Мажара Ольга Олександрівна. Назва дисертаційної роботи: "ПРОГРАМНИЙ ІНСТРУМЕНТАРІЙ РОЗРОБКИ ПРОДУКЦІЙНИХ СИСТЕМ З УРАХУВАННЯМ ОБМЕЖЕНИХ РЕСУРСІВ"

МІНІСТРЕСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ НАЦІОНАЛЬНИЙ

ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ ”КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ

ІНСТИТУТ”

На правах рукопису

УДК 004.832

Мажара Ольга Олександрівна

ПРОГРАМНИЙ ІНСТРУМЕНТАРІЙ РОЗРОБКИ

ПРОДУКЦІЙНИХ СИСТЕМ З УРАХУВАННЯМ

ОБМЕЖЕНИХ РЕСУРСІВ

Спеціальнсть 01.05.03 —

математичне та програмне забезпечення обчислювальних машин і систем

Дисертація на здобуття вченого звання

кандидата технічних наук

Науковий керівник:

Шаповалова Світлана Ігорівна

кандидат технічних наук, доцент

Київ – 2016

2

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 8

Вступ . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 9

1 КОНЦЕПЦІЯ ПРОДУКЦІЙНОЇ МОДЕЛІ . . . . . . . . . . . . . . . . 14

1.1 Виведення заключень в продукційних системах . . . . . . . . . 14

1.2 Способи формалізації опису представлення продукцій . . . . . 16

1.3 Стратегії розв’язання конфліктів . . . . . . . . . . . . . . . . . . 20

1.4 Способи співставлення зі зразком . . . . . . . . . . . . . . . . . 24

1.5 Порівняння способів співставлення зі зразком . . . . . . . . . . 29

1.6 Програмні реалізації продукційної моделі . . . . . . . . . . . . . 31

Висновки до розділу 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 35

2 СПІВСТАВЛЕННЯ ЗІ ЗРАЗКОМ ЗА АЛГОРИТМАМИ

НЕТЕРПЛЯЧОЇ ОЦІНКИ . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 37

2.1 Формалізація продукційної системи S4 . . . . . . . . . . . . . . 37

2.2 Формалізація Rete алгоритму . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 40

2.2.1 Схема співставлення зі зразком за Rete алгоритмом . . . 40

2.2.2 Побудова та обробка мережі потоку даних Rete алгоритму 43

2.3 Формалізація Treat алгоритму . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 48

2.3.1 Схема співставлення зі зразком за Treat алгоритмом . . 48

2.3.2 Побудова та обробка мережі потоку даних Treat алгоритму 50

2.4 Формальне представлення Rete та Treat алгоритмів

співставлення зі зразком . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 53

2.5 Використання формалізації співставлення за Rete та Treat

алгоритмами . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 57

2.5.1 Формальна інтерпретація способів оптимізації

алгоритмів співставлення . . . . . . . . . . . . . . . . . . 57

2.5.2 Порівняння ресурсів співставлення . . . . . . . . . . . . 59

2.5.3 Розрахунок витрат пам’яті Treat алгоритму . . . . . . . . 62

Висновки до розділу 2 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 64

3

3 ПРОГРАМНИЙ ІНСТРУМЕНТАРІЙ РОЗРОБКИ ПРИКЛАДНИХ

ПРОДУКЦІЙНИХ СИСТЕМ НА БАЗІ МОДИФІКОВАНОГО

СЕРЕДОВИЩА CLIPS . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 65

3.1 Задача реалізації Treat алгоритму в CLIPS . . . . . . . . . . . . 65

3.2 Реалізація співставлення зі зразком в CLIPS . . . . . . . . . . . 66

3.3 Прекомпіляція Rete мережі співставлення . . . . . . . . . . . . . 69

3.4 Обробка Rete мережі співставлення . . . . . . . . . . . . . . . . 73

3.5 Реалізація Treat алгоритму співставлення . . . . . . . . . . . . . 76

3.6 Розширена оболонка продукційних систем . . . . . . . . . . . . 81

3.7 Обгортка продукційних систем для портативних пристроїв . . . 84

Висновки до розділу 3 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 85

4 ЛОГІЧНЕ ВИВЕДЕННЯ В ПРИКЛАДНИХ ПРОДУКЦІЙНИХ

СИСТЕМАХ ДІАГНОСТУВАННЯ . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 86

