat to the health and life of the human operator. Thus, the urgent problem is the creation of mobile robotic systems with developed abilities for independent mobile movement and automatic fulfillment of the task.

An important role is played by the problem of creating an intelligent control system that allows the robot to function autonomously in an indefinite external environment with minimal human involvement.

Currently, in most cases, robot control carried out by the human operator at the level of movements, while continuous monitoring of the robot and operational control of its actions are required from the person. This approach is determined by the inability of the robot make independent decisions and has several disadvantages. To them it is possible to relate the need for organization and ongoing support of the communication channel with human operator (cable or radio), which is essential limits the scope of the robot.

When performing technological operations, the operator, receiving from the technical vision system information about the object and the process of work performed, continuously performs manual control of manipulator and vehicle.



The complex management process, combined with the nature of the work that requires increased attention and caution, leads to rapid fatigue of the operator and, as a result, increase the likelihood of erroneous actions. Besides, a person can not always correctly assess the situation according to telemetry and implement adequate management. This can be avoided if management by the human operator is not at the task level of individual movements, but at the level of goal setting.

In this case, the robot must independently (or at minimum human participation) perform tasks. Intelligent control systems allow you to expand mobile robots functionality and enhance the effectiveness of the work performed by ensuring their autonomous performance in partially non-deterministic conditions [28].

In the modern concept of ensuring the safety of people, a significant role is given to the use of mobile robotic tools. This is due to both the possibility of round-the-clock availability of such robots, the increased value of human life in the consciousness of society, and the cheapening of robots themselves.

To one degree or another, the use of mobile robots in the interests of special services is possible during any type of operation. However, the most appropriate use of robots in carrying out blasting operations and anti-terrorist operations, as well as in the protection of important objects.

The use of robots during blasting operations to ensure the safety of people is possible to solve the following tactical problems:

- search and diagnostics of explosive devices;
- destruction or evacuation of explosive devices;
- demilitarization or disposal of explosive devices;
- conducting chemical and radiation reconnaissance of objects and territories during anti-terrorist operations;
- production of electronic interference, smoke and special curtains;
- delivery and use of special tools of non-lethal action;
- covert penetration of captured and protected objects;
- conducting radio-electronic audio and video reconnaissance of objects and territories;
- destruction of barriers (doors, walls) during the protection of objects;
- patrolling the territory or perimeter of the object;
- suppression of attempts to penetrate the object;
- neutralization of violators.

These operations are carried out at different facilities and in a variety of conditions:

- at public transport facilities (urban transport, rail, aviation, sea, automobile);

- in places of residence and life of people (apartments, houses, offices, etc.);
- at industrial facilities (facilities of the chemical industry, nuclear technological cycle, etc.);
- at the objects of urban infrastructure (sewage, heating plants, water supply, etc.);
- in open terrain, in very rough terrain, in forests, etc.

The specifics of operations, operating conditions, and the functional purpose of a mobile robot determine its design features, the degree of complexity of the control system, weight and size characteristics, and the composition of special equipment [27].

In underwater robotics, the beginning of XXI can be described as the time of transition from traditional technical solutions to new ones, based on modern achievements in biology, chemistry, computer science and control theory. The introduction of these technologies allowed not only to revise the concept of using underwater technical systems in the study of the ocean depths, but also to raise the safety of the «human-ocean relationship» [28].

First of all, the use of underwater robots made it possible to minimize the threat to the lives of people involved in extreme underwater operations, such as:

- rescue work;
- elimination of environmental disasters;
- study of seismic areas of oceans and seas;
- examination of the complex topography of the bottom.

Also note that underwater robots used in technologically advanced countries, such as Japan, the USA, Canada, Italy, England, Russia, Iceland and others, are able to perform not only the above, but also various other tasks such as:

- participation in priority rescue (underwater-diving) operations in extreme situations (during radiation, chemical and bacteriological contamination);
- geological exploration (providing oil and gas exploration on the sea shelf and at great depths, the study of bottom abnormal phenomena and active geological formations of the ocean floor);
- monitoring the state of raw and biological resources and the environmental situation in the fishing areas in order to long-term forecast the variability of fish productivity of the most important fishing areas;
- oceanographic research and environmental monitoring of the aquatic environment;
- photo and video filming, mapping and acoustic profiling of the seabed;

- survey and search work (carrying out work on the search and inspection of sunken objects);
- inspection of underwater objects (inspection of structures and communications), emergency repair, restoration (cable laying) and under-ice operations (lighting of the underwater environment);
- military work, including, in particular, anti-submarine reconnaissance, patrolling, ensuring the safety of military equipment, search and clearance of mines.

In 2007, the total world population reached 6.6 billion, which is more than two and a half times higher than in 1950 - 2.5 billion. By 2050, nearly 9.3 billion people will live on Earth. Such data are presented in the report of the American non-governmental statistical organization «Bureau of Population Data» (BPD) [33]. According to experts, the population of our planet will increase by 45% by 2050. But at the same time, the world's population will not only grow in number, but also grow old. The number of people over the age of 60 years by 2050 will be almost two billion.

The above data indicate that the food demand of our planet's population will continue to grow. At the same time, the current state of agricultural production is characterized by a decrease in efficiency, which arises for a number of objective and subjective reasons, which include, first of all, the increase in energy prices.

We also note that in order to carry out the most labor-intensive agricultural operations, such as caring for plants, harvesting, hired labor of visitors from near and far abroad is used, which leads to a decrease in the intensification of agricultural production, an increase in the cost of production and a decrease in its quality.

In this situation, taking into account the future prospects of population growth, it is advisable to develop and apply robotic systems for agricultural operations such as:

- carrying out tillage;
- sowing operations;
- weeding and watering;
- harvest.

#### **4.4. Intelligent control system for a robotic system that ensures the safety of premises for domestic and industrial purposes**

At the L.N.Gumilyov Eurasian National University in 2017, a group of scientists developed the project «Creating an intelligent control system for a

robotic system that ensures the safety of premises for domestic and industrial purposes.» The main feature of this project is to control the robot using an artificial intelligence system (AIS). This ensures the autonomous operation of the AIS platform in patrol mode with navigation correction, electronic switching of internal and external devices (scanners, sensors, sirens, etc.), the continuity of the power supply of the system by moving to a wireless charging zone. AIS also provides transmission of audio-video information through a cellular communication system and the Internet to fixed users (homeowners) and receiving control signals [29].

Practical modern technical tools of support safety of premises for domestic and industrial purposes working in extreme situations (fire hazardous, explosive, radiation, gas poisoning, etc.) do not have ability to adapt to floor plans and move around the territory of the protected premises, overcoming various obstacles.

The proposed security system model in the form of an intelligent mobile robot can be upgraded depending on the tasks with the help of additional sensors. For example, these are not only water and gas leakage sensors, pressure sensors, temperature sensors, but also motion sensors, as well as a Geiger counter for determining the level of radiation or a nitrator for greenhouses, a spectrum analyzer, etc.

The main objective of this project was to create algorithms and hardware solutions for an autonomous software and hardware robotic complex for operation in extreme conditions. A distinctive feature of this complex will be an independent intelligent control system based on neural networks and fuzzy logic, the creation of an intelligent control system for a robotic system with the possibility of topographic and hardware adaptation depending on the extreme situation.

The practical result was the creation of a prototype robot guard for work in domestic and industrial buildings with a wide range of input systems from video surveillance to radiation monitoring.

The relevance of this project was to ensure security in domestic and industrial premises using an intelligent mobile robotic system. The research objectives were associated with the development of new algorithms for solving the problems of designing systems with artificial intelligence.

The intelligent control system for mobile robots automatically adapts to the layout of the premises, conducts intelligent data processing providing online monitoring and independently makes a management decision, including sending messages via a telecommunication system in extreme situations. The novelty of this project is an independent intelligent control system based on a self-learning multi-layer neural network with the elements of fuzzy logic [30].

The innovation of the project was in the development intellectual self-learning management and adoption system flexible integration into modern information and telecommunication systems and providing automatic control of the movement of the robot, taking into account the layout secure premises. Intelligent robot control system automatically adapts to arbitrary architecture secure premises, has the ability to remote online security monitoring of premises.

