

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Інститут (факультет) автоматизації і комп'ютерних систем**  
**Кафедра автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління**

«До захисту в ЕК»

Директор інституту(декан факультету)

\_\_\_\_\_ Андрій ФОРСЮК  
(підпис) (ім'я та прізвище)

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Ярослав СМІТЮХ  
(підпис) (ім'я та прізвище)

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

зі спеціальності \_\_\_\_\_  
(код та назва спеціальності)  
освітньо-професійної програми \_\_\_\_\_

на тему: Інтелектуальне керування технологічними процесами приготування пивного суслу на базі моделей прогнозування

Виконав: здобувач 2 курсу, групи АІ-2-1м

\_\_\_\_\_ Штанько Сергій Васильович \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник Кишенько Василь Дмитрович \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти \_\_\_\_\_  
(ім'я та прізвище) (підпис)

\_\_\_\_\_ (ім'я та прізвище) \_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (ім'я та прізвище) \_\_\_\_\_ (підпис)

Рецензент Андрій МОШЕНСЬКИЙ \_\_\_\_\_  
(ім'я та прізвище) (підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ - 2024р.

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Автоматизації і комп'ютерних систем

Кафедра Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління

Освітній ступінь **магістр**

**Спеціальність** 151 “Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології”  
(код і назва)

**Освітньо-професійна програма** Інтелектуальні комп'ютерні системи керування  
(назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач**

**кафедри** \_\_\_\_\_

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

## З А В Д А Н Н Я

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Штанька Сергія Васильовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Інтелектуальне керування технологічними процесами приготування пивного сусла на базі моделей прогнозування

керівник роботи Кищенко Василь Дмитрович професор, к.т.н. \_\_\_\_\_ „

( прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року № \_\_\_\_\_

2. Строк подання здобувачем роботи \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до характеристика об'єкта автоматизації, технологічний регламент, вимоги до системи автоматизації та ін. \_\_\_\_\_

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Анотація. Вступ. Розділ 1. Аналіз існуючих методів керування технологічними процесами приготування пивного сусла. Розділ 2. Розробка моделей прогнозування для технологічних процесів приготування пивного сусла. Розділ 3. Розробка системи інтелектуального керування на базі реалізованої моделі прогнозування. Розділ 4. Дослідження ефективності системи інтелектуального керування. Висновки. Список використаної літератури.

5. Перелік графічного матеріалу



|    |   |               |  |
|----|---|---------------|--|
| 7  | Розробка системи інтелектуального керування на базі моделі прогнозування. | Тиждень 10    |  |
| 8  | Програмна реалізація моделі прогнозування                                 | Тиждень 11    |  |
| 9  | Дослідження ефективності системи.   | Тиждень 12    |  |
| 10 | Написання загальних пунктів плану (анотація, вступ висновки)              | Тиждень 13    |  |
| 11 | Складання та оформлення списку використаної літератури.                   | Тиждень 14-16 |  |

**Здобувач**

\_\_\_\_\_

(підпис)

**Штанько Сергій Васильович**

(прізвище та ініціали)

**Керівник роботи**

\_\_\_\_\_

( підпис )

**Василь КИШЕНЬКО**

(прізвище та ініціали)

## ЗМІСТ

|  |    |
|--|----|
| АНОТАЦІЯ.....  | 7  |
| ANNOTATION.....  | 8  |
| ВСТУП .....  | 9  |
| 1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ ПРИГОТУВАННЯ ПИВНОГО СУСЛА.....                                      | 11 |
| 1.1 Аналіз структур існуючих автоматизованих систем керування (АСК) у пивоварінні .....  | 11 |
| 1.2 Принципова технологічна схема виробництва пива та характеристика основних технологічних процесів.....                          | 12 |
| 1.3 Приготування пивного сусла .....   | 14 |
| 1.4 Зброджування пивного сусла.....  | 20 |
| 1.5 АСК в пивоварінні: Огляд та порівняння міжнародного досвіду .....  | 21 |
| 1.6 Оціка існуючих систем.....   | 23 |
| 1.7 Аналіз існуючих алгоритмів інтелектуального керування у пивоварінні...   | 25 |
| 2. РОЗРОБКА МОДЕЛЕЙ ПРОГНОЗУВАННЯ ДЛЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИГОТУВАННЯ ПИВНОГО СУСЛА.....                                       | 28 |
| 2.1 Визначення змінних та параметрів для прогнозування .....   | 28 |
| 2.1.1 Температура.....   | 28 |
| 2.1.2 Рівень РН .....  | 29 |
| 2.1.3 Відсоток алкоголю .....  | 30 |
| 2.1.4 Відсоток екстрактивних речовин .....   | 31 |
| 2.1.5 Час ферментації .....  | 32 |
| 2.1.6 Відношення сировини .....  | 33 |
| 2.2 Розробка моделей прогнозування .....   | 34 |
| 2.2.1 Лінійна регресія в контексті прогнозування технологічних параметрів пивного виробництва.....                                 | 34 |
| 2.2.2 Метод опорних векторів (Support Vector Machines) в контексті прогнозування технологічних параметрів пивного виробництва..... | 36 |
| 2.2.3 Моделі часових рядів (Time Series Models) .....  | 39 |
| 2.2.4 Нейронні мережі в контексті прогнозування технологічних параметрів пивного виробництва.....                                  | 42 |
| 2.2.5 Моделі вибіркового навчання (Gradient Boosting) в контексті прогнозування технологічних параметрів пивного виробництва ..... | 44 |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 2.3    | Визначення загального методу прогнозування для системи інтелектуального керування технологічними процесами приготування пивного сусла ..... | 46 |
| 3.     | РОЗРОБКА СИСТЕМИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ НА БАЗІ РЕАЛІЗОВАНОЇ МОДЕЛІ ПРОГНОЗУВАННЯ .....   | 48 |
| 3.1    | Визначення архітектури проектованої системи .....   | 48 |
| 3.2    | Призначення програмних модулів .....  | 50 |
| 3.3    | Інформаційне забезпечення системи .....   | 52 |
| 3.4    | Заходи захисту від несанкціонованого доступу до системи .....   | 57 |
| 3.5    | Технічне та системне забезпечення розробки .....  | 58 |
| 3.5.1. | Обґрунтування вибору технічних засобів .....  | 58 |
| 3.5.2. | Обґрунтування вибору ОС та протоколу обміну даними .....  | 59 |
| 3.6    | Програмна реалізація header и footer для веб-сторінок .....   | 60 |
| 3.7    | Програмна реалізація головної сторінки системи .....  | 61 |
| 3.8    | Програмна реалізація інтерфейсу аналітичної інформації щодо пивного сусла .....   | 66 |
| 3.9    | Програмна реалізація моделі прогнозування .....   | 70 |
| 3.10   | Програмна реалізація інтерфейсу прогнозування .....   | 73 |
| 3.11   | Програмна реалізація інтерфейсу написання відгуку .....   | 77 |
| 3.12   | Програмна реалізація інтерфейсу реєстрації у системі .....  | 79 |
| 3.13   | Програмна реалізація інтерфейсу авторизації у системі .....   | 81 |
| 4.     | ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ .....   | 84 |
|        | ВИСНОВОК .....  | 86 |
|        | СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....  | 87 |
|        | ДОДАТКИ .....   | 93 |

## АНОТАЦІЯ

Пояснювальна записка: 92 с., 20 рисунків, 3 таблиці, 59 джерел.

Об'єкт дослідження: система інтелектуального керування технологічними процесами приготування пивного сусла на базі реалізованої моделі прогнозування..

Предмет дослідження : моделі прогнозування, актуальні для предметної галузі керування **технологічними процесами приготування пивного сусла.**

Мета дипломної роботи: дослідження сучасних моделей прогнозування, актуальних для галузі пивоваріння та розробка прототипу інформаційної системи інтелектуального керування **технологічними процесами приготування пивного сусла на базі розробленої моделі прогнозування.**

У першому розділі наведено аналіз існуючих методів керування технологічними процесами приготування пивного сусла. Наведено основні теоретичні принципи предметної галузі. Проведено аналіз існуючих алгоритмів інтелектуального керування у пивоварінні.

У другому розділі проведено розробку моделей прогнозування для технологічних процесів приготування пивного сусла. Проведено визначення змінних та параметрів для прогнозування. Розглянуто сучасні типи моделей прогнозування. Визначено загального методу прогнозування для системи інтелектуального керування технологічними процесами приготування пивного сусла.

У третьому розділі проведено практичну реалізацію проектованої системи на основі реалізованої моделі прогнозування, надано інформаційне, технічне та системне забезпечення розробки.

Список ключових слів: ПИВНЕ СУСЛО, ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА, ПРОГНОЗУВАННЯ, МОДЕЛІ, АВТОМАТИЗАЦІЯ, PHP, HTML, CSS, MYSQL.

## **ABSTRACT**

Explanatory note: 92 p., 20 figures, 3 tables, 59 sources.

The object of the study: a system of intelligent management of the technological processes of beer wort preparation based on the implemented forecasting model.

Research subject: forecasting models, relevant for the subject field of management of technological processes of beer wort preparation.

The purpose of the thesis: the study of modern forecasting models relevant for the brewing industry and the development of a prototype of an information system for intelligent control of the technological processes of beer wort preparation based on the developed forecasting model.

The first chapter provides an analysis of existing methods of managing the technological processes of beer wort preparation. The main theoretical principles of the subject area are presented. An analysis of the existing intelligent control algorithms in brewing was carried out.

In the second chapter, the development of forecasting models for technological processes of brewing beer wort was carried out. Variables and parameters for forecasting were determined. Modern types of forecasting models are considered. A general forecasting method for the system of intelligent management of technological processes of beer wort preparation is defined.

In the third section, the practical implementation of the designed system was carried out on the basis of the implemented forecasting model, information, technical and system development support was provided.

List of keywords: BEER WORTH, INFORMATION SYSTEM, FORECASTING, MODELS, AUTOMATION, PHP, HTML, CSS, MYSQL.

## ВСТУП

Пивоваріння є однією з найдавніших та найпоширеніших галузей харчової промисловості, але з розвитком технологій та зростанням конкуренції виникає необхідність впровадження інноваційних методів керування виробничими процесами.

Сучасний ринок вимагає від виробників не тільки якості продукції, але й оперативності, гнучкості та ефективності виробничих процесів. У цьому контексті, інтелектуальне керування, засноване на моделях прогнозування, відіграє вирішальну роль. Воно дозволяє оптимізувати виробничі процеси, ефективно реагувати на зміни попиту, забезпечувати високу якість продукту, а також сприяє зниженню виробничих витрат.

Інтеграція штучного інтелекту в процес виробництва пива є одним із способів покращення продуктивності та якості продукції. Штучний інтелект дозволяє автоматизувати та оптимізувати різні аспекти виробництва, такі як контроль температури, вологості, часу кипіння та багато інших. Застосування інноваційних технологій у пивоварінні сприяє підвищенню ефективності виробничих процесів та покращенню якості кінцевого продукту.

**Метою кваліфікаційної роботи є дослідження сучасних моделей прогнозування, актуальних для галузі пивоваріння та розробка прототипу інформаційної системи інтелектуального керування технологічними процесами приготування пивного сусла на базі розробленої моделі прогнозування.**

Для досягнення мети в роботі поставлено й вирішено такі теоретичні й практичні завдання:

- Провести аналіз предметної галузі
- Провести аналіз існуючих методів керування технологічними процесами приготування пивного сусла

- Провести визначення змінних та параметрів для прогнозування
- Провести аналіз типів моделей прогнозування
- Обрати загальний метод прогнозування для проектованої системи
- Розробити інтерфейс користувача проектованої системи
- Розробити бекенд частину для реалізації логіки роботи системи
- Провести тестування розробленої системи
- Провести аналіз результатів роботи

**Об'єктом дослідження** є система інтелектуального керування технологічними процесами приготування пивного сусла на базі реалізованої моделі прогнозування.

**Предметом дослідження** є моделі прогнозування, актуальні для предметної галузі керування технологічними процесами приготування пивного сусла.

**Методи дослідження.** У процесі роботи застосовувались загальнонаукові та спеціальні методи, які дозволили вивчити предмет та об'єкт дослідження, дослідити напрями та шляхи оптимізації процесу проектування та розробки системи інтелектуального керування технологічними процесами приготування пивного сусла.

**Практичне значення одержаних результатів.** Практичне значення проектованої системи визначається великим попитом на подібні інструменти, оскільки впровадження системи прогнозування призведе до значного покращення якості та продуктивності виробництва, а також спростить та оптимізує виробничий процес.

# **1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ ПРИГОТУВАННЯ ПИВНОГО СУСЛА**

## **1.1 Аналіз структур існуючих автоматизованих систем керування (АСК) у пивоварінні**

Автоматизовані системи керування (АСК) відіграють ключову роль у сучасному пивоварінні, забезпечуючи ефективне управління виробничими процесами, підвищуючи продуктивність та якість продукції. Цей огляд розглядає основні види існуючих АСК в галузі пивоваріння, їх особливості, функціональність та вплив на процеси виробництва. Більшість сучасних пивоварних заводів використовують комплексні системи автоматизації, які включають контроль та управління різними етапами виробництва - від приймання сировини до ферментації та розливу пива. Системи можуть включати автоматизацію процесів бродіння, контроль температури, автоматичне дозування інгредієнтів, моніторинг якості сусла та готового пива.

Типові АСК в пивоварінні часто базуються на модульній структурі, що дозволяє легко інтегрувати нове обладнання та технології. Основні функції таких систем включають збір даних з датчиків, автоматичне управління процесами, візуалізацію даних та можливість дистанційного моніторингу.

Сучасні АСК пивоваріння часто інтегровані з системами планування ресурсів підприємства (ERP) та системами управління якістю. Інтеграція дозволяє ефективно управляти логістикою, запасами, фінансами, а також забезпечує відповідність виробництва стандартам якості та безпеки. Останнім часом спостерігається впровадження інноваційних технологій, таких як штучний інтелект та машинне навчання, для підвищення точності прогнозування та оптимізації процесів. Це включає застосування передових аналітичних інструментів для виявлення тенденцій у даних виробництва, підвищуючи якість та ефективність процесів.

## **1.2 Принципова технологічна схема виробництва пива та характеристика основних технологічних процесів**

Основною сировиною та важливими компонентами, які використовуються у виробництві пива, є різні види солоду, включаючи світлий, темний, карамельний, палений та пшеничний солод. До несолоджених матеріалів належать ячмінне борошно, рисова крупа, знежирене кукурудзяне борошно, патока та інші. Також використовується спеціально підготовлена технологічна вода, дріжджі для низового та верхового бродіння, а також хміль та продукти на його основі. Всі ці компоненти є необхідними для створення якісного пива. Принципова технологічна схема виробництва пива наведена на рис. 1.1.

Із зерносховища зернопродукти подаються у варильне відділення механічним або пневмотранспортом. Зважуються на автоматичних вагах; для видалення пилу і сторонніх домішок солод пропускають через полірувальну машину або повітряно-ситовий сепаратор, для видалення камінчиків, пропускають через камневловлювач, а металеві домішки видаляють на магнітному сепараторі, очищені зернопродукти подають на подрібнення.

Метою подрібнення зерна є сприяння швидшому розчиненню та фізико-біохімічному перетворенню зернових інгредієнтів під час процесу затирання для оптимального переносу екстрактивних речовин у сусло. Рівень подрібнення має значний вплив на процес затирання. Існують різні способи подрібнення, зокрема сухе, кондиційоване та мокре.

У методі сухого подрібнення особлива увага приділяється збереженню цілості оболонки зерна, оскільки її дрібні частинки можуть негативно впливати на смак і колір сусла, а також ускладнювати процес фільтрації затору. Подрібнений солод складається з чотирьох фракцій різного розміру: оболонка (лузга) становить 15-18%, крупна крупка – 18-22%, дрібна крупка – 30-35%, та борошно – 25-35%. Сухе подрібнення здійснюють за допомогою чотири- або

шестивалкових дробарок, де ступінь помелу регулюється за шириною щілини між валками.

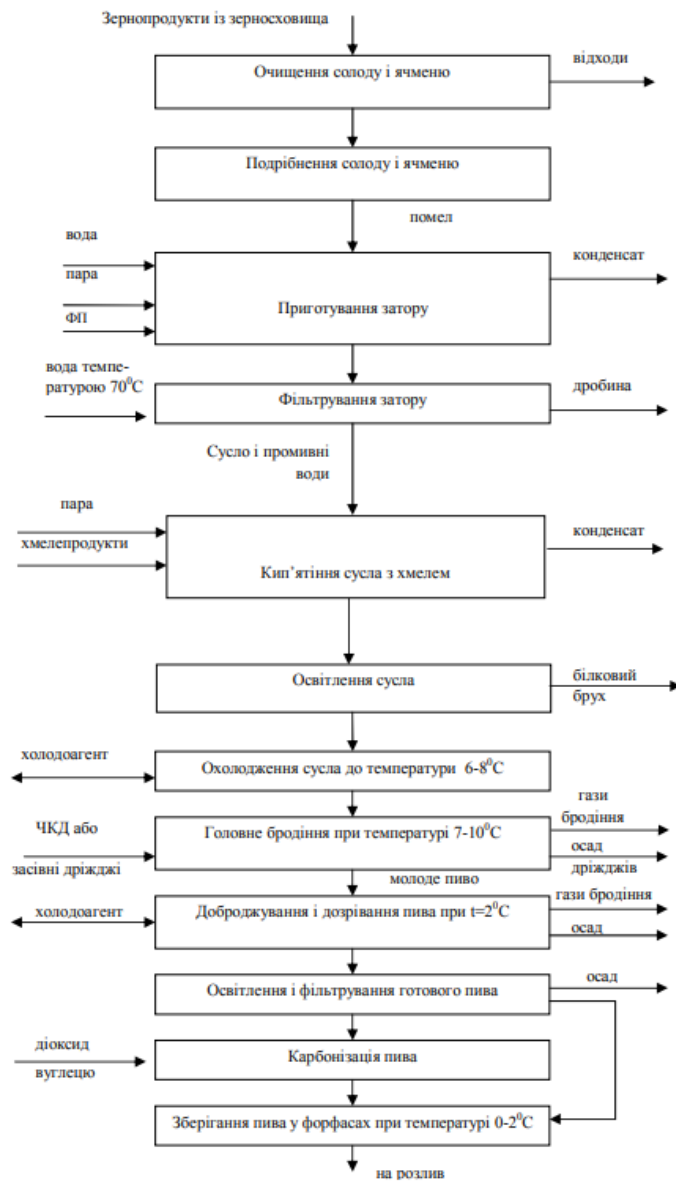


Рисунок 1.1 - Принципова технологічна схема виробництва пива

Кондиційоване подрібнення полягає у зволоженні солоду у бункері дробарки, де він протягом 60 секунд обробляється водою з температурою від 50 до 55 градусів Цельсія перед подрібненням на валках. Оскільки оболонка солоду поглинає вологу до 15-20% вологості, вона залишається цілісною і майже не подрібнюється.

У методі мокрого подрібнення оболонка солоду зволожується до 20-22% вологості під час замочування, що запобігає її руйнуванню під час подрібнення. Отриманий затір легкий та пухкий, що сприяє швидшому та ефективнішому процесу фільтрації. Солод змішується з водою, а вже готовий затір потім подається в заторний апарат. Однак цей метод має недоліки, включаючи збільшене використання екстракту та необхідність дуже ретельного дотримання санітарних норм.

### **1.3 Приготування пивного сусла**

Затор - це суміш води з подрібненими зерновими продуктами, яка готується із водою у співвідношенні від 1:4 до 1:2,5. Головна мета затирання полягає в перетворенні наявних сухих (екстрактивних) речовин у розчинну форму. Для цього створюються умови, сприятливі для активності гідролітичних ферментів, включаючи амілолітичні, протеолітичні та цитолітичні ферменти.

Основними факторами, які впливають на ферментативні процеси під час затирання, є температура, рН середовища та інактивація ферментів шляхом кип'ятіння частин затору. Процеси, які розпочиналися під час пророщування ячменю, продовжуються і під час затирання.

У процесі затирання солоду та інших зернових продуктів відбувається низка різноманітних процесів, які включають фізичні, біохімічні та хімічні зміни. На ранніх стадіях затирання у розчин переходять речовини, які не вимагають участі ферментів, такі як низькомолекулярні вуглеводи, амінокислоти, пентозани, мінеральні солі, ферменти, а також гіркі речовини оболонок зерна, що є частиною фізичного процесу.

Біохімічні процеси є ключовою частиною затирання, в основному зосереджені навколо гідролізу компонентів ендосперму зернових продуктів за допомогою гідролітичних ферментів.

Цитолітичні ферменти сприяють гідролізу геміцелюлоз, що призводить до вивільнення крохмальних зерен та збільшення активності амілолітичних

ферментів, які відповідають за розщеплення крохмалю. Ці ферменти розкладають некрохмальні полісахариди, такі як геміцелюлози, пектинові та гумові речовини, перетворюючи їх на пентозани,  $\beta$ -глюкан, арабінозу, ксилозу та глюкозу. Найбільш сприятливі умови для їхньої активності — це температура 40-45°C та рН 5,6.

Протеолітичні ферменти, такі як протеази та пептидази, відповідають за розщеплення білків. Близько 15% білкових речовин розщеплюються під час вирощування солоду, і ще приблизно 35% білків переходять у сусло під час затирання під впливом пептидаз. Інша частина білків коагулює під час кип'ятіння. Коагуляція відбувається у два етапи: спочатку денатурація білків з подальшим переходом їх у дегідратований стан, де вони формують дрібну суспензію, а потім відбувається збільшення дегідратованих міцел. Частина білків, які не розщеплюються ані під час вирощування солоду, ані під час затирання, залишається у дробині.

Під час затирання відбуваються ключові біохімічні процеси, що впливають на якість пива. При температурі 50°C відбувається накопичення низькомолекулярних білкових фракцій, а при 60°C - високомолекулярних фракцій, важливих для піни і смаку пива. Однак занадто високий рівень цих фракцій може спричинити помутніння пива. Оптимальний рН для протеолітичних ферментів - близько 5,5.

Амілолітичні ферменти важливі для гідролізу крохмалю, який частково розщеплюється вже під час пророщування. Зміни крохмалю відбуваються у три етапи: клейстеризація, розрідження та оцукрення. Для клейстеризації крохмалю його необхідно нагріти з водою, після чого він набухає, лопається та утворює в'язкий розчин. Температура клейстеризації залежить від типу крохмалю і знижується на 20°C у присутності амілаз.

Під дією  $\alpha$ -амілази при 65-70°C і рН 6,0 відбувається розрідження крохмального клейстеру. Цей фермент інактивується при 80°C. Оцукрення, яке

включає роботу  $\alpha$ - та  $\beta$ -амілаз, відбувається паралельно з розрідженням. Оптимальні умови для  $\beta$ -амілази - температура  $60^{\circ}\text{C}$  та рН 5,6, але вона інактивується при  $70^{\circ}\text{C}$ .

Способи затирання зернових продуктів для виробництва пива можна розділити на дві основні групи: настійний та відварювальний, який включає одно-, дво- та трьохвідварювальні методи.

При настійному методі зернопродукти змішують з водою при температурі  $40-45^{\circ}\text{C}$ , використовуючи гідромодуль 1:4. Цей процес включає декілька етапів з різними температурними паузами для активації різних ферментів. Після закінчення цих етапів затір нагрівають до  $75^{\circ}\text{C}$  і перекачують на фільтрацію. Настійний метод підходить для високоякісного солоду з високою амілолітичною активністю.