4.1 Діагностування на базі виведення логічного заключення . . . . 86

4.2 Діагностування стану об’єктів проммайданчику АЕС . . . . . . 89

4.2.1 Постановка задачі діагностування об’єктів

проммайданчику . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 89

4.2.2 Структура програмного модулю діагностування стану

споруд проммайданчика АЕС . . . . . . . . . . . . . . . 93

4.3 Системи експрес діагностики в природокористуванні . . . . . . 97

4.3.1 Задача експрес діагностування на портативних пристроях 97

4.3.2 Архітектура системи експрес діагностики для

портативних пристроїв . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 101

4.3.3 Система експрес діагностики шкідників рослин . . . . . 106

Висновки до розділу 4 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 109

Висновки . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 111

Список рисунків . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 113

Список таблиць . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 114

Література . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 115

A ОПИС РОЗШИРЕНОГО СЕРЕДОВИЩА РОЗРОБКИ . . . . . . . . . 126

4

A.1 Анотація . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 126

A.2 Загальні водомості . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 126

A.3 Функціональне призначення . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 127

A.4 Опис логічної структури . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 127

A.5 Виклик та завантаження . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 133

A.6 Вхідні та вихідні дані . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 134

B ФРАГМЕНТ БАЗИ ЗНАНЬ ДІАГНОСТИКИ ШКІДНИКІВ

ЗЕРНОВИХ РОСЛИН . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 136

C ДОВІДКИ ВПРОВАДЖЕНЬ . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 151

D СЕРТИФІКАТИ АПРОБАЦІЇ НА ЗАКОРДОННИХ КОНФЕРЕНЦІЯХ 155

5

Перелік умовних позначень

< +, f > Додавання факту до робочої пам’яті

< −, f > Видалення факту з робочої пам’яті

α-вузол, Anode Вузол Alpha-мережі потоку даних, у якому виконуються

внутрішні тести

α-мережа, Alpha-мережа Частина мережі потоку даних алгоритмів

співставлення, у вузлах якої відбуваються перевірки

константних значень умовних елементів продукції- внутрішні

тести

α-пам’ять, Alpha-пам’ять, lm Множина фактів, які призвели до активації

вузлів α-мережі

β-вузол, Bnode, β-вершина Вузол Beta-мережі потоку даних, у якому

виконуються зовнішні тести

σ Підстановка

a Множина фактів, які мають бути додані до робочої пам’яті

act Опціональна дія при переході між вузлами мережі потоку даних

Any Вершина Bnode, в якій відбувається узгодження позитивних

шаблонів продукції

beta-мережа, Beta-мережа Частина мережі потоку даних Rete алгоритму

співставлення, у вузлах якої відбуваються перевірка узгодження

змінних в межах антецеденту продукції - зовнішні тести

beta-пам’ять, Beta-пам’ять, rm Множина фактів, які призвели до активації

вузлів beta-мережі

c Пропозиція, множина вільних змінних якої є підмножиною

змінних шаблону p

cm Пам’ять конфліктної множини, що містить факти, які призвели

до активації правил, що утворюють конфліктну множину

6

comp Компіляція продукційного правила в мережу потоку даних

cost Кількість узгоджень з вхідними маркерами в мережі потоку

даних алгоритму співставлення

Dom Предметна область

F Множина функціональних символів

f Факт робочої пам’яті

F S Множина фактів

F T Теорія

h Висота (розмір) факту

h(cmj ) Витрати на збереження пам’яті конфліктної множини

h(lmj ) Затрати на збереження α-пам’яті

h(tmj ) Витрати пам’яті на обробку термінальних вершин Treat

алгоритму

L Множина предикативних міток

l Ім’я з множини міток

M(n) Затрати пам’яті алгоритму співставлення

m? Вхідний маркер, який визначає додавання або видалення факту

