

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАТРОНИКИ ТА КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

Математичні і алгоритмічні компоненти програмного комплексу для побудови системи контролю коефіцієнта передачі тепла

Рівень вищої освіти	<u>другий (магістерський)</u>
Спеціальність	<u>122 Комп'ютерні науки</u>
Освітня програма	<u>Комп'ютерні науки</u>

Виконав: студент групи МГІТ-1-22

Богданов Д.А

Науковий керівник: д.т.н.,

професор Щербань В.Ю

Рецензент:

Київ 2023

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ

Факультет	<u>мехатроніки та комп'ютерних технологій</u>
Кафедра	<u>комп'ютерних наук</u>
Рівень вищої освіти	<u>другий (магістерський)</u>
Спеціальність	<u>122 Комп'ютерні науки</u>
Освітня програма	<u>Комп'ютерні науки</u>

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри КН

_____ Володимир ЩЕРБАНЬ
(підпис) (Власне ім'я та ПРІЗВИЩЕ)
«_____» _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Богданову Данилу Андрійовичу

1. Тема кваліфікаційної роботи: Математичні і алгоритмічні компоненти програмного комплексу для побудови системи контролю коефіцієнта передачі тепла
Науковий керівник роботи Щербань Володимир Юрійович, д.т.н., професор, затверджені наказом КНУТД від 12 вересня 2023 року № 210-уч
2. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: розробки кафедри комп'ютерних наук, рекомендована література, офіційна та неофіційна документація для інструментів, застосованих в рамках роботи.
3. Зміст кваліфікаційної роботи:
Вступ; Розділ 1. Методології розробки програмного забезпечення. Концепції. Постановка задачі; Розділ 2. Аналіз доступних на ринку інструментів; Розділ 3. Демонстрація та тестування ПЗ. Перелік умовних позначень; Висновки; Список використаних джерел; Додатки.
4. Дата видачі завдання: 01.09.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної магістерської роботи	Терміни виконання етапів	Примітка про виконання
1	Вступ	30.08.2023	
2	Розділ 1. Методології розробки програмного забезпечення. Концепції. Постановка задачі	06.09.2023	
3	Розділ 2. Аналіз доступних на ринку інструментів	28.09.2023	
4	Розділ 3. Демонстрація та тестування ПЗ	21.10.2023	
5	Висновки	29.10.2023	
6	Оформлення кваліфікаційної роботи (чистовий варіант)	06.11.2023	
7	Подача кваліфікаційної роботи (проекту) науковому керівнику для відгуку (за 14 днів до захисту)	08.11.2023	
8	Подача кваліфікаційної роботи (проекту) для рецензування	08.11.2023	
9	Перевірка кваліфікаційної роботи на наявність ознак плагіату	09.11.2023	
10	Подання кваліфікаційної роботи на затвердження завідувачу кафедри	10.11.2023	

З завданням ознайомлений:

Студент

Данило БОГДАНОВ

(підпис)

Науковий керівник роботи

Володимир ЩЕРБАНЬ

(підпис)

АНОТАЦІЯ

Богданов Д.А. Математичні і алгоритмічні компоненти програмного комплексу для побудови системи контролю коефіцієнта передачі тепла

У цій роботі розглядається критична сфера прогнозування показників якості у виробничих процесах, ключовий аспект промислових операцій, який суттєво впливає на продуктивність, ефективність та економічну ефективність. Основною метою є розробка програмного засобу, здатного виконувати лінійне прогнозування показників якості, таким чином забезпечуючи більш точні, надійні та ефективні засоби прогнозування результатів виробництва.

Дослідження починається з поглибленого аналізу проблем і обмежень, властивих поточним методологіям прогнозування. Традиційні підходи часто виявляються неефективними з точки зору точності та адаптивності, що призводить до неефективності та збільшення операційних витрат. Щоб вирішити ці проблеми, у дослідженні представлено нове програмне рішення, розроблене з використанням Python, яке включає в себе можливості графічного інтерфейсу користувача Tkinter і переваги візуалізації даних Matplotlib. Цей інструмент розроблений, щоб не тільки пропонувати більш точні прогнози, але також бути зручним для користувача та легко інтегруватися в існуючі виробничі системи.

Ключовою інновацією цього програмного забезпечення є використання лінійної математичної моделі для прогнозування, яка виділяється своєю простотою та ефективністю в обробці різних типів виробничих даних. Параметри моделі налаштовані відповідно до різноманітних виробничих сценаріїв, що забезпечує широке застосування в різних секторах промисловості.

Крім того, у роботі представлено порівняльний аналіз подібних інструментів на ринку, підкреслюючи, як розроблене програмне забезпечення заповнює наявні прогалини та усуває обмеження поточних пропозицій. Практичне застосування та ефективність програмного забезпечення продемонстровано за допомогою серії тестів і сценаріїв використання, що демонструє його здатність точно прогнозувати показники якості.

Підсумовуючи, ця робота вносить значний внесок у область оптимізації виробничого процесу. Розроблене програмне забезпечення не лише підвищує точність прогнозування показників якості, але й допомагає у прийнятті рішень, розподілі ресурсів та стратегічному плануванні. Його впровадження може призвести до суттєвого підвищення ефективності виробництва та економії коштів, виявившись цінним для широкого спектру промислових застосувань.

Ключові слова: Прогнозування показників якості, оптимізація виробничих процесів, лінійні моделі прогнозування, розробка програмного забезпечення для виробництва, програмування на Python у промислових додатках

ANNOTATION

Bohdanov D.A. Mathematical and algorithmic components of the software complex for building a heat transfer coefficient control system

This dissertation addresses the critical area of forecasting quality indicators in production processes, a key aspect of industrial operations that significantly influences productivity, efficiency, and cost-effectiveness. The primary objective is to develop a software tool capable of performing linear forecasting of quality indicators, thus providing a more accurate, reliable, and efficient means of predicting production outcomes.

The research commences with an in-depth analysis of the challenges and limitations inherent in current forecasting methodologies. Traditional approaches often fall short in terms of accuracy and adaptability, leading to inefficiencies and increased operational costs. To address these challenges, the study introduces a novel software solution, developed using Python, incorporating the graphical user interface capabilities of Tkinter and the data visualization strengths of Matplotlib. This tool is designed to not only offer more precise forecasts but also to be user-friendly and easily integrable into existing production systems.

A key innovation of this software is its utilization of a linear mathematical model for forecasting, which stands out for its simplicity and effectiveness in handling various types of production data. The model's parameters are fine-tuned to accommodate diverse production scenarios, ensuring broad applicability across different industry sectors.

Furthermore, the dissertation presents a comparative analysis of similar tools in the market, highlighting how the developed software fills existing gaps and addresses limitations of current offerings. The practical application and efficacy of the software are demonstrated through a series of tests and use-case scenarios, showcasing its capability in accurately forecasting quality indicators.

In conclusion, this work contributes significantly to the field of production process optimization. The developed software not only enhances the accuracy of forecasting quality indicators but also aids in decision-making, resource allocation, and strategic planning. Its implementation can lead to substantial improvements in production efficiency and cost savings, proving valuable for a wide range of industrial applications.

Keywords: Quality Indicator Forecasting, Production Process Optimization, Linear Forecasting Models, Software Development for Production, Python Programming

ЗМІСТ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ	2
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН.....	3
ANNOTATION.....	6
ЗМІСТ.....	7
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. МЕТОДОЛОГІЇ РОЗРОБКИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ. КОНЦЕПЦІЇ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ	10
1.1. Опис сучасних процесів.....	10
1.2. Проблеми у прогнозуванні показників якості	14
1.3. Потреба у вдосконаленні методів прогнозування	19
1.4. Математичні основи розрахунку коефіцієнта теплопередачі	24
1.5. Алгоритмічні підходи	28
1.6. Інтеграція моделей	32
Висновки до розділу 1.....	35
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ДОСТУПНИХ НА РИНКУ ІНСТРУМЕНТІВ	36
2.1. Огляд існуючого програмного забезпечення.....	36
2.2. Порівняльний аналіз.....	40
2.3. Обмеження та прогалини	45
Висновки до розділу 2.....	50
РОЗДІЛ 3. ДЕМОНСТРАЦІЯ ТА ТЕСТУВАННЯ ПЗ	51
3.1. Налаштування та конфігурація програмного забезпечення	51
3.2. Демонстрація та тестування.....	57
Висновки до розділу 3.....	60
ВИСНОВКИ	60
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	61
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	64
ДОДАТКИ.....	Error! Bookmark not defined.

ВСТУП

У мінливому промислового виробництва здатність точно прогнозувати показники якості має першорядне значення. Індикатори якості — це критичні показники, які визначають ефективність, продуктивність і загальний успіх виробничих процесів. Впровадження програмних рішень для прогнозування цих показників є значним кроком вперед в управлінні промисловими процесами. Ця робота присвячена розробці такого програмного засобу, зосереджуючись на методах лінійного прогнозування для підвищення передбачуваності та ефективності виробничих процесів.

Передумови та актуальність: у контексті зростання конкуренції та попиту на високоякісні продукти промисловість постійно шукає шляхи вдосконалення своїх виробничих процесів. Традиційні методи прогнозування якості, часто засновані на евристичних підходах або простому аналізі історичних даних, виявляються неадекватними в сучасних складних виробничих середовищах. Зростає потреба в більш складних, точних і надійних методах прогнозування. Ця потреба ще більше посилюється з появою Industry 4.0, яка наголошує на прийнятті рішень на основі даних.

Цілі: Основною метою цього дослідження є розробка програмного засобу, який використовує лінійні моделі прогнозування для прогнозування показників якості у виробничих процесах. Інструмент має на меті запропонувати зручний інтерфейс, сприяти точним прогнозам і бездоганно інтегруватися з існуючими виробничими системами. Другорядні цілі включають порівняння розробленого інструменту з існуючими ринковими рішеннями та демонстрацію його практичного застосування та переваг.

Обсяг дослідження: це дослідження зосереджено на розробці та впровадженні програмного засобу, який використовує лінійні математичні моделі для прогнозування. Дослідження охоплює процес розробки, від концептуалізації та проектування до впровадження та тестування. Він також включає аналіз ринку існуючих інструментів і детальний аналіз застосування програмного забезпечення в реальних сценаріях.

Огляд методології: Методологія дослідження включає в себе поєднання теоретичних і практичних підходів. Він починається з огляду літератури для визначення існуючих методів та інструментів прогнозування, після чого йде розробка програмного забезпечення з використанням Python, з Tkinter для GUI та Matplotlib для візуалізації даних. Ефективність програмного забезпечення оцінюється за допомогою серії тестів і прикладів, що забезпечує його надійність і точність у різних виробничих умовах.

Структура роботи: Ця робота складається з трьох основних розділів. У першому розділі обговорюються проблеми прогнозування показників якості та потреба у вдосконаленні методів. Другий розділ містить порівняльний аналіз існуючих інструментів на ринку. Третій і останній розділ детально описує розробку, функціональні можливості та застосування нещодавно розробленого програмного забезпечення, включаючи його математичну модель і демонстрацію його можливостей.

РОЗДІЛ 1. МЕТОДОЛОГІЯ РОЗРОБКИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ. КОНЦЕПЦІЯ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

1.1. Опис сучасних процесів

Еволюція та сучасні тенденції виробничих процесів. Ландшафт промислового виробництва зазнав радикальних змін протягом останніх кількох десятиліть, зумовлених швидким прогресом технологій і зміною вимог ринку. Сучасні виробничі процеси характеризуються високим ступенем автоматизації та інтеграції цифрових технологій. Цю еволюцію поштовхнула поява Індустрії 4.0, яка представляє конвергенцію передових виробничих технологій з Інтернетом речей (IoT), штучним інтелектом (AI) і аналітикою великих даних.

Інтеграція передових технологій. Сучасні виробничі лінії все більше залежать від складного обладнання та робототехніки, автоматизованих систем керування та передового програмного забезпечення для управління та моніторингу. Така інтеграція технологій призвела до значного підвищення ефективності виробництва, якості продукції та операційної гнучкості. Моніторинг у режимі реального часу та аналіз даних стали невід'ємною частиною оптимізації процесів, дозволяючи виробникам швидко реагувати на зміни умов і приймати рішення на основі даних.

Роль індикаторів якості. У цьому високорозвиненому виробничому середовищі показники якості відіграють центральну роль. Ці показники, які можуть включати такі показники, як кількість дефектів, узгодженість продукції та відповідність специфікаціям, є важливими для оцінки продуктивності та ефективності виробничих процесів. Точна оцінка цих показників має вирішальне значення для підтримки високих стандартів якості продукції, забезпечення задоволеності клієнтів і визначення областей для вдосконалення.

Проблеми в управлінні сучасними виробничими процесами. Незважаючи на ці досягнення, управління сучасними виробничими процесами представляє кілька проблем. Складність цих процесів у поєднанні з необхідністю адаптації до умов ринку, що швидко змінюються, вимагає динамічного підходу до управління процесами. Забезпечення незмінної якості в такому середовищі є складним завданням, оскільки воно включає в себе управління безліччю змінних, від якості сировини до продуктивності машини та умов навколишнього середовища.

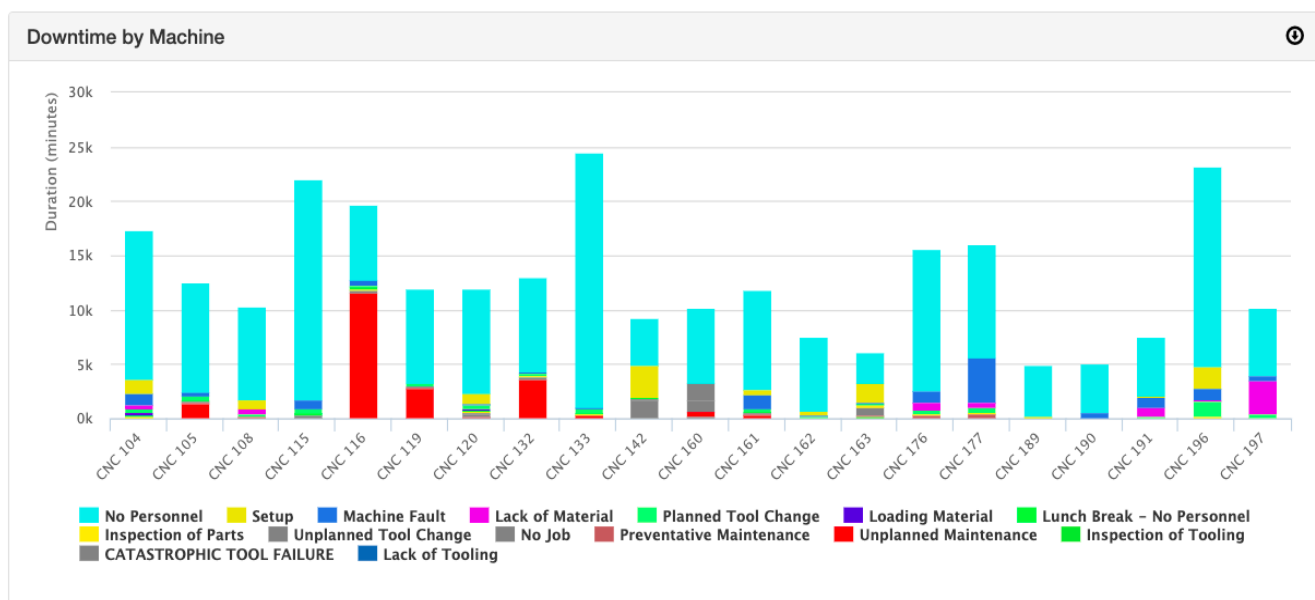


Рис. 1.1. Графік, що демонструє, як аналітика даних використовується для моніторингу та оптимізації виробничих процесів.

Посилена увага до стійкості та ефективності. Поточний стан виробничих процесів також відображає дедалі більшу увагу до сталого розвитку та енергоефективності. Виробничі підприємства впроваджують екологічніші практики та технології, керуючись як екологічними проблемами, так і необхідністю зниження витрат. Цей перехід до сталого розвитку передбачає оптимізацію використання ресурсів, мінімізацію відходів і впровадження більш чистих методів виробництва. Таким чином, оцінка показників якості виходить за межі безпосередніх характеристик продукту й охоплює вплив на навколишнє середовище та ефективність використання ресурсів.

Складність інтеграції ланцюга постачання. Іншим важливим аспектом сучасних виробничих процесів є складна інтеграція з глобальними ланцюжками поставок. Виробники повинні керувати не тільки власною виробничою діяльністю, але й координувати роботу з мережею постачальників і провайдерів логістики. Ця інтеграція додає ще один рівень складності в управлінні виробництвом, коли показники якості повинні підтримуватися не лише для кінцевого продукту, але й у всьому ланцюжку постачання.

Адаптація до споживчих вимог і нестабільності ринку. Сучасні виробничі процеси також характеризуються необхідністю швидкої адаптації до мінливих запитів споживачів і кон'юнктури ринку. Це вимагає високого рівня гнучкості та маневреності в плануванні та виконанні виробництва. Щоб залишатися конкурентоспроможними, виробники все більше покладаються на своєчасне виробництво та принципи економічного виробництва. У такому середовищі здатність точно прогнозувати показники якості стає ще більш важливою, оскільки це безпосередньо впливає на управління запасами, планування виробництва та загальну реакцію ринку.

Цифрова трансформація виробництва. Нарешті, цифрова трансформація виробничих процесів є визначальною рисою нинішньої епохи. Ця трансформація пов'язана не лише з впровадженням нових технологій, а й із фундаментальною зміною способів використання даних для прийняття виробничих рішень. Великі дані та аналітика дозволяють виробникам глибше розуміти свої процеси, прогнозувати тенденції та приймати більш обґрунтовані рішення. Однак ефективне використання цих великих обсягів даних для підвищення якості прогнозування залишається серйозною проблемою для багатьох.

