

ДОДАТОК А

Апробація результатів кваліфікаційної роботи



Co-funded by
the European Union

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет радіоелектроніки

Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки

Міжнародна Конференція ЦИФРОВІ ІННОВАЦІЇ & СТАЛИЙ РОЗВИТОК 2024



International Conference DIGITAL INNOVATION & SUSTAINABLE DEVELOPMENT 2024

DI&SD

2024

International Conference

15 November

YKharkiv

УДК 005:004.896:62-65:338.3
Ц75

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

Ц75 Цифрові інновації & сталий розвиток 2024: матеріали I-ої Міжнародної конференції, Харків, 15 листопада 2024 р.: тези доповідей / [редкол. І.Ш. Невлюдов (відповідальний редактор)]. -Харків: [електронний друк], — X. : Вид-во Іванченка І. С., 2024. – 80 с.

ISBN 978-617-8332-34-1.

У збірник включені тези доповідей, які присвячені сучасним тенденціям розвитку цифрові інновації в Індустрії 5.0 та в автоматизації в промисловості; адитивне виробництво (3D-друк) як частина цифрової та зеленої трансформації виробництва; сталий розвиток та цифрова трансформація в енергетичних системах; інтернет речей (IoT) та розумні міста: менеджмент та технології; штучний інтелект та машинне навчання для сталого розвитку; цифрова освіта та її роль у формуванні сталого суспільства; цифрові інновації в галузі охорони здоров'я; блокчейн та фінансові технології для сталого розвитку; управління проєктами цифрової та зеленої трансформації; BLUE-GREEN інфраструктура як спосіб пом'якшення зміни клімату.

УДК 005:004.896:62-65:338.3

Digital innovation & sustainable development 2024: Proceedings of I st International Conference, Kharkiv, November 15, 2024: Theses of Reports / [Ed. I.Sh. Nevlyudov (chief editor).] .- Kharkiv .: [electronic version], . — X. : PH Ivanchenka I., 2024. - 80 p.

The collection includes abstracts on current trends in digital innovations in Industry 5. 0 and automation in industry; additive manufacturing (3D printing) as part of the digital and green transformation of production; sustainable development and digital transformation in energy systems; Internet of Things (IoT) and smart cities: management and technologies; artificial intelligence and machine learning for sustainable development; digital education and its role in shaping a sustainable society; digital innovations in healthcare; blockchain and financial technologies for sustainable development; project management of digital and green transformation; BLUE-GREEN infrastructure as a way to mitigate climate change.

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

Результати наукових досліджень, що представлені у збірнику, виконані в межах реалізації **Міжнародного проєкту Erasmus+ Jean Monnet Module #101047751-EUDI4C «Ukraine-EU: Digital innovations making connections 4 changes»**

ISBN 978-617-8332-34-1

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

Міністерство освіти і науки України (МОНУ)
Харківський національний університет радіоелектроніки (ХНУРЕ)
Bratislava University of Economics and Management
Hungarian University of Agriculture and Life Sciences
Economics and Management at Angers University
NGO «Nasz Dom»
Факультет автоматичних і комп'ютеризованих технологій (АКТ)
Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки (КІТАР),

МАТЕРІАЛИ

I-ої Міжнародної Конференції

ЦИФРОВІ ІННОВАЦІЇ & СТАЛІЙ РОЗВИТОК 2024

(15 листопада 2024)
Харків, Україна

ЗМІСТ

<i>A. Yechevskyi</i>	10
INNOVATIVE SOLUTIONS FOR SMART CITIES: HOW IOT AND 5G CAN CHANGE ROAD INFRASTRUCTURE AND REDUCE EMISSIONS	
<i>Vladyslav Yevsieiev</i>	12
ECOSYSTEM MODEL OF THE CONCEPT OF INDUSTRY 5.0	
<i>Horban Andrii</i>	14
DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED ACCESS CONTROL AND MANAGEMENT SYSTEM FOR ENHANCED SECURITY IN INDUSTRIAL FACILITIES	
<i>Vladyslav Yevsieiev, Nataliia Demska</i>	16
COMPARISON OF FUNCTIONAL CAPABILITIES OF CLASSIC MANIPULATOR ROBOTS AND COLLABORATIVE ROBOTS	
<i>B.B. Карташова, А.І. Бронніков</i>	18
ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ У ПРОМИСЛОВИХ СИСТЕМАХ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ	
<i>K. Polikanov, S. Sotnik</i>	20
SMART HOME WITH HOUSE MODULE: OVERVIEW OF AUTOMATION TECHNOLOGIES	
<i>Rostyslav Marunich, Svitlana Sotnik</i>	22
APPROACHES TO ENSURING THE EFFECTIVE IMPLEMENTATION OF IOT TECHNOLOGIES IN VARIOUS INDUSTRIES	
<i>Yan Khalimonov, Iryna Sezonova, Svitlana Sotnik</i>	24
APPROACHES TO ENSURING PROPER WORKING CONDITIONS USING SENSOR TECHNOLOGIES IoT	
<i>Tokar Vladyslav</i>	26
DEVELOPMENT OF THE RUKHIV VIVALENNA SYSTEM AT NEARBY ENTERPRISES	
<i>Svetlana Starikova, Illya Karpenko</i>	28
ANALYSIS OF FEATURES IN THE DESIGN OF SMALL-DIMENSIONED ROBOTS	
<i>Ігор Голод</i>	30
МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ НА ВИРОБНИЦТВІ З ВИКОРИСТАННЯМ КІБЕРФІЗИЧНИХ СИСТЕМ.....	

ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ У ПРОМИСЛОВИХ СИСТЕМАХ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ

В.В. Карташова, А.І. Бронніков

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки, 14

E-mail: varvara.kartashova@nure.ua, artem.bronnikov@nure.ua

Анотація: В цій роботі досліджується застосування нейронних мереж у промислових системах для оптимізації виробничих процесів. Оцінюється вплив технологій штучного інтелекту на підвищення продуктивності, зниження витрат та поліпшення умов праці. Представлено аналіз основних алгоритмів нейронних мереж та їх інтеграція з іншими сучасними технологіями.

Ключові слова: Індустрія 5.0, штучний інтелект, промислові системи, нейронні мережі, оптимізація виробництва.

Індустрія 5.0 вимагає впровадження сучасних технологій, таких як штучний інтелект та нейронні мережі, для досягнення більш продуктивного процесу. Мета цієї роботи – оцінити переваги та перспективи використання цих технологій, дослідити їх можливості та приклади застосування для оптимізації виробництва. В промислових реаліях, виробничі процеси постійно стають більш складними, тому інтеграція штучного інтелекту є важливою складовою для забезпечення стійкого розвитку та конкурентоспроможності на ринку [1].

Застосування нейронних мереж у промисловості має велике значення, вони здатні аналізувати великі обсяги даних, прогнозувати можливі перебої обладнання, а також, адаптуватися до змінних умов виробництва, що є особливо важливим у сучасних умовах. Нейронні мережі активно використовуються в різних промислових галузях для підвищення ефективності та автоматизації процесів. Наприклад, Tesla застосовує їх для автопілота, General Electric оптимізує енергомережі, а Shell прогнозує технічне обслуговування обладнання. Siemens інтегрує нейронні мережі для автоматизації виробництва, тоді як Amazon оптимізує роботу своїх складів. У фармацевтиці Pfizer використовує нейронні мережі для розробки ліків, а BMW та BASF підвищують якість продукції та ефективність виробництва за допомогою цих технологій.

Досягнуті результати включають скорочення часу простоїв, зниження витрат на технічне обслуговування та підвищення якості продукції. Це дає можливість підприємствам працювати більш ефективно, знижуючи витрати і збільшуючи конкурентоспроможність на ринку. Впровадження нейронних мереж сприяє переходу до більш гнучкого, автоматизованого виробництва, що відповідає вимогам Індустрії 5.0 [2].

Алгоритми, що лежать в основі нейронних мереж, відіграють ключову роль у реалізації їх потенціалу в оптимізації виробничих процесів. Наприклад, алгоритми глибинного навчання забезпечують здатність мереж виявляти складні шаблони в даних, що дозволяє не лише вчасно реагувати на потенційні несправності, але й зменшувати ймовірність їх виникнення в майбутньому. Використання таких алгоритмів сприяє створенню прогностичних моделей, які забезпечують підвищену точність у плануванні технічного обслуговування [3].

Додатково, оптимізаційні алгоритми, які працюють у синергії з нейронними мережами, дозволяють підприємствам ефективно розподіляти ресурси, управляти ланцюгами постачання та налаштовувати виробничі процеси відповідно до актуальних ринкових умов. Завдяки цим алгоритмам, компанії можуть створювати динамічні бізнес-моделі, які адаптуються до змін у попиті та пропозиції, що є особливо важливим в умовах швидко змінюваного ринку. У результаті, впровадження таких алгоритмів не лише підвищує ефективність виробництва, але й відкриває нові горизонти для інновацій і розвитку, відповідаючи вимогам Індустрії 5.0 (рис. 1).