# Chapter 1. AI SYSTEMS IN TRANSPORT

## 5.1. AI in public transport

Public transport is something that residents of both megacities and small towns face. Passengers who often travel by bus, metro, trolleybus or tram want these trips to be as comfortable and safe as possible. To achieve this goal, AI technologies are being introduced into the urban transportation industry. With their help, it is possible to regulate the flow of cars, monitor bus routes, and ensure comfortable movement of people to their destinations.

### *Benefits of AI Systems for Public Transport*

Today, artificial intelligence technologies help automate and optimize various processes in the transport system. For example, AI is used to control traffic lights and reduce traffic congestion. Analyzing data on traffic congestion, AI recommends changing the route. Artificial intelligence is being introduced to study passenger flow and monitor the health of vehicles.

Various companies are developing smart buses with AI systems. Such machines are equipped with modern equipment and software that provide increased comfort and safety of passengers.

Thanks to intelligent systems in the field of public transport:

- improving the quality of passenger service;
- transportation becomes more secure;
- route optimization is in progress;
- cars break down less often;
- it's easier for carriers to control passenger flows and it's easier to keep track of the fleet.

Another indirect advantage of autonomous machines with AI systems: most often they are made electric. Due to this, less harmful gases are released into the air.

### *Unmanned vehicles*

According to statistics from the World Health Organization, more than 1 million people die in traffic accidents each year. Accidents often occur due to speeding, carelessness and inexperience of the driver.

An unmanned vehicle equipped with artificial intelligence differs from the traditional one in that it is controlled by a computer. Such a machine is able to move independently. It chooses a route taking into account the traffic situation, weather, time of day. An unmanned vehicle never gets tired and does not lose vigilance. Manufacturing companies claim that it is safe to ride.

Today in Russia, the USA, Sweden and other countries smart buses are being developed, tested and put on line.

In addition, an underground unmanned vehicle already exists. Autonomous subway cars that move without the help of drivers are used in Paris, Istanbul, Dubai and other cities. In Moscow, in the next five years, unmanned trains intend to launch on the Koltsevaya metro line.

#### *Foreign experience*

IBM and Local Motors have designed and tested the unmanned 12-seater electric bus. The Watson computer controls the transport. The vehicle can independently follow a given route. The computer system answers the questions of passengers: a smart bus is able to tell a person about local attractions and recommend a restaurant.

In Stockholm, in 2018, they began testing autonomous 11-seater shuttle buses. Unmanned operation of the transport is provided by the Connected Urban Transport platform, which was developed by the telecom company Ericsson. With its help, the car interacts with smart city systems - public transport stops, traffic lights, sensors.

#### *Russian experience*

In 2016, the unmanned 12-seater Shuttle electric car was presented to the public. It was developed by SIC NAMI specialists with the support of Yandex and KAMAZ. The machine is equipped with surveillance cameras and various sensors. The car independently paves the route to the destination.

In 2019, Cognitive Technologies and «PC Transport Systems» are planning to launch an unmanned tram on the roads of the Russian capital. The vehicle was constructed on the basis of the Vityaz-M model and equipped with an automatic control system. Despite the fact that the tram is considered unmanned, there will be a driver. Driver will be ready to take control of the car if a dangerous situation arises on the road.

We give other examples of the use of AI systems in transport. Unmanned vehicles with intelligent control systems are effectively used in mining, metallurgy, space and other industries. Unmanned vehicles, buses driven by artificial intelligence tools appear in cities. In general, everything related to automobile transport: calculate the time of arrival of a taxi, choose the cars that will see the order, calculate the time of delivery, correctly determine and predict prices – all this is done automatically by intelligent control systems. Let's consider in more detail the work of an intelligent system of automatic control of vehicle movement.

Figure 5.1. shows a block diagram of an intelligent vehicle of motion control system [31].

A car, considered as an inertial system with a force  $F$  as an input and a speed  $V$  as an output, can be represented in accordance with Newton's second law with a first-order system with a transfer function.

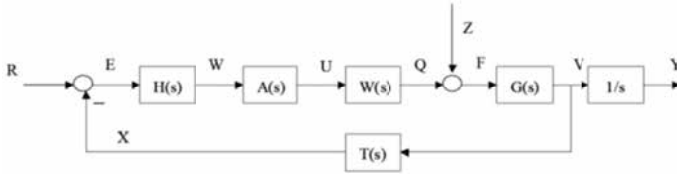


Fig. 5.1 – Block diagram of an intelligent car control system

$$G(s) = \frac{\omega(s)}{\alpha(s)} = \frac{k_1}{s + \alpha_1} \quad (5.1)$$

The driving force  $F$ , as shown in the block diagram, is determined as a result of summing the engine thrust  $Q$  and the friction forces  $Z$  associated with road conditions. On the block diagram it is easy to see that the integration of the vehicle speed  $V$  leads to its displacement  $D$  (the transfer function of the block is  $1/s$ ). The car engine is indicated by the block  $W(s)$ , which represents the relationship between the position of the gas pedal  $U$  and the thrust of the engine  $Q$  in  $Qsk$  in the form of a first-order system:

$$W(s) = (Q(s)) / (U(s)) = k_2 / (s + a_2). \quad (5.2)$$

The transfer function  $T(s) = k_3$  represents a tachogenerator that converts the speed  $V$  into a direct current signal  $X$ . The error signal  $E$  is generated as the difference between the reference signal  $R$  representing the desired vehicle speed and the feedback signal  $X$  representing the actual speed.

Block with transfer function:

$$H(s) \times W(s) / E(s) = k_3 / (c_p + c_1 / s + c_{ds}) \quad (5.3)$$

is the so-called proportional-integral-differential controller that generates a control signal  $W$ .

The block with the transfer function  $A(s) = k_3/s$  represents a power amplifier and a servo mechanism that controls the gas pedal of the car [31].

Thus, the transfer functions of the block diagram shown by us in Fig. 5.1 will allow you to analyze the intelligent system for controlling the movement of the car under different driving conditions.

By setting different values of  $X$ ,  $Z$ ,  $R$  and  $V$ , we can analyze various modes and trajectories of the car on a computer, taking into account road conditions. These intelligent systems are used to control unmanned vehicles.

*The structure of the optimal control system.*

In this section, we consider the system of optimal control of trucks used in the mining enterprise. In the process of solving the problem, a block diagram of the optimal control system was developed (Fig. 5.2).



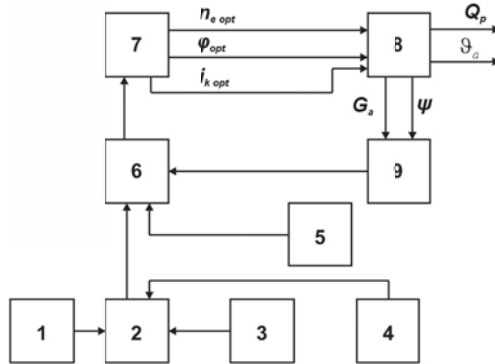


Figure 5.2 – Structural diagram of the optimal control system (OCS)

The composition of the OCS includes the following blocks: 1 – model of the physical process; 2 – derivation of the optimal control equation; 3 – development of the optimality criterion; 4 – setting of optimal control constraints; 5 – parameters of the mathematical model; 6 – change of the coefficients of the optimal control equation; 7 – solution of optimal control equation; 8 – physical process; 9 – change in the coefficients of the model of the physical process.

Consider the process of developing a OCS in blocks, in accordance with Figure 5.2.

The physical object is a car with a diesel internal combustion engine (ICE), and the physical process is the process of fuel consumption of the car and its speed.

*Development of a mathematical model of the OCS.*

To achieve the goal and solve the problem, the physical process is presented in the form of mathematical models of fuel consumption and speed. A mathematical model of fuel consumption can be represented as the dependence of the directional fuel consumption  $Q_p$  on the crankshaft speed (CS)  $n_e$ , the advance angle of the fuel supply (AAFS)  $\varphi$ , the gear ratio of the gearbox (GB)  $i_k$ , the weight of the car  $G_a$ , and the road conditions  $\psi$ :

$$Q_p = f(n_e, \varphi, i_k, G_a, \psi) \tag{5.4}$$

where

- $n_e$  is the rotational speed of the CS;
- $\varphi$  is AAFS;
- $i_k$  – gear ratio of GB;
- $G_a$  is the weight of the car;
- $\psi$  is the total road resistance.