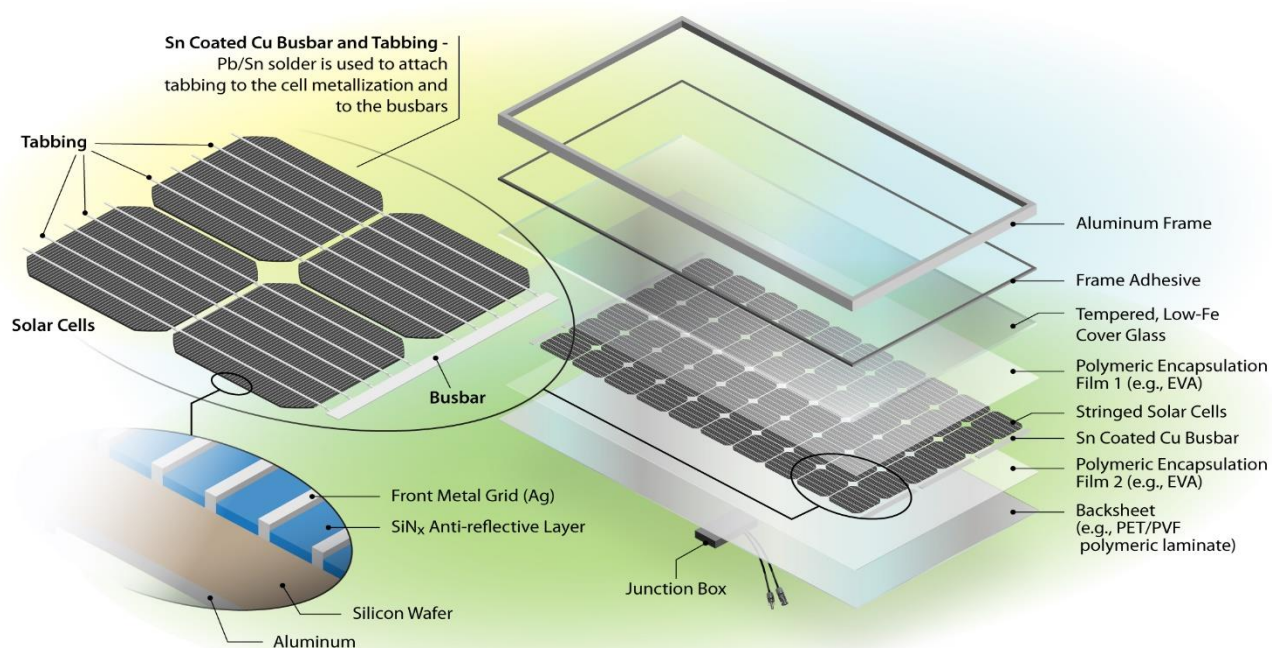


Рис. 1.2. Зображення енергоефективного обладнання

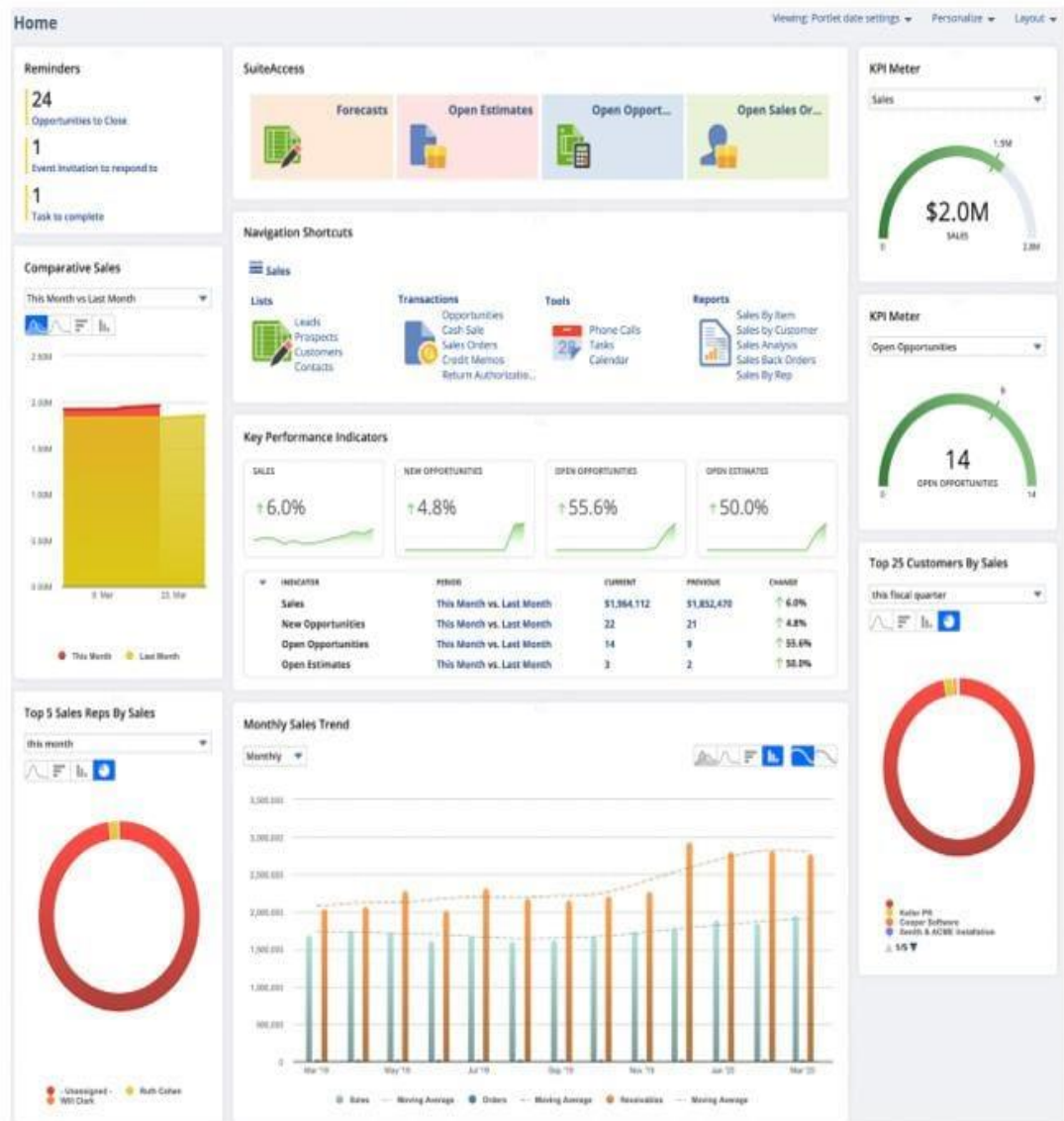


Рис. 1.3. Візуальні зображення цифрових інформаційних панелей

1.2. Проблеми у прогнозуванні показників якості

Динамічний характер виробничих процесів. Однією з основних проблем у прогнозуванні показників якості є динамічний характер виробничих процесів. Сучасне виробниче середовище характеризується постійним потоком, який обумовлюється такими факторами, як коливання динаміки ланцюжка поставок, різна якість сировини та зміна умов експлуатації. Ці змінні ускладнюють встановлення стабільних моделей, які є важливими для точного прогнозування.

Комплексна взаємодія змінних. У виробничих процесах численні змінні взаємодіють складним чином, впливаючи на кінцеву якість продукту. Це можуть бути налаштування машини, навички оператора, умови навколишнього середовища тощо. Взаємозалежності та нелінійні зв'язки між цими факторами ускладнюють точне прогнозування якісних результатів. Традиційні лінійні моделі часто не враховують ці складні зв'язки, що призводить до неточних або надто спрощених прогнозів.

Обсяг і різноманітність даних. Поява Індустрії 4.0 призвела до різкого збільшення обсягу та різноманітності даних, доступних для аналізу. Хоча ці дані містять величезний потенціал для покращення якості прогнозів, їх ефективна обробка та аналіз є серйозною проблемою. Величезний обсяг даних може бути величезним, а різноманітність типів даних (від числових машинних зчитувань до якісних даних оператора) потребує складних методів аналізу.

Швидкі технологічні зміни. Швидкий прогрес у виробничих технологіях і процесах створює ще одну проблему. З впровадженням нових технологій параметри та умови, що впливають на показники якості, змінюються, іноді кардинально. Моделі прогнозування необхідно постійно оновлювати та вдосконалювати, щоб залишатися актуальними та точними, що може потребувати ресурсів.

Врахування людського фактору. Людські фактори відіграють вирішальну роль у виробництві, але їх часто найскладніше кількісно визначити та передбачити. Такі фактори, як досвід оператора, прийняття рішень і командна робота, значно впливають на якість виробництва, але їх важко виміряти та включити в моделі прогнозування.

Баланс між точністю та своєчасністю. У швидкоплинному виробничому середовищі своєчасне прийняття рішень має вирішальне значення. Однак часто існує компроміс між точністю прогнозів і швидкістю, з якою вони можуть бути створені. Розробка методів прогнозування, які забезпечують як своєчасні, так і точні прогнози, є серйозною проблемою.

Забезпечення масштабованості та гнучкості. Інша проблема полягає в тому, щоб моделі прогнозування були достатньо масштабованими та гнучкими, щоб їх можна було застосовувати в різних сценаріях і масштабах виробництва. Модель, яка добре працює в одному контексті, може бути непридатною в іншому, що вимагає різнобічного підходу до прогнозування.

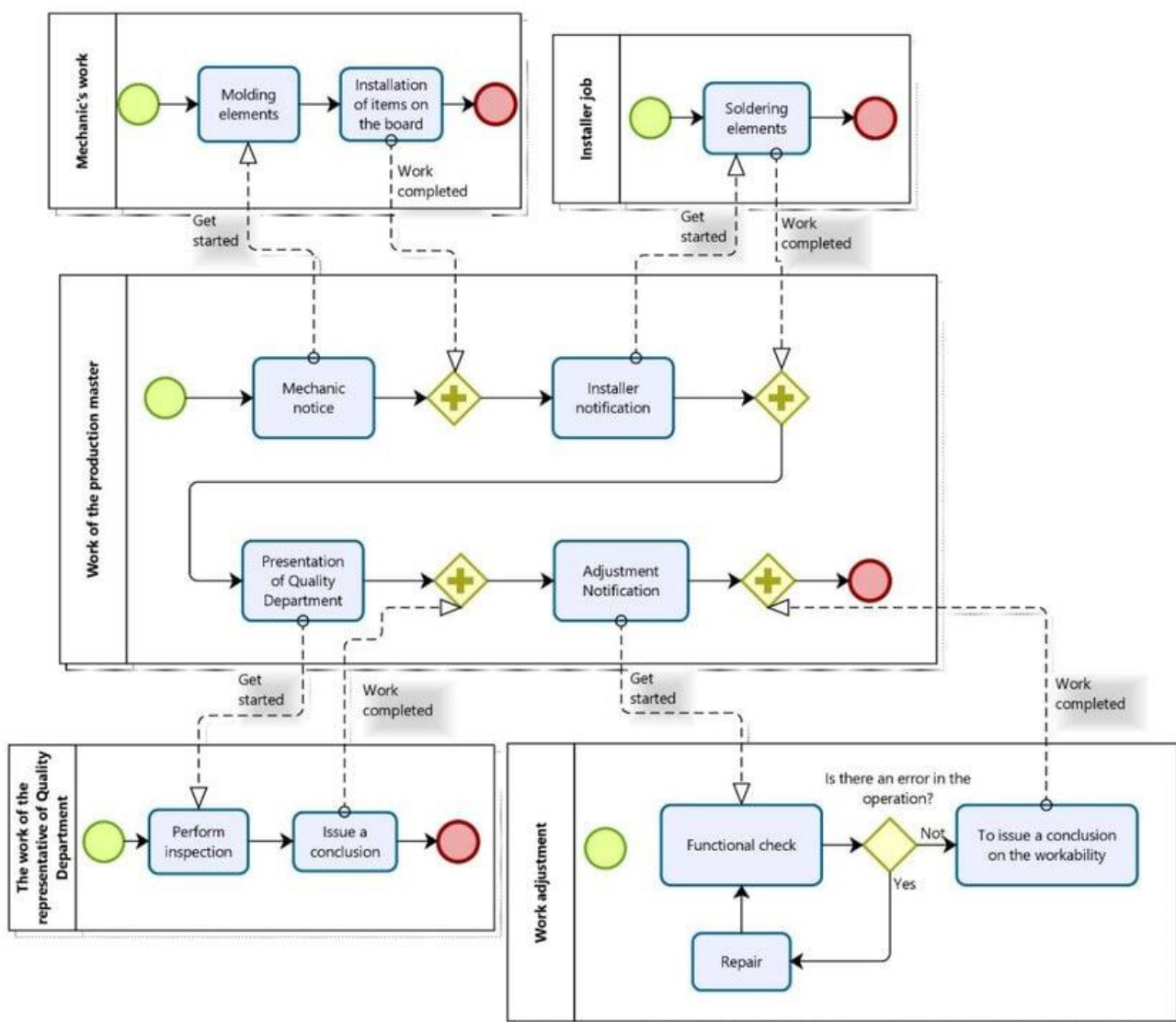


Рис. 1.4. Діаграма, що демонструє складну взаємодію змінних у виробничих процесах.

Visualizations for Supply Chain Descriptive Analytics

Build visualizations that will provide visibility on key Supply Chain Metrics

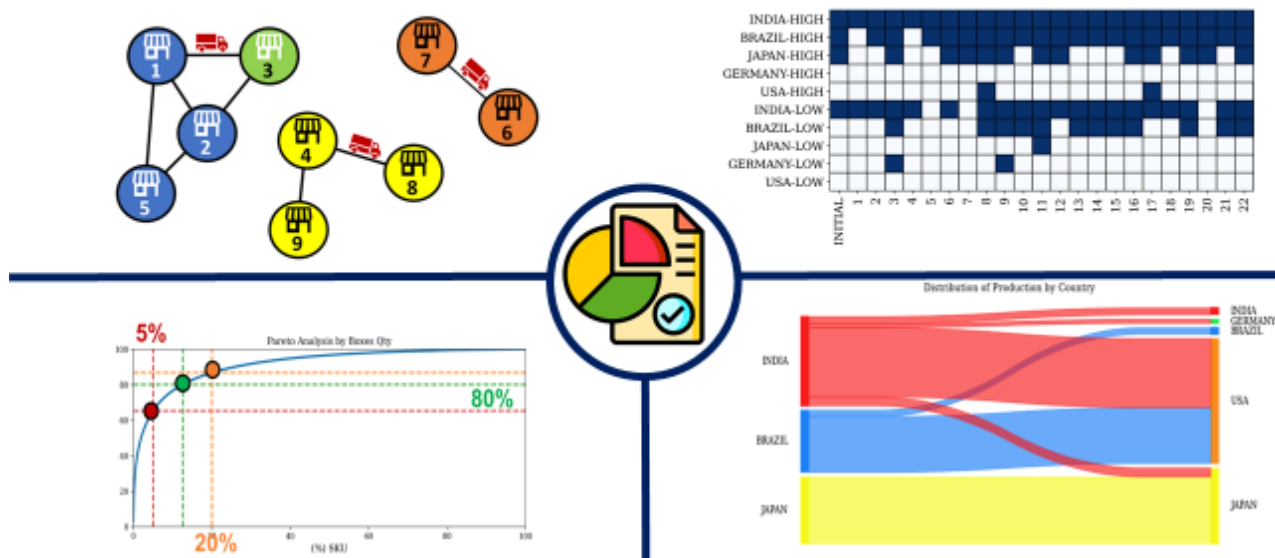


Рис. 1.5. Візуальні зображення, що відображають обсяг і складність даних у сучасних виробничих середовищах.

Адаптація до змін законодавства та відповідності. Окрім технологічних та операційних проблем, нормативні зміни часто впливають на виробничі процеси. Промисловість має відповідати змінним стандартам якості, екологічним нормам і протоколам безпеки. Ці зміни можуть безпосередньо вплинути на показники якості і, відповідно, на моделі прогнозування. Завдання полягає в тому, щоб швидко адаптувати ці моделі до нових правил, зберігаючи при цьому їх точність і надійність.

Інтеграція з існуючими системами. Іншою важливою проблемою є інтеграція моделей та інструментів прогнозування з існуючими виробничими системами та робочими процесами. Багато виробничих потужностей мають застарілі системи, які можуть не взаємодіяти з новішими технологіями. Забезпечення того, щоб інструменти прогнозування могли ефективно спілкуватися з цими існуючими системами та доповнювати їх, не викликаючи збоїв, є складним завданням.

Боротьба з непередбачуваними зовнішніми факторами. Зовнішні фактори, такі як коливання ринкового попиту, збої в ланцюжках поставок і економічні тенденції, також відіграють вирішальну роль у результатах виробництва. Ці елементи часто непередбачувані і можуть суттєво вплинути на показники якості. Включення таких зовнішніх факторів у моделі прогнозування є складним через їх мінливий і часто непередбачуваний характер.

Забезпечення міцності та надійності моделі. Розробка стійких і надійних моделей прогнозування, здатних протистояти коливанням якості та доступності даних, є надзвичайно важливою проблемою. Моделі мають бути розроблені для стабільної роботи в різних умовах і бути стійкими до аномалій даних і викидів.

Баланс вартості та складності. Нарешті, завжди необхідно знайти баланс між складністю моделі прогнозування та її економічною ефективністю. Більш складні моделі можуть забезпечувати більшу точність, але можуть бути дорогими для розробки та обслуговування. Їм також може знадобитися більше обчислювальних ресурсів і спеціальних навичок для ефективної роботи. Встановлення правильного балансу між витонченістю та практичністю є ключовим завданням у розробці інструментів прогнозування.

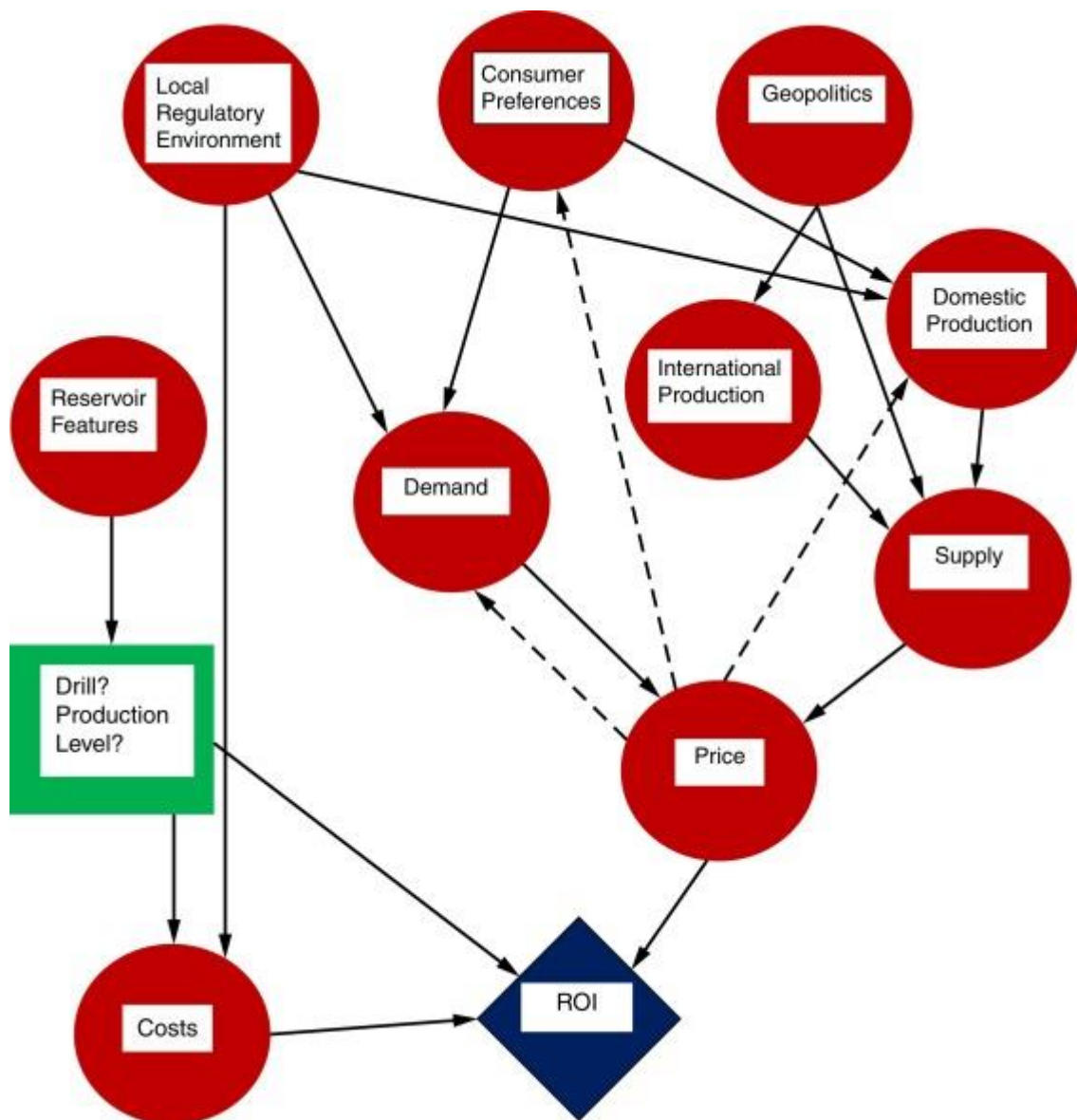


Рис. 1.6. Діаграми, що відображають вплив нормативних змін на виробничі процеси

1.3. Потреба у вдосконаленні методів прогнозування

Важливість точного прогнозування в сучасному виробництві. В епоху Індустрії 4.0, коли виробничі процеси стають дедалі складнішими та керованими даними, потреба в вдосконалених методах прогнозування ніколи не була такою гострою. Точне прогнозування якісних показників є запорукою успіху виробничих операцій. Це забезпечує проактивний контроль якості, оптимізує виробничі цикли та зменшує втрати, тим самим підвищуючи загальну ефективність роботи.

