Національний університет
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Наукова робота на тему:

ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ ЗАСОБІВ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ ІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ

Автори: Боряк Б.Р., Захарченко Р.В., Фурсова Н.А., Приставка Ю.В.

Полтава 2021

Актуальність теми дослідження

- Розпорядження Кабінету міністрів України від 17 січня 2018 р. № 67-р **«Про схвалення Концепції розвитку цифрової економіки та суспільства України на 2018-2020 роки та затвердження плану заходів щодо її реалізації»**

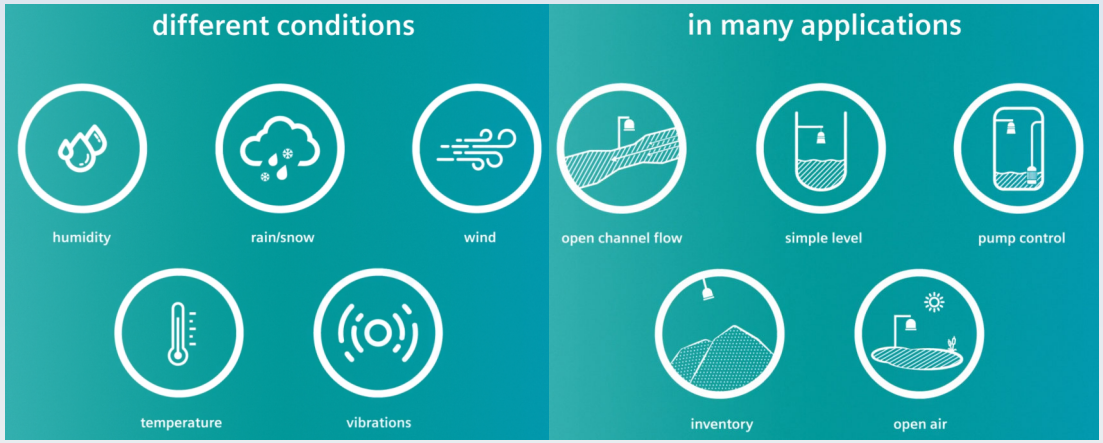

Рис. 1. Умови та застосування вимірювальних пристроїв систем керування технологічними процесами

Рис. 2. Ілюстрація вимірювання даних цифровими датчиками

- Розвиток **цифрових технологій** відкриває широкі можливості в усіх сферах людської діяльності. Їх використання у реальному секторі економіки є запорукою інноваційного розвитку як окремого підприємства, так і держави в цілому. Застосування цифрових технологій у виробничих процесах ставить ряд викликів, пов’язаних з обробкою даних, вибором та налаштуванням алгоритмів керування, оцінювання ефективності розробленої системи.

Мета та задачі дослідження

- **Метою роботи** є комплексне розв’язання проблем цифрової трансформації технологічних процесів шляхом дослідження їхніх математичних моделей, упровадження нових адаптивних методів цифрової обробки даних для забезпечення інноваційного розвитку.
- **Задачі дослідження:**

1. Провести дослідження математичної моделі технологічного процесу, зокрема, як об’єкта з розподіленими параметрами, та перейти до еквівалентної системи із зосередженими параметрами.
2. Розробити структуру й алгоритм функціонування багатовимірної автономної системи автоматичного керування з еталонною моделлю та ідентифікатором.
3. Розробити підсистему ідентифікації для відслідковування зміни параметрів технологічного процесу як об’єкта керування.
4. Дослідити рівняння реакції-конвекції-дифузії як математичну модель, що описує ряд фізичних та технологічних процесів.
5. Дослідити проблеми цифрової трансформації систем автоматичного керування, сигнали яких можуть бути спотворені, й систем керування об’єктами із запізненням.
6. Розробити адаптивні методи фільтрації та прогнозування цифрових сигналів вимірювальних пристроїв систем автоматичного керування технологічними процесами.
7. Реалізувати й дослідити адаптивні методи цифрової обробки сигналів з метою їхньої подальшої інтеграції в системи автоматичного керування технологічними процесами.
8. Розробити методичний підхід до формування інформаційно-аналітичного забезпечення оцінювання впливу детермінант інноваційного розвитку.
9. Запропонувати алгоритм побудови системи моніторингу інноваційного розвитку в умовах цифрової трансформації.

Наукова новизна одержаних результатів

1. Уперше отримано незміщені та ефективні оцінки параметрів передавальних функцій об’єкта керування завдяки застосуванню методів конфлюентного аналізу в умовах зашумленості вхідних і вихідних сигналів. Розроблено автономну адаптивну систему керування технологічним процесом (на прикладі процесу сушіння зерна), яка забезпечує оптимальні режими роботи в умовах невизначеності та нестаціонарності параметрів об’єкта і середовища.

2. Установлено основні й додаткові перетворення еквівалентності (1+2)-вимірного рівняння реакції-конвекції-дифузії. Виконано повну групову класифікацію (1+2)-вимірного рівняння реакції-конвекції-дифузії. Здійснено симетрійну редукцію та знайдено деякі точні розв’язки (1+2)-вимірного рівняння реакції-конвекції-дифузії зі степеневими нелінійностями. Знайдено нелокальні перетворення еквівалентності системи нелінійних рівнянь конвекції-дифузії.

3. Уперше розроблено модель процесу цифрової обробки сигналів систем автоматичного керування, що передбачає можливості фільтрації й прогнозування даних в умовах нестачі апріорної інформації про характеристики сигналів, що відслідковуються, та шумів, з інтегрованими методами адаптації параметрів алгоритму обробки даних до зміни параметрів інтенсивності шумів.

4. Запропоновано методичні засади формування інформаційно-аналітичного забезпечення інноваційного розвитку, котрі, на відміну від існуючих розробок, містять інструменти: інтегрального оцінювання детермінант (стимулятори, дестимулятори) і дають змогу визначити причини ймовірної зміни стану економічної безпеки; кластеризації регіонів за характером прояву й рівнем впливу детермінант інноваційного розвитку з метою встановлення їхньої регіональної диференціації в умовах цифрової трансформації.

