Голові разової спеціалізованої вченої ради Національного технічного університету «Дніпровська політехніка»

доктору технічних наук, професору

Морозу Борису Івановичу

# ВІДГУК ОПОНЕНТА

**доктора технічних наук, професора Мулеси Оксани Юріївни**

на дисертаційну роботу **Зіборова Іллі Кириловича**

«Інформаційна технологія підтримки прийняття рішень в складних виробничих процесах на основі еволюційного методу», подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії

за спеціальністю 122 – Комп’ютерні науки,

галузі знань 12 – Інформаційні технології

# Загальна характеристика роботи

Повний обсяг роботи складає 177 сторінок, з яких 162 сторінки – основний текст. Робота складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків, список використаних джерел налічує 161 найменування.

До розгляду подано дисертацію на здобуття ступеня доктора філософії та копії усіх опублікованих автором робіт, які відображають результати та зміст дослідження.

# Оцінка актуальності теми дисертації

У дисертації представлено нове вирішення актуальної науково- практичної задачі в галузі комп’ютерних наук - створення інформаційної технології підтримки прийняття рішень для ефективного планування та керування складними виробничими процесами на основі еволюційного методу.

В ході аналізу виробничої діяльності ряду підприємств Придніпровського регіону, що працюють за технологією кількох послідовних незалежних операцій, автором показано, що існуючі інформаційні технології не виходять за рівень автоматизованого керування і використовують технологічні критерії прийняття рішень (максимальна випуску кінцевого и проміжного продукту, мінімальний час виконання певної операції, мінімальна браку тощо). Також в більшості виробництв прийняття рішень відбувається в умовах суттєвої невизначеності, подекуди – в умовах браку часу та неповноти інформації. Це обумовлено рядом випадкових факторів, що не можуть бути прогнозовані, оскільки мають в основі як природні та технічні збурення, так і «людський фактор». Такі виробничі процеси вважаються складними і потребують інформаційної підтримки прийняття рішень щодо планування та керування. Показовим прикладом багатоетапних виробництв зі складними виробничими процесами є чорна металургія, де відбувається декілька послідовних фізико-хімічних перетворень з використанням великої кількості енергії та матеріальних складових, а кінцева вартість готової продукції має суттєву залежність від швидкості та якості прийняття рішень.

Методи і технології, розроблені у роботі, спрямовані на вирішення цієї проблеми і зумовлюють актуальність дисертації Зіборова Іллі Кириловича.

# Оцінка наукових результатів дисертації

Отримані в ході дослідження наукові результати розв’язують актуальну науково-прикладну задачу створення інформаційної технології підтримки прийняття рішень для ефективного планування та керування складними виробничими процесами на основі еволюційного методу. Наукова новизна отриманих результатів:

* 1. вперше запропоновано гібридний метод умовної оптимізації на основі рою часток та штучної імунної системи, який передбачає поділ популяції на групи, міжгрупове змагання та стиснення популяції, а також механізм адаптації оператора стиснення. Застосування методу в складі інформаційної технології підтримки прийняття рішень дозволяє скоротити час та підвищити якість цих рішень.
	2. вперше запропоновано модульну інформаційну технологію прийняття рішень в задачах планування та керування складними виробничими процесами, в якій кожен модуль передбачає розв’язання певної оптимізаційної задачі гібридним еволюційним методом. Її застосування дозволяє підвищити ефективність прийняття рішень в процесах шихтування та розкислення сталі, а також сертифікації готової продукції з неї.
	3. удосконалено метод статистичної сертифікації металевого прокату, на основі відновлення індивідуальних для кожного найменування продукції моделей оптимальної складності, що на відміну від існуючих використовує обмеження на ступені предикторів, які можуть приймати від’ємні значення. Удосконалений метод дозволяє сертифікувати продукцію без прямих вимірювань з відносною помилкою не вище 5%.
	4. Удосконалений метод планування потреби у розкислювачах на основі хімічного аналізу сталі при розливці, що на відміну від існуючих передбачає відновлення прогностичних моделей розробленим гібридним еволюційним методом. Це дозволяє будувати для кожної марки сталі індивідуальні моделі прогнозування, що мають відносну помилку не вище 8,5% і для отримання яких потрібно на порядок менше навчальних прикладів у навчальний вибірці.