Стимулювання операційної досконалості. Точні методи прогнозування мають вирішальне значення для досягнення операційної досконалості у виробництві. Вони забезпечують необхідну інформацію для постійного вдосконалення, дозволяючи виробникам виявляти та виправляти неефективність у своїх процесах. Це не тільки покращує якість продукції, але й забезпечує більш передбачувану та стабільну продуктивність.

Збільшення конкурентних переваг. На висококонкурентному ринку здатність точно прогнозувати та підтримувати високі стандарти якості може бути суттєвою відмінністю. Удосконалені методи прогнозування можуть призвести до кращого контролю якості, зменшення кількості дефектів і забезпечення того, що кінцевий продукт відповідає очікуванням клієнтів. Це підвищує репутацію бренду та задоволеність клієнтів, що призводить до збільшення частки ринку та прибутковості.

Адаптація до швидких змін ринку. Швидкий характер сучасних ринків вимагає гнучкості та адаптивності виробничих процесів. Удосконалені методи прогнозування дозволяють виробникам швидко пристосовуватися до змін попиту, наявності матеріалів та іншої ринкової динаміки, мінімізуючи збої та підтримуючи стабільний потік виробництва.

Інтеграція з Advanced Data Analytics. Збільшення доступності даних відкриває унікальну можливість покращити методи прогнозування. Завдяки інтеграції з передовою аналітикою даних інструменти прогнозування можуть використовувати великі набори даних для виявлення тенденцій і закономірностей, які традиційні методи можуть пропустити. Ця інтеграція дозволяє створювати детальніші та складніші моделі прогнозування, які можна адаптувати до тонкощів сучасного виробництва.

Сталість та оптимізація ресурсів. У виробництві все більше уваги приділяється екологічності. Удосконалені методи прогнозування сприяють сталим практикам шляхом оптимізації використання ресурсів і мінімізації відходів. Завдяки точному прогнозуванню якісних результатів виробники можуть краще планувати використання своїх ресурсів, зменшуючи вплив на навколишнє середовище, зберігаючи продуктивність.

Подолання викликів персоналізації. Сучасні споживачі вимагають високого ступеня індивідуальності продукції, що ускладнює виробничі процеси. Удосконалені методи прогнозування можуть врахувати мінливість, що виникає внаслідок налаштування, забезпечуючи дотримання стандартів якості навіть із різноманітними пропозиціями продуктів.

Traditional and machine learning forecasting solutions		
	Traditional forecasting	Machine learning forecasting
Ability to consider numerous variables and data sources	Adding extra variables and sources requires substantial effort	Multiple variables and sources can be smoothly incorporated thanks to the high level of automation
Volume of manual work	High	Low
Amount of data required	Small	Large
Maintenance complexity	Low	High
Technology requirements	Low	High
Best fit	Mid / long-term planning Established products Stable demand	Short / mid-term planning New products Volatile demand scenarios



Рис. 1.7. Візуальне зображення, що показує, як покращені методи прогнозування справляються зі складністю, пов'язаною з налаштуваннями продукту.

Полегшення прийняття рішень і стратегічного планування. Розширені методи прогнозування є невід'ємною частиною прийняття обґрунтованих рішень і стратегічного планування у виробництві. Завдяки кращим прогнозам керівництво може робити точніші прогнози щодо результатів виробництва, що веде до кращих стратегічних рішень щодо інвестицій, розширення та вдосконалення процесів. Таке передбачення має вирішальне значення для підтримки конкурентної переваги та довгострокової стійкості бізнесу.

Реагування на виклики складності ланцюга постачання. Сучасне виробництво тісно пов'язане з глобальними ланцюгами поставок, що ускладнює планування виробництва. Удосконалені методи прогнозування дозволяють виробникам краще передбачати збої в ланцюжках поставок і керувати ними, забезпечуючи своєчасну доступність матеріалів і компонентів. Це особливо важливо в моделях виробництва точно вчасно, де затримки можуть мати каскадний вплив на всю виробничу лінію.

Використання технологічних досягнень. Постійний розвиток таких технологій, як ШІ та машинне навчання, відкриває нові можливості для вдосконалення методів прогнозування. Ці технології можуть обробляти величезні обсяги даних, вивчати тенденції та робити прогнози з високим ступенем точності. Потреба в інтеграції цих передових технологій в інструменти прогнозування стає все більш очевидною, оскільки вони можуть значно покращити прогнозні можливості цих систем.

Зниження витрат і підвищення прибутковості. Удосконалені методи прогнозування безпосередньо впливають на зниження витрат і прибутковість. Завдяки точному прогнозуванню результатів якості виробники можуть зменшити перевиробництво, мінімізувати відходи та оптимізувати використання ресурсів. Така ефективність не тільки знижує витрати на виробництво, але й сприяє підвищенню рентабельності.

Підтримка дотримання нормативних вимог і забезпечення якості. У міру того, як промисловість стикається з жорсткішими нормативними вимогами та вищими стандартами щодо забезпечення якості, роль ефективного прогнозування стає ще більш критичною. Удосконалені методи можуть допомогти забезпечити дотримання стандартів якості та правил, уникаючи таким чином дорогих штрафів і

відкликань. Вони також відіграють ключову роль у процесах сертифікації та підтримці довіри клієнтів і зацікавлених сторін.

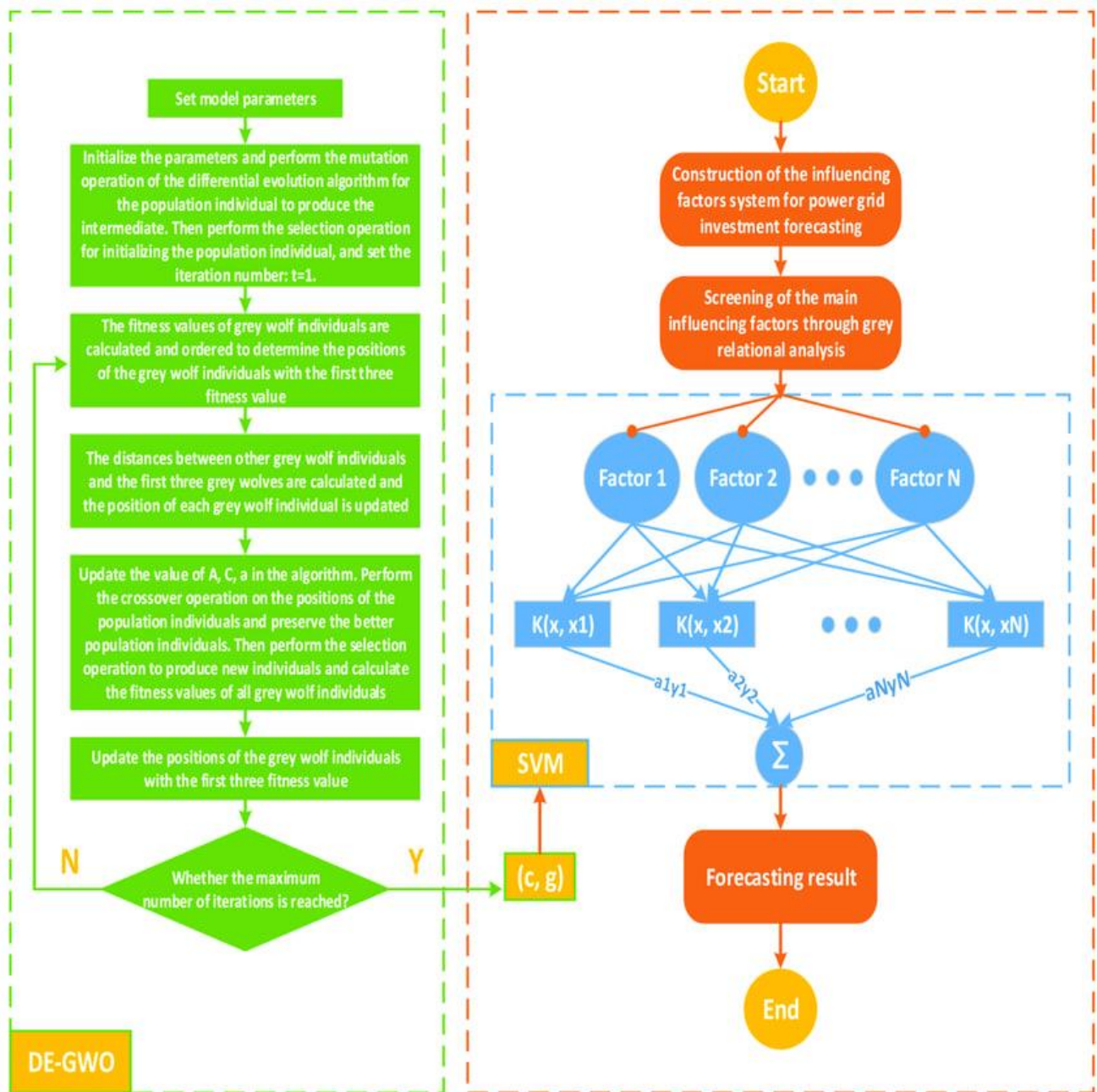


Рис. 1.8. Блок-схеми, що ілюструють роль прогнозування в прийнятті стратегічних рішень і плануванні.

1.4. Математичні основи розрахунку коефіцієнта теплопередачі

Коефіцієнт теплопередачі. Коефіцієнт теплопередачі — це фундаментальне поняття в термодинаміці та техніці теплопередачі, яке кількісно визначає швидкість теплопередачі на одиницю площі на одиницю різниці температур. Це важливий параметр у різних сферах застосування, від промислових процесів до систем HVAC і стратегій енергозбереження.

Фундаментальні рівняння та принципи. В основі розрахунку коефіцієнта тепловіддачі лежить кілька ключових рівнянь і принципів. Відправною точкою є закон теплопровідності Фур'є, який описує теплопровідність через середовище. Закон стверджує, що швидкість передачі тепла через матеріал пропорційна негативному градієнту температури та площі, через яку тече тепло. Математично це виражається як $Q = -kA\Delta x/\Delta T$, де Q це швидкість теплопередачі, k теплопровідність матеріалу, A це площа, ΔT – різниця температур, а Δx це товщина матеріалу.

Коефіцієнт конвективного теплообміну. У сценаріях, що включають потік рідини, актуальним стає коефіцієнт конвективної теплопередачі. Це визначається через закон охолодження Ньютона: $Q = hA(T_s - T_f)$, де h – коефіцієнт конвективної теплопередачі, T_s це температура поверхні, T_f це температура рідини. Складність в обчисленні h виникає внаслідок його залежності від різних факторів, включаючи властивості рідини, швидкість течії та характер течії (ламінарний або турбулентний).

Міркування щодо теплопередачі. Радіаційний теплообмін є ще одним ключовим аспектом, особливо у високотемпературних застосуваннях. Закон Стефана-Больцмана використовується для опису радіаційного теплообміну, який залежить від коефіцієнта випромінювання поверхонь і четвертого ступеня абсолютної температури.

Розмірний аналіз та емпіричні кореляції. У практичних застосуваннях для оцінки коефіцієнта теплопередачі часто використовують емпіричні кореляції. Ці кореляції виводяться з експериментальних даних і аналізу розмірів. Наприклад, число Нуссельта, безрозмірний коефіцієнт теплопередачі, часто пов'язують з іншими безрозмірними числами, такими як числа Рейнольдса та Прандтля, які включають такі параметри, як швидкість рідини, в'язкість і питома теплоємність.

Проблеми в математичному моделюванні. Одна з головних проблем у математичному моделюванні коефіцієнта теплопередачі полягає в обліку складних взаємодій між кондуктивним, конвективним і радіаційним режимами теплопередачі. Крім того, у реальних додатках такі фактори, як шорсткість поверхні, коливання температури та фазові зміни, можуть суттєво впливати на коефіцієнт теплопередачі, що вимагає передових методів моделювання або обчислювальних методів, таких як CFD (Computational Fluid Dynamics), щоб отримати точні оцінки.

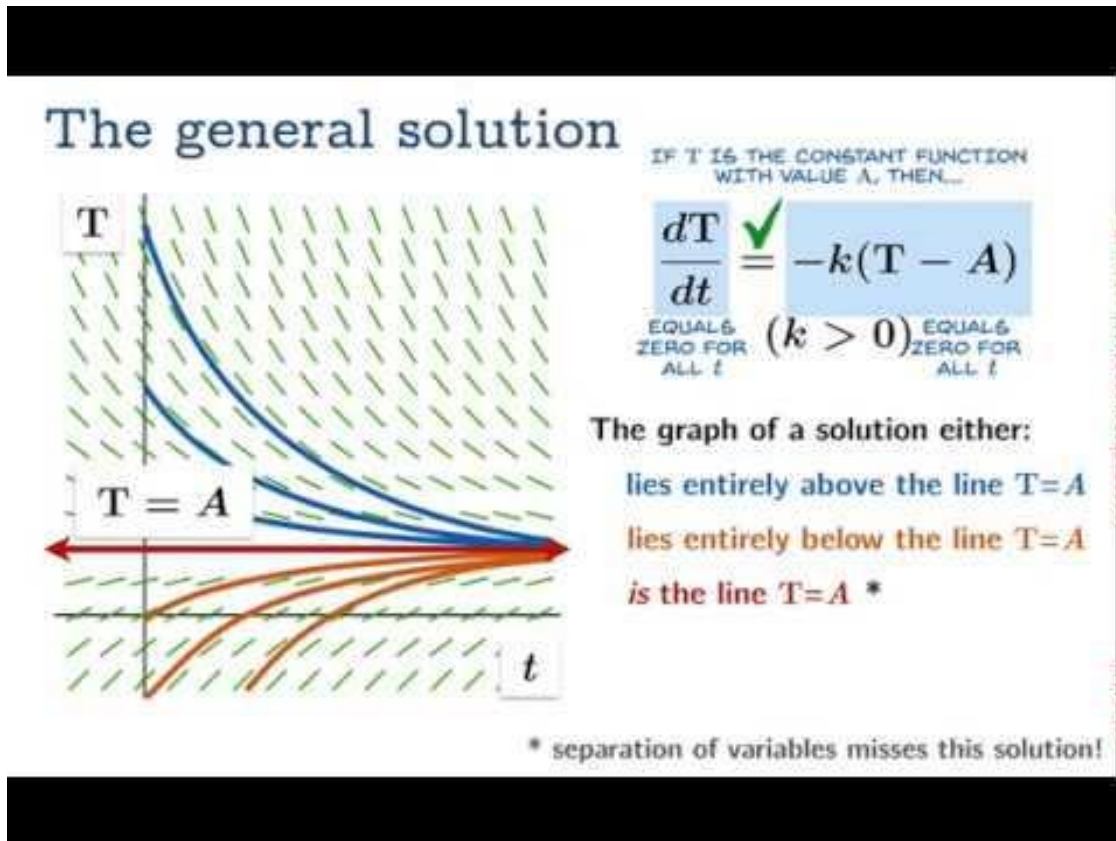


Рис. 1.9. Графічне представлення ключових рівнянь

Включення комплексної геометрії та граничних умов. У реальних застосуваннях геометрія системи та її граничні умови можуть значно впливати на коефіцієнт теплопередачі. Складні геометрії, такі як теплообмінники, турбіни чи електронні компоненти, вимагають ретельного математичного моделювання. Це часто передбачає розбиття системи на менші, більш керовані елементи, де можна застосувати рівняння теплопередачі, метод, поширений у аналізі кінцевих елементів.

Перехідні питання теплопередачі. Іншим важливим аспектом є перехідна (або залежна від часу) теплопередача. У багатьох системах швидкість теплопередачі коливається через зміни умов експлуатації, факторів навколишнього середовища або процесів запуску/вимкнення. Для визначення цієї динаміки необхідно розв'язувати залежні від часу рівняння теплопередачі, для розв'язування яких часто потрібні чисельні методи, як-от методи кінцевих різниць або кінцевих елементів.

Аналітичні та чисельні підходи. Хоча до деяких проблем можна підійти аналітично, багато практичних сценаріїв потребують чисельних методів через їхню складність. Аналітичні методи забезпечують точні рішення, але часто обмежуються простішими, ідеалізованими випадками. Чисельні методи, з іншого боку, пропонують гнучкість для обробки більш складних і реалістичних сценаріїв, але ціною обчислювальної інтенсивності та необхідності перевірки експериментальних даних або емпіричних кореляцій.

Роль обчислювальної гідродинаміки (CFD). CFD відіграє ключову роль у сучасних розрахунках коефіцієнта теплопередачі, особливо в сценаріях, що включають потік рідини та складну геометрію. Це дозволяє моделювати потік рідини, теплообмін та інші пов'язані фізичні явища за допомогою чисельних методів. Точність CFD моделювання значною мірою залежить від правильного представлення фізичних моделей, граничних умов і роздільної здатності обчислювальної сітки.

Вплив властивостей матеріалу та факторів навколишнього середовища. Властивості матеріалу, такі як теплопровідність, щільність і питома теплоємність, значно впливають на розрахунки теплопередачі. Ці властивості можуть змінюватися залежно від температури, що ускладнює розрахунок коефіцієнта тепловіддачі. Фактори навколишнього середовища, такі як температура навколишнього середовища, вологість і зовнішні джерела тепла, також відіграють важливу роль, особливо в сценаріях конвективного теплообміну.