Рисунок 1 – Нейронні мережі та виробництво

ВИСНОВКИ. Дослідження вказують на те, що нейронні мережі надають промисловим системам суттєві конкурентні переваги, зокрема в підвищенні продуктивності та вдосконаленні процесів управління якістю. Їхня здатність обробляти величезні обсяги даних у режимі реального часу дозволяє знижувати витрати на виробничі процеси і обслуговування, а також зменшувати ймовірність виникнення збоїв у виробництві. Основні переваги нейронних мереж включають автоматизацію рутинних операцій, можливість точного прогнозування можливих несправностей, а також поліпшену ефективність контролю якості продукції. Це особливо важливо для секторів, де швидка адаптація до змін у попиті та підвищені стандарти якості є критичними, наприклад, в автомобільній чи фармацевтичній галузі. Перспективи впровадження нейронних мереж у промисловість обіцяють подальший розвиток штучного інтелекту, що відкриє шлях до більш інтелектуальних і автономних виробничих процесів. Використання методів глибинного навчання і навчання з підкріпленням дозволить інтегрувати технології з Інтернетом речей (IoT) і автоматизованими системами, що сприятиме створенню «розумних» виробництв, які здатні самостійно оптимізувати свої операції без потреби у людському контролі [4].

Література:

1. Van der Meer, J. G. M., van der Laan, M. A. D., & van der Rijt, P. H. A. J. (2020). Artificial Intelligence in Manufacturing: Opportunities and Challenges. *Procedia Manufacturing*, 51, 1482-1490. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.197>.
2. LeCun, Y., Bengio, Y., & Haffner, P. (2015). Gradient-Based Learning Applied to Document Recognition. *Proceedings of the IEEE*, 86(11), 2278-2324. <https://doi.org/10.1109/5.726791>.
3. Dufloy, J. R., & et al. (2012). Sustainability and Innovation in Manufacturing: A Research Agenda. *Journal of Cleaner Production*, 31, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.02.023>.
4. B. G. W. W. Behnam, K. E. Ahmadi, & K. F. V. Khalaf. (2021). Industrial Process Optimization using Artificial Intelligence: A Systematic Review. *Expert Systems with Applications*, 176, 114861. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.114861>.
5. Роботизація виробництва [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mplast.by/wp-content/uploads/2019/11/avtomatizatsiya-proizvodstva-roboti-037.jpg>

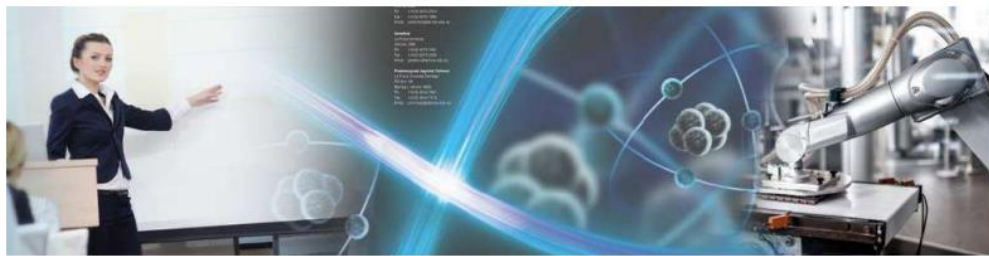
Висвітлення результатів кваліфікаційної роботи

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 theses 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

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

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 автоматичних 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 сільського
господарства (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 машинобудуван-
ня», 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

<i>Воронов Денис, Сезонова Ірина</i>	
Розробка методу визначення швидкості переміщення об'єктів на основі аналізу зображень	51
<i>Oleh Hurtovyi</i>	
Features of Functional Testing for Low-Power Consumption Devices with Built-In Batteries	55
<i>Варвара Карташова, Артем Бронніков</i>	
Роль експертних систем та голосового керування в сучасному виробництві	58
<i>Антон Паньков</i>	
Інноваційний підхід до візуалізації: розробка автоматизованого модуля для збору, обробки та збереження поточних даних	62
<i>Олег Посашков, Олександр Цимбал</i>	
Аналіз існуючих методів підтримки прийняття рішень у віддаленому управлінні виробництвом	65
<i>Дмитро Максимов, Дмитро Нікітін</i>	
Види зварювання для верстату точкового зварювання з ЧПУ	69
<i>Олексій Фарафонов, Наталія Фурманова, Олександр Малий</i>	
Розроблення технології паралельного керування за допомогою вебінтерфейсу мобільним роботом під керуванням ROS	71
<i>Дмитро Янушкевич, Леонід Іванов, Ігор Толкунов</i>	
Застосування методів вербального аналізу в інтелектуальних системах управління у сфері гуманітарного розмінування	75
<i>Данило Ясир</i>	
Вибір математичної моделі для управління якістю продукції в умовах безперервного виробництва	79
<i>Дмитро Дриньов</i>	
Використання елементів штучного інтелекту для вирішення задач моделювання динамічних процесів	83
<i>Ганна Самойленко</i>	
Дослідження методів опису динаміки гуманоїдного робота	85

Роль експертних систем та голосового керування в сучасному виробництві

Варвара Карташова, Артем Бронніков

Кафедра КІТАР, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА,
Харків, пр. Науки. 14., email: artem.bronnikov@nure.ua

Анотація: В даній статті було розглянуто вплив експертних систем та голосового керування в сучасному виробництві, а саме в приладобудуванні. Проаналізовано їх впровадження для підвищення ефективності, зниження кількості людських помилок та безпеки виробництва.

Ключові слова: експертні системи, приладобудування, голосове керування.

I. ВСТУП

Індустрія 4.0 здійснила великий крок в зміні моделі виробництва, де автоматизація відіграє важливу роль в оптимізації промислових процесів та в підвищенні загальної продуктивності. Технології автоматизації, такі як робототехніка, машинне навчання, штучний інтелект або аналітика великих даних роблять більш прогресивними звичайні виробничі операції. Ці технології дозволяють машинам та системам обмінюватися інформацією, та приймати інтелектуальні рішення в режимі реального часу, що призводить до підвищення точності, швидкості та рентабельності [1].

На рівні з цими засобами автоматизації, експертні системи та голосове керування стають більш значимими в сучасній промисловості, особливо в приладобудуванні.

Тож нижче розглянемо, що таке експертні системи та голосове керування і як вони застосовуються у виробництві.

II. ОГЛЯД ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМ У ВИРОБНИЦТВІ

Експертна система, заснована на знаннях, являє собою комп'ютерну програму, яка використовує досвід та інформацію у визначеній галузі для прийняття рішень. Ця система містить в собі базу даних, яка резервує збірку інформації та правил та відтворює усі дані про проблемну область [2].

Експертна система розроблена для заміни людей-експертів в конкретній галузі, наприклад, приладобудуванні. Коли на виробництві не вистачає фахівців для проектування чи діагностики, експертна система може надавати поради та пояснення, які вже існують в базі знань в реальному часі. Додавання знань в базу даних експертної системи є основним процесом, який визначає гнучкість системи.

Існують різні способи додавання знань:

- додавання знань експертами, використовуючи інтерфейс системи та спеціальної мови для описування фактів і правил, але цей процес займає купу часу та обмежується обсягом знань фахівців;

- автоматизоване вилучення знань спроможне працювати з великими обсягами інформації та може

швидко оброблювати дані, але потребує складних інтеграцій, таких як машинне навчання або data mining;

- комбінований підхід використовує декілька методів разом, утворюючи більш якісну та комплексну систему, але вимагає великих витрат на розробку.

Власне, експертна система представляє собою комплекс знань про проблему, яку потрібно застосувати та механізм, який дозволяє використовувати ці знання для вирішення завдання в вигляді набору правил.

Одна з перших галузей, яка почала використовувати експертні системи була приладобудування. Їх почали додавати у виробництво на початку 80-х років для обслуговування та діагностики обладнання, коли складні завдання робили виключно кваліфіковані спеціалісти і компанії тільки почали впроваджувати комп'ютерні системи, замість роботи фахівців [3].

Так і зараз, експертні системи продовжують використовуватися в діагностиці, управлінні, обслуговуванні та оптимізації. Вони все частіше інтегруються в промислову діяльність підприємств та використовуються для прогнозування відхилень чи несправності обладнання ще до їх виникнення. Аналізуючи дані датчиків в режимі реального часу, ці системи можуть передбачати необхідність технічного обслуговування та скорочувати час простою, оптимізувати графіки технічного обслуговування та продовжувати термін експлуатації. Компанії зазначають зниження витрат на 30% та підвищення ефективності роботи за рахунок зменшення неочікуваних відмов [4].

Передові технології, такі як штучний інтелект або машинне навчання, використовуються для оптимізації виробничих процесів. Введення цих технологій призвело до підвищення продуктивності на 10-15% та зниженню кількості бракованих виробів [5].

