

DOI: 10.32347/2412-9933.2021.48.177-183

УДК 004.664

Криворучко Олена Володимирівна

Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інженерії програмного забезпечення та кібербезпеки,
orcid.org/0000-0002-7661-9227

Київський національний торговельно-економічний університет, Київ

Костюк Юлія Володимирівна

Здобувач PhD, асистент кафедри інженерії програмного забезпечення та кібербезпеки,
orcid.org/0000-0001-5423-0985

Київський національний торговельно-економічний університет, Київ

Цюцюра Микола Ігорович

Доктор технічних наук, доцент, професор кафедри інформаційних технологій,
orcid.org/0000-0003-4713-7568

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

ІДЕНТИФІКАЦІЯ НЕСТАЦІОНАРНИХ ДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВИРОБНИЦТВА МОЛОЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ

Анотація. Технологічні процеси харчової промисловості характеризуються невизначеністю та складністю процесу, які залежать від багатьох факторів, починаючи від самого складу сировини і закінчуючи фізико-хімічними властивостями продукції на всіх етапах її виробництва. Все це збільшує можливості коливань параметрів самого процесу і якості кінцевого продукту. Ефективність функціонування промислових об'єктів тісно пов'язана з дотриманням технологічних алгоритмів і функціональних параметрів цих об'єктів. Надто важливою процедурою у процесі їх експлуатації є контроль їхніх технологічних параметрів і діагностування стану вузлів, що досягається впровадженням відповідних систем контролю та діагностування. Задля вирішення завдань візуального відображення впливу вхідних параметрів на показники якості продукції проведено теоретичні дослідження щодо ідентифікації нестационарних динамічних технологічних процесів. Важливим етапом дослідження реальних об'єктів є визначення параметрів і структури математичної моделі, що забезпечують найкращий збіг вихідних координат моделі й об'єкта при однакових вхідних впливах. Вибір математичної моделі залежить від низки умов, найважливішими з яких є: мета, якій модель має служити; необхідна точність опису реального процесу; критерій адекватності моделі й об'єкта; ступінь вивченості технологічного процесу. Перехід від етапу побудови моделі до її застосування проводиться шляхом перевірки її на адекватність. При цьому умовою адекватності моделі є можливість застосування отриманої моделі для розв'язання тієї задачі, задля якої вона будується. Останнім часом для моделювання динамічних систем і процесів широко використовують методи аналізу інтервальних даних, які дають можливість отримати гарантовані оцінки прогностичних властивостей динамічних систем за результатами незначної кількості спостережень за вихідною змінною.

Ключові слова: ідентифікація; інформаційно-інтелектуальна система; математична модель; показники якості; об'єкт управління; модель об'єкта

Вступ

Найбільш традиційним продуктом харчування, який повсякденно споживається усіма віковими групами населення, – є молочна продукція, тому якість цього продукту має бути гарантованою. Висока цінність молока отримується за умов суворого дотримання санітарно-гігієнічних норм. Молоко і молочні продукти належать до першої категорії ризику за ступенем мікробного забруднення та частотою харчових отруєнь. З огляду на це,

необхідно створити ефективну систему контролю якості, яка охоплює всі етапи життєвого циклу продукції.

Розвинені країни розглядають високу якість як стратегічний етап економічного зростання і важливе джерело національного багатства.

Якість визначає престиж країни, є основою загального задоволення кожного громадянина і країни, а також однією з найважливіших складових конкурентоспроможності.

Особливо важливими є: якість роботи, контроль якості процесу, виявлення дефектів, які

безпосередньо пов'язані з виробництвом продукції. Якість продукції є основою піраміди, результатом якості роботи і всього виробничого процесу. Підвищення якості продукції вимагає суворішого дотримання технічного регламенту технологічного процесу виробництва і зниження витрат – роботи технічного вузла в найбільш ефективному режимі для забезпечення його максимальної продуктивності за найменших витрат. Реалізація цих вимог безпосередньо пов'язана з ефективністю роботи інформаційно-розвідувальної системи (ІРС).