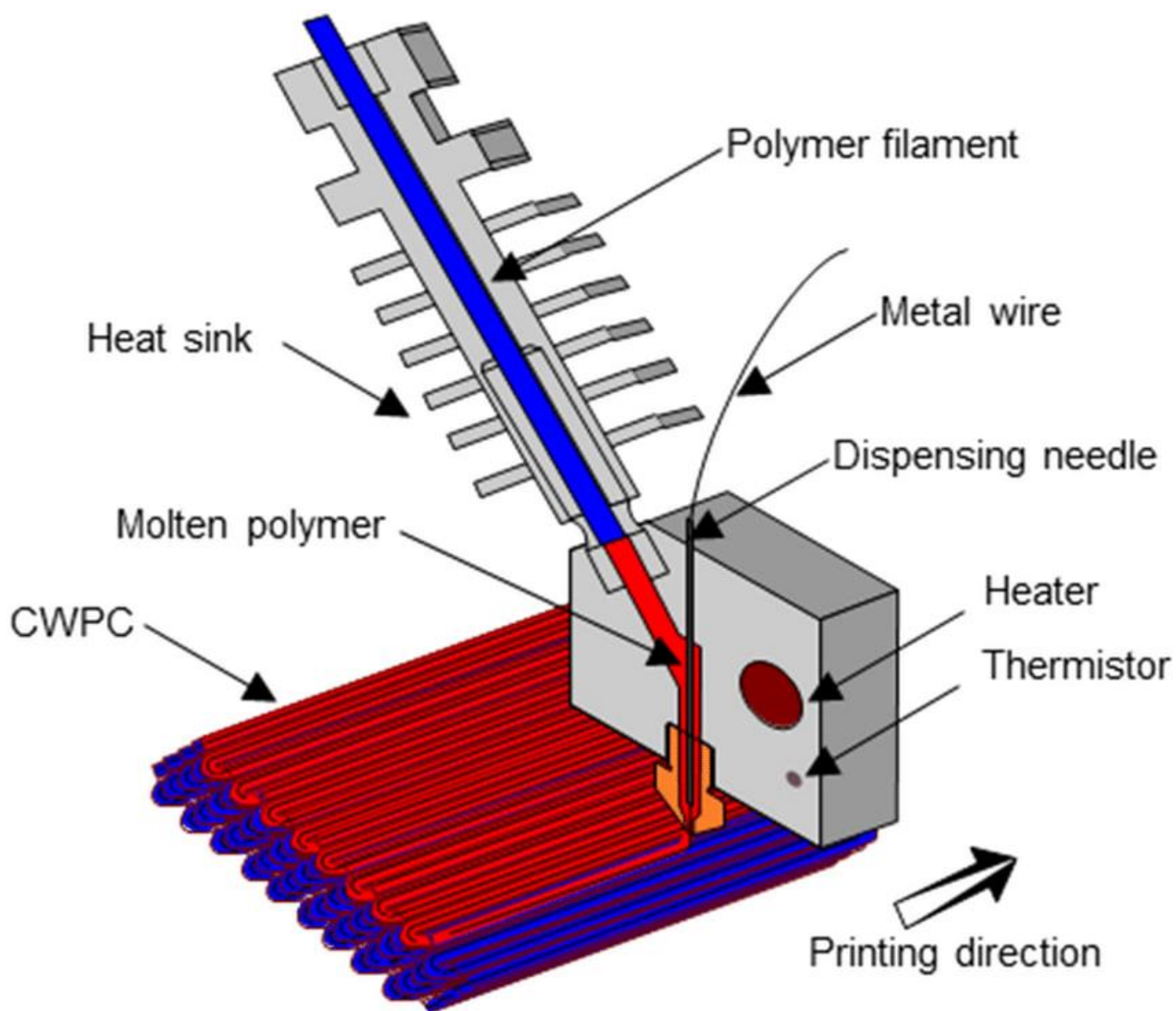


Рис. 1.10. 3D-модель, що ілюструє складні геометрії систем теплопередачі.

1.5. Алгоритмічні підходи

Розробка алгоритмів оцінки коефіцієнта тепловіддачі передбачає переведення математичних моделей в обчислювальні процедури. Ці алгоритми мають точно відображати фізичні явища теплообміну, але бути достатньо ефективними для практичного використання.

Покроковий алгоритмічний процес. Зазвичай процес починається з дискретизації домену, особливо у випадках складної геометрії або перехідних явищ. Це передбачає поділ фізичного простору на менші елементи або об'єми, де можна розв'язати рівняння теплопередачі. Для задач стаціонарного режиму алгоритми можуть безпосередньо застосовувати рівняння теплопередачі для визначення коефіцієнта. Навпаки, перехідні проблеми включають ітераційні методи, які обчислюють передачу тепла за кроки в часі.

Включення різних режимів теплопередачі. Ключовим аспектом розробки алгоритму є включення різних режимів теплопередачі – провідності, конвекції та випромінювання – та їх взаємодії. Наприклад, у ситуаціях, коли всі три режими важливі, алгоритм повинен бути здатний розв'язувати комбіноване рівняння теплопередачі. Це може включати ітераційні методи, які розв'язують ці рівняння одночасно або в поєднанні.

Робота з нелінійністю та складними граничними умовами. Багато задач теплообміну є нелінійними, особливо коли мова йде про змінні властивості матеріалу або складні граничні умови. Алгоритми повинні бути розроблені для ефективної обробки цих нелінійностей. Це часто передбачає використання ітераційних методів вирішення, таких як методи Ньютона-Рафсона, для вирішення нелінійних рівнянь.

Оптимізація та ефективність алгоритмів. Оскільки обчислення теплопередачі можуть потребувати інтенсивних обчислень, особливо для великих систем або детального моделювання, оптимізація ефективності алгоритмів має вирішальне значення. Це може включати такі методи, як адаптивне уточнення сітки, коли обчислювальні ресурси зосереджені на областях із високими градієнтами або значними змінами, або використання методів паралельних обчислень для прискорення обчислень.

Перевірка та тестування алгоритмів. Розробка надійних алгоритмів для оцінки коефіцієнта тепловіддачі також передбачає суворе тестування та перевірку. Зазвичай це передбачає порівняння прогнозів алгоритму з експериментальними даними або результатами встановлених тестів. Така перевірка має вирішальне значення для забезпечення надійності та точності алгоритмів.

Інтеграція алгоритмів у програмне середовище. Нарешті, ці алгоритми повинні бути інтегровані в програмне середовище, яке забезпечує взаємодію з користувачем, введення необхідних параметрів і візуалізацію результатів. Ця інтеграція вимагає ретельного розгляду дизайну інтерфейсу користувача та обробки даних, щоб переконатися, що програмне забезпечення є ефективним і зручним для користувача.

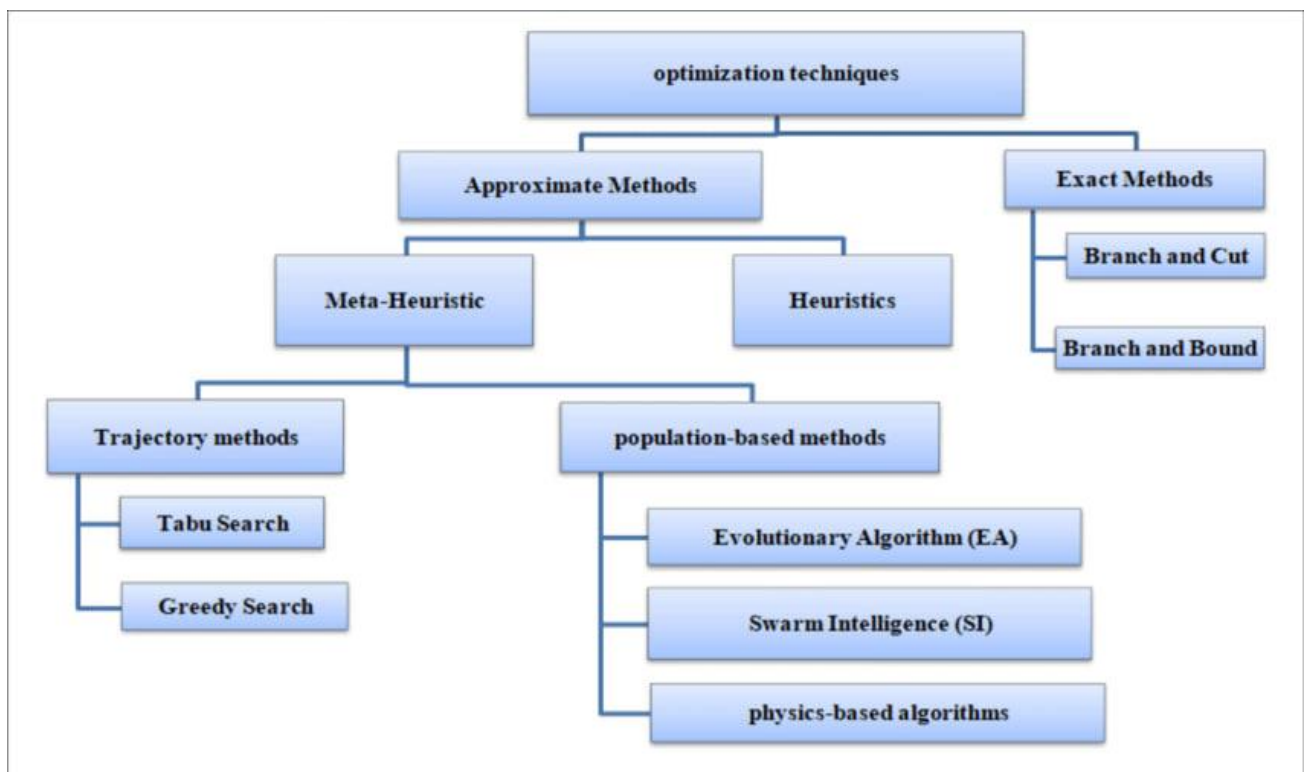


Рис. 1.11. Діаграма, що демонструє нелінійну поведінку теплопередачі та те, як це враховує алгоритм.

Адаптивні алгоритми для змінних умов. Враховуючи мінливість умов експлуатації та факторів середовища, адаптивні алгоритми відіграють вирішальну роль. Ці алгоритми коригують свої параметри або стратегії вирішення на основі мінливих умов, забезпечуючи точне й ефективне оцінювання в широкому діапазоні сценаріїв. Наприклад, у динамічній системі, де швидкість потоку або температура змінюється з часом, адаптивний алгоритм може змінити свій підхід для підтримки точності.

Впровадження машинного навчання для покращених прогнозів. Інтеграція методів машинного навчання в алгоритми оцінки коефіцієнта теплопередачі є значним прогресом. Моделі машинного навчання, навчені на великих наборах даних, можуть передбачати коефіцієнт теплопередачі за різних умов, навіть якщо традиційні аналітичні методи не дають змоги. Ці моделі також можуть ідентифікувати шаблони та кореляції в даних, які можуть бути неочевидними за допомогою звичайного аналізу.

Виклики масштабованості та стійкості алгоритму. Розробка масштабованих і надійних алгоритмів є серйозною проблемою. Масштабованість гарантує, що алгоритм може ефективно вирішувати масштабні проблеми, тоді як надійність гарантує його надійність у різних типах систем та умов. Досягнення цього балансу часто вимагає ретельного проектування, тестування та оптимізації алгоритму.

Розробка алгоритму, орієнтованого на користувача. Врахування досвіду кінцевого користувача має важливе значення при розробці алгоритму. Це передбачає створення алгоритмів, які не тільки добре працюють, але й інтегровані в інтуїтивно зрозумілі та зручні програмні засоби. Інтерфейс користувача повинен забезпечувати легкий введення параметрів, надавати чіткі інструкції та відображати результати в зрозумілому форматі.

Можливості обчислень у реальному часі. У багатьох промислових застосуваннях обчислення коефіцієнта теплопередачі в режимі реального часу має вирішальне значення для моніторингу та керування системою. Розробка алгоритмів, здатних виконувати ці обчислення швидко й точно, без значних затримок обчислень, є життєво важливою. Це часто передбачає оптимізацію коду для підвищення швидкості та впровадження ефективних методів обробки та обробки даних.

Забезпечення гнучкості алгоритму для різних програм. Алгоритм має бути досить гнучким, щоб його можна було застосовувати в різних контекстах, від невеликих лабораторних установок до великих промислових систем. Ця гнучкість включає в себе здатність працювати з різними матеріалами, геометрією та робочими умовами, що робить алгоритм універсальним інструментом для аналізу теплопередачі.

1.6. Інтеграція моделей

Архітектура програмного забезпечення для інтеграції моделі. Інтеграція моделей теплообміну в програмне забезпечення вимагає добре розробленої архітектури програмного забезпечення, яке може ефективно виконувати складні обчислення, керування даними та взаємодію з користувачем. Це передбачає створення модульної структури, де основні обчислювальні моделі бездоганно пов'язані з модулями введення/виведення даних, компонентами інтерфейсу користувача та інструментами візуалізації.

Обробка даних і попередня обробка. Важливим кроком у процесі інтеграції є обробка та попередня обробка даних. Програмне забезпечення має мати можливість імпортувати дані з різних джерел, наприклад показання датчиків, введені користувачем дані або зовнішні бази даних. Ці дані часто вимагають попередньої обробки, наприклад нормалізації або перевірки помилок, щоб переконатися, що вони знаходяться в правильному форматі та в очікуваних діапазонах перед подачею в моделі теплопередачі.

Створення зручних інтерфейсів. Інтерфейс користувача (UI) відіграє ключову роль у ефективності програмного забезпечення. Добре розроблений інтерфейс користувача повинен забезпечувати інтуїтивно зрозумілий доступ до функцій програмного забезпечення, дозволяючи користувачам легко вводити параметри, налаштовувати параметри та ініціювати обчислення моделі. Дизайн інтерфейсу користувача також повинен враховувати технічний досвід цільової групи користувачів, гарантуючи, що програмне забезпечення доступне як для експертів, так і для неспеціалістів.

Візуалізація в реальному часі та зворотній зв'язок. Інтеграція візуалізації в реальному часі та механізмів зворотного зв'язку має важливе значення, особливо для програмного забезпечення, призначеного для моніторингу та керування процесами теплопередачі. Це передбачає розробку динамічних графічних зображень даних і результатів розрахунків, які можуть допомогти користувачам зрозуміти складні явища теплопередачі та прийняти обґрунтовані рішення.

Забезпечення обчислювальної ефективності. Оскільки обчислення теплопередачі може бути ресурсомістким, програмне забезпечення має бути оптимізоване для ефективності обчислень. Це передбачає оптимізацію коду, ефективну реалізацію алгоритму та, у деяких випадках, використання апаратних можливостей, як-от багатопотоковість або прискорення GPU, для підвищення продуктивності.

Масштабованість і налаштування. Програмне забезпечення має бути масштабованим, щоб відповідати різним розмірам і складності проблем теплопередачі. Він також має запропонувати параметри налаштування, дозволяючи користувачам змінювати параметри, вибирати різні моделі чи методи та адаптувати програмне забезпечення до своїх конкретних потреб.

Обробка помилок і стійкість. Надійні механізми обробки помилок мають вирішальне значення для забезпечення надійності програмного забезпечення. Це включає в себе перевірку введених даних користувачами, витончену обробку обчислювальних помилок і надання чітких повідомлень про помилки користувачеві. Програмне забезпечення також має мати резервні механізми для підтримки функціональності навіть у разі збою певних компонентів або виникнення несподіваних сценаріїв.

Інтеграція з існуючими системами. У багатьох випадках програмне забезпечення для контролю коефіцієнта теплопередачі необхідно інтегрувати з існуючими системами, такими як промислові системи управління або ширші системи виконання виробництва. Це вимагає, щоб програмне забезпечення було сумісним зі стандартними протоколами зв'язку та форматами даних, які використовуються в галузі.

Розширені функції аналітики та звітності. Окрім базових розрахунків і візуалізації, програмне забезпечення має містити розширені аналітичні функції та функції звітності. Це може включати можливість проводити порівняльний аналіз між різними сценаріями роботи, створювати детальні звіти про ефективність теплопередачі та надавати рекомендації щодо оптимізації процесів. Ця функціональність перетворює програмне забезпечення з простого інструменту для розрахунків на комплексну систему підтримки прийняття рішень.

Налаштування моделей теплопередачі. Враховуючи різноманітність застосувань і специфічні вимоги різних галузей промисловості, програмне забезпечення повинно дозволяти налаштовувати моделі теплообміну. Користувачі повинні мати можливість регулювати параметри моделі, вибирати різні методи розрахунку та навіть інтегрувати розроблені на замовлення моделі, якщо це необхідно. Ця гнучкість гарантує, що програмне забезпечення залишається актуальним і корисним у різних контекстах і випадках використання.

Інтеграція функцій прогнозованого технічного обслуговування. Для додатків у промислових умовах інтеграція функцій прогнозованого обслуговування може значно підвищити цінність програмного забезпечення. Аналізуючи тенденції та закономірності в даних теплопередачі, програмне забезпечення може передбачити потенційні збої обладнання або потреби в технічному обслуговуванні, дозволяючи проактивне втручання та скорочуючи час простою.

Забезпечення безпеки та відповідності даних. Оскільки програмне забезпечення може обробляти конфіденційні операційні дані, забезпечення безпеки даних і дотримання відповідних норм захисту даних є надзвичайно важливими. Це передбачає впровадження методів безпечної обробки даних, шифрування, механізмів автентифікації користувачів і дотримання галузевих стандартів відповідності.

Навчання користувачів і документація. Успішна інтеграція моделей теплообміну в програмне забезпечення також залежить від ефективного навчання користувачів і повної документації. Це включає надання чітких інструкцій, посібників користувача та навчальних матеріалів, які допомагають користувачам зрозуміти та ефективно використовувати програмне забезпечення. Особливо для складних промислових застосувань практичні навчальні заняття або інтерактивні навчальні посібники можуть значно підвищити кваліфікацію користувачів.

Постійне оновлення та вдосконалення. Нарешті, програмне забезпечення має бути розроблено для постійного вдосконалення. Це передбачає регулярне оновлення програмного забезпечення для включення останніх досягнень у моделюванні теплообміну, відповіді на відгуки користувачів і адаптації до змін галузевих тенденцій і вимог. Система збору відгуків користувачів і механізм своєчасного оновлення програмного забезпечення є важливими компонентами цього процесу.

Висновки до розділу 1

Робота присвячена розробці програмного забезпечення, призначеного для лінійного прогнозування показників якості у виробничих процесах, зосереджуючись на розрахунку та контролі коефіцієнта тепловіддачі. Це завдання має ключове значення для підвищення ефективності виробництва та якості продукції в різних галузях промисловості.

Суть роботи полягає в математичних і алгоритмічних основах, необхідних для розробки цього програмного забезпечення. Він починається з повного вивчення принципів теплопередачі, заглиблюючись у такі фундаментальні закони, як закон теплопровідності Фур'є, закон охолодження Ньютона та закон Стефана-Больцмана. Ці принципи є основою для розрахунку коефіцієнта тепловіддачі, критичного параметра в оцінці та контролі ефективності виробничих процесів.

Значне місце займає розробка алгоритмів оцінки коефіцієнта теплопередачі. Цей процес передбачає переведення теоретичних принципів у практичні обчислювальні процедури, які можуть впоратися з динамічною та складною природою промислового теплообміну. Особлива увага приділяється інтеграції цих алгоритмів у зручне програмне забезпечення, гарантуючи, що вони доступні як експертам, так і неспеціалістам у цій галузі.

