

П. В. Мокренко, В. В. Ядловська
Національний університет "Львівська політехніка",
кафедра комп'ютеризованих систем автоматички

ОГЛЯД РОЗВИТКУ РОБОТОТЕХНІКИ. ЧАСТИНА 1. (РОБОТОТЕХНІКА ДО XX СТОЛІТТЯ)

<https://doi.org/10.23939/amm2020.01.067>

© Мокренко П. В., Ядловська В. В., 2020

Проаналізовано основні етапи розвитку робототехніки в світі. Показано, що робототехніка стала невід'ємною частиною у різних галузях виробничої і дослідницької діяльності людини, увага до якої постійно зростає. Завдяки розвитку робототехніки життя людей заграє новими барвами: роботи зараз виконують більшу частину рутинної роботи, значно скорочують час виготовлення продукції, сприяють кращому розвитку людей і дають змогу вирішити низку проблем, що не вирішувалися людьми. Роботи літають у космос, допомагають інвалідам, людям похилого віку, досліджують надра Землі та працюють на фабриках і заводах. Вони є відображенням прогресу людства та еволюціонують разом з ним.

Ключові слова: автомат, робот, робототехніка, розвиток, прогрес

The main stages of robotics development in the world are analyzed in the work. It has been shown that robotics has become an integral part of various areas of human production and research, the attention to which is constantly growing. Thanks to the development of robotics, new colors have taken over in people's lives: robots now perform most of the routine work, significantly reduce production time, promote human development and solve a number of unsolved problems. Robots fly into space, help the disabled, the elderly, explore the bowels of the Earth and work in factories and plants. They are a reflection of the progress of mankind and evolve with.

Key words: automatic machine, robot, robotics, evolution, progress.

Вступ

Протягом всього існування людство думало, як полегшити своє життя. Останніми десятиліттями поширилися у світі ідеї роботизації численних процесів і заміни роботами людей при виконанні певних задач та операцій. Чому ж роботи стали настільки популярними та що вони собою являють?

Роботи, створені ще за часів Римської імперії, були дуже простими. Їх прагнули зробити якомога подібнішими на людей. Спочатку роботів застосовували для дозвілля, але коли у Середньовіччі люди зрозуміли, що можна робити графічні проекти роботизованих механізмів і згодом втілювати їх у життя, то світ технологій тих часів суттєво змінився.

Мета роботи: огляд робототехніки, порівняльний аналіз властивостей і визначення перспектив розвитку роботів.

Виклад основного матеріалу

Історія розвитку робототехніки починається з давніх давен, переплітаючись з історією розвитку науки і техніки, основними принципами прогресу людства. Технології, що використо-

увались в обчислювальній техніці, електроенергетиці, пневматиці, гідравліці можуть вважатися частиною історії робототехніки, яка є одним з найбільших досягнень людства, розвиток якого продовжується і сьогодні.

Перші посилання на появу античних роботизованих механізмів датуються епохою Стародавньої Греції та розквіту Римської імперії. Наприклад, чи знали ви, що міфічний Талос з острова Крит (рис. 1), який ретельно описується в літописах грецької історії та стародавніх літературних творах, був ледь не першою згадкою про роботів античних часів [1]. За одним розповсюдженим варіантом міфу про Талоса міфічну істоту створив Гефест в Сардинії за наказом самого Зевса, що вирішив послати цей «подарунок» критському королю Міносу. За іншою легендою, Талоса направив на острів Крит Зевс для того, щоб він був охоронцем і оберегом острова, а також зберігав мир у Європі [2].



Рис. 1. Міфічний Талос з острова Крит



Рис. 2. Пристрій Антикера

У 1901 р. між тим самим островом Крит і Кейтерою водолази знайшли залишки іншого роботизованого дива античності – першого механізованого комп'ютера! Цей пристрій-пращур являв собою складне поєднання передач, що наближено розраховували положення Сонця, зірок, місяця та інших небесних тіл. Цей “комп'ютер” є зразком найунікальніших та найстаріших механізмів Давньої Греції, має назву “Пристрій Антикера” (рис. 2).