Практичне значення одержаних результатів

1. За рахунок упровадження адаптивної системи керування процесом зерносушіння й використання сучасної цифрової техніки отримано функціонально надійну систему стабілізації оптимальних значень температури і вологості зерна. Проведені експериментальні дослідження дають змогу за допомогою незначних капіталовкладень забезпечити роботу промислового сушильного агрегату з високими показниками якості.

2. Отримані результати є новими і можуть бути використані для розв'язування ряду конкретних задач теорії диференціальних рівнянь з частинними похідними, теорії теплопровідності, проникання, дифузії, гідродинаміки, газової динаміки та деяких інших. Точні розв'язки, одержані для окремих систем рівнянь, зокрема системи рівнянь Ван-дер-Ваальса та деяких рівнянь реакції-конвекції-дифузії, можуть знайти практичне застосування при моделюванні відповідних біофізичних процесів, а також при розв'язуванні цих рівнянь і систем рівнянь числовими методами;

3. Програмно реалізовано модель фільтрації та прогнозування сигналів систем автоматичного керування з використанням мови програмування Matlab і в середовищі програмування мікроконтролерів Arduino IDE;

4. Розроблено практичні рекомендації щодо створення системи моніторингу інноваційного розвитку країни, що передбачають побудову інформаційної моделі оцінювання динаміки стану установ та організацій інноваційної сфери й результативності їхньої діяльності за обраними показниками в умовах цифрової трансформації. Також розроблені теоретичні положення і методичні підходи можуть бути використані в процесі формування інноваційної політики держави, в аналітичній та прогностичній роботі територіальних органів державного управління, при формуванні державних і регіональних програм інноваційного розвитку.

Техніко-економічні показники

1. Очікуваний економічний ефект від упровадження розробленої автоматизованої системи керування технологічним процесом обчислений з урахуванням усього обладнання, яке необхідне для виробництва.

2. Установлено, що при впровадженні нової автоматизованої системи керування технологічним процесом витрати на заробітну плату робітників, які експлуатують систему, зменшилися на 10 %. Разом з тим витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт зменшилися на 35,5 %, вартість машино-години роботи знижена на 2,5 %, вартість технологічної операції для одиниці продукції знижена на 20,45 %. Економічний ефект від упровадження розробленої автоматизованої системи керування технологічним процесом склав 561,7 тис. грн. на рік. За отриманими розрахунками термін окупності витрат склав 5 місяців.

3. За рахунок використання сучасної цифрової техніки вдосконалено систему керування. Аналіз характеристик моделювання показав, що розроблена система керування технологічним процесом задовольняє показники якості при визначених параметрах об’єкта керування.

Рис. 3. Дослідний зразок зерносушарки

Модель зерносушарки

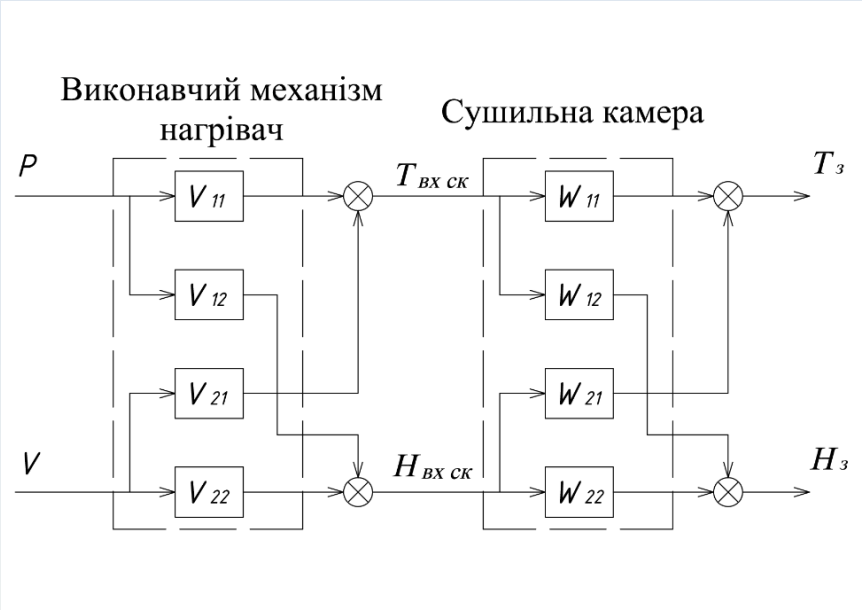

Рис. 4. Модель зерносушарки

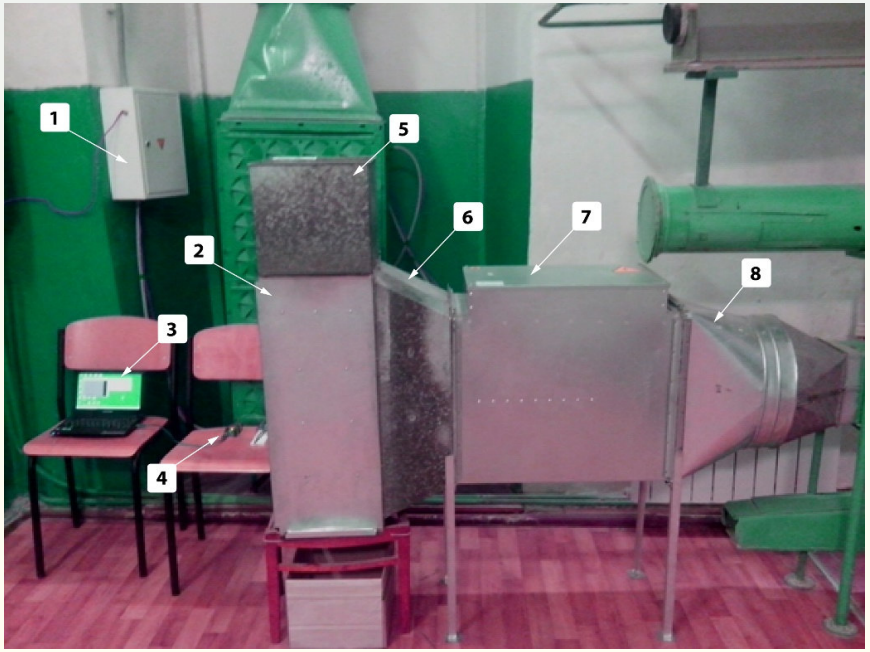

Рис. 5. Структура дослідного зразку зерносушарки

Параметри моделі:

- *P* – потужність нагрівача;
- *V* – об’єм повітря, що проходе через нагрівач;
- Твх ск, Нвх ск – температура та вологість сушильного агента;
- Тз, Нз – температура та вологість зерна;
- V11 – передавальна функція, що характеризує залежність зміни температури сушильного агента від потужності нагрівача;
- V12 – передавальна функція, що характеризує залежність зміни вологості сушильного агента від потужності нагрівача;
- V21 – передавальна функція, що характеризує залежність зміни температури сушильного агента від об'єму повітря, що проходе через нагрівач;
- V22 – передавальна функція, що характеризує залежність зміни вологості сушильного агента від об'єму повітря, що проходе через нагрівач;
- W11 – передавальна функція, що характеризує залежність зміни температури зерна від температури сушильного агента;
- W12 – передавальна функція, що характеризує залежність зміни вологості зерна від температури сушильного агента;
- W21 – передавальна функція, що характеризує залежність зміни температури зерна від об'єму сушильного агента, що проходе через сушильну камеру;
- W22 – передавальна функція, що характеризує залежність зміни вологості зерна від об'єму сушильного агента, що проходе через сушильну камеру;

Елементи дослідного зразку:

1 – щит живлення	5 – надсушильний бункер
2 – сушильна камера	6 – дифузор
3 – ноутбук	7 – нагрівач
4 – контролер	8 – дифузор

Результати експериментів

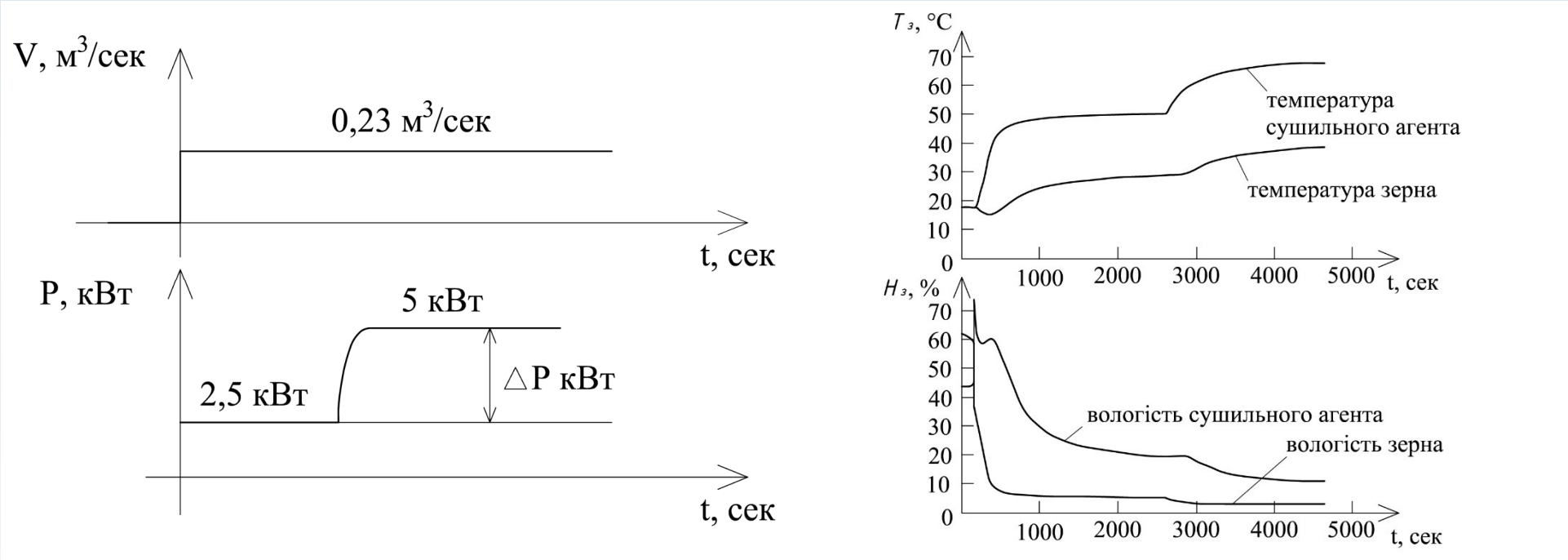

Рис. 6. Отримані характеристики процесу сушіння зерна

Визначення передавальних функцій моделі:

$$\hat{\alpha}_{12} = \frac{\sum_{i=1}^{N} \Delta H_{\text{вх ск}}(i) \cdot \Delta P(i)}{\sum_{i=1}^{N} (\Delta P(i))^2}$$ – МНК-оцінка статичного коефіцієнту передавальної функції V_{12}

$$\widehat{K}_{21} = \frac{\sum_{i=1}^{N} \Delta T_{\text{з}}(i) \cdot \Delta H_{\text{вх ск}}(i)}{\sum_{i=1}^{N} (\Delta H_{\text{вх ск}}(i))^2}$$ – МНК-оцінка статичного коефіцієнту передавальної функції W_{21}

$$V_{11}(p) = \frac{6{,}7}{490 \cdot p + 1}; \quad V_{12}(p) = \frac{-0{,}9}{310 \cdot p + 1}$$

$$V_{21}(p) = \frac{-28}{160 \cdot p + 1}; \quad V_{22}(p) = \frac{-8{,}7}{150 \cdot p + 1}$$

$$W_{11}(p) = \frac{0{,}6}{380 \cdot p + 1}; \quad W_{12}(p) = \frac{-0{,}58}{525 \cdot p + 1}$$

$$W_{21}(p) = \frac{-0{,}3}{337 \cdot p + 1}; \quad W_{22}(p) = \frac{0{,}4}{390 \cdot p + 1}$$

