



УДК 004.89

А.В. АНІСІМОВ

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна,
e-mail: *anatoly.v.anisimov@gmail.com*.

О.О. МАРЧЕНКО

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна,
e-mail: *omarchenko@univ.kiev.ua*.

В.Р. ЗЕМЛЯНСЬКИЙ

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна,
e-mail: *slava.zemlianskyi@gmail.com*.

ВПЛИВ МОВИ НА ТРИВАЛІСТЬ ЖИТТЯ ПОПУЛЯЦІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Анотація. Наведено еволюційну модель штучного інтелекту, призначену для проєктування і розроблення інтелектуальних систем. Ключовим базовим елементом запропонованої моделі є ALF — інтелектуальний агент зі здібностями до самонавчання, комунікації, спільних дій і самоорганізації серед подібних агентів. В основу ALF-агентів закладено еволюційні принципи. Досліджено фактор впливу ускладнення природної мови як основного засобу комунікації ALF-агентів на показники тривалості їхнього життя.

Ключові слова: штучний інтелект, мультиагентні системи, оброблення природної мови.

ВСТУП

Запропонована стаття є продовженням [1], де описано створення еволюційної моделі штучного інтелекту, призначеної для проєктування і розроблення інтелектуальних систем. Базовим елементом для створення запропонованої моделі є так званий ALF (Artificial Life Form — штучна форма життя) — інтелектуальний агент зі здібностями до самонавчання, комунікації, спільних дій і самоорганізації серед подібних агентів. В основу ALF-агентів закладені еволюційні принципи, реалізовані із застосуванням генетичних алгоритмів. Інтелектуальні системи, побудовані за допомогою цієї технології, є набором ALF-агентів, що розміщені в середовище поставленої задачі і спільно будують її розв'язок. Основною цільовою функцією для кожного ALF-агента є тривалість його життя. Успішне виконання поставленого завдання збільшує тривалість життя. Таким чином, у популяції ALF-агентів виживають «найрозумніші», які накопичили успішний досвід виконання завдань — перевірені ефективні методи і евристики для розв'язання задач. Найуспішніші ALF-агенти передають свої знання наступним поколінням ALF-агентів, які розвиваються і продовжують процес еволюційного розвитку популяцій агентів і всієї інтелектуальної системи в цілому.

В [1] описано експериментальні дослідження, що обґрунтовують і підтверджують сформульовану там основну гіпотезу, яка постулює, що чим розви-

© А.В. Анісімов, О.О. Марченко, В.Р. Землянський, 2021

неніший інтелектуальний ALF-агент, тим вищий у нього коефіцієнт виживання в середовищах з різним ступенем агресивності. У гіпотезі під більшою розвиненістю розуміли наявність більшого набору здібностей у ALF-агента. Зауважимо, що набори властивостей ALF-агентів можуть містити:

Sght — зір (на скільки клітин вдалину він може «бачити»);

CLSFS — класифікатор на основі моделей машинного навчання;

MNTR — інтелектуальний моніторинг (здатність не тільки бачити, а й розуміти сенс процесів, що відбуваються навколо нього);

CMNC — комунікація з іншими ALF-агентами;

CLBR — здатність ALF-агентів взаємодіяти і співпрацювати.

Взаємодія та обмін інформацією між ALF-агентами в середовищі відбувається за допомогою комунікації. В [1] описано, що комунікація між ALF-агентами здійснювалася за допомогою повідомлень у спеціальному внутрішньому форматі системи, а також обміном записами між локальними базами знань окремих агентів.

Наступним етапом розроблення технології є використання мови природного типу як універсального засобу комунікації в системі. Як основа для розроблення такої мови через низку об'єктивних причин була обрана англійська мова. Комунікацію в системі реалізують за допомогою мови, яка є деякою підмножиною англійської мови, адаптованою лексично і семантично до світу ALF-агентів аналогічно [2]. ALF-агенти оснащені спеціальним лінгвістичним процесором — транслятором речення цієї мови природного типу в його семантичне подання у внутрішньому форматі системи, яке далі обробляється, аналізується і використовується ALF-агентами для розв'язання своїх завдань. Такий лінгвістичний процесор здійснює переклад у прямому і зворотному напрямку (для спілкування ALF-агентів між собою і з системою мовою природного типу).