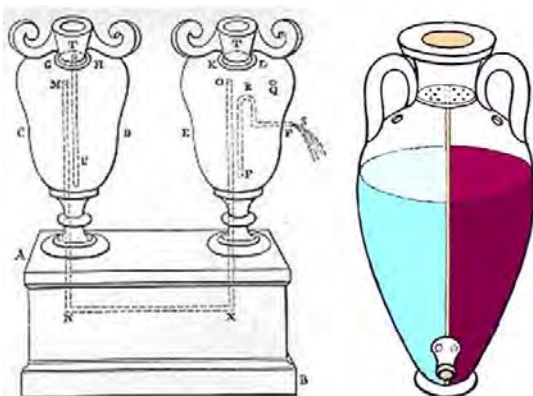


Рис. 3. Одометр Герона Олександрійського

Ще трохи пізніше, приблизно у 80-ті роки III століття до н. е. відомий грецький інженер того часу Ктесібій розробив водяний годинник з рухомими фігурами. Конструкція того годинника була доволі простою. Годинник мав резервуар з водою та невеликий отвір внизу пристрою, через який вода витікала протягом 24 годин, а сам він був розділений на три функціональні підрозділи [3].

Приблизно в 287–212 рр. до нашої ери передовими розробками того часу займався відомий нам античний вчений Архимед, грек за національністю, який хоча й не розробляв роботизовані пристрої, але розробляв деталі механічних систем, які давали йому можливість просуватися вперед у галузі математики [4]. Близько 10–70 рр. до нашої ери Герон Олександрійський,

ботизовані пристрої, але розробляв деталі механічних систем, які давали йому можливість просуватися вперед у галузі математики [4]. Близько 10–70 рр. до нашої ери Герон Олександрійський,

видатний грецький вчений, інженер та математик, видав книгу, яка отримала назву Automata (що з грецької перекладається як “сам рухається”). Його твір є набором опису різноманітних пристроїв, що мали можливість бути використані в храмах та резиденціях царів. Герон розробив одометр (рис.3), який встановлювали на воза і застосовували при вимірюванні пройденого шляху. Окрім одометра, значний внесок в історію та розвиток робототехніки зробили повітряний орган та анімовані статуї. Герон є автором першої парової турбіни [5].

У Середні віки з розквітом культури та науки, появою двору короля особливим попитом користувалися різноманітні автоматизовані годинникові механізми. Саме тоді, за часів Фібоначчі й французького короля Людовіка IX, було розроблено одні з перших годинників із рухомими фігурами ангелів, людей, тварин і навіть богів [6]. У цей проміжок часу також виникли відомості про створення перших у світі андроїдів: механізованих фігур, які рухалися і за зовнішнім виглядом та виконуваними функціями були подібні до людей. Так, механізований робот-андроїд визначного німецького вченого Альберта Великого, який був подібний до ляльки, що мала зріст людини, міг відкривати і закривати двері, коли в них стукали, кла-
нявся тому, хто заходив. У середині XIII століття Альберт Великий також розробив перший в світі механізований робот-автомат, який повторював людські голоси (рис.4). У цей час також виготовлялись людиноподібні автоматизовані фігури, які керувалися прихованими всередині робота спеціальними механізмами і активно застосовувалися у релігійних цілях задля переконання вірян у існуванні вищої сили та релігії в цілому. Такі механізми мали здатність створювати ілюзію саморуку, тобто вони переміщалися без додаткової допомоги людини. Тенденція до створення таких андроїдів набувала популярності [7]. Усім нам відомий творець Вітрувіанської людини та Мони Лізи Леонардо да Вінчі, який у 1495 році спроектував першого робота-гуманоїда, що був призначений для розваги вельмож. Гуманоїд міг самостійно рухати руками і головою, стояти і сидіти. У ті часи робот виконував радше естетичну функцію та виглядав як справжнісінький лицар у броньованих обладунках.

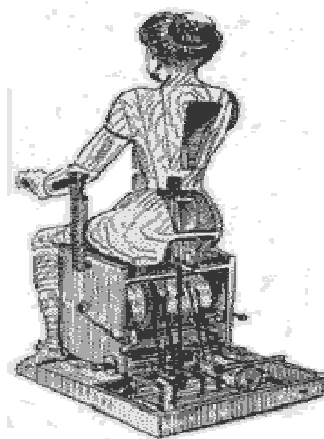


Рис. 4. Роботизована лялька Альберта Великого

Рівно через два століття набув піка розвиток математичних механізмів. Так, у 1645 році французький механік Блез Паскаль винайшов відому нам обчислювальну машину, яка так і називалася – Паскалін (рис. 5). До речі, декілька з них збереглися в паризькому музеї мистецтв Des Arts et Metiers Museum. У 1666 році ідею Паскаля підхопив Семюель Морланд і побудував міні-версію Паскаліна [8] (рис. 6).