Експертні системи також допомагають в контролі якості, аналізуючи виробничі дані та розпізнаючи деякі аномалії або відхилення від стандартів. Наприклад, в умовах складальної лінії на виробництві дуже складно розподілити завдання між фахівцями таким чином, щоб збалансувати робоче навантаження, беручи до уваги такі фактори, як фізичне напруження, безпека та втома. Також потрібно не забувати, що існує невизначеності, такі як, непередбачуваний час виконання роботи чи різний рівень кваліфікації фахівців. Тобто ціль експертної системи збалансувати робоче

навантаження, при цьому забезпечити безпеку експертів. Нечітка логіка дозволяє системі працювати з неоднозначними даними та може використовувати правила на основі експертних систем, наприклад: «Якщо втрома робітника висока і задача потребує великих фізичних зусиль, доручити це завдання іншому фахівцю». Система містить багато критеріїв та щоб її реалізувати потрібно зібрати інформацію про робітників (фізичні дані та навички), задачі (складність та вимоги). Експертна система обробить ці дані за допомогою нечіткої логіки для оцінки співвідношення між працівниками та робочими завданнями. Далі, на основі правил, система може генерувати прийнятні рішення для підвищення безпеки та ефективності. Завжди в експертних системах є зворотній зв'язок зі спеціалістами для поновлення вже існуючої інформації. Система може адаптуватися до виробничих змін, що робить її гнучкою в рухливих умовах [6].

III. ГОЛОСОВЕ КЕРУВАННЯ У ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСАХ

Технологія розпізнавання мови є важливою частиною між взаємодією людини та комп'ютера, забезпечуючи безперебійний зв'язок між користувачем та приладами за допомогою усних команд і запитів. За останні кілька десятиліть відбувся значний прогрес в обробці та розумінні природньої мови, який перетворив розпізнавання голосу з виняткової технології до широкого використання у повсякденному житті [7].

Системи розпізнавання голосу дозволяють споживачам взаємодіяти з технологіями, просто розмовляючи з нею, уможливаючи запити по гучному зв'язку, нагадування та інші прості завдання. Розпізнавання голосу може ідентифікувати та розрізнити голоси за допомогою програм автоматичного розпізнавання мови, такі як ASR (Automatic Speech Recognition), Microsoft Azure Speech Service, Kaldi, Google Cloud Speech-to-Text та інші.

Система розпізнавання голосу використовує технологію для оцінки біометричних характеристик вашого голосу. Це включає в себе частоту і потік вашого голосу, а також ваш акцент. Кожне слово, яке ви вимовляєте, розбивається на сегменти з декількох тонів. Потім це оцифровується і перекладається, щоб створити ваш власний унікальний голосовий шаблон.

В приладобудуванні, голосове керування змінило спілкування операторів та інженерів з машинами та системами, воно забезпечує роботу без застосування рук, підвищує ефективність та безпеку в умовах підвищеної небезпеки. На хімічних заводах чи галузях важкого машинобудування, де робітники можуть мати обмежену рухливість чи видимість (наприклад, при носінні захисних костюмів), розпізнавання мови підвищує безпеку. Фахівці можуть надавати команди для керування машинами та аварійні команди (наприклад зупинити машину, ініціювати протоколи вимкнення), зменшуючи необхідність фізичного контакту з панелями управління, що особливо корисно в небезпечних або

стерильних середовищах. Також це корисно в диспетчерських або на станціях віддаленого моніторингу та покращує швидкість реагування. Системи з НМІ (Human-Machine Interface) з використанням голосу можуть активувати сигнали тривоги, запускати процеси та зупинити операції, коли ситуація потребує негайних дій [7].

В робототехніці голосові команди можуть використовуватися для управління роботами або на складальних лініях, що дозволяє прискорити перенастроювання та зменшити час простою. Розпізнавання мови, інтегроване в верстати з числовим програмним управлінням дозволяє операторам надавати команди для виконання точних промислових завдань.

Інженери, які виконують діагностику та профілактичне обслуговування, можуть надавати голосові команди для збору інформації, управління діагностичними інструментами та регулювання налаштувань приладів. Також, системи голосового керування можуть забезпечити зворотній зв'язок та сповіщення в реальному часі, які, в свою чергу, повідомляють фахівців о продуктивності машин та систем, допомагаючи вчасно усунути несправності.

Заводи, які оснащені датчиками промислового Інтернету речей (IIoT), можуть керуватися за допомогою розпізнавання мовлення. Наприклад, оператори можуть контролювати температуру, тиск та інші дані датчиків за допомогою голосових команд, що дозволяє ефективно контролювати декілька параметрів без фізичної участі. Системи використовують голосові команди для управління бездротовими датчиками, забезпечуючи централізоване керування та зворотний зв'язок у реальному часі з різних ділянок підприємства.

Як і багато переваг, так і недоліки мають системи голосового керування:

- промислові підприємства являють собою шумні середовища і цей шум може знизити точність голосових команд;
- системи розпізнавання мовлення можуть відчувати складність з різними акцентами та вадами мови, тому потрібно використовувати просунуті системи, які навчені на багатомовних та акцентних наборах даних;
- голосове керування потребує надійних механізмів безпеки, щоб уникнути несанкціонованого втручання в систему чи підміни голосу.

Голосове керування має успішне впровадження у виробництво. Наприклад, завод Siemens інтегрував голосове управління в свої промислові робототехнічні системи, в виробничих контролерах Simatic робітники можуть надавати голосові інструкції для управління роботизованими руками та іншими машинами на складальних лініях. Для цього фахівці використовують спеціальні гарнітури для подання команд, типу «Взяти предмет» або «Перемістити в становище», керуючи роботами без ручного введення [8].

Bosch інтегрувала голосове розпізнавання до своїх систем контролю якості на заводах з виробництва автомобільних складових. Інспектори використовують голосові команди для запуску

візуальних перевірок, доступу до даних та реєстрації результатів, не перериваючи свій робочий процес. Інспектор Bosch може сказати: «Збільшити деталь 5» або «Зареєструвати дефект в елементі 12» під час перевірки якості, що дозволяє керувати системою перевірки без допомоги рук. Так голосове керування скорочує час перевірки, підвищує точність виявлення дефектів та оптимізує процес контролю якості [9].

Ford Motor Company впровадила голосове керування для збірки та діагностики транспортних засобів. Спеціалісти використовують Microsoft Hololens із вбудованим голосовим керуванням для доступу до даних у реальному часі під час складання транспортних засобів або проведення перевірок контролю якості. Робітник на виробничій лінії може використовувати голосові команди для активації інструментів, перегляду 3D-схем або перевірки стану деталей, і все це не залишаючи свого робочого місця. Перевагами цього підходу є безконтактний доступ до інформації, підвищена точність збирання складних компонентів та підвищена продуктивність праці [10].

IV. ВЗАЄМОДІЯ ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМ І ГОЛОСОВОГО КЕРУВАННЯ

Експертні системи та голосове управління можуть ефективно працювати разом, забезпечуючи операторам доступ до важливої інформації та дозволяючи їм виконувати завдання швидко та зручно. Експертні системи збирають та аналізують дані від обладнання, включаючи виробничі показники, стан машин та виробничі цикли. Оператори можуть використовувати голосові команди, щоб запитувати інформацію, наприклад, про поточний стан обладнання або рекомендації щодо обслуговування. На основі аналізу даних експертна система надає поради щодо оптимізації процесів, усунення несправностей або виконання операцій, що дозволяє швидко реагувати на зміни у виробничому середовищі.

Переваги цих інтеграцій:

- швидкий доступ до інформації дозволяє операторам приймати рішення на основі актуальних даних, що скорочує час простою;
- автоматичне надання рекомендацій та можливість голосової взаємодії зменшують ймовірність людських помилок, пов'язаних із введенням даних;
- системи можуть адаптуватися до змін у виробничих процесах, дозволяючи операторам легко перемикатися між завданнями та отримувати оновлення у реальному часі;
- нові співробітники можуть швидше адаптуватися, оскільки голосові команди та експертні рекомендації роблять управління зрозумілішим.

Недоліки впровадження експертних систем і голосового керування:

- положення на голосові команди та експертні системи може спричинити проблеми у разі збою обладнання або програмного забезпечення;
- оператори повинні бути навчені як взаємодіяти з системою, так і розуміти її рекомендації, що може зайняти час та ресурси;

– інтеграція таких систем може вимагати значних інвестицій у технології та навчання персоналу;

– хоча експертні системи можуть надавати рекомендації, вони можуть не завжди враховувати контекст або умови, що змінюються, та це вимагає людського втручання для прийняття остаточних рішень.

