

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені І.І.МЕЧНИКОВА

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет математики, фізики та інформаційних технологій

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра математичного забезпечення комп'ютерних систем

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

## Дипломна робота

на здобуття вищої освіти «бакалавр»

(освітньо – кваліфікаційний рівень)

на тему Великомасштабна лінгвістична модель для експертної системи

Large – scale linguistic model for the expert system

Виконав: студент денної форми навчання  
напряму підготовки 123 – Комп'ютерна інженерія .

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Завальнюк Олексій Валентинович

(прізвище, ім'я, по – батькові)

Керівник к. ф. – м. н, доц. Крапівний Ю.

М.

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали, підпис)

Рецензент ст. викл. Лісіцина І.М.

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Рекомендовано до захисту:

Захищено на засіданні ЕК № \_\_\_\_\_

Протокол засідання кафедри

протокол № \_\_ від «\_\_» \_\_\_\_ 2020 р.

№ \_\_ від «\_\_» \_\_\_\_ 2020 р.

Оцінка \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

(за національною шкалою, шкалою ECTS, бали)

Завідувач кафедри

Голова ЕК

Є.В. Малахов

Н.Ф. Казакова

(підпис)

(прізвище, ініціали)

(підпис)

(прізвище, ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Дипломна робота присвячена розробці підходів для побудови великомасштабних нечітких моделей для систем прийняття рішень і управління.

Метою дипломної роботи є розробка двох елементів, що спрощують розробку ієрархічних систем нечіткого логічного введення висновку і дозволяють перекладати програми з мови Fuzzy Control Language (FCL) на більш універсальна мова програмування. В даному випадку – мова C ++.

Перевагами розроблюваної системи є економія ресурсів, що витрачаються на розробку аналогічних систем, а також можливість використовувати їх в подальшій розробці додатків, пов'язаних з тією чи іншою предметної області.

Розробка є універсальною, тобто вона може бути застосована у всіх областях, де необхідно приймати рішення, засновані на декількох факторах. Як приклад, буде розглянута предметна область «Офіс». Потрібно вирішити завдання – прийняття рішення, щодо поновлення мережі.

Запропоновано додаток до FCL. Інтерпретатор написано на мові C++ в середовищі Visual Studio з використанням елементів STL.

## АННОТАЦИЯ

Дипломная работа посвящена разработке подходов для построения крупномасштабных нечётких моделей для систем принятия решений и управления.

Целью дипломной работы является разработка двух элементов, упрощающих разработку иерархических систем нечёткого логического ввода вывода и позволяющих переводить программы с языка Fuzzy Control Language (FCL) на более универсальный язык программирования. В данном случае – язык C++.

Преимуществами разрабатываемых системы являются экономия ресурсов, затрачиваемых на разработку аналогичных систем, а также возможность использовать их в дальнейшей разработке приложений, связанных с той или иной предметной областью.

Разработка является универсальной, т.е. она применима во всех областях, где необходимо принимать решения, основанные на нескольких факторах. В качестве примера, будет рассмотрена предметная область «Офис». Решаемая задача – принятие решения, касательно обновления сети.

Предложено расширение языка FCL. Интерпретатор написан на языке C++ в среде Visual Studio с использованием элементов STL.

## ABSTRACT

The graduate work is devoted to the development of approaches for constructing large – scale fuzzy models for decision – making and management systems.

The aim of the graduate work is to develop two elements that simplify the development of hierarchical systems of fuzzy logical input and output and allow you to translate programs from the Fuzzy Control Language (FCL) into a more universal programming language. In this case, the C ++ language.

The advantages of the developed system are saving resources spent on the development of similar systems, as well as the ability to use them in the further development of applications related to a particular subject area.

Development is universal, i.e. it is applicable in all areas where it is necessary to make decisions based on several factors. As an example, the subject area “Office” will be considered. The task at hand is decision – making regarding network updates.