Рис. 5. Обчислювальна машина “Паскалін”



Рис. 6. Міні-версія “Паскаліна” Семюеля Морланда

Дуже популярними в XVIII столітті стали мініатюрні автоматизовані пристрої, які використовувалися як розважальні іграшки для заможних людей того часу. Тоді світ побачив найвідоміше творіння Жака де Вокансона – “Качку” (рис. 7), яка ходила, кричала та навіть дзьобала зерно! До речі, на цьому витворі Вокансон не зупинився й створив механічного флейтиста, що був презентований у Парижі в 1738 році при королівському дворі [9].

Джозеф-Марі Жаккард у 1801 році винайшов ткацький верстат, який за допомогою перфокарт міг створювати складні за переплетенням тканини (рис. 8), а у 1865 році Джон Брайнерд задля вивезення колісних візків та багажу створив “парову людину”. У 1885 році Френк Ріде-молодший побудував “Електричну людину” (рис. 9), яка була електричною версією парової людини, але більш новаторською та зручною в користуванні [10].



Рис. 7. “Качка” Жака де Вокансона



Рис. 8. Перший ткацький верстат Жаккарда



Рис. 9. Ескіз “Електричної людини”
Френка Ріде-молодшого



Рис. 10. Робот ELECTRO від Westinghouse

Протягом двадцятого століття виникає все більше та більше нових винаходів. Вперше слово “робот” використав чеський письменник Карел Чапек у 1920 році в п’єсі “R.U.R”. Термін означав розумну машину, яка допомагає людині виконувати важкі, непосильні завдання. А від 1937 до 1938 р. Westinghouse створює ELEKTRO – людину-робота, який міг ходити та говорити (рис. 10) [11]. А ось у 1940 р. розробили Віллард Поллард та Гарольд Розелунд перший “програмований” механізм-розпилювач фарби від компанії DeVilbiss (рис. 11).

У 1940-ті роки відомий механік Джордж Девол робить свої перші відкриття й отримує патент на магнітні пристрої для запису дисків. Він відчував, що світ був готовий до нових ідей засто-

совування автоматизації на заводах [12]. Так, у 1954 році Джордж Девол розробив перший програмований робот, який обійшовся в 5 млн. \$, і назвав його “UNIMATE” (рис. 12): його використовували для завантаження-розвантаження матеріалів, а після вдалої презентації робота почалося серійне виробництво роботів у Коннектикуті. Трохи пізніше, у 1956 р., Джордж Девол і Джозеф Енгельбергер створили першу в історії людства компанію “Unimation”, яка займається розробленням роботів (“Універсальна автоматизація”) [13]. Енгельбергера називають “батьком робототехніки”, а компанія “Unimation” стала передовою компанією у виробництві та продажі різних універсальних роботів.

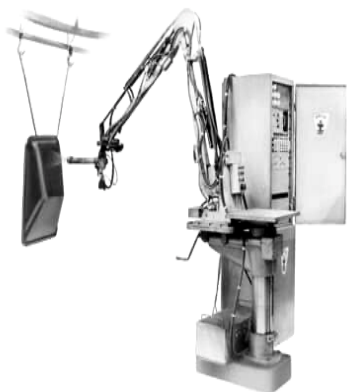


Рис. 11. Розпилювач фарби Вілларда Полларда та Гарольда Розелунда



Рис. 12. Перший у світі програмований робот “UNIMATE”

В 1968 році група інженерів Університету Південної Кароліни розробила першу керовану комп’ютерною системою ходову машину за назвою Mcgee and Frank. Цього ж року Мошер створив перший керований вантажний автомобіль. Він був ручним пішохідним пристроєм і міг пересуватися на чотири милі усього за одну годину, а в 1969 році Віктор Шейнман створив “Стенфордську руку” (рис. 3). Це був перший успішний робот з електроприводом, керований комп’ютером.

Також у 1969 році винайшли перший у світі роботизований поїзд – WAP-1. Цей поїзд був спроектований робототехніком Ігіро Като за технологією, що містила перші подушки безпеки, які були пов’язані з рамою і стимулювали штучні м’язи [14]. Так робототехніка почала розвиватися в будівництві поїздів. Інший високотехнологічний робот свого часу, поїзд WAP-3, отримав нові характеристики: WAP-3 міг швидко пересуватися по рівних поверхнях, окрім цього, їхати вгору або вниз, а також робити повні розвороти під час руху.

У 1973 році Ігіро Като створив першого у світі повномасштабного антропоморфного робота WABOT I (рис. 14). Цей легендарний робототехнічний гуманоїд отримав новітню систему керування, яка контролювала кінцівки робота, його зір і надавала йому можливість розмовляти. Цікавий факт: за дослідженнями, цей робот мав розумові здібності дитини 18-місячного віку [15]. Згодом, у 1975, році Шейнман запустив розробку програмованого універсального маніпулятора Puma, який широко використовувався в промислових операціях.