# Оцінка практичного значення результатів роботи

Практичне значення одержаних результатів полягає, насамперед, в розробці методів та відповідного програмного забезпечення, які можуть спільно або незалежно використовуватись для прийняття обґрунтованих рішень в управлінні складними виробничими процесами широкого кола виробництв і сприяють підвищенню ефективності їх роботи.

Здобувач є безпосереднім учасником наукових досліджень за темами «Задачі моделювання, оптимізації та прийняття рішень в складних системах різної природи» (ДНДР № 0121U109788) та «Задачі аналізу, моделювання та оптимізації технологічних процесів у складних системах різної природи» (ДНДР № 0123U100011).

Результати дисертаційного дослідження знайшли своє практичне застосування на підприємствах ТОВ «Інтерпайп-Україна» та ТОВ «Метінвест Січсталь», де було впроваджено розроблене програмне забезпечення для оптимізації виробничих процесів.

Результати дисертаційного дослідження стали основою для розробки нових навчальних матеріалів та методів, які використовуються в навчальному процесі на факультеті інформаційних технологій НТУ «Дніпровська політехніка».

Всі результати впровадження підтверджені відповідними актами.

# Оцінка достовірності та обґрунтованості основних положень і висновків дисертації

Наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані в дисертації, мають надійне теоретичне обґрунтування та підтверджуються результатами численних експериментів на стандартних тестових функціях, а також успішним застосуванням у вирішенні практичних задач металургійного виробництва.

Отримані наукові результати знайшли своє відображення у 5 статтях, опублікованих у фахових українських виданнях, 1 доповіді на міжнародній конференції, індексованій у Scopus, та 6 тезах доповідей. Результати дослідження отримали широку апробацію на наукових форумах як всеукраїнського, так і міжнародного рівнів. Кількість, змістовність та обсяг опублікованих наукових праць повністю відповідають вимогам, що пред’являються до дисертаційних робіт на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

# Оцінка змісту й оформлення дисертації

Дисертаційна робота написана українською мовою. В роботі використаний науковий стиль та загальноприйнята термінологія. Робота виконана в чіткій логічній послідовності відповідно до поставлених мети та задач досліджень.

У **вступі** до дисертації детально обґрунтовано актуальність обраної теми, чітко сформульовано мету дослідження та конкретні завдання, які необхідно вирішити для її досягнення. Наукова новизна та практична значущість отриманих результатів також знайшли своє відображення у вступній частині роботи. Надано детальну інформацію про опубліковані наукові праці та їхню апробацію.

У **першому розділі** детально проаналізовано проблему забезпечення інформаційно-аналітичного супроводу процесів прийняття рішень у сортопрокатному виробництві. Особливу увагу приділено необхідності автоматизації та оптимізації процесів шихтування, розкислення та прогнозування властивостей готової продукції за допомогою інформаційних технологій. Підкреслено важливість проведення комплексної оптимізації, яка передбачає розв'язання багатокритеріальних задач з великою кількістю обмежень. Наголошено на високій ефективності еволюційних алгоритмів, зокрема, методів на основі принципу рою часток та штучних імунних систем, у розв’язанні складних багатокритеріальних задач оптимізації.

У **другому розділі** представлено інноваційний гібридний метод умовної оптимізації, який передбачає використання підходів рою часток та штучної імунної системи, а також поділ популяції на групи з різною чисельністю агентів, що змагаються між собою вході пошуку рішення. Кожна група з тих, на які поділяється рій, може мати власну, відмінну від інших груп кількість представників, яка не є постійною. З метою докладнішого обстеження області, прилеглої до межі в задачах умовної оптимізації, пошукові агенти гальмуються кожного разу після порушення обмежень. Проведено дослідження з метою визначення оптимальних налаштувань алгоритму запропонованого методу в залежності від мірності простору задачі. В ході дослідження знайдено та обґрунтовано величину параметру «радіус стиснення» запропонованого методу. Також в даному розділі розглянуті особливості реалізації запропонованого гібридного еволюційного методу для розв’язання задач комбінаторної оптимізації у двійковому просторі.