Методи затирання з відварками використовуються для солоду нижчої якості або при використанні несолодженої сировини. Залежно від методу, різні частки затору піддаються кип'ятінню. Одновідварний спосіб рекомендується для солоду з високою оцукрювальною здатністю, тоді як методи з двома та трьома відварками застосовуються для різних типів солоду, включаючи темний солод або солод з низькою ферментативною активністю. Залежно від обраного способу затирання та температурних пауз можна отримати різні види пива, від світлих до темних сортів, з різним вмістом цукрів та декстринів. Для відварних методів затирання зазвичай необхідні два заторних апарати, один для основного затору і інший для відварювання. Найбільш поширеним є двохвідварний метод, який дозволяє обробляти солод різної якості, з різними температурними режимами.

Процес затирання для виробництва пива може бути реалізований за допомогою настійного або відварювального способів, включно з одно-, дво- та трьохвідварювальними методами.

У настійному методі, після змішування солоду з водою, затор проходить через декілька температурних пауз, що дозволяє активізувати різні ферменти. Після кінцевого нагрівання до 76-77°C, затор перекачують на фільтрацію.

При відварювальному методі, частина затору кип'ятиться, що дозволяє покращити переробку солоду нижчої якості та виготовлення темних сортів пива. Двохвідварний спосіб включає кип'ятіння двох частин затору з різними ферментативними процесами та температурними режимами, що забезпечує високий вихід екстракту і глибше забарвлення пива. Тривідварний спосіб є найбільш складним і тривалим, використовується для виготовлення темних сортів пива, забезпечуючи підвищення виходу екстракту.

Кожен з методів затирання дозволяє отримати сусло з різним складом, що впливає на кінцеві характеристики пива, включаючи смак, колір та глибину бродіння.

Процес затирання для виготовлення пива включає різні етапи, які забезпечують якісний гідроліз крохмалю та білків. Для солоду, що потребує тривалішого оцукрювання, затір витримують при 63-68°C на 20 хвилин. Третє відварювання здійснюється з метою підвищення температури загального затору та зупинки ферментативних процесів. Відбирається рідка частина затору з вищою концентрацією ферментів, яка кип'ятиться 10-20 хвилин та потім повертається до основної маси. Після 30-хвилинної витримки перевіряється повнота оцукрення, після чого затір передається на фільтрування.

В обладнанні варильного відділення використовуються різні варильні апарати, що можуть містити від двох до шести посудин. Фільтрування затору включає відділення сусла від дробини з мінімальними втратами екстрактивних речовин. Перше сусло фільтрується протягом 90 хвилин, а промивання дробини триває 120 хвилин. У сучасних фільтрпресах використовується тонкий помел солоду, і весь процес фільтрування займає 60-90 хвилин.

Кип'ятіння сусла з хмелем забезпечує стабілізацію його хімічного складу, стерилізацію, коагуляцію білкових речовин та збагачення сусла хмельовими речовинами. Відфільтроване сусло, яке є високодисперсною колоїдною системою, стає мутним під час закипання через порушення агрегатної стійкості. Коагуляція білкових речовин проходить у дві стадії: денатурація, а потім коагуляція. Для ефективного утворення і видалення осаду, сусло кип'ятять 1,5-2 години.

Для підвищення ефективності кип'ятіння сусла з хмелем, застосовують метод кип'ятіння під надлишковим тиском із зовнішнім кип'ятильником. Це може бути кожухотрубний або пластинчастий теплообмінник, де через труби проходить сусло, а пара - зовнішньо. Кип'ятильник може бути встановлений вертикально або горизонтально, останній нахилиють для кращого стікання конденсату.

Розміри кип'ятильника залежать від необхідної площі нагріву, що визначається кількістю труб, їх діаметром та довжиною. Швидкість проходження сусла критична, щоб уникнути пригорання або карамелізації, а також відкладення коагульованого білка. Мінімальна швидкість сусла становить 2,6-3,0 м/с. Для рівномірності теплообміну, в горизонтальних трубах застосовують поворотні труби для багаторазового проходження сусла.

Існують два основних способи кип'ятіння сусла: під невеликим надлишковим тиском, що підвищує температуру вторинної пари, і без тиску, але з виносним кип'ятильником, де сусло кипить при 102-104°C. Різниця температур між парою та сусликом не повинна перевищувати 10°C. Площа поверхні теплопередачі складає 10-11 м<sup>2</sup> на 1000 дал готового сусла.

За достатньої швидкості протікання та малої різниці температур між парою та сусликом, теплообмінник може обробляти до 30-40 варок за добу. При введенні сусла в апарат, тиск у ньому знижується, що сприяє інтенсивному випаровуванню. Циркуляційний насос вибирається таким чином, щоб весь

об'єм сусліварильного апарату проходив через кип'ятильник приблизно 8 разів на годину.

Процес зовнішнього кип'ятіння сусла, спочатку розроблений як допоміжний захід для поліпшення ефективності сусліварильного апарату, тепер став важливою частиною процесу варіння пива. Завдяки цьому методу можна точно регулювати циркуляцію сусла, адаптуючи його до об'єму апарату. Гіркота хмелю залежить від методу та часу його внесення в сусло, яке зазвичай охмелюється у кілька етапів.

Кінець кип'ятіння сусла визначається за концентрацією сухих речовин, відповідно до сорту виготовлюваного пива, та за якістю виділення бруху і прозорості сусла. Ефективність варильного відділення оцінюють за виходом екстракту у відсотках, розраховуючи за формулою, яка враховує об'єм сусла, його концентрацію, густину та масу зернопродуктів, а також коригувальний коефіцієнт для зменшення об'єму сусла після охолодження.

Освітлення сусла зазвичай виконується за допомогою гідроциклонних апаратів, які ефективні та прості в конструкції. Сусло подається в апарат з великою швидкістю, створюючи обертовий рух, який відокремлює тверді частинки. Охолодження сусла перед бродінням необхідне для забезпечення оптимальної температури для діяльності пивних дріжджів.

Для оптимізації умов бродіння, дріжджі низового бродіння вимагають охолодження сусла до температури 5-6°C, тоді як для дріжджів верхового бродіння ідеальною є температура 14-16°C. З огляду на високу температуру сусла, яка становить 90-92°C після гідроциклонного апарату, воно надходить безпосередньо до пластинчастого охолоджувача.

## 1.4 Зброджування пивного сусла

Процес бродіння є складним біохімічним процесом, під час якого специфічні мікроорганізми з допомогою ферментів перетворюють поживні речовини у нові продукти. Пивне бродіння включає кілька ключових етапів: активацію дріжджів, введення сусла та дріжджів у бродильні апарати, ферментацію сусла, охолодження молодого пива, зняття дріжджів із осаду та їхню підготовку до наступного циклу, а також перекачування молодого пива для подальшого дозрівання.

Верхове і низове бродіння відрізняються за видом дріжджів та режимом температур. У рамках кожного з цих процесів існують дві основні стадії: первинне бродіння та доброджування і дозрівання пива.

Класичний метод бродіння передбачає проведення первинного бродіння у закритих апаратах з нержавіючої сталі. Для посадки дріжджів використовуються дріжджі з попередніх циклів бродіння. Концентрація дріжджів становить приблизно 0,04-0,05 дм<sup>3</sup> на кожен дал сусла. Дріжджі перед введенням у сусло розброджують за допомогою стерильного повітря, діоксиду вуглецю або мішалки, а потім суміш перекачують у основні бродильні апарати.

Бродіння може проводитися в холодному режимі при температурі до 9°C або в теплому – до 12-19°C. Для контролю температури використовується охолодження водою або ропою, що циркулює через систему змішувачів у бродильному апараті. Головне бродіння складається з чотирьох фаз.

Перша стадія (забіл) на поверхні сусла утворюється ніжно-біла піна, яка триває протягом 1-1,5 доби, характеризується розмноженням дріжджів, екстракт зменшується на 0,2-0,5 % за добу. Друга стадія – період низьких завитків: триває 2-3 доби, за кожен добу зброджується 0,5-1 % екстрактних речовин з інтенсивним виділенням діоксиду вуглецю. Утворюється густа, компактна піна, виділяються і окислюються хмелюві смоли. Третя стадія – стадія високих завитків – характеризується найбільшою інтенсивністю

бродіння. Тривалість 3 доби, за кожен добу зброджується 1-1,5 % екстракту з інтенсивним виділенням діоксиду вуглецю. Виділення хмельових смол помітне, під кінець піна стає коричневою.

Четвертий період – утворення деки – завитки опадають, дріжджі утворюють пластівці і випадають в осад, пиво освітлюється, видалення діоксиду вуглецю майже припиняється, тривалість 2 доби, екстракт зброджується на 0,5-0,2 % на добу. Одержаний продукт називають молодим пивом. Головне бродіння триває 6-14 діб залежно від концентрації суслу і температури бродіння, раси і кількості засівних дріжджів.

Під кінець головного бродіння молоде пиво має температуру 5-6о С, тому перед перекачуванням на доброджування його охолоджують до температури 2оС. Молоде пиво має грубий смак, ще досить каламутне, при перекачуванні втрачає певну кількість діоксиду вуглецю і не має товарного вигляду. Речовини, які формують букет молодого пива (діацетил) альдегіди, сірчисті сполуки, надають пиву незрілого смаку і аромату і при підвищенні концентрації негативно впливають на його якість. Ці речовини під час доброджування і дозрівання повинні бути видалені із пива біохімічним шляхом, що і складає мету дозрівання пива.

### **1.5 АСК в пивоварінні: Огляд та порівняння міжнародного досвіду**

Автоматизовані системи керування в пивоварінні є неодмінною частиною сучасного виробництва, але їхнє застосування та розвиток мають певні регіональні особливості. Провідні пивоварні у світі використовують різні підходи до автоматизації, керуючись локальними умовами, традиціями та ринковими потребами.

У Європі, зокрема у країнах з багатовіковими пивоварними традиціями, таких як Німеччина та Бельгія, велика увага приділяється збереженню класичних методів виробництва. Тут АСК використовуються для підтримки високих стандартів якості, при цьому зберігаючи традиційні рецептури та

методи варіння пива. Автоматизація зосереджена на контролі ключових параметрів бродіння, температурі та часі варіння, дозволяючи пивоварам зберігати сталість якості продукції.

У Сполучених Штатах підхід до автоматизації в пивоварінні набагато більше зосереджений на інноваціях та гнучкості. Американські пивоварні часто експериментують з різними сортами хмелю, техніками бродіння та смаковими добавками. В цьому контексті, АСК використовуються не тільки для підтримки якості, але й для забезпечення оперативності та ефективності експериментальних виробничих циклів.

Азіатський ринок, зокрема Китай та Японія, демонструє високу ступінь автоматизації в пивоварінні. Тут акцент робиться на високотехнологічних інноваціях і широкомасштабній автоматизації, що дозволяє забезпечити масове виробництво пива з високою якістю та низькими витратами. Ці регіони швидко адаптують новітні технології, включаючи штучний інтелект і машинне навчання, для оптимізації виробничих процесів.

Занурюючись глибше в аналіз міжнародного досвіду застосування автоматизованих систем керування в пивоварінні, ми бачимо, що кожен регіон представляє унікальний підхід, заснований на своїх культурних, економічних та технологічних особливостях. Цей різноманітний досвід надає цінні уроки та інсайти, які можуть бути застосовані для покращення процесів автоматизації в українському пивоварінні.

У країнах, де пивоваріння має давню історію, таких як Чехія та Бельгія, спостерігається цікаве поєднання традиційних методів варіння пива з сучасними технологічними інноваціями. Ці країни зберігають класичні рецептури та методики, одночасно використовуючи АСК для точного контролю якості та оптимізації виробничих процесів. Таке поєднання дозволяє зберігати автентичність та високу якість продукту.

На противагу цьому, у регіонах з швидким технологічним розвитком, таких як Японія та Південна Корея, спостерігається тенденція до повної автоматизації виробничих процесів. У цих країнах велика увага приділяється інноваційним технологічним рішенням, що забезпечують високу продуктивність та ефективність виробництва. Такий підхід може включати в себе використання розширеного аналітичного програмного забезпечення для контролю якості, інтелектуальні системи управління виробництвом, та навіть роботизоване обладнання для розливу та упаковки продукції.

Розглядаючи міжнародний досвід у сфері автоматизації пивоваріння, стає зрозуміло, що кожен регіон вносить свій унікальний вклад в розвиток галузі. Від традиційного підходу в Європі до інноваційно орієнтованого в США та високотехнологічного в Азії - всі ці підходи формують глобальний ландшафт сучасного пивоваріння.

Ця різноманітність підходів надає важливі уроки та ідеї для оптимізації та модернізації автоматизованих систем керування в українському пивоварінні.

## **1.6 Оцінка існуючих систем**

У сучасному пивоварінні роль автоматизованих систем керування (АСК) не можна недооцінити, оскільки вони відіграють вирішальну роль у забезпеченні ефективності та якості виробничих процесів. При оцінці ефективності існуючих АСК в пивоварінні важливо розглянути низку ключових факторів, які впливають на загальну продуктивність та операційну ефективність заводів.

Перш за все, автоматизація дозволяє значно збільшити продуктивність заводу, зокрема через оптимізацію часу виробництва та підвищення пропускної спроможності обладнання. Це також знижує потребу в ручній праці, що не тільки зменшує витрати на робочу силу, але й мінімізує людські помилки.

Якість продукції є ще одним критичним аспектом, де АСК показують свою ефективність. Завдяки точному контролю та моніторингу на кожному етапі

виробництва, від варіння суслу до бродіння та розливу, системи забезпечують високу стабільність характеристик продукту. Це не тільки гарантує відповідність стандартам якості, але й підтримує довіру споживачів до бренду.

Економічна ефективність також відіграє важливу роль у оцінці АСК. Автоматизація допомагає оптимізувати використання ресурсів, знижувати витрати на енергію та сировину та мінімізувати виробничі відходи. Такий підхід не тільки зменшує екологічний вплив виробництва, але й сприяє підвищенню загальної рентабельності.

Адаптивність та гнучкість сучасних АСК дозволяють швидко реагувати на зміни виробничих умов, впроваджувати нові продукти чи адаптуватися до змін у попиті. Це забезпечує пивоварним заводам можливість ефективно конкурувати на ринку, що постійно змінюється.

Поглиблюючи аналіз ефективності існуючих автоматизованих систем керування в пивоварінні, важливо взяти до уваги додаткові аспекти, які впливають на загальний успіх виробничого процесу.

Інноваційність та Технологічний Прогрес Сучасні АСК в пивоварінні не лише підтримують базові виробничі функції, але й активно включають новітні технологічні розробки. Використання таких технологій, як IoT (Інтернет речей) та Big Data, дозволяє збирати та аналізувати великі обсяги даних, що значно підвищує точність управління процесами та дозволяє передбачати потенційні проблеми на ранніх стадіях.

Сталий Розвиток та Екологічна Відповідальність Ефективність АСК також важлива з точки зору сталого розвитку. Впровадження енергоефективних технологій та оптимізація використання ресурсів відповідає сучасним вимогам екологічної відповідальності. Автоматизація допомагає скоротити викиди вуглецю, ефективніше використовувати водні ресурси та зменшувати кількість відходів.

Гнучкість у Відповіді на Ринкові Зміни Здатність автоматизованих систем швидко адаптуватися до змін ринкових умов є вирішальною для підтримання конкурентоспроможності пивоварних заводів. Наприклад, здатність швидко налаштовувати виробничі лінії під нові види продукції або варіації існуючих рецептур дозволяє пивоварням ефективно реагувати на зміни споживчих вподобань та тенденцій.

Отже, існуючі системи автоматизації в пивоварінні демонструють високу ефективність не лише через оптимізацію виробничих процесів, але й через інтеграцію інноваційних технологій, внесок у сталий розвиток галузі та здатність адаптуватися до швидко змінних умов ринку. Це підкреслює важливість постійного розвитку та удосконалення автоматизованих систем для підтримання лідируючих позицій у галузі пивоваріння.

### **1.7 Аналіз існуючих алгоритмів інтелектуального керування у пивоварінні**

Аналізуючи існуючі алгоритми інтелектуального керування в сфері пивоваріння, важливо розглянути, як вони впливають на весь виробничий процес та яку роль вони відіграють у підвищенні ефективності та якості продукції. Сучасне пивоваріння не обмежується традиційними методами; це галузь, де широко використовуються новітні технології, включаючи інтелектуальні системи керування.

Перш за все, варто зазначити, що інтелектуальне керування в пивоварінні зосереджується на оптимізації ключових процесів, таких як контроль температури бродіння, керування часом ферментації, та якістю сировини. Застосування розумних алгоритмів дозволяє точно регулювати ці процеси, адаптуючи їх до змінних умов та специфікацій пива.

Ключовим аспектом інтелектуального керування є його здатність до самонавчання та адаптації. Використовуючи дані з попередніх виробничих циклів, системи можуть аналізувати ефективність різних параметрів і,

відповідно, вносити корективи для підвищення якості та ефективності наступних циклів. Це не тільки підвищує загальну продуктивність, але й забезпечує вищу стабільність продукту.

Ще одним важливим елементом є використання передових аналітичних інструментів для моніторингу та оптимізації споживання ресурсів. Це особливо актуально в контексті зростаючої уваги до екологічних аспектів виробництва, де інтелектуальні алгоритми допомагають зменшувати витрати на енергію та сировину, одночасно збільшуючи ефективність виробничих процесів.

Сучасні алгоритми інтелектуального керування в пивоварінні фокусуються на збільшенні ефективності та якості продукції через оптимізацію критичних виробничих процесів. Використовуючи дані в реальному часі, ці алгоритми адаптують процеси бродіння та ферментації, забезпечуючи високу якість пива з одного виробничого циклу в інший.

| Етап Виробництва | Алгоритми Інтелектуального Керування | Функції                                 |
|------------------|--------------------------------------|---|
| Підготовка сусла | Аналіз якості сировини               | Оптимізація співвідношення інгредієнтів |
| Ферментація      | Регулювання температури та часу      | Підтримання оптимальних умов бродіння   |
| Фільтрація       | Моніторинг чистоти та якості         | Забезпечення консистентності продукту   |
| Розлив           | Автоматизоване дозування та упаковка | Ефективність та точність упаковки       |

Таблиця.1.1 - Огляд алгоритмів інтелектуального керування у пивоварінні

Ця таблиця демонструє, як різні алгоритми інтелектуального керування можуть бути застосовані на різних етапах виробництва пива, забезпечуючи високий рівень контролю та оптимізації процесів.

В підсумку, інтелектуальні алгоритми керування в пивоварінні відіграють вирішальну роль у сучасному виробництві. Вони не тільки покращують оперативність та ефективність процесів, але й сприяють інноваціям та розвитку галузі, відповідаючи на зростаючі вимоги ринку та споживачів.

## **2. РОЗРОБКА МОДЕЛЕЙ ПРОГНОЗУВАННЯ ДЛЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИГОТУВАННЯ ПИВНОГО СУСЛА**

### **2.1 Визначення змінних та параметрів для прогнозування**

Розробка моделей прогнозування для технологічних процесів приготування пивного сусла відіграє ключову роль у сучасному виробництві пива. Представлені прогнози дозволяють ефективно управляти різноманітними параметрами виробництва, забезпечуючи високу якість та консистентність продукції. Важливим етапом у цьому процесі є визначення ключових змінних та параметрів, які впливають на якість та характеристики пивного сусла.

Прогнозування в контексті виробництва пива дозволяє аналізувати історичні дані та враховувати велику кількість змінних, що впливають на кінцевий продукт. Це включає в себе фактори, такі як температура, рН рівень, відсоток алкоголю, відсоток екстрактивних речовин та інші параметри, які можуть бути важливими для досягнення певних характеристик пива.

Важливим етапом у визначенні моделей прогнозування є ідентифікація та розуміння ключових змінних та параметрів, які визначають якість та властивості пивного сусла. Знання цих факторів надає можливість налагоджувати моделі для точного передбачення результатів технологічних процесів. Розглянемо детальніше основні змінні та параметри для прогнозування.

#### **2.1.1 Температура**

Температура виграє вирішальну роль у процесах приготування пивного сусла та впливає на різноманітні аспекти, що визначають якість та характеристики кінцевого продукту. Врахування та прогнозування цього параметра є надзвичайно важливим для забезпечення консистентності та оптимальної якості пива. Розглянемо детальніше вплив температури на технологічні процеси приготування пивного сусла.

Температура має прямий вплив на розчинення екстрактивних речовин у суслі, таких як цукри та інші розчинні компоненти солоду. Збільшення температури під час машинного вирощування сусла сприяє кращому розчиненню цукрів, що визначає підвищення відсотка екстрактивних речовин та підвищує кінцевий вміст алкоголю в пиві.

В термічно контрольованих умовах ферментації, температура визначає швидкість та ефективність перетворення цукрів у алкоголь та вуглекислоту. Для різних стилів пива і видів дріжджів може бути оптимальний діапазон температур, який впливає на смакові властивості та аромат пива.

Температурні умови під час процесу фільтрації можуть впливати на видалення відпрацьованих дріжджів та осаду, покращуючи ясність та чистоту пива. Визначення оптимальної температури для цього етапу може покращити зовнішній вигляд та прозорість пива.

Під час розливу пива у пляшки чи бочки, температурний режим грає важливу роль у забезпеченні стабільності та якості продукту. Недостатня температура регулювання може призвести до неправильностей в кінцевому продукті.

Розробка моделі прогнозування температурних умов враховує усі зазначені аспекти та дозволяє знаходити оптимальний діапазон температур для кожного конкретного етапу виробництва. Це сприяє якісному контролю та оптимізації технологічних процесів приготування пивного сусла.

### **2.1.2 Рівень pH**

pH рівень сусла вирішально впливає на якість та характеристики кінцевого продукту. Оптимальний рівень кислотності забезпечує ефективність ферментації, розчинення екстрактивних речовин та формування смакових властивостей пива. Розглянемо детальніше вплив pH рівня на технологічні процеси приготування пивного сусла:

pH рівень безпосередньо впливає на активність ферментів, відповідальних за перетворення цукрів у алкоголь та інші продукти. Оптимальний pH рівень допомагає забезпечити ефективність ферментації та досягнення бажаного вмісту алкоголю. pH рівень суслу має великий вплив на смакові властивості та аромат пива. Зміна pH може відзначати певні смакові відтінки, варіюючи від кислого до солодкого. Контроль pH рівня є важливим для досягнення бажаного профілю смаку. pH також впливає на розчинення екстрактивних речовин, таких як цукри та інші компоненти солоду. Оптимальний pH сприяє ефективному розчиненню цих речовин, що визначає вміст алкоголю та солодкість пива.

Під час різних етапів виробництва, таких як машинне вирощування сусла чи ферментація, pH може змінюватися. Важливо визначати оптимальний pH для кожного етапу та регулювати його в межах, які сприяють досягненню бажаних результатів. Розробка моделей прогнозування pH рівня допомагає точно визначати оптимальні значення та забезпечує контроль за змінами на різних етапах виробництва. Це необхідно для досягнення стабільності та якості пива.

### **2.1.3 Відсоток алкоголю**

Відсоток алкоголю в пиві є ключовим показником його міцності та впливає на смакові характеристики та загальний сприйняття продукту. Прогнозування та контроль цього параметра важливі для забезпечення відповідності стандартам якості та заданим характеристикам пива. Розглянемо детальніше вплив відсотка алкоголю на технологічні процеси приготування пивного сусла:

Головна фаза виробництва алкоголю в пиві відбувається під час ферментації, коли дріжджі перетворюють цукри на алкоголь та вуглекислоту. Прогнозування відсотка алкоголю вимагає точного визначення вхідних параметрів, таких як вміст цукрів та ефективність ферментації. Вибір та якість

сировини, такої як солод, вода та хміль, визначає кількість розчинених цукрів та екстрактивних речовин, що впливає на вміст алкоголю в кінцевому продукті.

