

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет радіоелектроніки

Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки

**VIII Міжнародна Конференція
ВИРОБНИЦТВО
&
МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ 2024**



**VIII International Conference
MANUFACTURING
&
MECHATRONIC SYSTEMS 2024**

M&MS

2024

VII International Conference

25-26 October

Kharkiv

M&MS 2024, 25-26 October, Kharkiv, Ukraine

УДК: 005:004.896:62-65:338.3

Виробництво & Мехатронні Системи 2024: матеріали VIII-ої Міжнародної конференції, Харків, 25-26 жовтня 2024 р.: тези доповідей / [редкол. І.Ш. Невлюдов (відповідальний редактор)].-Харків: [електронний друк], 2024. – 135 с.

У збірник включені тези доповідей, які присвячені сучасним тенденціям розвитку технологій та засобів виробництва та мехатронних систем, передовому досвіду та впровадженню їх в галузях систем промислової автоматизації та керування виробництвом; системній інженерії; CAD/CAM/CAE системах; мехатроніці (електро-механічних системах, електронних інструментах систем керування, механічних CAD системах); робототехніці та засобах інтелектуалізації; MEMS (сучасних матеріалів та технологіях виготовлення MEMS) та компонентах і технологіях автоматизації видобутку, переробки та транспортування нафти та газу.

Редакційна колегія: І.Ш. Невлюдов, В.В. Євсєєв.

Manufacturing & Mechatronic Systems 2024: Proceedings of VIII st International Conference, Kharkiv, October 25-26, 2024: Thesises of Reports / [Ed. I.Sh. Nevlyudov (chief editor).] .- Kharkiv .: [electronic version], 2024. - 135 p.

The collection includes the thesises of reports on modern trends in the development of technologies and means of production and mechatronic systems, top experience and implementation of them in fields of: industrial automation and production management systems; systems engineering; CAD/CAM/CAE systems; mechatronics (electrical and mechanical systems, electronic control tools, mechanical CAD systems); robotics and intellectual tools; MEMS (modern materials and manufacturing technologies MEMS) and components and technologies for the automation of oil, gas and oil extraction, processing and transportation.

Editorial board: Igor.Sh. Nevlyudov, Vladyslav.V. Yevsieiev

© Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки (КІТАР), ХНУРЕ, 2024

Міністерство освіти і науки України (МОНУ)
Харківський національний університет радіоелектроніки (ХНУРЕ)
Варшавський університет сільського господарства (WULS - SGGW)
Азербайджанський державний університет нафти і промисловості
Національний університет «Львівська політехніка»
Festo Didactic Україна
Jabil Circuit Ukraine Limited
ТОВ «Науково-виробниче підприємство «УКРІНТЕХ»»
Факультет автоматики і комп'ютеризованих технологій (АКТ)
Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки (КІТАР),
Державне підприємство «Харківський науково-дослідний інститут технології
машинобудування»
Державне підприємство «Південний державний проектно-конструкторський та
науково-дослідний інститут авіаційної промисловості»

МАТЕРІАЛИ

VIII-ої Міжнародної Конференції

ВИРОБНИЦТВО & МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ 2024

(25-26 жовтня 2024)
Харків, Україна

ОРГАНІЗАТОРИ



Міністерство
освіти і науки
України

Міністерство освіти і науки України (МОНУ)
The Ministry of Education and Science of Ukraine



NURE
Kharkiv National University
of Radioelectronics

Харківський національний університет
радіоелектроніки (ХНУРЕ)

Kharkiv National University of Radioelectronics



**WARSAW UNIVERSITY
OF LIFE SCIENCES
- SGGW**

Варшавський університет сільськогосподарства (WULS - SGGW)

Warsaw University of Life Sciences WULS - SGGW



Азербайджанський державний університет
нафти і промисловості

Azerbaijan State Oil and Industry University



Festo Didactic Україна

Festo Didactic Ukraine



ТОВ «Науково-виробниче підприємство
«УКРІНТЕХ»»

Research and Production Enterprise
"UKRINTECH" Ltd



Національний університет «Львівська
політехніка»

National University Lviv Polytechnic

Державне підприємство «Харківський науково-дослідний інститут технології машинобудування», м. Харків, Україна

State Enterprise «Kharkiv Scientific-Research Institute of Mechanical Engineering Technology», Kharkiv, Ukraine



