

Голові разової спеціалізованої вченої ради  
Національного технічного університету  
«Дніпровська політехніка»  
доктору технічних наук, професору  
Морозу Борису Івановичу

## **ВІДГУК РЕЦЕНЗЕНТА**

**доктора технічних наук, професора Алексєєва Михайла Олександровича**  
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

### **1. 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.

### **2. 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. Для досягнення поставленої мети автором запропоновано інформаційну технологію підтримки прийняття рішень в складних виробничих процесах на основі гібридного еволюційного методу оптимізації, яка передбачає модульний підхід до розв'язання завдань підтримки прийняття рішень, де кожен модуль крім організації інтерфейсу вводу-виводу, передбачає розв'язання певної оптимізаційної задачі, що відноситься до конкретного виробничого процесу.

Актуальність вирішення поставленої в дисертаційній роботі задачі зумовлена суттєвими економічними втратами вітчизняних підприємств зі складними виробничими процесами, обумовленими військовим станом та втратою потужностей. Автором показано, що прийняття рішень на всіх виробничих ділянках відбувається в умовах суттєвої невизначеності, подекуди – в умовах браку часу та неповноти інформації. Це обумовлено рядом випадкових факторів, що не можуть бути

прогнозовані та мають в основі як природні та технічні збурення, так і «людський фактор». При цьому існуючі інформаційні технології планування та керування, зокрема у металургійному виробництві, не виходять за рівень автоматизованого керування і використовують технологічні критерії прийняття рішень, не враховуючи економічні фактори.

Для обґрунтування мети та поставлених у роботі задач, у дисертації проведено детальний аналіз: 1) проблеми інформаційно-аналітичної підтримки прийняття рішень у складних виробничих процесах на прикладі металургійного виробництва, 2) існуючих інформаційних технологій супроводу та підтримки рішень в складних виробничих процесах; 3) існуючих методів умовної та безумовної оптимізації в дійсному та двійковому просторі. Автором розглянуто достатньо велику кількість сучасних робіт науковців з усього світу.

### **3. Оцінка наукових результатів дисертації**

Вирішення поставлених завдань дисертаційної роботи виконано на основі нових наукових положень, які полягають у наступному:

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) планування потреби у розкислювачах на основі хімічного аналізу сталі при розливі, 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 навчальній вибірці.

#### **4. Оцінка практичного значення результатів роботи**

Отримані автором у дисертаційному дослідженні принципи, технології та методи доведені до практичної реалізації у вигляді окремих модулів інтегрованої системи підтримки прийняття рішень в сортопрокатному металургійному виробництві та можуть використовуватись для супроводу прийняття рішень в управлінні технологічними процесами таких виробництв.

Здобувач є виконавцем науково-дослідних робіт: «Задачі моделювання, оптимізації та прийняття рішень в складних системах різної природи» (№ державної реєстрації 0121U109788) та «Задачі аналізу, моделювання та оптимізації технологічних процесів у складних системах різної природи» (№ державної реєстрації 0123U100011.).

Практичні результати дисертаційної роботи у вигляді програмного забезпечення, що реалізує інформаційну технологію підтримки прийняття рішень та еволюційного методу оптимізації виробничих функцій впроваджені у виробничу практику ТОВ «Інтерпайп-Україна» (м. Дніпро) та ТОВ «Метінвест Січсталь» (м. Запоріжжя).

Результати теоретичного дослідження, висновки і рекомендації, що містяться в дисертаційній роботі, використано в навчальному процесі на факультеті інформаційних технологій НТУ «Дніпровська політехніка» студентів спеціальностей «124 Системний аналіз» та 122 «Комп'ютерні науки».

Всі результати впровадження підтверджені відповідними актами.

#### **5. Оцінка достовірності та обґрунтованості основних положень і висновків дисертації**

Наукові положення, висновки та пропозиції у достатній мірі обґрунтовані результатами експериментів на відомих тестових функціях, а також при розв'язанні практичних задач металургійного виробництва у порівнянні з іншими технологіями та методами, добре відомими і документованими.

Нові наукові результати та положення повністю відображені у 5 статтях у фахових виданнях України, на 1 міжнародній конференції, що індексуються в наукометричній базі Scopus, в 6 роботах, що мають апробаційний характер. Результати роботи достатньо висвітлено та апробовано на всеукраїнських та міжнародних конференціях. Кількість публікацій, їх повнота та обсяг у достатній мірі відображають особистий внесок автора і відповідають вимогам, що висуваються до дисертації на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

#### **6. 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 дисертаційній роботі вирішено актуальна задача ефективного планування та керування складними виробничими процесами на прикладі металургійного

виробництва шляхом розробки інформаційної технології підтримки прийняття рішень на основі гібридного еволюційного методу оптимізації.

Постановка науково-прикладної задачі, вирішенню якої присвячена дисертаційна робота, є коректною. В роботі розглянуто окремі складові задачі, а саме: розробки гібридного еволюційного методу оптимізації, розробки інформаційної технології підтримки прийняття рішень в складних виробничих процесах та удосконалення методів прогнозування потреби у феросплавах та механічних властивостей готової продукції.