Система керування процесом сушіння зернових культур

Реакція системи керування процесом сушіння зерна на одиничний східчастий вплив по каналу температури (T_p) і еталонної моделі (T_e), а також похибка між еталонною та реальною моделями по каналу температури (ΔT)

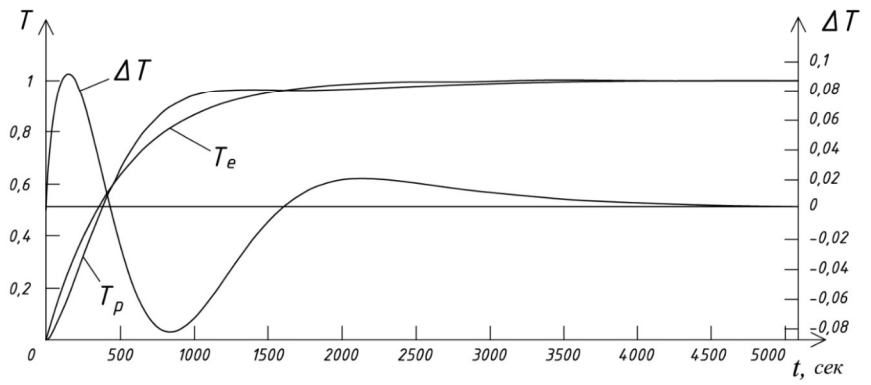

Рис. 7. Перехідні процеси зміни температури

Реакція системи керування процесом сушіння зерна на одиничний східчастий вплив по каналу вологості (H_p) і еталонної моделі (H_e), а також похибка між еталонною та реальною моделями по каналу вологості (ΔH)

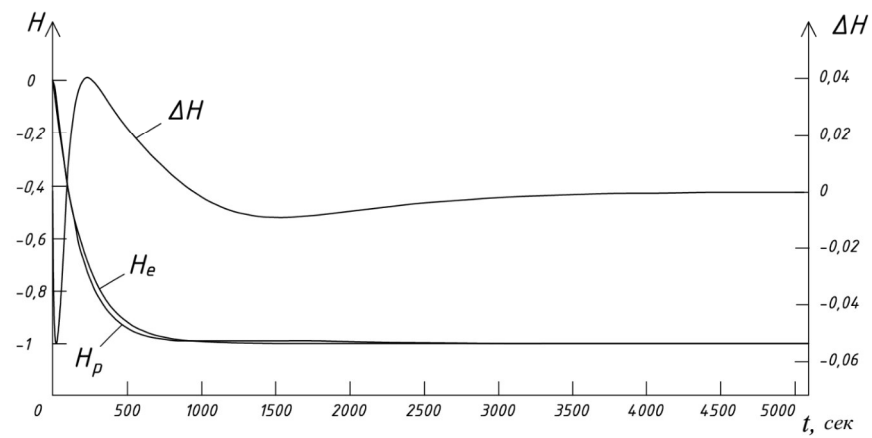

Рис. 8. Перехідні процеси зміни вологості

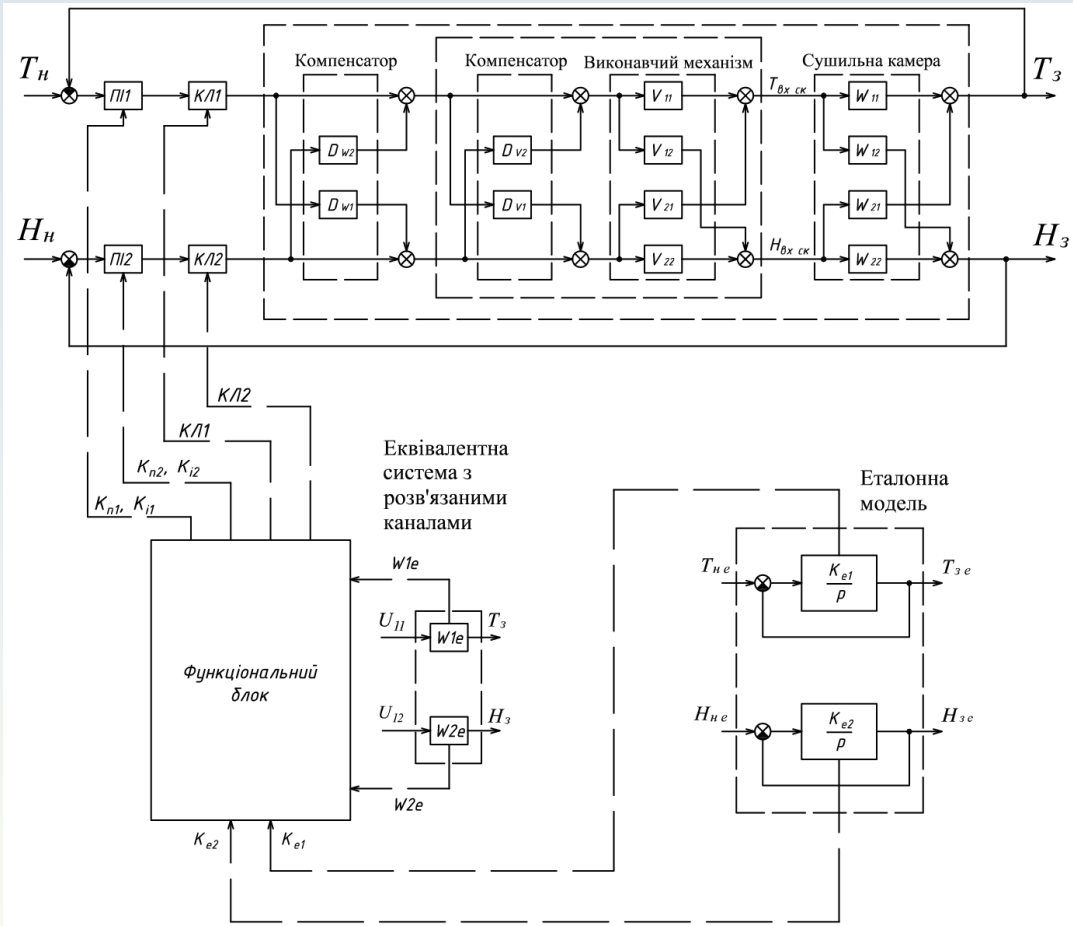

Рис. 9. Структурна схема розробленої системи автоматичного керування сушіння зернових культур

Рівняння реакції-конвекції-дифузії як математична модель фізичних і технологічних процесів

Рівняння реакції-конвекції-дифузії має широке застосування у фізиці, біології, хімії, екології та інших галузях науки. Воно використовується для опису різних фізичних процесів, зокрема процесів теплопровідності, дифузії та конвекції. Дане рівняння застосовується для моделювання руху частинок, енергії або інших фізичних величин у певній фізичній системі.