The FCL language extension was proposed. The interpreter is written in C++ in Visual Studio with using STL elements.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ .....	9
1.1 Нечіткі множини .....	9
1.2 Лінгвістична змінна .....	10
1.3 Нечіткі логічні операції .....	11
1.4 Нечітка база знань.....	12
1.5 Нечіткий висновок .....	12
1.5.2 Алгоритм Мамдані.....	14
1.5.3 Алгоритм Сугено .....	15
1.6 Мова нечіткого управління Fuzzy Control Language (FCL) .....	15
1.6.1 Нотація мови FCL .....	15
1.7 Великомасштабні (ієрархічні) моделі нечіткого логічного висновку .	17
1.7.1 Теоретичне порівняння звичайної та ієрархічної системи .....	18
2 ПРОЕКТУВАННЯ ІЄРАРХІЧНОЇ НЕЧІТКОЇ МОДЕЛІ У ПАКЕТІ MATLAB .....	20
2.2 Можливості пакету Fuzzy Logic Toolbox для побудови нечітких моделей .....	20
2.3 Проектування ієрархічної нечіткої моделі в Simulink. ....	24
2.2.1 Приклад простої моделі нечіткого висновку .....	24
3 ПРОЕКТУВАННЯ ДОДАТКУ МОВИ FCL ДЛЯ ПОБУДОВИ ІЄРАРХІЧНИХ МОДЕЛЕЙ.....	31
4 ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА ІНТЕРПРЕТАТОРУ З МОВИ FCL ..	32
4.2 Вибір засобів розробки .....	32
4.3 Проектування інтерпретатору .....	32
4.3.1 Лексичний аналізатор .....	32

4.3.2	Синтаксичний аналізатор .....	33
4.3.3	Движок .....	33
4.4	Реалізація інтерпретатору.....	33
4.4.1	Реалізація лексичного аналізатора.....	33
4.3.2	Приклади роботи лексичного аналізатора.....	35
ВИСНОВКИ .....		36
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....		37
ДОДАТОК А – ВІХІДНІ КОДИ НАВЕДЕНИХ МОДЕЛЕЙ.....		38
ДОДАТОК Б – ВІХІДНИЙ КОД ІНТЕРПРЕТАТОРУ .....		48

## ВСТУП

Люди завжди прагнули зрозуміти своє мислення. Процес самопізнання, самосвідомості – те, що відрізняє людей від інших відомих форм життя.

Багато великих умів билися, б'ються і будуть битися над цією загадкою. Це питання не раз і не два підіймалося філософами, фізіологами, теологами, анатомами, але всі розбивалися об складність вивчення або спостереження за діяльністю мозку.

Із розвитком технологій, стало можливим вивчення структури мозку – величезної кількості нейронів, пов'язаних один з одним. На основі цієї «схеми» були створені нейронні мережі, які зараз активно розвиваються. Хоч продуктивність мозку у рази перевершує будь – які з доступних нам систем, у деяких завданнях мозок вже поступається машинам. Зокрема, це будь – які чіткі операції й обчислення. Однак у площині мислення (або його моделювання, з боку обчислювальних систем) мозку немає рівних. Для вирішення цієї проблеми використовують системи штучного інтелекту.

Для імітації прийняття рішення, можуть використовуватися такі підходи:

- імовірнісний;
- використання нечіткої логіки;
- використання «хаотичних» систем;

Одним з напрямків розвитку систем штучного інтелекту є створення м'яких експертних систем на основі використання нечіткої логіки. Такі системи здатні робити логічний висновок на основі використання нечіткої бази знань. Тобто, імітувати процес прийняття рішення аналогічний тому, який відбувається у мозку.

Важливість використання таких систем полягає в тому, що з їх допомогою може бути істотно розширено коло розв'язуваних завдань в предметних областях, що складно формалізувати.

Для м'яких експертних систем актуальною є проблема побудови адекватної математичної моделі та нечіткого логічного виводу.