Державне підприємство «Південний державний проектно-конструкторський та науково-дослідний інститут авіаційної промисловості», м. Харків, Україна

State Enterprise «National Design & Research Institute of Aerospace Industries», Kharkiv, Ukraine



Jabil Circuit Ukraine Limited

КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

МІЖНАРОДНИЙ ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

- Ігор Шакирович Невлюдов** голова комітету конференції, доктор технічних наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України, лауреат Державної премії в галузі науки і техніки України; лауреат Державної премії України в галузі освіти, завідувач кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки (КІТАР), Харківського національного університету радіоелектроніки, Україна
- Олександр Іванович Филипенко** заступник голови комітету конференції, доктор технічних наук, професор, лауреат Державної премії України в галузі освіти, декан факультету Автоматики і комп'ютеризованих технологій (АКТ), Харківського національного університету радіоелектроніки, Україна.
- Мурад Анвер огли Омаров** доктор технічних наук, професор, заслужений діяч науки Азербайджанської Республіки проректор з міжнародного співробітництва, Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна
- Владислав В'ячеславович Євсєєв** секретар, доктор технічних наук, професор, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки (КІТАР), Харківського національного університету радіоелектроніки, Україна.
- Andrzej Chochowski** доктор технічних наук, професор Варшавського університету сільського господарства (WULS - SGGW), Польща
- Pawel Obstawski** доктор технічних наук, професор Варшавського університету сільського господарства (WULS - SGGW), Польща.
- Сергій Богомолів** лектор/доцент, доктор філософії (комп'ютерні науки), Дослідницька школа комп'ютерних наук, Коледж інженерії та комп'ютерних наук, Австралійський національний університет, Австралія.
- Микола Васильович Замірець** доктор технічних наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, директор Державного підприємства Науково-дослідного технологічного інституту приладобудування, Україна
- Михайло Васильович Лобур** доктор технічних наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України, відмінник народної освіти України, завідувач кафедри систем автоматизованого проектування Національного університету «Львівська політехніка», Україна.
- Євген Сергійович Риженко** керівник відділу дидактики ДП «Фесто», Україна

- Сергій Володимирович Демченко** директор ТОВ «Науково-виробничого підприємства «УКРІНТЕХ»», Україна.
- Самед Імамалі огли Юсіфов** кандидат технічних наук, доцент, декан факультету інформаційних технологій та управління, Азербайджанський державний університет нафти і промисловості, Азербайджан.
- Фарід Гаджі огли Агаєв** кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри управління та системної інженерії, Азербайджанський державний університет нафти і промисловості, Азербайджан.
- Віктор Васильович Косенко** доктор технічних наук, професор, професор кафедри автоматики, електроніки та телекомунікацій, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» Україна.
- Володимир Вікторович Козирський** доктор технічних наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України, директор Навчально-наукового інституту енергетики, автоматики та енергозбереження, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.
- Віталій Пилипович Лисенко** доктор технічних наук, професор, заслужений працівник освіти України, завідувач кафедри автоматики та робототехнічних систем ім. акад. І.І. Мартиненка, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.
- Юрій Францевич Зіньковський** доктор технічних наук, лауреат Державної премії України в галузі освіти, професор кафедри радіоконструювання і виробництва радіоапаратури, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна.
- Володимир Митрофанович Свищ** доктор технічних наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України, професор кафедри систем управління літальними апаратами, Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського "Харківський авіаційний інститут", Україна.
- Віталій Євгенович Овчаренко** доктор технічних наук, професор, заступник директора з наукової роботи Державного підприємства «Науково-дослідний технологічний інститут приладобудування», Україна.
- Лариса Сергіївна Глоба** доктор технічних наук, професор, лауреат Державної премії Кабінету Міністрів України, завідувач кафедри інформаційно-комунікаційних мереж, Інститут телекомунікаційних систем Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна.
- Анатолій Олександрович Андрусевич** доктор технічних наук, професор, начальник Криворізького коледжу Національного авіаційного університету, Україна.