У 1977 році розпочалася робота у Російській академії наук створили шестиногу машину “Variante Masha” група науковців д. т. н. Девяніним, д. т. н. Груфінкельтом, д. т. н. Ленським, д. т. н. Шнайдером із колегами (рис. 15).

Особливо важливим для розвитку робототехніки став 1979 рік, коли був розроблений Стенфордський візок, який вмів перетинати кімнату з перешкодами. На візках були встановлені телевізійні камери, які знімали відео з декількох кутів і передавали їх на комп’ютер, який аналізував відстань між візком та перешкодами. Ближче до 1980-х років почалося виробництво масових дослідницьких андроїдів та роботів, які могли використовуватися в лікарнях, медичних центрах

тощо [16]. У 1985 році компанія General Robotics Corp. випустила легендарний програмований робот RB5X (рис. 16), що був забезпечений віддаленою аудіо- та відеоподачею, спеціальними давачами руху, а також інфрачервоними давачами і синтезаторами людського голосу. RB5X отримав програмне забезпечення, завдяки якому робот навчився аналізувати і досліджувати навколишнє середовище. Через півроку робототехнік Міура в дослідницькій академії Токійського університету створив чотириногий гуляючий апарат Коллі1. Цей пристрій отримав аж 3 ступені свободи на одну механічну ногу.

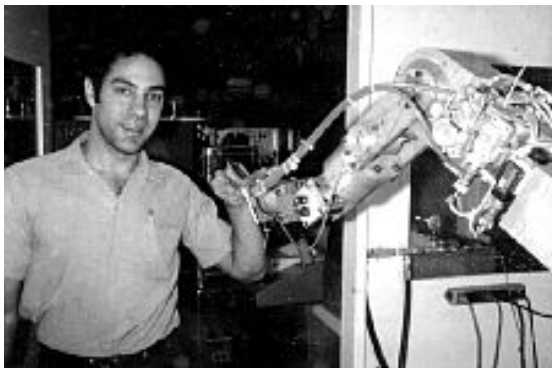


Рис. 13. “Стенфордська рука” Віктора Шейнмана

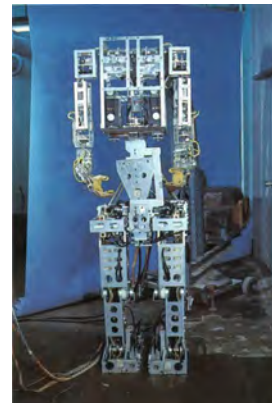


Рис. 14. WABOT I

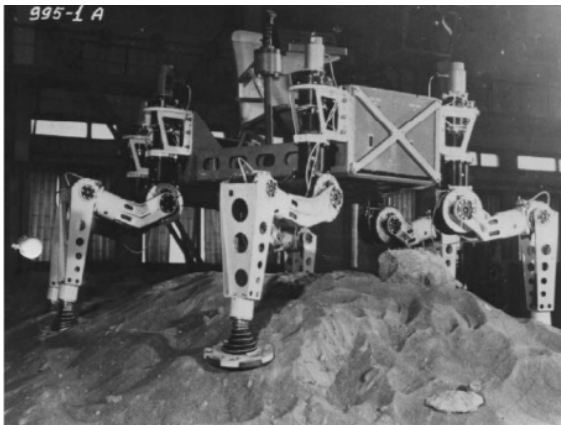


Рис. 15. Робот “Variante Masha” 1977 року

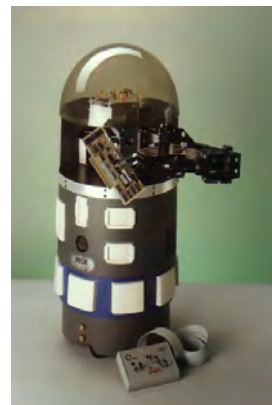


Рис. 16. Робот RB5X

В 1988 року в Данбері був розроблений перший у світі медичний робот HelpMate (рис. 17), який почали використовувати в місцевих лікарнях [17]. В Лабораторії Міністерства транспорту Японії в 1889 р. був створений перший у світі дослідницький робот Aquarobot (рис. 18), який був пішохідним роботизованим апаратом для проведення підводних досліджень і спостереження за морським транспортом. У 1990 корпорація Kato розробила перший двоногий дослідницький робот під назвою “WL12RIII” (рис. 19). Пристрій міг ходити по рельєфу, вгору і вниз по сходах, кожні 0,64 секунди робити один крок.