Впровадження голосових інтерфейсів та експертних систем на виробництві стало важливим кроком до підвищення ефективності та гнучкості процесів. У різних компаніях, таких як ABB, Mitsubishi Electric, Rockwell Automation, KUKA та Honeywell, ці технології інтегровані у різні аспекти виробництва та управління. Робітники можуть використовувати голосові команди для отримання інформації про стан обладнання, управління роботизованими системами, моніторингу та діагностики, а також для управління складськими процесами. Експертні системи у цих додатках аналізують дані, надають рекомендації та допомагають швидко реагувати на зміни.

Ці інновації призводять до збільшення продуктивності, скорочення часу на прийняття рішень, підвищення безпеки та точності роботи, а також покращують взаємодію між операторами та машинами.

Наприклад, Mitsubishi Electric застосовує голосові команди для керування роботизованими системами на складальних лініях. Експертні системи забезпечують аналіз даних про продуктивність, і працівники можуть вголос ставити запитання або вносити зміни до параметрів роботи. Це підвищує гнучкість виробництва та покращує взаємодію між операторами та машинами [11].

Rockwell Automation інтегрує голосові технології у системи управління для моніторингу та діагностики обладнання. Оператори можуть використовувати голосові команди для доступу до інформації про стан машин та отримувати рекомендації від експертної системи для усунення несправностей. Це призводить до скорочення часу на діагностику та покращення безпеки на виробництві.

KUKA використовує голосове керування взаємодії з роботами у виробничих процесах. Експертні системи аналізують завдання та можуть запропонувати найефективніші шляхи виконання операцій, а оператори керують роботами за допомогою голосових команд. В результаті збільшується точність роботи та скорочується час навчання нових співробітників [12].

V. ВИСНОВКИ

Інтеграція експертних систем та голосового управління на виробництві пропонує безліч переваг, включаючи збільшення ефективності, покращення безпеки та зниження помилок. Однак слід враховувати і потенційні недоліки, такі як залежність від технології та складності навчання. З правильним підходом та впровадженням ці системи можуть значно покращити виробничі процеси та робоче середовище. Інтерфейси голосового керування дозволяють операторам взаємодіяти з системами за допомогою команд природньою мовою. Це полегшує

роботу без допомоги рук, що особливо корисно в середовищах, де ручне введення ускладнене. Експертні системи можуть аналізувати дані з обладнання у реальному часі та пропонувати конкретні дії (наприклад, регулювання, етапи обслуговування). Оператори можуть миттєво виконувати ці рекомендації за допомогою голосових команд, що зменшує затримки, пов'язані з ручним введенням.

Синергія експертних систем та голосового керування призводить до поліпшення продуктивності, гнучкості та надійності виробничих процесів, дозволяючи підприємствам адаптуватися до умов ринку, що швидко змінюються, і вимогам клієнтів.

Розвиток машинного навчання та ШІ покращить точність рекомендацій експертних систем, дозволяючи їм адаптуватися до специфіки виробничих процесів та переваг операторів. Голосові інтерфейси ставатимуть все інтуїтивнішими, включаючи підтримку кількох мов та акцентів, що спростить взаємодію для багатонаціональних команд. У майбутньому ми можемо очікувати ширшої автоматизації виробничих процесів, де голосові команди будуть використовуватися для управління автономними системами, що підвищать ефективність та зменшать потребу в людському втручанні. Інтеграція голосових технологій у навчання нових співробітників стане стандартом, дозволяючи прискорити процес адаптації та підвищення кваліфікації. У результаті комбінація експертних систем та голосового управління продовжить трансформувати виробничі процеси, створюючи більш ефективні, безпечні та адаптивні виробничі середовища.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] A. K. Madan, A. Solanki, O. S. Sahay, O. Vinayak, O. Jha, N. Khandelwal, "Industry 4.0 and automation in manufacturing: An extensive overview." *International Journal of Research Publication and Reviews*, 2582-7421, pp. 3999-4001, 2024.
- [2] T. C. E. Cheng, D. Bizruchak, "Expert systems and production/operations management." Department of Actuarial and Management Sciences, University of Manitoba, Winnipeg, Canada, pp. 250-253, Aug. 1991.
- [3] T. Kuo, A. Mital, S. Anand, "An introduction to expert systems in production and manufacturing engineering: The structure, development process and applications." *Handbook of Expert Systems Applications in Manufacturing Structures and Rules*, pp. 6-15, 1994.
- [4] B. Xing, T. Marwala, "Smart maintenance for human-robot interaction: An intelligent search algorithmic perspective," *Smart Maintenance for Human-Robot Interaction*, pp. 21-31, 2017. DOI: 10.1007/978-3-319-67480-3.
- [5] Z. B. Akhtar, "Artificial intelligence (AI) within manufacturing: An investigative exploration for opportunities, challenges, future directions," *Metaverse*, vol. 5, no. 2, pp. 2731, 2024. DOI: 10.54517/m.v5i2.2731.
- [6] E. Ghorbani, S. Keivanpour, F. Sekkay, D. Imbeau, "Fuzzy expert system for ergonomic assembly line worker assignment and balancing problem under uncertainty," *Journal of Industrial and Production Engineering*, pp.1-5, August 2024. DOI: 10.1080/21681015.2024.2389963.
- [7] T. Salunkhe, N. I. Jamadar, and S. B. Kivade, "Prediction of Remaining Useful Life of Mechanical Components-A Review," vol. 3, no. 6, pp.125-135, 2018.
- [8] "Voice Assistant in Automation: A New Era for Machine Building," Siemens. URL: <https://www.siemens.com/global/en/company/stories/industry/factory-automation/voiceassistant-automation-machinebuilding-fps.html>.
- [9] "Voice Control Solutions," Bosch Mobility. URL: <https://www.bosch-mobility.com/en/solutions/infotainment/voice-control/>.
- [10] N. Rychtyckyj, "Intelligent systems for manufacturing at Ford Motor Company," *Intelligent Systems*, vol. 22, no. 1, pp. 16-19, January 2007. DOI: 10.1109/MIS.2007.13.
- [11] Mitsubishi Electric Corporation, "Mitsubishi Electric develops teaching-less robot system technology," *Mitsubishi Electric News*, 2023. URL: www.MitsubishiElectric.com/news/.
- [12] "KUKA zeigt Premieren auf der CIIF 2018," KUKA. URL: <https://www.kuka.com/en-sc/company/press/news/2018/08/kuka-zeigt-premieren-auf-der-ciif-2018>.

ДОДАТОК Б

Код програми

```

import random
import speech_recognition as sr
import pyttsx3
from transformers import pipeline
from sentence_transformers import SentenceTransformer, util
from nltk.corpus import wordnet as wn
import re

def get_synonyms(synonyms):
    """Функція для отримання синонімів."""
    synonyms_cache = set()
    for word in synonyms:
        if word not in synonyms_cache:
            synonyms_cache.add(word)
    return list(synonyms_cache)

def get_recommendations_from_knowledge_base(question):
    """Шукає релевантні рекомендації в базі знань для запиту, використовуючи точне співпадіння слів."""
    relevant_recommendations = []
    # Розбиваємо запит на окремі слова
    question_words = set(re.findall(r'\b\w+\b', question.lower()))

    for keyword, data in keywords.items():
        # Створюємо набір всіх ключових слів і синонімів
        all_keywords = set([keyword] + data["synonyms"])

        # Перевіряємо, чи є хоча б одне ключове слово або синонім у запиті
        if question_words & all_keywords: # Операція перетину між запитом і ключовими
            # словами
            relevant_recommendations.extend(data["recommendations"])

    return relevant_recommendations

synonyms_cache = set()

def get_synonyms(synonyms):
    """Функція для отримання синонімів. Переконаємося, що додаються тільки рядки."""
    for word in synonyms:
        if isinstance(word, str): # Перевіряємо, чи є це рядком
            synonyms_cache.add(word.lower()) # Додаємо в множину
    return list(set([word.lower() for word in synonyms if isinstance(word, str)]))

# ініціалізація pyttsx3 для озвучування
engine = pyttsx3.init()

# Ініціалізація моделі для перетворення векторів
sentence_model = SentenceTransformer('paraphrase-MiniLM-L6-v2')

# Ініціалізація text-to-speech (TTS)