**Третій розділ** присвячений розробці інноваційної інформаційної технології, що базується на модульному підході та гібридному еволюційному алгоритмі, для підтримки прийняття рішень у складних виробничих процесах. Було проведено системний аналіз інформаційної технології, в результаті якого визначено її компоненти, взаємозв'язки та функціональні можливості. Здійснено розробку та впровадження інтегрованої інформаційної системи, призначеної для підтримки прийняття рішень на різних етапах виробництва сталі. Система забезпечує автоматизацію процесів шихтування та розкислювання, а також дозволяє прогнозувати механічні властивості готової продукції на основі даних про склад шихти та умови виробництва.

У **четвертому розділі** представлено результати експериментальної перевірки ефективності запропонованого методу оптимізації та розробленої на його основі інформаційної технології. Експериментальна перевірка методу проводилася як на стандартних тестових задачах, так і на реальних задачах планування та управління процесами в металургії. Результати експериментів демонструють високу швидкість, надійність та масштабованість запропонованого методу на різноманітних тестових завданнях. Результати тестування методу на реальних виробничих задачах продемонстрували його високу точність та стабільність. Інформаційна технологія для управління сортовим прокатом пройшла успішну експериментальну перевірку в реальних виробничих умовах. Її застосування дозволило досягти високої точності прогнозування потреби в основних розкислювачах, забезпечивши відносну похибку не більше 8,5%, використовуючи для цього індивідуальні прогностичні моделі, які потребують значно меншого обсягу навчальних даних для досягнення високої точності. Крім того, запропонована технологія забезпечує високу точність прогнозування механічних властивостей готових виробів, з відхиленням не більше 5%, використовуючи для цього індивідуалізовані прогностичні моделі, оптимізовані за складністю.

# Зауваження до дисертаційної роботи

1. Автором запропоновано інформаційну технологію підтримки прийняття рішень, яка є фактично рекомендаційною системою. Традиційно «прийняття рішень» - це вибір з якоїсь множини альтернатив. В роботі користувач або приймає рішення, запропоноване програмою, або відхиляє. Фактично альтернатив лише дві.

2. Запропонований автором еволюційний метод використовує принципи широко відомого методу оптимізації на основі штучних імунних систем. Втім, в розділі порівняльної експериментальної перевірки методу він порівнюється з іншими відомими методами, але не з методом ШІС, що було б логічно.

3. Значну частину другого розділу присвячено адаптації запропонованого автором методу до комбінаторних задач. Втім, ці наукові досягнення не знайшли відображення ані в наукових результатах дисертації, ані у загальних висновках до роботи, що не зрозуміло.

4. Запропонована інформаційна технологія збирає дані з декількох різних баз даних та передає їх у інші бази даних. При цьому недостатня увага присвячена сумісності цих баз даних, адже за словами самого автора, вони можуть створюватися в різний час, різними розробниками та в різних концепціях.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними, не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

# Висновок про дисертаційну роботу

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, ознайомившись із науковими публікаціями та дисертацією І.К. Зіборова, відзначаю відсутність порушень академічної доброчесності.

Вважаю, що дисертація Зіборова Іллі Кириловича на тему «Інформаційна технологія підтримки прийняття рішень в складних виробничих процесах на основі еволюційного методу», подана на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 «Комп’ютерні науки», є завершеним науковим дослідженням, яке вирішує актуальну задачу створення інформаційної технології підтримки прийняття рішень для ефективного планування та керування складними виробничими процесами на основі еволюційного методу. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені наказом МОН України №40 від 12.01.2017р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» (зі змінами) та «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. №44.

Здобувач Зіборов Ілля Кирилович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 122 «Комп’ютерні науки».

# Опонент:

доктор технічних наук, професор, професор

кафедри програмного забезпечення систем

Державного вищого навчального закладу

«Ужгородський національний університет» Оксана МУЛЕСА