- Роман Володимирович Артюх** кандидат технічних наук, директор Державного підприємства «Південний державний проектно-конструкторський інститут авіаційної промисловості», Україна.
- Kurtwitz** генеральний менеджер Titan Machinery Limited, Шотландія.
- Liu Shan** генеральний менеджер Titan Machinery Limited, Китай.
- Володимир Андрійович Павлиш** кандидат технічних наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України», перший проректор Національного університету «Львівська політехніка», Україна
- Сергій Іванович Осадчий** доктор технічних наук, професор, в.о. завідувача кафедри конструкції повітряних суден, авіадвигунів та підтримання льотної придатності, Льотна академія НАУ, м.Кропивницький, Україна.
- Анатолій Афанасійович Єфіменко** доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри електронних засобів та інформаційно-комп'ютерних технологій, Одеський національний політехнічний університет, Україна
- Володимир Михайлович Решетюк** кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматичних та робототехнічних систем ім. акад. І.І. Мартиненка, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

- Олександр Михайлович Цимбал** заступник голови конференції з організаційних питань, доктор технічних наук, професор комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки (КІТАР), Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна.
- Сергій Павлович Новоселов** кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки (КІТАР), Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна.
- Євген Анатолійович Разумов-Фризюк** кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки (КІТАР), Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна.
- Наталія Павлівна Демська** кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки (КІТАР), Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна.

ЗМІСТ

<i>Svitlana Alyokhina</i>	
System Approach to the Positive Energy District Analysis	12
<i>Dmytro Gurin</i>	
Розробка динамічного представлення параметрів моделі опису навколишнього середовища колаборативного робота	15
<i>Artem Hubar</i>	
Automation of Power Grid Element Management to Enhance Energy Efficiency	19
<i>Артем Бронніков, Стеценко Катерина</i>	
Автономний робот на Raspberry Pi з аналізом облич та емоцій в реальному часі	22
<i>Andrii Lvov, Svetlana Sotnik</i>	
Analysis of electronic locks existing systems	24
<i>Artem Tverdokhlib, Svetlana Sotnik</i>	
Intelligent tools for optimizing information and search engines	28
<i>Igor Zarubin, Svetlana Sotnik</i>	
Basic principles of building aerial robots	32
<i>Pavlo Sukhno, Svetlana Sotnik</i>	
Critical review of GSM network structure	37
<i>Oleksii Shevchenko, Nataliia Furmanova, Vadim Yakovenko, Yaroslav Lukash</i>	
Assessment of the quality of brushless DC motors	42
<i>Artem Zhulai, Nataliia Furmanova</i>	
System for monitoring and alerting in a coal mine	45
<i>Сніжана Вичужаніна, Олександр Малий</i>	
Огляд щодо використання радіоаматорами радіочастотного спектру в Україні	48

Воронов Денис, Сезонова Ірина

Розробка методу визначення швидкості переміщення об'єктів на основі аналізу зображень 51

Oleh Hurtovyi

Features of Functional Testing for Low-Power Consumption Devices with Built-In Batteries 55

Варвара Карташова, Артем Бронніков

Роль експертних систем та голосового керування в сучасному виробництві 58

Антон Паньков

Інноваційний підхід до візуалізації: розробка автоматизованого модуля для збору, обробки та збереження поточних даних 62

Олег Посашков, Олександр Цимбал

Аналіз існуючих методів підтримки прийняття рішень у віддаленому управлінні виробництвом 65

Дмитро Максимов, Дмитро Нікітін

Види зварювання для верстату точкового зварювання з ЧПУ 69

Олексій Фарафонов, Наталія Фурманова, Олександр Малій

Розроблення технології паралельного керування за допомогою вебінтерфейсу мобільним роботом під керуванням ROS 71

Дмитро Янушкевич, Леонід Іванов, Ігор Толкунов

Застосування методів вербального аналізу в інтелектуальних системах управління у сфері гуманітарного розмінування 75

Данило Ясир

Вибір математичної моделі для управління якістю продукції в умовах безперервного виробництва 79

Дмитро Дриньов

Використання елементів штучного інтелекту для вирішення задач моделювання динамічних процесів 83

Ганна Самоїленко

Дослідження методів опису динаміки гуманоїдного робота 85

Застосування методів вербального аналізу в інтелектуальних системах управління у сфері гуманітарного розмінування

Дмитро Янушкевич¹, Леонід Іванов², Ігор Толкунов³

1. Кафедра КІТАР, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА, Харків, пр. Науки. 14., email: dmytro.ianushkevych@nure.ua

2. Кафедра КІТАР, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА, Харків, пр. Науки. 14., email: leonid.ivanov@nure.ua

3. Кафедра піротехнічної та спеціальної підготовки, Національний університет цивільного захисту України, м. Харків, вул. Чернишевська, 94, email: tolkunov_ia@ukr.net

Анотація: У доповіді розглядаються інтелектуальні системи управління робототехнічними засобами у сфері гуманітарного розмінування із застосуванням методів вербального аналізу.