```

```

engine = pyttsx3.init()
voices = engine.getProperty('voices')
selected_voice_id = 1
engine.setProperty('voice', voices[selected_voice_id].id)

# Ініціалізація speech recognition
r = sr.Recognizer()

# База знань: ключові слова та рекомендації
keywords = {
    "does not detect": {
        "synonyms": get_synonyms(["detect", "misses", "unable to identify"]),
        "recomandations" : [
            "Check that the sensors on the job are configured and working properly. Make sure the sensors are not damaged or dirty. Clean them of any dirt or dust if necessary",
            "Make sure the sensors are calibrated correctly. Some robots have the ability to calibrate sensors to achieve optimal sensitivity and accuracy. Review the robot's documentation for the calibration procedure and follow it",
            "Check the environment for causes that could affect the robot. For example, make sure that there is no excessive light or glare that could interfere with the robot's ability to detect objects. Also, eliminate the possibility of obstacles that could block the sensors",
            "Check the robot's software for object and obstacle detection settings. Make sure they are set to the correct sensitivity level and parameters. If necessary, update the robot software to the latest version",
            "Refer to the robot manufacturer's documentation or contact their support team for more help and advice. They may be able to provide specific advice for your robot model or offer service",
            "Make sure the robot is on a level and stable surface. Uneven or unstable floors can affect the accuracy of the robot's object detection. Try placing the robot on a flat surface and see if object detection improves",
            "Check the robot's power supply. Insufficient or unstable power can affect the robot's object detection. Make sure the robot's battery is fully charged or that the robot is connected to a power source with a stable cable",
            "Check that the robot's sensors are not being blinded. Some robots may have light-sensitive sensors that can be blinded by bright lights or glare. Try repositioning the robot or reducing the lighting in the space",
            "Make sure the robot is set to the correct object detection mode. Some robots have different robot modes that can affect object detection. Review your robot's settings to make sure you are using the correct mode for object detection",
            "Conduct an additional check for physical obstacles to the robot. Make sure that there are no physical obstacles that could interfere with object detection. Remove any obstacles that may interfere with the operation."
        ]
    },
    "incorrect measurements": {
        "synonyms": get_synonyms(["measurment", "inaccurate readings", "faulty data"]),
        "recomandations" : [
            "Check that all sensors are properly connected to the robot. Make sure that all cables are connected to the correct ports and are securely fastened",

```

```

        "Make sure the robot's software is up to date with the
        latest version. Sometimes manufacturers release software updates that address measurement
        accuracy issues. Check the robot manufacturer's website for updates and install them if
        necessary",
        "Perform a debugging check of the measurement system. Refer
        to the robot or manufacturer's documentation for instructions on how to verify sensor
        setup. You may need to adjust some parameters or perform calibration to achieve more
        accurate measurements",
        "Make sure that there is no electromagnetic interference
        that could affect the sensors' signals. In the vicinity of the robot, avoid strong sources
        of electromagnetic radiation, such as wireless routers, microwaves, or other electronic
        devices that can distort sensor signals",
        "Check the status and conditions of the detectors. Ensure
        that the sensors are free of damage, moisture, or other issues that could affect their
        performance. If necessary, replace or repair any damaged sensors",
        "Check the measurement system settings. Check the settings
        that affect measurement accuracy, such as sensor sensitivity, noise filtering, or other
        settings that may be available in the robot software",
        "Contact a technical support specialist. If you are still
        experiencing problems with incorrect measurements, your best option may be to contact the
        robot manufacturer's technical support specialist. They will be able to provide you with
        specific advice and help you solve the problem",
        "Make sure the robot's sensors are clean and free of dirt.
        Dirt or dust on the sensors can lead to incorrect measurements. Remove the sensors and
        clean them with a soft cloth or a special electronics cleaner",
        "Check the settings of the robot's sensors. Some robots have
        settings that affect measurement accuracy. Make sure that the sensor settings are set to
        the correct values",
        "Make sure that the sensors are located in the correct
        places. Check the robot's or manufacturer's documentation for information on optimal sensor
        placement. Make sure that the sensors are positioned at the correct heights and angles."
    ]
},

"damaged sensor": {
  "synonyms": get_synonyms(["sensor","broken tool","malfunctioning unit"]),
  "recomandations" : [
    "Check the physical condition of the detector: Inspect the sensor to
    make sure it has no visible damage, such as cracks, broken contacts, or other signs of
    mechanical damage. If you notice any physical damage, contact the manufacturer for
    information about replacing the sensor or repairing it",
    "Check the connection of the detector: Make sure the sensor is
    properly connected to the robot or system. Check the cables and connectors to ensure they
    are secure and free of any tangles or loose connections",
    "Recalibrate the sensor: Some systems allow you to recalibrate
    sensors to improve their accuracy. Refer to the manufacturer's documentation or
    instructions on how to recalibrate the sensor. This may require special software or
    adjustments",
    "Replace the sensor: If the sensor is faulty and cannot be repaired,
    replacement may be necessary. Contact the manufacturer or supplier to obtain a new sensor
    that is compatible with your system. Make sure the new sensor is properly connected and
    configured",

```

```

        "Contact a technical support specialist: If you are unable to
        resolve the problem yourself, contact the technical support specialist for the robot or
        system manufacturer. They will be able to provide you with specific advice and help you
        resolve the problem with the damaged sensor",
        "Check the detector settings: Verify that the detector settings are
        correct. Check parameters such as sensitivity, detection range, or other settings that may
        affect its performance. Refer to the manufacturer's documentation or instructions for the
        appropriate settings",
        "Check the power supply: Ensure that the detector is receiving
        adequate power. Check the cables, connectors, and power supply to ensure that there are no
        electrical connection issues or insufficient power. If necessary, check the battery or
        power supply, if applicable.",
        "Apply maintenance tools: Manufacturers often provide tools to help
        maintain and diagnose sensors. These may include self-diagnostic features or tools to
        identify problems and debug the transducer. Check the manufacturer's documentation for such
        tools and use them to solve the problem",
        "Check the operating environment: Ensure that the environment in
        which the sensor is operating meets its requirements. Some sensors may be sensitive to
        lighting, temperature, or other factors. Ensure that the environment is optimal for the
        detector's operation by considering these factors",
        "Perform testing and verification: Perform testing on the sensor to
        identify the problem. Use tools, sensors, or devices to verify the operation of the
        transducer. Verify that other sensors are functioning correctly to determine if the problem
        is related to a specific sensor or the system as a whole."
    ],
    },
    "low battery": {
        "synonyms": get_synonyms(["no power", "battery", "lack of energy"]),
        "recomandations" : [
            "Check the connection: Make sure the battery is properly connected to
            the device or system. Check that all battery contacts and connections are tight and
            securely connected. Make sure that the connection is not lost or pulled out",
            "Check the ort the charger: Make sure the charger, if used, is working
            properly. Check that the charging cable is connected to an electrical outlet or power
            source. Make sure the charger is compatible with the battery and has the correct
            specifications",
            "Check the condition of the battery: Check that the battery is not
            damaged or worn out. Sometimes the battery can lose its capacity after prolonged use or due
            to physical damage. If the battery shows visible signs of damage, replace it with a new
            one",
            "Charge the battery: Connect the battery to the charger and let it
            charge for a sufficient amount of time. Keep an eye on the charge indicator on the charger
            or on the battery itself. Make sure the battery is fully charged before using it",
            "Optimize your energy use: Consider optimizing your device or system's
            power usage. Lowering the display brightness, disabling unnecessary features, or turning
            off power-hungry apps can help extend battery life",
            "Replace the battery: If the dead battery problem recurs and you cannot
            restore functionality, consider replacing the battery with a new one. Contact the
            manufacturer or service center for more information about replacing the battery",
            "Check for updates: Make sure you are using the latest software for
            your device or system. Sometimes manufacturers release updates that improve energy

```

efficiency and battery life. Update your software to the latest version if updates are available",

"Reduced display brightness: A bright display can consume a lot of power. Reducing the display brightness to a comfortable level can help extend battery life. You can usually do this in the device or system settings",

"Turn off wireless connections Tip: If you are not using wireless connections such as Wi-Fi or Bluetooth, turn them off. This can help reduce power consumption and extend battery life",

"Saving deactivated devices: If you have external devices connected to your device, such as USB devices, vinyl drives, or external hard drives, but you are not using them, disconnect them. Connected devices can consume power even when they are not in use."

]

},

"charging problems": {

"synonyms": get_synonyms(["charge", "charging failure", "recharging difficulties"]),

"recomandations" : [

"Check the connection: Make sure the charger is properly connected to the robot and power source. Check that all connectors are in place and that there is no damage to the cable or connectors",

"Check the power supply: Make sure the power source to which the charger is connected is working properly. Try connecting another electrical device to the same power supply to make sure the problem is not with the power supply",

"Check the charging cable: Check the charger cable for damage or fraying. If the cable shows signs of damage, try replacing it with a new one",

"Restart the robot: Sometimes restarting your robot can help resolve a charging issue. Turn off the robot, disconnect the charging cable, wait a few minutes, and then reconnect the charging cable and turn on the robot",

"Check the charging connectors: Check the charging connectors for dirt, dust, or corrosion. If the connectors are dirty, you can use compressed air or a soft brush to clean them",

"Replace the battery: If the problem is due to an old or faulty battery, consider replacing it with a new one. An old battery may have lost its capacity and may not be able to charge properly",

"Check the charger: Make sure the charger is working properly. Try connecting it to another charging device and see if it works. If the charger does not work, replace it with a new one",

"Check the contacts: Make sure the contacts on the robot and charger are clean and not dirty. Use compressed air or a soft brush to clean the contacts",

"Check the temperature: Some robots may have limitations on charging at low or high temperatures. Make sure the robot and charger are in optimal temperature conditions for charging",

"Restart the software: Sometimes the charging problem can be due to software errors. Try restarting the robot's software or updating it to the latest version.."