У промисловості технологічні процеси, як об'єкти управління (ОУ), характеризуються неповнотою інформації, інтенсивними неконтрольованими координатними і параметричними збуреннями, що зумовлюють нестаціонарність властивостей об'єктів управління (ОУ). Тому для підвищення ефективності управління нестаціонарними об'єктами доцільно використовувати адаптивні системи з регуляторами, тобто системи, що самоналаштовуються. Отже, задача розробки ІРС полягає в тому, щоб забезпечити високу якість управління нестаціонарними об'єктами із запізненням і інтенсивними збуреннями, а в результаті підвищити якість продукції та економічну ефективність виробництва в цілому.

Доволі актуальним є вдосконалення інформаційно-інтелектуальних систем управління нестаціонарними технологічними об'єктами із запізненням і інтенсивними неконтрольованими збуреннями за рахунок поточної ідентифікації об'єктів і адаптації алгоритмів управління. Для отримання й опрацювання вихідних даних у процедурі ідентифікації застосовується теорія оцінювання динамічних процесів.

Для формування певних моделей і забезпечення процесу його дослідження використовуються теорія та методи статистичної ідентифікації, а також метод ОУ. Теорія випадкових (стохастичних) процесів – описує та впроваджує системи гарантуючого управління. Чисельні методи розв'язування задач оптимізації використовуються для ідентифікації та адаптації алгоритмів. Імітаційне моделювання дає змогу ефективно розробляти і досліджувати ці алгоритми.

Мета статті

Метою статті є аналіз сучасних методів ідентифікації складних нестаціонарних динамічних систем, що допоможе знайти адаптивний підхід для створення математичних моделей процесу задля синтезу оптимальних алгоритмів управління.

Виклад основного матеріалу

Теорія ідентифікації динамічних об'єктів широко представлена в науковій літературі. Значний вклад внесли Р. Ейкхоффа, А. Седж, І. Задех, А. М. Дейч,

В. В. Кафаров, Н. С. Райбман, Я. З. Ципкін та ін. Першим систематичним викладенням різноманітних алгоритмів і способів ідентифікації є книга одного з основоположників теорії ідентифікації професора П. Ейкхоффа [5], в якій подано основні поняття моделі, постановки завдань ідентифікації, викладено базові підходи до вирішення завдань побудови моделей для різних класів об'єктів, способів їх опису, використовуваних сигналів при різних підходах і алгоритмах ідентифікації. Книга містить багато аспектів теорії ідентифікації і на сьогодні є актуальною при вивченні проблем побудови і всебічного аналізу моделей процесів або систем. У статтях розглянуто основні поняття про моделі, процеси ідентифікації, постановку задач побудови моделі, наведено класифіковані за базовими ознаками основні типи моделей об'єктів. Також розглянуто актуальну задачу оцінювання стану об'єкта, який у подальшому може використовуватися для синтезу управляючого впливу. Детально розглядається задача оцінки параметрів лінійного різницевого рівняння з багатовимірним входом за наявності шумів спостереження у вхідних і вихідних сигналах. Це завдання відрізняється від стандартної задачі регресійного оцінювання, запропоновано новий критерій оцінювання на основі відносин двох квадратичних форм, який узагальнює стандартний метод найменших квадратів і допомагає отримати спроможні оцінки параметрів. Пропонується також чисельний метод визначення оцінок параметрів лінійних різницевих рівнянь, що зводиться до багаторазового розв'язання лінійних різницевих рівнянь.

Ефективність функціонування промислових об'єктів тісно пов'язана з дотриманням технологічних алгоритмів і функціональних параметрів цих об'єктів. Надто важливою процедурою у процесі їх експлуатації є контроль їхніх технологічних параметрів і діагностування стану вузлів, що досягається впровадженням відповідних систем контролю і діагностування [10–12]. Наявні системи контролю і діагностування спираються на детерміновані підходи і реалізують діагностичні процеси в режимі реального часу.