Based on the results of [32], data were obtained on the dependence of the specific fuel consumption  $g_e$  on the variable values of the AAFS  $\varphi$  at different rotational speeds of CS  $n_e$ . After processing the data using the CurveExpert program, interpolation was made by polynomial 2 and its coefficients were calculated.

$$g_e = a + b \cdot n_e + c \cdot \varphi + d \cdot n_e^2 + e \cdot \varphi^2 + f \cdot n_e \cdot \varphi \quad (5.5)$$

where  $a$ ;  $b$ ;  $c$ ;  $d$ ;  $e$ ;  $f$ — coefficients depending on the car engine.

As a result, the equation of the path fuel consumption will take the following form:

$$Q_p = g_e \cdot \frac{\left( G_a \cdot \psi + 0,077 \cdot k \cdot F \cdot \left( 0,377 \cdot \frac{r_k \cdot n_e}{i_k \cdot i_0} \right)^2 \right)}{0,36 \cdot 10^5 \cdot \eta_{TP} \cdot \rho_T} \quad (5.6)$$

Thus, a mathematical model of the physical process of fuel consumption and vehicle speed can be represented in the form of the following system of equations:

$$\begin{cases} Q_p = (a + b \cdot n_e + c \cdot \varphi + d \cdot n_e^2 + e \cdot \varphi^2 + f \cdot n_e \cdot \varphi) \cdot \\ \frac{\left( G_a \cdot \psi + 0,077 \cdot k \cdot F \cdot \left( 0,377 \cdot \frac{r_k \cdot n_e}{i_k \cdot i_0} \right)^2 \right)}{0,36 \cdot 10^5 \cdot \eta_{TP} \cdot \rho_T} \\ g_a = 0,377 \cdot \frac{r_k \cdot n_e}{i_k \cdot i_0} \end{cases} \quad (5.7)$$

The development of an optimality criterion consists in obtaining the objective function. Based on the statement of the problem, optimization is carried out using the following optimality criteria: minimum fuel consumption and minimum transportation time. These criteria are mutually exclusive, i.e. minimum transportation time is achieved with maximum fuel consumption and vice versa. Based on the principle of uniqueness, the optimality criterion can be represented as a linear combination of two objective functions:

1. minimum fuel consumption  $Q_p = f(n_e, \varphi) = \min$ ;
2. minimum travel time  $t = f(g_a) = \min$ .

Achieving a minimum movement time is achieved by increasing the speed of movement. Given this, the optimality criterion is written as follows:

$$Cf = p_1 \cdot Q_p + (1 - p_1) \cdot \frac{1}{g_a} = \min \quad (5.8)$$

under the following conditions:

– a mathematical model of the traveling fuel consumption and vehicle speed is represented by the system of equations (5.7)

under the following restrictions:

1.  $n_{e\min} < n_e < n_{e\max}$  ;
2.  $\varphi_{\min} < \varphi < \varphi_{\max}$  .

where  $\varphi_{\min}$  and  $\varphi_{\max}$ , as well as  $n_{e\min}$  and  $n_{e\max}$  are determined by the characteristics of the car.

$p_1$  and  $p_2$  are the importance weights of the optimality criteria. It is assumed in equation 5.8 that  $p_1 + p_2 = 1$ .

The solution of the optimal control equation is as follows. The entire route is divided into separate sections of the road. For each section of the road, the speed regime of the vehicle is determined, which depends on the weight of the vehicle  $G_a$ , the drag coefficient of the road  $\psi$  and the gear ratio  $i_k$  of GB. Within the speed mode, applying the optimality criterion, the optimal speed is selected.

The definition of the speed mode and the corresponding gear ratio of GB (transmission) is as follows. Based on (5.7) the dependence of the speed of the car on its weight  $G_a$ , the coefficient of road resistance  $\psi$ , and others was obtained:

$$g_{1a} = \frac{0,377 \cdot n_M \cdot M_k \cdot \eta_{tr}}{G_a \cdot \psi} \quad (5.9)$$

Where:

$n_M$  is the rotational speed of the CS corresponding to the maximum torque;

$M_k$  is the torque;

$\eta_{tr}$  – transmission efficiency;

$G_a$  – is the weight of the car;

$\psi$  – is the drag coefficient of the road.

Taking the transmission efficiency and CS rotation frequency corresponding to the maximum torque  $n_M$  as constant values, it is possible to determine the speed of movement in this section depending on  $\psi$  and  $G_a$ .

The determination of gearbox gear ratios (gears) is carried out using the following approach. Each speed range corresponds to a specific gearbox ratio (specific gear). For the first gear, if the speed is less than the maximum for this range, then the first gear is selected. For the last gear, at a speed equal to or greater than the minimum in the maximum range, the last gear is selected.

The definition of the specified speed range, from minimum to maximum, depending on the weight of the car  $G_a$  and the road drag coefficient  $\psi$ , is carried out according to the following scheme:

1. According to formula 5.9, the velocity in this section is calculated for the current values of  $\psi$  and  $G_a$ .
  2. Checks which range the velocity belongs to.
  3. Depending on the range, the minimum and maximum speeds for a given section of the track at a certain weight are determined.
  4. The gear ratio (gear) is determined for a certain speed range for a given vehicle weight  $G_a$  and road resistance coefficient of road segment  $\psi$ .
- Based on the obtained speed range, the range of CS rotation frequencies is determined:

$$n_{e\min} = V_{a\min} \frac{i_k(\vartheta_{1a}) \cdot i_0}{0,377 \cdot r_k} \quad n_{e\max} = V_{a\max} \frac{i_k(\vartheta_{1a}) \cdot i_0}{0,377 \cdot r_k} \quad (5.10)$$

Further, under the existing restrictions on AAFS and the range of CS rotation frequencies, the optimal values of  $\varphi$  and  $n_e$  are determined numerically using the MathCad program based on the optimality criterion (equation 5.8).

Figure 5.3 presents the results of modeling the objective function  $Cf$  of the fuel consumption  $Q_p$  and the vehicle speed  $\vartheta_a$  at fixed weights of the importance of the optimality criterion  $p_1$ .

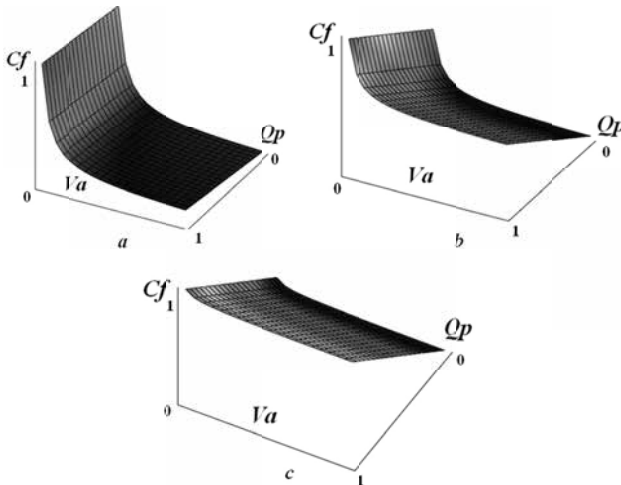
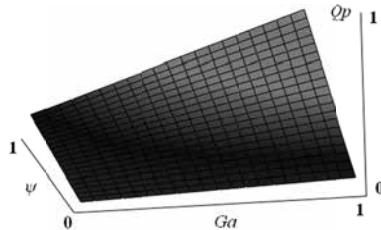


Figure 5.3 – Estimated function for fuel consumption and vehicle speed for a fixed weight of the importance of the optimality criterion: a – for a weight of importance of 0.1; b – with a weight of importance of 0.5; c – with a weight of importance of 0.9.

Figure 5.3 shows that when the importance weight decreases, the objective function is determined to a greater extent by the speed of movement, and with an increase, by the fuel consumption [31].

Figure 5.4 shows the results of modeling fuel consumption from changes in vehicle weight  $G_a$  and the coefficient of road resistance of the route segment  $\psi$ .



*Figure 5.4 – Dependence of fuel consumption on the weight of the car and the coefficient of road resistance*

Figure 5.4 shows that with deteriorating road conditions and an increase in the weight of the car, the consumption increases.