Згадані підмножини природної мови як різні варіанти реалізації основного засобу комунікації ALF-агентів і системи в цілому можуть підтримувати різні набори синтаксичних структур і зв'язків, що відрізняються за довжиною, складом, складністю, ступенем вкладеності тощо. Усе це визначає силу синтаксичної і, як наслідок, семантичної виразності мови.

У цій статті досліджується вплив мови як основного засобу комунікації ALF-агентів на їхні показники тривалості життя. Широко відома низка класичних робіт, в яких розглядалися ключові питання щодо значення мови та її впливу на розвиток інтелекту [3–5]. Ці роботи зумовили вибір теми запропонованого експериментального дослідження.

МОДЕЛІ МОВ ПРИРОДНОГО ТИПУ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ALF-АГЕНТАМИ

Було висунуто гіпотезу, що чим досконаліша мова, тим вищий ступінь виживання ALF-агентів. Зазначимо, що, коли йдеться про досконалу мову, мають на увазі її універсальність в утворенні різних семантико-синтаксичних зв'язків і відношень між словами. До того ж мова не має бути надто складною, містити довгі заплутані глибокі рекурсивні конструкції, тому що оброблення подібних структур довготривале і може значно знизити ефективність моделі. Розв'язанням цієї проблеми може бути компроміс між розвинутою структурою мови і довжиною речення, глибиною рекурсії його граматичної конструкції.

Мова є множиною речень, породжуваних граматикою G . У цій роботі розглядається лише клас контекстно-вільних граматик.

Розвиненішою і досконалішою мовою L_i у порівнянні з мовою L_{i-1} вважається така підмножина англійської мови, що підтримує більший набір типів зв'язків і структур, ніж мова L_{i-1} .

Для обґрунтування і підтвердження наведеної гіпотези потрібно досліджувати і порівнювати процеси еволюції ALF-агентів, наділених однаковою наборою властивостей, у яких буде відрізнятися лише мова комунікації стосовно ступеня її розвиненості, тобто в різноманітті підтримуваних нею граматичних конструкцій. Таким чином, в експериментальному просторі з'являється додатковий вимір розвиненості мови ALF-агентів.

Далі наведено набір мов, який пропонується використовувати для ALF-агентів в експериментах.

Мова L0, що породжується граматиною G0, яка містить правила:

S → Noun;

S → Verb;

S → Adverb;

S → Adjective.

Така граMATика описує мову, в якій речення складаються з одного слова, наприклад «хижак», «біжи», «зелений», «праворуч».

Мова L1, що породжується граматиною G1, яка, окрім усіх правил граматики G0, містить правила:

NP → Adjective Noun; S → NP;

S → Noun Verb;

VP → Verb Noun; S → VP;

VP → Verb Adverb;

Ця граMATика описує розширену мову L1, в якій, окрім однослівних речень, можливе породження речень з двох слів, наприклад «Зелене дерево», «Хижак наближається», «З'їж плід», «Йди праворуч».

Мова L2, що породжується граматиною G2, яка містить правила:

S → Noun VP;

VP → Verb Noun;

VP → Adverb Verb;

NP → Adjective Noun;

S → NP Verb;

У мові L2 вже можлива генерація речення з трьох слів, наприклад «Зелені дерева виростили», «Хижак швидко наближається», «Хижак з'їв сусіда № 3».

Мова L3, що породжується граматиною G3, яка містить правила:

S → NP VP;

VP → Verb NP;

VP → Verb PP;

NP → Noun PP;

PP → Preposition Noun;

VP → Verb Adverb;

NP → Adjective Noun;

VP → Verb;

NP → Noun;

У граматиці G3 з'являється опис речень з прийменниковими групами, наприклад «Великий хижак виходить з-за скелі», «Я знайшов дерева з плодами».