На світовому ринку розробки і побудови систем контролю і діагностування працює багато вітчизняних та іноземних фірм-виробників [10–12]. Високі технічні, технологічні й експлуатаційні показники систем контролю і діагностування були досягнуті фірмами-виробниками за рахунок застосування новітніх технологій, у тому числі процедур прогнозування, статистичного опрацювання вимірювальних сигналів, врахування нестаціонарності у випадкових вимірювальних сигналах, адаптивності алгоритмів. До таких належать: Mega System (США), Diesel Intellect (РФ),

Центр мікроелектроніки Transes Merine (РФ), DEPAS (Україна), Autronica AS/section: Autronica Marine Norway (Норвегія), Siemens (ФРН), «STL» (Данія), «Mitsubishi» (Японія), «Zultser» (Швейцарія) та багато інших. Основною спрямованістю їх роботи є розроблення та впровадження датчиків (GT-20, GT-21, GT-205, SC350, ПДР-1018, PS-16, GF-1), розроблення мікроелектронних вузлів діагностичних систем (MIP-Calculator NK-100, «Індіскоп-647»), AVL DiSystem 845, «Data Trend», «Data Chief», «Data Save», «Data Power», Мікос-Д-1, Космос-Д-1), запровадження алгоритмів функціонування (ДМ-1000, ДМ-2000, MIP-Calculators серії NK-2, NK-3, NK-5, NK-8, NK-100, DieselProf-100, Mediag-22, CC-10).

Розроблення сучасних методів контролю і діагностування, математичних моделей, алгоритмів і процедур оцінки стану промислових об'єктів та їх вузлів ґрунтується щодо реалізації на відповідних комп'ютеризованих засобах і їх компонентах.

Нині ситуація в області комп'ютеризованих систем дає змогу здійснювати надскладні інформаційні перетворення, реалізацію технічно складних алгоритмів у режимі реального часу, виконувати контролюючі процедури, приймати вірогідні діагностичні рішення, використовуючи при цьому дружній інтерфейс, що привело до нових можливостей у діагностуванні і контролі технологічних об'єктів з динамічними властивостями.

Важливим етапом дослідження реальних об'єктів є ідентифікація об'єкта та його математичної моделі, тобто визначення параметрів і структури математичної моделі, що забезпечують найкращий збіг вихідних координат моделі й об'єкта при однакових вхідних впливах. Об'єктом ідентифікації є все те, що визначається за допомогою аналізу інформації, яку отримують у процесі опрацювання даних. Дані отримують у процесі вимірювання змінних на деякому кінцевому інтервалі спостереження, а також у процесі обчислення відомих функцій, які задають аналітично або алгоритмічно. У процесі ідентифікації отримують інформацію в найбільш стислому вигляді. Цього досягають внаслідок побудови математичних моделей: імітаційних, які детально описують внутрішні і зовнішні процеси в об'єкті, тобто опосередковано імітують об'єкт і моделі, які ґрунтуються на взаємозв'язку виміряних або обчислених змінних.

У комп'ютерному імітаційному моделюванні (машинне і людино-машинне) об'єкт вивчення і його соціологічна теорія найважливіші щодо методів, експертних оцінок і т. д. Створення комп'ютерних імітаційних моделей починається з початкової ідеалізації представлення про об'єкт і створення на його основі першого варіанта моделі. Робота з

моделлю дає можливість з'ясувати, якої інформації про об'єкт не вистачає, а яка вимагає уточнення. Отже, на основі отриманих даних будується програма наступних емпіричних досліджень об'єкта, результати яких допомагають побудувати інший, уточнений варіант моделі. За необхідності інтеграційні цикли можуть повторюватися кілька разів. Перевага комп'ютерного моделювання полягає в наявності такої імітаційної моделі, що заміщає природний експеримент над самим об'єктом, дає можливість замінити його модельним експериментом, у якому модель імітує поведінку об'єкта при різних початкових даних, вихідних параметрах і обмеженнях.

Найважливішою формою системного аналізу складних систем є імітаційне моделювання, що описує процеси функціонування систем у вигляді алгоритмів. Його застосовують у випадках, коли є необхідність врахувати велику різноманітність вихідних даних і вивчити перебіг процесів у різних умовах. Процес імітації на будь-якому етапі може бути призупинено для проведення наукового експерименту на вербальному (описовому) рівні, результати якого після оцінювання та опрацювання можуть бути використані на наступних етапах імітації.