Оптимальний контроль над температурою та тривалістю ферментації дозволяє досягнути бажаного вмісту алкоголю. Моделі прогнозування допомагають оптимізувати ці умови для кожної партії пива. Після завершення ферментації важливо вимірювати вміст алкоголю та, за необхідності, коригувати його для досягнення бажаного рівня міцності. Розробка моделей прогнозування для відсотка алкоголю допомагає забезпечити консистентність у виробництві, зменшуючи варіації та забезпечуючи стабільний вміст алкоголю в усіх партіях пива.

Прогнозування відсотка алкоголю важливе для відповідності стандартам та регуляціям, а також для задоволення смакових вподобань споживачів. Подальший розвиток моделей прогнозування відсотка алкоголю в пиві дозволяє виробникам забезпечити якість та консистентність своєї продукції, що є ключовим чинником в індустрії пивоваріння.

#### **2.1.4 Відсоток екстрактивних речовин**

Відсоток екстрактивних речовин у пиві визначається кількістю розчинених речовин, таких як цукри, білки та інші компоненти суслу. Цей параметр важливий для формування смакового профілю, тіла та аромату пива. Розглянемо детальніше вплив відсотка екстрактивних речовин на технологічні процеси приготування пивного суслу:

Відсоток екстрактивних речовин включає в себе розчинені цукри, які важливі для ферментації та вироблення алкоголю. Кількість розчинених цукрів визначає солодкість пива. Більша кількість екстрактивних речовин призводить до тілесного та насиченого смаку пива. Це важливо для досягнення бажаного балансу та текстури пива.

Прогнозування відсотка екстрактивних речовин допомагає визначити вміст різних компонентів, таких як цукри, білки та інші, що впливають на смакові

якості та структуру пива. Відсоток екстрактивних речовин взаємодіє з ферментами під час ферментації. Контроль цього параметра дозволяє точно регулювати хід ферментації та впливати на кінцевий продукт. Відсоток екстрактивних речовин також залежить від вибору сировини, зокрема солоду. Різні сорти солоду мають різний вміст екстрактивних речовин, що визначає характеристики пива.

Розробка моделей прогнозування для відсотка екстрактивних речовин допомагає виробникам забезпечити стабільність якості продукції та оптимізувати рецептури для досягнення бажаних смакових та структурних характеристик пива.

### **2.1.5 Час ферментації**

Час ферментації – це ключовий параметр у виробництві пива, який визначає тривалість періоду, протягом якого дріжджі перетворюють цукри в алкоголь та інші речовини. Коректне управління цим процесом має величезний вплив на кінцеві характеристики та смак пива. Розглянемо детальніше вплив часу ферментації на технологічні процеси приготування пивного суслу:

Час ферментації визначає період, протягом якого дріжджі переводять цукри в алкоголь та інші побічні продукти. Контроль цього процесу важливий для забезпечення повного перетворення цукрів та досягнення бажаного вмісту алкоголю. Тривалість ферментації може впливати на смакові та ароматичні характеристики пива. Довша ферментація може призвести до більшого утворення ефірів та інших сполук, що визначають аромат. Час ферментації є фактором, який визначає, наскільки повністю відбудеться перетворення цукрів в алкоголь. Це важливо для точного контролю вмісту алкоголю та підтримання стабільності виробництва. Температура під час ферментації також важлива. Зміна температури може впливати на активність дріжджів та продукцію різних сполук, що впливають на смак та аромат пива.

Моделі прогнозування часу ферментації можуть базуватися на даних попередніх виробничих партій, допомагаючи виробникам ефективно планувати та відслідковувати цей етап виробництва. Час ферментації може варіюватися в залежності від стилю пива. Для лагерів потрібен довший час, тоді як для ель та інших стилів може застосовуватися більш короткий період.

Час ферментації є ключовим етапом, який вимагає уваги та контролю для досягнення бажаних характеристик пива та підтримання стандартів якості у виробництві.

### **2.1.6 Відношення сировини**

Відношення сировини в контексті виробництва пива відноситься до пропорцій та співвідношень різних компонентів, таких як солод, вода, хміль та дріжджі. Контроль цих відношень має значення для досягнення певних смакових характеристик та стилю пива. Розглянемо детальніше вплив відношення сировини на технологічні процеси приготування пивного суслу:

1. Визначення оптимального відношення різних сортів солоду в рецептурі впливає на солодкість, кольорову гаму та інші смакові характеристики пива. Контроль розподілу солоду допомагає досягти балансу між солодкістю та гіркотою.
2. Вода є важливим компонентом пива, і її склад може варіюватися залежно від регіону. Відношення різних хімічних компонентів у воді, таких як мінерали, впливає на смак та характеристики пива.
3. Відношення кількості та видів хмелю в рецептурі визначає гіркоту, аромат та смакові властивості пива. Контроль цього відношення дозволяє досягти бажаних характеристик.
4. Дріжджі впливають на алкогольність, аромат та смак пива. Відношення видів дріжджів та їхню концентрацію можна регулювати для досягнення певного профілю пива.

Відношення сировини може варіюватися в залежності від стилю пива, виробника та регіональних традицій. Наприклад, для ель та лагерів можуть бути використані різні відношення складових.

Моделі прогнозування можуть використовуватися для забезпечення консистентності відношень сировини в рецептурі та виробництві. Це важливо для підтримання стабільності якості та бренду пивоварні. Відношення сировини також може слугувати об'єктом експериментації та інновацій, дозволяючи виробникам творчо підходити до створення нових смак.

## **2.2 Розробка моделей прогнозування**

Розробка правильної моделі прогнозування є критичним етапом у розробці системи управління технологічними процесами приготування пивного суслу. Від цього вибору залежить точність та ефективність прогнозів, які використовуються для оптимізації виробничих процесів. Для прогнозування технологічних параметрів приготування пивного суслу можна використовувати різні підходи та моделі. Розглянемо та проаналізуємо моделі, що будуть актуальні для виконання поставленого завдання.

### **2.2.1 Лінійна регресія в контексті прогнозування технологічних параметрів пивного виробництва**

Лінійна регресія є простим та ефективним методом для моделювання лінійних залежностей між вхідними факторами та прогнозованим параметром. У виробництві пива вона може бути використана для прогнозування та оптимізації технологічних параметрів, таких як температура, рН рівень та інші. Розглянемо основні аспекти та переваги використання лінійної регресії.

Лінійна регресія може бути представлена математичною формулою:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n$$

де:

$y$  - прогнозований параметр,

$x_1, x_2, \dots, x_n$  - вхідні фактори,

$b_0, b_1, \dots, b_n$  - коефіцієнти регресії.

Лінійна регресія може бути ефективною для моделювання лінійних взаємозв'язків, таких як температура та рН рівень. Модель може мати вигляд:

$$\text{Температура} = b_0 + b_1 \cdot \text{Час доби} + b_2 \cdot \text{Сезонність}$$

$$\text{рН рівень} = b_0 + b_1 \cdot \text{Кількість кислоти} + b_2 \cdot \text{Інші фактори}$$

В якості переваг використання нелінійної регресії для прогнозування технологічних параметрів пивного виробництва можна визначити:

- Простота та інтерпретованість: Лінійна регресія - це простий метод, легко зрозуміти та використовувати. Коефіцієнти моделі мають чіткий фізичний або хімічний зміст, що полегшує їх інтерпретацію.
- Ефективність для лінійних взаємозв'язків: Лінійна регресія ефективна, коли залежність між вхідними факторами та прогнозованим параметром є лінійною. У виробництві пива це може бути застосовано, наприклад, для прогнозування температури або концентрації речовин.
- Швидкість навчання та застосування: Лінійна регресія часто має низькі обчислювальні витрати та швидко навчається, що робить її ефективною для задач з великою кількістю ознак.

В якості недоліків використання нелінійної регресії для прогнозування технологічних параметрів пивного виробництва можна визначити:

- Припущення про лінійність - Основний недолік полягає в тому, що лінійна регресія робить припущення про лінійність залежності між факторами та прогнозованим параметром. Якщо відносини складні або нелінійні, результати можуть бути неточними.
- Вразливість до викидів (Outliers): - Лінійна регресія чутлива до викидів у даних, що може призвести до відхилень у прогнозах. Невідповідні дані можуть впливати на якість моделі.
- Відсутність врахування нелінійних ефектів: Якщо залежність складна та має нелінійні аспекти, лінійна регресія може недостатньо точно відобразити реальну ситуацію.
- Відсутність автоматичного врахування взаємодій між ознаками: Лінійна регресія не автоматично враховує взаємодії між ознаками, що може бути критичним у випадках, коли взаємодії мають суттєвий вплив.

Лінійна регресія - це потужний та простий метод прогнозування, який може бути ефективним у виробництві пива за умови, що залежність є лінійною та не має великої складності. Однак для складних технологічних процесів, де взаємозв'язки можуть бути складні та нелінійні, інші методи, такі як нейронні мережі чи градієнтний бустінг, можуть виявитися більш ефективними.

### **2.2.2 Метод опорних векторів (Support Vector Machines) в контексті прогнозування технологічних параметрів пивного виробництва**

Метод опорних векторів (SVM) є потужним алгоритмом для задач класифікації та регресії. В контексті прогнозування технологічних параметрів пивного виробництва, SVM може бути використаний для моделювання складних та нелінійних залежностей. SVM спробує знайти оптимальну гіперплощину, яка найкраще розділяє дані різних класів або прогнозовані

значення. Ця гіперплощина обирається таким чином, щоб максимізувати відстань між найближчими точками кожного класу, які називаються опорними векторами. SVM може бути використаний для прогнозування різних технологічних параметрів у виробництві пива. Наприклад, якщо ми маємо дані щодо різних факторів, таких як час ферментації, температура, відсоток алкоголю тощо, SVM може побудувати модель для прогнозування конкретного параметру.

Математична модель для методу опорних векторів (SVM) в задачі регресії може бути представлена наступним чином:

Нехай маємо набір тренувальних даних  $\{(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)\}$ , де  $x_i$  - вектор ознак, а  $y_i$  - відповідний вихід (прогнозований параметр). Мета полягає в побудові моделі, яка може прогнозувати  $y$  для нових вхідних даних.

Нехай  $x_i$  - вектор ознак для  $i$ -го екземпляра, а  $y_i$  - відповідний вихід. Ми хочемо знайти функцію  $f(x)$ , яка найкраще апроксимує залежність між  $x$  та  $y$ .

Модель SVM для задачі регресії можна представити у вигляді:

$$f(x) = w \cdot x + b$$

де:

$w$  - ваговий вектор,

$b$  - параметр зсуву (bias).

Оптимізаційна задача полягає у мінімізації функції витрат (штрафів) за невідповідність прогнозованих значень реальним даним та водночас у максимізації ширини розділяючої полоси між двома класами (в регресії - між

прогнозованими значеннями). Оптимізаційна задача SVM для регресії має вигляд:

$$\min_{w,b,\xi,\epsilon} \frac{1}{2} \|w\|^2 + C \sum_{i=1}^n (\xi_i + \epsilon_i)$$

з обмеженнями:

$$\begin{aligned} y_i - (w \cdot x_i + b) &\leq \epsilon_i + \xi_i \\ (w \cdot x_i + b) - y_i &\leq \epsilon_i + \xi_i \\ \epsilon_i, \xi_i &\geq 0 \end{aligned}$$

де:

$\epsilon_i$  - величина невідповідності (помилки "по" або "за" різницею),

$\xi_i$  - штраф за величину помилки,

$C$  - параметр регуляризації, який контролює баланс між мінімізацією величини помилки та максимізацією ширини розділяючої полоси.

В якості переваг використання методу опорних векторів для прогнозування технологічних параметрів пивного виробництва можна визначити:

- Ефективність у високорозмірних просторах: SVM ефективно працює в високорозмірних просторах, що робить його відмінним для задач з багатьма ознаками, які часто зустрічаються у виробництві пива.
- Ефективність при нелінійних залежностях: Однією з основних переваг SVM є його здатність моделювати складні та нелінійні залежності між ознаками та прогнозованим параметром.

- Врахування взаємодій між ознаками: SVM може ефективно враховувати взаємодії між різними ознаками, що може бути важливим у виробництві пива, де різні параметри можуть взаємодіяти між собою.
- Висока точність прогнозів: У випадку добре налаштованої моделі SVM, можна досягти високої точності прогнозів.

В якості недоліків використання методу опорних векторів для прогнозування технологічних параметрів пивного виробництва можна визначити:

- Великі обчислювальні витрати: В низькорозмірних просторах, алгоритм SVM може бути обчислювально витратним, зокрема при великій кількості ознак.
- Складність налаштування параметрів: SVM має параметри, такі як параметри ядра та константи регуляризації, які можуть бути складні для налаштування і можуть впливати на результати моделі.

Метод опорних векторів (SVM) є потужним і ефективним алгоритмом для прогнозування технологічних параметрів у виробництві пива, особливо коли залежності є нелінійними чи складними. Враховуючи його переваги та недоліки, важливо добре налаштовувати параметри для досягнення оптимальної точності моделі.

### **2.2.3 Моделі часових рядів (Time Series Models)**

Моделі часових рядів є ефективним інструментом для прогнозування технологічних параметрів, які змінюються від часу. У виробництві пива такі параметри можуть включати час ферментації, концентрацію алкоголю, відсоток екстрактивних речовин тощо. Розглянемо основні аспекти та переваги використання моделей часових рядів в контексті поставленого завдання.

Основною ідеєю моделей часових рядів є врахування структури часового вимірювання та попередніх значень для прогнозування майбутніх значень.

Одна з базових моделей - ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average), складається з трьох компонент:

1. Авторегресія (AR): Враховує залежність величини від її попередніх значень.
2. Інтегрованість (I): Враховує рівень диференціації часового ряду для забезпечення стаціонарності.
3. Ковзне середнє (MA): Враховує вплив стохастичних величин та шуму.

Базову модель ARIMA можна представити за допомогою наступної формули:

$$Y_t = \mu + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \epsilon_t - \theta_1 \epsilon_{t-1} - \theta_2 \epsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \epsilon_{t-q}$$

де:

$Y_t$  - значення часового ряду в момент часу  $t$ ,

$\mu$  - середнє значення часового ряду,

$\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$  - коефіцієнти авторегресії,

$\epsilon_t$  - біле шумове випадкове значення в момент часу  $t$ ,

$\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q$  - коефіцієнти ковзного середнього,

$p$  - порядок авторегресії,

$q$  - порядок ковзного середнього.

Ця формула представляє ARIMA модель з параметрами  $p$  (авторегресія),  $d$  (інтегрованість) та  $q$  (ковзне середнє). У випадку прогнозування технологічних параметрів пивного виробництва, значення  $Y_t$  може представляти відсоток алкоголю, час ферментації чи інші характеристики, які змінюються з часом.

Моделі часових рядів можна використовувати для прогнозування технологічних параметрів, таких як відсоток алкоголю або час ферментації. Наприклад, якщо є часовий ряд відсотку алкоголю в пиві, модель ARIMA може бути використана для прогнозування майбутніх значень на основі попередніх вимірювань.

В якості переваг використання моделей числових рядів для прогнозування технологічних параметрів пивного виробництва можна визначити:

- Врахування динаміки часу: Моделі часових рядів дозволяють враховувати динаміку змін в часі, що є критичним у виробництві пива, де параметри можуть змінюватися відповідно до часу.

- Прогнозування з короткотерміною та довготерміною перспективою: Моделі часових рядів дозволяють прогнозувати як короткотермінові, так і довготермінові зміни, забезпечуючи виробникам пива важливу інформацію для планування виробництва.

- Адаптація до структури даних: Моделі часових рядів можуть ефективно адаптуватися до різних структур даних, включаючи нерегулярний часовий розподіл вимірювань.

В якості недоліків використання моделей числових рядів для прогнозування технологічних параметрів пивного виробництва можна визначити:

- Чутливість до стохастичності: Моделі часових рядів можуть бути чутливими до стохастичних або випадкових впливів, що може впливати на точність прогнозування.

- Неєфективність при зміні тенденцій: У разі різкої зміни тенденції часового ряду моделі ARIMA можуть виявитися менш ефективними.

- Важкість врахування сезонності: Деякі моделі часових рядів можуть мати обмежену ефективність у врахуванні сезонних ефектів, таких як

щорічні чи місячні зміни, що є важливим у виробництві пива, де можуть існувати сезонні варіації.

- Вимога до стаціонарності: Багато моделей часових рядів передбачають стаціонарність часового ряду, що може вимагати додаткового перетворення або корекцій для врахування трендів та сезонності.

Моделі часових рядів є корисним інструментом для прогнозування технологічних параметрів у виробництві пива, зокрема для врахування динаміки часу та взаємозв'язків між попередніми та майбутніми значеннями. Важливо враховувати обмеження та вибирати моделі, що найкраще відповідають особливостям конкретного часового ряду.

#### **2.2.4 Нейронні мережі в контексті прогнозування технологічних параметрів пивного виробництва**

Нейронні мережі - це потужний клас моделей машинного навчання, які можуть бути успішно використані для прогнозування технологічних параметрів у виробництві пива. Розглянемо основні аспекти та переваги використання нейронних мереж у цьому контексті.

Нейронні мережі базуються на імітації роботи людського мозку. Основними компонентами є штучні нейрони, які об'єднуються в шари. Нейрони взаємодіють через ваги, які піддаються навчанню. Мережа має входи, приховані шари і виходи.

Загальна математична модель простої прямої прохідної нейронної мережі може бути представлена за допомогою матричних операцій та функцій активації, де:

$X$  - вектор вхідних значень.

$H$  - вектор вихідних значень прихованого шару.

$Y$  - вектор вихідних значень мережі.

$W_{in}$  - матриця ваг прихованого шару.

$W_{hidden}$  - матриця ваг вихідного шару.

$f_{hidden}$  - функція активації прихованого шару.

$f_{out}$  - функція активації вихідного шару.

Модель може бути визначена наступним чином:

Прихований шар:  $H = f_{hidden}(X \cdot W_{in})$

Вихідний шар:  $Y = f_{out}(H \cdot W_{hidden})$

Ця модель визначає вихід мережі  $Y$  на основі вхідного вектору  $X$  та параметрів ваг  $W_{in}$  та  $W_{hidden}$ , з урахуванням функцій активації. В процесі тренування ваги  $W_{in}$  та  $W_{hidden}$  оптимізуються для мінімізації функції втрат між прогнозованими значеннями та реальними даними.

Нейронні мережі можуть бути використані для прогнозування різних технологічних параметрів у виробництві пива. Наприклад, якщо є дані щодо різних факторів, таких як температура, час ферментації, відсоток алкоголю тощо, нейронна мережа може вивчити складні залежності між цими параметрами та прогнозувати майбутні значення.

В якості переваг використання моделей нейронних мереж для прогнозування технологічних параметрів пивного виробництва можна визначити:

- Здатність моделювати складні залежності: Нейронні мережі можуть вивчати та адаптуватися до складних та нелінійних залежностей між вхідними та вихідними параметрами.

- Гнучкість та адаптивність: Нейронні мережі можуть адаптуватися до змін у вхідних даних та пристосовуватися до нових умов.

- Ефективність для великих обсягів даних: Вони можуть бути ефективними при обробці великих обсягів даних, що є важливим у виробництві пива, де може бути багато вимірювань.

В якості недоліків використання моделей нейронних мереж для прогнозування технологічних параметрів пивного виробництва можна визначити:

- Велика потреба у даних для навчання: Нейронні мережі можуть вимагати значної кількості даних для ефективного навчання.

- Чутливість до гіперпараметрів: Важливо налагоджувати гіперпараметри (кількість шарів, кількість нейронів тощо) для досягнення оптимальної ефективності.

Нейронні мережі представляють сучасний та потужний підхід для прогнозування технологічних параметрів у виробництві пива. Важливо враховувати їхні переваги та недоліки при виборі та налаштуванні моделі для конкретної задачі.

### **2.2.5 Моделі вибіркового навчання (Gradient Boosting) в контексті прогнозування технологічних параметрів пивного виробництва**

Метод вибіркового навчання, або градієнтний бустінг, є потужним ансамблевим методом машинного навчання, який може бути успішно використаний для прогнозування технологічних параметрів у виробництві пива. Давайте розглянемо основні аспекти та переваги використання градієнтного бустінгу.

Градієнтний бустінг є ансамблевим методом, який об'єднує декілька слабких моделей для створення потужної прогнозуючої моделі. В основі лежить ідея побудови нових моделей, які спрямовані на коригування помилок попередніх моделей.

Основні етапи градієнтного бустінгу можна визначити як:

- Ініціалізація моделі: Початкова модель ініціалізується, і прогнозується вихід для тренувального набору даних.

- Обчислення помилок: Обчислюється градієнт функції втрат відносно прогнозів.

- Навчання нової моделі: Будується нова модель, орієнтована на градієнт функції втрат.

- Оновлення ваг: Оновлюються ваги моделі, призначаючи їм оптимальні значення, щоб мінімізувати функцію втрат.

- Ансамблювання: Нова модель додається до ансамблю, і процес повторюється.

Гرادієнтний бустінг може бути використаний для прогнозування різних технологічних параметрів у виробництві пива. Задача полягає в тому, щоб знаходити оптимальні ваги для слабких моделей, які максимально коригують помилки прогнозів.

В якості переваг використання моделей вибіркового навчання для прогнозування технологічних параметрів пивного виробництва можна визначити:

- Висока точність прогнозів: Градієнтний бустінг, зокрема з деревами рішень, володіє високою точністю прогнозів. Він може добре вирішувати складні завдання, де є багато залежностей та нелінійностей.

- Здатність моделі адаптуватися до даних: Градієнтний бустінг може ефективно адаптуватися до різноманітних структур у даних та виявляти складні взаємозв'язки між вхідними параметрами та цільовими змінними.

- Робота з різними типами даних: Градієнтний бустінг може використовуватися як для регресії, так і для класифікації. Він добре підходить для прогнозування числових значень (наприклад, відсоток алкоголю) або категорій (наприклад, клас якості пива).

- Робота з великими обсягами даних: Градієнтний бустінг може ефективно працювати з великими обсягами даних, що може бути важливим у виробництві пива, де може бути багато вимірювань та параметрів.

В якості недоліків використання моделей вибіркового навчання для прогнозування технологічних параметрів пивного виробництва можна визначити:

- Схильність до перенавчання: Якщо кількість базових моделей занадто велика, градієнтний бустінг може стати схильним до перенавчання, особливо на невеликих наборах даних.

Чутливість до викидів: Градієнтний бустінг може бути чутливим до викидів у даних, що може призвести до нестабільності прогнозів.

### **2.3 Визначення загального методу прогнозування для системи інтелектуального керування технологічними процесами приготування пивного сусла**

На основі зазначених критеріїв можна визначити загальну формулу прогнозування, з урахуванням параметрів температура, рН рівень, відсоток алкоголю, відсоток екстрактивних речовин, час ферментації та відношення сировини, що буде виглядати наступним чином:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 \cdot X_1 + \beta_2 \cdot X_2 + \beta_3 \cdot X_3 + \beta_4 \cdot X_4 + \beta_5 \cdot X_5 + \beta_6 \cdot X_6 + \varepsilon$$

де:

$Y$  - технологічний параметр, який ми прогнозуємо,

$X_1, X_2, \dots, X_6$  - значення відповідних параметрів температури, рН рівню, відсотку алкоголю, відсотку екстрактивних речовин, часу ферментації, відношення сировини,

$\beta_0$  - константа (зсув),

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_6$  - коефіцієнти регресії,

$\varepsilon$  - випадкова помилка.

Ця формула представляє собою лінійну комбінацію вхідних параметрів з врахуванням константи та випадкової помилки. Мета - знайти оптимальні значення коефіцієнтів  $(\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_6)$ , які мінімізують відхилення прогнозованих значень від реальних значень в навчальному наборі даних.