Мова L4, що породжується граматиною G4, яка містить правила:

S → NP VP;

VP → VP NP;

VP → VP PP;

NP → NP PP;

PP → Preposition NP;

VP → VP Adverb;
NP → Adjective NP;
VP → Verb;
NP → Noun;

У граматиці G4 з'являються правила, що описують рекурсивні структури в реченнях мови L4, наприклад «Я знайшов дерева з плодами зліва біля скель».

Гіпотеза. Чим досконалішою і розвиненішою є мова в межах наведених п'яти типів як засіб комунікації між ALF-агентами, тим вищими є показники їхнього виживання в середовищах з різним рівнем агресивності.

У гіпотезі під більшою розвиненістю мови розуміється використання більш складних і досконалих граматичних конструкцій.

Здавалося б, твердження є очевидним і не потребує доказів. Але з іншого боку, для розвиненішої мови передбачається складніший аналіз, наявність багаторівневого процесу розбору структур і неоднозначності, що виникають на кожному рівні аналізу та впливають один на одного. Аналіз природної мови є одним із центральних завдань штучного інтелекту. Таким чином, за наведеними аргументами сформульована гіпотеза є нетривіальним твердженням, яке потребує обґрунтування.

ЕКСПЕРИМЕНТИ

Для підтвердження сформульованої гіпотези було проведено низку експериментів, у яких досліджувалася середня тривалість життя популяції ALF-агентів (в умовних одиницях часу) в різноманітних агресивних середовищах.

Детальний опис віртуальних світів як середовища експерименту та самих ALF-агентів представлено в [1].

ALF-агент має набір дій, які він може виконувати. Результатом кожної дії є зміна стану ALF-агента: зменшення кількості енергії, її збільшення, положення в просторі, знаходження нових джерел енергії, виникнення або уникнення загроз для життя тощо. Стан оцінюється цільовою функцією, в якій головною складовою є кількість енергії. З повною втратою енергії настає смерть агента. За допомогою інтелектуального пристрою ALF-агент обчислює можливі послідовності своїх дій, будуючи дерево пошуку оптимальних рішень з урахуванням ймовірних наслідків у межах тих знань про світ, якими він володіє. Для побудови дерева пошуку оптимальних рішень використовується алгоритм *minimax* з альфа-бета відтинанням [6].

Перший параметр ALF-агента — це зір *Sght*, тобто на скільки клітин вдалину він може «бачити». Система інформує агента про те, що відбувається навколо нього на відстані заданого радіуса. Таким чином реалізована ця властивість — зір.

Якщо у ALF-агента менше, ніж 50 % енергії, він автоматично починає шукати їжу, якою можуть бути плоди дерев. Якщо дерева наявні в зоні *Sght*, агент прокладає найкоротший маршрут до найближчого дерева, уникаючи перешкоди, долає його і з'їдає плоди. Якщо він не бачить навколо дерев, тоді починає процес пошуку згідно з однією з розроблених ним стратегій.

Для збільшення кількості енергії агент може з'їсти плоди лише з одного дерева, після чого воно зникає. Якщо поруч іще залишилися дерева, він може запам'ятати їх внесенням координат у свою базу знань (БЗ).

Якщо ALF-агент знаходить FT-дерево, він може з'їсти плоди і збільшити кількість енергії. Якщо він знаходить RT-дерево, тоді може розпізнати колір RT, що відрізняється від кольору FT, але у цей час він нічого не знає про отруйність

PT-дерева. Лише з'ївши його плоди і виживши, він може зробити висновок щодо своєї помилки і записати відповідне правило в свою БЗ. Це приклад «навчання на своїх помилках». Якщо в цей час присутній інший ALF-агент, тобто знаходиться в зоні видимості події, він також може зробити аналогічний висновок і записати відповідне правило в свою БЗ. Але для цього він повинен уміти зіставити з тим, що сталося, зміну не свого, а чужого стану. Це приклад «навчання на чужих помилках». Для першого випадку потрібен лише класифікатор на основі методів машинного навчання CLSF, для другого — інтелектуальний моніторинг MNTR, тобто здатність не лише бачити, а й розуміти сенс процесу: «сусід з'їв плід з дерева фіолетового кольору, його енергія спочатку збільшилася на 20 %, а потім зменшилася на 50 %». Інтелектуальний моніторинг реалізується в моделі за допомогою програми доступу до інформації сусіднього ALF-агента щодо процесів, які відбуваються з ним у цей час, якщо сусід до того ж перебуває на відстані меншій, ніж Sght.