Відомо декілька методів і принципів побудови інформаційних систем (ІС), серед яких можна виокремити: методи "знизу-вверх" (метод витратний, здійснюється кваліфікованими програмістами, дає змогу автоматизувати, як правило, окремі робочі процеси), "зверху-вниз" (метод обмежує можливості розробників у структурі інформаційних множин БД (баз даних), у використанні варіантів екранних форм, алгоритмів розрахунку, позбавляючи можливості розширити коло вирішуваних завдань, таким чином обмежує можливості ІС), принципи "дуалізму", багатоконпонентності (модульність побудови ІС нового покоління і принцип одноразового введення дають можливість варіювати конфігурацією цих систем, така структура дає змогу включити в ІС нового покоління компоненти створення сховищ даних, розділяючи системи оперативної дії і системи підтримки прийняття рішень).

Вибір математичної моделі залежить від низки умов, найважливішими з яких є: мета, якій модель має служити; необхідна точність опису реального процесу; критерій адекватності моделі й об'єкта; ступінь вивченості технологічного процесу.

Перехід від етапу побудови моделі до її застосування потребує оцінки якості отриманої моделі, тобто перевірки адекватності моделі об'єкту, або її ідентифікації. При цьому умовою адекватності моделі є можливість застосування отриманої моделі для розв'язання тієї задачі, задля якої будується модель.

Побудова математичної моделі об'єкта включає три етапи [1]:

1. Збирання наявної інформації про досліджуваній об'єкт, виокремлення його структурних елементів, аналіз цих елементів та впорядкування за їх впливом на функціонування об'єкта в цілому. Цей етап завершується оформленням структурної схеми об'єкта.

2. Визначення параметрів об'єкта.

3. Визначаються вхідна і вихідна інформація кожного структурного елемента, функціональні зв'язки між структурними елементами, зовнішні впливи як на окремі параметри системи, структурні елементи, так і на об'єкт в цілому.

Модель об'єкта можна представити у вигляді структурної схеми, яка показана на рисунку.

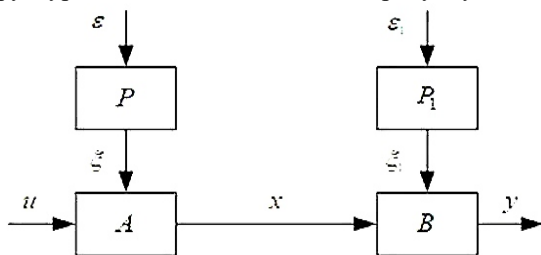


Рисунок – Структурна схема моделі об'єкта

Введено такі позначення [1 – 9]:

u і y – спостережувані вхідні і вихідні змінні. Вони можуть бути детермінованими або випадковими, можуть бути сумішшю (зазвичай адитивною) детермінованої і випадкової складових. Вхідні змінні можуть спеціально подаватися в систему для ідентифікації (активний експеримент), а можуть перебувати в системі як керуючі або збурюючі впливи (пасивний експеримент);

x – неспостережувані змінні, які оцінюються побічно по змінних y , отриманих в результаті перетворення x в об'єкті оператором B ;

ε_1 і ε_2 – неспостережувані перешкоди, що є, як правило, випадковими процесами типу “білого або кольорового шуму”, в деяких випадках вони містять детерміновані складові;

ξ і v – частіше неспостережувані, зазвичай корельовані в часі випадкові сигнали, в деяких випадках вони містять детерміновані складові;

A, B, P, R – оператори, в деяких випадках їхній вид невідомий, в інших – відомий, але невідомі параметри.

Основними завданнями ідентифікації, згідно з наведеною структурною схемою моделі об'єкта (рисунок), є такі:

1. Задача знаходження характеристик (параметрів) об'єкта. За відомими спостережуваними змінними u і y потрібно визначити оператори (або параметри операторів) A і B . Часто одночасно з визначенням параметрів A і B потрібно визначити

параметри операторів P і R , що перетворюють неспостережувані “білі шуми” ε_1 і ε_2 в неспостережувані сигнали ξ і v .

2. Завдання оцінювання змінних стану. Стан об'єкта характеризується багатовимірною змінною стану, вектор-функція, яка однозначно визначає всі його характеристики. За відомими спостережуваними випадковими сигналами u та y і відомими операторами A, B, P, R з відомими параметрами потрібно визначити (оцінити) неспостережуваний випадковий сигнал x .