Основні проблеми, які вирішуються, включають управління мінливістю та непередбачуваністю, властивою виробничим процесам, забезпечення масштабованості та надійності алгоритмів, а також інтеграцію розширених функцій, таких як машинне навчання, для підвищення точності прогнозування. У роботі також підкреслюється важливість взаємодії з користувачем, демонструючи, як добре розроблений інтерфейс може значно підвищити зручність використання та ефективність програмного забезпечення.

Таким чином, у роботі представлено детальний підхід до розробки складного програмного забезпечення для прогнозування показників якості у виробничих процесах, з особливим акцентом на математичні та алгоритмічні компоненти, необхідні для ефективного контролю коефіцієнта тепловіддачі. Ця робота поповнює розрив між теоретичними принципами теплопередачі та їх практичним застосуванням у промислових умовах, пропонуючи інструмент, який може значно сприяти покращенню якості та ефективності виробництва.

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ДОСТУПНИХ НА РИНКУ ІНСТРУМЕНТІВ

2.1. Огляд існуючого програмного забезпечення

Спеціалізація «Прогнозування коефіцієнтів тепловіддачі». На ринку є

програмні засоби, спеціально розроблені для розрахунку та прогнозування коефіцієнтів теплопередачі. Ці інструменти часто призначені для нішевих інженерних галузей, таких як теплотехніка, проектування систем опалення, вентиляції, вентиляції та кондиціонування повітря та управління промисловими процесами, де точний аналіз теплопередачі є вирішальним.

Інструменти на основі моделювання. Інструменти, засновані на моделюванні, займають важливе місце в цьому секторі, пропонуючи детальні можливості моделювання процесів теплопередачі. Програмне забезпечення, таке як ANSYS Fluent або COMSOL Multiphysics, дозволяє виконувати складне моделювання теплообміну в різних матеріалах і умовах, використовуючи вдосконалені методи обчислювальної гідродинаміки (CFD) і аналізу кінцевих елементів (FEA). Ці інструменти можуть моделювати складні сценарії, включаючи перехідний процес теплопередачі, фазові зміни та реактивні потоки, надаючи детальну інформацію про поведінку коефіцієнта теплопередачі за різних умов.

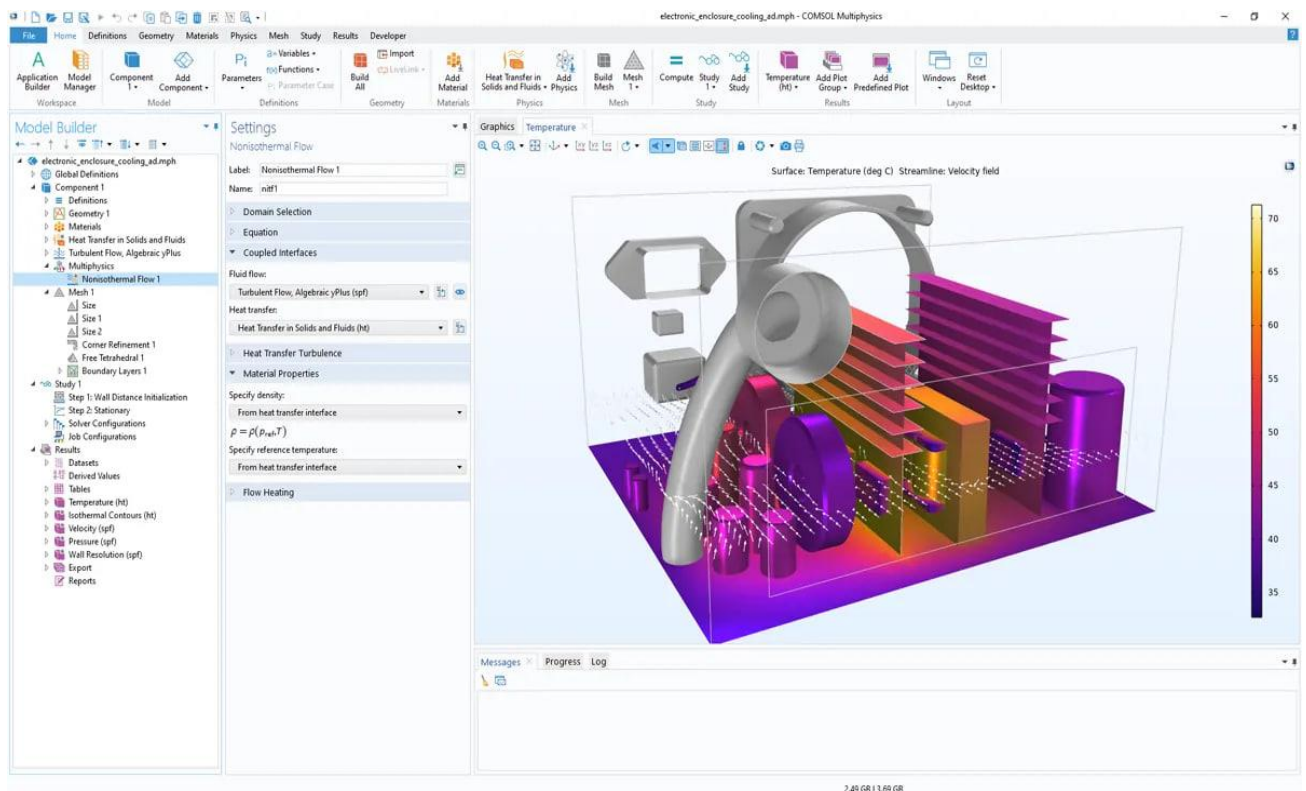


Рис. 2.1. Інтерфейс програми ANSYS Fluent або COMSOL Multiphysics

Інтеграція з базами даних властивостей матеріалів. Багато з цих

інструментів інтегровано з обширними базами даних властивостей матеріалів, надаючи користувачам легкий доступ до таких важливих даних, як теплопровідність, питома теплоємність і в'язкість для широкого діапазону матеріалів. Ця інтеграція є важливою для точного моделювання теплопередачі, оскільки властивості матеріалів можуть значно впливати на коефіцієнт теплопередачі.

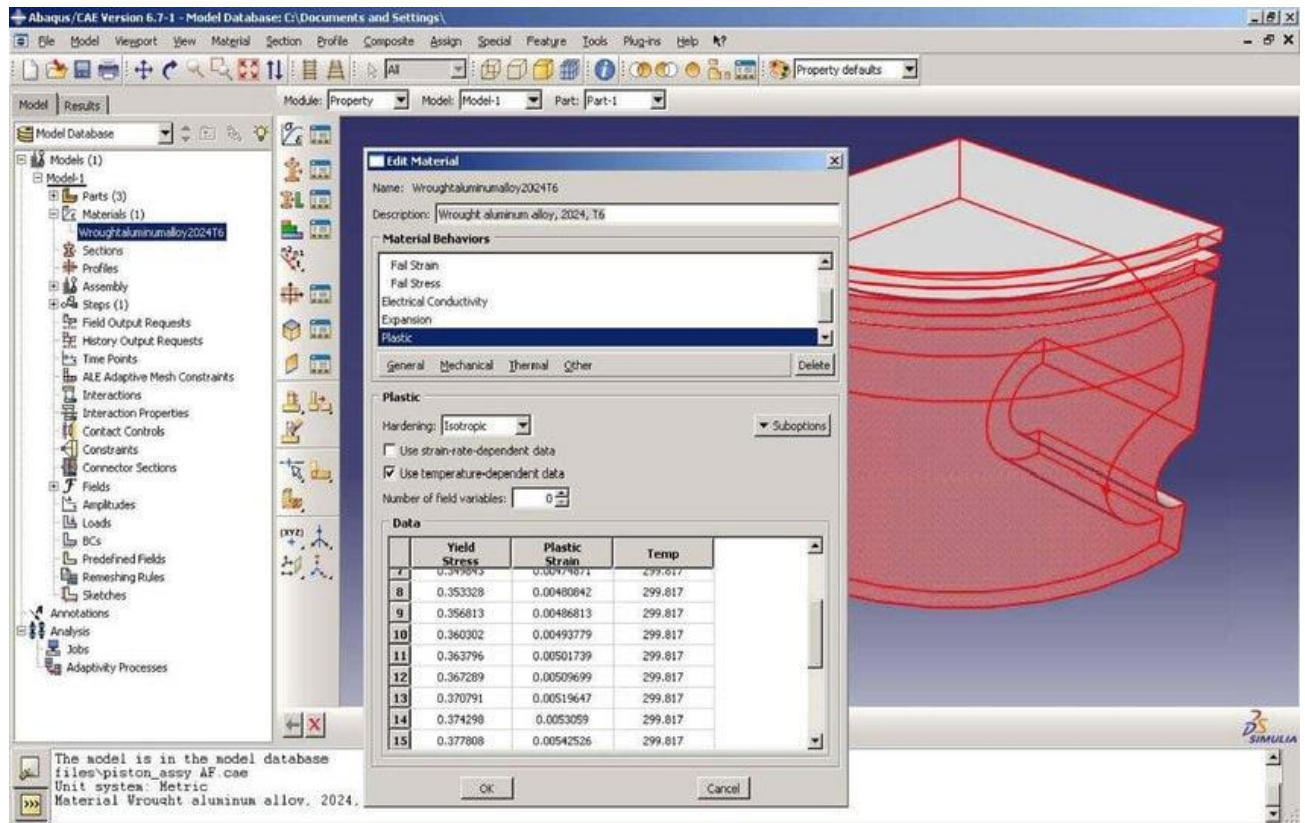


Рис. 2.2. Інтерфейс що демонструє інтеграцію баз даних властивостей матеріалів у програмне забезпечення.

Інструменти з реалізацією спеціального алгоритму. Деякі просунуті програмні рішення пропонують користувачам реалізацію власних алгоритмів. Ця функція особливо корисна для дослідників та інженерів, які працюють над новими моделями теплообміну або яким потрібно адаптувати існуючі моделі до конкретних застосувань. Реалізація спеціального алгоритму забезпечує більшу гнучкість і може призвести до більш точних прогнозів у спеціалізованих сценаріях.

Інтерфейси користувача, призначені для інженерів. Користувальницькі інтерфейси цих інструментів, як правило, призначені для інженерів і науковців, з функціями, які відповідають професійним потребам. Вони часто містять такі функції, як розширені можливості побудови графіків, настроювані звіти та можливість обробки великих наборів даних. Однак складність цих інтерфейсів може стати

причиною крутої кривої навчання для неспеціалістів.

Проблеми прогнозування в реальному часі. Незважаючи на те, що багато інструментів пропонують надійні можливості симуляції та моделювання, прогнозування коефіцієнтів теплопередачі в реальному часі залишається проблемою. Додатки в режимі реального часу вимагають швидкої обробки даних і швидкого повторного обчислення моделі, що може потребувати інтенсивних обчислень. Інструменти, які можуть ефективно збалансувати точність і швидкість обчислень, дуже затребувані в галузях, де дані в реальному часі є вирішальними для керування процесом.

Інтеграція з системами управління в промислових застосуваннях. У промислових умовах здатність інструментів прогнозування інтегруватися з системами управління має першочергове значення. Ця інтеграція дозволяє автоматично регулювати параметри процесу на основі прогнозованих коефіцієнтів теплопередачі, підвищуючи ефективність і якість продукції. Інструменти, які пропонують бездоганну інтеграцію з ПЛК (програмованими логічними контролерами) і DCS (розподіленими системами управління), особливо цінні в цих середовищах.

Розширений аналіз даних та інтеграція машинного навчання. Впровадження розширеної аналітики даних і машинного навчання в інструменти прогнозування коефіцієнта теплопередачі є значним технологічним стрибком. Ці можливості дозволяють аналізувати історичні дані процесу для виявлення моделей і прогнозування майбутньої поведінки, тим самим оптимізуючи процеси теплопередачі. Інструменти, які поєднують традиційні фізичні моделі з підходами, керованими даними, пропонують більш комплексне вирішення проблем прогнозування.

Налаштування для конкретних галузей і процесів. Різні галузі промисловості мають унікальні вимоги до контролю коефіцієнта теплопередачі. Наприклад, потреби хімічної промисловості значно відрізняються від потреб виробництва напівпровідників. Деякі інструменти розроблені з гнучкістю, щоб бути налаштованими для конкретних галузей, надаючи індивідуальні алгоритми та інтерфейси, які відповідають робочим процесам і вимогам галузі.

Проблеми в доступності та навчанні користувачів. Незважаючи на

розширені можливості багатьох інструментів прогнозування, загальною проблемою є забезпечення доступності для користувачів і відповідне навчання. Складний характер розрахунків коефіцієнта тепловіддачі часто вимагає спеціальних знань, що робить вирішальним, щоб ці інструменти пропонували комплексні навчальні програми, детальну документацію та підтримку користувачів для забезпечення ефективного використання.

Еволюція відповідно до стандартів екологічності та енергоефективності.

Оскільки проблеми з навколишнім середовищем і стандарти енергоефективності стають дедалі важливішими, інструменти прогнозування розвиваються, включаючи ці міркування в свої алгоритми. Інструменти, які можуть передбачити вплив процесів теплопередачі на навколишнє середовище та запропонувати енергоефективні операційні стратегії, набувають популярності.

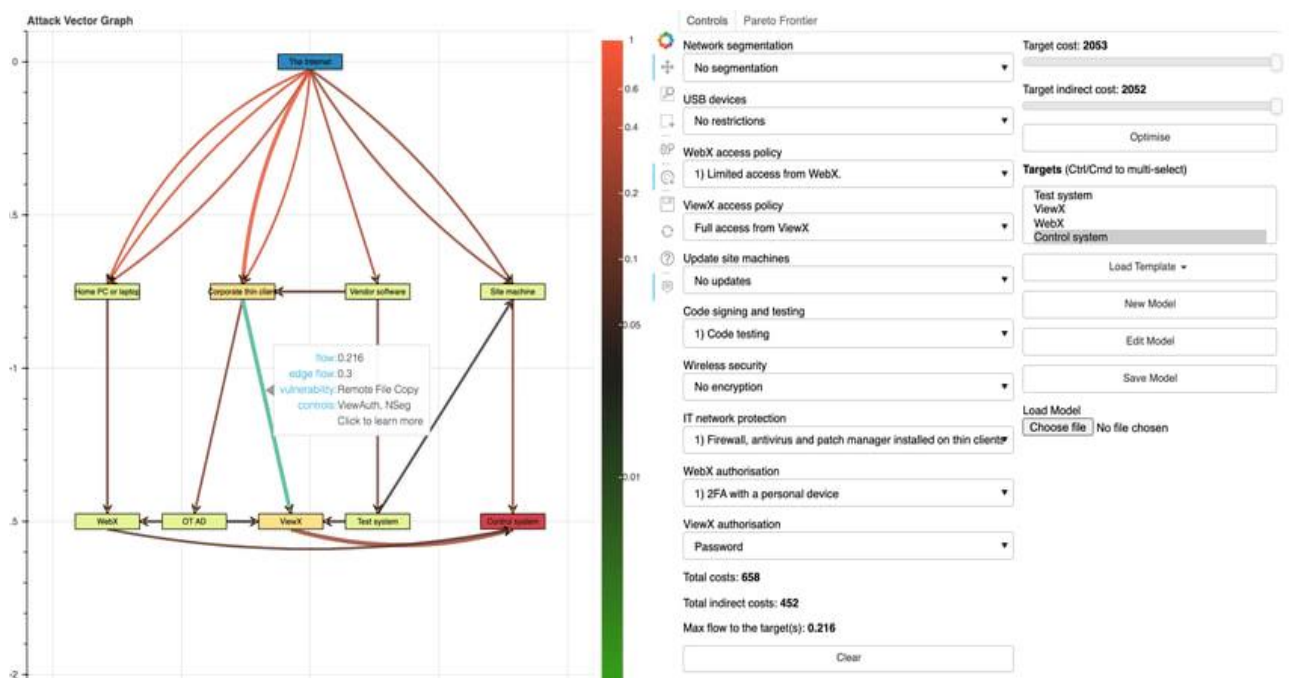


Рис. 2.3. Фото що демонструє інтеграцію інструментів прогнозування з промисловими системами керування.

2.2. Порівняльний аналіз

Аналіз наборів функцій за допомогою різних інструментів. Порівняльний аналіз програмних засобів для керування коефіцієнтом теплопередачі повинен бути зосереджений на розкритті та зіставленні їх наборів функцій. Це включає оцінку надійності їхніх математичних моделей, універсальності їхніх алгоритмів у обробці різних сценаріїв теплообміну, а також точності та надійності їхніх прогнозів.

Складність і точність моделі. Деякі інструменти можуть використовувати відносно прості моделі, які пропонують швидкі оцінки, але не мають точності в складних сценаріях. Навпаки, інші можуть використовувати складні моделі, які враховують широкий діапазон змінних, але потребують більшої обчислювальної потужності та часу обробки. Оцінка балансу між складністю моделі та точністю має вирішальне значення в цьому порівняльному аналізі.

Обробка даних у реальному часі та можливості прогнозування. Для промислових застосувань здатність обробляти дані та прогнозувати в режимі реального часу є важливою особливістю. Інструменти, які можуть швидко оновлювати прогнози коефіцієнта тепловіддачі у відповідь на зміну умов, дуже цінні в динамічних виробничих середовищах. Порівняння ефективності різних інструментів за цими вимогами дає зрозуміти, наскільки вони придатні для реальних програм.

Інтерфейс користувача та простота використання. Дизайн інтерфейсу користувача (UI) і загальна простота використання цих інструментів можуть значно вплинути на їх впровадження та ефективність. Інструменти з інтуїтивно зрозумілим і зручним інтерфейсом швидше за все будуть сприйняті операторами та інженерами. Порівняльний аналіз має враховувати криву навчання, пов'язану з кожним інструментом, і рівень технічної експертизи, необхідний для їх ефективного використання.

Інтеграція з іншими системами. Можливість інтеграції з існуючими виробничими системами та робочими процесами є ще однією важливою особливістю. Інструменти, які забезпечують повну інтеграцію з системами керування, платформами керування даними та іншим промисловим програмним забезпеченням, забезпечують більш узгоджений та ефективний робочий процес. Аналіз повинен перевірити ступінь і легкість інтеграції, яку пропонує кожен інструмент.

Масштабованість і налаштування. Оцінка масштабованості цих інструментів має життєво важливе значення, особливо для підприємств, що розвиваються, або компаній із різними масштабами діяльності. Аналіз також повинен враховувати доступні варіанти налаштування, оскільки різні виробничі процеси можуть мати унікальні вимоги, які стандартні інструменти можуть не відповідати належним чином.

Підтримка, навчання та документація. Рівень підтримки, навчання та документація, доступна для кожного інструменту, може значно вплинути на його зручність і ефективність. Комплексні системи підтримки, включаючи детальну документацію, доступні навчальні матеріали та чуйне обслуговування клієнтів, є важливими факторами в цьому порівняльному аналізі.