У класифікаторах машинного навчання CLSF використовуються такі моделі, як наївний баєсів класифікатор, дерева рішень, лінійна регресія, логістична регресія і метод опорних векторів [7–10]. Моделі класифікації мають питому вагу в розпізнаванні класу ситуації для ALF-агента. Він не може розглядати і аналізувати повний набір унікальних ситуацій у всьому різноманітті через розмірність моделі світу. Тож необхідно ефективно виокремлювати базові набори класів ситуацій і згодом встановлювати закономірності і взаємозв'язки між ними, а не між окремими їхніми унікальними екземплярами. Під час будівництва дерева пошуку оптимальних рішень щоразу відбувається класифікація розглянутих ситуацій для визначення оптимальних послідовностей дій ALF-агента.

Комунікація з іншими ALF-агентами CMNC. Якщо агент має властивість комунікації, він може робити запити до інших агентів на відстані однієї-трьох клітин з приводу, чи відомі їм координати дерев з плодами або щодо можливої наявності хижаків. Усю необхідну інформацію від колег агент одразу отримує. Під час комунікації CMNC існує також можливість обмінюватися правилами між БЗ сусідніх ALF-агентів. Так реалізується «обмін досвідом». Комунікація здійснюється за допомогою мов L0, L1, L2, L3, L4 в залежності від версії агентів. Кожний агент обладнаний відповідним текстовим процесором-транслятором, що перекладає повідомлення з L-мовної форми у внутрішній формат представлення даних і в зворотному напрямку.

Показовим прикладом використання комунікації CMNC може бути ситуація, коли ALF-агент з малою кількістю енергії шукає джерело енергії FT і протягом тривалого часу не може його знайти. Ця ситуація критична і може закінчитися фатально, якщо найближчим часом джерело не буде знайдене. ALF-агент зустрічає іншого ALF-агента з чималою кількістю енергії, про що стає відомо за допомогою інтелектуального моніторингу MNTR. Інтелектуальний пристрій обчислює варіанти послідовностей дій з урахуванням можливості надіслати запит до сусіднього ALF-агента для отримання від нього координат ймовірного джерела енергії. Запит надсилається. ALF-агент отримує відповідь з координатами джерела енергії, прокладає найкоротший маршрут і встигає вчасно поповнити запас енергії. ALF-агент виживає в цій ситуації завдяки здатності комунікації CMNC.

Взаємодія, співпраця ALF-агентів CLBR. ALF-агент може звернутися за допомогою до іншого ALF-агента, для прикладу, щоб захиститися від хижака. Два ALF-агенти можуть налякати хижака або навіть ліквідувати, оточивши його і заблокувавши, щоб у нього не було простору для відступу.

Боротьба з хижакми. ALF-агенти бачать хижакма з відстані чотирьох клітин. Вони можуть утекти від нього, їхня швидкість така сама як у хижакма, але їхня енергія під час бігу зменшується, на відміну від хижакма. У цій ситуації найкраще рішення — сховатися за будь-який предмет, дерево або скелю. Якщо є можливість скооперуватися з сусіднім агентом, можна спробувати ліквідувати хижакма. Для цього потрібно одночасно опинитися в сусідніх з ним клітинах. Синхронізація дій відбувається за допомогою засобів комунікації CMNC, тобто за допомогою мови Li.

Прикладом співпраці CLBR може бути така ситуація. ALF-агент побачив хижакма, який наближається до нього. ALF-агент починає тікати від хижакма, але переслідування триває значний період часу, енергія швидко витрачається і ALF-агент не може врятуватися. Він бачить іншого ALF-агента і надсилає йому запит щодо допомоги, щоб разом налякати або ліквідувати хижакма. Сусідній ALF-агент отримує запит про допомогу і починає процес пошуку оптимального рішення. Він може не допомогти ALF-агентові, з яким сталося лихо, і останній загине. У цьому разі ALF-агент, який не допоміг, залишиться з хижакмом сам на сам, і це може мати для нього погані наслідки. Тож у такій ситуації оптимальним рішенням є співпраця. Обидва ALF-агенти врятовуються і виживуть завдяки здатності до взаємодії CLBR.