3. Завдання генерації випадкових сигналів із заданими характеристиками або визначення характеристик випадкових сигналів. За спостережуваним змінним ξ або v потрібно визначити оператор (або параметри оператора) P (або R). У деяких випадках виникає завдання, за якого одночасно проводиться параметрична ідентифікація A, B, P, R і оцінювання x (одночасна ідентифікація та оцінювання), а також можлива низка інших постановок задач ідентифікації та оцінювання.

При розробці ІРС на етапі ідентифікації мають бути вирішені такі питання:

1. Який метод вибрати для ідентифікації.
2. Як виконати збирання даних і як використовувати отримані дані.
3. Як оцінити якість отриманого результату.
4. Як впливає точність отриманого результату на якість оцінювання неспостережуваних змінних об'єкта.

За способом тестування досліджуваного об'єкта методи ідентифікації поділяються на активні та пасивні. Серед активних методів ідентифікації широко застосовуються частотні методи, що базуються на вимірюванні встановлених вихідних сигналів досліджуваного об'єкта. При використанні пасивних методів ідентифікації об'єкт перебуває в умовах нормального функціонування. При цьому параметри моделі знаходять за результатами статистичного опрацювання спостережень звичайних змін величин на вході та виході об'єкта. При пасивній ідентифікації застосовують кореляційний та регресійний аналіз, стохастичну апроксимацію тощо [3 – 7]. За способом опрацювання даних спостережень при ідентифікації об'єктів застосовують як детерміновані, так і статистичні методи. Використання того чи іншого методу визначається характером сигналів.

Ідентифікація систем і об'єктів управління часто зводиться до визначення структури і параметрів моделі за спостережуваними даними (входу і виходу об'єкта) і наявною інформацією. Всі відомі підходи до ідентифікації поділяються на статистичні і функціональні (детерміновані), що відрізняються один від одного природою збурень (завад), що діють на систему, і одержуваними

оцінками. Структурна ідентифікація зводиться до вибору математичної моделі, яка описує процеси в досліджуваному об'єкті. Статистичні методи, за допомогою яких вдалося вирішити такі завдання структурної ідентифікації, як вибір найбільш істотних змінних, оцінка ступеня нелінійності об'єкта, вибір кроку дискретизації знімання експериментальних даних та інші, тобто такі проблеми, які дають змогу більш обґрунтовано підходити до вибору структури моделі, відіграють головну роль в теорії ідентифікації.

Методи ідентифікації часто розрізняють за їх пристосованістю щодо дослідження динамічних об'єктів того чи іншого класу. Але важливою особливістю при ідентифікації є наявність або відсутність процедур порівняння одержуваної моделі з об'єктом. Тому це і визначає дві можливі структури побудови систем ідентифікації: по розімкнутій і замкнутій схемах. Результатом вирішення завдання ідентифікації є математична модель, представлена в часовій або частотній області. При цьому отримана модель адекватна об'єкту з поведінки (тобто за динамічними властивостями) згідно з обраним при ідентифікації критерієм подібності.

Висновки

Конкурентні переваги продукції, що випускається, досягаються за рахунок її більш високої якості та функціональних можливостей. Тому математичні моделі, що використовуються в ІРС при вирішенні завдань контролю і керування, мають бути високоточними, але мати низьку обчислювальну складність. У зв'язку з інтенсивним розвитком ІРС і суттєвим розширенням застосування актуальною є проблема створення моделей, методів і засобів математичного моделювання в реальному часі.

Якщо задача ідентифікації моделі об'єкта (або системи) є головною у процесі адаптації, то ключовим моментом є вибір методу ідентифікації: метод найменших квадратів, узагальнений метод найменших квадратів, метод інструментальної змінної; метод підпросторів, що використовує подання моделей у формі простору станів; методи кореляційного аналізу, засновані на розв'язанні рівняння Вінера – Хопфа.

У вивченні будь-яких об'єктів (технічних, економічних, соціальних систем, процесів та явищ) основним завданням є побудова їх моделей. Велике значення набувають задачі побудови адекватних математичних моделей досліджуваних процесів і систем на основі даних експериментів «вхід – вихід» – задачі ідентифікації, що дають змогу підвищити точність і достовірність результатів моделювання при проектуванні ІРС.