Ключові слова: гуманітарне розмінування, робототехнічні комплекси, вербальний аналіз, системи управління.

I. ВСТУП

Унаслідок російського вторгнення Україна стала однією з найзамінованих країн у світі. За оцінками Організації Об'єднаних Націй, було встановлено, наприклад, що за роки війни, близько 30 % території України (приблизно 270 000 кв. км.) забруднено вибухонебезпечними предметами (міни, снаряди, авіабомби тощо), що не розірвалися. На розмінування територій, забруднених вибухонебезпечними предметами (ВНП) піде до 100 років. Уряд України ставить за мету, щоб за десять років 80 % цих територій були обстежені на наявність ВНП та були безпечними безпечними для життєдіяльності мирного населення та військових і необхідна базуватись на креативності підходу до системи гуманітарного розмінування із застосуванням робототехнічних комплексів (РТК).

Гуманітарне розмінування – комплекс заходів, які проводяться з метою ліквідації небезпек, пов'язаних із вибухонебезпечними предметами (ВНП), включаючи нетехнічне та технічне обстеження територій, складення карт, виявлення, знешкодження та/або знищення ВНП, маркування, підготовку документації після розмінування, надання громадам інформації щодо протимінної діяльності та передачу очищеної території [1].

Гуманітарне розмінування у першу чергу спрямоване на зменшення шкідливого фактору дії ВНП на життєдіяльність людей. Мета гуманітарного розмінування полягає в тому, щоб знизити мініму безпеку до рівня, при якому люди можуть жити безпечно; при якому економічний, соціальний і фізіологічний розвиток може здійснюватися безперешкодно, не наражаючись впливу обмежень, що викликаються впливом наземних мін [21].

Стосовно бойових дій та гуманітарного розмінування характерним є зростання уваги до проблем створення та застосування робототехнічних комплексів військового призначення (РКВП). Це

обумовлюється намаганням США та інших країн НАТО до збереження життя солдата в бою, в контексті якого використання РКВП дозволяє досягти позитивні результати [3]. Крім того, ця тенденція пояснюється стрімким розвитком новітніх технологій в інформаційній сфері, тобто «роботизація» різноманітних напрямів діяльності людини, зокрема, військової сфери, цілком логічно відповідає змісту сучасних концепцій постіндустріального суспільства.

Викладені вище проблеми, на думку фахівців, мають бути вирішені тільки в комплексі організаційно-технічних заходів, одним з яких є застосування робототехнічних комплексів та системи військового, спеціального та подвійного призначення.

Одним з надважливих аспектів використання робототехнічних комплексів є спосіб здійснення управління. Це підтверджується наочними класифікаціями РКВП [1]:

– за поколіннями:

1) роботи 1-го покоління – пристрої з програмним та дистанційним управлінням, які здатні функціонувати тільки в організованому середовищі;

2) роботи 2-го покоління – адаптивні, що мають синтетичні органи «чуття» і здатні функціонувати в заздалегідь невідомих умовах, та пристосовуватися до зміни ситуацій;

3) роботи 3-го покоління – інтелектуальні, мають систему управління з елементами штучного інтелекту;

– за ступенем залежності від оператора:

1) «людина в системі управління» (human-in-the-loop) – до цієї категорії віднесені безпілотні машини, що здатні самостійно виявляти цілі та здійснювати їх селекцію, проте рішення про їх знищення приймає тільки людина-оператор;

2) «людина над системою управління» (human-on-the-loop) – до цієї категорії належать системи, здатні самостійно виявляти та вибирати цілі, а також приймати рішення на їх знищення, але людина-оператор, що виконує роль спостерігача, у будь-який момент може втрутитися та скоригувати чи заблокувати це рішення;

3) «людина поза системою управління» (human-out-of-the-loop) – до цієї категорії віднесені роботи здатні

виявляти, вибирати та знищувати цілі самостійно без людського втручання.