Система нелінійних рівнянь конвекції-дифузії з конкретними нелінійностями знаходить широке застосування для опису різноманітних фізичних, хімічних, біологічних процесів. Системи рівнянь конвекції-дифузії широко застосовуються в біологічних науках для моделювання процесів та явищ живої природи, зокрема для опису явища хемотаксису мікроорганізмів, для опису конкуренції тварин на певній території та інших. Системи даного класу описують рух рідини у пористому середовищі, перенос енергії в плазмі, розподіл речовин у ґрунті та багато інших процесів.

Розглянуто (1+2)-вимірне рівняння реакції-конвекції-дифузії:

$$u_0 = \partial_a (f^0(u)u_a) + f^a(u)u_a + h(u),$$

де, $u = u(x_0, x_1, x_2)$ – часова змінна, x_1, x_2 – просторові змінні, $a \in \{1,2\}$.

Встановлено основні та додаткові перетворення еквівалентності (1+2)-вимірного рівняння реакції-конвекції-дифузії. Із точністю до перетворень еквівалентності проведено повну групову класифікацію симетрійних властивостей (1+2)-вимірного рівняння реакції-конвекції-дифузії.

Побудовано точні розв’язки рівняння реакції-конвекції-дифузії зі степеневими нелінійностями, досліджено властивості деяких з отриманих розв’язків та наведено їх геометричну інтерпретацію.

Система рівнянь конвекції-дифузії

Розглянуто систему рівнянь конвекції-дифузії :

$$U_t = \partial_x [F(U)U_x] + K(U)U_x,$$

де $U = \begin{pmatrix} u^1 \\ u^2 \end{pmatrix}$, $K(U) = \begin{pmatrix} k^{11} & k^{12} \\ k^{21} & k^{22} \end{pmatrix}$, $F(U) = \begin{pmatrix} f^{11} & f^{12} \\ f^{21} & f^{22} \end{pmatrix}$, $u^a = u^a(t, x)$,

t – часова змінна, x – просторова змінна, $a, b = \overline{1,2}$.

- Отримано нелокальні перетворення еквівалентності системи нелінійних рівнянь конвекції-дифузії. Дані перетворення використані для дослідження системи рівнянь Ван-дер-Ваальса.
- Знайдено два образи системи рівнянь Ван-дер-Ваальса, яка входить до класу систем нелінійних рівнянь конвекції-дифузії, та досліджено симетрійні властивості цих образів.
- Здійснено побудову нелокальних анзаців, проведено редукцію та знайдено деякі точні розв’язки системи рівнянь Ван-дер-Ваальса.
- Знайдено нелокальні анзаци та проведено редукцію обох образів системи рівнянь Ван-дер-Ваальса.
- Побудовано нелокальні оператори інваріантності, які відповідають нелокальним анзацам даної системи.

Система рівнянь Ван-дер-Ваальса

Системи рівнянь конвекції-дифузії широко застосовуються в біологічних науках для моделювання процесів та явищ живої природи, зокрема для опису явища хемотаксису мікроорганізмів, для опису конкуренції тварин на певній території та інших. Системи даного класу описують рух рідини у пористому середовищі, перенос енергії в плазмі, розподіл речовин у ґрунті та багато інших процесів.

Досліджено систему рівнянь Ван-дер-Ваальса, яка входить до класу систем рівнянь конвекції-дифузії. Система рівнянь Ван-дер-Ваальса широко використовується у молекулярно-кінетичній теорії газів та рідин. Вона описує процеси, які пов'язані з переходом газу у рідину, і навпаки.

$$u_t^1 = \lambda_1 u_{xx}^1 - u^1 u_x^1 + \mu u^2 u_x^2,$$
$$u_t^2 = \lambda_2 u_{xx}^2 - u^1 u_x^2 - u^2 u_x^1,$$

де $x = (x_0, x_1)$, $u^a = u^a(x)$, λ_1 – коефіцієнт кінематичної в'язкості, λ_2 – коефіцієнт дифузії, μ – коефіцієнт конвекції, $a \in \{1,2\}$.

- Знайдено два образи системи рівнянь Ван-дер-Ваальса, яка входить до класу систем рівнянь конвекції-дифузії, та досліджено симетрійні властивості цих образів.
- Ліївську симетрію образів системи рівнянь Ван-дер-Ваальса використано для побудови їх нееквівалентних ліївських анзаців.
- Побудовано нелокальні анзаци та проведено редукцію обох образів системи рівнянь Ван-дер-Ваальса.

Модель цифрової обробки сигналів

$$\hat{x}(k) = \alpha \cdot x(k) + (1-\alpha) \cdot \hat{x}(k-1),$$

$$\hat{\hat{x}}(k) = \alpha \cdot \hat{x}(k) + (1-\alpha) \cdot \hat{\hat{x}}(k-1),$$

$$\hat{\hat{x}}(k+m) = \hat{\hat{x}}(k) + m \cdot \Delta t \cdot \hat{\hat{\dot{x}}}(k),$$

де α – коефіцієнт згладжування;
$x(k)$ – вхідний сигнал, спотворений шумом;
$\hat{\hat{x}}(k)$ – відфільтрований сигнал;
$\hat{\hat{x}}(k+m)$ – прогнозований сигнал;
m – кількість кроків прогнозування.