з робочої пам’яті

ms Множина вихідних маркерів, які визначають поширення змін у

мережі потоку даних

Not Вершина Bnode, в якій відбувається узгодження негативних

шаблонів продукції

P Множина предикативних символів

p Множина позитивних та негативних шаблонів

p

+ Позитивний шаблон

7

p

− Негативний шаблон

probj Ймовірність узгодження поточного умовного елементу з

наступним в черзі в межах антецеденту

q

j

i Внутрішні тести мережі потоку даних для заданої продукції з

міткою lj та шаблону i

R Множина продукційних правил, де правила мають шаблони

висотою 1

r Множина фактів, які мають бути видалені з робочої пам’яті

r

j Зовнішні тести мережі потоку даних для заданої продукції з

міткою lj

S Cтратегія розв’язання конфліктів

S4 Формальний опис продукційної систеи в термінах логіки

першого порядку

T Множина термів

t Висота терму

tm Термінальна пам’ять, яка використовується в процесі

узгодження змінних в динамічній термінальній мережі Treat

алгоритму

w Позиція підтерма в термі

WM Робоча пам’ять

WM0 Початковий стан робочої пам’яті

X Множина предикативних змінних

Anode, α-вузол Вузол Alpha-мережі потоку даних, у якому виконуються

внутрішні тести

Bnode, β-вузол, β-вершина Вузол Beta-мережі потоку даних, у якому

виконуються зовнішні тести

CE Умовний елемент (condition element) антецеденту продукції

8

Tnode Термінальна вершина мережі потоку даних, активація якої

визначає активацію відповідної продукції

9

ВСТУП

Актуальність. Подальша інтелектуалізація сучасного програмного

забезпечення визначає широке використання систем, які базуються на знаннях.

Продукційні системи (ПС) є одним з найрозповсюдженіших різновидів таких

систем. Сучасною тенденцією в розробці ПС є забезпечення їх застосування на

портативних пристроях, зокрема для експрес-діагностування за результатами

«польових обстежень». Наприклад, для дослідження віддалених об’єктів на

сільськогосподарських угіддях, територіях заповідників та заказників, при

проведенні розвідувальних робіт на важкодоступній місцевості або закритих

територіях з підвищеними вимогами до інформаційної безпеки. На сьогодні

масове застосування ПС на портативних пристроях часто обмежується

вимогами щодо використання ресурсів оперативної пам’яті. Інший критерій

ефективності – швидкодія – не є критичним для автономних продукційних

систем. В той же час, він є визначальним для гібридних програмних

комплексів, в яких інтелектуальна задача є підзадачею та вирішується

окремою підсистемою з власним механізмом обробки інформації. Проте зараз

відсутній програмний інструментарій розробки прикладних продукційних

систем, який дозволить мінімізувати затрати на логічне виведення заключення

за критеріями швидкодії та/або затрат оперативної пам’яті.

Концепція продукційної моделі представлення знань була закладена

Е.Post, в подальшому розвинена А.Newell та H.Simon. Базовими механізмами

логічного виведення в ПС є розв’язання конфлікту та співставлення зі

зразком (СЗЗ). C.Forgy доведено, що саме співставлення займає до 90 %

ресурсів при логічному виведенні. Для реалізації СЗЗ існує два базових

підходи, запропоновані C.Forgy та D.Miranker. Оптимізовані методи на їх

основі створили E. Hanson, I.Wright, P.Rosenbloom. Однак всі методи СЗЗ,

які використовуються в програмному інструментарії розробки продукційних

систем, є модифікаціями базових способів: Rete та Treat. Тому саме за

цими способами D.Miranker, I.Wright, P.Nayak, Y.Wang, A. Gupta проводили

дослідження з порівняння характеристик логічного виведення. Однак їх

результати є суперечливими тому, що: по-перше, кожне дослідження

проводилося лише для окремих випадків прикладних задач, по-друге –

10

ефективність логічного виведення для однієї й тієї ж задачі залежить від

способу представлення умов продукцій в базі знань (БЗ).