У **вступі** здобувачем визначено актуальність теми, сформульовано мету дослідження та задачі, розв'язання яких забезпечує реалізацію мети роботи, подано наукову новизну та практичне значення результатів. Наявна інформація про публікації та апробацію результатів досліджень.

У **першому розділі** проведено аналіз проблеми інформаційно-аналітичного супроводу процесів прийняття рішень в сортопрокатному металургійному виробництві. Відзначено актуальність побудови інформаційної технології супроводу прийняття керуючих рішень в процесах шихтування, розкислення та прогнозування механічних властивостей готової продукції. Показано необхідність вирішення ряду оптимізаційних задач, що мають значну кількість обмежень та можуть розглядатися як багатокритеріальні. Наголошено на ефективності еволюційного підходу до розв'язання багатокритеріальних задач оптимізації у дійсному просторі, зокрема, методів на основі принципу рою часток та моделювання штучних імунних систем.

В **другому розділі** розроблено гібридний метод умовної оптимізації, який використовує підходи рою часток та штучної імунної системи та передбачає поділ популяції на групи з індивідуальною змінною чисельністю агентів, міжгрупове змагання та стиснення популяції з метою протидії збіжності. З'ясовано, що коефіцієнти при складових швидкості в алгоритмі методу не залежать від розмірності простору задачі; кількість груп, на які розділяється рій, має зростати зі зростанням розмірності задачі, тоді як кількість поразок певної групи рою, після якої дана група розпускається, не залежить від розмірності задачі; загальний розмір рою має зростати зі збільшенням мірності простору пропорційно кількості груп розбиття; періодичність міжгрупового стиснення має збільшуватись зі збільшенням розмірності задачі й може обиратися простим числом у широких межах, а періодичність внутрішньогрупового стиснення не залежить від розмірності й може прийматися простим числом.

В **третьому розділі** запропоновано інформаційну технологію підтримки прийняття рішень в складних виробничих процесах на основі гібридного еволюційного методу, яка передбачає модульний підхід, де кожен модуль виконує розв'язання певної оптимізаційної задачі, що відноситься до конкретного виробничого процесу. Визначено структуру та функції інформаційної технології, потоки вхідної та вихідної інформації, порядок обробки та збереження даних.

Здійснено реалізацію інформаційної технології підтримки прийняття рішень для виробничих процесів шихтування сталі, її розкислювання та прогнозування механічних властивостей готової продукції.

В четвертому розділі проведено експериментальні дослідження запропонованого методу оптимізації та інформаційної технології, що його використовує. Експерименти виконувались як на відомих тестових задачах, так і на практичних задачах прогнозування і керування в металургійному виробництві. Показано, що на широкому колі тестових задач запропонований метод є швидким, надійним та стійким до зростання розмірності задачі. В ході тестування на реальних виробничих задачах запропонований метод HPSO також показав має високу точність і повторюваність результатів. Інформаційна технологія супроводу прийняття рішень в процесах керування сортопрокатним металургійним виробництвом перевірена експериментально. Її застосування дозволило прогнозувати потребу у основних розкислювачах з відносною помилкою не вище 8,5%, використовуючи для цього індивідуальні прогностичні моделі оптимальної складності, для отримання яких потрібно на порядок менше навчальних прикладів у навчальній вибірці. Також запропонована інформаційна технологія дозволяє прогнозувати механічні властивості готових виробів з відносною помилкою не вище 5%, використовуючи для цього індивідуальні прогностичні моделі оптимальної складності.

## 7. Зауваження до дисертаційної роботи

1. Автор використовує однакові позначення для принципово різних величин, що ускладнює розуміння викладеного теоретичного матеріалу та результатів експериментів. Так, в 2 і 4 розділі позначення  $\sigma$  відноситься до середнього квадратичного відхилення тих чи інших величин (як прийнято традиційно). Водночас в розділі 2 цим же символом позначено «радіус мутації» пошукових агентів.

2. В роботі багато уваги приділено статистичній перевірці запропонованих методів відновлення параметричних функцій прогнозування певних величин. Доцільним було б наводити статистичні критерії, за якими та чи інша модель вважається «точною» чи «якісною».

3. В ході тестування запропонованої автором інформаційної технології на реальних задачах металургійних виробництв вхідна інформація (тестові чи навчальні приклади) не проаналізовані з точки зору якості й показовості, що в свою чергу може спричинити надмірну чутливість результатів до випадкових викидів у вхідних даних.

4. При описі розробленої інформаційної технології недостатня увага приділена методам кодування задач при передачі їх в обчислювальний модуль, адже метод оптимізації пропонується використовувати один, а задачі він вирішує достатньо різні. Теж саме стосується отриманих результатів, які суттєво відрізняються за формою та розміром для різних задач.

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

### **8. 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».

#### **Рецензент:**

доктор технічних наук, професор,  
завідувач кафедри програмного забезпечення  
комп'ютерних систем  
Національного технічного університету  
«Дніпровська політехніка»



Михайло АЛЕКСЕЄВ