Усе викладене раніше становить набір правил віртуальних світів. Під час завантаження світу ALF-агент спочатку не володіє повністю знаннями щодо множини цих правил. Агент не знає, що плоди РТ-дерева отруйні, він здатний побачити хижакма з відстані чотирьох клітин, але тільки з відстані трьох клітин вмикається програма базового рівня «небезпека» і агент намагається втекти. Про те, що можна сховатися від хижакма, ALF-агент від самого початку не знає. Він повинен зробити висновок про це, помітивши, що переслідування припинилося, коли він зник з прямої видимості. Те, що разом два ALF-агенти можуть налякати, захиститися або навіть ліквідувати хижакма, поповнивши при цьому свої запаси енергії (прообраз полювання), також стає відомо на практиці. Стратегії обходу лабіринту в пошуках їжі виробляються агентом у процесі виживання.

Властивості ALF-агента CLSF, MNTR, CMNC і CLBR — це інструментарій, який йому надано. Але яким чином і коли використовувати ці властивості, як планувати свої дії і як чинити в залежності від ситуації — це завдання, які вирішують ALF-агенти, спираючись на накопичений досвід, правила, вироблені стратегії і алгоритми. Це приклад навчання в процесі виживання в агресивному світі, яке реалізується на базі генетичних та еволюційних алгоритмів [11].

У проведеній серії експериментів конфігурація ALF-агента має такий вигляд: Sght = 4, CLSF +, MNTR +, CMNC + Li, CLBR +, що відповідає агенту з повним набором властивостей, де єдина відмінність — це мова Li, яку використовує агент. Таким чином, маємо п'ять класів агентів: ALF_L0, ALF_L1, ALF_L2, ALF_L3, ALF_L4.

Методику експериментів детально описано в [1].

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТІВ

Показники середньої тривалості життя популяції агентів у кінці останнього етапу еволюції для всіх 60 серій експериментів (5 класів ALF-агентів × 12 типів світів) наведено в табл. 1.

Для проведення порівняльного аналізу наведемо результати експериментів (табл. 2), описаних у [1].

Таблиця 1. Результати експериментів щодо еволюції ALF-агентів

Клас	Показники середньої тривалості життя популяції агентів											
	Тип 1	Тип 2	Тип 3	Тип 4	Тип 5	Тип 6	Тип 7	Тип 8	Тип 9	Тип 10	Тип 11	Тип 12
ALF-L0	100+	32.1	29.7	28.6	24.3	17.9	19.4	20.9	12.7	7.8	3.2	1.6
ALF-L1	100+	34.9	30.3	29.5	25.0	18.7	20.2	21.5	12.9	8.1	3.7	1.9
ALF-L2	100+	38.2	31.5	34.4	26.2	19.9	21.6	23.6	13.5	8.6	4.8	2.4
ALF-L3	100+	43.9	32.7	37.6	26.8	21.3	23.2	25.8	14.1	9.2	5.7	3.0
ALF-L4	100+	45.6	32.8	39.9	28.7	23.6	25.1	27.6	14.8	9.7	6.5	3.6

Таблиця 2. Показники еволюції ALF-агентів

Клас	Середня тривалість життя в популяції											
	Тип 1	Тип 2	Тип 3	Тип 4	Тип 5	Тип 6	Тип 7	Тип 8	Тип 9	Тип 10	Тип 11	Тип 12
1	100+	30	24	25	13.5	11	12.9	14.7	9.2	6.7	3.1	0.9
2	100+	28	26	26.5	19	14	16.3	20.1	11.8	7.2	2.9	1.2
3	100+	45	34	39	27	22	24.1	26.7	14.7	9.6	6.2	3.2
4	100+	48	27	42	29.9	25	26.5	29.2	15.3	10.9	7.2	4.1

Зазначимо, що класи ALF-агентів відрізнялися набором властивостей.