In conclusion, it can be noted that the developed optimal control system represents the main part of the entire automated control system for the movement of freight vehicles. The theoretical results of the study of the OCS correspond to the real physical process and can be used to optimize the control object, i.e. a car.

The developed OCS determines the optimal driving conditions taking into account the parameters of a specific car, its loading and route features, i.e., the optimization problem is presented, which is represented by a comprehensive optimality criterion for fuel consumption and vehicle travel time.

Implementation of the OCS allows you to reduce the impact of the human factor on the process of controlling the movement of vehicles. As a result, fuel consumption is reduced and the amount of emissions of harmful substances is reduced. In addition, increased vehicle safety during movement. All this allows to increase the competitiveness of the mining enterprise.

#### *Automated systems for smart buses*

Today, along with the development of autonomous buses, various companies are creating automated systems that help establish the most efficient operation of smart cars.

So, the Russian company «EuroMobil» has developed a comprehensive IT-system for public transport. It transfers the bus coordinates to the car park,

writes to the video camera and sends everything that happens in his cabin and on the road to the server. The fuel and tire pressure monitoring system collects information about the condition of the car and sends it to the driver and to the car park. The voice autoinformer and the media center inform passengers about the stops and the route that the car is traveling on. In an emergency, the ERA GLONASS system transmits the bus coordinates to the dispatch service [33].

Another development of «EuroMobile» is the automated system «Autoconductor». Its purpose is to record how many passengers a bus carries. Video cameras installed in the passenger compartment monitor how many people entered and exited the vehicle. This data is transmitted to the central control panel.

Thus, artificial intelligence technologies can make trips more comfortable and safe. When only smart buses, trams and trolleybuses will ride on the roads of all cities, travel on public transport can be a real pleasure, not an endurance test.

## **5.2. AI in railway transport**

### *Intelligent Railway Management System (IRMS)*

In order to optimize the transportation process and improve the quality indicators of the railway transport, Open Joint Stock Company «NIIAS» is implementing the IRMS project [34].

IRMS is the first control system that automates the full cycle of the production process of the operational work of OJSC «Russian Railways». The goal of creating the IRMS system is to increase the operational efficiency of «Russian Railways», as well as the company's customer focus. Functional IRMS includes all existing horizons of the planning of the transportation process, from annual and monthly planning to dispatch planning for train passes. At the same time, the IRMS automates end-to-end technological processes for the directorates of traffic control, traction, infrastructure and the center of company transport services. The tasks of planning, coordination and execution control are carried out using a network of interacting dynamic schedulers of intelligent software and hardware modules.

IRMS is a completely Russian development based on a single software platform; in addition, it is the first Russian system for railway transport using artificial intelligence methods.

The aim of the implementation of this project is to create a unified model of the integrated polygon, which comprehensively describes the current and forecasted operational conditions of the polygon, as well as allowing the implementation of tools for comprehensive analysis, control and planning of

operational operation of the polygon using calculation of train composition and train advancement over sections.

IRMS implemented on the training ground Kuzbas - Vostok and Kuzbas – Northwest.

*Economic effect:*

- -effective planning of composition at stations taking into account the individual technological processes of stations;
- -the adoption of coordinated decisions in the operational planning and control of train work;
- managing the approach to the port nodes of loaded wagon flows of all categories (non-routed, shipping routes, container and specialized trains under contracts for the carriage of goods with an agreed departure and arrival time) in conjunction with the work of logistics centers of the Directorates of traffic control;
- management of access to border stations and interstate joint track;
- -provision of general situational awareness of operational personnel at all levels of management on the basis of verified and consolidated data [34].

### **5.3. AI systems in aviation**

Technology rules the world. And aviation is no exception. Artificial intelligence is also used in this area. True, here it is not developing so rapidly as in other industries. However, some progress has already been made. The world's leading air carriers, training centers and aircraft manufacturers have begun investing in artificial intelligence.

One of the main areas in which the aviation sector is constantly trying to improve is the training of pilots. Training a future pilot is a long and intensive process, with a ground school and certification tests. According to experts, artificial intelligence will significantly improve the training of pilots [35].

According to experts, artificial intelligence will allow pilots to have even more realistic simulations, providing pilots with a full visual range with augmented reality. A computer with implemented artificial intelligence will not only collect all training data, but will also record the pilot's behavior during training. All data collected during training will be used to improve autopilots.

It seems that artificial intelligence can work wonders in aviation. An interesting fact is that one experimental training center invested \$ 1 billion in digital innovations (including the introduction of artificial intelligence) of pilot training systems. A new training system called «East» assesses the pilot skills of live data during the learning process and evaluates pilot progress.

Automation of training processes could allow pilots to learn better in accordance with the standards, rather than subjectivity of the teacher.

Another company that has already implemented artificial intelligence technology to train its pilots is the US Air Force. The US Air Force launched the Pilot Training in the Future program to try to find a new way to train pilots using modern biometric systems, artificial intelligence and virtual reality systems in its simulators.

Such AI-run simulators reproduce real-life missions to help students better understand errors and correct them. The introduction of artificial intelligence allows the US Air Force to train more aviators annually, creating a quick and effective way to train and practice.

#### *Lower pilot workload*

Helping pilots is another important feature that can be improved with artificial intelligence. Theoretically, it could give pilots greater situational awareness and reduce the time spent on tool management.

It may also allow pilots to better communicate with other crew members during the flight. And that's not just a theory, as Garmin, a GPS technology company, has already introduced Telligence. This is a product designed to reduce pilot workload and ensure a pleasant flight. Telligence allows pilots to talk to the aircraft — set up communications with simple voice commands. This product is already certified and available for installation today.

Another important invention is the implementation of artificial intelligence in the ALIAS DARPA (Aircrew Labor-in-Cockpit Automation System). Alias is a humanoid machine that occupies a person's physical place. This is a robotic arm that takes the place of the second pilot, pushes and pulls the controls. Such a system could increase the level of automation in aircraft and provide the possibility of flights with a reduced onboard crew. ALIAS also seeks to master the entire mission from take-off to landing. ALIAS's vision is to allow the pilot to be more a leader than an executor [35].

The development of modern IT requires an increase in the level of perfection and degree of automation of the control tasks solved on board, as well as a comprehensive consideration of the features, limitations and capabilities of the aircraft and its systems. In contrast to the on-board systems of previous generations, where the crew was assigned a central role in managing the achievement of the facility's application goals, there are currently trends towards increasing the role of on-board control systems using knowledge management methods and techniques. To increase the overall effectiveness of target actions of the aircraft at the present stage of development of air transport, there is a need to develop on-board information systems (IS), which incorporate the integrated experience of many qualified specialists, who can be called «electronic assistants» of the crew.



IS is understood as a combination of hardware and software integrated in the information process, working in conjunction with a person or autonomously, capable of synthesizing a goal based on information and knowledge, if there is motivation, developing a decision on action and finding rational ways to achieve the goal.

Traditional deterministic and statistical methods of data processing cannot cope with the volumes of processed information and with the complexity of tasks solved on board. Improving the known control algorithms due to their constant complication does not always give the desired result, which requires their implementation using new technologies and methods. Traditional methods can no longer provide improved management of complex objects, because they do not take into account all the uncertainties that affect the system and in which conditions it is necessary to search for solutions.

Designing a new technology requires the development and implementation of on-board IS using innovative methods for developing on-board software using knowledge processing methods and modern intelligent technologies.

On-board IS are able to take on the tasks associated with determining the appropriate tactics for action in normal modes and in extreme situations. This can be achieved by rational distribution, combination and duplication of crew functions and problem-oriented «electronic assistants» that solve the problem of ensuring maximum efficiency of the facility, effective survival, parry failure, damage, etc. [36].

The most perspective areas of application of intelligent systems for air transport facilities are the following areas:

- intelligent navigation and piloting (mission control, assessment and forecast of the operational situation, etc.)
- Intelligent mission planning;
- intellectual information processing, collection and analysis of target data;
- management of separable funds for special purposes;
- group activities and group navigation;
- monitoring and diagnostics of integrated on-board equipment (IBE);
- maintenance and repair of IBE;
- the use of IS as simulators and training systems.