Наразі не розроблено узагальнених рекомендацій для вибору одного

з цих підходів за критеріями швидкодії та ресурсів пам’яті. За умови

відсутності теоретичних засад, ефективність логічного виведення поточної

задачі можна було б визначити експериментально. Однак в усіх сучасних

середовищах розробки продукційних систем реалізовано лише один з

механізмів співставлення зі зразком. Таким чином, з одного боку, необхідно

вдосконалити підходи до формального порівняння базових способів

співставлення, незалежно від засобів реалізації, а з іншого – створити

середовище логічного виведення з реалізацією двох підходів до СЗЗ для

експериментального вибору оптимального для поточної прикладної задачі.

Таким чином, проблема створення теоретичних і практичних методів

розробки продукційних систем з визначення оптимального для поточної задачі

способу співставлення зі зразком з урахуванням обмежень щодо швидкодії

та/або ресурсоємності є актуальною та має практичне значення.

Зв’язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота виконувалася у Національному технічному університеті

України «Київський політехнічний інститут» згідно з планом науководослідних робіт кафедри автоматизації проектування енергетичних процесів та

систем, а також в рамках науково-дослідних робіт «Автоматизація моніторингу

геологічного середовища в зоні впливу споруд АЕС» (номер державної

реєстрації 00113U01696) та «Автоматизація моніторингу гідрохімічного стану

підземних вод АЕС» (номер державної реєстрації 0115U000329).

Мета і завдання дослідження. Створити теоретичні та алгоритмічні

основи розробки продукційних систем, які потребують мінімальних затрат

ресурсів пам’яті та часу.

Для досягнення поставленої мети визначено такі завдання:

1. дослідити підходи до формалізації опису продукційних систем для

представлення в єдиному форматі формального опису співставлення зі зразком

за двома базовими способами: Rete та Treat;

2. дослідити сучасні програмні засоби розробки продукційних систем

та обрати інструментарій, який задовольняє вимогам застосування на

портативних пристроях;

11

3. визначити в термінах логіки першого порядку спосіб співставлення зі

зразком за Treat алгоритмом;

4. створити програмний інструментарій розробки прикладних

продукцiйних систем, які потребують мінімальних ресурсів при розв’язанні

поточної прикладної задачі;

5. провести обчислювальні експерименти на тестових прикладах на

запропонованому програмному інструментарії;

6. розробити загальне рішення продукційної системи експресдіагностування на портативних пристроях в умовах обмеженого доступу

до мереж мобільного зв’язку та Internet;

7. експериментально перевірити запропоновані рішення при розробці

програмного забезпечення розв’язання прикладних задач діагностування.

Об’єктом дослідження є логічне виведення в продукційних системах.

Предметом дослідження є співставлення зі зразком в продукційних

системах.

Методи дослідження. Розв’язання поставлених у роботі завдань

виконувалось на базі теорії логічного виведення за продукційною моделлю,

методів розрахунку витрат пам’яті при співставленні антецедентів продукцій,

методів тестування оболонок продукційних систем, методів вимірювання

характеристик ефективності логічного виведення оболонки продукційних

систем CLIPS для проведення обчислювальних експерементів з доведення

достовірності отриманих результатів.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в наступному:

1. Вперше формалізовано співставлення зі зразком за Treat алгоритмом в

термінах логіки першого порядку для порівняння Rete та Treat способів за

критеріями ресурсоємності.

2. Вперше запропоновано програмний інструментарій розробки

прикладних продукційних систем на основі двох базових способів

співставлення зі зразком для мінімізації ресурсів при розв’язанні поточної

прикладної задачі.

3. Удосконалено програмний інструментарій розробки продукційних

систем на базі CLIPS за рахунок реалізації Treat алгоритму для вибору

алгоритму співставлення зі зразком, який забезпечує мінімальне використання

обчислювальних ресурсів.

12

4. Удосконалено програмне забезпечення розробки продукційних систем

експрес-діагностування за рахунок інтеграції механізму логічного виведення

з мінімальними вимогами щодо оперативної пам’яті для використання на

портативних пристроях в умовах автономної експлуатації.