Клас 1: Sght = 4, CLSF+, MNTR-, CMNC-, CLBR-;

Клас 2: Sght = 4, CLSF+, MNTR+, CMNC-, CLBR-;

Клас 3: Sght = 4, CLSF+, MNTR+, CMNC+, CLBR-;

Клас 4: Sght = 4, CLSF+, MNTR+, CMNC+, CLBR+;

У ALF-агентів класів 3 і 4 властивості комунікації та взаємодії реалізовані через прямий обмін даними і записами локальних БЗ у внутрішньому форматі системи. ALF-агенти нового типу мають повний набір властивостей, як у ALF-агентів класу 4. Різниця лише в тому, що нові агенти використовують для комунікації і організації взаємодії мови L0, L1, L2, L3, L4 відповідно до їхнього класу. Ці ALF-агенти забезпечені лінгвістичними процесорами — трансляторами, які виконують перетворення повідомлень з внутрішнього формату даних системи в форму речень мови природного типу на етапі синтезу і зворотне перетворення під час аналізу отриманих повідомлень.

Порівнюємо дані табл. 1 і 2. В експериментах використовували ідентичні набори типів світів з однаковими умовами. Методика експериментів збігається. Як видно з даних табл. 1 і 2, значення середньої тривалості життя в залежності від зростання рівня агресивності середовища у ALF-агентів типу ALF_L0 знаходиться між значеннями ALF-агентів класів 2 і 3 приблизно на рівному віддаленні. Зазначимо, що в класі 3 з'явилися засоби комунікації CMNC+. Мова L0 підтримує оброблення речень довжиною в одне слово. Мова недосконала через вкрай слабку виразність синтаксичних відношень. Під час трансляції речення у внутрішній формат даних системи допускається чимало можливих інтерпретацій. Тож за показниками тривалості життя ALF_L0 гірші за ALF-агентів класів 3 і 4. В ALF_L1 мова L1 підтримує речення-словосполучення із двох слів і за показниками цього класу маємо значне зростання тривалості життя порівняно з агентами ALF_L0.

Якщо подивитися на показники агентів ALF_L2, можна побачити якісне зростання оцінок. Різниця між показниками ALF_L2 і ALF_L1 приблизно в два рази більша, ніж між ALF_L1 і ALF_L0. Зазначимо, що у ALF_L2 у мові L2 з'являється опис структур тернарного відношення «суб'єкт–предикат–об'єкт». Агенти типу ALF_L3 демонструють в оцінках рівень прогресу, який можна порівняти з ALF_L2 відносно ALF_L1. У мові L3 з'являються уточнюючі прийменникові конструкції, що робить її більш розвиненою щодо виразності відношень всередині в складних структурах речень.

І насамкінець, агенти типу ALF_L4 з мовою L4, яка допускає побудову та аналіз рекурсивних синтаксичних структур речень, демонструють найкращі оцінки середньої тривалості життя, а також значне її зростання у порівнянні з типом ALF_L3.

Під час трансляції даних із внутрішнього формату системи в формат речень мови природного типу стикаємося з низкою глибинних лінгвістичних проблем. Представляючи складні дані за допомогою простих структур недосконалих мов типу L0 та L1, неминуче спрощуємо зміст та робимо редуцію складних довгих зв'язків і відношень до набору простих зв'язків (для прикладу, бінарних, як у мові L1). Далі після одержання повідомлення в процесі його аналізу за елементарним синтаксичним розбором речень для відновлення даних в їхньому первинному внутрішньому форматі все навантаження припадає на семантичний аналіз. За чималими можливими варіантами семантичної інтерпретації послідовності речень це повідомлення стає значною проблемою, що у результаті впливає на показники ефективності роботи системи.