]

},

"reduced operating time": {

"synonyms": get_synonyms(["downtime", "shortened runtime", "limited working period"]),

"recomandations" : [

```

        "Charge the battery fully: Make sure that the robot's
battery is fully charged before you start working. If the battery is not fully charged, it
may result in a shorter operating time",
        "Check the battery condition: Make sure the battery is in
good condition. If the battery is old or damaged, its capacity may be reduced, affecting
the operating time. Consider replacing the battery with a new one",
        "Check the robot's settings: Some robots have settings that
affect their runtime. Make sure that the robot's operating mode meets your needs and does
not use unnecessary energy",
        "Optimize the robot: Pay attention to the way you use the
robot. If you are working in an empty space or performing unnecessary tasks, this can lead
to unnecessary energy consumption. Optimize your robot by reducing unnecessary movement and
using it in an efficient way",
        "Check the condition of accessories: Some accessories, such
as brushes or filters, may be dirty or worn out, which can affect the robot's performance.
Check the condition of the accessories and clean or replace them as needed",
        "Check the power saving settings: Some robots have power
saving settings that can be adjusted to conserve energy. Make sure they meet your needs and
don't limit the runtime",
        "Use a robot program: Many robots have the ability to
customize work schedules. You can set your robot to work during certain hours when it is
most efficient and to be on standby at other times to save energy",
        "Optimize the surface for the robot: Make sure the surface
on which the robot is operating is optimal for its movement. Remove any obstacles that
could change the robot's path or interfere with its operation. Provide adequate lighting
and ventilation for the robot to work efficiently",
        "Replace the battery: If the battery is old or damaged, its
capacity may be reduced, resulting in reduced operating time. Consider replacing the
battery with a new one if allowed by the robot's manufacturer",
        "Update the software: Make sure you are using the latest
version of software for your robot. Manufacturers may release updates that improve
performance and efficiency."
    ]
},

"no connection": {
    "synonyms": get_synonyms(["disconnected", "unlinked", "signal loss"]),
    "recomandations" : [
        "Check the physical connection: Make sure that all cables and wires
used to connect the robot to other devices or systems are properly connected and not
damaged. Check that all connectors and disconnects are properly secured",
        "Check the firewall settings: If you are using a firewall or other
security features, make sure that the settings do not block connections between the robot
and other devices or systems. Check the firewall rules and allow the necessary ports or
protocols",
        "Check the Wi-Fi signal: Check the Wi-Fi signal strength in the area
where the robot is located. If the signal is weak, try repositioning the router or using a
Wi-Fi booster to improve coverage",
        "Eliminate obstacles: Make sure that there are no physical obstacles
between the robot and other devices, such as walls, metal objects, or electronic devices
that could affect the Wi-Fi signal. Try repositioning the robot to get a better
connection",

```

```

        "Check your network security settings: Make sure that your network
        security settings (e.g., Wi-Fi encryption, MAC address filtering) are not blocking your
        robot's connection. Try temporarily disabling network security to see if the robot can
        connect",
        "Use a wired connection: As an alternative to a wireless connection,
        try connecting your robot to other devices or systems using an Ethernet wire. This can
        provide a more stable connection and avoid problems associated with a weak Wi-Fi signal",
        "Check your device settings: Make sure all devices you're trying to
        connect to have the proper network settings. Check the IP addresses, subnets, DNS servers,
        and other network settings to make sure they are correct and compatible with the robot",
        "Software updates: Check to see if there are any software updates
        available for the robot and other devices or systems it is connected to. Performing an
        update can fix bugs, improve compatibility, and improve connections",
        "Restart the devices: Perform a full restart of your robot, router,
        and other devices. This can sometimes resolve temporary connection issues",
        "Contact technical support: If none of these solutions resolve your
        connection issue, contact technical support for the manufacturer of your robot or other
        devices you're trying to connect with. They can provide additional tips or recommendations
        specific to your particular situation."
    ]
},

"software error": {
    "synonyms": get_synonyms(["error", "bug", "application glitch"]),
    "recomandations" : [
        "Restart the software: Try restarting the robot's software. This can
        resolve temporary issues and errors that occur while it is running",
        "Update the software: Make sure you are using the latest version of
        the robot software. Manufacturers usually release updates that fix bugs and improve
        functionality. Check the manufacturer's website or documentation for updates",
        "Check the settings: Ensure that all robot software settings are
        correct and meet the requirements. Review the software documentation and settings to ensure
        you have configured it correctly",
        "Check logs or error messages: Review logs or error messages that
        may be stored in the robot's software. This can give you information about specific
        problems or errors that are occurring and help you find solutions",
        "Contact technical support: If the software problem continues,
        contact the robot manufacturer's technical support. They can provide additional help,
        advice, or guidance to resolve the issue",
        "Check the runtime environment: Make sure that the environment in
        which you are running the robot software is appropriate. Make sure that there are no
        conflicts with other programs or devices that could affect the operation of the program",
        "Check your hardware: Make sure the hardware on which the robot
        software is running is working properly. Check the connections, make sure the devices are
        not damaged, and perform tests to identify possible problems",
        "Check the uploaded data: Make sure the data used by the robot
        software is correct and in the expected format. Sometimes the problem can be caused by
        incorrect or corrupted data. Check the data used by the program and make the necessary
        corrections or repairs",
        "Run a security check: Some errors or incorrect operation of the
        robot software may be due to security issues. Check whether reliable security methods are
        being used and whether there are any security weaknesses. Update the software to the latest
        versions that contain security patches",
    ]
}

```

```

        "Check your system requirements: Make sure your hardware and
operating system meet the system requirements of the robot software. Incorrect hardware
settings or incompatibility with the operating system can affect the program's performance.
Check the software documentation for detailed hardware and operating system requirements."
    ]
},

"program freeze": {
"synonyms": get_synonyms(["freeze", "system lockup", "crash"]),
"recomandations" : [
    "Restart the software: Try restarting the robot's software. Close
the program and reopen it. This may resolve a temporary issue related to the program's
incorrect state",
    "Check for resource conflicts: Make sure that the robot software
does not conflict with other programs or processes running on your computer. Close
unnecessary programs and processes that may interfere with the normal operation of the
robot program",
    "Update your software: Make sure you are using the latest version of
the robot's software. Manufacturers often release updates that contain bug fixes and
feature enhancements. Update the program to the latest version available to avoid possible
problems",
    "Check the system requirements: Make sure your computer meets the
system requirements of the robot software. Check that you have enough RAM, free hard disk
space, and the right version of the operating system. If the system does not meet the
requirements, it may cause problems with the program",
    "Disable antivirus programs: Some antivirus programs can cause
conflicts with the robot's software and block its operation. Try disabling the antivirus
program temporarily and see if this affects the robot's app. Be careful to turn the
antivirus program back on after checking",
    "Check the error logs: Some programs have error logs or log files
that contain information about problems and errors that occur while the program is running.
Check to see if there are any such logs or log files for the robot software and review them
to find any errors noted or information that may help you determine why the program is
unresponsive or freezing. If necessary, you can refer to the program's documentation or
support for more help understanding the error logs",
    "Restart your device: Sometimes unresponsive software issues can
occur because the robot's hardware components are not working properly. Try performing a
full reboot of the robot by turning it off completely, waiting a few seconds, and then
turning it back on. This may help to restore normal software operation",
    "Reset to factory settings: If all other attempts have failed, it
may be worth considering a factory reset. This can fix problems related to saving incorrect
settings or corrupted files. Please note that a factory reset will erase all data,
settings, and programs from the robot. Make sure that you back up all necessary data before
performing this operation"
    ]
},

"incorrect movement": {
"synonyms": get_synonyms(["wrong move", "erroneous motion", "misaligned action"]),
"recomandations" : [
    "Check the motor connections: Make sure the connections between
the motors and the controller or robot electronics are correct and stable. Make sure that

```

all cables are properly tightened and not loose. Check that all motors are connected to the appropriate ports and pins on the robot controller",

"Make sure the motor system is properly configured: Check the settings of the robot's motor system, such as speed, acceleration, and steering parameters. Ensure that the settings are appropriate for the robot's requirements and take into account its physical limitations. Ensure that the motion control is based on the correct inputs, such as signals from sensors or commands from the controller",

"Calibrate the motion system: Calibrating the motion system can help correct incorrect robot movement. This includes a procedure for adjusting motion parameters such as speed limits, positioning accuracy, and using feedback to correct motion. The robot's documentation or user manual may contain instructions on how to calibrate the motion system",

"Check the condition of mechanical components: Make sure that all mechanical components of the robot, such as wheels, gears, rails, mechanisms, are not damaged or worn. Check that there are no obstacles or difficulties in the free movement of the robot's moving parts. Repair or replace any damaged or worn components",

"Check the control software: Ensure that the robot's control software is properly programmed and meets the requirements of the motor system. Check for errors or incorrect parameters that could affect the robot's motion. Monitor sensor or feedback data to identify possible causes of incorrect movement",

"Check the electronic components: Ensure that all electronic components of the robot, such as sensors, controllers, boards, are working properly. Check for damage, broken connections, poor contacts, or other electrical problems. Check the power supply and the stability of the voltage supplied to the robot's electronics",

"Make sure that the motion algorithms are properly programmed: Check the motion algorithms used in the robot's software. Ensure that the motion commands are correctly interpreted and executed. Consider the physical limitations of the robot, such as speed limits, rotational radius, and other mechanical limitations",

"Calibrate the sensors: If the robot uses sensors to determine its status or environment, calibrate those sensors. This may include adjusting sensor limits, compensating for errors, or correcting signals. Ensure that the sensors are properly calibrated for the robot's requirements and the environment in which it operates."

