

## ДОДАТОК А

Графічний матеріал кваліфікаційної роботи

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет радіоелектроніки

Кафедра ЕОМ

Модель адаптивного управління модульними «s-bot»

Кваліфікаційна робота  
Другий (магістерський) рівень

**Автор:**

Чернов Б.Д.  
студ. гр. КСМм-21-1

**Керівник:**

Токарев В.В.  
доц. каф. ЕОМ

2022

## МЕТА І ЗАДАЧІ РОБОТИ

2

**МЕТОЮ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ** є дослідження моделі адаптивного управління модульними «s-bots».

**ЗАВДАННЯ ДЛЯ ДОСЯГНЕННЯ ПОСТАВЛЕНОЇ МЕТИ:**

- ❖ провести огляд методів штучного інтелекту;
- ❖ провести аналіз адаптивної системи управління модульними «s-bots».

## АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ

3

Як показує аналіз публікацій, сучасні алгоритми управління модульними «s-bots» не передбачають автоматичної адаптивності «s-bots» до зміни властивостей навколишнього середовища, самого «s-bot» або виконуваної ним роботи. В основному широко використовується детерміноване управління, при якому бажана якість управління не досягається з ряду причин, пов'язаних з відсутністю адаптивних властивостей систем управління. По-перше, модульні «s-bots» мають велику кількість ступенів свободи, що, у свою чергу, робить дуже скрутним, а в ряді випадків і неможливим, знаходження точних аналітичних рішень з управління. По-друге, властивості доквілля «s-bots» і виконуваних ним завдань можуть змінюватися незапланованим чином. До таких факторів можна віднести, наприклад, зміну властивостей поверхні, внаслідок зміни погодних умов або вихід з ладу окремих модулів. У зв'язку з цим, актуальним завданням є розробка алгоритмів та методів, а на їх основі моделі адаптивного управління стосовно модульних «s-bots».

## АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ УПРАВЛІННЯ МОДУЛЬНИМИ «S-BOTS»

4



Концепція побудови модульних «s-bots» передбачає наявність однотипних мехатронних модулів, що об'єднуються в єдину багатоланкову конструкцію.

Зі збільшенням кількості модулів, які використовуються в модульних «s-bots», зростає і кількість можливих конфігурацій.

У зв'язку з цим є актуальним питання про застосування до модульних «s-bots» методів штучного інтелекту, а саме механізмів самонавчання та адаптивних методів управління.

## АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ УПРАВЛІННЯ МОДУЛЬНИМИ «S-BOTS»

5



До таких методів належать:

- ❖ штучні нейронні мережі;
- ❖ еволюційні алгоритми;
- ❖ кінцеві автомати, що самонавчаються;
- ❖ метод автономного адаптивного управління (ААУ).

Розглянемо їх докладніше.

## АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ УПРАВЛІННЯ МОДУЛЬНИМИ «S-BOTS»

6



**Еволюційні алгоритми** є методами адаптивного пошуку для вирішення задач оптимізації та використовують аналоги механізму природного відбору та генетичного успадкування в живій природі, дозволяючи знайти оптимальне рішення за прийнятний час. До алгоритму даного класу належать:

- ❖ генетичні алгоритми (ГА);
- ❖ генетичне програмування (ГП);
- ❖ нейроеволюційні методи.

## АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ УПРАВЛІННЯ

7

### МОДУЛЬНИМИ «S-BOTS»



Наприклад, якщо використовувати генетичний алгоритм, то критерієм зупинки роботи цього алгоритму може бути знаходження оптимального рішення або вичерпання кількості ітерацій алгоритму або часу його роботи.

Складність практичного застосування генетичних алгоритмів пов'язана з вибором способу кодування рішень та формуванням функції придатності. У цілому нині генетичний алгоритм, як аналог природного методу оптимізації біологічних видів – це швидше метод оптимізації конструкції, системи управління чи алгоритму управління, ніж метод адаптивного управління.

## АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ УПРАВЛІННЯ

8

### МОДУЛЬНИМИ «S-BOTS»



**Інтелектуальні системи на основі штучних нейронних мереж** дозволяють успішно вирішувати завдання розпізнавання образів, прогнозування, оптимізації та управління складними динамічними системами, і поступово витісняють традиційні методи, що не мають достатньої гнучкості.

Застосування штучних нейронних мереж обумовлено як високою швидкістю, стійкістю до шумів і адаптацією до змін довкілля. Але у випадку зі штучними нейронними мережами, під адаптацією розуміють можливість апріорного навчання мережі діяти за прецедентами, що є в навчальній вибірці. Адаптація (навчання) мережі проводиться, як правило, в ригіт – до початку використання системи управління у робочому режимі. У процесі роботи мережа вже не може донавчатися або перевчитися без загрози «катастрофічного забування» результатів попереднього навчання. Тому адаптацією це можна називати лише умовно, в обмеженому сенсі.

## АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ УПРАВЛІННЯ

9

### МОДУЛЬНИМИ «S-BOTS»



Кінцеві автомати, що самонавчаються. В даний час ведуться дослідження моделей поведінки, заснованих на кінцевих автоматах. Функціонування автоматів даного типу засноване на виявленні оптимальних дій залежно від сигналів зворотного зв'язку – штрафу та заохочення, одержуваних від зовнішнього середовища.

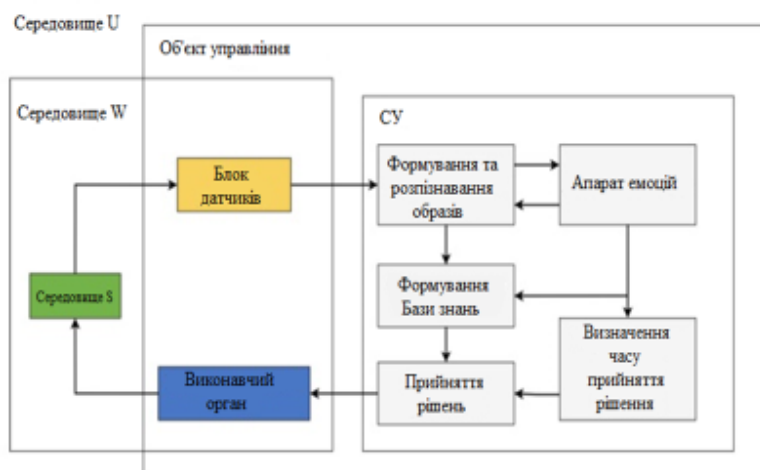
Перебуваючи в одному з станів, автомат робить відповідну дію. При отриманні заохочувального сигналу автомат вважає зроблену дію правильною і повторить її на наступному кроці. Отримуючи сигнал штрафу, автомат навпаки, вважає зроблену дію помилкою і, залежно від глибини пам'яті автомата, або зробить ту саму дію, або змінить її на іншу. Число  $n$ , зване глибиною пам'яті автомата, задає кількість станів, у яких автомат здійснює одну й ту саму дію. Його сенс полягає в тому, що чим більше  $n$ , тим більше автомат буде інерційним і тим більша послідовність сигналів штрафу потрібна для зміни його дій. Строго доведено, що при досить високих значеннях  $n$ , автомат забезпечує поведінку, близьку до найкращої.

## АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ УПРАВЛІННЯ

10

### МОДУЛЬНИМИ «S-BOTS»

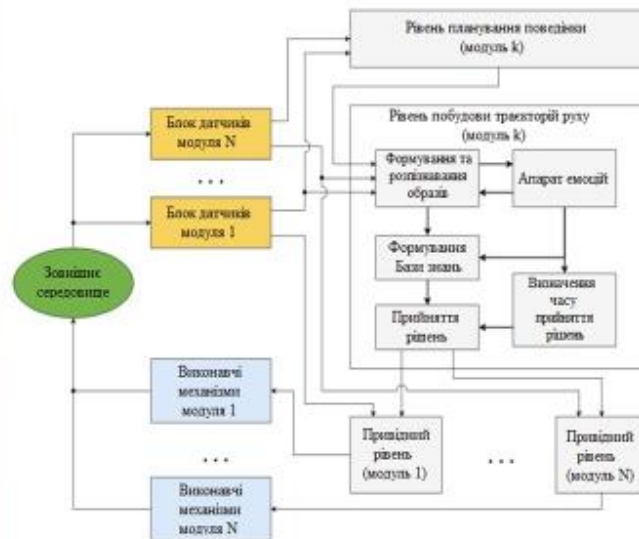
Структура системи автономного адаптивного управління



Подальший розвиток методів самонавчання та адаптації представлено у концепції методу автономного адаптивного управління.