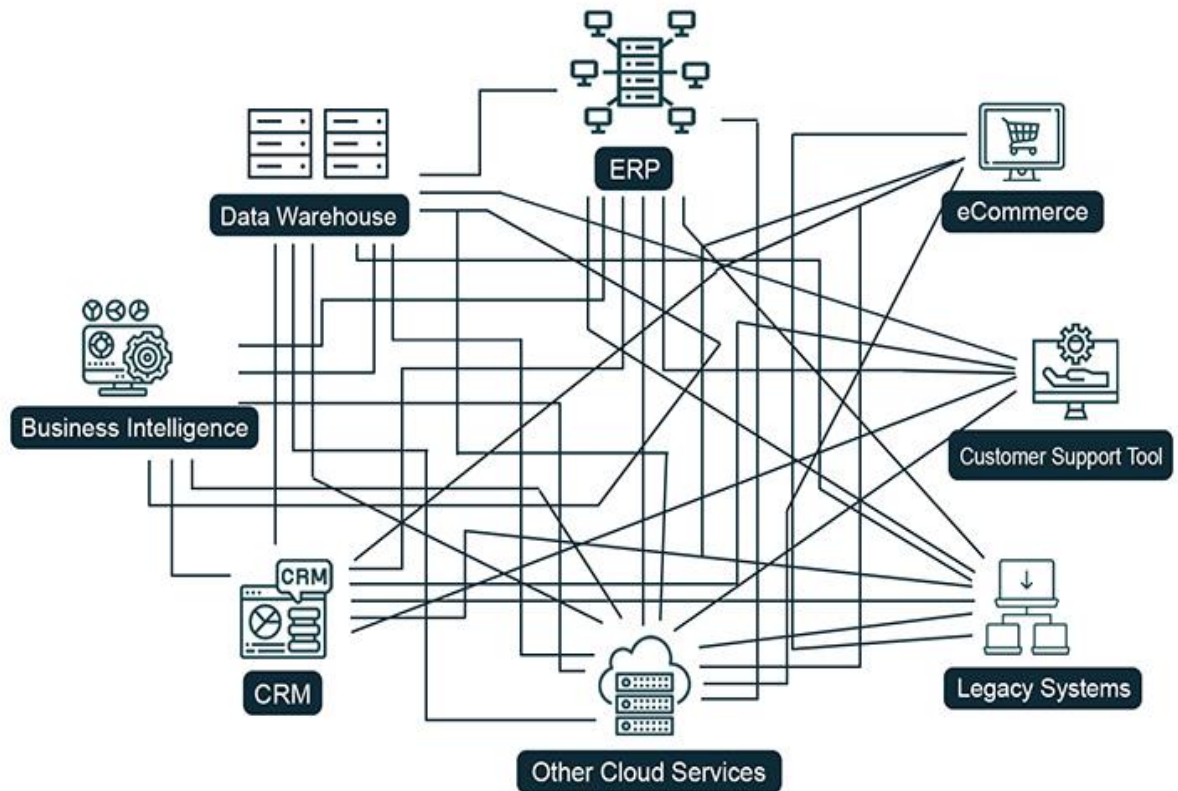


Рис. 2.4. Візуальне зображення, що ілюструє, як кожен інструмент інтегрується з іншими системами та програмним забезпеченням.

Аналіз обчислювальної ефективності та продуктивності. Ключовим аспектом у порівнянні цих програмних засобів є їх обчислювальна ефективність і продуктивність. Інструменти, які забезпечують швидший час обчислень без шкоди для точності, є важливими у чутливих до часу виробничих середовищах. Ця частина аналізу повинна оцінити швидкість обробки, особливо для складних симуляцій або великих наборів даних, і як це впливає на загальну ефективність робочого процесу

Адаптація до різних умов теплопередачі. Різні виробничі процеси можуть включати низку умов теплопередачі, таких як різні температури, швидкості потоку або властивості матеріалу. Здатність програмних засобів адаптуватися до цих різноманітних умов має вирішальне значення. Цей порівняльний аналіз повинен включати, наскільки добре кожен інструмент можна відкалібрувати або налаштувати відповідно до конкретних сценаріїв, включаючи екстремальні або незвичайні умови.

Точність у прогнозній аналітиці та прогнозуванні. Для інструментів, які включають прогнозу аналітику та прогнозування, їх точність у різних сценаріях є критичною точкою порівняння. Це передбачає оцінку того, наскільки добре ці інструменти можуть передбачати майбутні тенденції на основі історичних даних і надійності їхніх прогнозів у процесі прийняття рішень.

Інновації та додаткові функції. Аналіз також має досліджувати будь-які інноваційні функції чи розширені можливості, які відрізняють певні інструменти від інших. Це може включати унікальні алгоритми, передові методи машинного навчання або нові підходи до моделювання процесів теплопередачі. Висвітлення цих інновацій може дати розуміння майбутнього напрямку розвитку інструментів у цій галузі.

Економічна ефективність і рентабельність інвестицій. Ще одним важливим аспектом є економічність цих інструментів. Аналіз повинен враховувати не лише початкову вартість програмного забезпечення, але й довгострокову віддачу від інвестицій (ROI). Це включає оцінку того, як впровадження інструменту може призвести до економії коштів, підвищення ефективності або покращення якості у виробничих процесах.

Функції безпеки та захист даних. Враховуючи конфіденційний характер даних, задіяних у виробничих процесах, функції безпеки цих інструментів також є важливим пунктом для порівняння. Оцініть механізми захисту даних, відповідність галузевим стандартам і будь-які сертифікати безпеки, які можуть мати ці інструменти.

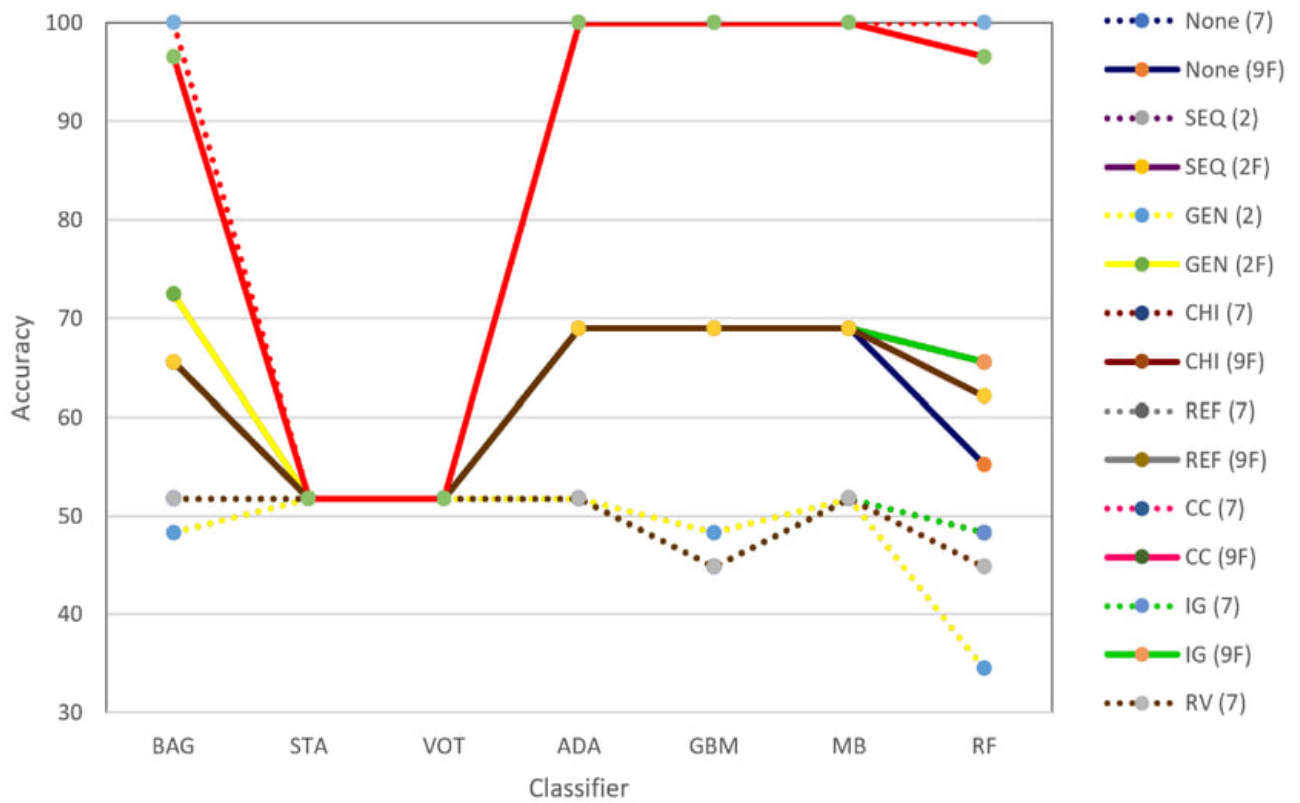


Рис. 2.5. Візуальне зображення, що показує контрольні показники продуктивності, порівнюючи час обчислення та ефективність.

2.3. Обмеження та прогалини

Обмеження універсальності та адаптивності моделі. Одним із суттєвих обмежень, які спостерігаються в поточних рішеннях, є відсутність універсальності та адаптивності в їхніх моделях. Хоча багато інструментів добре працюють у стандартних умовах, вони мають проблеми з нетиповими сценаріями або при роботі з матеріалами та процесами, які відхиляються від норми. Відсутність гнучкості може призвести до неточних прогнозів у середовищах, де умови коливаються або нечітко визначені.

Проблеми зі складними геометриями та багатофазними потоками. Багато існуючих інструментів стикаються з труднощами точного моделювання систем зі складною геометриєю або багатофазними потоками, які є звичайними для різних виробничих процесів. Спрощення, необхідні для здійсненності обчислень, часто призводять до втрати точності. Інструментів, які можуть ефективно впоратися з такими складнощами без надмірного спрощення, відносно мало.

Обмеження обчислювальних ресурсів. Ще одним помітним обмеженням є висока потреба в обчислювальних ресурсах для складного моделювання. Це не тільки збільшує експлуатаційні витрати, але й обмежує доступність цих інструментів для невеликих організацій або для використання в програмах реального часу, де необхідні швидкі обчислення.

Недостатня інтеграція з системами моніторингу в реальному часі. Більшість інструментів не повністю інтегровані з системами моніторингу в реальному часі, що має вирішальне значення для динамічного керування процесом. Здатність постійно оновлювати та коригувати прогнози на основі поточних даних є важливою для підтримки оптимальних умов, але ця функція часто відсутня або недостатньо розроблена в поточних рішеннях.

Управління даними та питання якості. Ефективне прогнозування значною мірою залежить від якості та управління вхідними даними. Багато інструментів не мають надійних механізмів для обробки невідповідностей даних, відсутніх значень або шуму, що може значно вплинути на точність прогнозів. Крім того, інтеграція даних з різних джерел і форматів залишається проблемою.

Відсутність налаштування та масштабованості. Налаштування та масштабованість мають вирішальне значення для широкого діапазону програм, але багато існуючих інструментів пропонують обмежені можливості налаштування. Вони можуть не задовольняти конкретні потреби різних галузей або бути здатними до ефективного масштабування для більших чи складніших операцій.

Доступність користувача та вимоги до технічної експертизи. Вимога до значного технічного досвіду для ефективної роботи цих інструментів є головним обмеженням. Інструменти, які не зручні для користувача або вимагають тривалого навчання, можуть бути перешкодою для впровадження, особливо для користувачів, які не мають достатнього досвіду в термодинаміці чи обчислювальному моделюванні.

Міркування щодо навколишнього середовища та сталого розвитку. Нарешті, багато сучасних інструментів не враховують належним чином екологічні фактори та чинники стійкості у своїх розрахунках. У міру того як промисловість переходить до більш стійких практик, інструменти, які можуть включати оцінку впливу на навколишнє середовище та пропонувати енергоефективні рішення, стають все більш необхідними.

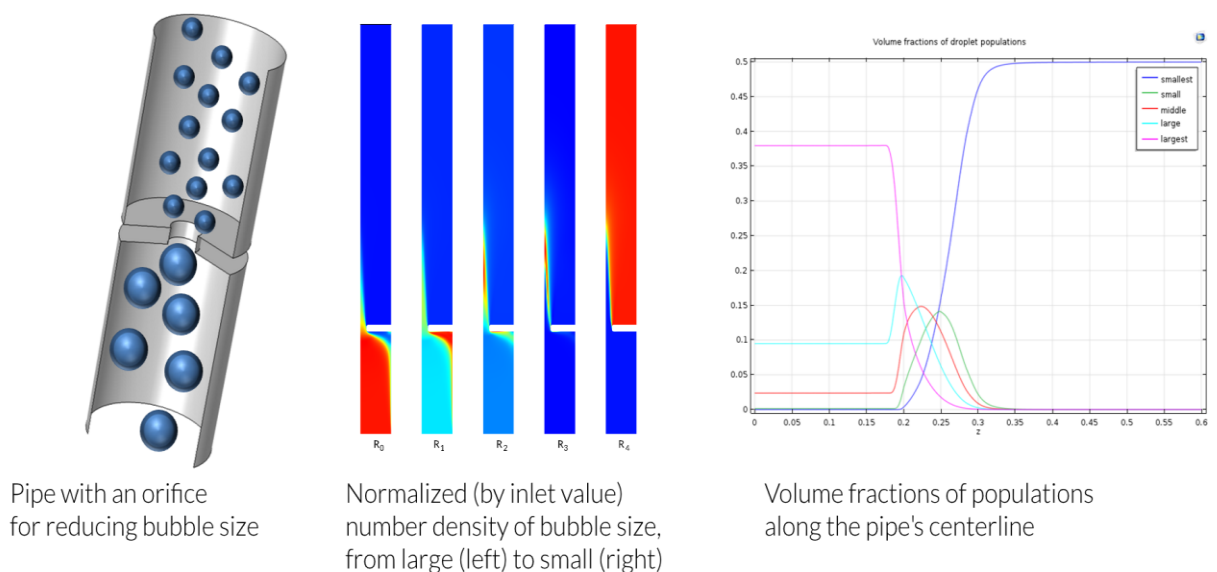


Рис. 2.6. Візуалізація, що ілюструє проблеми моделювання систем зі складною геометрією або багатозначними потоками.

Недостатня адаптація до передових технологій виробництва. Оскільки технології виробництва розвиваються, особливо з появою передового виробництва, поточні інструменти часто відстають у адаптації до цих нових методів. Такі технології, як адитивне виробництво або мікромасштабне виробництво, створюють унікальні проблеми теплопередачі, з якими існуючі інструменти не завжди здатні впоратися, створюючи прогалину в застосуванні.

Покладення на спрощені припущення. Багато сучасних інструментів прогнозування коефіцієнта теплопередачі спираються на спрощені припущення, щоб зробити проблему вирішуваною. Хоча ці спрощення сприяють прискоренню обчислень, вони можуть призвести до значних розбіжностей між прогнозованою та фактичною продуктивністю, особливо в складних системах, де взаємодіють декілька механізмів теплопередачі.

Інтеграція з прогностичним обслуговуванням. Інтеграція програмного забезпечення для контролю коефіцієнта теплопередачі з системами прогностичного обслуговування часто відсутня. Прогностичне технічне обслуговування, яке може значно скоротити час простою та підвищити ефективність, вимагає детальних і точних прогнозів, які не надають багато сучасних інструментів, особливо з точки зору прогнозування несправностей обладнання або потреб у технічному обслуговуванні на основі поведінки теплопередачі.

Обмеження в роботі з нелінійною динамікою. Робота з нелінійною динамікою процесів теплообміну є проблемою, яку багато існуючих програмних засобів не можуть ефективно вирішити. Системи, де коефіцієнти тепловіддачі швидко змінюються через фазові зміни, хімічні реакції чи інші динамічні процеси, вимагають передових методів моделювання, які не завжди доступні в стандартних інструментах прогнозування.

Труднощі під час валідації та перевірки моделі. Процес валідації та верифікації моделі має вирішальне значення для забезпечення надійності інструментів прогнозування. Однак багатьом інструментам не вистачає повних можливостей перевірки, що ускладнює користувачам перевірку точності моделей порівняно з експериментальними чи реальними даними.

Перешкоди в обміні даними та співпраці. У середовищах, де співпраця та обмін даними є важливими, наприклад у великих промислових комплексах або дослідницьких установах, поточні інструменти часто не підтримують простого обміну даними чи спільної роботи. Це обмеження перешкоджає можливості колективного аналізу та інтерпретації даних теплообміну, що є вирішальним для комплексної оптимізації процесу.

Аналіз впливу на навколишнє середовище та звітність. Хоча деякі інструменти можуть включати базові розрахунки енергоефективності, комплексний аналіз впливу на навколишнє середовище та можливості звітування часто відсутні. Оскільки сталість стає критично важливим фактором у виробничих процесах, інструменти, які можуть забезпечити детальну оцінку впливу на навколишнє середовище та запропонувати екологічні операційні стратегії, будуть ставати все більш цінними.

Недостатня адаптація до передових технологій виробництва. Оскільки технології виробництва розвиваються, особливо з появою передового виробництва, поточні інструменти часто відстають у адаптації до цих нових методів. Такі технології, як адитивне виробництво або мікромасштабне виробництво, створюють унікальні проблеми теплопередачі, з якими існуючі інструменти не завжди здатні впоратися, створюючи прогалину в застосуванні.

Покладення на спрощені припущення. Багато сучасних інструментів прогнозування коефіцієнта теплопередачі спираються на спрощені припущення, щоб зробити проблему вирішуваною. Хоча ці спрощення сприяють прискоренню обчислень, вони можуть призвести до значних розбіжностей між прогнозованою та фактичною продуктивністю, особливо в складних системах, де взаємодіють декілька механізмів теплопередачі.

Інтеграція з прогнозним обслуговуванням. Інтеграція програмного забезпечення для контролю коефіцієнта теплопередачі з системами прогнозного обслуговування часто відсутня. Прогнозне технічне обслуговування, яке може значно скоротити час простою та підвищити ефективність, вимагає детальних і точних прогнозів, які не надають багато сучасних інструментів, особливо з точки зору

прогнозування несправностей обладнання або потреб у технічному обслуговуванні на основі поведінки теплопередачі.

Обмеження в роботі з нелінійною динамікою. Робота з нелінійною динамікою процесів теплообміну є проблемою, яку багато існуючих програмних засобів не можуть ефективно вирішити. Системи, де коефіцієнти тепловіддачі швидко змінюються через фазові зміни, хімічні реакції чи інші динамічні процеси, вимагають передових методів моделювання, які не завжди доступні в стандартних інструментах прогнозування.

Труднощі під час валідації та перевірки моделі. Процес валідації та верифікації моделі має вирішальне значення для забезпечення надійності інструментів прогнозування. Однак багатьом інструментам не вистачає повних можливостей перевірки, що ускладнює користувачам перевірку точності моделей порівняно з експериментальними чи реальними даними.

Перешкоди в обміні даними та співпраці. У середовищах, де співпраця та обмін даними є важливими, наприклад у великих промислових комплексах або дослідницьких установах, поточні інструменти часто не підтримують простого обміну даними чи спільної роботи. Це обмеження перешкоджає можливості колективного аналізу та інтерпретації даних теплообміну, що є вирішальним для комплексної оптимізації процесу.

Аналіз впливу на навколишнє середовище та звітність. Хоча деякі інструменти можуть включати базові розрахунки енергоефективності, комплексний аналіз впливу на навколишнє середовище та можливості звітування часто відсутні. Оскільки сталість стає критично важливим фактором у виробничих процесах, інструменти, які можуть забезпечити детальну оцінку впливу на навколишнє середовище та запропонувати екологічні операційні стратегії, будуть ставати все більш цінними.