### **3. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ НА БАЗІ РЕАЛІЗОВАНОЇ МОДЕЛІ ПРОГНОЗУВАННЯ**

#### **3.1 Визначення архітектури проектованої системи**

Для реалізації проектованої інформаційної системи інтелектуального керування **технологічними процесами приготування пивного сусла на базі моделей прогнозування** було вирішено використовувати архітектуру клієнт – серверного застосунку. Архітектура клієнт-сервер є досить поширеною та ефективною моделлю для розробки інформаційних систем, включаючи системи інтелектуального керування. Наведемо кілька обґрунтувань використання цієї архітектури у розробці інформаційної системи керування **технологічними процесами приготування пивного сусла**:

- Розподілена архітектура: Клієнт-серверна модель дозволяє розподілити функціональність системи між клієнтськими та серверними компонентами. У випадку керування **технологічними процесами приготування пивного сусла**, клієнтські компоненти можуть бути реалізовані у вигляді веб-інтерфейсу а серверні компоненти - це база даних, сенсори та інші системні компоненти. Це дозволяє покращити масштабованість та надійність системи, розподіляючи навантаження та забезпечуючи більш ефективне управління ресурсами.

- Централізоване управління даними: Використання сервера дозволяє централізовано зберігати та управляти даними **приготування пивного сусла**. Інформація щодо критеріїв прогнозування, заміри та інші аспекти процесу керування **технологічними процесами приготування пивного сусла** можуть бути збережені у базі даних на сервері, що забезпечує консистентність та доступність даних для різних користувачів. Це спрощує управління та обробку даних, а також забезпечує безпеку та захист інформації.

- Забезпечення доступу до даних: Клієнт-серверна архітектура дозволяє різним користувачам отримувати доступ до даних одночасно.
- Зменшення обробки на клієнтському пристрої: Використання архітектури клієнт-сервер дозволяє зменшити навантаження на клієнтські пристрої, так як більшість обчислень та обробки даних відбуваються на сервері. Клієнтські пристрої можуть мати обмежені обчислювальні та мережеві ресурси, особливо у випадку мобільних пристроїв. Використання сервера для обробки складних операцій, проведення моделювання та інших завдань допомагає забезпечити більш швидку та ефективну роботу клієнтських додатків.
- Забезпечення безпеки: Клієнт-серверна архітектура може допомогти забезпечити безпеку в інформаційній системі керування **технологічними процесами приготування пивного сусла**. Сервер може бути налаштований для автентифікації та авторизації користувачів, контролю доступу до різних функцій та даних системи. Крім того, централізоване збереження даних на сервері дозволяє реалізувати резервне копіювання та захист інформації від втрати або пошкодження.
- Масштабованість: Клієнт-серверна архітектура забезпечує гнучкість та масштабованість системи. В разі збільшення обсягу даних або кількості користувачів можна легко масштабувати серверну інфраструктуру, додавши нові сервери або розподіливши навантаження між ними.

Принцип роботи обраної архітектури наведено на рисунку 3.1.

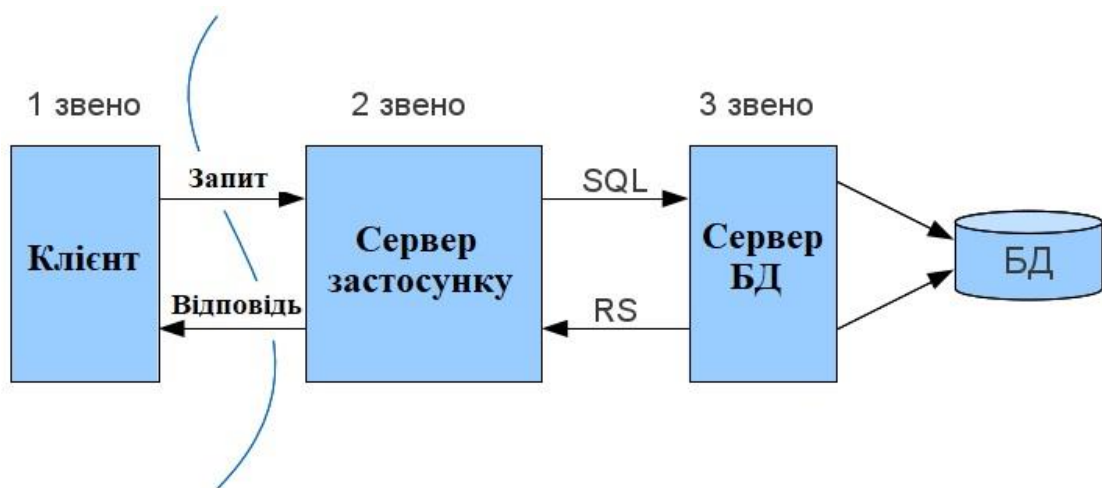


Рисунок 3.1 – Принцип роботи архітектури клієнт - сервер

### 3.2 Призначення програмних модулів

Проектована інформаційна система складається з набору програмних модулів, кожний з яких реалізує логіку тих чи інших процесів. У таблиці 3.1 наведено призначення програмних модулів.

| № з/п | Позначення | Призначення   |
|-------|------------|---|
| 1     | Index      | Модуль головної сторінки інформаційної системи, відповідає за навігацію по системі, відображення інформації щодо поточних сортів пивного сусла, що актуальні для аналізу та інформаційного блоку щодо використання системи. |
| 2     | Statistic  | Модуль для реалізації можливості автоматизованого інтелектуального  |

|   |              |   |
|---|--------------|---|
|   |              | аналізу статистичних результатів замірів зразків пивного сусла.   |
| 3 | Predict      | Модуль для реалізації інтерфейсу прогнозування параметрів приготування сусла на основі вхідних даних.   |
| 4 | Get_data     | Модуль для реалізації логіки отримання даних щодо замірів зразків пивного сусла з сенсорів або бази даних.  |
| 5 | Get_predict  | Модуль для реалізації логіки навчання моделі та подальшої взаємодії з нею для подальшого прогнозування параметрів приготування пивного сусла на основі даних, що було надано на вхід системи. |
| 6 | Contact-us   | Модуль для реалізації логіки залишення користувачем відгуку щодо використання послуг системи.   |
| 7 | Auth         | Модуль для реалізації сторінки та логіки авторизації користувача у системі. Авторизація обов'язкова для використання системи.   |
| 8 | Registration | Модуль для реалізації сторінки та логіки реєстрації користувача у системі. Реєстрація обов'язкова для використання системи.   |
| 9 | Logout       | Модуль для реалізації логіки завершення сесії користувача.  |

Таблиця 3.1 - Призначення програмних модулів

### 3.3 Інформаційне забезпечення системи

Для того, щоб зберігати інформацію щодо **процесів приготування пивного сусла**, користувачів, замірів зразків сусла, тощо було реалізовано базу даних. Бази даних використовуються у інформаційних системах для зберігання, керування та організації великих обсягів даних. Ось декілька основних причин використання баз даних у інформаційних системах:

- Зберігання даних: База даних є центральним місцем для зберігання даних, таких як інформація про користувачів, продукти, транзакції тощо. Вона дозволяє структуровано зберігати дані в таблицях, рядках та стовпцях, що спрощує організацію та управління інформацією.
- Керування даними: База даних надає механізми для керування даними, такими як додавання, оновлення та видалення записів. Це дозволяє змінювати та оновлювати дані в системі, забезпечуючи актуальність та цілісність інформації.
- Запити та аналітика: Бази даних дозволяють виконувати складні запити та аналізувати дані для отримання необхідної інформації. Запити можуть бути використані для вибору конкретних даних, сортування, фільтрації, обчислення агрегатних функцій та здійснення інших операцій для виявлення корисної інформації.
- Цілісність даних: Бази даних забезпечують механізми для забезпечення цілісності даних. Це означає, що дані в базі даних повинні задовольняти визначені правила та обмеження. Наприклад, можна встановити обмеження на типи даних, виконувати перевірки на унікальність значень, наявність обов'язкових полів тощо. Це допомагає забезпечити консистентність та точність

Структуру бази даних проекрованої системи керування **процесами приготування пивного сусла** наведено у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Структура бази даних

| Об'єкт                        | Власність                | Тип     | Розмірність | Ідентифікатор       |
|-------------------------------|--------------------------|---------|-------------|---------------------|
| Таблиця зразків пивного суслу | Ідентифікатор            | Integer | 100         | Id                  |
|                               | Зображення               | Varchar | 100         | Img                 |
|                               | Назва                    | Varchar | 100         | Title               |
|                               | Опис                     | Varchar | 1000        | Description         |
| Таблиця замірів зразків суслу | Ідентифікатор            | Integer | 100         | Id                  |
|                               | Температура приготування | Float   | 100         | Temperature         |
|                               | Рівень рН                | Float   | 100         | pH                  |
|                               | Відсоток алкоголю        | Float   | 100         | Alcoholpercentage   |
|                               | Субстрактні речовини     | Float   | 100         | Substancepercentage |
|                               | Час ферментації          | Float   | 100         | Fermentation Time   |
|                               | Кількість солоду         | Float   | 100         | Malt                |
|                               | Кількість                | Float   | 100         | Hops                |

|                  |                      |             |         |                |
|------------------|----------------------|-------------|---------|----------------|
|                  | хмелю                | loat        | 0       |                |
|                  | Кількість води       | F<br>loat   | 10<br>0 | Water          |
|                  | Кількість дріжджів   | F<br>loat   | 10<br>0 | Yeast          |
|                  | Ідентифікатор зразку | I<br>nteger | 10<br>0 | Variety_id     |
| Таблиця відгуків | Ідентифікатор        | I<br>nteger | 10<br>0 | msgID          |
|                  | Ім'я відправника     | V<br>archar | 10<br>0 | senderfname    |
|                  | Прізвище відправника | V<br>archar | 10<br>0 | senderlname    |
|                  | Email відправника    | V<br>archar | 10<br>0 | senderemail    |
|                  | Відгук               | V<br>archar | 50<br>0 | Senderfeedback |

|  |                         |   |             |     |                  |
|--|-------------------------|---|-------------|-----|------------------|
| Таблиця<br>результатів<br>замірів зразків<br>сусла | Ідентифікатор           |   | Int         | 100 | Id               |
|  | Дата заміру             |   | V<br>archar | 100 | Measure<br>mdate |
|  | Результат<br>заміру     | 1 | V<br>archar | 100 | 1result          |
|  | Результат<br>заміру     | 2 | V<br>archar | 100 | 2result          |
|  | Результат<br>заміру     | 3 | V<br>archar | 100 | 3result          |
|  | Результат<br>заміру     | 4 | V<br>archar | 100 | 4result          |
|  | Результат<br>заміру     | 5 | V<br>archar | 100 | 5result          |
|  | Результат<br>заміру     | 6 | V<br>archar | 100 | 6result          |
| Таблиця<br>результатів<br>прогнозування            | Ідентифікатор           |   | Int<br>eger | 100 | Id               |
|  | Ідентифікатор<br>зразку |   | V<br>archar | 100 | Variety_<br>id   |
|  | Вхідний<br>параметр 1   |   | V<br>archar | 100 | Patametr<br>1    |
|  | Вхідний<br>параметр 2   |   | V<br>archar | 100 | Patametr<br>2    |
|  | Вхідний<br>параметр 3   |   | V<br>archar | 100 | Patametr<br>3    |
|  | Вхідний<br>параметр 4   |   | V<br>archar | 100 | Patametr<br>4    |
|  | Результат 1             |   | V           | 100 | Result1          |

|                         |                              |             |     |              |
|-------------------------|------------------------------|-------------|-----|--------------|
|                         |                              | archar      |     |              |
|                         | Результат 2                  | V<br>archar | 100 | Result2      |
|                         | Результат 3                  | V<br>archar | 100 | Result3      |
|                         | Результат 4                  | V<br>archar | 100 | Result4      |
|                         | Результат 5                  | V<br>archar | 100 | Result5      |
|                         | Дата та час<br>прогнозування | V<br>archar | 100 | Datetime     |
| Таблиця<br>користувачів | Ідентифікатор                | Int<br>eger | 100 | Id           |
|                         | Логін                        | V<br>archar | 100 | Login        |
|                         | Ім'я                         | V<br>archar | 100 | Name         |
|                         | Прізвище                     | V<br>archar | 100 | Lname        |
|                         | Пароль                       | V<br>archar | 100 | Passwor<br>d |
|                         | Відділ                       | V<br>archar | 100 | Depart       |

### 3.4 Заходи захисту від несанкціонованого доступу до системи

Для забезпечення інформаційної безпеки особистих даних користувачів, ці дані буде зашифровано за допомогою алгоритмів симетричного шифрування. Симетричне шифрування передбачає використання одного й того самого ключа і для зашифрування, і для розшифрування. До симетричних алгоритмів застосовуються дві основні вимоги: повна втрата всіх статистичних закономірностей в об'єкті шифрування та відсутність лінійності. Прийнято розділяти симетричні системи на блокові та потокові. У блокових системах відбувається розбиття вихідних даних на блоки з подальшим перетворенням ключем. У поточних системах виробляється певна послідовність (вихідна гамма), яка у подальшому накладається саме повідомлення, і шифрування даних відбувається потоком у міру генерування гами. Схема зв'язку з використанням симетричної криптосистеми представлена малюнку. Де  $M$  - відкритий текст,  $K$  - секретний ключ, що передається по закритому каналу,  $E_p(M)$  - операція зашифрування, а  $D_k(M)$  - операція розшифрування.

Операція підстановки виконує першу вимогу до симетричного шифру, позбавляючись будь-яких статистичних даних шляхом перемішування бітів повідомлення за певним заданим законом. Перестановка необхідна до виконання другої вимоги – надання алгоритму нелінійності. Досягається за рахунок заміни певної частини повідомлення заданого обсягу на стандартне значення шляхом звернення до вихідного масиву.

Симетричні системи мають свої переваги, так і недоліки перед асиметричними. До переваг симетричних шифрів відносять високу швидкість шифрування, меншу необхідну довжину ключа за аналогічної стійкості, велику вивченість і простоту реалізації. Недоліками симетричних алгоритмів вважають насамперед складність обміну ключами через велику ймовірність порушення секретності ключа при обміні, який необхідний, і складність управління ключами у великій мережі.

| Екстра параметри |            |           |               |                                  |                                  |  |
|------------------|------------|-----------|---------------|----------------------------------|----------------------------------|--|
| user_id          | first_name | last_name | email         | password                         | Confirm                          |  |
| 7                | user1      | user1     | user1@mail.ru | 24c9e15e52afc47c225b757e7bee1f9d | 24c9e15e52afc47c225b757e7bee1f9d |  |

Рис. 3.2 - Зберігання зашифрованих даних у базі даних

### 3.5 Технічне та системне забезпечення розробки

#### 3.5.1. Обґрунтування вибору технічних засобів

Одним з найважливіших факторів, який необхідно врахувати під час розробки системи, є відповідність потреб у ресурсах наявному технічному забезпеченні. Програма має коректно працювати на сумісному з ним обладнанні.

Реалізація проекту проводиться в системі розробки сценаріїв (PHP), включає інтерпретатор мови, набір функцій для доступу до баз даних та різних служб Інтернет. Використання цього продукту пред'являє такі вимоги до обладнання та програмного забезпечення [17]:

- Процесор Intel Pentium III 866 МГц та вище (рекомендується Intel Pentium IV / Celeron 1800 МГц);
- Оперативна пам'ять 1024 Мбайт та вище;
- Дисковий простір щонайменше 100 Мб;
- Відеокарта 256Мб;
- Мінімальна роздільна здатність екрана 1024x768;
- 32-розрядна операційна система Windows (NT/2000/XP/Vista/Seven/10);
- Підтримка технології Flash;
- Інтернет-браузер: Opera, Mozilla Firefox, Internet Explorer, Google Chrome;
- Маніпулятор "миша";
- Клавіатура.

Для коректного запуску програмного продукту на сервері, визначено наступні вимоги до серверного обладнання та програмного забезпечення:

- Операційна система – Linux (CentOs, Debian тощо) .
- PHP 7, Mariadb, Nginx, PHP-FPM
- Оперативна пам'ять від 2 Гб.
- Наявність SSD
- Процесор щонайменше 2-х ядер.

Vesta, ISPmanager

### **3.5.2. Обґрунтування вибору ОС та протоколу обміну даними**

Для сервера вибрано операційну систему Windows Server Standard Edition, вона розроблена спеціально для невеликих відділів компаній та забезпечує ефективне створення загального доступу до файлів загального використання, безпечне підключення до Інтернету, централізоване розгортання настільних додатків та веб-рішення для організації взаємодії співробітників, партнерів, клієнтів.

Сервер Windows Server Standard Edition забезпечує високий рівень надійності, масштабованості та безпеки.

Для робочих станцій обрано операційну систему Microsoft Windows 10, так як вона має: високий рівень безпеки, включаючи можливість шифрування файлів та папок із метою захисту корпоративної інформації; підтримку мобільних пристроїв для забезпечення можливості працювати автономно або підключатися до комп'ютера у віддаленому режимі; вбудована підтримка високопродуктивних багатопроцесорних систем; можливість роботи з серверами Microsoft Windows Server та системами управління підприємствами; ефективна взаємодія з іншими користувачами у всьому світі завдяки можливостям багатомовної підтримки. Програма має український інтерфейс, що зручно всім користувачів підприємства.

### 3.6 Програмна реалізація header и footer для веб-сторінок

Header (головна частина, заголовок) в контексті веб-розробки визначає блок або секцію у верхній частині веб-системи. Цей блок містить заголовок, логотип, навігаційне меню та інші елементи, які важливі для ідентифікації та навігації по сторінкам системи. Header зазвичай залишається сталою на всіх сторінках сайту, забезпечуючи єдність дизайну та легкий доступ до ключових елементів.

Footer (підвал) в контексті веб-розробки визначає блок або секцію, розташовану у нижній частині веб-сторінки. Цей блок містить додаткову інформацію, яка не є основною, але може бути корисною для користувачів. Footer зазвичай містить посилання на сторінки з контактною інформацією, політикою конфіденційності, умовами використання, а також інші корисні посилання.

Для створюваного додатку було вирішено помістити в header горизонтальне меню для навігації функціоналом розроблюваної системи. Програмна реалізація наведена далі:

```
<div class="navbar-brand">
  <a href="index.php">
    <h1 class="navbar-heading">Прогнозування Пивного Сусла</h1>
  </a>
</div>
<div class="navbar-container">
  <nav class="navbar">
    <ul class="navbar-menu">
      <li><a href="index.php">Головна</a></li>
      <li><a href="predict.php">Прогнозування</a></li>
      <li><a href="contact-us.php">Відгук</a></li>
      <li><a href="logout.php">Вийти</a></li>
    </ul>
  </nav>
</div>
```

У footer частині було розміщено стандартну контактну інформацію про систему та загальну інформацію про нього. Програмна реалізація наведена далі:

```

    <div class="footer-section footer-section2">
    <h2><i class="fas fa-map-marked"></i> Зв'яжіться з нами </h2>
    <div class="footer-section-inner-container">
        <p>Зв'яжіться з нами , щоб зробити наш сервіс кращим, будь-який відгук
буде враховано.</p>
        <p>Телефон: +38 096 304 9117</p>
        <p>E-mail:sergyshtanko100@gmail.com</p>
    </div>
</div>
<div class="footer-section footer-section3">
    <p>© 2024 Diploma. Created by SergiyShtanko. </p>
    <a href="logout.php">Вийти</a>
    <a>Advertising</a>
    <a>Privacy Policy</a>
    <a>Contact </a>
</div>

```

### 3.7 Програмна реалізація головної сторінки системи

На головній сторінці були розміщені блоки з сортами пивного сусла, інформація щодо замірів якості яких наявна на сенсорному обладнанні чи в базі даних системи. Дані щодо зразків сусла знаходяться у базі даних та підгружаються на сторінку за запитом користувача. Також на сторінці представлено меню з описом процесу взаємодії з системою та наведено відеорецепти наявних сортів пивного сусла.

```

<?php
$link = mysqli_connect("localhost", "root", "", "suslo");
$sql = "SELECT * FROM Yeast_Varieties";
?>
<header></header>
<div id="home-section-1" class="movie-show-container">
    <h1>Зразки пивного сусла</h1>
    <h3>Оберіть зразок, інформацію щодо якого ви хочете отримати</h3>
    <div class="movies-container">

        <?php
            if($result = mysqli_query($link, $sql)){
                $lines = mysqli_num_rows($result);
                if(mysqli_num_rows($result) > 0){
                    for ($i = 0; $i <= $lines - 1; $i++){
                        $row = mysqli_fetch_array($result);
                        echo '<div class="movie-box">';
                        echo '';
                        echo '<div class="movie-info ">';
                        echo '<h3>'. $row['name'] .</h3>';
                        echo '<a href="statystic.php?id=' . $row['id']
                        .' "><i class="fas fa-ticket-alt"></i> Перейти </a>';
                        echo '</div>';
                        echo '</div>';
                    }
                    mysqli_free_result($result);
                } else{
                    echo '<h4 class="no-annot">На даний момент немає

```

```

актуальних зразків</h4>';
    }
    } else{
        echo "ERROR: Could not able to execute $sql. " .
mysqli_error($link);
    }
    mysqli_close($link);
?>
</div>

```

У даній ділянці коду реалізується підключення до бази даних за допомогою SQL запиту та побудова списку зразків пивного сусла, інформація щодо замірів якості яких наявна в базі даних системи. При натисканні на обраний зразок пивного сусла користувача буде перенесено на сторінку аналізу та відображення статистичної інформації щодо динаміки останніх замірів та загальної оцінки якості даного зразка.

```

<?php
session_start();
if($_SESSION['itlogin'] == ""){
    header('Location: /auth.php');
}else{
    $login = $_SESSION['itlogin'];

```

Наведена частина коду відповідає за проведення за наявності ініціалізованої сесії користувача, що було проведено на сторінці авторизації. Якщо сесії користувача не існує – його буде перенаправлено на сторінку авторизації.

```

<div id="home-section-2" class="services-section">
<h1>Як користуватися системою ?</h1>
<h3>Основні можливості системи прогнозування пивного сусла !</h3>

<div class="services-container">
    <div class="service-item">
        <div class="service-item-icon">
            <i class="fas fa-4x fa-video"></i>
        </div>

        <h2>1. Аналізуйте стасистичну інформацію</h2>
        <p>Отримайте детальну статистичну інфомрацію щодо замірів обраного пивного сусла!</p>
    </div>

    <div class="service-item">
        <div class="service-item-icon">
            <i class="fas fa-4x fa-credit-card"></i>
        </div>
        <h2>2. Прогнозуйте рівні параметрів приготування</h2>

```

```

        <p>Отримайте автоматичне розрахування оптимальних параметрів
приготування сусла на основі ваших даних!</p>
    </div>

    <div class="service-item">
        <div class="service-item-icon">
            <i class="fas fa-4x fa-theater-masks"></i>
        </div>
        <h2>3. Аналізуйте коефіцієнти якості</h2>
        <p>Отримуйте візуалізовану інформацію щодо загальних коефіцієнтів
якості пивного сусла згідно замірам!</p>
    </div>
    <div class="service-item"></div>
</div>

```

У цій ділянці коду реалізується меню з описом можливостей взаємодії з системою. Типи взаємодії представлені у вигляді динамічних іконок, що підсвічуються при наведенні.

```

    <div id="home-section-3" class="trailers-section">
        <h1 class="section-title">Необхідно згадати розроблені рецепти ?</h1>
        <h3>Ознайомтеся з відеозаписами щодо приготування вже розроблених зразків
пивного сусла !</h3>
        <div class="trailers-grid">
            <div class="trailers-grid-item">
                
                <div class="trailer-item-info" data-
video="n0WSA7uqZM8?si=oT3bI2qJWMGme03e">
                    <h3>Banana Nut Beer</h3>
                    <i class="far fa-3x fa-play-circle"></i>
                </div>
            </div>

            <div class="trailers-grid-item">
                
                <div class="trailer-item-info" data-video="iJmNeL1Tza4?si=Bj5-
rqBUOo1Tu0KC">
                    <h3>All-Grain Homebrewing</h3>
                    <i class="far fa-3x fa-play-circle"></i>
                </div>
            </div>

            <div class="trailers-grid-item">
                
                <div class="trailer-item-info" data-video="ktNCzB9UjdE?si=0Vu1-
umZcPIx1bi2">
                    <h3>ALL GRAIN Beer</h3>
                    <i class="far fa-3x fa-play-circle"></i>
                </div>
            </div>

            <div class="trailers-grid-item">
                
                <div class="trailer-item-info" data-
video="ZHBN_6GJUOQ?si=BZFQM2YnIeqGhhuq">

```

```
        <h3>Wee Heavy | Aerating Wort</h3>
        <i class="far fa-3x fa-play-circle"></i>
    </div>
</div>

<div class="trailers-grid-item">
    
    <div class="trailer-item-info" data-
video="LqPko6a3Wh4?si=UdcI4tV0YdB2lQAB">
        <h3>Fermented Ginger Beer</h3>
        <i class="far fa-3x fa-play-circle"></i>
    </div>
</div>

<div class="trailers-grid-item">
    
    <div class="trailer-item-info" data-video="s-Izvb5j-
pc?si=NKoFMO0GyUD3A6Mz">
        <h3>Wheat Beer from Scratch</h3>
        <i class="far fa-3x fa-play-circle"></i>
    </div>
</div>
</div>
```

У даній ділянці коду реалізований блок з відеопідказками щодо наявних сортів пивного суслу, що представлено у системі. При натисканні на відео розпочнеться відтворення. Інтерфейс сторінки наведено на рисунку 3.3.