Від 1990-х років розпочалися роботи із створення військових роботів. Так, група механіків (Родні Брукс, Колінн Енгл і Хелен Грейнер) заснували корпорацію iRobot, яка виготовляла військові роботи і здійснювала нові робототехнічні відкриття [18].

З еволюцією людства змінювалися напрямки створення роботизованих пристроїв. Так, у 1997 році вчені розробили суперкомп'ютер IBM (рис. 21), який переміг багатократного чемпіона з шахів Гаррі Каспарова. Той випадок – перший у світі, коли машина перемогла чемпіона світу із шахів [19].



Рис. 17. Медичний робот HelpMate

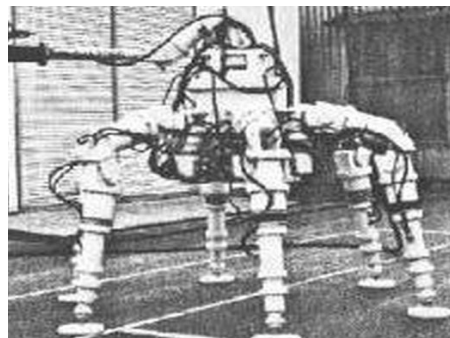


Рис. 18. Aquarobot 1889 року

1996 рік став особливим для розвитку роботизованих пристроїв. Саме цього року Девід Баретт створив RoboTuna для вивчення плавання риб та інших морських істот (рис. 20), а компанія Honda створила робот P2, який став першим саморегульованим, двоногим гуманоїдним роботом.

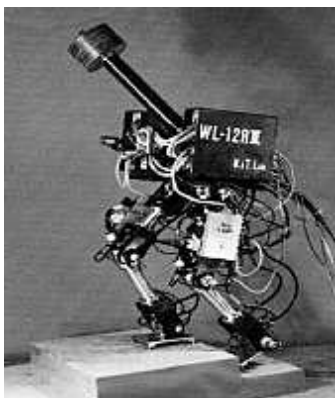


Рис. 19. Робот “WL12RIII”



Рис. 20. Робот “RoboTuna”

Доктор Сінтія з 1998 року почав розробку схеми соціальних роботів. Він створив потужного робота Kismet (рис. 22), який взаємодівав з людьми, тобто був прообразом сучасного соціального робота. Сам робот нагадує нам чудернацьке створіння, яке нібито зійшло з казкових сторінок. Того ж 1998 року усім відома корпорація “The Lego Group” випустила в продаж нову лінійку дитячих роботів MINDSTORMS, що ідеально підійшла на роль “ескізної” системи для робототехнічних винаходів, завдяки поданій модульній конструкції та пластиковій цеглі (основі створюваних роботів). Наступного року збільшився обсяг розроблення соціальних роботів. Компанія Sony випустила першу робототехнічну собаку Aibo (рис. 23), а компанія Mitsubishi створила робота-рибу (рис. 24). Намір компанії полягав у створенні роботизованої версії вимерлих видів риб [20].

Також цього року активно впроваджують побутових роботів, найяскравіший з котрих – це перший персональний робот для побуту, що отримав назву “Cue”. Цю модель роботів застосовували для виконання різних повсякденних завдань, наприклад: доставка пошти, підмітання і вологе прибирання підлоги, перенесення брудного посуду і т. д. Все це було створено компанією Probotics Inc і стало трендом двадцять першого століття [21].

Компанія Sony в 2000 році на презентації Robodex оприлюднила Sony Robots Dream (SDR) (рис. 26). Ці іноваційні пристрої змогли повністю змінити світогляд робототехніків: SDR наділили штучним інтелектом і системою аналізу, завдяки якій робот отримав можливість розпізнавати десятки різних облич, передавати власні емоції мовою або жестами, а також ходити різними поверхнями: рівній і нерівній.