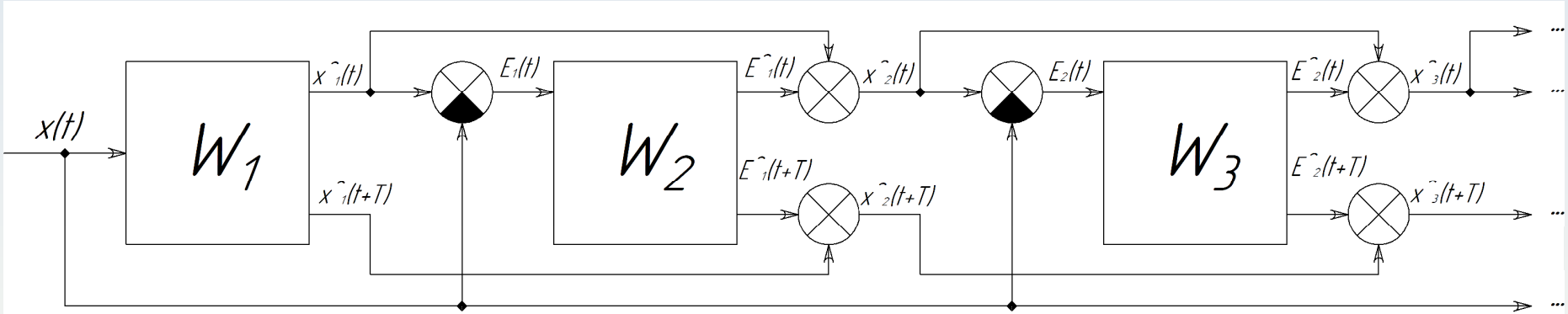

Рис. 10. Структурна схема запропонованої моделі цифрової обробки сигналів

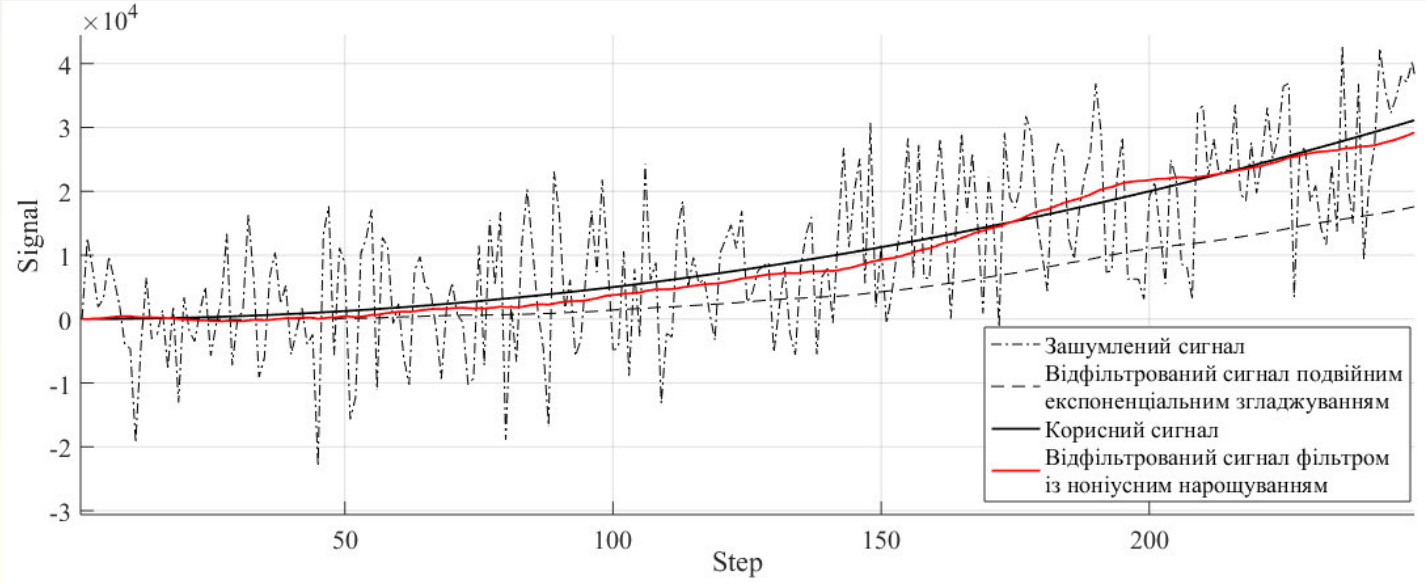

Рис. 11. Результати моделювання процесу фільтрації із використанням розробленої моделі ЦОС

Диференційний метод адаптація коефіцієнта згладжування із використанням двох контурів фільтрації