Практичне значення одержаних результатів полягає, по-перше, у

створенні формалізації, яка дозволяє адаптувати існуючий математичний

апарат Rete алгоритму для обчислення характеристик співставлення за Treat

алгоритмом, по-друге, в розробці програмного середовища моделювання

логічного виведення за базовими підходами до СЗЗ для підвищення

ефективності прикладної продукційної системи.

Впровадження одержаних результатів виконані в: 1) ТОВ «Енерджи енд

Дейта Інтелідженс Консалтінг Юкрейн» (акт про впровадження № 0104-95

вiд 19.09.2013 р., м. Київ) - для розробки інформаційної системи діагностики

будівель підприємств енергетики; 2) ДП «Квазар-4» (акт про впровадження

№ 45-14-14 вiд 14.02.2014 р., м. Київ) для програмного забезпечення

інформаційних систем підприємства; 3) агрохолдингу «Астарта-Київ» (акт

про впровадження № 21-4/403 вiд 19.10.2015 р., м. Київ) для інформаційної

системи фітосанітарного моніторингу рослин; 4) НТУУ «КПІ» (акти №1063-

01-16 та №1064-01-16 від 13.01.2016 м. Київ) для виконання науково-дослідних

робіт; 5) НТУУ «КПІ» (довідка про впровадження № 1097-01-16 від 15.01.2016

р., м. Київ) в навчальному процесі на кафедрі автоматизації проектування

енергетичних процесів і систем при викладанні дисципліни «Методи та

системи штучного інтелекту» підготовки бакалаврів напряму «Комп’ютерні

науки» (Додаток С).

Особистий внесок здобувача. Результати виконаних досліджень, які

виностяться на захист і складають наукову новизну роботи, отримано автором

самостійно та викладено у 21 праці. Роботи [65] та [72] підготовлені

самостійно. В інших роботах, опублікованих в співавторстві, автору належать:

визначення характеристик логічного виведення в продукційних системах [32],

формалізація компіляції та правил переходу Treat мережі потоку даних [18,

67, 70], архітектурне рішення та реалізація Treat алгоритму для середовища

CLIPS [61, 73], загальне рішення задачі діагностування для ПС на портативних

пристроях [71,74], представлення задач пошуку в обгортці CLIPS [100, 101,

106], формалізація прикладних задач для обгортки CLIPS [99, 100 - 106].

13

Апробація результатів дисертації. Основні результати досліджень

та окремі їх положення пройшли апробацію на 12 конференціях, з яких

2 – за кордоном (додаток D): XII та XIII міжнародних конференціях

«Інтелектуальний аналіз інформації» (Київ, 2012, 2013 рр.), ІІ та ІІІ

міжнародних науково-технічних конференціях «Обчислювальний інтелект

(результати, проблеми, перспективи)» (Черкаси, 2013, 2015 рр.), I

Международной Интернет-конференции «Энергетика в современном мире»

(Казань, Россия, 2013 г.), ІІ Міжнародній науково-практичній конференції

«Інформаційні технології в освіті, науці і техніці» (Черкаси, 2014 р.), VI

науково-практичному семінарі з міжнародною участю «Економічна безпека

держави і науково-технологічні аспекти її забезпечення» (м. Київ, 2014

р.), XIV міжнародній науково-технічній конференції «Системний аналіз та

інформаційні технології» (м. Київ, 2014 р.), Sustainability Innovation Cross

border Collaboration Fellowship PhD workshop GUC (Gjøvik, 15-17 October

2014), ІІ науково-практичній конференції молодих вчених, аспірантів та

студентів «Сучасні аспекти розробки програмного забезпечення”(Київ, 2015

р.), XV та XVІ міжнародних науково-практичних конференціях «Сучасні

інформаційні та електронні технології» (Одеса, 2014, 2015 рр.).

Публікації. Результати виконаних дисертаційних досліджень опубліковані

в 21 праці, з яких 2 - у виданнях, що входять до наукометричних баз (Index

Copernicus); 4 - у виданнях, затверджених МОН України, як фахові, 4 - у

монографіях, 2 статті у збірниках наукових праць за матеріалами конференцій.