В основі наведених класифікацій є відміни у системі управління РКВП, тобто рівень її «інтелектуальності», що робить розробку таких систем дуже важливою темою з наукової точки зору.

II. ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Роботи по створенню робототехнічних засобів та систем, включаючи робототехнічні засоби військового (подвійного) та спеціального призначення широко ведуться в усьому світі [2].

Так, експертами з розробки та виробництва мобільних робототехнічних комплексів дається визначення «інтелектуального робота», як такого, що має так звану модель зовнішнього світу чи внутрішнього середовища, яка дозволяє роботу діяти у невизначеному інформаційному середовищі [3].

Таким чином, інтелектуальний РТК - це робот, що включає інтелектуальну систему управління (ІСУ).

ІСУ означає комп'ютерну систему для вирішення завдань, які людина не може вирішити в режимі реального часу, або їхнє рішення вимагає автоматизованої підтримки або дає результати, які можна порівняти з рішеннями людини. При цьому, серед іншого, мається на увазі, що для розв'язуваних завдань ІСУ не передбачає повноти знань, а сама ІСУ повинна мати можливість упорядковувати дані та експертизу з виділенням суттєвих параметрів, пристосовуватися до змін набору фактів і знань, тощо.

Отже, незважаючи на безліч запропонованих критеріїв інтелекту, найсуворішою вимогою залишається те, що роль людини при взаємодії з ІСУ повинна зводитися лише до постановки завдання. Інтелектуальні системи є необхідним компонентом для вирішення завдань створення моделі світу, системи планування дій та керування цілями. База знань в інтелектуальних системах є однією з основних частин моделі світу та її трансформаційних функцій.

Використання вербальних методів для побудови систем прийняття рішень (СПР), є основою ІСУ [3]. На основі вербальної інформації, одержуваної від експертів в термінах їх предметної області, та методу, що належить до вербального аналізу рішень, будується так зване «вирішальне правило». Вирішальне правило у вигляді таблиці містить вербальний (критеріальний) опис всіх можливих ситуацій, що можуть виникнути, які розподілені по класах. Клас – це рішення, яке приймається у ситуації, що склалась. Вирішальне правило будується на основі логічних, якісних перетворень вербальних змінних за дотриманням психологічної та математичної коректності цих перетворень.

Все це дає підстави стверджувати, що:

- зараз найбільш поширені РКВП першого покоління (керовані пристрої);
- швидко удосконалюються системи другого покоління (напівавтономні пристрої);
- для переходу до використання РКВП третього покоління (автономних пристроїв) необхідно

розробити ІСУ на базі технологій штучного інтелекту;

- математичні, кількісні методи є найбільш поширеними щодо побудови ІСУ.

Але можливості застосування для побудови СПР кількісних методів часто обмежені. У таких методах робиться неявне припущення, що людина одноразово вимірює деякий кількісний параметр. Отримане значення є єдиним, що відображає перевагу особи, що приймає рішення (ОПР).

Як відомо, ОПР не є точним вимірювальним приладом, що не допускає похибки при кількісних вимірах. Психофізика дає кількісні підтвердження неточності людини в вимірі фізичних параметрів (вага, довжина, тощо). Як наслідок, безпосереднє призначення кількісних ваг критеріїв завжди здійснюється з помилками [3].

У такій ситуації експертні (вербальні) оцінки є єдиним засобом вирішення подібних завдань [3]. До переваг експертних оцінок також можна віднести простоту застосування для прогнозування практично будь-яких ситуацій, в тому числі в умовах неповної інформації.

Стосовно систем можна виділити три загальні категорії: конкретні системи, символічні та концептуальні системи (рис. 1).

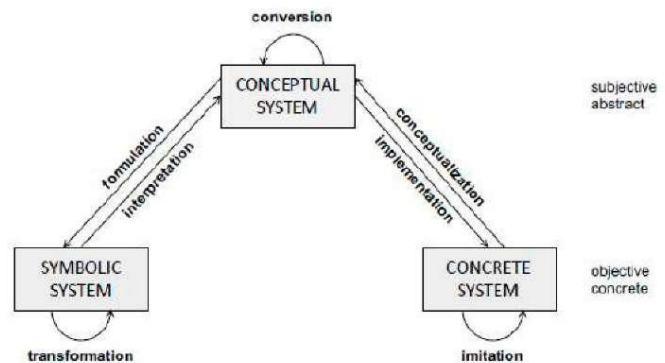


Рис. 1. Модельний трикутник

Концептуальна модель конкретної системи називається концептуалізацією; наприклад, модель ІСУ є концептуалізацією процесів управління робототехнічним комплексом. Конкретна модель концептуальної системи називається реалізацією; наприклад, введена в дію ІСУ як реалізація моделі ІСУ.