]

},

```
"noise": {
  "synonyms": get_synonyms(["loud", "interference", "disturbance"]),
  "recomandations" : [
```

"Check mechanical components: Make sure that all mechanical components of the robot, such as wheels, motors, and connectors, are properly assembled and tightened. Consider the possibility of small objects that may be lodged or cause friction. Check for damage or wear to mechanical parts that could cause noise",

"Check the electrical components: Make sure all electrical components of the robot, including motors and electronics, are working properly. Check the connections, contacts, and wiring for any loose or misconnected parts that could cause noise vibrations. Ensure that all components are properly powered and receiving consistent voltage",

"Lubricate and grease: Some parts of the robot may cause noise due to insufficient lubrication or abrasion. Apply appropriate grease or lubricants to moving parts that may cause noise vibrations. Remember to use the lubricants recommended by the robot manufacturer",

"Check for damage or wear and tear: Pay attention to parts of the robot that may be damaged or worn as a result of prolonged use. This could include worn wheels,

connecting parts, small components, or improperly tightened screws. Replace or repair damaged or worn parts that may be causing noise",

"Contact the manufacturer: If the noise continues after attempting to solve the problem yourself, it is recommended that you contact the robot's manufacturer or service center for further assistance. The manufacturer can provide specialized technical support or recommend qualified technicians to diagnose and resolve the noise problem",

"Clean the robot from dirt and dust: Make sure that the robot and its components, including wheels, sensors, and mechanical parts, are free of dirt or dust. Dirt or dust can cause mechanisms to malfunction and generate additional noise. Clean the robot regularly with a soft cloth or vacuum cleaner",

"Check the condition of the wheels: Make sure that the robot's wheels have proper traction and are not damaged. Check for moisture, dust, or objects that could stick to the wheels. Remove any obstructions and clean the wheels if necessary. If necessary, install new wheels if they are worn or damaged",

"Reduce the load: Check that the robot is not overloaded or overloaded while in motion. Too much load can lead to malfunctions in the mechanisms, which can cause noise. Reduce the weight carried by the robot or divide the load into several stages, if possible",

"Check for vibrations: Vibrations can be a source of noise or additional sounds when the robot is moving. Check that all components of the robot, including mechanisms and electronics, are properly secured and free of loose parts or moving parts. Tighten the screws and make sure that all components are positioned correctly and do not cause unexpected vibrations",

"Contact a qualified technician: If the sound or noise problem continues, we recommend that you contact the robot manufacturer or an authorized service center. Qualified technicians will be able to perform a more detailed diagnosis, identify the cause of the problem, and provide specific advice on how to resolve it."]

},

```
"stuck": {
  "synonyms": get_synonyms(["blocked", "jammed", "trapped"]),
  "recomandations" : [
```

"Check for obstacles: Make sure that there are no obstacles around the robot that could impede its movement. Remove any obstacles such as furniture, cables, or other objects that may interfere with the robot's free movement",

"Clean the mechanisms: Make sure that the robot's mechanisms, including wheels, sensors, and moving parts, are not dirty or stuck. Remove any dirt, dust, or threads that may be obstructing the mechanisms. You should also check that there is no damage to the mechanisms and that all moving parts are working properly",

"Check the battery: Make sure the robot's battery is sufficiently charged. Low battery power can cause the robot to limit its movement or stop altogether. Charge the battery to the proper level or replace it if it is already worn out",

"Check the software: Make sure the robot's software is working properly. Update the software to the latest version if possible. If the problem is due to software errors, try restarting the robot or resetting it to factory settings",

"Contact a specialist: If none of the above tips help to solve the problem, it is recommended to contact the robot manufacturer or an authorized service center. They will be able to perform a more detailed diagnosis, identify the cause of the jam, and provide specific advice on how to resolve the problem",

"Check the robot's configuration: Ensure that the robot is set to the correct configuration, especially in terms of driving modes, speed limits, and set parameters. Ensure that the robot's configuration meets the requirements of the task you are giving it",

```

        "Check mechanical delays: Make sure that the robot's motion mechanisms are
not caught in any parts, wires, or other objects in its environment. Ensure that nothing is
obstructing the robot's free movement and correct any mechanical delays if necessary",
        "Make sure the base is stable: Ensure that the base on which the robot is
standing is stable and level. Uneven or unstable floors can cause problems with robot
movement. Level or change the base, if possible, to ensure stable movement of the robot",
        "Check the sensors: Make sure the robot's sensors, such as distance or touch
sensors, are working properly. Clean them of dirt or dust, check for damage, and make sure
they are responding to their surroundings correctly",
        "Use diagnostic tools: Some robots have built-in diagnostic features or tools
to identify mechanical problems. Use these tools, if available, to get more detailed
information about the robot's condition and possible causes of stuckness."]
    }
}

# Ембеддінги для бази знань
keyword_embeddings = {
    keyword: sentence_model.encode(keyword, convert_to_tensor=True) for keyword in keywords
}

# Ініціалізація GPT-2
generator = pipeline("text-generation", model="gpt2", tokenizer="gpt2", device=-1) #
Використовуємо CPU

# Список контексту
dialogue_history = []

def speak(text):
    """Озвучує текст за допомогою pyttsx3."""
    engine.say(text)
    engine.runAndWait()

def get_random_recommendations(question, num_recommendations=3):
    """
    Шукає релевантні рекомендації та повертає випадкові.
    """
    relevant_recommendations = []
    for keyword, data in keywords.items():
        all_keywords = [keyword] + data["synonyms"]
        if any(word in question.lower() for word in all_keywords):
            relevant_recommendations.extend(data["recomandations"])
    return random.sample(relevant_recommendations, min(len(relevant_recommendations),
num_recommendations))

def get_recommendations_from_knowledge_base(question):
    question_embedding = sentence_model.encode(question, convert_to_tensor=True)
    best_match = None
    best_similarity = 0

    for keyword, embedding in keyword_embeddings.items():
        similarity = util.pytorch_cos_sim(question_embedding, embedding).item()
        if similarity > best_similarity:

```

```

        best_similarity = similarity
        best_match = keyword

    if best_similarity > 0.7: # Встановить чіткий поріг
        return keywords[best_match]["recommendations"]
    return []

def filter_redundant_recommendations(existing_recommendations, generated_recommendation):
    existing_embeddings = [sentence_model.encode(rec) for rec in existing_recommendations]
    generated_embedding = sentence_model.encode(generated_recommendation)
    similarities = [util.cos_sim(generated_embedding, existing) for existing in
existing_embeddings]
    if max(similarities) < 0.8: # Поріг схожості
        return generated_recommendation
    return None

def generate_additional_recommendation(context):
    """Генерує додаткові рекомендації за допомогою GPT-2 на основі контексту."""
    prompt = (
        "Based on the following recommendations, provide a new and unique suggestion. "
        "Avoid repeating the same suggestions: " + context
    )
    generated = generator(
        prompt, max_new_tokens=80, num_return_sequences=1, temperature=0.5,
no_repeat_ngram_size=2, truncation=True
    )
    # Витягуємо лише текст, що починається після нашого контексту
    result = generated[0]['generated_text'].strip()
    return result[len(context):].strip()

def process_speech():
    """Розпізнає мову, обробляє її та озвучує рекомендації."""
    with sr.Microphone() as source:
        print("Speak...")
        speak("Speak...")

    try:
        audio = r.listen(source)
        text = r.recognize_google(audio, language="en-US")
        print(f"You said: {text}")

        # Отримуємо випадкові рекомендації з бази знань
        recommendations = get_random_recommendations(text)
        if recommendations:
            # Озвучуємо базові рекомендації
            speak("Here are some random recommendations from the knowledge base:")
            for recommendation in recommendations:
                print(f"Random recommendation: {recommendation}")
                speak(recommendation)

            # Генеруємо додаткові рекомендації GPT-2
            combined_recommendations = ". ".join(recommendations)