Рис. 21. Матч з шахів з комп'ютером IBM

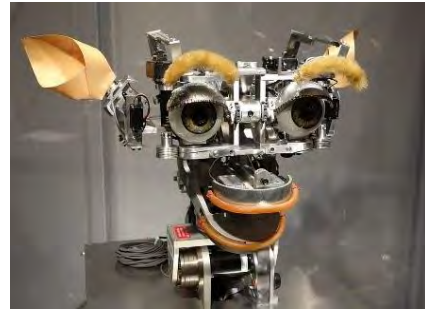


Рис. 22. Робот "Kismet"



Рис. 23. Собака-робот Aibo від Sony

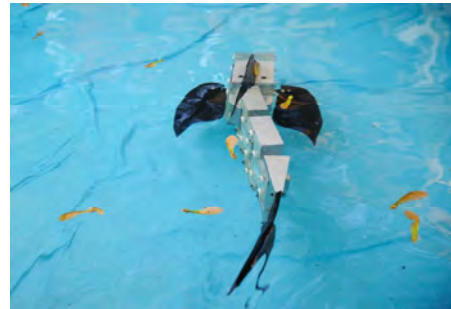


Рис. 24. Риба-робот компанії "Mitsubishi"



Рис. 25. Робот "Cye"



Рис. 26. Робот "Sony Robots Dream" (SDR)

Класифікація

На основі проведеного огляду історії розвитку робототехніки запропоновано класифікацію роботів, яку показано на рис 27. Усіх існуючих у світі на даному етапі розвитку роботів прийнято ділити на шість головних груп: це роботи соціальні, промислові, бойові, побутові, дослідницькі та медичні. До того ж, кожна група має додатково власні розгалуження на підгрупи й споріднені складові.

Промислові роботи за останніми даними є найпоширенішими роботами в світі. Вони призначені для виконання рухомих і керуючих функцій у виробничому процесі: це автономні пристрої, що складаються з механічного маніпулятора і перепрограмованого пристрою управління і застосовуються для того, щоб у режимі реального часу було можливим транспортувати різні об'єкти в просторі.

Побутові роботи – це роботи, які використовуються виключно для побуту і допомоги людям у повсякденності. Вони останнім часом набули поширення, оскільки стали випускати роботів які вміють не тільки мити вікна і регулювати температурний режим, а й самостійно пилососити підлогу, роботи вологе прибирання, мити брудний посуд, приносити господареві продукти харчування або виконувати інші корисні функції.