One of the main ways of intellectualizing the solution of target tasks by the crew of the aircraft is to improve the information support of the crew when assessing current situations and making decisions in flight. From a practical point of view, at this stage of the development of information technology in the face of an ever-growing amount of information to be processed in flight, this area is of particular interest. Therefore, research should be primarily aimed at questions of robotics of the execution of the modes and stages of the flight task

and the reduction of the pilot's tension in the process of obtaining the information necessary to build an information model of the current state of the object and the environment.

The advent of intelligent control technologies allows us to talk about the possibility of a fundamentally new approach to the construction of software and mathematical software (MS) for promising on-board computer systems.

The development of complex systems raises a number of questions that cannot be solved by means of only the traditional theory of control. Mainly, these issues are associated with this kind of uncertainty in the conditions of the functioning of the system, which requires the implementation of decision-making procedures similar to those that are characteristic of a person with his ability to build heuristic reasoning and to learn based on experience.

The creation of more flexible and effective control systems requires the involvement, along with algorithmic methods of the traditional control theory, of methods from areas such as inference, reasoning, and the use of heuristics.

Using knowledge processing algorithms allows you to:

- expand the functionality of the system;
- make operational adaptation of the system to suddenly changing external conditions;
- reduce the reaction time of the system due to the parallelization of tasks;
- increase the likelihood that control actions will be adequate to the current situation;
- create a plan for solving a non-standard problem based on the experience of preliminary training;
- fundamentally change their external behavior under the influence of the external environment, refusing to solve one problem and tackling another.

The solution of the problems of intelligent control in technical systems is an actively developing field of research of an interdisciplinary nature, based on the ideas, methods and tools of such scientific and technical areas as traditional control theory, artificial intelligence, expert systems and communication systems, fuzzy logic, artificial neural networks and structures, genetic algorithms, associative memory and other search and optimization algorithms.

A comparative analysis of various intelligent technologies allows us to highlight a number of common features, the main of which is associated with the use of the classification of certain concepts as a means of establishing links between the individual phenomena of the subject area under consideration, the presence of a mechanism for representing knowledge and logical inference.

Thus, the development of the so-called hybrid systems, characterized by the combination of traditional technologies with artificial intelligence technologies, is of particular important.

# Chapter 1. AI SYSTEMS IN SPACE RESEARCH

## 6.1. Solar Storm Prediction and Asteroid Protection

Scientists at NASA's Frontier Development Lab (see the snapshot in Figure 6.1), in collaboration with Microsoft and IBM, are working on self-learning systems to predict the strength and magnitude of solar storms. These systems can be used not only for predicting solar storms, determining the climate of new planets and their suitability for life, but also in order to find natural resources.

The lab was founded by New Zealand entrepreneur James Parr, inspired by Obama's Asteroid Grand Challenge in 2013. Parr invited NASA to work together on a project that integrates advanced AI developments into projects to protect the Earth from asteroids and other hazards. According to Parr, artificial intelligence is the only technology that astronomers have not yet managed to appreciate the benefit of.



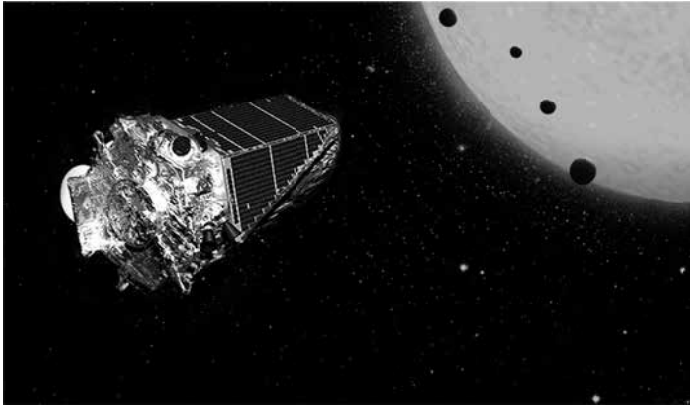
*Fig. 6.1 – NASA Frontier Development Lab*

### *To discover exoplanets*

Artificial intelligence also helps scientists to discover new planets. The Kepler telescope, equipped with an AI algorithm, was launched into space in March 2009 and worked for almost a decade: during this time, astronomers have found more than 2,600 exoplanets with it (Fig. 6.2). For example, at the end of 2017, it helped to find the twin of the solar system by discovering the planets Kepler 80g and Kepler 90i in the star system Kepler-90 in the constellation Dragon. «It's like looking for a needle in a haystack,» said Chris

Schallu, a senior engineer at Google AI, one of the project’s researchers, during a discovery conference call [37].

In October 2018, his fuel tank was empty and the telescope completed the mission. However, after Kepler had finished hunting for new worlds, astronomers were able to discover another 104 exoplanets using the data he collected and information from the Gaia telescope.



*Fig. 6.2 – Kepler Telescope Render (NASA)*

To achieve this result, researchers trained the algorithm using data from NASA. After studying 15 thousand test signals, the telescope was able to correctly determine the planets in 96% of cases (Fig. 6.3)



*Fig. 6.3 – JAXA / NASA Robot*

JAXA / NASA Robot did reports from the interplanetary space station (ISS).

The Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) developed Int-Ball, a remotely controlled drone that takes on-camera experiments conducted on board a space station and sends them to Earth.

All Int-Ball elements are printed on a 3D printer, it moves with the help of 12 propellers, and is guided inside the ISS by glued pink dots-markers.

A small, big-eyed robot (weighs only 1 kilogram Int-Ball, diameter - 15 cm) facilitates the synchronization of crew on Earth. The drone took on several duties of astronauts and reduced their workload by 10%. It is planned that in the future Int-Ball will be able to track stocks of products and repair broken ship parts.

## 6.2. AI helps vehicles to land

Modern developments using AI are gradually making software and technology more autonomous, capable of self-learning. The most anticipated developments in this area are ships capable of independently correcting the path relative to the orbit, operating on autopilot and landing on a space station.



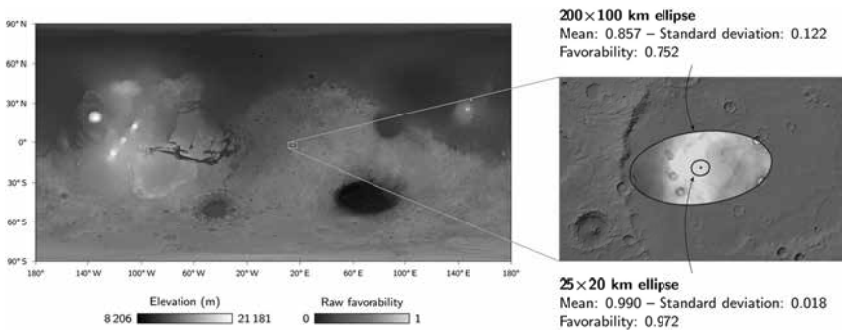
*Fig. 6.4 – AI helps NASA create interplanetary landing module concepts, such as these*

Choosing a site for landing is a complex and multidimensional task. It is necessary that the surface is relatively smooth, illuminated (if the device is powered by solar panels), so that the site is interesting to researchers. In addition, these conditions must be observed over a sufficiently large area – in case the probe does not sit in a precisely designated place, but next to it. In this case, decisions must be made on the basis of incomplete and heterogeneous data on the surface of the planet, collected from several sources.

To solve this problem, scientists have developed an AI-based system that selects a suitable landing site for the Martian mission. The development is based on the following: the technology is based on the theory of fuzzy logic. Unlike ordinary logic, statements can be not only true and false. Fuzzy logic uses concepts such as «a statement is true with such and such a probability» or «a statement is true in such and such a measure.»

Using data on the topography, air, soil composition and other conditions at different points of Mars, the system automatically selects suitable places for landing the rover. The program works like this: it splits the surface of Mars into small sections, assigns a number from 0 to 1 to everyone (0 – not suitable for landing, 1 – suitable for landing), groups favorable areas together and offers them to astronomers.

In theory, the program can work in the opposite direction: select the right rover to study a specific landscape. The authors of the project hope that soon such algorithms can be used to create autonomous rovers that communicate with the Earth only in emergency cases. This would make exploring new planets much more efficient and faster.