## СТРУКТУРА АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ МОДУЛЬНИМИ «S-BOTS»

11



## МОДЕЛЬ АДАПТИВНОГО УПРАВЛІННЯ МОДУЛЬНИМИ «S-BOTS»

12

Пропонована модель, далі будемо називати її - динамічний кінцевий автомат, що самонавчається (ДКАС), ґрунтується на теорії кінцевих автоматів і розширює її. Принципові відмінності від традиційних кінцевих автоматів – запровадження динамічної функції виходів та функції формування нових станів, а також замикавання виходів автомата на його вхід. ДКАС описується короткем:

де  $S$  – кінцева поповнювана безліч станів;  
 $A$  – поєднана кінцева множина вхідних і вихідних символів (множина дій);

$D$  – динамічна функція виходів;

$F$  – функція формування нових станів;

$\psi$  – функція переходів;

$E$  – функція якісної оцінки станів;

$f$  – коефіцієнт самонавчання;

$d$  – коефіцієнт глибини пошуку рішення;

$s_0$  – початковий стан автомата  $s_0 \in S$ .

$$\langle S, A, D, F, \psi, E, s_0, f, d \rangle$$

## МОДЕЛЬ АДАПТИВНОГО УПРАВЛІННЯ МОДУЛЬНИМИ «S-BOTS»

13

Важливо відзначити, що вихід ДКАС замкнений на вхід, тобто символ  $a_t \in A$ , продуцирований на вихід, надходить на вхід автомата та проковує перехід у новий стан та новий вихідний символ. Цей процес описується законами функціонування ДКАС. Вхід  $a_t \in A$  в момент часу  $t$  однозначно визначається попереднім станом:

$$a_t = D(s(t-1)f)$$

де  $D$  – динамічна функція переходів, що визначає вихід автомата з урахуванням попереднього стану на основі багатокритеріального вибору.

Якщо відношення потужності множини  $B \subseteq A$  (яке відображає відомі можливі переходи зі стану  $s(t-1)$ ) до потужності множини  $A$  більше  $f$ , то  $a_t$  вибирається шляхом рівномірнісного вибору з множини  $C = A \setminus B$ . В іншому випадку  $a_t$  вибирається таким, що:

$$E(s(t+d)) \rightarrow \max(E(S))$$

де  $E$  – багатокритеріальна функція якісної оцінки станів.

14

## МОДЕЛЬ АДАПТИВНОГО УПРАВЛІННЯ МОДУЛЬНИМИ «S-BOTS»

Новий стан  $s(t)$  в момент часу  $t$  однозначно визначається станом  $s(t-1)$  та вхідним символом  $a_t$ :