# Прогнозування Пивного Сусла

Головна

Прогнозування

Видук

Вийти

## Зразки пивного сусла

Оберіть зразок, інформацію щодо якого ви хочете отримати



## Як користуватися системою ?

Основні можливості системи прогнозування пивного сусла !



### 1. Аналізуйте статистичну інформацію

Отримайте детальну статистичну інформацію щодо замірів обраного пивного сусла!



### 2. Прогнозуйте рівні параметрів приготування

Отримайте автоматичне розрахування оптимальних параметрів приготування сусла на основі ваших даних!



### 3. Аналізуйте коефіцієнти якості

Отримуйте візуалізовану інформацію щодо загальних коефіцієнтів якості пивного сусла згідно замірам!

## Необхідно згадати розроблені рецепти ?

Ознайомтеся з відеозаписами щодо приготування вже розроблених зразків пивного сусла !



### Соціальні Мережі



### Зв'яжіться з нами

Зв'яжіться з нами, щоб зробити наш сервіс кращим, будь-якої відгук буде враховано.  
Телефон: +38 099 999 99 99  
E-mail: [diplomawork@gmail.com](mailto:diplomawork@gmail.com)

Рисунок 3.3 - Інтерфейс головної сторінки системи

### 3.8 Програмна реалізація інтерфейсу аналітичної інформації щодо пивного сусла

На сторінці отримання статистичної інформації було розміщено загальну інформацію про зразок пивного сусла, що було обрано користувачем та реалізовано логіку отримання статистичної інформації щодо замірів даного сусла за останній період часу. Після отримання інформації, система виконує автоматичний аналіз та візуалізує на інтерфейс користувача графічне відображення результатів замірів та загальний відсоток якості обраного зразку пивного сусла під час замірів.

```
        $link = mysqli_connect("localhost", "root", "", "suslo");
        $query = "SELECT measurement_date FROM Process_Results";
        $result2 = mysqli_query($link, $query);

// Формування масиву дат для передачі в JavaScript
$dates = array();
while ($row = mysqli_fetch_assoc($result2)) {
    $dates[] = $row['measurement_date'];
}

$query = "SELECT * FROM Yeast_Varieties WHERE id = $id";
$imageById = mysqli_query($link, $query);
$row = mysqli_fetch_array($imageById);
$name = $row['name'];
?>
```

У цій частині коду виконується підключення до бази даних, з бази даних витягується інформація про обраний користувачем зразок сусла за його айді, яке передається методом GET разом із завантаженням сторінки, після чого система ініціює запит для отримання дат останніх замірів параметрів цього сусла для подальшої побудови графічного відображення результатів.

```
<body style="background-color:#6e5a11; ">
    <div class="booking-panel-section booking-panel-section4" style="width:
96%; margin-left: 2%; margin-bottom: 50px; ">
        <button class="btn btn-warning" onclick="window.location =
'index.php';" ><span> На головну </span></button>
        <div class="title" style="text-align: center;"><?php echo $name;
?></div>
        <div class="movie-box" style="width: 20%; margin-left: 40%;">
            <?php
            echo '';
            ?>
        </div>
        <div class="title" style="text-align: center;"><?php echo
$row['description'] ?></div>
        <div style="margin-left: 5%; padding-right: 5%;">
            <h1 class="text" style="color: sandybrown"> Статистичні заміри
```

```

</h1>
        <div id="charts"></div>
    </div>

    <button class="btn btn-warning" type="button" style="width: 40%;
margin-left: 30%; margin-top: 4%; margin-bottom: 2%;" onclick="prognose();"
><span id="span"> Перейти до прогнозування </span></button>
    </div>
</body>

```

Наведена частина коду реалізує інтерфейс для відображення графічної інформації щодо замірів параметрів обраного суслу.

```

    let id = <?php echo json_encode($id); ?>;
var dates = <?php echo json_encode($dates); ?>;
fetch('get_data.php?id=' + id)
    .then(response => response.json())
    .then(data => {
        const labels = Object.keys(data);
        const parameters = Object.keys(data[0]); // Отримання списку параметрів
з першого рядка даних
        const colors = ['rgba(255, 99, 132, 0.2)', 'rgba(54, 162, 235, 0.2)',
'rgba(255, 206, 86, 0.2)', 'rgba(75, 192, 192, 0.2)', 'rgba(153, 102, 255,
0.2)', 'rgba(255, 159, 64, 0.2)', 'rgba(255, 99, 132, 0.2)', 'rgba(54, 162, 235,
0.2)', 'rgba(255, 206, 86, 0.2)'];
        const borderColors = ['rgba(255, 99, 132, 1)', 'rgba(54, 162, 235, 1)',
'rgba(255, 206, 86, 1)', 'rgba(75, 192, 192, 1)', 'rgba(153, 102, 255, 1)',
'rgba(255, 159, 64, 1)', 'rgba(255, 99, 132, 1)', 'rgba(54, 162, 235, 1)',
'rgba(255, 206, 86, 1)'];

        // Створення графіків для кожного параметра заміру
parameters.forEach((parameter, index) => {
    if (parameter !== 'measurement_date') {
        const parameterData = data.map(row => row[parameter]);
        const chartContainer = document.getElementById('charts');
        // Додавання заголовка з назвою параметра українською мовою
        const parameterTitle = document.createElement('h3');
        parameterTitle.textContent =
getUkrainianParameterName(parameter);
        parameterTitle.classList.add('tag');
        chartContainer.appendChild(parameterTitle);
        // Створення графіка
        const ctx = document.createElement('canvas');
        ctx.classList.add('chart-canvas');
        chartContainer.appendChild(ctx);
        const chart = new Chart(ctx, {
            type: 'line',
            data: {
                labels: dates, // Використовуємо дати замірів як осьове
значення
                datasets: [{
                    label: getUkrainianParameterName(parameter),
                    data: parameterData,
                    backgroundColor: colors[index],
                    borderColor: borderColors[index],
                    borderWidth: 1
                }]
            }
        });
    }
});

```

Наведену частину коду реалізовано мовою JavaScript. Реалізована логіка ініціює запит до серверного файлу `get_data.php` для отримання даних щодо останніх замірів параметрів обраного зразку пивного сусла. Отримані у відповідь дані оброблюються системою, після чого за допомогою бібліотеки `Chart.js` на основі аналізу вхідних даних відбувається побудова графіків за основними параметрами, такими як температура приготування сусла, відсоток алкоголю, відсоток субстрактних речовин, час ферментації сусла, рН рівень, та кількість основних інгредієнтів при приготуванні сусла.

```
    $conn = new mysqli($host, $user, $password, $database);
if ($conn->connect_error) {
    die("Connection failed: " . $conn->connect_error);
}
$sql = "SELECT temperature, ph, alcohol_percentage,
extractive_substances_percentage, fermentation_time, malt, water, hops, yeast
FROM Process_Data WHERE yeast_variety_id = $id";
$result = $conn->query($sql);
// Підготовка результатів запиту
$data = [];
if ($result->num_rows > 0) {
    while($row = $result->fetch_assoc()) {
        $data[] = $row;
    }
}
// Вивід результатів у форматі JSON
header('Content-Type: application/json');
echo json_encode($data);
$conn->close();
?>
```

Наведена частина коду реалізує безпосередньо серверну частину запиту, виконує підключення до бази даних, формування асоціативного масиву з результатами замірів, кодування його у `Json` формат та передачу на сторінку виклику.



Рисунок 3.4 - Інтерфейс аналітичної інформації щодо обраного зразка пивного сусле

### 3.9 Програмна реалізація моделі прогнозування

Основним завданням проекрованої системи є можливість прогнозування оптимальної кількості параметрів приготування для **керування технологічними процесами приготування пивного сусла**. Як було визначено у другому розділі, оптимальним типом прогнозування буде модель на основі лінійної регресії. Модель повинна мати можливість навчатись на реальних даних з замірів зразків пивного сусла та на основі результату навчання мати можливість прогнозувати необхідні умови приготування для оптимізації процесу на основі вхідних даних. Перейдемо до програмної реалізації:

```
class LinearRegression
{
    protected $theta; // Параметри моделі (ваги)

    public function __construct($num_features)
    {
        // Ініціалізуємо параметри моделі
        $this->theta = array_fill(0, $num_features + 1, 0); // Ваги + зсув
    }
}
```

У даній частині коду ми ініціалізуємо клас `LinearRegression`, що буде відповідати за взаємодію з проектованою моделлю. Далі ми реалізуємо конструктор, в якому відбувається ініціалізація параметрів моделі. Змінна `$num_features` вказує на кількість ознак моделі, до якої додається 1 для зсуву. Ваги моделі ініціалізуються нулями за допомогою функції `array_fill()`.

```
public function train($X, $y, $learning_rate = 0.01, $iterations = 1000)
{
    // Навчання моделі на основі вхідних даних $X та вихідних даних $y
    $m = count($y); // Кількість прикладів в навчальному наборі
    $n = count($this->theta); // Кількість ознак (включаючи зсув)

    // Додамо стовпець одиниць до матриці ознак $X (для зсуву)
    $X = $this->addIntercept($X);

    // Градієнтний спуск
    for ($i = 0; $i < $iterations; $i++) {
        $predictions = $this->predict($X);
        $errors = array_map(function ($pred, $actual) {
            return $pred - $actual;
        }, $predictions, $y);

        // Оновлюємо ваги
        for ($j = 0; $j < $n; $j++) {
            $gradient = array_map(function ($error, $feature) {
                return $error * $feature;
            }, $errors, $X[$j]);
            $this->theta[$j] -= ($learning_rate / $m) * array_sum($gradient);
        }
    }
}
```

```
}  
}  
}
```

У наведеній частині коду ми реалізуємо метод `train`, що використовує градієнтний спуск для навчання моделі на основі вхідних даних  $X$  та вихідних даних  $y$ . Він виконує ітерації для оновлення параметрів моделі у напрямку, який зменшує функцію втрат. Кожна ітерація включає обчислення прогнозованих значень, помилок та оновлення ваг моделі.

Наступним кроком ми реалізуємо метод `predict`. Цей метод використовується для прогнозування значень на основі вхідних даних  $X$ . Він викликає метод `hypothesis()` для обчислення значень гіпотези для кожного рядка вхідних даних.

```
public function predict($X)  
{  
    // Прогнозування значень на основі вхідних даних $X  
    $predictions = [];  
    foreach ($X as $row) {  
        $predictions[] = $this->hypothesis($row);  
    }  
    return $predictions;  
}
```

Наступним кроком реалізуємо безпосередньо сам метод `hypothesis`, що обчислює значення гіпотези для заданих вхідних даних  $x$ , використовуючи параметри моделі (ваги) та ознаки  $x$ .

```
protected function hypothesis($x)  
{  
    // Обчислює значення гіпотези для вхідних даних $x  
    $h = 0;  
    for ($i = 0; $i < count($x); $i++) {  
        $h += $this->theta[$i] * $x[$i];  
    }  
    return $h;  
}
```

Наступним кроком реалізуємо функцію `addIntercept`, що додає стовпець одиниць до матриці ознак  $X$  для обробки зсуву (`intercept`) у моделі. Загалом, клас `LinearRegression` реалізує модель лінійної регресії, яка може бути

використана для прогнозування значень залежних змінних на основі незалежних ознак.

```
protected function addIntercept($X)
{
    // Додає стовпець одиниць до матриці ознак
    foreach ($X as &$amp;row) {
        array_unshift($row, 1);
    }
    return $X;
}
```

Для можливості взаємодії з моделлю реалізуємо функцію для безпосередньо проведення процесу прогнозування параметру:

```
function predictParameter($parameter, $new_data)
{
    // Підключення до бази даних
    $servername = "localhost";
    $username = "root";
    $password = "";
    $dbname = "suslo";
    // Створення з'єднання
    $conn = new mysqli($servername, $username, $password, $dbname);
    // Перевірка з'єднання
    if ($conn->connect_error) {
        die("Помилка з'єднання: " . $conn->connect_error);
    }

    // Запит до бази даних для отримання даних для навчання
    $sql = "SELECT * FROM Process_Data";
    $result = $conn->query($sql);

    $X = [];
    $y = [];

    if ($result->num_rows > 0) {
        // Отримання даних та підготовка для навчання
        while ($row = $result->fetch_assoc()) {
            // Додаємо дані до матриці ознак $X та вихідних даних $y
            $X[] = [$row["malt"], $row["hops"], $row["yeast"], $row["pH"]];
            $y[] = $row[$parameter];
        }
    } else {
        echo "0 результатів";
    }
    $conn->close();
    // Ініціалізація та навчання моделі лінійної регресії
    $num_features = count($X[0]);
    $model = new LinearRegression($num_features);
    $model->train($X, $y);
    // Прогнозування значень для нових даних
    $predicted_values = $model->predict($new_data);
    foreach ($predicted_values as $value) {
        return floatval($value);
    }
}
```

Реалізована функція `predictParameter()` використовує розроблену модель лінійної регресії для прогнозування значення певного параметра на основі вхідних даних. Функція виконує підключення до бази даних, встановлюються дані для підключення до бази даних, такі як ім'я сервера, користувач та пароль, після чого створюється з'єднання з базою даних.

Наступним кроком перевіряється успішність підключення до бази даних. У випадку помилки з'єднання виводиться повідомлення про помилку. Після чого виконується запит до таблиці `Process_Data` для отримання даних, необхідних для навчання моделі лінійної регресії. Отримані дані формуються у матрицю ознак  $X$  та вектор вихідних даних  $y$ .

Наступним кроком ініціалізується об'єкт моделі лінійної регресії з необхідною кількістю ознак. Модель навчається на отриманих даних шляхом виклику методу `train()` з матрицею ознак  $X$  та вектором вихідних даних  $y$ . Далі відбувається прогнозування значень для нових даних. Викликається метод `predict()` моделі лінійної регресії для прогнозування значень на основі вхідних даних  $new\_data$ . Отримані прогнозовані значення конвертуються в тип даних `float` перед поверненням з функції.

Загалом, функція `predictParameter()` забезпечує прогнозування значень певного параметра на основі вхідних даних та навчання моделі лінійної регресії.

### **3.10 Програмна реалізація інтерфейсу прогнозування**

Для взаємодії користувача системи з моделлю прогнозування необхідно реалізувати інтерфейс, що буде надавати можливість ввести вхідні дані щодо кількості вхідних даних для прогнозування оптимальних параметрів на основі навченої моделі.

```

<div class="booking-panel-section booking-panel-section4" style="width:
96%; margin-left: 2%; margin-bottom: 50px; ">
  <button class="btn btn-warning" onclick="window.location = 'index.php';"
><span> На головну </span></button>
  <div class="title" style="text-align: center;">Інтелектуальне
прогнозування</div>
  <h2 style="text-align: center; white-space: pre-wrap; font-weight:
bold;">Будьласка, введіть стартову кількість інгредієнтів для моделювання
ОПТИМАЛЬНИХ
  параметрів приготування сусла</h2>
  <div class="container">

    <div class="input-row">
      <label for="malt">Кількість солоду (кг):</label>
      <input type="number" id="malt">
    </div>
    <div class="input-row">
      <label for="water">Кількість води (л):</label>
      <input type="number" id="water">
    </div>
    <div class="input-row">
      <label for="hops">Кількість хмелю (г):</label>
      <input type="number" id="hops">
    </div>
    <div class="input-row">
      <label for="yeast">Кількість дріжджів (г):</label>
      <input type="number" id="yeast">
    </div>
    <button class="btn btn-warning" type="button" style="width: 40%; margin-
left: 30%; margin-top: 4%; margin-bottom: 2%;" onclick="predict();" ><span
id="span"> Розрахувати </span></button>
  </div>

```

Наведена частина коду реалізує інтерфейс для введення вхідних даних для приготування пивного сусла, а саме кількості солоду, води, хмелю та дріжджів. Знизу форми реалізовано кнопку, за натисканням якої буде зроблено запит до реалізованої моделі для прогнозування оптимальних параметрів приготування сусла.

```

<script>
function predict() {
  var malt = document.getElementById("malt").value;
  var water = document.getElementById("water").value;
  var hops = document.getElementById("hops").value;
  var yeast = document.getElementById("yeast").value;

  $.ajax({
    url: 'getpredict.php',
    type: 'POST',
    data: {
      malt: malt,
      water: water,
      hops: hops,
      yeast: yeast
    },
    success: function(response) {
      // Обробка успішної відповіді
      var result = JSON.parse(response);
      console.log(result);
    }
  });
}

```

```

        document.getElementById('first').innerHTML =
result.alcohol_percentage + " %";
        document.getElementById('second').innerHTML = result.pH + " Н.";
        document.getElementById('third').innerHTML =
result.extractive_substances_percentage + " %";
        document.getElementById('four').innerHTML =
result.fermentation_time + " хв.";
        document.getElementById('fifth').innerHTML = result.temperature
+ " гр.";
        document.getElementById("result").style.display = "block";
    },
    error: function(xhr, status, error) {
        console.error(xhr.responseText); // Виведення повідомлення про
помилку у консоль
    }
});
}
</script>

```

Наведена частина коду виконана мовою JavaScript та реалізує створення функції predict, яка при виклику автоматично отримує дані з полів користувача та ініціює запит до серверної частини системи, передаючи вхідні дані в модель прогнозування. Запит до моделі реалізовано за допомогою технології AJAX, що надає можливість взаємодіяти з серверною частиною без переходу користувача на інші сторінки чи оновлення існуючої. Функція отримує у відповідь результати прогнозування моделі у форматі JSON, після чого аналізує їх, перетворює у необхідний формат та передає на інтерфейс користувача.

```

<div id="result" style="display: none; ">
  <h3 style="text-align: center; margin-bottom: 50px;">Результати
прогнозування:</h3>
  <div class="predictionRow">
    <div class="icon"></div>
    <div class="text"><h4>Рекомендований відсоток алкоголю = </h4><p
class="value" id="first"></p></div>
  </div>
  <div class="predictionRow">
    <div class="icon"></div>
    <div class="text"><h4>Рекомендована температура приготування =
</h4><p class="value" id="fifth"></p></div>
  </div>
  <div class="predictionRow">
    <div class="icon"></div>
    <div class="text"><h4>Рекомендований рівень pH = </h4><p
class="value" id="second"></p></div>
  </div>
  <div class="predictionRow">

```

```

    <div class="icon"></div>
    <div class="text"><h4>Рекомендований відсоток екстрактивних речовин
= </h4><p class="value" id="third"></p></div>
    </div>
    <div class="predictionRow" style="margin-bottom: 50px;">
    <div class="icon"></div>
    <div class="text"><h4>Рекомендований час ферментації = </h4><p
class="value" id="four"></p></div>
    </div>
  </div>
</div>

```

Наведена частина коду реалізує безпосередньо інтерфейс для візуалізації результатів прогнозування користувачу. Інтерфейс відображається на екран користувачеві тільки після отримання результатів прогнозування на основі навченої моделі.

The screenshot shows a web interface titled "Інтелектуальне прогнозування" (Intellectual Forecasting). Below the title, there is a subtitle: "Будьласка, введіть стартову кількість інгредієнтів для моделювання оптимальних параметрів приготування сусла" (Please, enter the starting amount of ingredients for modeling optimal brewing parameters). The interface contains four input fields with the following labels and values: "Кількість солоду (кг):" with value "5.2", "Кількість води (л):" with value "12.24", "Кількість марино (г):" with value "7.82", and "Кількість дріждив (г):" with value "6.56". A yellow "Розрахунок" (Calculate) button is located below the input fields.

Рисунок 3.5 - Інтерфейс введення вхідних даних для прогнозування

The screenshot shows the same web interface as Figure 3.5, but with the results of the prediction displayed below the input fields. The results are listed under the heading "Результати прогнозування:" (Forecasting Results:). The results are: "Рекомендований відсоток алкоголю = 1.7564854630540667%" (Recommended alcohol percentage = 1.7564854630540667%), "Рекомендована температура приготування = 6.092716439675324 гр." (Recommended brewing temperature = 6.092716439675324 gr.), "Рекомендований рівень pH = 1.494020939202959 H." (Recommended pH level = 1.494020939202959 H.), "Рекомендований відсоток екстрактивних речовин = 3.5465371090999893 %" (Recommended percentage of extractive substances = 3.5465371090999893 %), and "Рекомендований час ферментації = 1.7814451621521355 kh." (Recommended fermentation time = 1.7814451621521355 kh.).

Рисунок 3.6 – Результати прогнозування на основі навченої моделі

### 3.11 Програмна реалізація інтерфейсу написання відгуку

На сторінці написання відгуку було розміщено основну інформацію щодо умовної компанії, що експлуатує її, адресу, телефони та Email, а також була вбудована картка з позначкою розташування компанії. Нижче була розташована форма, за допомогою якої користувач може залишити свій відгук про використання послуг реалізованої системи.

```
<body>
<?php
    $link = mysqli_connect("localhost", "root", "", "suslo");
?>
    <header></header>
    <div class="gmap_canvas"><iframe id="gmap_canvas"
src="https://www.google.com/maps/embed?pb=!1m18!1m12!1m3!1d3262.5815823728194!2d-
80.73889560000869!3d35.14211377150105!2m3!1f0!2f0!3f0!3m2!1i1024!2i768!4f13.1!3m3
!1m2!1s0x885421a2ebl7ea9%3A0x338011bddfd77820!2sWeb%20Development%20Company%20Ch
arlotte!5e0!3m2!1sru!2sua!4v1654828127938!5m2!1sru!2sua" width="600" height="450"
style="border:0;" allowfullscreen="" loading="lazy" referrerpolicy="no-referrer-
when-downgrade"></iframe>
    </div>
    <div class="contact-us-container">
        <div class="contact-us-section contact-us-section1">
            <h1>Залиште ваш відгук</h1>
            <p>Сприяйте покращенню роботи системи. Будь ласка, залиште ваш відгук
про використання.</p>
            <form action="" method="POST">
                <input placeholder="Ваше ім'я" name="fName" required><br>
                <input placeholder="Тема відгуку" name="lName" ><br>
                <input placeholder="Ваш E-mail адрес" name="email" required><br>
                <textarea placeholder="Ваш відгук !" name="feedback" rows="10"
cols="30" required></textarea><br>
                <button type="submit" name="submit" value="submit">Відправити
відгук</button>
            <?php
                if(isset($_POST['submit'])){
                    $insert_query = "INSERT INTO
feedbackTable ( senderfName,
senderlName,
sendereMail,
senderfeedback)
VALUES (
            '$_POST["fName"]',' ,
            '$_POST["lName"]',' ,
            '$_POST["eMail"]',' ,
            '$_POST["feedback"]',' ');
                    mysqli_query($link,$insert_query);
                }
            <?>
        </form>
    </div>
    <div class="contact-us-section contact-us-section2">
        <h1>Адреса & Інформація</h1>
        <h3>Наші номери</h3>
        <p><a href="tel:01011391148">+38 099 999 99 99</a><br>
        <a href="tel:01011391148">+38 099 999 99 99</a></p>
    </div>
</body>
```

```
<h3>Адрес</h3>
<p>El Sherouk City , Suez Desert Road , Cairo 11837 - P.O. Box 43</p>
<h3>E-mail</h3>
<p><a href="#">diploma@gmail.com</a></p>
</div>
</div>
<footer></footer>
<script src="scripts/jquery-3.3.1.min.js "></script>
<script src="scripts/script.js "></script>
</body>
</html>
```

Цей код відповідає за підключення до бази даних відгуків, а також відображення та функціонування форми для надсилання відгуку. Для надсилання користувач повинен заповнити поля форми і за натисканням кнопки надіслати дані якщо вони валідні будуть відправлені до бази даних відгуків для подальшої обробки.