*Fig. 6.5 – Search for a suitable location*

According to NASA engineer Hiro Ono, autonomous spacecrafts are already under development: perhaps Europe, one of the moons of Jupiter, will become the next destination for scientists.

### *To track radiation*

A huge danger to the health of members of space crews is radioactive radiation. During the flight, astronauts immediately encounter two types of ionizing radiation: solar flares and cosmic rays. Prolonged exposure to such rays destroys DNA strands. The body is able to repair breaks, but during the «repair» errors often occur, leading to mutations.

Scientists from around the world are conducting joint research in the field of AI to constantly monitor the health of astronauts during the flight. The emergence of technology that can track minimal changes in the condition of crew members will allow you to take action in time and avoid serious consequences.

## **6.3. AI saves astronauts**

Flying into space is a huge stress for a person, and not only from a physical point of view. Long months spent away from family, often without the ability to contact them, are a difficult test for even the most experienced and trained. Scientists hope that new technologies will help with this. CIMON (Interactive Mobile Team Satellite) is the first AI assistant commissioned by the German Center for Aviation and Cosmonautics. Airbus and IBM have developed a virtual assistant to facilitate long flights for crew members [37].

A robot similar to a soccer ball is equipped with several video cameras, microphones, sensors and processors: with their help, it communicates with astronauts. Twelve built-in fans allow him to fly in all directions, nod and shake his head.

The main function of CIMON on board a ship or a space station is to give instructions for completing complex tasks or repairing parts of a ship (it can quickly search and organize information). But CIMON is not just an assistant, it also has a social role: to communicate with astronauts during long flights. That is why the developers added a face recognition function and a «human» element in the form of a broad smile on the screen (Fig.6.6).

Research in this area is carried out in Russia. The first humanoid rescue robot Fedor (FEDOR – Final Experimental Demonstration Object Research), developed by the Advanced Technology Foundation and the Android Technological Research Association, may become a crew member already in 2021. The robot knows how to drive a car, overcome an obstacle course, use construction tools, navigate the terrain and lift loads up to 20 kg. At the moment, this is the only anthropomorphic robot that can crawl on all fours.



*Figure 6.6 – Interactive Mobile Team Satellite*

To interact with the outside world, Fedor uses two cameras, a thermal imager, a microphone, GPS and several dozen lasers: this equipment allows it to build a three-dimensional diagram of the environment and more accurately perform tasks. Fedor has four modes of operation: autonomous, supervisor, copying and combined.

To interact with the outside world, Fedor uses two cameras, a thermal imager, a microphone, GPS and several dozen lasers: this equipment allows him to build a three-dimensional diagram of the environment and more accurately perform tasks. Fedor has four modes of operation: autonomous, supervisor, copying and combined.

Another of its features is the system of reverse torque or sensory communication. The operator controls the robot using a special suit, and the robot transmits information through the suit back to the operator. Thus, for example, the manager can feel how heavy the load lifts Fedor. In September 2018, Fedor was transferred to Roscosmos, where he will be prepared for flight on the «Federation» spacecraft.

Over the past few years, flights into space have become easier and safer, but in the field of space engineering there are many unresolved tasks. Autopilot ships, social robots, and other artificial intelligence developments can help deal with these problems by making other planets closer and more accessible.

#### **6.4. Artificial Intelligence in Space Data Processing**

If artificial intelligence was created to facilitate life on Earth, why not use it to search for objects outside it? Therefore, it is logical to use AI for space



exploration. Today, many companies, including NASA and Google, have already implemented AI to search for new celestial bodies and life on other planets.

Now astronomers do not need to sit at telescopes at night – the devices themselves are able to observe the sky and take its pictures. However, scientists did not find it easier to work.

Research equipment does not transmit several successful frames, but thousands of terabytes of data: for example, only one telescope in Chile gives out 15 terabytes of space images every night. It can take years to process such a volume of information, if at all human can do it.

The problem is that when observed with a telescope, the shapes of distant light sources are distorted. It takes a long time to analyze the images and understand what is in the picture - an asteroid, an exoplanet or an entire galaxy.

Big data analysis is a challenge for artificial intelligence. Thanks to it, American scientists from Stanford and the National Accelerator Laboratory SLAC reduced the time to search for new objects in space from months to several seconds.

A group of scientists showed a neural network of half a million images of space objects – and it analyzed the images with accuracy comparable to traditional research methods.

«It's amazing that neural networks themselves learn what features to look for,» says Phil Marshall, project manager. «It is like children learning to recognize objects.» You don't tell them what a dog is, you just show photos of the dogs. « AI can also improve the quality of photographs, and this is also useful in space exploration.

So, Swiss astronomer Kevin Shawinsky and his team of astrophysicists use AI to increase the resolution of blurry images from telescopes. Researchers specifically reduced the image quality of some galaxies, added noise and blur to the photo, and then passed them through artificial intelligence along with the original images. As a result, the neural network has learned to clear photos of noise and blur, «(thinking out)» what is happening on the image [38].

Shawinski's results are staggering, but the astronomer is still cautious about the project. «In the end, this runs counter to the basic principles of science: we can know the Universe only by observing it personally,» Kevin says. Therefore, while the neural network is used only in areas where the result of work can be checked.

#### *Search for new space objects*

Google employees learned that NASA has completed the collection of photos from orbit through the Kepler space observatory. During the four-year mission, the device took photos every half an hour - it turned out that such volumes of data could not be processed manually. Chris decided to help researchers complete their work using Google-developed AI.

According to Challelier, the data set from Kepler was loaded for two weeks, and as a result, all of them did not even fit on the computer. Together with Andrew Vanderberg, an astrophysicist and doctoral student at the University of Texas at Austin, Chris took up the project for about nine months.

Enthusiasts used NASA's 15,000 data points to create a neural network that eventually learned to recognize light patterns indicating the existence of a planet.

Some of the patterns were not noticed by scientists. So it was possible to discover the exoplanets Kepler-90 and Kepler-90i, which are in a planetary system similar to the Solar.

## **6.5. Space technology improvement**

It's sometimes difficult even to drive a car – what to say about probes somewhere on Mars, which no one even saw live. On the other hand, the equipment may not wait for a guide to action – which is what happened with the Opportunity rover, which fell into a sandstorm and has not been in contact since.

After this incident, NASA updated the software of its second Curiosity rover, which allows the ChemCam camera installed on its board to independently select targets for observation and analysis.

When the surviving Mars rover received more independence – the work became more efficient. Now, instead of waiting for instructions from Earth, Curiosity itself selects important goals for research, collecting much more interesting information for science. As noted in NASA, this is only the first step towards introducing intelligence into research technology. The new rover, which will be launched to Mars in 2020, will automatically adjust the process of collecting scientific information taking into account its own resources: this way the rover will evenly distribute the amount of energy without risking to discharge and lose touch with the Earth [39].

While smart rovers will explore the Red Planet, a neural network will help astronauts in outer space.

In July 2018, the CIMON artificial intelligence robot developed by IBM and Airbus was sent to the International Space Station (ISS).

Due to the lack of gravity in space, it is quite difficult to perform any manipulations. The convenience of CIMON is that it works with voice control: crew members can ask the robot to show the necessary technical data, diagrams, instructions, and this will not distract astronauts from their main work.

Already, artificial intelligence is exploring space in areas that no one even knew about. This will lead to phenomenal discoveries – perhaps scientists will

soon find a planet on which people can move in the future. But can AI solve the mysteries of the origin of the universe? Nobody knows this yet.

*Artificial intelligence seeks extraterrestrial civilization in space*

A group of young researchers from Swinburne University of Technology announced the creation of a program integrated with artificial intelligence. The robot used will detect fast flashes in space, which may indicate the existence of extraterrestrial life. For the first time, strange flashes that could not be given any characteristics and explanations were recorded in October 2018 with a radio telescope installed in Australia.

Scientists have called them radio flashes and to this day cannot solve the mystery of their origin. University graduate student James Swinburne has created an automated system with artificial intelligence that can capture such radio flashes. Radio waves from space arrive at the Earth for billions of light years.

They can last only a fraction of milliseconds, and what is their goal – a puzzle for astronomers. Wael Farah was the first scientist who discovered these outbreaks in real time, he took them into a special system and it was able to record five such outbursts already. But the small details of these glows are difficult to recognize.