Концептуальна модель системи називається перетворенням. Символічна модель концептуальної системи називається формулюванням; символічна система виражається якоюсь формальною мовою - нотацією для представлення моделі.

Концептуальна модель символічної системи називається інтерпретацією. Символічна модель символічної системи називається перетворенням.

При цьому усі етапи переходів між системами включають соціальну (вербальну) взаємодію між людьми для побудови соціально прийнятого погляду на конкретну систему.

Таким чином, для реалізації конкретної системи (у нашому випадку - ІСУ) слід розробити концептуальну модель на основі вербальних методів,

яка дозволить сформулювати символічні моделі на обраних нотаціях.

Тому актуальною є концептуалізація ІСУ робототехнічними комплексами гуманітарного розмінювання на основі вербальних методів.

Ця модель повинна надавати можливість реалізовувати ІСУ, які б:

- були близькі до людського способу вираження знань;
- ґрунтувалися на експертних знаннях в обраній предметній галузі;
- видавали однозначний результат;
- передбачали участь людини лише у частині створення/зміни бази знань.

Основні принципи вербального аналізу рішень сформульовані наступним чином [3]:

- використання для опису проблеми визначень та формулювань оцінок варіантів рішень у вигляді, якій є природним для ОПР, його радників і активних груп, без будь-якого перетворення таких словесних формулювань в кількісні значення;
- побудова вирішального правила на основі логічних, якісних перетворень вербальних змінних за дотриманням психологічної та математичної коректності цих перетворень.

Тобто вербальні методи рішень дозволяють створювати так звану «модель білої скриньки», де ми достеменно знаємо, як значення вихідних змінних залежить від значень вхідних змінних та можемо пояснити поведінку моделі.

У той же час існуючі методи створення моделей штучного інтелекту є так званими «моделлями чорної скриньки». Проблема полягає в тому, що фахівець з аналізу даних, який побудував таку модель, не має повної ясності щодо поведінки моделі, і не вистачає ясності в її поясненні [3].

Найбільш повно процес самоорганізації автоматики на рівні прийняття рішень у системах управління відображено у циклі OODA [3]. Модель OODA має у своїй структурі 4 багаторазово повторювані дії: Спостереження (Observe) – Орієнтація (Orient) – Рішення (Decide) – Дія (Act).

На операційному рівні у системах управління найбільш адекватною моделлю побудови та покращення процесу є так званий цикл покращень Шухарта, більш відомий як цикл Демінга або цикл PDCA. Цикл PDCA містить 4 етапи: Планування (Plan) – Виконання (Do) – Моніторинг результатів (Control) – Оцінка результатів (Act)

Моделі OODA та PDCA взаємно доповнюють одна одну (рис. 2).

Щодо експертних знань, то вони можуть бути умовно поділені на два типи [3]. Один із них – факти, відомості, теорії, завдання тощо, називаються декларативним знанням і найчастіше відображаються у вигляді таблиць. Відповідають питанням «Що це?», тобто за їх допомогою можна оцінити результати, що отримані під час будь-якої діяльності (процесу).

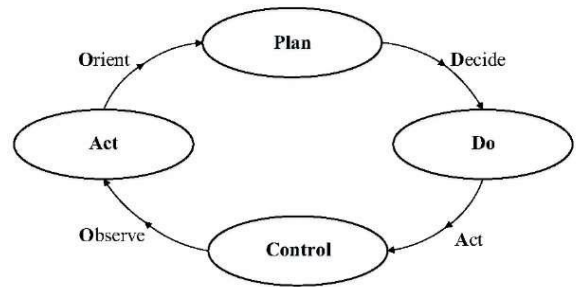


Рис. 2. Об'єднана модель OODA і PDCA

Інший тип - людське вміння вирішувати завдання, складати музику, лікувати хворих, знаходити несправності в машинах та апаратах тощо, є процедуральним знанням, що відображається у вигляді схем процесів. Ці знання відповідають на питання «Як це зробити?» і з їх допомогою можна отримати потрібні результати.