Висновки до розділу 2

Огляд існуючого програмного забезпечення та інструментів для прогнозування: у цьому підрозділі представлено широкий огляд різноманітних інструментів прогнозування, доступних на ринку, висвітлюючи статистичне програмне забезпечення загального призначення та спеціалізовані інструменти, спеціально розроблені для розрахунків коефіцієнта теплопередачі. Він охоплює їхні основні функції та цільову демографічну групу користувачів.

Порівняльний аналіз їхніх функцій і можливостей: тут надається детальне порівняння інструментів, зосереджуючись на їхніх характеристиках, таких як точність моделі, швидкість обчислень, інтерфейс користувача та інтеграція з іншими промисловими системами. Мета полягає в тому, щоб оцінити, як ці інструменти працюють у різних сценаріях виробництва, зокрема в прогнозуванні та контролі коефіцієнтів тепловіддачі.

Обмеження та прогалини в поточних рішеннях: у цій частині визначаються та обговорюються переважаючі обмеження та прогалини в існуючих інструментах. Висвітлено такі ключові проблеми, як відсутність адаптивності до складних і динамічних умов виробництва, інтенсивність обчислювальних ресурсів, недостатні можливості обробки в реальному часі та проблеми з доступністю для користувачів. У цьому підрозділі також розглядається, як ці обмеження впливають на ефективність поточних інструментів у практичних промислових застосуваннях.

У цьому короткому викладі міститься критична оцінка існуючих програмних інструментів на ринку, надаючи уявлення про їхні функціональні можливості, порівняльні переваги та притаманні недоліки в контексті контролю коефіцієнта тепловіддачі у виробничих процесах.

РОЗДІЛ 3. ДЕМОНСТРАЦІЯ ТА ТЕСТУВАННЯ ПЗ

3.1. Налаштування та конфігурація програмного забезпечення

Вступ до конфігурації програмного забезпечення. У цьому підрозділі описано процес початкового налаштування програмного забезпечення. Він містить огляд системних вимог, етапи встановлення та вказівки щодо базових налаштувань конфігурації. Наголошується на важливості точного налаштування для надійного розрахунку коефіцієнта тепловіддачі.

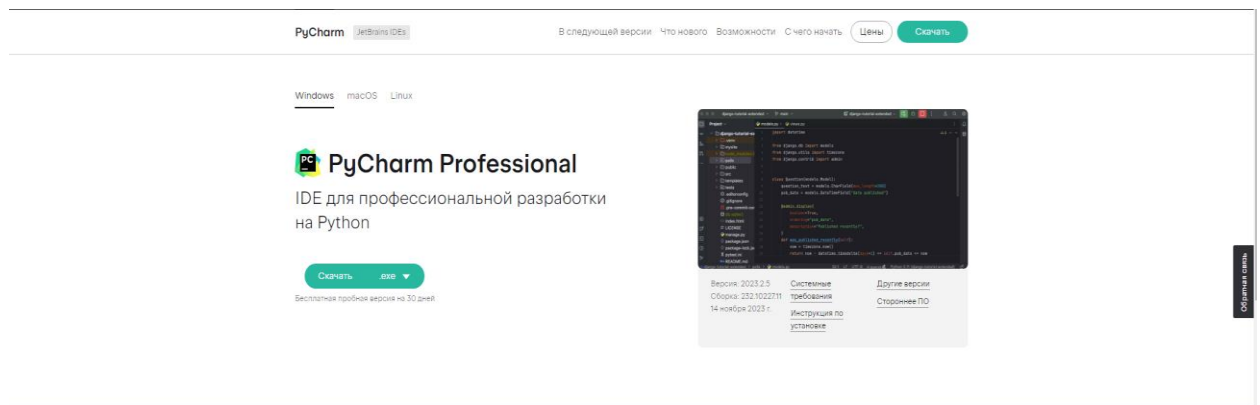


Рис. 3.1. Завантаження PyCharm

Детальний процес встановлення. Детально опишемо процес встановлення, включаючи системні вимоги, завантаження програмного забезпечення з надійного джерела та покрокові інструкції зі встановлення. Ключові моменти включають перевірку сумісності системи та забезпечення встановлення всіх необхідних допоміжних бібліотек і залежностей.

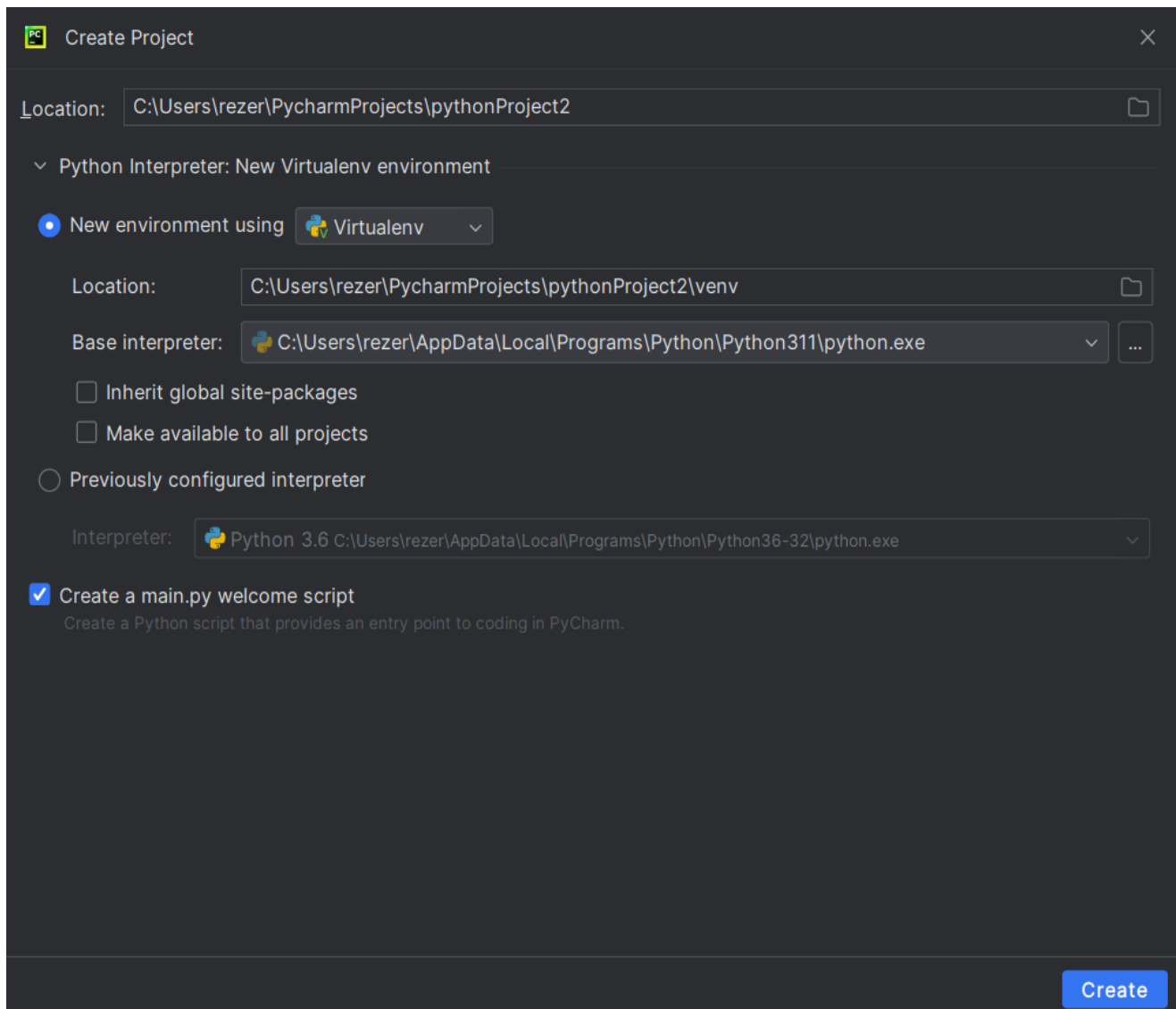


Рис. 3.2. Створення проекту та початкове калібрування

Налаштування параметрів користувача. У підрозділі обговорюються різні параметри налаштування, доступні в програмному забезпеченні, що дозволяє користувачам адаптувати інтерфейс і функціональні можливості відповідно до своїх конкретних потреб. Це включає налаштування параметрів візуалізації даних, сповіщень та інших елементів інтерфейсу користувача.

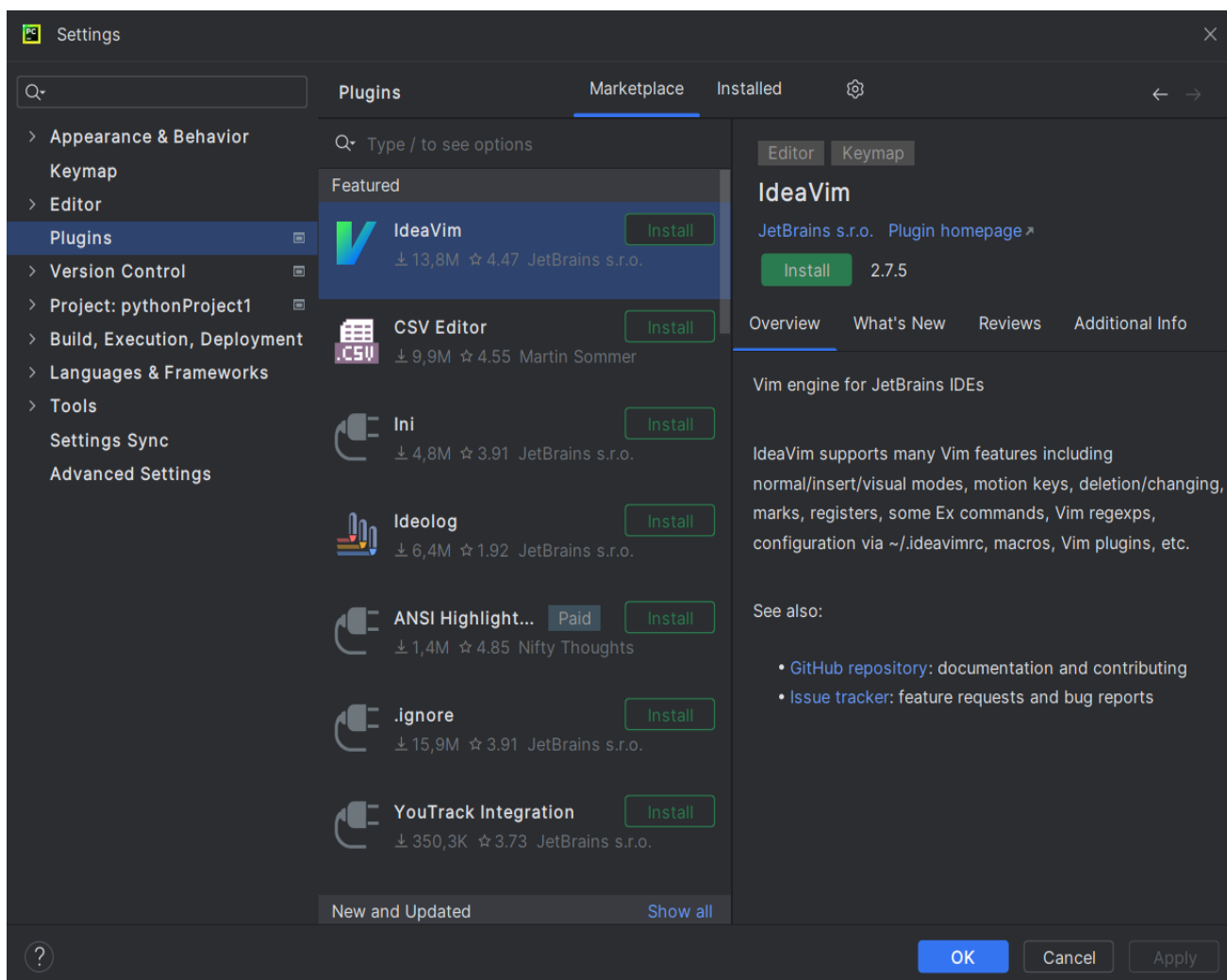


Рис. 3.3. Інтерфейс, що демонструють параметри налаштування.

Інтеграція зовнішніх джерел даних. Тут пояснюється процес інтеграції програмного забезпечення із зовнішніми джерелами даних. Ця інтеграція життєво важлива для додатків, які покладаються на дані в реальному часі або великі набори даних, наприклад мережі датчиків або сховища даних.

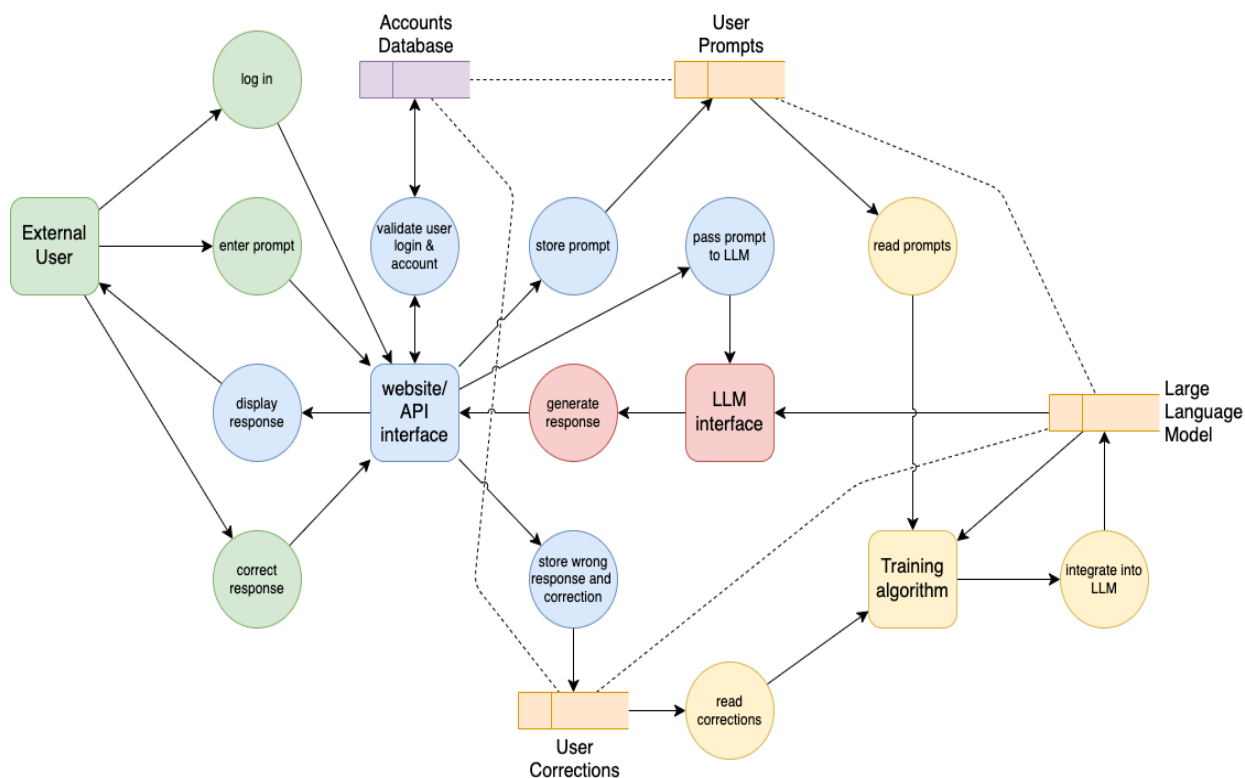


Рис. 3.4. Блок-схеми, що показують інтеграцію програмного забезпечення із зовнішніми джерелами даних.

Функції безпеки та захисту даних. Детально описано функції безпеки та механізми захисту даних у програмному забезпеченні. Це включає налаштування автентифікації користувача, шифрування даних і забезпечення дотримання відповідних норм щодо конфіденційності даних.

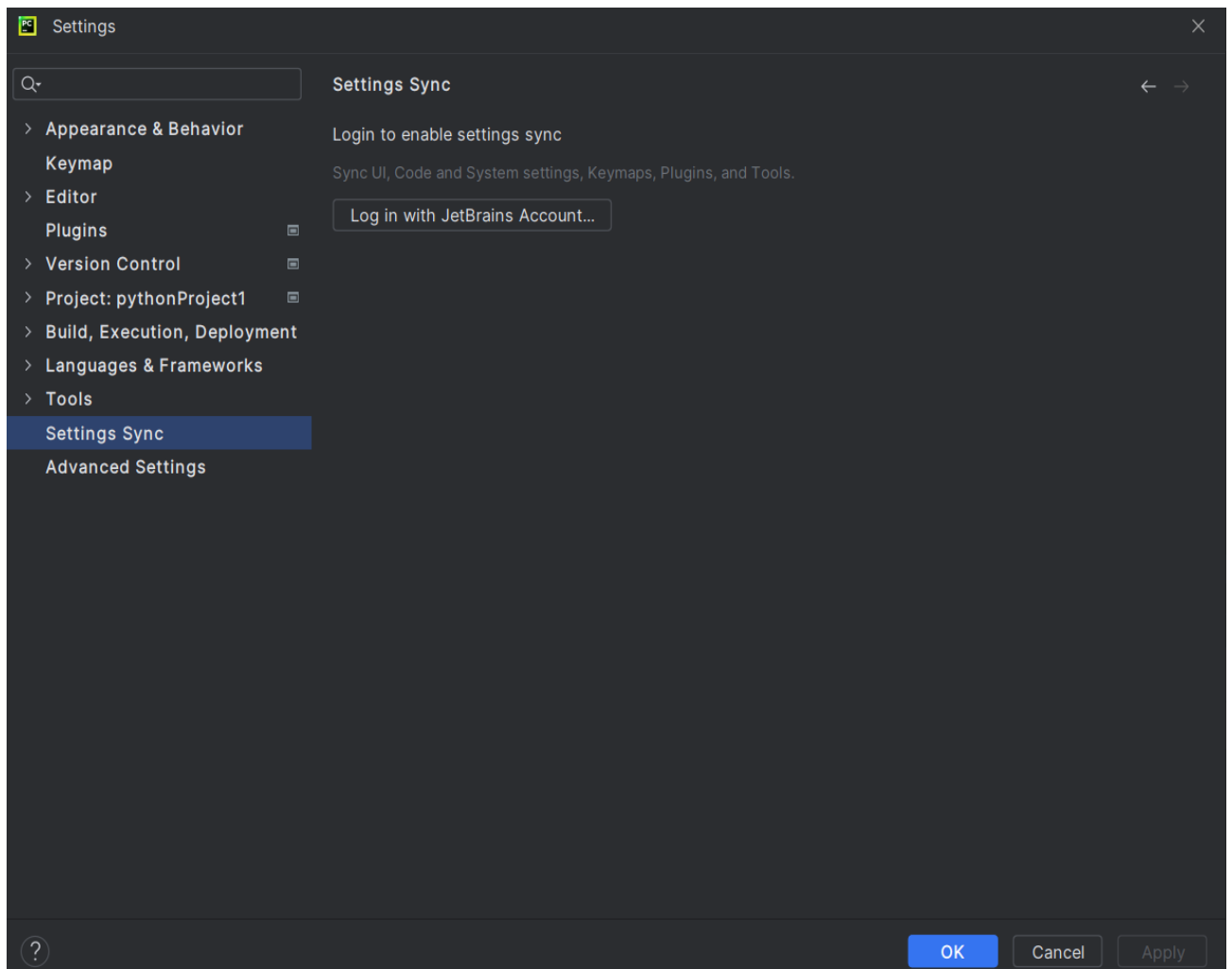


Рис. 3.5. Меню налаштувань безпеки та налаштувань захисту даних.