```

```

        generated_recommendation =
generate_additional_recommendation(combined_recommendations)

        # Фільтруємо унікальні пропозиції
        filtered_additional_recommendations = [
            recommendation.strip()
            for recommendation in generated_recommendation.split('.')
            if recommendation.strip() and recommendation.strip() not in
recommendations
        ]

        # Озвучуємо лише унікальні рекомендації
        if filtered_additional_recommendations:
            speak("Here are additional suggestions:")
            for additional_recommendation in filtered_additional_recommendations:
                print(f"Additional suggestion: {additional_recommendation}")
                speak(additional_recommendation)
        else:
            speak("Sorry, I couldn't find relevant recommendations.")
    except sr.UnknownValueError:
        print("Unable to recognize speech.")
        speak("Unable to recognize speech.")
    except sr.RequestError as e:
        print(f"Speech recognition service error: {e}")
        speak("Speech recognition service error.")

# Основний цикл програми
while True:
    process_speech()

```

ДОДАТОК В

Демонстраційний матеріал

МІНІСТЕРСТВО НАУКИ І ОСВІТИ
Харківський національний університет радіоелектроніки
Кафедра КІТАР

Розроблення експертної системи технічної підтримки працівників роботизованого виробництва з використанням нейронних мережей та голосового керування

Підготувала:
ст. гр. КТРСм-23-2
Карташова В.В.

Керівник:
к.т.н. доц. каф. Кітар
Бронніков А.І.

Харків 2025

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ:

- Підвищення конкурентоспроможності виробництва на ринку;
- Покращення працездатності працівників;
- Поліпшення моніторингу стану обладнання;
- Зниження ймовірності людських помилок;
- Оптимізація технічних завдань;
- Забезпечення безперервного доступу працівників до необхідної інформації.

Мета роботи

Метою даної роботи є розробка експертної системи технічної підтримки працівників роботизованого виробництва, з використанням нейронних мереж та голосового керування.

Об'єктом дослідження є процес формалізації задач в інтелектуальних системах.

Для виконання цієї роботи потрібно вирішити наступні завдання:

- визначити основні процеси та технології приладобудування;
- проаналізувати використання експертних систем та нейронних мереж у роботизації;
- розробити структурну схему експертної системи;
- вибрати мову програмування, бібліотеки голосового керування та нейронну мережу;
- розробити розрахунок надійності та ефективності системи;
- розробити блок-схему алгоритму роботи програмного забезпечення;
- розробити програмне забезпечення для системи;
- розглянути питання охорони праці.

Вступ



Промислові підприємства на сьогоднішній день стикаються та борються з численною кількістю викликів для того, щоб залишатися конкурентоспроможними в довгостроковій перспективі. І тому дуже важливо знайти нові рішення та ефективно реагувати, особливо на такі фактори як зростаючі витрати, оптимізування процесів та ризик помилок, пов'язаних із людським фактором.

Тому компанії з різноматнітних галузей почали інтегрувати експертні системи з штучним інтелектом та роботів, які здатні підвищити ефективність прийняття рішень у виробничих процесах.

Виклики, з якими стикаються працівники на виробництві

Проблема 1

Фізична
небезпека

Проблема 2

Шкідливі умови
праці

Проблема 3

Технологічні
виклики

Проблема 4

Нестабільний
режим роботи

Проблема 5

Психологічний
тиск

Експертна система



Експертна система, заснована на знаннях, являє собою комп'ютерну програму, яка використовує досвід та інформацію у визначеній галузі для прийняття рішень. Ця система містить в собі базу даних, яка резервує збірку інформації та правил та відтворює усі дані про проблемну область.

Експертна система розроблена для заміни людей-експертів в конкретній галузі. Коли на виробництві не вистачає фахівців для проектування чи діагностики, ЕС може надавати поради та пояснення, які вже існують в базі знань в теперішньому часі. Додавання знань в базу даних експертної системи є основним процесом, який визначає гнучкість системи.

Нейронні мережі у технічній підтримці

- Нейронні мережі (наприклад, LSTM) аналізують історичні дані обладнання, щоб передбачити можливі збої та потребу в технічному обслуговуванні;
- ШІ здатний аналізувати інтонацію та зміст повідомлень, визначаючи рівень задоволеності або розчарування користувачів;
- Нейронні мережі використовують історію запитів клієнта, щоб запропонувати персоналізовані або стандартні рішення для повторюваних проблем;
- Нейронні мережі (трансформери) забезпечують переклад запитів у реальному часі, що зручно для міжнародних користувачів, наприклад, у готелях;
- Нейронні мережі роблять технічну підтримку швидкою, точною та зручною для широкої аудиторії.



Голосове керування у виробництві

1

Завод Siemens: Голосове управління роботами на виробничих контролерах Simatic через гарнітури (команди: «Взяти предмет», «Перемістити»).

2

Компанія Bosch: Голосове керування в системах контролю якості з виробництва автомобільних деталей, запуск перевірок і реєстрація дефектів голосом.

3

Ford Motor Company: Використання Microsoft HoloLens із голосовим управлінням для складання авто та контролю якості, а також для активації інструментів, перегляду 3D-схем або перевірки стану деталей

Структурна схема роботи програми



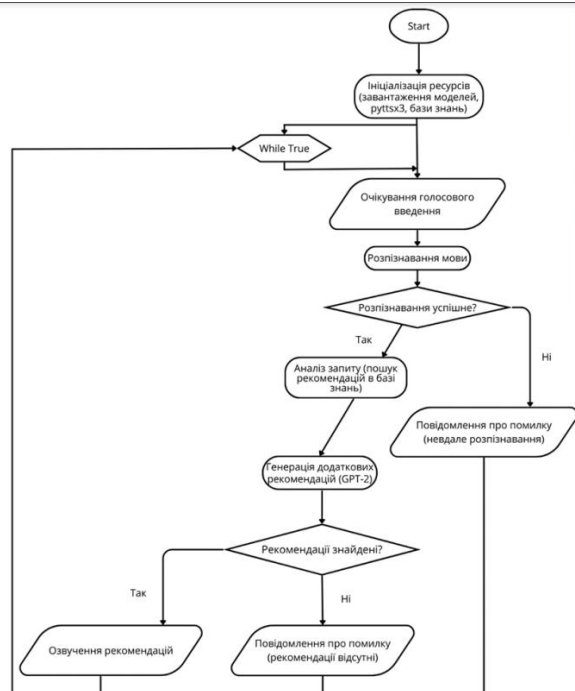
Основні елементи програми

Мова написання - Python;
 Основні бібліотеки - Speech recognition, pytsx3, transformers (gpt-2), random, re, nltk.

Показники надійності системи

Показник	Значення	Коментар
Загальна кількість спроб (TA)	120	Загальна кількість спроб
Розпізнані спроби (RR)	75% (90/120)	Точність розпізнавання голосу
Відхилені спроби (RA)	19% (23/120)	Відсоток спроб, які система відкинула
Неправильні спроби (IA)	5% (7/120)	Відсоток неправильних спроб
Точність при низькій гучності (AVlow)	64% (32/50)	Точність при низькому рівні гучності
Точність при середній гучності (AVmid)	74% (37/50)	Точність при середньому рівні гучності
Точність при високій гучності (AVhigh)	80% (40/50)	Точність при високому рівні гучності
Точність при високому рівні шуму (NA)	70% (35/50)	Точність при високому рівні шуму
Середня точність (AA)	72,5%	Середній показник точності системи
Коефіцієнт варіації (CV)	2,81%	Стабільність точності системи

Блок схема алгоритму роботи програми



Результати роботи програми

```
rs\Варвара\masters_diploma1\main.py'  
Speak...  
Unable to recognize speech.  
Speak...  
You said: it doesn't detect a mistake  
Random recommendation: Check that the robot's sensors are not being blinded. Some robots may have  
light-sensitive sensors that can be blinded by bright lights or glare. Try repositioning the robot  
or reducing the lighting in the space  
Random recommendation: Check the robot's software for object and obstacle detection settings. Make  
sure they are set to the correct sensitivity level and parameters. If necessary, update the robot  
software to the latest version  
Random recommendation: Conduct an additional check for physical obstacles to the robot. Make sure  
that there are no physical obstacles that could interfere with object detection. Remove any obstacles  
that may interfere with the operation.  
Setting `pad_token_id` to `eos_token_id`:None for open-end generation.
```

Результати роботи програми

```
Additional suggestion: Also, eliminate the possibility of obstacles that could block the sensors  
from working  
Additional suggestion: Check the robots' software and hardware for any problems that may occur  
Additional suggestion: You can also check for the presence of any bugs or other problems  
Additional suggestion: In addition, you can check the status of all the robotic components and materials  
Additional suggestion: The robot should be able to pass certain tests and perform tasks that are  
required for it to function
```



Дякую за увагу!