У процесі ускладнення граматичних конструкцій мова вимагає складніших алгоритмів синтаксичного аналізу, якими повинен володіти кожен представник відповідного класу ALF-агентів. З появою прийменникових зворотів та рекурсії в конструкціях мови L4 виникають явища синтаксичної неоднозначності структур речень. Але водночас значно знижується кількість потенційних семантичних неоднозначностей у тексті повідомлення. Мало того, синтаксичні неоднозначності часто успішно усуваються на рівні семантики, і кількість семантичних неоднозначностей зменшується до мінімуму.

Як видно з даних табл. 1, у цілому раніше сформульована гіпотеза має експериментальне підтвердження. Дійсно, ALF-агенти з досконалішою і розвиненішою мовою як засобу комунікації та взаємодії мають більш високі показники тривалості життя, незважаючи на необхідність виконання кожним агентом складного багаторівневого лінгвістичного аналізу. Можна простежити тенденцію безперервного відносного зростання середніх значень тривалості життя ALF-агентів зі збільшенням складності їхнього мовного класу в кожному типі світу.

Для проведення експериментів з метою концептуальної перевірки моделі та дослідження її ефективності усвідомлено було обрано ігровий підхід, в якому постульовані принципи реалізували в явному вигляді без метафор.

ВИСНОВКИ

У статті описано еволюційну модель побудови штучного інтелекту, призначену для проєктування і розроблення інтелектуальних систем. Вона дає змогу описувати різноманітні предметні області з побудовою баз знань онтологічного типу. Модель має універсальні засоби формального опису задач, а також середовище реалізації обчислювальних процесів для їхнього розв'язання. Основою моделі є ALF-агент — інтелектуальний агент зі здібностями до самонавчання, комунікації, спільних дій і самоорганізації серед подібних агентів. У роботі

досліджується фактор впливу природної мови як основного засобу комунікації ALF-агентів на їхні показники тривалості життя.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Анисимов А.В., Марченко А.А., Землянский В.Р. Эволюционный метод построения систем искусственного интеллекта. *Кибернетика и системный анализ*. 2019. Т. 55, № 1. С. 3–13.
2. Виноград Т. Программа, понимающая естественный язык. Под ред. Г.Е. Поздняка. Москва: Мир, 1976. 294 с.
3. Chomsky N. *Language and mind*. Cambridge University Press, 2006. 209 p.
4. Berwick R.C., Friederici A.D., Chomsky N., Bolhuis J.J. Evolution, brain, and the nature of language. *Trends in Cognitive Sciences*. 2013. Vol. 17, Iss. 2. P. 89–98.
5. Corballis M.C. *The recursive mind: The origins of human language, thought, and civilization*. Princeton University Press, 2011. 309 p.
6. Knuth D.E., Moore R.W. An analysis of alpha-beta pruning. *Artificial Intelligence*. 1975. Vol. 6, N 4. P. 293–326.
7. Yaoyong Li, Bontcheva K., Cunningham H. Adapting SVM for natural language learning: A case study involving information extraction. *Natural Language Engineering*. 2009. N 15(2). P. 241–271.
8. Jurafsky D., Martin J.H. *speech and language processing*. Ch. “Logistic Regression”. Stanford University, 2020.
9. Quinlan J.R. Simplifying decision trees. *International Journal of Man-Machine Studies*. 1987. N 27 (3). P. 221–234.
10. Utgoff P.E. Incremental induction of decision trees. *Machine Learning*. 1989. N 4(2). P. 161–186.
11. Fogel D.B. (Ed.). *Evolutionary computation: The fossil record*. New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1998.

A.V. Anisimov, A.A. Marchenko, V.R. Zemlianskyi

THE INFLUENCE OF LANGUAGE ON THE LIFESPAN OF POPULATIONS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Abstract. The article describes an evolutionary model for artificial intelligence construction, designed for the development of intelligent systems. The key element of the proposed model is a so-called ALF, which is an intellectual agent with the ability for learning, communication, to joint action and self-organization among other agents. The development of ALF agents is based on evolutionary principles. In the article, we analyze the influence of complication of natural language as the main means of communication among ALF agents on their lifespan.

Keywords: artificial intelligence, multi-agent systems, natural language processing.

Надійшла до редакції 25.03.2021