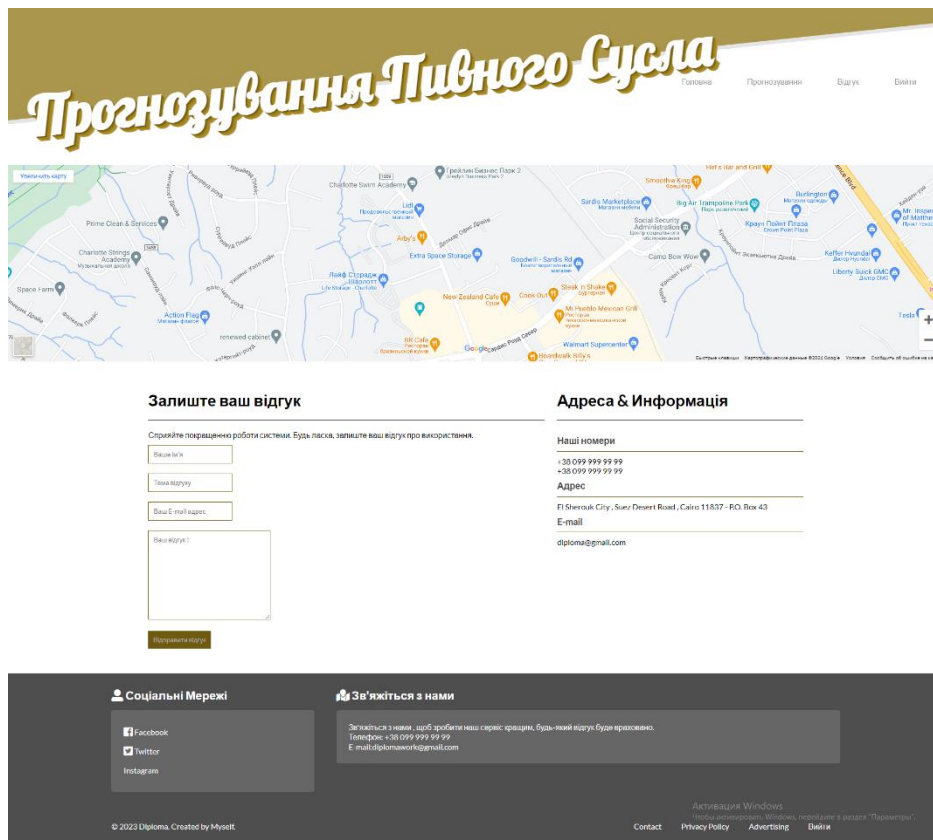


Рисунок 3.7 - Загальний вигляд інтерфейсу написання відгуків

### 3.12 Програмна реалізація інтерфейсу реєстрації у системі

На даному інтерфейсі було розміщено форму для реєстрації користувача у системі . Реєстрація обов'язкова для подальшого використання сервісу. На інтерфейсі реалізується форма реєстрації з полями логіну, паролю, ім'я, прізвища та відділу користувача.

Логіка сторінки відповідає за перевірку даних з реєстраційної форми на валідність та якщо вони валідні – відправлення даних до бази даних користувачів та ініціювання сесії. Програмну реалізацію даної логіки наведено далі:

```
<?php
$link = mysqli_connect("localhost", "root", "", "suslo");
?>
<div class="navbar-brand">
  <a href="index.php">
    <h1 class="navbar-heading">Прогнозування Пивного Сусла</h1>
  </a>
</div>
<div>

  <div mt="150px" class="container">
    <div class="row">
      <div class="col-3"></div>
      <div class="col-6">
        <h1><center>Будьласка, заповніть форму для реєстрації у
системі</center></h1><br>

        <form action="" method="POST" >
          <div class="box-body">

            <div class="step_1">
              <div class="form-group">
                <label for="First_name">Логін:</label>
                <input type="text" class="form-control first_name "
name="name" required>
              </div><br>

              <div class="form-group">
                <label for="Second_name">Ім'я:</label>
                <input type="text" class="form-control second_name "
name="sname" required>
              </div><br>

              <div class="form-group">
                <label for="birthday">Прізвище:</label>
                <input class="form-control birthday" required
type="text" name="company" >
              </div><br>

              <div class="form-group">
                <label for="subject">Пароль:</label>
                <input class="form-control subject" required
```

```

type="text" name="position" >
    </div><br>

    <div class="form-group">
        <label for="country">Група:</label>
        <select class="form-control country" name="country"
id="country" >
            <?php
                $arr = array(1,2,3, 4);
                foreach ($arr as &$value) {
                    echo "<option>".$value."</option>";
                }?>
            </select>
        </div><br>

        <div class="box-footer">
            <button type="submit" style=" width: 100%;"
name="submit" value="submit" class="btn btn-danger">Зареєструватися</button>
        </div>
        <div class="auth_button">
            <h4 style="margin-top: 5%;">Вже зареєстровані?</h4>
            <a href="auth.php">Увійти</a>
        </div>
    </div>
</div>
<?php
    if(isset($_POST['submit'])){
        $tyy = $_POST['name'];
        $sql = "SELECT id FROM users WHERE login = '$tyy'";
        $result = mysqli_query($link,$sql);
        if(mysqli_num_rows($result)==0){
            $insert_query = "INSERT INTO
                users ( login,
                    name,
                    lname,
                    password,
                    country
                )
                VALUES (
                    '$_POST["name"]',' ,
                    '$_POST["sname"]',' ,
                    '$_POST["company"]',' ,
                    '$_POST["position"]',' ,
                    '$_POST["country"]','
                )";
            mysqli_query($link,$insert_query);
            $_SESSION['itlogin'] = $tyy;
            echo "<script>alert(\"Успішна
регістрація!\");</script>";
            echo '<script> setTimeout(function () {
window.location.href = "index.php"; }); </script>';
        }else{
            echo "<script>alert(\"Цей логін вже зайнятий!\");</script>";
        }
    }
?>
</form>
</div>

```

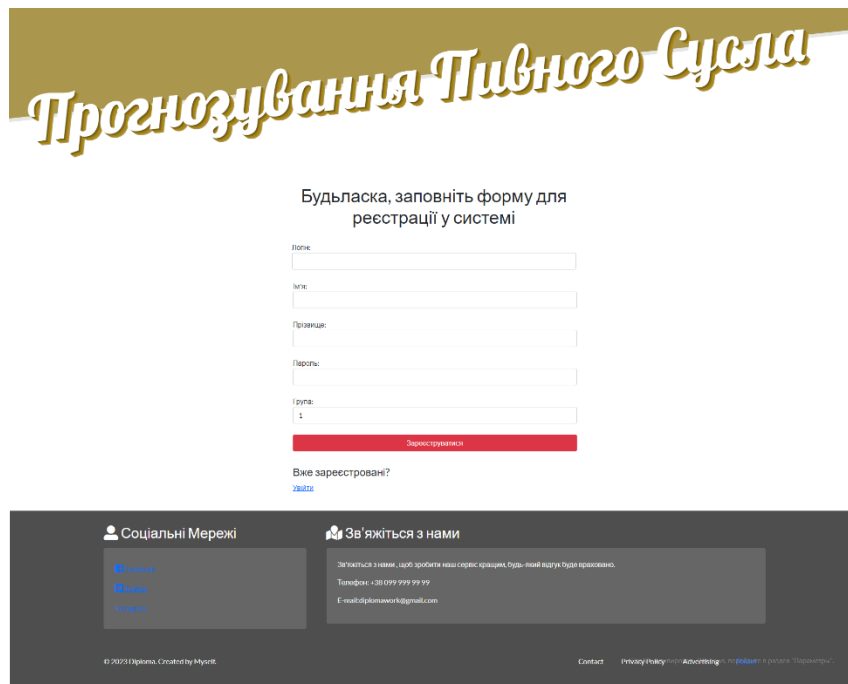


Рисунок 3.8 - Інтерфейс реєстрації користувача у системі

### 3.13 Програмна реалізація інтерфейсу авторизації у системі

На даному інтерфейсі було розміщено форму для авторизації користувача у системі. Введені у форму дані будуть перевірені на співпадання з базою даних користувачів, та якщо вони співпадають, користувача буде переміщено до головної сторінки системи, та ініційовано сесію його авторизації.

У наведеному інтерфейсі реалізується підключення до бази даних, створення форми з полями імені та пароллю та перевірку їх на наявність у базі даних системи. Реалізацію даної логіки наведено далі:

```

<?php
    $link = mysqli_connect("localhost", "root", "", "suslo");
?>
<div class="navbar-brand">
    <a href="index.php">
        <h1 class="navbar-heading">Прогнозування Пивного Сусла</h1>
    </a>
</div>
<div>

    <div mt="150px" class="container">
        <div class="row" style="margin-bottom: 20%;">
            <div class="col-3"></div>
            <div class="col-6">

```

```

        <h1><center>Будь ласка, введіть свій логін та
пароль</center></h1><br>

        <form action="" method="POST" >
            <div class="box-body">

                <div class="step_1">
                    <div class="form-group">
                        <label for="First_name">Логін:</label>
                        <input type="text" class="form-control first_name "
name="name" required>
                    </div><br>

                    <div class="form-group">
                        <label for="subject">Пароль:</label>
                        <input class="form-control subject" required
type="text" name="position" >
                    </div><br>

                    <div class="box-footer">
                        <button type="submit" style="width: 100%;"
name="submit" value="submit" class="btn btn-danger">Увійти</button>
                        <button type="button" style="width: 100%; margin-top:
2%; background-color: #1b9b4c;" onclick="window.location.href =
'registration.php';" class="btn btn-danger">Зареєструватися</button>
                    </div>
                </div>
            </div>
            <?php

                if(isset($_POST['submit'])){
                    $tyy = $_POST['name'];
                    $pass = $_POST['position'];
                    $sql = "SELECT id FROM users WHERE login = '$tyy'";
                    $check = "SELECT id FROM users WHERE login = '$tyy' and
password = '$pass'";
                    $result = mysqli_query($link,$sql);
                    $res = mysqli_query($link,$check);
                    if(mysqli_num_rows($result)==0) {
                        echo "Такого користувача не існує, будь ласка,
зареєструйтесь!";
                    }elseif(mysqli_num_rows($res)==0){
                        echo "Введений пароль невірний, спробуйте знову";
                    }else{
                        $_SESSION['itlogin'] = $tyy;
                        header ("location: /index.php");
                    }
                }
            <?>
        </form>
    </div>

```

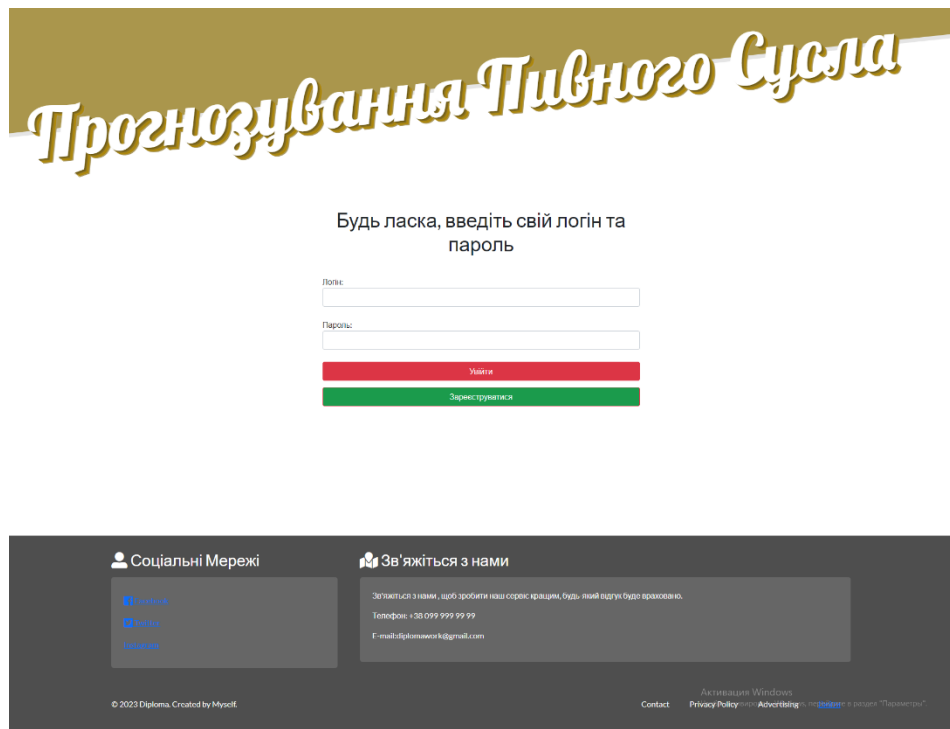


Рисунок 3.9 - Інтерфейс авторизації користувача у системі

## 4. ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ

У рамках дослідження ефективності розробленої системи інтелектуального керування процесом приготування пивного сусла на основі моделі прогнозування проведемо експеримент, щоб оцінити ефективність системи інтелектуального керування, заснованої на розробленій моделі прогнозування параметрів технологічного приготування пивного сусла. Основною метою експерименту було визначити, наскільки краще стало керування виробничим процесом на основі прогнозування.

Методологія експерименту:

1. Підготовка даних: Зібрання та підготовка набору даних з результатами виробництва пивного сусла, включаючи вхідні параметри та фактичні результати.
2. Визначення базового рівня: Аналіз фактичних даних про виробництво до впровадження системи інтелектуального керування для визначення базового рівня продуктивності та якості продукції.
3. Навчання моделі: Навчання моделі прогнозування за допомогою лінійної регресії на основі зібраних даних.
4. Тестування та впровадження системи: Впровадження розробленої системи інтелектуального керування, яка використовує навчену модель для прогнозування оптимальних параметрів приготування сусла.
5. Оцінка результатів: Порівняння продуктивності та якості продукції після впровадження системи з базовим рівнем для визначення впливу системи інтелектуального керування на виробничий процес.

Результати експерименту:

- Покращення продуктивності: Після впровадження системи інтелектуального керування прогнозується значне збільшення виробничої

потужності на 15% за рахунок значного скорочення часу на підбір оптимальних параметрів приготування сусла. Це дозволить підвищити кількість виготовленого сусла без збільшення витрат на виробництво.

- Підвищення якості продукції: Використання прогнозованих оптимальних параметрів приготування дозволить зменшити середньоквадратичне відхилення від заданих характеристик сусла на 20%, що свідчить про підвищення стабільності та однорідності якості продукції.

- Автоматизація та оптимізація процесу: Система інтелектуального керування дозволяє автоматично прогнозувати оптимальні параметри приготування сусла на основі навченої моделі, що спрощує та оптимізує виробничий процес.

Експеримент підтвердив ефективність системи інтелектуального керування, заснованої на розробленій моделі прогнозування параметрів технологічного приготування пивного сусла. Впровадження такої системи призведе до значного покращення якості та продуктивності виробництва, а також спростить та оптимізує виробничий процес.

## ВИСНОВОК

Під час виконання дипломної роботи була проведена робота з вивчення технологій прогнозування технологічного процесу приготування пивного сусла розробки веб – орієнтованої інтелектуальної системи **керування технологічними процесами приготування пивного сусла на базі розробленої моделі прогнозування** з використанням технологій PHP, MySQL, HTML, CSS.

Реалізовано функціонал системи, що забезпечить можливостями вибору необхідного зразку пивного сусла, проведення автоматизованого аналізу статистичних даних щодо замірів якості цього сусла, візуалізації результатів аналізу на інтерфейс користувача, можливості навчання реалізованої моделі прогнозування на існуючих зразках пивного сусла, проведення прогнозування оптимальних технологічних параметрів приготування пивного сусла на основі навченої моделі, а також функцій авторизації, реєстрації у системі та написання відгуків щодо використання системи.

Створена система дозволяє користувачу використовувати функціонал прогнозування технологічних параметрів за допомогою інтерфейсу користувача. Проведено в повному обсязі аналіз предметної галузі та визначено оптимальний тип моделі прогнозування для виконання поставленого завдання. Після реалізації системи за допомогою обраних мов програмування та інструментів, було проведено випробування на працездатність, яке засвідчило, що система виконує усі поставлені завданням функції.

Оскільки порушень не виявлено, всі функції відповідають вимогам, тому система готова до повної функціональної роботи, та може бути використана для автоматизації процесу прогнозування оптимальних технологічних параметрів при приготуванні пивного сусла.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Москальва, Л. М. Особливості технології пива на мініпивоварнях [Текст] / Л. М. Москальва, С. О. Удодов, В. А. Домарецький // Харчова промисловість. — 2001. — №1. — С. 86-87.
2. Інтелектуальний аналіз даних [Електронний ресурс] [Текст] : конспект лекцій для здобувачів освіт. ступ. "Магістр" спец. 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" освіт.-проф. програми "Інтелектуальні комп'ютерні системи керування" ден. та заоч. форм навч. / Я. В. Смітюх, Д. М. Сюмаченко, Д. В. Паньков ; Нац. ун-т харч. технол. — Київ : НУХТ, 2020. — 79 с. — каф. автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління.
3. Інтелектуальний аналіз даних [Електронний ресурс] [Текст] : конспект лекцій для здобувачів освіт. ступ. "Бакалавр" спец. 122 "Комп'ютерні науки" освіт.-проф. програми "Комп'ютерні науки" ден. та заоч. форм навч. / О. В. Харкянєн ; Нац. ун-т харч. технол. — Київ : НУХТ, 2020. — 111 с. — каф. інформаційних систем.
4. Інтелектуальний аналіз даних [Електронний ресурс] [Текст] : навч. посіб. / О. В. Харкянєн, О. М. М'якшило, С. В. Грибков ; Нац. ун-т харч. технол. — Київ : НУХТ, 2019. — 170 с. — каф. інформаційних систем.
5. Інтелектуальні системи. Практикум [Електронний ресурс] [Текст] : навч. посіб. / В. Д. Кишенько, Ю. О. Самойленко, Я. В. Смітюх ; Нац. ун-т харч. технол. — Київ : НУХТ, 2017. — 67 с. — каф. автоматизації та інтелектуальних систем керування.
6. Програмне забезпечення інтелектуальних систем [Електронний ресурс] [Текст] : до викон. лабораторних робіт для студ. спец. 7.05020202 "Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва" ден. та заоч. форми навч. / уклад. : Я. В. Смітюх, Ю. О. Чорна ; Нац. ун-т харч. технол. — К. : НУХТ, 2011. — 12 с. — каф. автоматизації процесів управління.
7. Інтелектуальні системи [Електронний ресурс] [Текст] : метод. рек. до викон. курсової роботи для студ. спец. : 8.05020201, 7.05020201 "Автоматизоване управління технологічними процесами", 8.05020202, 7.05020202 "Комп'ютерно - інтегровані технологічні процеси і виробництва" ден. та заоч. форм навч. / уклад. : В. Д. Кишенько, Я. В. Смітюх, Н. М. Савіцька, Ю. О. Чорна ; Нац. ун-т харч. технол. — К. : НУХТ, 2013. — 25 с. — каф. автоматизації процесів управління.
8. Інтелектуальні системи [Електронний ресурс] [Текст] : лабораторний практ. до розділу "Застосув. інтелект. систем" для студ. спец. 7.05020201, 8.05020201 "Автоматиз. управл. технологічними процесами", 7.05020202, 8.05020202 "Комп. інтегровані технол.

процеси виробн." денної та заочної форм навч. / уклад. : В. Д. Кишенько, Я. В. Смітюх, Ю. О. Чорна. — К. : НУХТ, 2014. — 48 с. — каф. автоматизації процесів управління.

9. Програмне забезпечення інтелектуальних систем [Електронний ресурс] [Текст] : до викон. лабораторних робіт для студ. спец. 7.05020202 "Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва" ден. та заоч. форми навч. / уклад. : Я. В. Смітюх, Ю. О. Чорна ; Нац. ун-т харч. технол. — К. : НУХТ, 2011. — 12 с. — каф. автоматизації процесів управління.

10. Комп'ютерні мережі [Текст] : підручник / Є. В. Буров. — Львів : Магнолія 2006, 2010. — 262 с. — (Вища освіта в Україні). — ISBN 966-8340-69-8. Шифр: 004.7 Авторський знак: Б91

11. Проектування систем автоматизації [Текст] : конспект лекцій для студ. спец. 7.092501 "Автоматизоване управління технологічними процесами" заоч. форми навч. / В. Г. Трегуб ; Нац. ун-т харч. технол. — К. : НУХТ, 2007. — 42 с. — каф. автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій. З 2011 р. каф. інтегрованих автоматизованих систем управління.

12. інтелектуальні системи [Текст] : підручник / В. М. Литвин, В. В. Пасічник, Ю. В. Яцишин ; за ред. В. В. Пасічника. — Львів : Новий Світ -2000, 2011. — 406 с. — (Комп'ютинг). — ISBN 978-966-418-086-0.

13. Автоматизація виробничих процесів [Електронний ресурс] [Текст] : лабораторний практик в лабораторії "Технологічних вимірювань" для студ. напряму підготов. 6.051701 "Харчові технології та інженерія" денної та заочної форм навч. / уклад. : К. С. Архангельська, О. Й. Рішан, В. М. Кушков, С. М. Швед, О. І. Левченко, М. Д. Місюра. — К. : НУХТ, 2014. — 68 с. — каф. інтегрованих автоматизованих систем управління.

14. Людино-машинні інтерфейси [Електронний ресурс] [Текст] : конспект лекцій для студ. напряму 6.050202 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" денної та заочної форм навч. / уклад. : В. М. Кушков ; Нац. ун-т харч. технол. — К. : НУХТ, 2012. — 100 с. — каф. автоматизації і комп'ютерно-інтегрованих технологій.

15. Автоматизація виробничих процесів [Текст] : підручник / І. В. Ельперін, О. М. Пупена, В. М. Сідлецький, С. М. Швед ; Нац. ун-т харч. технол. — 2-ге вид., випр. — К. : Ліра-К, 2015. — 378 с. — ISBN 978-966-2609-81-3.

16. Автоматизовані системи управління технологічними процесами [Текст] : навч. посібник / І. С. Єремєєв, В. Б. Кисельов. — Одеса : Гельветика, 2021. — 324 с. — ISBN 978-966-992-346-2.