Scientists do not exclude that the signal received by the telescope mounted on the Earth before this «walked» through the Universe for billions of years, having a more powerful and complex structure than the remnants in the form of milliseconds that fell into the telescope.

The use of artificial intelligence will allow you to separate the radio waves of other origins from those that may have been sent by extraterrestrial civilizations. They have a previously unattainable highest resolution in time and frequency.

A neural network is capable of incredibly quickly extracting information from images of the Universe taken by radio telescopes using the effect of gravitational lensing, reports Engadget.

Gravity lensing is the effect that space objects possess. Its essence is that when an observer looks at an object distant in space through another space object, the shape of the distant light source is distorted. This is a useful phenomenon that helped scientists discover exoplanets, understand the evolution of galaxies. But the analysis of images subject to gravitational lensing takes a very long time, requiring researchers to compare real images with simulated ones. Analysis of just one snapshot can take weeks or even months.

American scientists from Stanford and the SLAC National Accelerator Laboratory have found a way to reduce this time to a few seconds. The research team showed a neural network of half a million simulated images of space objects. AI was able to analyze the images with accuracy comparable to traditional methods.

«It's amazing that neural networks themselves learn what features to look for,» says Phil Marshall, a project researcher. «This is similar to how young children learn to recognize objects.» You do not tell them exactly what a dog is, you simply show them photos of dogs. «With the advent of new telescopes, more and more examples of lensing will appear, and faster analysis will be required to analyze all the data. And most importantly, for such an analysis, an astronomer will need only a laptop or mobile phone to communicate with AI on a remote server.

AI will teach you to look for places of slave labor from images from space. The new crowdsourcing project aims to identify in South Asia, a brick kiln in South Asia, a place of forced labor, and to train artificial intelligence in this.

Gartner Research Company annually publishes a Hype Cycle report on upstream technology. Analysts for the first time added artificial intelligence, 5G, deep learning, and peripheral computing to the 2017 report. At the same time, virtual assistants and personal analytics were removed from the rating.

The three most relevant technologies according to Gartner include artificial intelligence, immersive systems and digital platforms. At the top of the hype in the field of AI, there is now deep learning. IT giants Amazon, Apple, Baidu, Google, IBM, Microsoft and Facebook are investing heavily in development in this area.

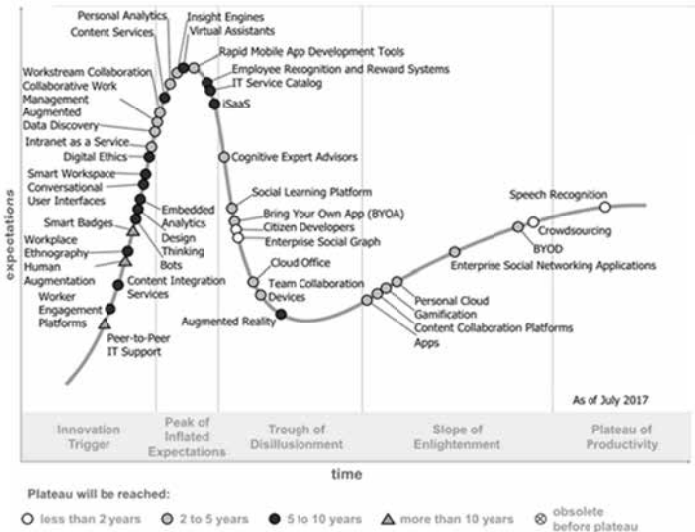


Figure 6.7 – Amazon Echo and Google Home Echo Columns

Analysts also added for the first time to the review the deep learning with reinforcement that DeepMind is experimenting with. According to experts, by 2018, deep learning systems will become the standard tool for 80% of data analysts.

The expected leader of the rating was digital platforms - systems for smart homes based on the Internet of things, including Echo columns from Amazon and Home from Google.

Gartner also named the technologies that will have the greatest impact on new products. Among them are blockchain, peripheral computing systems, quantum computers, neuromorphic chips, and «digital counterparts». At the same time, virtual personal assistants and systems with gesture control were not included in Hype Cycle 2017.

5G technology will also have a big impact, which by 2020 will make 3% of mobile operators commercially available. From 2018 to 2022, companies will begin to use 5G for IoT communication, high-definition video streaming and fixed wireless access. In the coming years, 4D printing technologies, robomobiles, neural interfaces, quantum computers, volumetric 3D displays, systems for improving human capabilities and the so-called smart dust will also become the mainstream in the coming years.

New technologies can benefit enterprises, but business owners should consider imperfections and features of innovative products. Earlier, Gartner warned of problems that AI could bring with widespread and rash implementation.

#### *How artificial intelligence can help you find radio signals*

According to the editorial staff of the Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, one of the employees at Swinburne University of Technology in Melbourne (Australia) has developed a machine learning system that can recognize «fast radio bursts» (FRB). These signals have complex, mysterious structures and are reproduced in just a fraction of a millisecond [40].

The AI system, controlling the Molonglo telescope, was able not only to determine fast radio bursts, but also to record their signatures in more detail for further analysis. Using AI, the researchers were able to detect from 59 to 157 such signals, which is much more than before. Fast radio bursts are extremely interesting to study also for the reason that, in addition to their unusual device, they never repeat. That is, you can't just «tune in» to one point and constantly «listen» to it. Previously, we used x-ray, optical, and other telescopes to get more information about these radio signals, but they often simply didn't have time to go into recording mode and many signals were lost. Now, thanks to artificial intelligence, we can quickly switch telescopes to recording mode, while recording a larger number of fast radio signals, and therefore, potentially, learn much more about them.

Despite the fact that there is some truth in the words of scientists, I want to note that so far the term «artificial intelligence» is not some kind of smart machine, but just a set of software for working with huge data arrays.

These software work on the basis of algorithms (sometimes very complex), but are not capable of what we call thinking. Therefore, in this case we have only a more advanced version for the analysis of incoming information and nothing more.

## CONCLUSION

Artificial intelligence is the property of intelligent systems to perform creative functions that are traditionally considered the prerogative of a person; this is a system of tools, one might even say a set of mathematical algorithms that solves a very narrow and complex task. An unmanned vehicle can travel from point A to point B, but it is not able to answer the question of how much 6 will be multiplied by 7. We can put another tool that will answer this question, but they will not be related to each other. Therefore, you can make some kind of robot that will go and dig a mine by pressing a button, you can make a robot that will fly in an airplane instead of a pilot. But these will be two different robots, and there is no common robot that controls them – a person does this much more efficiently.

In complex tasks where you need to set goals, understand what you need to do or not to do, artificial intelligence infinitely loses to a person. Yes, probably, the robot will dig mines better than the sapper, at least it really safe if machine fails rather than the person.

Artificial intelligence – the ability of computer systems to take on individual functions of human intelligence, for example, to choose and make optimal decisions based on knowledge gained from previous experience and a rational analysis of external influences.

In this definition, the term knowledge means not only the information that enters the brain through the senses. This type of knowledge is extremely important, but insufficient for intellectual activity. The fact is that the objects of our environment have the property not only to affect the senses, but also to be in certain relationships with each other.

It is clear that in order to carry out intellectual activity in the environment (or even just exist), it is necessary to have a model of this world in the knowledge system. In this information model of the environment, real objects, their properties and the relationships between them are not only displayed and remembered, but also, as noted in this definition of intelligence, can be mentally transformed purposefully. Thus, Artificial Intelligence is the ability of a computer system to create programs (primarily heuristic) during self-learning to solve problems of a certain class of complexity and solve these problems in all areas of our lives.

In practice, the range of capabilities of AI is almost endless: space research, military science, robotics, industry, agriculture, transport, medicine, education, etc. Within the framework of the state program Digital Kazakhstan, much attention will be paid to digitalization and robotization of production processes in all sectors of the national economy. An important role in the implementation of this program is played by the development of AI methods and tools.