Взаємодія експертних знань із об'єднаною моделлю OODA та PDCA представлена на рис. 3.

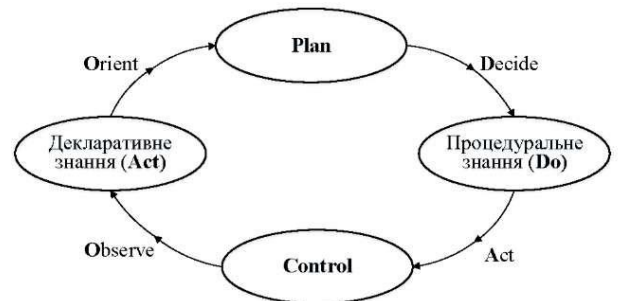


Рис. 3. Взаємодія експертних знань та об'єднаної моделі OODA і PDCA

Поділ етапів об'єднаної моделі за рівнями керування показано на рис. 4.

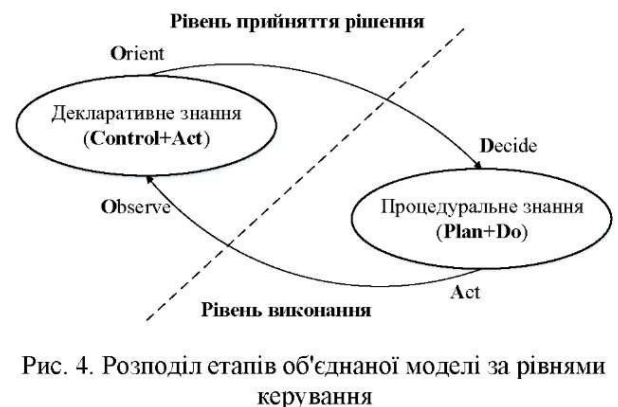


Рис. 4. Розподіл етапів об'єднаної моделі за рівнями керування

Модель, яка представлена на рис. 4 визначає концептуальну модель ІСУ робототехнічними комплексами гуманітарного розмінювання на основі вербальних методів (рис. 5).

Модель ІСУ РТК на основі вербальних методів включає такі елементи:

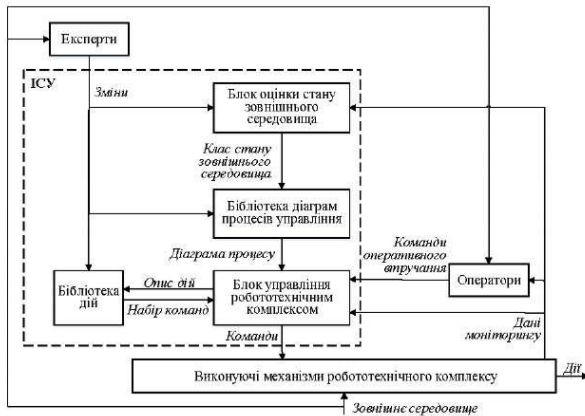


Рис. 5. Модель ІСУ РТК гуманітарного розмінування на основі вербальних методів

- блок оцінки стану зовнішнього середовища – рівень прийняття рішень. Визначає до якого класу відноситься набір даних моніторингу зовнішнього середовища, що поступив на вхід. Побудований з урахуванням вирішального правила, розробленого з допомогою вербального методу ординарної класифікації;

- бібліотека діаграм процесів управління – діаграми процесів, що містять опис набору та послідовностей дій робототехнічного комплексу у всіх передбачених експертами ситуаціях. Поділені на класи, які визначені в вирішальному правилі;

- блок керування робототехнічним комплексом – рівень виконання. Перетворює описи дій з діаграм процесів в набори команд для виконавчих механізмів робототехнічного комплексу (ВМРК). У межах діаграми вибір сценарію виконання процесу проводиться згідно набору даних моніторингу зовнішнього середовища;

- бібліотека дій – набори команд для ВМРК, які відповідають діям з діаграм процесів;

- експерти – розробляють вирішальне правило, діаграми процесів та набори команд для ВМРК, вносять відповідні зміни у разі зміни ВМРК, виявлення неописаної ситуації або для компенсації систематичного впливу зовнішнього середовища;

- оператори – мають можливість оперативного змінити чи зупинити роботу робототехнічного комплексу у разі виникнення позаштатної ситуації чи непередбаченої зміни зовнішнього середовища.