Однією з актуальних проблем сьогодення є розвиток методів математичного моделювання складних динамічних систем і процесів, дослідження та впровадження яких дає значний економічний ефект. Незалежно від типу системи, доволі адекватно можуть бути описані як дискретні лінійні та нелінійні динамічні системи. Динаміку системи як правило описують змінними стану. Для ідентифікації рівнянь змінних стану використовують експериментальні дані. Останнім часом для моделювання динамічних систем і процесів широко використовують методи аналізу інтервальних даних, які дають можливість отримати гарантовані оцінки прогностичних властивостей динамічних систем за результатами незначної кількості спостережень за вихідною змінною.

Список літератури

1. Іванюк В. А., Федорчук В. А. Адаптивний метод ідентифікації моделей нелінійних динамічних систем інтегральними рядами Вольтерри. *Інформаційні технології та комп'ютерне моделювання*. 2019. Том 41. № 3. С. 33–42.
2. Жигайло О. М. Статистична ідентифікація моделей динаміки та її застосування у задачах адаптивного управління: автореф. дис.. канд. техн. наук, 05.13.07. Одес. держ. політехн. ун-т, Одеса, 2001.
3. Мокін Б. І., Мокін О. Б. Метод ідентифікації нелінійних динамічних об'єктів з екстремальними статичними характеристиками. *Наукові Праці ВНТУ*. 2009. Вип. 2. С. 1–8.
4. Коваль А. В. *Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів*. Житомир, Україна: ЖДТУ. 2018.
5. Pavlenko V. D. Interpolation Method of Nonlinear Dynamical Systems Identification Based on Volterra Model in Frequency Domain in *Proceedings of the 7th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS'2013)*, Berlin, Germany, 2013. pp. 173–178.
6. Марасанов В. В., Димова Г. О. Евристичні підходи до аналізу динамічних об'єктів по вихідним сигналам. *Проблеми інформаційних технологій*, 2017. №1 (022). С. 134–141.
7. Крих Г. Б., Матіко Г. Ф., Кріль Б. А. Моделювання системи керування з регулятором на підставі внутрішньої моделі. *Scientific Bulletin of UNFU*. 2019. Том 29. Вип. 9. С. 161–168.
8. Хобін В. А., Жигайло О. М., Степанов М.Т. Порівняльний аналіз методів ідентифікації моделей динаміки. *Удосконалення існуючих і розробка нових технологій для харчової промисловості: наук. пр.* 1999. Вип. 20. С. 192–196.

9. Сільвестров А. М., Скринник О. М., Уманська К. В. Ідентифікація закономірності у вібраціях об'єкта для діагностики та прогнозування стану. *Вісник Нац. техн. ун-ту "ХПІ": зб. наук. пр. темат. вип.: Проблеми автоматизованого електроприводу*. 2013. № 36 (1009). С. 478–479.

10. Кропачек О. Ю. Исследование диагностических рисков параметрически неопределенной квадратической функции при диагностике промышленных объектов. *Системи управління, навігації та зв'язку*. 2017. № 5 (45). С. 56 – 59.

11. Дивак М. П. Метод локалізації гарантованих оцінок в задачах параметричної ідентифікації. *Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах*. 2000. № 4. С. 12–17.

12. Дивак М. П. Аналіз точності лінійної інтервальної моделі в задачах статичної ідентифікації. *Вісник ДУ "Львівська політехніка". Автоматика, вимірювання та керування*. 1999. № 366. С. 31–35.

Стаття надійшла до редколегії 05.12.2021

Kryvoruchko Olena

DSc (Eng.), Professor, Head of the Department of at Software Engineering and Cyber Security, orcid.org/0000-0002-7661-9227
Kyiv National University of Trade and Economics, Ukraine

Kostiuk Yuliia

Assistant of the Department of at Software Engineering and Cyber Security, orcid.org/0000-0001-5423-0985
Kyiv National University of Trade and Economics, Ukraine

Tsiutsiura Mykola

DSc (Eng.), Associate Professor, Department of Information Technology, orcid.org/0000-0003-4713-7568
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