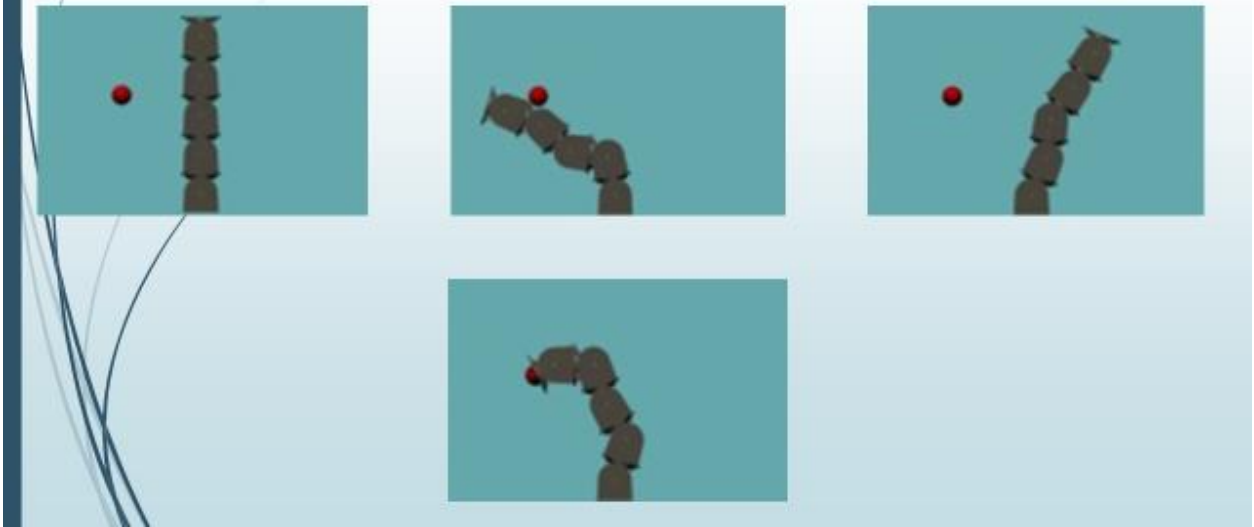
$$s(t) = \psi(s(t-1)a_{t-1})$$

де  $\psi$  – функція переходів.

## ПЕРЕВІРКА РОБОТИ МОДЕЛІ АДАПТИВНОГО УПРАВЛІННЯ РУХОМ МОДУЛЬНИХ «S-BOTS»

15

Демонстрація здатності самонавчання модульного «s-bot»



## АПРОБАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

16

www.konferenciaonline.org.ua

Міжнародна наукова  
інтернет-конференція

Інформаційне суспільство:  
технологічні, економічні  
та технічні аспекти становлення

(випуск 70)

ISSN 2522-932X

Google Scholar

22-23 вересня 2022 р.

Тернопіль - Миколаїв - Переяслав - Полтава  
2022

*Чернов Євген Дмитрійович, магістр, Харківський національний  
університет радіоелектроніки, м. Харків*

### МОДЕЛЬ АДАПТИВНОГО УПРАВЛІННЯ МОДУЛЬНИМИ «S-BOTS»

Літаюча сенсорна мережа являє собою два взаємодіючих між собою сегменти: літаючий і наземний (рисунком 1). В якості літаючого сегмента виступає один або кілька БПЛА загального користування. Типовий БПЛА загального користування може бути реалізований на базі різних літаючих платформ. Безпілотні літальні апарати, як і пілотовані, бувають літаючого

82

(літаки, планери, літаючі крила і ін), а також вертолітного типу (вертольоти і мультикоптери – літальні апарати з чотирма і більше роторами з несучими гвинтами). У ролі наземного сегмента мережі використовуються встановлені на місцевості сенсорні вузли. Ці вузли здійснюють збір інформації та, при необхідності, керують віддаленим об'єктом. Працюють в автономному режимі, мають малий розмір і можуть довго перебувати в режимі сну. Вони можуть збирати дані про вологість, температуру, шум, тиск, освітленість і т.д. Сенсорні вузли утворюють сенсорні поля, які надають можливість відстежувати різні фізичні процеси на базі датчиків. Всю інформацію БПЛА, що літає, може передавати як окремий вузол, так і група сенсорів, яка об'єднана в мережу по стандарту IEEE 802.11s, що входить до складу стандартів IEEE 802.11 і дозволяє організувати бездротові ієрархічні Ad-Hoc-мережі.

Окремий сенсорний вузол може передати дані БПЛА за допомогою RFID міток, яка складається з інтегральної схеми, призначеної для обробки і зберігання інформації, і антени для прийому і передачі сигналів.

## ВИСНОВКИ

**ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ** була досліджена модель адаптивного управління модульними «s-bots».

### **В КВАЛІФІКАЦІЙНІЙ РОБОТІ ВИРІШЕНІ ТАКІ ЗАДАЧІ:**

- ❖ проведено огляд методів штучного інтелекту;
- ❖ проведено аналіз адаптивної системи управління модульними «s-bots».