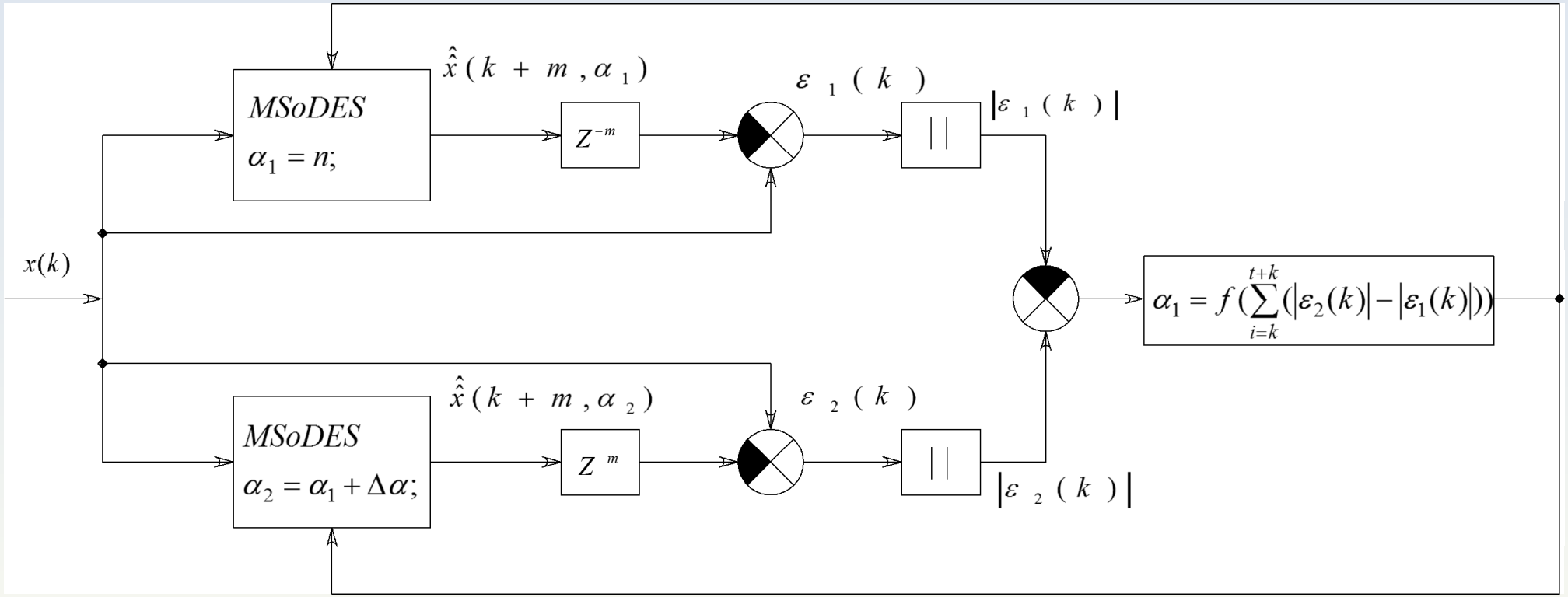

Рис. 15. Структурна схема диференційного методу адаптації фільтра-предиктора із використанням двох фільтруючих контурів

MSoDES (*Modified structure of double exponential smoothing*) – модель фільтра-предиктора на основі моделі фільтрації за ноніусним принципом нарощування структури фільтруючих блоків, що функціонують по принципу подвійного експоненціального згладжування Р. Брауна.

Результати моделювання адаптивного алгоритму цифрової обробки сигналів

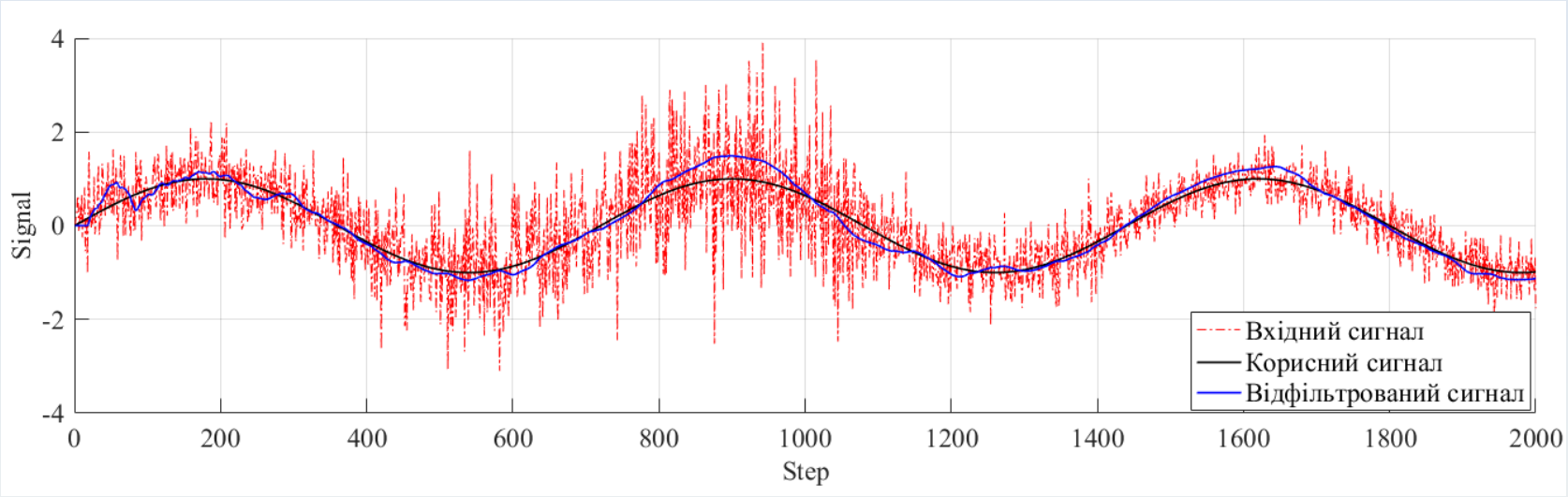

Рис. 16. Процес фільтрації сигналу адаптивним фільтром з використанням двох контурів фільтрації