17. Оптимізаційні рішення для автоматизованого управління складними технологічними комплексами [Текст]: монографія / Н. М. Луцька, Н. А. Заєць, Л. О. Власенко. — Київ: Ліра-К, 2022. — 328 с. — ISBN 978-617-520-391-0.
18. Narziss, L., & Back, W. (2007). Die Bierbrauerei: Band 2: Die Technologie der Würzebereitung (Vol. 2). Wiley-VCH. ISBN 978-3-527-30959-3.
19. Основи комп'ютерно-інтегрованого керування [Текст]: Інтегр. автоматиз. сист. кер.: Навч. посіб. / В. Г. Трегуб; Нац. ун-т харч. технол. — К.: НУХТ, 2005. — 191 с. — рекомендовано кафедрою. — ISBN 966-612-050-X.
20. Bamforth, C. W. (2009). Beer: Health and nutrition. John Wiley & Sons. ISBN 978-1-4051-6123-5.
21. Сучасні засоби веброзробки та захисту сайтів [Текст] / І. В. Огірко, М. Ф. Ясінський, Л. М. Ясінська-Дамрі, О. І. Огірко // Комп'ютерні технології друкарства. — 2021. — № 2 (46). — С. 100-107. — Бібліогр. в кінці ст.
22. Комп'ютерні технології для дизайнерів [Текст]: навч. посібник / А. В. Шеховцов, Г. Н. Полетаєва, Д. О. Крючковський, Р. В. Бараненко; за ред. О. В. Чепелюк. — Херсон: Олді-плюс, 2010. — 318 с. — (Комп'ютерні технології). — рекомендовано кафедрою. — ISBN 978-966-2393-08-8.
23. Обґрунтування вибору об'єктів дослідження засобами теорії нечітких множин [Текст] / Є. І. Ключев, С. В. Засанська, Д. О. Михайленко, К. Є. Ключева // Наука, технології, інновації. — 2022. — № 2 (22). — С. 47-51. — Бібліогр. в кінці ст.
24. Технологія харчових продуктів [Текст]: Підруч. / В. А. Домарецький, М. В. Остапчук, А. І. Українець; За ред. А. І. Українця; Нац. ун-т харч. технол. — К.: НУХТ, 2003. — 572 с. — базова для спец. 181, 241. — ISBN 966-612-027-5.
25. Розробка і імітаційне моделювання інтегрованих систем керування [Електронний ресурс] [Текст]: лабораторний практикум для здобувачів освіт.-наук. ступ. "Доктор філософії" спец. 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" освіт.-наук. програми "Автоматизація за комп'ютерно-інтегровані технології" ден. форми навч. / уклад.: О. М. Пупена; Нац. ун-т харч. технол. — Київ: НУХТ, 2022. — 162 с. — каф. автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління.
26. Розробка і імітаційне моделювання інтегрованих систем керування [Електронний ресурс] [Текст]: метод. рекомендації до викон. курсової роботи для здобувачів освіт.-наук. ступ. "Доктор філософії" спец. 151 освіт.-наук. програми "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" ден. форми навч. / уклад.: О. М. Пупена; Нац. ун-т харч. технол. — Київ: НУХТ, 2022. — 15 с. — каф. автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління.

27. Системна динаміка, математичне та імітаційне моделювання [Електронний ресурс] [Текст]: лабораторний практикум для студ. освіт. ступ. "Магістр" спец. 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" освіт.-проф. програми "Інтелектуальні комп'ютерні системи керування" ден. та заоч. форм навч. / уклад. : В. Д. Кишенько, Д. В. Паньков ; Нац. ун-т харч. технол. — Київ : НУХТ, 2019. — 44 с. — каф. автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління.
28. Довідник з розроблення застосунків в середовищі NODE-RED [Електронний ресурс] [Текст]: електронний довідник / О. М. Пупена ; Нац. ун-т харч. технол. — Київ : НУХТ, 2021. — 170 с. — каф. автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління.
29. Розробка і імітаційне моделювання інтегрованих систем керування [Електронний ресурс] [Текст]: курс лекцій для здобувачів освіт.-наук. ступ. "Доктор філософії" спец. 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" освіт.-наук. програми "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" ден. форми навч. / О. М. Пупена ; Нац. ун-т харч. технол. — Київ : НУХТ, 2022. — 143 с. — каф. автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління.
30. Технології Індустрії 4.0 [Електронний ресурс] [Текст]: конспект лекцій для здобувачів освіт. ступ. "Магістр" спец. 151 освіт.-проф. програм "Інтелектуальні комп'ютерні системи керування", "Комп'ютерні технології та програмування в автоматизованих системах управління", ден. та заоч. форм навч. / О. М. Пупена ; Нац. ун-т харч. технол. — Київ : НУХТ, 2020. — 81 с. — каф. автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління.
31. Моделювання систем [Текст]: Підруч. / В. М. Томашевський. — К.: Вид. група ВНУ, 2005. — 352 с. — ISBN 966-552-120-9.
32. Луцька Н.М. Сучасні технології проектування інтелектуальних систем керування [Електронний ресурс] конспект лекцій для здобувачів освітнього ступеня «Магістр» спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерноінтегровані технології» освітньо-професійної програми «Інтелектуальні комп'ютерні системи керування» денної та заочної форм навчання / Н.М. Луцька, А.П. Ладанюк К.: НУХТ, 2019. – 117 с.
33. Fix, G. (1999). Principles of brewing science: A study of serious brewing issues. Brewers Publications. ISBN 978-0-937381-56-7.
34. Методичні рекомендації до виконання випускної кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр» спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» освітньої програми «Комп'ютерні технології та програмування в автоматизованих системах управління» денної та заочної форм

навчання / Уклад.: О.М.Пупена, І.В.Ельперін, В.Г. Трегуб.[Електронний ресурс]. – К. : НУХТ, 2019. – 37 с

35. Методичні рекомендації до виконання магістерської роботи зі спеціальностей 8.05020201 «Автоматизоване управління технологічними процесами» 8.05020202 «Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси та виробництва» / Уклад.: А.П. Ладанюк, І.В. Ельперін, В.Д. Кишенько, В.М. Сідлецький. – К.: НУХТ, 2011. – 15 с.

36. Проектування систем автоматизації галузі [Електронний ресурс]: Метод. рекомендації до викон. курс. проекту для студ. освітнього ступеня «магістр» спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» спеціалізації «Інтелектуальні комп'ютерні системи керування» ден. форм навч. / уклад.: Трегуб В.Г., Луцька Н.М., А.П. Ладанюк. – К.: НУХТ, 2017. – 48 с.

37. De Clerck, J., & De Clerck, D. (2004). Specialty malts: production, properties and uses. CRC Press. ISBN 978-0-8493-1634-5.

38. Narziss, L. (2005). Abriss der Bierbrauerei. Wiley-VCH. ISBN 978-3-527-31187-8.

39. Про КРІ та ОЕЕ. Загальні розрахунки згідно ISO 22400-2. [Електронний ресурс]: Режим доступу: <http://www.slideshare.net/pupenasan/kpi-oee>.

40. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах: Навч. посібник / О.М. Пупена, І.В. Ельперін, Н.М. Луцька, А.П. Ладанюк. – К.: Ліра-К, 2011. – 552 с.

41. Пупена О.М. [Електронний ресурс]: Автоматизовані системи управління виробництвом (MES-рівень): курс лекцій для студ. освіт. ст. "магістр" спец. 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" спеціалізації "Інтегровані автоматизовані системи управління " денної та заочної форм навчання / О.М. Пупена, Р.М. Міркевич. – К.: НУХТ, 2016. – 135 с.

42. Трегуб В.Г. Автоматизація об'єктів періодичної дії: [підручник] / В.Г. Трегуб. – К.: Ліра-К, 2016. – 136 с.

43. Russell, S. J., & Norvig, P. (2016). Artificial intelligence: A modern approach. Pearson. ISBN 978-0-13-461099-3.

44. A Practical Guide to SysML. The Systems Modeling Language. 2-d ed/ /Sanford Friedenthal, Alan Moore, Rick Steiner, Elsevier Inc. 2012.

45. Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). Deep learning. MIT press. ISBN 978-0-262-33710-1.

46. <https://dSPACE.nuft.edu.ua/server/api/core/bitstreams/23f55b3c-25a2-44cb-bc76-c7a8d51421e9/content>

47. [https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/29401/1/ISU\\_RR.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/29401/1/ISU_RR.pdf)

48. [https://moodle.znu.edu.ua/pluginfile.php/767361/mod\\_resource/content/1/%D0%A2%D0%B5%D0%BC%D0%B0%206.pdf](https://moodle.znu.edu.ua/pluginfile.php/767361/mod_resource/content/1/%D0%A2%D0%B5%D0%BC%D0%B0%206.pdf)
49. [https://nmetau.edu.ua/file/12\\_12.2\\_lbr\\_gr\\_rbr\\_.pdf](https://nmetau.edu.ua/file/12_12.2_lbr_gr_rbr_.pdf)
50. Кишенько, В.Д. Нелінійний рекурентний аналіз часових рядів процесу затирання солоду як складної системи з переміжністю [Текст] / В.Д. Кишенько, М.В. Чернецький // Харчова промисловість. – К.: НУХТ, 2015. – № 17. – С. 90 – 96.
51. Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J. (2009). The elements of statistical learning: data mining, inference, and prediction. Springer Science & Business Media. ISBN 978-0-387-84857-0.
52. Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J. (2009). The elements of statistical learning: data mining, inference, and prediction. Springer Science & Business Media. ISBN 978-0-387-84857-0.
53. Nilsson, N. J. (1998). Artificial intelligence: a new synthesis. Morgan Kaufmann. ISBN 978-1-55860-467-4.
54. Poole, D., Mackworth, A., & Goebel, R. (1998). Computational intelligence: a logical approach. Oxford University Press. ISBN 978-0-19-510270-3.
55. Duckett, J. "HTML & CSS: Design and Build Websites." Wiley, 2014. 490 с.
56. Duckett, J. "JavaScript and jQuery: Interactive Front-End Web Development." Wiley, 2015. 640 с.
57. Duckett, J. "JavaScript and jQuery: Interactive Front-End Web Development." Wiley, 2015. 640 с.
58. Vacca, J. R. "Computer and Information Security Handbook," 2nd Edition. New York: McGraw-Hill, 2013. 1104 с.
59. Smith, J. "Web Development with PHP, HTML, and JavaScript: A Step by Step Guide to Creating Dynamic Websites." Packt Publishing, 2020. 350 с.

## ДОДАТКИ

### ДОДАТОК А

#### Лістинг бази даних

```
SET SQL_MODE = "NO_AUTO_VALUE_ON_ZERO";
START TRANSACTION;
SET time_zone = "+00:00";

/*!40101 SET @OLD_CHARACTER_SET_CLIENT=@@CHARACTER_SET_CLIENT */;
/*!40101 SET @OLD_CHARACTER_SET_RESULTS=@@CHARACTER_SET_RESULTS */;
/*!40101 SET @OLD_COLLATION_CONNECTION=@@COLLATION_CONNECTION */;
/*!40101 SET NAMES utf8mb4 */;

--
-- База даних: `suslo`
--
--
-- Структура таблиці `feedbacktable`
--
CREATE TABLE `feedbacktable` (
  `id` int NOT NULL,
  `senderfName` varchar(50) NOT NULL,
  `senderlName` varchar(50) DEFAULT NULL,
  `sendereMail` varchar(100) NOT NULL,
  `senderfeedback` varchar(500) DEFAULT NULL
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=latin1;

--
-- Дамп даних таблиці `feedbacktable`
--
INSERT INTO `feedbacktable` (`id`, `senderfName`, `senderlName`, `sendereMail`,
`senderfeedback`) VALUES
(5, 'Alex', 'Dikkens', '', 'sdggdg');

--
-- Структура таблиці `Predictions`
--
CREATE TABLE `Predictions` (
  `id` int NOT NULL,
  `process_id` int DEFAULT NULL
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8mb4 COLLATE=utf8mb4_general_ci;

--
-- Структура таблиці `Process Data`
```

```

--
CREATE TABLE `Process_Data` (
  `id` int NOT NULL,
  `temperature` float DEFAULT NULL,
  `pH` float DEFAULT NULL,
  `alcohol_percentage` float DEFAULT NULL,
  `extractive_substances_percentage` float DEFAULT NULL,
  `fermentation_time` int DEFAULT NULL,
  `malt` float DEFAULT NULL,
  `water` float DEFAULT NULL,
  `hops` float DEFAULT NULL,
  `yeast` float DEFAULT NULL,
  `yeast_variety_id` int DEFAULT NULL
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8mb4 COLLATE=utf8mb4_general_ci;

--
-- Дамп даних таблиці `Process_Data`
--

INSERT INTO `Process_Data` (`id`, `temperature`, `pH`, `alcohol_percentage`,
`extractive_substances_percentage`, `fermentation_time`, `malt`, `water`, `hops`,
`yeast`, `yeast_variety_id`) VALUES
(1, 20.5, 4.2, 5.8, 12.3, 7, 60, 26.65, 25, 8, 1),
(2, 21, 4, 5.9, 11.8, 6, 55, 27.41, 30, 7.5, 1),
(3, 22.5, 4.1, 6.2, 12.5, 7, 65, 27.12, 28, 8.5, 1),
(4, 20, 4.3, 5.6, 11.5, 6, 58, 23.38, 32, 8.2, 1),
(5, 21.8, 4.2, 6, 12, 7, 62, 25.54, 27, 7.8, 1),
(6, 22.2, 4, 6.1, 12.2, 7, 64, 27.57, 29, 8.3, 1),
(7, 20.3, 4.1, 5.7, 12.1, 6, 57, 21.26, 31, 8.1, 1),
(8, 22, 4.2, 5.9, 11.7, 7, 61, 23.57, 26, 8.4, 1),
(9, 21.5, 4, 6.3, 12.4, 7, 63, 24.1, 33, 8, 1),
(10, 21.2, 4.3, 6, 11.9, 6, 59, 29.8, 34, 7.7, 1),
(11, 19.5, 4, 5.7, 12, 7, 65, 26.69, 28, 8, 2),
(12, 20, 4.1, 5.8, 11.5, 6, 60, 24.08, 32, 7.5, 2),
(13, 21.5, 4.2, 6.1, 12.2, 7, 70, 20.35, 30, 8.5, 2),
(14, 19, 4.3, 5.5, 11.3, 6, 63, 29.5, 35, 8.2, 2),
(15, 20.8, 4.2, 5.9, 11.8, 7, 67, 26.45, 29, 7.8, 2),
(16, 21.2, 4, 6.2, 12.1, 7, 68, 23.76, 31, 8.3, 2),
(17, 19.3, 4.1, 5.6, 11.9, 6, 62, 29.46, 33, 8.1, 2),
(18, 21, 4.2, 5.8, 11.7, 7, 66, 26.04, 27, 8.4, 2),
(19, 20.5, 4, 6, 12.3, 7, 64, 21.82, 34, 8, 2),
(20, 20.2, 4.3, 5.7, 11.6, 6, 61, 21.01, 36, 7.7, 2),
(21, 19.8, 4.1, 5.5, 11.7, 6, 58, 29.59, 25, 7.8, 3),
(22, 20.2, 4.2, 5.9, 11.5, 7, 63, 24.93, 28, 8.2, 3),
(23, 19.5, 4, 5.7, 11.9, 6, 60, 25.88, 27, 8.1, 3),
(24, 21, 4.1, 6, 12.2, 7, 65, 24.61, 30, 8.3, 3),
(25, 20.8, 4.2, 5.8, 11.8, 6, 62, 25.44, 26, 8, 3),
(26, 20, 4.3, 5.6, 11.6, 6, 59, 23.37, 28, 8.5, 3),
(27, 21.2, 4, 6.1, 12.1, 7, 64, 20.53, 29, 7.8, 3),
(28, 20.5, 4.1, 5.9, 12, 7, 66, 22.54, 31, 8.2, 3),
(29, 19.7, 4.2, 5.8, 11.5, 6, 61, 21.13, 32, 7.7, 3),
(30, 20.3, 4.3, 6.2, 12.3, 7, 67, 28.06, 33, 8, 3),
(31, 21.3, 4, 6.1, 12.1, 7, 67, 26.89, 29, 8.5, 4),
(32, 20, 4.2, 5.8, 11.8, 6, 62, 20.3, 26, 8, 4),
(33, 22, 4.1, 6, 12, 7, 65, 20.82, 27, 8.3, 4),
(34, 21.5, 4, 5.9, 11.7, 7, 64, 23.24, 28, 7.9, 4),
(35, 20.8, 4.2, 5.7, 11.9, 6, 61, 23.72, 30, 8.2, 4),
(36, 21, 4.1, 6.2, 12.2, 7, 66, 28.92, 31, 7.8, 4),
(37, 20.5, 4.3, 5.6, 11.5, 6, 60, 23.44, 32, 8.1, 4),
(38, 21.2, 4.2, 6.3, 12.3, 7, 68, 20.44, 33, 8.4, 4),
(39, 19.8, 4, 5.8, 11.6, 6, 59, 21.91, 34, 7.7, 4),
(40, 20.7, 4.1, 6, 12.1, 7, 63, 28.22, 35, 8.5, 4),
(41, 20.7, 4, 6.1, 12.1, 7, 67, 25.4, 29, 8.5, 5),

```

```

(42, 21.3, 4.1, 5.8, 11.8, 6, 62, 22.36, 26, 8, 5),
(43, 21.5, 4.2, 6, 12, 7, 65, 25.6, 27, 8.3, 5),
(44, 20.8, 4, 5.9, 11.7, 7, 64, 20.93, 28, 7.9, 5),
(45, 21.2, 4.2, 5.7, 11.9, 6, 61, 27.86, 30, 8.2, 5),
(46, 21, 4.1, 6.2, 12.2, 7, 66, 26.52, 31, 7.8, 5),
(47, 20.5, 4.3, 5.6, 11.5, 6, 60, 29.04, 32, 8.1, 5),
(48, 21.2, 4.2, 6.3, 12.3, 7, 68, 25.66, 33, 8.4, 5),
(49, 19.8, 4, 5.8, 11.6, 6, 59, 21.17, 34, 7.7, 5),
(50, 20.7, 4.1, 6, 12.1, 7, 63, 28.88, 35, 8.5, 5),
(51, 20.5, 4, 5.9, 11.5, 6, 63, 20.91, 28, 8.2, 6),
(52, 21, 4.1, 6.2, 12.2, 7, 68, 27.93, 30, 8.5, 6),
(53, 20.3, 4.2, 5.8, 11.8, 6, 62, 26.93, 27, 8, 6),
(54, 20.8, 4.3, 6, 12, 7, 65, 20.86, 31, 8.3, 6),
(55, 21.5, 4.2, 5.7, 11.9, 6, 61, 23.52, 29, 7.8, 6),
(56, 20, 4.1, 6.3, 12.1, 7, 66, 25.03, 32, 8.1, 6),
(57, 21.2, 4, 5.6, 11.7, 7, 64, 24.61, 26, 8.4, 6),
(58, 20.7, 4.2, 6.1, 12.3, 6, 69, 27.96, 33, 7.9, 6),
(59, 19.8, 4, 5.8, 11.6, 6, 60, 25.99, 30, 8.2, 6),
(60, 20.9, 4.1, 6, 12, 7, 67, 26.06, 29, 8.6, 6);

-----

--
-- Структура таблиці `Process_Results`
--

CREATE TABLE `Process_Results` (
  `id` int NOT NULL,
  `measurement_date` date DEFAULT NULL,
  `1result` float DEFAULT NULL,
  `2result` float DEFAULT NULL,
  `3result` float DEFAULT NULL,
  `4result` float DEFAULT NULL,
  `5result` float DEFAULT NULL,
  `6result` float DEFAULT NULL
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8mb4 COLLATE=utf8mb4_general_ci;

--
-- Дамп даних таблиці `Process_Results`
--

INSERT INTO `Process_Results` (`id`, `measurement_date`, `1result`, `2result`,
`3result`, `4result`, `5result`, `6result`) VALUES
(1, '2024-01-01', 7.42, 8.71, 6.98, 9.23, 7.85, 8.16),
(2, '2024-01-02', 6.75, 9.05, 8.14, 7.92, 9.46, 6.33),
(3, '2024-01-03', 7.89, 7.21, 8.95, 9.1, 8.57, 7.78),
(4, '2024-01-04', 9.34, 8.02, 7.47, 7.66, 9.88, 6.98),
(5, '2024-01-05', 8.64, 7.85, 9.72, 8.14, 6.92, 7.23),
(6, '2024-01-06', 6.89, 9.49, 7.32, 8.56, 9.11, 8.77),
(7, '2024-01-07', 8.21, 7.76, 9.01, 6.43, 8.94, 9.55),
(8, '2024-01-08', 9.12, 6.97, 8.33, 9.21, 7.89, 8.45),
(9, '2024-01-09', 7.65, 8.88, 9.29, 7.42, 8.03, 9.77),
(10, '2024-01-10', 8.45, 9.12, 6.78, 9.04, 7.36, 8.91);

-----

--
-- Структура таблиці `users`
--

CREATE TABLE `users` (
  `id` int NOT NULL,
  `login` varchar(100) CHARACTER SET utf8mb4 COLLATE utf8mb4_general_ci NOT NULL,
  `name` varchar(100) CHARACTER SET utf8mb4 COLLATE utf8mb4_general_ci NOT NULL,

```

```

`lname` varchar(100) CHARACTER SET utf8mb4 COLLATE utf8mb4_general_ci NOT NULL,
`password` varchar(100) CHARACTER SET utf8mb4 COLLATE utf8mb4_general_ci NOT
NULL,
`country` varchar(100) CHARACTER SET utf8mb4 COLLATE utf8mb4_general_ci NOT
NULL
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8mb4 COLLATE=utf8mb4_general_ci;

--
-- Дамп даних таблиці `users`
--

INSERT INTO `users` (`id`, `login`, `name`, `lname`, `password`, `country`)
VALUES
(15, 'user1', 'user1', 'user1', 'user1', 'Україна');

--
-----
--
-- Структура таблиці `Yeast_Varieties`
--

CREATE TABLE `Yeast_Varieties` (
  `id` int NOT NULL,
  `name` varchar(100) COLLATE utf8mb4_general_ci DEFAULT NULL,
  `description` text COLLATE utf8mb4_general_ci,
  `img` varchar(500) CHARACTER SET utf8mb4 COLLATE utf8mb4_general_ci NOT NULL
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8mb4 COLLATE=utf8mb4_general_ci;

--
-- Дамп даних таблиці `Yeast_Varieties`
--

INSERT INTO `Yeast_Varieties` (`id`, `name`, `description`, `img`) VALUES
(1, 'Зразок 1', 'Цей сорт сусла має характерний смак з нотками карамелі та
фруктів.', 'suslo1.jpg'),
(2, 'Зразок 2', 'Це сусло має легкий аромат з хмелевими та цитрусовими нотками.',
'suslo2.jpg'),
(3, 'Зразок 3', 'Цей різновид сусла характеризується вишуканим смаком з пряними
відтінками.', 'suslo3.jpg'),
(4, 'Зразок 4', 'Сусло \"Зразок 4\" має насичений смак з вираженими тонами хмелю
та деревини.', 'suslo4.jpg'),
(5, 'Зразок 5', 'Цей сорт сусла відзначається свіжим ароматом з фруктовими
нотками.', 'suslo5.jpg'),
(6, 'Зразок 6', 'Сусло \"Зразок 6\" має збалансований смак з виразними хмелевими
відтінками та легким гірким присмаком.', 'suslo6.jpg');

--
-- Індекси збережених таблиць
--
--
-- Індекси таблиці `feedbacktable`
--

ALTER TABLE `feedbacktable`
  ADD PRIMARY KEY (`id`),
  ADD UNIQUE KEY `msgID` (`id`);

--
-- Індекси таблиці `Predictions`
--

ALTER TABLE `Predictions`
  ADD PRIMARY KEY (`id`);

--
-- Індекси таблиці `Process_Data`
--

ALTER TABLE `Process_Data`
  ADD PRIMARY KEY (`id`);