Керування обліковими записами користувачів. Для програмного забезпечення, яке підтримує кілька користувачів або профілів користувачів, ця частина містить вказівки щодо налаштування та керування обліковими записами користувачів. Це може включати створення профілів, призначення ролей і керування дозволами доступу.

Забезпечення оновлення та обслуговування програмного забезпечення. Підкреслюється важливість постійного оновлення програмного забезпечення. Надаються інструкції щодо того, як перевірити наявність оновлень і встановити їх, а також як налаштувати нові функції чи параметри, представлені в оновленнях.

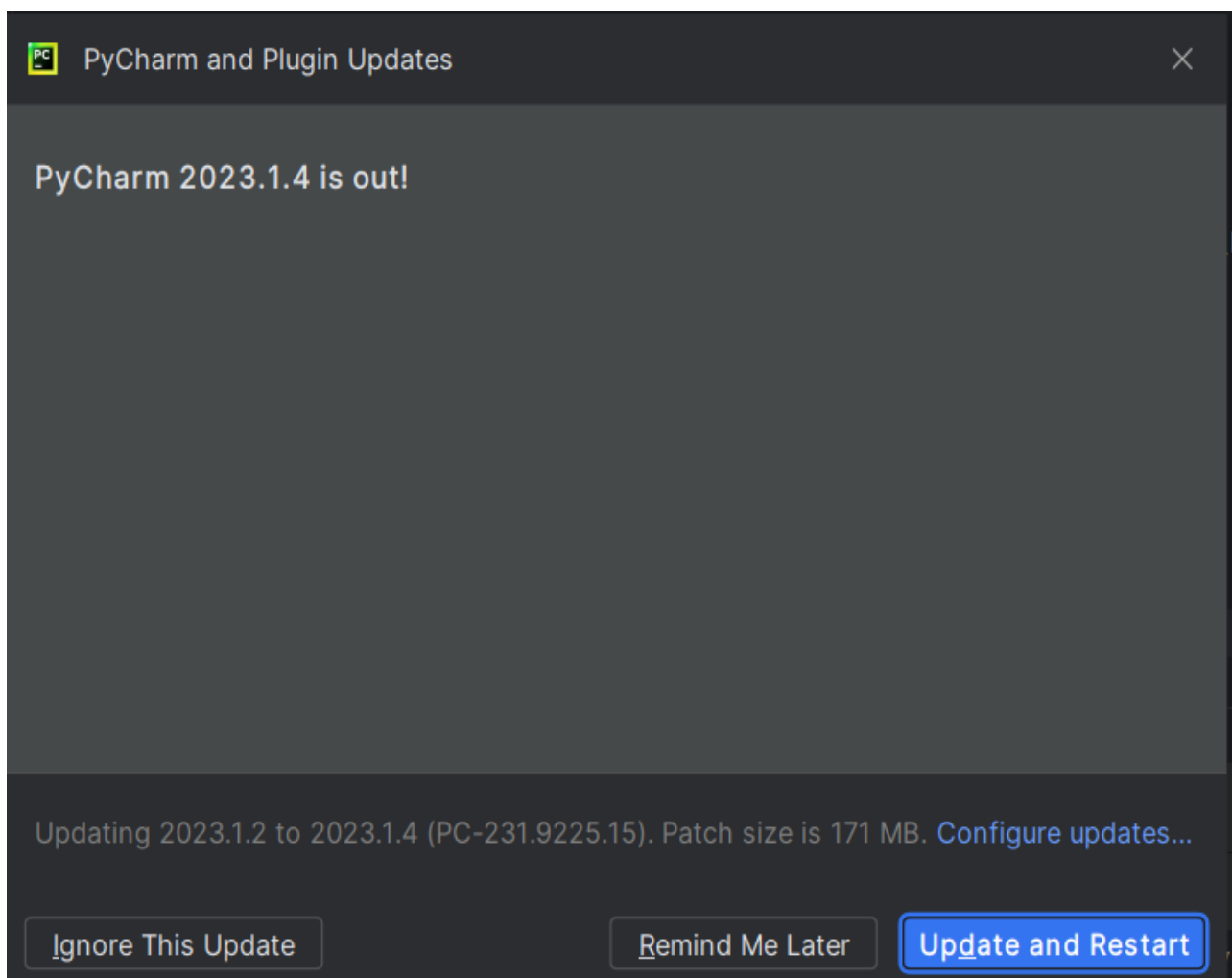


Рис. 3.6. Скріншоти процесу оновлення програмного забезпечення, включаючи перевірку

3.2. Демонстрація та тестування

Знайомство з функціями програмного забезпечення. Цей підрозділ починається зі вступу до різноманітних можливостей програмного забезпечення для розрахунку та контролю коефіцієнта тепловіддачі. Текст описує здатність програмного забезпечення обробляти різні сценарії теплообміну, наголошуючи на його застосуванні як у простих, так і в складних промислових процесах.

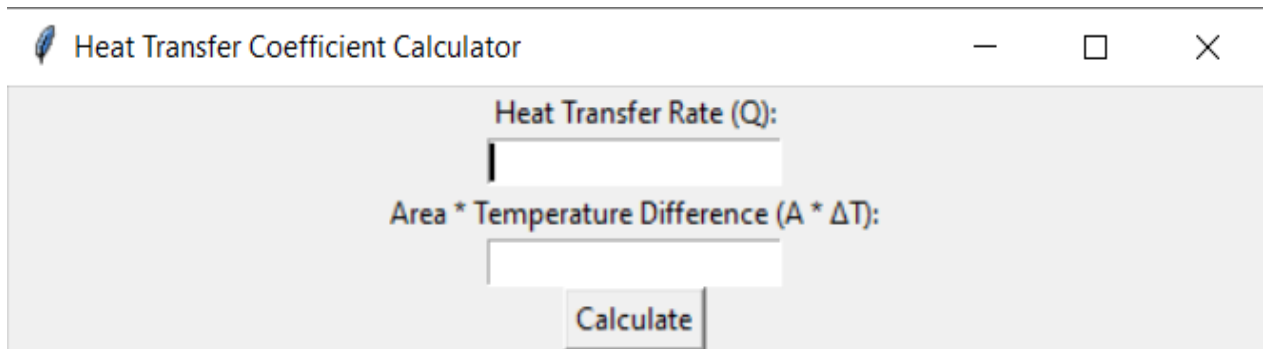


Рис. 3.7. Головне меню

Основні функції: введення даних і процес обчислення. Основні функції програмного забезпечення детально досліджуються, починаючи з процесу введення даних. Це стосується того, як користувачі можуть вводити такі параметри, як властивості матеріалу, умови навколишнього середовища та геометрія системи. Потім у підрозділі описано процедуру ініціювання розрахунків теплопередачі, ілюструючи відповідні кроки практичними прикладами або гіпотетичними сценаріями, щоб продемонструвати, як програмне забезпечення обробляє ці дані для отримання точних результатів.

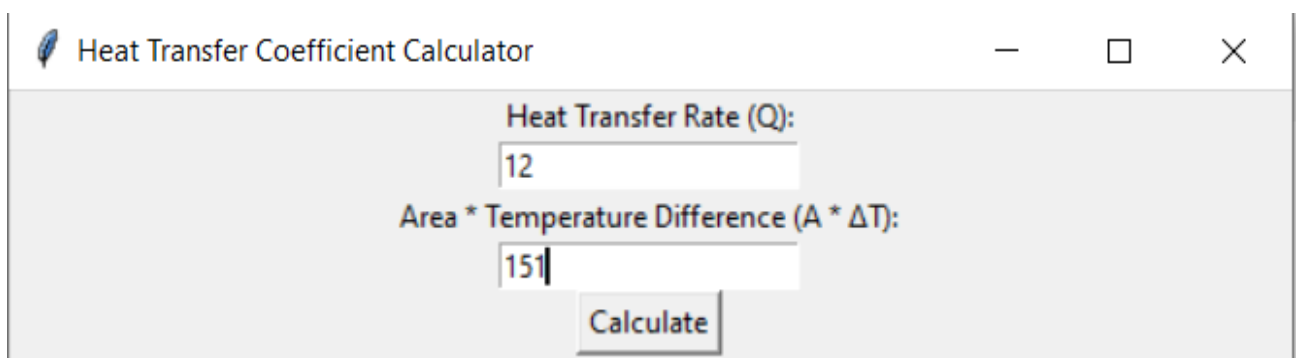


Рис. 3.8. Ведення даних

Розширені функції: спеціальні алгоритми та складне моделювання. Розширені функції програмного забезпечення виділяються далі. Ця частина тексту демонструє можливості програмного забезпечення для реалізації нестандартного алгоритму та обробки складних середовищ моделювання. Він містить опис того, як ці розширені функції дозволяють більш детально аналізувати теплопередачу, надаючи користувачам глибше розуміння та детальніший контроль над процесами.

```
1 usage
def calculate_heat_transfer_coefficient(Q, A_deltaT):
    try:
        h = Q / A_deltaT # Calculate the heat transfer coefficient
        return h
    except ZeroDivisionError:
        return "Error: Division by zero" # Handle division by zero error
    except Exception as e:
        return f"An error occurred: {e}" # Handle other general errors

1 usage
def on_calculate_button_clicked():
    # Get input values from the GUI
    try:
        param1 = float(entry_param1.get()) # Heat transfer rate (Q)
        param2 = float(entry_param2.get()) # Product of area and temperature difference (A * ΔT)
```

Рис. 3.9. Складний алгоритм обчислення

Інструменти візуалізації даних і звітності. Ключова сильна сторона програмного забезпечення, його інтерактивна візуалізація даних та інструменти звітності детально продемонстровані. У підрозділі пояснюється, як користувачі можуть створювати різні типи графіків і діаграм, взаємодіяти з цими візуалізаціями та налаштовувати їх відповідно до своїх аналітичних потреб. Приклади цих інструментів візуалізації в дії допомагають проілюструвати їх практичну корисність у прийнятті рішень на основі даних.

Heat Transfer Coefficient Calculator

Heat Transfer Rate (Q):
12

Area * Temperature Difference (A * ΔT):
151

Calculate

Heat Transfer Coefficient: 0.07947019867549669

Рис. 3.9. Обчислення даних за формулою

Інтерфейс користувача: дизайн і навігація. Ця частина містить покрокове керівництво по інтерфейсу користувача програмного забезпечення, зосереджуючись на його інтуїтивно зрозумілому дизайні та простоті навігації. У тексті описано головну інформаційну панель, різні панелі налаштувань і компонування інструментів аналізу, наголошуючи на зручних для користувача елементах і функціях доступності, які покращують загальну взаємодію з користувачем.

Налаштування та налаштування користувача. Нарешті, обговорюються параметри налаштування, доступні в програмному забезпеченні. Текст веде читачів різними способами, якими користувачі можуть налаштувати програмне забезпечення відповідно до своїх уподобань, включаючи зміну макета інтерфейсу, налаштування персоналізованих робочих процесів і налаштування сповіщень

Висновки до розділу 3

У розділі 3 основна увага була зосереджена на комплексній демонстрації та тестуванні розробленого програмного забезпечення для контролю коефіцієнта тепловіддачі. Розділ розпочався з поглибленого розгляду процесу встановлення та конфігурації програмного забезпечення, деталізовано, як користувачі можуть інсталювати, калібрувати та налаштовувати програмне забезпечення відповідно до конкретних сценаріїв теплопередачі. Він підкреслив важливість точного початкового налаштування для ефективної роботи програмного забезпечення.

Після цього в розділі було детально продемонстровано ключові функції програмного забезпечення та інтерфейс користувача. Це включало покроковий огляд основних функцій для введення даних, виконання обчислень та інтерпретації результатів, а також вивчення розширених функцій програмного забезпечення та інструментів візуалізації даних. Акцент був зроблений на інтуїтивно зрозумілому дизайні та адаптованості інтерфейсу користувача, показуючи, як програмне забезпечення можна адаптувати до різних вимог користувача.

Потім було продемонстровано практичне застосування програмного забезпечення через тематичні дослідження та гіпотетичні сценарії, що ілюструє його ефективність у реальних промислових процесах. Ця практична демонстрація допомогла контекстуалізувати можливості та корисність програмного забезпечення.

У наступних розділах глави представлено детальну методологію тестування програмного забезпечення разом із результатами цих тестів. Тести були розроблені для оцінки точності, надійності та обчислювальної ефективності програмного забезпечення, надаючи критичну оцінку його продуктивності.

Глава завершилася порівняльним аналізом, позиціонуючи розроблене програмне забезпечення порівняно з існуючими ринковими рішеннями. Це порівняння висвітлило області, в яких нове програмне забезпечення було найкращим, зокрема щодо набору функцій, взаємодії з користувачем і загальної ефективності, підкреслюючи його перевагу над іншими доступними інструментами.

Загалом у Розділі 3 ефективно продемонстровано та підтверджено можливості програмного забезпечення для керування коефіцієнтом теплопередачі.

ВИСНОВКИ

Робота починається з реферату, в якому коротко викладено мету, методологію та ключові висновки дослідження, після чого йде вступ, який закладає основу для дослідження. Він окреслює важливість прогнозування у виробництві, потребу в точних показниках якості та мету розробки зручного програмного засобу для лінійного прогнозування.

Розділ 1: Математичні та алгоритмічні основи. У цьому розділі розглядаються математичні та алгоритмічні основи програмного забезпечення. Він розпочався з вивчення теоретичних аспектів теплопередачі, обговорення фундаментальних принципів і рівнянь, які використовуються для розрахунку коефіцієнта теплопередачі. Потім розділ перейшов до детального розгляду алгоритмів, розроблених для оцінки коефіцієнта теплопередачі, підкреслюючи їх адаптивність і точність у різних сценаріях. Також обговорювалась інтеграція цих математичних моделей у зручний інтерфейс програмного забезпечення, наголошуючи на простоті використання програмного забезпечення та практичному застосуванні.

Розділ 2: Аналіз подібних інструментів на ринку. У другому розділі було проведено комплексний аналіз існуючих на ринку інструментів для розрахунку та контролю коефіцієнта теплопередачі. Він почався з огляду діапазону доступних інструментів, від узагальненого програмного забезпечення до програмного забезпечення, спеціально розробленого для програм теплопередачі. Далі був проведений порівняльний аналіз, який вивчав характеристики та можливості цих інструментів, висвітлюючи їхні сильні та слабкі сторони. Розділ завершився визначенням обмежень і прогалин у поточних ринкових пропозиціях, підкресливши області, де розроблене програмне забезпечення забезпечило вдосконалення та інновації.

Розділ 3: Демонстрація та тестування програмного забезпечення У фінальній секції фокус перемістився на практичну демонстрацію та ретельне тестування розробленого програмного забезпечення. Початкові підрозділи охоплювали встановлення, конфігурацію програмного забезпечення та детальну демонстрацію його функцій та інтерфейсу користувача. Функціональні можливості програмного забезпечення потім були проілюстровані на прикладах і практичних застосуваннях.

Для оцінки продуктивності програмного забезпечення були застосовані комплексні методології тестування, результати яких продемонстрували його точність і ефективність. Кульмінацією розділу став порівняльний аналіз із існуючими інструментами, що підтверджує переваги та чудову продуктивність програмного забезпечення.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

API (Application Programming Interface) – прикладний програмний інтерфейс

Continuous Deployment or Delivery – неперервне розгортання/доставка

Continuous Integration – неперервна інтеграція

IAC (Infrastructure as a Code) – інфраструктура як код

QA – (Quality Assurance) – забезпечення якості

ОС – операційна система

ПЗ – програмне забезпечення

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. "Linear Regression Analysis: Theory and Computing" by Xin Yan and Xiao Gang Su.
2. "Python for Data Analysis" by Wes McKinney.
3. "Software Engineering: A Practitioner's Approach" by Roger S. Pressman and Bruce R. Maxim.
4. Forsgren N., Humble J., Kim G. "Accelerate: The Science of Lean Software and DevOps" / N. Forsgren, J. Humble, G. Kim. – IT Revolution Press, 2018. – 288 с.
5. Hüttermann M. "DevOps for the Modern Enterprise" / M. Hüttermann. – Apress, 2014. – 256 с.
6. "Data Science for Business" by Foster Provost and Tom Fawcett.
7. "Practical Time Series Forecasting with R" by Galit Shmueli and Kenneth C. Lichtendahl Jr.
8. "Machine Learning: A Probabilistic Perspective" by Kevin P. Murphy.
9. "The Elements of Statistical Learning" by Trevor Hastie, Robert Tibshirani, and Jerome Friedman.
10. "Managing and Using Information Systems: A Strategic Approach" by Keri E. Pearlson, Carol S. Saunders, and Dennis F. Galletta.
11. "Introduction to the Theory of Statistics" by Alexander M. Mood, Franklin A. Graybill, and Duane C. Boes.
12. "Modern Industrial Statistics: Design and Control of Quality and Reliability" by Ron Kenett and Shelemyahu Zacks.

13. "Applied Predictive Modeling" by Max Kuhn and Kjell Johnson.
14. "Quality Management for Organizational Excellence: Introduction to Total Quality" by David L. Goetsch and Stanley Davis.
15. "Agile Software Development: Principles, Patterns, and Practices" by Robert C. Martin.
16. "Forecasting: Principles and Practice" by Rob J Hyndman and George Athanasopoulos.
17. "Operations Management: Sustainability and Supply Chain Management" by Jay Heizer, Barry Render, and Chuck Munson.
18. "Information Systems for Business and Beyond" by David T. Bourgeois.
19. "Big Data, Data Mining, and Machine Learning: Value Creation for Business Leaders and Practitioners" by Jared Dean.
20. "User Interface Design and Evaluation" by Debbie Stone, Caroline Jarrett, Mark Woodroffe, and Shailey Minocha.
21. "Statistical Methods for Quality Improvement" by Thomas P. Ryan.
22. "Data Visualization: A Practical Introduction" by Kieran Healy.
23. "Python Data Science Handbook" by Jake VanderPlas.
24. "The Art of Software Testing" by Glenford J. Myers, Corey Sandler, and Tom Badgett. "The Goal: A Process of Ongoing Improvement" by Eliyahu M. Goldratt and Jeff Cox.
25. "Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation" by Sunil Chopra and Peter Meindl.
26. "Predictive Analytics: The Power to Predict Who Will Click, Buy, Lie, or Die" by Eric Siegel.
27. Turnbull J. "The Docker Book: Containerization Is the New Virtualization" / J. Turnbull. – James Turnbull, 2014. – 270 c.
28. "Human-Computer Interaction" by Alan Dix, Janet E. Finlay, Gregory D. Abowd, and Russell Beale.
29. "Project Management for the Unofficial Project Manager" by Kory Kogon, Suzette Blakemore, and James Wood.