IDENTIFICATION OF NON-STATIONARY DYNAMIC PROCESSES OF DAIRY PRODUCTION

Abstract. *Technological processes of the food industry are characterized by uncertainty and complexity of the process, which depend on many factors, from the composition of raw materials to the physico-chemical properties of products at all stages of its production. All this increases the possibility of fluctuations in the parameters of the process and the quality of the final product. The efficiency of industrial facilities is closely related to compliance with technological algorithms and functional parameters of these facilities. A very important procedure in their operation is the control of their technological parameters and diagnosing the condition of the nodes, which is achieved by implementing appropriate control and diagnostic systems. In order to solve the problem of visual display of the influence of input parameters on product quality indicators, theoretical research was conducted in the field of identification of non-stationary dynamic technological processes. An important step in the study of real objects is to determine the parameters and structure of the mathematical model that provide the best match between the original coordinates of the model and the object under the same input influences. The choice of mathematical model depends on a number of conditions, the most important of which are: the purpose for which the model should serve; the accuracy of the description of the real process is necessary; criterion of adequacy of model and object; degree of study of the technological process. The transition from the stage of model construction to its application is carried out by checking its adequacy. The condition for the adequacy of the model is the ability to use the resulting model to solve the problem for which it is built. Recently, for the modeling of dynamic systems and processes, methods of analysis of interval data are widely used, which make it possible to obtain guaranteed estimates of the predictive properties of dynamic systems based on a small number of observations of the original variable.*

Keywords: *identification; information-intellectual system; mathematical model; quality indicators; control object; object model*

References

1. Ivanyuk, V., Fedorchuk, V. (2019). Adaptive method of identification of models of nonlinear dynamical systems by Volterra integral series. *Information technology and computer modeling*, 41, 3, 33–42.
2. Zhyhailo, O. (2001). Statistical identification of dynamics models and its application in adaptive control problems: PhD thesis, 05.13.07. Odessa. state Polytechnic University.
3. Mokin, B., Mokin, O. (2009). Method of identification of nonlinear dynamic objects with extreme static characteristics. *NaukPratsi VNTU*, 2, 1–8.
4. Koval, A. (2018). Identification and modeling of technological objects. Zhytomyr, Ukraine: ZhSTU.
5. Pavlenko, V. (2013). Interpolation Method of Nonlinear Dynamical Systems Identification Based on Volterra Model in Frequency Domain. *Proceedings of the 7th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS'2013), Berlin, Germany*, 173–178.
6. Marasanov, V., Dimova, G. (2017). Heuristic approaches to the analysis of dynamic objects by output signals. *Problems of information technology*, 1 (022), 134–141.

7. Krykh, G., Matiko, G., Krill, B. (2019). Modeling of control system with regulator based on internal model. *Scientific Bulletin of UNFU*, 29, 9, 161–168.
8. Hobin, V., Zhigaylo, O., Stepanov, M. (1999). Comparative analysis of methods for identifying dynamics models. *Improving existing and developing new technologies for the food industry*, 20, 192–196.
9. Silvestrov, A., Skrynnyk, O., Umanskaya, K. (2013). Identification of patterns in the vibrations of the object for diagnosis and prediction of the condition. *Bulletin of the National tech. KhPI University: Coll. Science. etc. topic. issue: Problems of automated electric drive*, 36 (1009), 478–479.
10. Kropachek, O. (2017). Investigation of diagnostic risks of parametrically indeterminate quadratic function in the diagnosis of industrial facilities. *Control, navigation and communication systems*, 5 (45), 56–59.
11. Divak, M. (2000). Method of localization of guaranteed estimates in parametric identification problems. *Measuring and computing equipment in technological processes*, 4, 12–17.
12. Divak, M. (1999). Analysis of the accuracy of the linear interval model in static identification problems. *Visn. Lviv Polytechnic State University. Automation, measurement and control*, 366, 31–35.

Посилання на публікацію

- APA Kryvoruchko, Olena, Kostyuk, Yuliia, & Tsiutsiura, Mykola, (2021). Identification of non-stationary dynamic processes of dairy production. *Management of Development of Complex Systems*, 48, 177–183, dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2021.48.177-183.
- ДСТУ Криворучко О. В., Костюк Ю. В., Цюцюра М. І. Ідентифікація нестационарних динамічних процесів виробництва молочної продукції. *Управління розвитком складних систем*. Київ, 2021. № 48. С. 177 – 183, dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2021.48.177-183.