## ЭДЕБИЕТ LITERATURE

1. Turing Alan. Computing Machinery and Intelligence. // Mind LIX (236): 433-460, doi: 10.1093/mind/LIX.236.433, ISSN 0026-4423, retrieved 2008-08-4.
2. Стюарт Рассел, Питер Норвиг. Искусственный интеллект. Современный подход. // Учебник, второе издание, Санкт-Петербург, 2016. – 258 с.
3. Баймухамедов М.Ф. Искусственный интеллект: Основы теории и практики. // Монография, изд-во «Master Reprint», 2019. – 278 с.
4. Искусственный интеллект [Электронный ресурс] / «Wikipedia» – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Искусственный\\_интеллект](https://ru.wikipedia.org/wiki/Искусственный_интеллект) (дата обращения: 20.03.2019).
5. А.Б.Барский. Нейронные сети: распознавание, управление, принятие решений. Издательство: Финансы и статистика, 2004. – 221 с.
6. Баймухамедов М.Ф., Джаманбаалин К.К. Методы и средства ИИ в экономических исследованиях. // Материалы научно-практической конференции «Алдамжаровские чтения – 2019», отдел оперативной печати КСТУ, – Костанай, 2019. – С. 12-18.
7. Масленникова О.Е., Гаврилова И.В. Основы искусственного интеллекта // Учеб.пособие, издательство «Флинта». 2013. – 265 с.
8. Сбербанк в результате ошибок искусственного интеллекта потерял миллиарды рублей. [Электронный ресурс] / «Rusbase» – Режим доступа: <https://rb.ru/news/sberbank-ai-gref/>
9. Сбербанк» заменил 70% сотрудников среднего звена на искусственный интеллект. [Электронный ресурс] / «vc.ru» – Режим доступа: <https://vc.ru/hr/50593-sberbank-zamenil-70-sotrudnikov-srednego-zvena-na-iskusstvennyy-intellekt>
10. Люгер Дж. Ф. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем = Artificial Intelligence: Structures and Strategies for Complex Problem Solving / Под ред. Н.Н.Куссуль. – 4-е изд. – М.: Вильямс, 2005. – 864 с.
11. Вывод аналитиков: к 2025 году жизнью будет управлять искусственный интеллект [Электронный ресурс] / «Digital.report» – Режим доступа: <https://digital.report/vyivodyi-analitikov-k-2025-godu-zhiznyu-budet-upravlyat-iskusstvennyiy-intellekt/>.
12. Баймухамедов М.Ф. Экспертные обучающие системы. // Учебник, Изд-во «MASTERREPRINT», 2011. – 234 с.
13. Баймухамедов М.Ф., Герауф И.И. Экспертные системы. // Учебник, Изд-во «Костанайский печатный двор», Костанай, 2007 г. – 262 с.



14. Баймухамедов М.Ф. Интеллектуализация компьютерных технологий обучения. // Монография, изд-во «Костанайский печатный двор», Костанай, 1994 г. – 192 с.
15. Баймухамедов М.Ф., Аймурзинов М.С. Экспертные системы дистанционного обучения. //Учебник, Изд-во «MASTERREPRINT»,2013. – 314 с.
16. Дюк В.А., Эмануэль В.Л. Информационные технологии в медико-биологических исследованиях. – СПб.: Питер, 2003.
17. Жарко В.И. // Мед.вестник. – 2018. – № 9 (843). – С. 2-12.
18. Гельман В.Я. Медицинская информатика: практикум. – СПб.: Питер, 2012. – 276 с.
19. Горбань А.Н. Методы нейроинформатики. – Красноярск, 1998.
20. Горбань А.Н., Дунин-Барковский В.Л., Кирдин А.Н. и др. Нейроинформатика. – Новосибирск: Наука, 1998.
21. Д.Рутковская, М.Пилиньский, Л.Рутковский. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. Издательство: Горячая Линия – Телеком, 2006. – 243 с.
22. Дюк В.А., Самойленко А.П. Data Mining: учебный курс. – СПб.: Питер, 2001.
23. <https://www.labyrinth.ru/books/557236/>
24. [www.pdc.dk](http://www.pdc.dk). Официальный сайт компании Development Center.
25. <https://newtonew.com> › book › artificial-intelligence-books.
26. Баймухамедов М.Ф., Джаманбалин К.К., Ақгул М.К. Робототехника. // Учебник, том 2, изд-во «Бастау», Алматы, 2019. – 227 с.
27. Баймухамедов М.Ф., Молдамурат К. Искусственный интеллект: современная теория и практика. // Материалы международной научно-практической конференции «Байтурсьновские чтения – 2019», Костанай, 2019. – с.501-504.
28. Баймухамедов М.Ф. Выбор типа системы управления промышленным роботом. // Журнал «iScience», №7(51), Переяславль-Хмельницкий, 2019. – с.231-243.
29. Баймухамедов М. Ф. Выбор типа системы управления промышленным роботом (ПР)// Международный журнал «Актуальные научные исследования в современном мире», выпуск 8, июль 2019 г. Переяславль-Хмельницкий. – С. 74-76.
30. Jang, J.-S. R., «ANFIS: Adaptive-Network-based Fuzzy Inference Systems, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. 23, No. 3, pp. 665-685, May 1993.
31. M.F.Baimukhamedov, K.Moldamurat, M.K.Akgul.Optimal Control Model of the AutomobileTransport. // Transport Means 2019, 23rd International Scientific Conference, Palanga, 02-04 October, Proceedins, part 3. – pp. 1312-1317.

32. Грехов Л., Иващенко Н., Марков В. Топливная аппаратура и системы управления дизелей. Учебник для вузов. – Москва: Легион-Автодата, 2004. – 342 с.
33. <http://compzed.narod.ru/semseti.htm>
34. <https://www.gudok.ru> › newspaper
35. [avia.pro](http://avia.pro) › [iskusstvennyy-intellekt-dlya-samolyotov-budushchee-aviacii](http://iskusstvennyy-intellekt-dlya-samolyotov-budushchee-aviacii)
36. <https://utc-aviator.com> › [iskusstvennyj-intellekt-i-aviatsiya](http://iskusstvennyj-intellekt-i-aviatsiya).
37. <https://aiconference.ru/ru/article/otpravim-ii-v-kosmos-vmesto-nas-kak-uchenie-ishchut-novie-planeti-i-obuchayut-samostoyatelnosti-kosmicheskie-zondi-92199>
38. <https://habr.com> › company › binarydistrict › blog
39. <https://m.polit.ru> › article › 2018/09/26 › ii\_cosmos
40. Lovejkin V.S., Chovnjuk Y.V., Dikterjuk M.G. Parametric identification in mechanical systems. //Mind LIX (236): 433-460, doi: 10.1093/mind/LIX.236.433, ISSN 0026-4423, retrieved 2008-08-4.
41. Боранбаев С.Н. Теория информационных систем. – Астана: Елорда, 2006. – 212 с.
42. Боранбаев С.Н. Математические модели распределения ресурсов. – Астана: Елорда, 2006. – 216 с.
43. Боранбаев С.Н., Бигаринов Р.А. Информационные системы поддержки принятия решений. – Астана: ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, 2010. – 220 с.

**М.Ф. Баймұхамедов, А.М. Баймұхамедова, С.Н. Боранбаев**

**ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ:  
ҚАЗІРГІ ЗАМАНҒЫ ТЕОРИЯ ЖӘНЕ ТӘЖІРИБЕ**  
2 Бөлім

---

**ARTIFICIAL INTELLIGENCE:  
MODERN THEORY AND PRACTICE**  
Volume 2

ISBN

Компьютерде беттеген және мұқаба дизайнін жасаған – **Любовицкая Ольга**

Басуға 2020 жылы қол қойылды.  
Форматы 60x84 1/16. Көлемі 15 баспа табақ.  
Times гарнитурасы. Офсеттік басылым.  
Тапсырыс № \_\_\_\_ . Тиражы – 500 дана.

«Бастау» баспасы  
Мемлекеттік лицензия – № 0000036  
ҚР Білім және ғылым министрлігі.  
ҚР Ұлттық мемлекеттік кітап палатасының  
халықаралық код беру туралы №155 –  
978-601-281 сертификаты.  
Қазақстан Республикасы Ұлттық бизнес-рейтингінің  
«Лидер отрасли – 2018» ұлттық сертификаты.  
Алматы қаласы, Сейфуллин даңғылы, 458/460-95.  
Тел.: 279 49 53, 279 97 32.

«Полиграфсервис» баспаханасында басылды (тел.: 233 32 53).  
Алматы қаласы, 050050, Зеленая көшесі, 13-а.