Ієрархічна нечітка база знань дозволяє вирішити так звану проблему "прокляття розмірності", коли велику кількість входів створює складності з описом причинно – наслідкового зв'язку у вигляді нечітких правил. У цьому випадку предметна область може бути виконана декомпозиція на декілька взаємопов'язаних областей, кожна з яких може бути описана автономною нечіткою базою правил. При цьому, кожна база правил продукує проміжні результати у вигляді лінгвістичних змінних, які подаються на вхід наступної бази правил в ієрархічному ланцюжку нечіткого логічного виводу.

Для побудови ієрархічних систем нечіткого логічного виведення, на жаль, не існує повністю безкоштовних, легких та інтуїтивно зрозумілих інструментів, тому процес створення таких систем досить важкий.

Після того, як ієрархічна система буде побудована, її необхідно буде використовувати при подальшій розробці. На поточний момент, у відкритому доступі не існує інтерпретатора з мови Fuzzy Control Language(FCL), тому з цим пунктом виникають проблеми.

Виходячи з вищесказаного, існує 2 проблеми:

- 1) складність створення ієрархічних систем;
- 2) відсутність інтерпретатора з мови FCL.

Метою роботи є розробка двох елементів: розширення мови FCL і інтерпретатора для FCL, а також побудова ієрархічних моделей в Matlab Simulink. Для досягнення поставлених завдань, необхідно виконати наступне:

- 1) придумати розширення FCL;
- 2) спроектувати розширення;
- 3) спроектувати інтерпретатор з мови FCL;
- 4) обрати інструменти розробки;
- 5) обрати середовище розробки;
- 6) розробити структури для зберігання даних з .fcl файлів.



## ВИСНОВКИ

Як результат виконання дипломної роботи, розроблена частина інтерпретатора з мови FCL, а саме лексичний і семантичні аналізатори. Так само запропоновано розширення для мови FCL, яке дозволяє будувати ієрархічні системи нечіткого логічного висновку.

Для реалізації цих елементів використовувалися такі засоби:

- 1) мова розробки C ++;
- 2) мова розробки FCL.

Розширення мови FCL дозволить подолати так зване "прокляття розмірності» і значно розширити спектр предметних областей, в яких доречно застосування мови.

Інтерпретатор дозволяє використовувати нечіткі системи в якості модулів для подальшої розробки додатків для тих чи інших областей.

Результати розробок були обговорені на сімнадцятій всеукраїнській конференції студентів та молодих вчених. Тези доповіді опубліковані. [5]

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Нечеткие множества в хранилище данных [Электронный ресурс] / Режим доступа: [https://www.prj-exp.ru/dwh/dwh\\_fuzzy\\_sets.php](https://www.prj-exp.ru/dwh/dwh_fuzzy_sets.php) – 17.05.2020
2. Лингвистическая переменная. Нечеткие величины, числа и интервалы [Электронный ресурс] / Режим доступа: [https://studme.org/133129/informatika/lingvisticheskaya\\_peremennaya\\_nechetkie\\_velichiny\\_chisla\\_intervaly](https://studme.org/133129/informatika/lingvisticheskaya_peremennaya_nechetkie_velichiny_chisla_intervaly) – 19.05.2020
3. Операции нечеткой логики [Электронный ресурс] / Режим доступа: [https://kpfu.ru/staff\\_files/F850320868/Osnovy\\_nechetkoj\\_logiki.pdf](https://kpfu.ru/staff_files/F850320868/Osnovy_nechetkoj_logiki.pdf)
4. Основы нечеткой логики [Электронный ресурс] / Режим доступа: [https://studme.org/183446/tehnika/operatsii\\_nechetkoj\\_logiki](https://studme.org/183446/tehnika/operatsii_nechetkoj_logiki) – 27.05.2020
5. Завальнюк А.В., Крапивный Ю.Н. Крупномасштабная лингвистическая модель для экспертной системы / Информатика, інформаційні системи та технології: тези доповідей сімнадцятої всеукраїнської конференції студентів і молодих науковців. Одеса, 24 квітня 2020 р. – Одеса, 2020.