Отримано авторське свідоцтво «Вирішення задачі пошуку в просторі станів у

середовищі CLIPS» (а. с. № 43282, Україна).

Структура та об’єм дисертаційної роботи. Дисертація складається зі

вступу, чотирьох розділів, висновку, списку використаних джерел із 106

найменувань та 4 додатків. Робота мвстить 112 сторінок основного тексту, 16

рисунків, 16 таблиць.

Висновки

Основнимрезультатомдисертаційногодослідженняєстворення

теоретичнихіпрактичнихметодіврозробкипродукційнихсистемз

урахуваннямобмеженьщодошвидкодіїтааборесурсоємностіщо

вдосконалюєпроцеслогічноговиведеннязаключеннявПСтамаєістотне

значеннядлярозвиткугалузіпрограмноїінженерії

Науковезначенняполягаєвстворенніформалізаціїалгоритмуяка

дозволитьадаптуватиіснуючийдляалгоритмуматематичнийапарат

оцінюванняресурсоємності

Значеннядляпрактикиполягаєврозробціпрограмногосередовища

моделюваннялогічноговиведеннязабазовимипідходамидоСЗЗякедозволяє

підвищитиефективністьприкладноїПСзарахуноквиборуоптимального

абоалгоритму

Цевключаєвсебетакірезультатищомаютьнауковуновизнутапрактичну

цінність

ПроведеноаналізпідходівдоСЗЗвПСатакождослідженьзпорівняння

двохбазовихспособівтаВизначенощонаразінепредставлено

загальнихметодикякідозволяютьобратиалгоритмСЗЗоптимальнийзточки

зорузастосуванняресурсів

Врезультатідослідженняспособівформалізаціїописупродукційних

системобґрунтовановикористанняформалізаціїякаописуєПСвтермінах

логікипершогопорядку

Дослідженняспеціалізованогопрограмногоінструментаріюрозробки

ПСвстановилощовусіхсучаснихсередовищахрозробкипродукційних

системреалізованолишеодинзмеханізмівСЗЗОбґрунтовановикористання

дляподальшогодослідженняоболонкипродукцйнихсистем

НабазііснуючихформалізаціймеханізмівПСвтермінахлогіки

першогопорядкурозробленоформалзацюспівставленняззразкомза

алгоритмомяканадаєможливістьпорівнянняхарактеристикресурсоємності

забазовимиспособамиСЗЗ

Створенопрограмнийінструментарійрозробкиоптимальнихза

критеріямиресурсоємностіприкладнихПСнаосновідвохбазовихалгоритмів

СЗЗдлямінімізаціїресурсівприрозв’язанніпоточноїприкладноїзадачі



зарахунокрозширенняоболонкиалгоритмомтадодатковими

засобамивизначенняресурсівпам’ятітачасу

Проведенообчислювальніекспериментиназапропонованому

програмномуінструментаріїнабазовихтестахвипробовуванняобгорток

продукцйнихсистемПідтвердженодостовірністьекспериментального

визначенняхарактеристикресурсоємностідлявиборуоптимальногоспособу

СЗЗдляпоточноїзадачі

Набазізапропонованогопрограмногоінструментаріюрозроблено

загальнуметодикустворенняприкладнихПСекспресдіагностування

оптимізованихзашвидкодієютааборесурсамипам’ятідляпортативних

пристроїв

Результатидисертаційноїроботивпровадженов

•оптимальнійзашвидкодієюпідсистеміінформаційногосупроводу

діагностуваннябудівельАЕСвпрограмномукомплексімоніторингустану

навколишньогосередовищавзонівпливуспорудАЕС

•оптимальнійзаресурсамиоперативноїпам’ятісистемідіагностування

шкідниківсільськогосподарськихрослиндлявикористаннянапортативних

пристроях

Перспективиподальшогорозвиткудослідженнявбачаютьсязатакими

напрямками

•вдосконаленняматематичногоапаратувизначенняхарактеристик

ресурсоємностіалгоритмівспівставленнязізразком

•розробкаприкладнихпродукційнихсистемдіагностування

•розробкапрограмногозабезпеченнявиведеннялогічногозаключення

дляпортативнихпристроїв