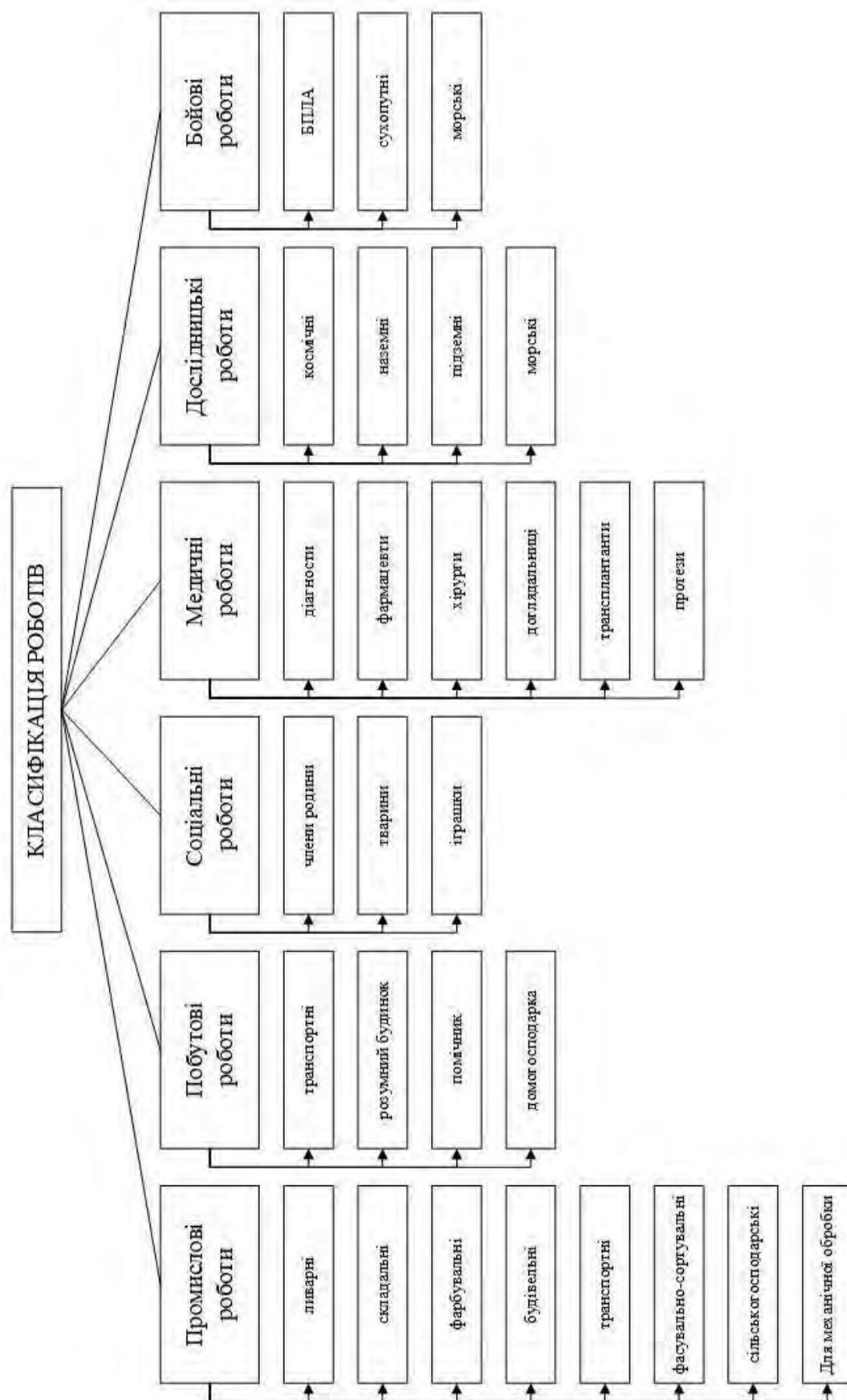


Рис. 27. Класифікація роботів

Соціальні роботи – це роботи, які здатні в автономному або ж у напівавтономному режимах взаємодіяти з людиною, тобто допомагати їй отримати необхідну інформацію у державних установах і громадських організаціях чи місцях.

Медичні роботи – роботи, які були розроблені спеціально задля виконання різноманітних медичних і фармацевтичних маніпуляцій або будь-яких інших операціях, які пов'язані зі здоров'ям людей і надання їм медичної допомоги і лікарських засобів. Сьогодні існують роботи-хірурги, роботи-фармацевти, роботи-аптечки.

Дослідницькі роботи – це пристрої для проведення різних досліджень. Дослідницькі роботи ж застосовують суто для збирання інформаційних даних про досліджувані об'єкти, обробку і аналіз даної інформації та її транспортування оператору [20].

Бойові роботи – це багатофункціональні технічні пристрої з людиноподібною поведінкою, які мають людиноподібну поведінку і можуть замінити її у певних бойових операціях з метою збереження і захисту людського життя і миру у світі загалом під час розгортання воєнних конфліктів. Бойові роботи зменшують втрати людей в бою, здійснюють розмінування, проведення розвідки або бойових дій.

Висновки

Із проведеного дослідження випливає:

1. Рівень розвитку роботів завжди був нерозривно пов'язаний з відповідним рівнем науки та техніки того часу.
2. На початку розвитку робототехніки роботи були “суто” механічними і в основному слугували для розваг.
3. З розвитком електроніки і появою мікроконтролерів у роботів значно розширилось коло вирішуваних завдань: від побутової техніки до промислових застосувань і наукових досліджень.
4. Сучасні роботи характеризуються наявністю штучного інтелекту, що значно розширило їх можливості, які часто не під силу людині.

Список літератури

1. Talos. Доступ до ресурсу: <http://en.wikipedia.org/wiki/Talos>.
2. Mythology. Folklore. Religion. Доступ до ресурсу: <http://www.pantheon.org/articles/t/talos.html>
3. An Ancient Greek Computer. Доступ до ресурсу: <http://etl.uom.gr/mr/Antikythera/price.htm>
4. Чернухін Ю. В. Введення в робототехніку: учеб. пособ. - Таганрог: ТРТИ, 1990. 46 с. + 13 вкл.
5. Hero (or Heron) of Alexandria. Доступ до ресурсу: <http://www.mlhanas.de/Greeks/HeronAlexandria.htm>
6. Pre-IBM PC Computers. Доступ до ресурсу: <http://www.pc-history.org/>
7. История создания роботов. Первые механические шедевры XVIII века. Доступ до ресурсу: <http://vsenichego.ru/?p=5026>
8. Samuel Morland Доступ до ресурсу: http://en.wikipedia.org/wiki/Samuel_Morland
9. On Jacques de Vaucanson and his Duck Доступ до ресурсу: <http://www.swarthmore.edu/Humanities/pschmid1/essays/pynchon/vaucanson.html>
10. Павлюк Е. І., Мокренко П. В., Юриш С. Ю. Моделювання і керування рухом автономного мобільного робота в частково невідомому оточенні. // Вимірювальна техніка та метрологія. Вип. 57, 2000. № 356. С. 69–77.
11. Конюх В. Л. Основы робототехники. Ростов н/Д: Феникс, 2008. 231 с.
12. History of robots. Доступ до ресурсу: http://www.robotics.utexas.edu/rrg/learn_more/history/
13. Хорн Б. К. П. Зрение роботов : пер. с англ. М.: Мир, 1989.
14. Robot history. Доступ до ресурсу: <http://pages.cpsc.ucalgary.ca/~jaeger/visualMedia/robotHistory.html>
15. Павлюк Е. І., Мокренко П. В., Юриш С. Ю. Моделювання й управління рухом автономного мобільного робота // Вісн. Держ. ун-ту “Львівська політехніка”. 1998. № 356. С. 69–77.
16. Der Roboter. Доступ до ресурсу: <http://www.nzzfolio.ch/www/d80bd71b-b264-4db4-afd0277884b93470/showarticle/d7ccf755-479f-47d0-bba0-0426226cdeab.aspx>