Розроблена концептуальна модель ІСУ (рис. 5) дозволяє створити символічні моделі в обраних нотаціях.

Прикладом символічної моделі представлення декларативного знання в ІСУ є СПР «Оцінка рівня загрози ВВП». СПР містить опис класів, критеріїв та вирішальне правило. Нотація – терміни, які використовують експерти в обраній предметній області.

Класи рівнів загрози ВВП: низький (1) – нижче за середній (2) – середній (3) – вище за середній (4) – високий (5).

Критерії - демаскуючі ознаки ВВП (значення кожної ознаки впорядковані від більш демаскуючого до менш демаскуючого):

- зосереджена маса вибухової речовини (K1): велика (1) – вища за середню (2) – середня (3) – нижча за середню (4) – мала (5).

- локально розташована маса металу (K2): велика (1) – вища за середню (2) – середня (3) – нижча за середню (4) – мала (5).

- конструкція ВВП (K3): характерна для ВВП форма, матеріал корпусу тощо (1) – нехарактерна (2).

- порушення однорідності середовища, де розміщений ВВП (K4): великі (1) – вищі за середню (2) – середні (3) – нижчі за середню (4) – малі (5).

- наявність провідної лінії управління ВВП (K5): є (1) – немає (2).

- часовий модуль управління ВВП (K6): годинниковий механізм (1) – електронний таймер (2) – відсутній (3).

- датчик цілі ВВП (K7): сейсмічний (1) – магнітний (2) – оптичний (3) – відсутній (4).

- наявність антени для радіоприймальних пристроїв ВВП (K8): є (1) – немає (2).

- глибина розміщення ВВП у ґрунті (K5): поверхня ґрунту (1) – до 0,1 м (2) – до 1 м (3).

Демаскуючий стан ВВП – набір значень, що має ВВП відносно кожного критерію (демаскуючої ознаки). Кількість всіх гіпотетично можливих демаскуючих станів ВВП – це добуток кількості значень усіх критеріїв (36 000 станів ВВП).

III. ВИСНОВКИ

На основі методів вербального аналізу рішень розроблена концептуальна модель ІСУ РКВП гуманітарного розмінування. Розроблена модель ІСУ дозволяє сформулювати символічні моделі в нотаціях обраних вербальних методів:

- на рівні прийняття рішень;

- на виконавчому рівні.

Символічні моделі в нотаціях обраних вербальних методів дозволяють реалізацію ІСУ конкретним робототехнічним комплексом гуманітарного розмінування.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] Nevliudov, I., Yanushkevych, D., Ivanov, L. Analysis of the state of creation of robotic complexes for humanitarian demining. / I. Nevliudov, D. Yanushkevych, L. Ivanov // Technology Audit and Production Reserves, 6/2 (62). – 2021. – P. 47-52.
- [2] Янушкевич Д., Іванов Л., Толкунов І. Креативні підходи управління якістю у сфері гуманітарного розмінування із застосуванням робототехнічних систем / Д. Янушкевич, Л. Іванов Л., І. Толкунов // Збірник матеріалів V форуму «Автоматизація, електроніка та робототехніка. Стратегії розвитку та інноваційні технології» AERT-2023. – Харків, ХНУРЕ, – С. 55-59.
- [3] O Hutsa, D Yanushkevych, D Yelchaninov, I Tolkunov, L Ivanov, R Petrova, A Morozova (2024) Conceptualization of intelligent control systems conceptual model for humanitarian demining robotic complexes based on verbal methods. Science and Innovation Vol. 20 №. 3 (2024), 82-95.

Наукове видання

**Ігор НЕВЛЮДОВ,
Владислав ЄВСЄЄВ,**

**VIII Міжнародна Конференція
«Виробництво & Мехатронні Системи»**

(укр., англ., пол. мовою)

Відповідальний редактор – Невлюдов І.Ш.

Харківський національний університет радіоелектроніки
Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки (КІТАР)
61166, Харків, проспект Науки, 14
корпус "А"
ауд. 162-1
тел. : +38 (057) 702-14-86
e-mail: m_ms@nure.ua

Підписано до друку 10.10.2024
Формат А4 (210x297мм). Папір 80г/м².
[електронний друк]