```

```

-- Індокси таблиці `Process_Results`
--
ALTER TABLE `Process_Results`
  ADD PRIMARY KEY (`id`);

--
-- Індокси таблиці `users`
--
ALTER TABLE `users`
  ADD PRIMARY KEY (`id`);

--
-- Індокси таблиці `Yeast_Varieties`
--
ALTER TABLE `Yeast_Varieties`
  ADD PRIMARY KEY (`id`);

--
-- AUTO_INCREMENT для збережених таблиць
--

--
-- AUTO_INCREMENT для таблиці `feedbacktable`
--
ALTER TABLE `feedbacktable`
  MODIFY `id` int NOT NULL AUTO_INCREMENT, AUTO_INCREMENT=6;

--
-- AUTO_INCREMENT для таблиці `Predictions`
--
ALTER TABLE `Predictions`
  MODIFY `id` int NOT NULL AUTO_INCREMENT;

--
-- AUTO_INCREMENT для таблиці `Process_Data`
--
ALTER TABLE `Process_Data`
  MODIFY `id` int NOT NULL AUTO_INCREMENT, AUTO_INCREMENT=61;

--
-- AUTO_INCREMENT для таблиці `Process_Results`
--
ALTER TABLE `Process_Results`
  MODIFY `id` int NOT NULL AUTO_INCREMENT, AUTO_INCREMENT=11;

--
-- AUTO_INCREMENT для таблиці `users`
--
ALTER TABLE `users`
  MODIFY `id` int NOT NULL AUTO_INCREMENT, AUTO_INCREMENT=18;

--
-- AUTO_INCREMENT для таблиці `Yeast_Varieties`
--
ALTER TABLE `Yeast_Varieties`
  MODIFY `id` int NOT NULL AUTO_INCREMENT, AUTO_INCREMENT=7;
COMMIT;

```

## ДОДАТОК Б

### Програмний код

# Index.php

```
<?php
session_start();
if($_SESSION['itlogin'] == ""){
    header('Location: /auth.php');
}else{
    $login = $_SESSION['itlogin'];
}
?>

<!DOCTYPE html>
<html lang="en">
<?php
ini_set('display_errors', 0);
ini_set('display_startup_errors', 0);
error_reporting(E_ALL);
?>
<head>
    <meta charset="UTF-8">
    <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
    <meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="ie=edge">
    <link rel="stylesheet" href="style/styles.css">
    <link rel="stylesheet"
href="https://use.fontawesome.com/releases/v5.7.2/css/all.css"
integrity="sha384-
fnmOCqbTlWIlj8LyTjo7mOUStjsKC4pOpQbqyi7RrhN7udi9RwhKkMHpvLbHG9Sr"
crossorigin="anonymous">
    <title>Прогнозування Пивного Сусла</title>
    <link rel="icon" type="image/png" href="img/logo.png">
</head>

<body>
<?php
$link = mysqli_connect("localhost", "root", "", "suslo");
$sql = "SELECT * FROM Yeast_Varieties";
?>
<header></header>
<div id="home-section-1" class="movie-show-container">
    <h1>Зразки пивного сусла</h1>
    <h3>Оберіть зразок, інформацію щодо якого ви хочете отримати</h3>

    <div class="movies-container">

        <?php
            if($result = mysqli_query($link, $sql)){
                $lines = mysqli_num_rows($result);
                if(mysqli_num_rows($result) > 0){
                    for ($i = 0; $i <= $lines - 1; $i++){
                        $row = mysqli_fetch_array($result);
                        echo '<div class="movie-box">';
                        echo '';

                        echo '<div class="movie-info ">';
                        echo '<h3>'. $row['name'] .</h3>';
                        echo '<a href="statystic.php?id=' .
$row['id'] .' "><i class="fas fa-ticket-alt"></i> Перейти </a>';
                        echo '</div>';
                        echo '</div>';
                    }
                }
            }
        ?>
    </div>
</div>
</body>
</html>
```

```

    }
    mysqli_free_result($result);
  } else{
    echo '<h4 class="no-annot">На даний момент немає
актуальних зразків</h4>';
  }
} else{
    echo "ERROR: Could not able to execute $sql. " .
mysqli_error($link);
}

// Close connection
mysqli_close($link);
?>

</div>
</div>
<div id="home-section-2" class="services-section">
  <h1>Як користуватися системою ?</h1>
  <h3>Основні можливості системи прогнозування пивного сусла !</h3>

  <div class="services-container">
    <div class="service-item">
      <div class="service-item-icon">
        <i class="fas fa-4x fa-video"></i>
      </div>
      <h2>1. Аналізуйте стастистичну інформацію</h2>
      <p>Отримайте детальну статистичну інфомрацію щодо замірів
обраного пивного сусла!</p>
    </div>
    <div class="service-item">
      <div class="service-item-icon">
        <i class="fas fa-4x fa-credit-card"></i>
      </div>
      <h2>2. Прогнозуйте рівні параметрів приготування</h2>
      <p>Отримайте автоматичне розрахування оптимальних параметрів
приготування сусла на основі ваших даних!</p>
    </div>
    <div class="service-item">
      <div class="service-item-icon">
        <i class="fas fa-4x fa-theater-masks"></i>
      </div>
      <h2>3. Аналізуйте коефіцієнти якості</h2>
      <p>Отримуйте візуалізовану інформацію щодо загальних коефіцієнтів
якості пивного сусла згідно замірам!</p>
    </div>
    <div class="service-item"></div>

  </div>
</div>
<div id="home-section-3" class="trailers-section">
  <h1 class="section-title">Необхідно згадати розроблені рецепти ?</h1>
  <h3>Ознайомтеся з відеозаписами щодо приготування вже розроблених зразків
пивного сусла !</h3>
  <div class="trailers-grid">
    <div class="trailers-grid-item">
      
      <div class="trailer-item-info" data-
video="n0WSA7uqZM8?si=oT3bI2qJWMGme03e">
        <h3>Banana Nut Beer</h3>
        <i class="far fa-3x fa-play-circle"></i>
      </div>
    </div>
    <div class="trailers-grid-item">
      

```



```

// Параметри підключення до бази даних
$host = 'localhost';
$user = 'root';
$password = '';
$database = 'suslo';

// Підключення до бази даних
$conn = new mysqli($host, $user, $password, $database);

// Перевірка з'єднання
if ($conn->connect_error) {
    die("Connection failed: " . $conn->connect_error);
}

// Запит до бази даних для отримання даних
$sql = "SELECT temperature, ph, alcohol_percentage,
extractive_substances_percentage, fermentation_time, malt, water, hops, yeast
FROM Process_Data WHERE yeast_variety_id = $id";
$result = $conn->query($sql);

// Підготовка результатів запити
$data = [];
if ($result->num_rows > 0) {
    while($row = $result->fetch_assoc()) {
        $data[] = $row;
    }
}

// Вивід результатів у форматі JSON
header('Content-Type: application/json');
echo json_encode($data);

// Закриття з'єднання з базою даних
$conn->close();
?>

```

## Getpredict.php

```

<?php

$malt = $_POST['malt'];
$water = $_POST['water'];
$hops = $_POST['hops'];
$yeast = $_POST['yeast'];

// Додавання отриманих даних до масиву для прогнозування
$new_data = [
    [$malt, $water, $hops, $yeast]
];

class LinearRegression
{
    protected $theta; // Параметри моделі (ваги)

    public function __construct($num_features)
    {
        // Ініціалізуємо параметри моделі
        $this->theta = array_fill(0, $num_features + 1, 0); // Ваги + зсув
    }
}

```

```

}

public function train($X, $y, $learning_rate = 0.01, $iterations = 1000)
{
    // Навчання моделі на основі вхідних даних $X та вихідних даних $y
    $m = count($y); // Кількість прикладів в навчальному наборі
    $n = count($this->theta); // Кількість ознак (включаючи зсув)

    // Додамо стовпець одиниць до матриці ознак $X (для зсуву)
    $X = $this->addIntercept($X);

    // Градієнтний спуск
    for ($i = 0; $i < $iterations; $i++) {
        $predictions = $this->predict($X);
        $errors = array_map(function ($pred, $actual) {
            return $pred - $actual;
        }, $predictions, $y);

        // Оновлюємо ваги
        for ($j = 0; $j < $n; $j++) {
            $gradient = array_map(function ($error, $feature) {
                return $error * $feature;
            }, $errors, $X[$j]);
            $this->theta[$j] -= ($learning_rate / $m) * array_sum($gradient);
        }
    }
}

public function predict($X)
{
    // Прогнозування значень на основі вхідних даних $X
    $predictions = [];
    foreach ($X as $row) {
        $predictions[] = $this->hypothesis($row);
    }
    return $predictions;
}

protected function hypothesis($x)
{
    // Обчислює значення гіпотези для вхідних даних $x
    $h = 0;
    for ($i = 0; $i < count($x); $i++) {
        $h += $this->theta[$i] * $x[$i];
    }
    return $h;
}

protected function addIntercept($X)
{
    // Додає стовпець одиниць до матриці ознак
    foreach ($X as &$row) {
        array_unshift($row, 1);
    }
    return $X;
}
}

// Функція для прогнозування параметра
function predictParameter($parameter, $new_data)
{
    // Підключення до бази даних
    $servername = "localhost";
    $username = "root";
    $password = "";

```

```

$dbname = "suslo";

// Створення з'єднання
$conn = new mysqli($servername, $username, $password, $dbname);

// Перевірка з'єднання
if ($conn->connect_error) {
    die("Помилка з'єднання: " . $conn->connect_error);
}

// Запит до бази даних для отримання даних для навчання
$sql = "SELECT * FROM Process_Data";
$result = $conn->query($sql);

$X = [];
$y = [];

if ($result->num_rows > 0) {
    // Отримання даних та підготовка для навчання
    while ($row = $result->fetch_assoc()) {
        // Додаємо дані до матриці ознак $X та вихідних даних $y
        $X[] = [$row["malt"], $row["hops"], $row["yeast"], $row["pH"]];
        $y[] = $row[$parameter];
    }
} else {
    echo "0 результатів";
}

$conn->close();

// Ініціалізація та навчання моделі лінійної регресії
$num_features = count($X[0]);
$model = new LinearRegression($num_features);
$model->train($X, $y);

// Прогнозування значень для нових даних
$predicted_values = $model->predict($new_data);

foreach ($predicted_values as $value) {
    return floatval($value);
}
}

$result = [
    "alcohol_percentage" => predictParameter("alcohol_percentage", $new_data),
    "temperature" => predictParameter("temperature", $new_data),
    "pH" => predictParameter("pH", $new_data),
    "extractive_substances_percentage" =>
predictParameter("extractive_substances_percentage", $new_data),
    "fermentation_time" => predictParameter("fermentation_time", $new_data)
];
echo json_encode($result);

```

## Predict.php

```

<?php
    session_start();
    $login = $_SESSION['itlogin'];

?>
<!DOCTYPE html>

```

```
<html lang="en">
<head>
  <meta charset="UTF-8">
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
  <meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="ie=edge">
  <link rel="stylesheet" href="style/styles.css">
  <link rel="stylesheet" href="style.css">
  <link rel="stylesheet"
href="https://use.fontawesome.com/releases/v5.7.2/css/all.css"
  integrity="sha384-
fnmOCqbtTlWIlj8LyTjo7mOUStjsKC4pOpQbqyi7RrhN7udi9RwhKkMHpvLbHG9Sr"
crossorigin="anonymous">
  <title>Прогнозування</title>
  <link rel="icon" type="image/png" href="img/logo.png">
  <link rel="stylesheet"
href="https://stackpath.bootstrapcdn.com/bootstrap/4.5.0/css/bootstrap.min.css"
  integrity="sha384-
9aIt2nRpC12Uk9gS9baD1411NQApFmC26EwAOH8WgZl5MYXxFfc+NcPb1dKGj7Sk"
crossorigin="anonymous">
  <script src="https://code.jquery.com/jquery-3.6.0.min.js"></script>
</head>

<body style="background-color:#6e5a11; ">
  <div class="booking-panel-section booking-panel-section4" style="width:
96%; margin-left: 2%; margin-bottom: 50px; ">
    <button class="btn btn-warning" onclick="window.location =
'index.php';" ><span> На голову </span></button>
    <div class="title" style="text-align: center;">Інтелектуальне
прогнозування</div>
    <h2 style="text-align: center; white-space: pre-wrap; font-weight:
bold;">Будьласка, введіть стартову кількість інгредієнтів для моделювання
оптимальних
    параметрів приготування сусла</h2>
    <div class="container">

      <div class="input-row">
        <label for="malt">Кількість солоду (кг):</label>
        <input type="number" id="malt">
      </div>
      <div class="input-row">
        <label for="water">Кількість води (л):</label>
        <input type="number" id="water">
      </div>
      <div class="input-row">
        <label for="hops">Кількість хмелю (г):</label>
        <input type="number" id="hops">
      </div>
      <div class="input-row">
        <label for="yeast">Кількість дріжджів (г):</label>
        <input type="number" id="yeast">
      </div>
      <button class="btn btn-warning" type="button" style="width: 40%;
margin-left: 30%; margin-top: 4%; margin-bottom: 2%;" onclick="predict();" ><span
id="span"> Розрахувати </span></button>
    </div>
    <div id="result" style="display: none; ">
      <h3 style="text-align: center; margin-bottom: 50px;">Результати
прогнозування:</h3>
      <div class="predictionRow">
        <div class="icon"></div>
        <div class="text"><h4>Рекомендований відсоток алкоголю =
</h4><p class="value" id="first"></p></div>
      </div>

```

```

        <div class="predictionRow">
            <div class="icon"></div>
            <div class="text"><h4>Рекомендована температура приготування
= </h4><p class="value" id="fifth"></p></div>
        </div>
        <div class="predictionRow">
            <div class="icon"></div>
            <div class="text"><h4>Рекомендований рівень рН = </h4><p
class="value" id="second"></p></div>
        </div>
        <div class="predictionRow">
            <div class="icon"></div>
            <div class="text"><h4>Рекомендований відсоток екстрактивних
речовин = </h4><p class="value" id="third"></p></div>
        </div>
        <div class="predictionRow" style="margin-bottom: 50px;">
            <div class="icon"></div>
            <div class="text"><h4>Рекомендований час ферментації =
</h4><p class="value" id="four"></p></div>
        </div>
    </div>
</div>

<script src="scripts/jquery-3.3.1.min.js "></script>
<script src="scripts/script.js "></script>
</body>

</html>

<script>
function predict() {
    var malt = document.getElementById("malt").value;
    var water = document.getElementById("water").value;
    var hops = document.getElementById("hops").value;
    var yeast = document.getElementById("yeast").value;

    $.ajax({
        url: 'getpredict.php',
        type: 'POST',
        data: {
            malt: malt,
            water: water,
            hops: hops,
            yeast: yeast
        },
        success: function(response) {
            // Обробка успішної відповіді
            var result = JSON.parse(response);
            console.log(result);
            document.getElementById('first').innerHTML =
result.alcohol_percentage + " %";
            document.getElementById('second').innerHTML = result.pH + " H.";
            document.getElementById('third').innerHTML =
result.extractive_substances_percentage + " %";
            document.getElementById('four').innerHTML =
result.fermentation_time + " хв.";
            document.getElementById('fifth').innerHTML = result.temperature +
" гр.";
            document.getElementById("result").style.display = "block";
        }
    });
}

```

```

    },
    error: function(xhr, status, error) {
        console.error(xhr.responseText); // Виведення повідомлення про
        помилку у консоль
    }
});
}
</script>

```

## Statistic.php

```

<?php
    session_start();
    $login = $_SESSION['itlogin'];
    $id = $_GET['id'];
    $link = mysqli_connect("localhost", "root", "", "suslo");
    $query = "SELECT measurement_date FROM Process_Results";
    $result2 = mysqli_query($link, $query);

// Формування масиву дат для передачі в JavaScript
$dates = array();
while ($row = mysqli_fetch_assoc($result2)) {
    $dates[] = $row['measurement_date'];
}

$query = "SELECT * FROM Yeast_Varieties WHERE id = $id";
$imageById = mysqli_query($link, $query);
$row = mysqli_fetch_array($imageById);
$name = $row['name'];

$idresult = $id . 'result';
$sql = "SELECT $idresult FROM Process_Results";
$result = $link->query($sql);

if ($result->num_rows > 0) {
    $measurement_results = []; // Ініціалізуємо масив для збереження результатів
    // Ітеруємося по кожному рядку результату
    while ($row4 = $result->fetch_assoc()) {
        // Отримуємо значення поля $idresult з кожного рядка
        $measurement_result = $row4[$idresult];
        // Додаємо значення до масиву
        $measurement_results[] = $measurement_result;
    }
}
?>

<!DOCTYPE html>
<html lang="en">
<head>
    <meta charset="UTF-8">
    <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
    <meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="ie=edge">
    <link rel="stylesheet" href="style/styles.css">
    <link rel="stylesheet" href="style.css">

```

```

<link rel="stylesheet"
href="https://use.fontawesome.com/releases/v5.7.2/css/all.css"
integrity="sha384-
fnmOCqbTlWIlj8LyTjo7mOUStjsKC4pOpQbqyi7RrhN7udi9RwhKkMHpvLbHG9Sr"
crossorigin="anonymous">
<title><? echo $name ?></title>
<link rel="icon" type="image/png" href="img/logo.png">
<link rel="stylesheet"
href="https://stackpath.bootstrapcdn.com/bootstrap/4.5.0/css/bootstrap.min.css"
integrity="sha384-
9aIt2nRpC12Uk9gS9baD1411NQApFmC26EwAOH8WgZl5MYXx9Ffc+NcPb1dKGj7Sk"
crossorigin="anonymous">
<script src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/chart.js"></script>
</head>

<body style="background-color:#6e5a11; ">
  <div class="booking-panel-section booking-panel-section4" style="width:
96%; margin-left: 2%; margin-bottom: 50px; ">
    <button class="btn btn-warning" onclick="window.location =
'index.php';" ><span> На голову </span></button>
    <div class="title" style="text-align: center;"><?php echo $name;
?></div>
    <div class="movie-box" style="width: 20%; margin-left: 40%;">
      <?php
        echo '';
      ?>
    </div>
    <div class="title" style="text-align: center;"><?php echo
$row['description'] ?></div>
    <div style="margin-left: 5%; padding-right: 5%;">
      <h1 class="text" style="color: sandybrown"> Статистичні заміри
</h1>
      <div id="charts"></div>
    </div>

    <button class="btn btn-warning" type="button" style="width: 40%;
margin-left: 30%; margin-top: 4%; margin-bottom: 2%;" onclick="prognose();"
><span id="span"> Перейти до прогнозування </span></button>
  </div>

</body>

</html>

<script>
  let id = <?php echo json_encode($id); ?>;
  var dates = <?php echo json_encode($dates); ?>;
  fetch('get_data.php?id=' + id)
    .then(response => response.json())
    .then(data => {
      const labels = Object.keys(data);
      const parameters = Object.keys(data[0]); // Отримання списку
параметрів з першого рядка даних

      // Кольори для графіків
      const colors = ['rgba(255, 99, 132, 0.2)', 'rgba(54, 162, 235, 0.2)',
'rgba(255, 206, 86, 0.2)', 'rgba(75, 192, 192, 0.2)', 'rgba(153, 102, 255, 0.2)',
'rgba(255, 159, 64, 0.2)', 'rgba(255, 99, 132, 0.2)', 'rgba(54, 162, 235, 0.2)',
'rgba(255, 206, 86, 0.2)'];
      const borderColors = ['rgba(255, 99, 132, 1)', 'rgba(54, 162, 235,
1)', 'rgba(255, 206, 86, 1)', 'rgba(75, 192, 192, 1)', 'rgba(153, 102, 255, 1)',
'rgba(255, 159, 64, 1)', 'rgba(255, 99, 132, 1)', 'rgba(54, 162, 235, 1)',
'rgba(255, 206, 86, 1)'];

```

```

// Створення графіків для кожного параметра заміру
parameters.forEach((parameter, index) => {
  if (parameter !== 'measurement_date') {
    const parameterData = data.map(row => row[parameter]);
    const chartContainer = document.getElementById('charts');
    // Додавання заголовка з назвою параметра українською мовою
    const parameterTitle = document.createElement('h3');
    parameterTitle.textContent =
getUkrainianParameterName(parameter);
    parameterTitle.classList.add('tag');
    chartContainer.appendChild(parameterTitle);
    // Створення графіка
    const ctx = document.createElement('canvas');
    ctx.classList.add('chart-canvas');
    chartContainer.appendChild(ctx);
    const chart = new Chart(ctx, {
      type: 'line',
      data: {
        labels: dates, // Використовуємо дати замірів як
осьове значення
        datasets: [{
          label: getUkrainianParameterName(parameter),
          data: parameterData,
          backgroundColor: colors[index],
          borderColor: borderColors[index],
          borderWidth: 1
        }]
      },
      options: {}
    });
  }
});
});

// Функція для отримання української назви параметра
function getUkrainianParameterName(parameter) {
  switch (parameter) {
    case 'temperature':
      return 'Рівень Температури';
    case 'ph':
      return 'Рівень pH';
    case 'alcohol_percentage':
      return 'Відсоток алкоголю';
    case 'extractive_substances_percentage':
      return 'Відсоток екстрактивних речовин';
    case 'fermentation_time':
      return 'Час ферментації';
    case 'malt':
      return 'Солод';
    case 'water':
      return 'Вода';
    case 'hops':
      return 'Хміль';
    case 'yeast':
      return 'Дріжджі';
    default:
      return parameter;
  }
}

function prognose() {
  window.location.href = 'predict.php';
}

```

```
}  
</script>
```

## Auth.php

```
<?php  
session_start();  
?>  
<!DOCTYPE html>  
<html lang="en">  
  
<head>  
  <meta charset="UTF-8">  
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">  
  <meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="ie=edge">  
  <link rel="stylesheet" href="style/styles.css">  
  <link rel="stylesheet"  
href="https://use.fontawesome.com/releases/v5.7.2/css/all.css" integrity="sha384-  
fnmOCqbTlWIlj8LyTjo7mOUStjsKC4pOpQbqyi7RrhN7udi9RwhKkMHpvLbHG9Sr"  
crossorigin="anonymous">  
  <link  
href="https://cdn.jsdelivr.net/npm/bootstrap@5.0.2/dist/css/bootstrap.min.css"  
rel="stylesheet" integrity="sha384-  
EVSTQN3/azprG1Anm3QDgqJLIIm9Nao0Yz1ztcQTWfFspd3yD65VohhpuuCOMLASjC"  
crossorigin="anonymous">  
  <link href="https://cdn.jsdelivr.net/npm/select2@4.1.0-  
rc.0/dist/css/select2.min.css" rel="stylesheet" />  
  <title>Авторизация</title>  
  <link rel="icon" type="image/png" href="img/logo.png">  
</head>  
  
<body>  
<?php  
  $link = mysqli_connect("localhost", "root", "", "suslo");  
?>  
<div class="navbar-brand">  
  <a href="index.php">  
    <h1 class="navbar-heading">Прогнозування Пивного Сусла</h1>  
  </a>  
</div>  
<div>  
<div mt="150px" class="container">  
  <div class="row" style="margin-bottom: 20%;">  
    <div class="col-3"></div>  
    <div class="col-6">  
      <h1><center>Будь ласка, введіть свій логін та  
пароль</center></h1><br>  
  
      <form action="" method="POST" >  
        <div class="box-body">  
  
          <div class="step_1">  
            <div class="form-group">  
              <label for="First_name">Логін:</label>  
              <input type="text" class="form-control first_name "  
name="name" required>  
            </div><br>  
            <div class="form-group">  
              <label for="subject">Пароль:</label>
```