17. Biography of Blaise Pascal, 17th Century Inventor of the Calculator. Досмун до пєсупсу:<http://inventors.about.com/library/inventors/blpascal.htm>
18. Educator story robot Досмун до пєсупсу:http://www.space.gc.ca/asc/pdf/educator-story_robot.pdf
19. A Short History of Robots . Досмун до пєсупсу:<http://prime.jsc.nasa.gov/ROV/history.html>
20. RoboTuna I (robot-tuna) Досмун до пєсупсу:<http://www.robotic-fish.net/index.php?lang=en&id=robots>

Reference

1. Talos. Dostup do resursu: <http://en.wikipedia.org/wiki/Talos> .
2. Mythology. Folklore. Religion. Dostup do resursu: <http://www.pantheon.org/articles/t/talos.html>
3. An Ancient Greek Computer. Dostup do resursu: <http://etl.uom.gr/mr/Antikythera/price.htm>
4. Chernukhin Yu. V. Vvedenie v robototekhniku: Uchebnoe posobie. Taganrog: TRTI, 1990. 46 s. + 13 vkl.
5. Hero (or Heron) of Alexandria. Dostup do resursu: <http://www.mlahanas.de/Greeks/HeronAlexandria.htm>
6. Pre-IBM PC Computers. Dostup do resursu: <http://www.pc-history.org/>
7. Istoriya sozdaniya robotov. Pervy'e mekhanicheskie shedevry` XVIII veka. Dostup do resursu: <http://vsenichego.ru/?p=5026>
8. Samuel Morland Dostup do resursu: http://en.wikipedia.org/wiki/Samuel_Morland
9. On Jacques de Vaucanson and his Duck Dostup do resursu: <http://www.swarthmore.edu/Humanities/pschmid1/essays/pynchon/vaucanson.html>
10. Pavlyuk E. I., Mokrenko P. V., Yurish S. Yu. Modelyuvannya i` keruvannya rukhom avtonomnogo mobi`l'nogo robota v chastkovo nevi`domomu otochenni` // Vimi`ryuval`na tekhnika ta metrologiya. Vip. 57, 2000. No. 356. S. 69–77.
11. Konyukh V. L. Osnovy` robototekhniki. Rostov n/D: Feniks, 2008. 231.
12. History of robots. Dostup do resursu :http://www.robotics.utexas.edu/rrg/learn_more/history/
13. Khorn B. K. P. Zrenie robotov : Per. S angl. M.: Mir, 1989.
14. Robot history. Dostup do resursu: <http://pages.cpsc.ucalgary.ca/~jaeger/visualMedia/robotHistory.html>
15. Pavliuk E. I., Mokrenko P. V., Yurysh S. Yu. Modeliuvannia y upravlinnia rukhom avtonomnoho mobilnoho robota. // Visn. DU "Lvivska politehnika". 1998. No. 356. S. 69–77.
16. Der Roboter. Dostup do resursu :<http://www.nzzfolio.ch/www/d80bd71b-b264-4db4-afd0277884b93470/showarticle/d7ccf755-479f-47d0-bba0-0426226cdeab.aspx>
17. Biography of Blaise Pascal, 17th Century Inventor of the Calculator. Dostup do resursu:<http://inventors.about.com/library/inventors/blpascal.htm>
18. Educator story robot Dostup do resursu:http://www.space.gc.ca/asc/pdf/educator-story_robot.pdf
19. A Short History of Robots . Dostup do resursu:<http://prime.jsc.nasa.gov/ROV/history.html>
20. RoboTuna I (robot-tuna) Dostup do resursu:<http://www.robotic-fish.net/index.php?lang=en&id=robots>