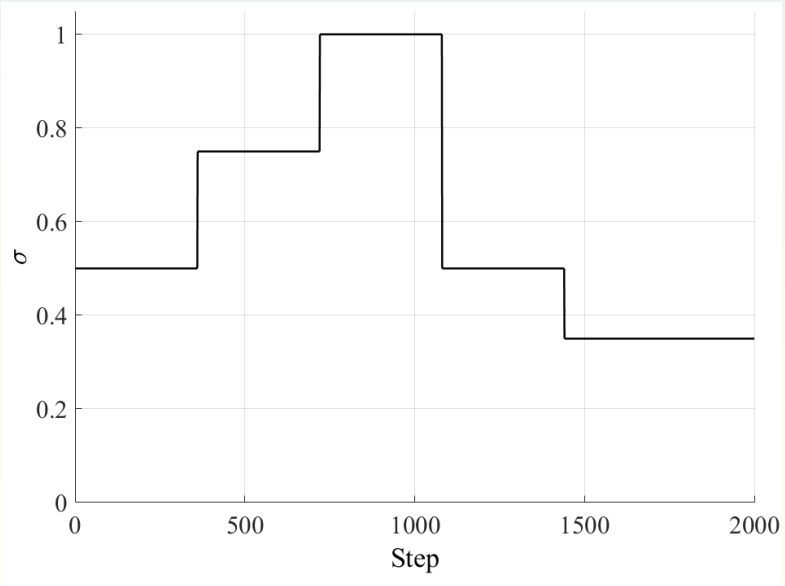

Рис. 17. Зміна параметру стандартного відхилення

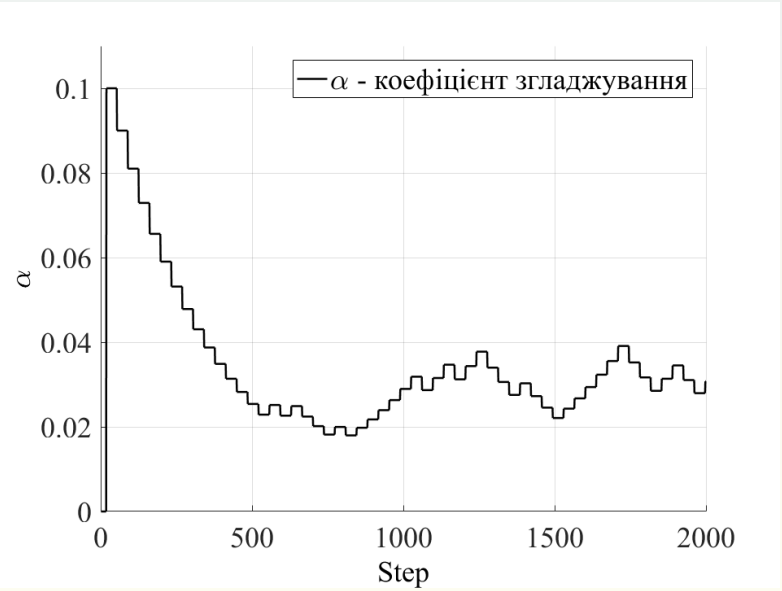

Рис. 18. Процес адаптації коефіцієнта згладжування

Складові формування інформаційно-аналітичного забезпечення оцінювання впливу детермінант інноваційного розвитку

Блок 1. Первинний відбір сукупності показників, що характеризують детермінанти	1) відбір сукупності показників (їх систематизація та групування) на основі принципів об'єктивності, системності, достовірності й доступності; 2) стандартизація та їх приведення до однорідності; 3) визначення найбільш вагомих показників на основі кореляційного аналізу ($\lvert r_{xy}\rvert>0{,}5$); 4) групування показників за виділеними детермінантами інноваційного розвитку; 5) визначення показників – стимуляторів і дестимуляторів.
Блок 2. Визначення індикаторів формування детермінант інноваційного розвитку	1) здійснення факторного аналізу за методом головних компонентів та визначення індикаторів формування детермінант інноваційного розвитку (ID); 2) визначення системи лінійних рівнянь, що характеризують факторні навантаження (fnj) і головні компоненти (I) і-их показників по кожній j-ій групі детермінант, 3) установлення залежності детермінант (ID) від обраних індикаторів. $\begin{cases} I_{i1j} = x_{i1j}\cdot f_{1j} + x_{i1j}\cdot f_{1j} + \ldots + xn_{i1j}\cdot f_{nj} + a_{i1}\cdot F_{i1} \\ I_{i2j} = x_{i2j}\cdot f_{1j} + x_{i2j}\cdot f_{2j} + \cdots + xn_{i2j}\cdot f_{nj} + a_{i1}\cdot F_{i1} \\ \ldots \\ I_{inj} = x_{inj}\cdot f_{1j} + x_{inj}\cdot f_{2jn} + \ldots + xn_{injn}\cdot f_{njn} + a_{in}\cdot F_{in} \end{cases}$ $\begin{cases} f_{1j} = k1_{i1j}\cdot I_{i1j} + k2_{i2j}\cdot I_{i2j} + k3_{i3j}\cdot I_{inj} \\ f_{2j} = k1_{i1j}\cdot I_{i2j} + k2_{i2j}\cdot I_{i2j} + k3_{i3j}\cdot I_{inj} \\ \ldots \\ f_{nj} = k1_{i1j}\cdot I_{inj} + k2_{i2j}\cdot I_{inj} + k3_{i3j}\cdot I_{inj} \end{cases}$
Блок 3. Інтегральне оцінювання детермінант та їх впливу на економічну безпеку	1) оцінка індикаторів формування детермінант у рамках кожної групи: $a_{ij} = \frac{1}{x_{iq}} x_{ij}$, де a_{ij} – значення і-го показника j-ої групи детермінант інноваційного розвитку; x_{iq} – найвище значення і-го показника за період спостереження; x_{ij}– значення і-го показника j-ої групи; 2) інтегральна оцінка груп детермінант: $ID_k = \sum_{i=1}^{n} a_{ij}\cdot f_{nj}/n$, n – кількість показників k-ої групи; 3) визначення сукупного впливу детермінант на економічну безпеку.
Блок 4. Кластеризація регіонів країни за проявом детермінант	1) визначення груп регіонів за методом k-середніх: $K = \sum_{i=1}^{n}\sum_{x\epsilon R_i}(a-\xi_i)^2$, де n – число кластерів, Ri – отримані кластери, i = 1,2, …, n, а ξi – центри мас для всіх векторів a з кластера Ri; 2) ідентифікація рівня прояву груп детермінант та їх складових за критеріями: помірний рівень, нижче середнього, середній, значний, високий рівень; 3) визначення типу моделі соціально-економічного розвитку регіону за рівнем та характером прояву з урахуванням стимуляторів та дестимуляторів.
Блок 5. Моніторинг стану економічної безпеки з урахуванням впливу інноваційного розвитку	1) оцінка впливу факторів, що визначають рівень економічної безпеки і її інноваційної складової; 2) рейтингова оцінка діяльності організацій та установ інноваційної сфери (організаційний, фінансовий, кадровий, технологічний, цифровий); 3) визначення тенденцій соціально-економічного розвитку та результативності системи забезпечення економічної безпеки (ідентифікація негативних впливів, ранжування факторів за ступенем впливу, системно-динамічне моделювання); 4) визначення цільової функції стану економічної безпеки
Блок 6. Вибір стратегічних напрямів економічної безпеки	1) сценарне аналітико-прогнозне та імітаційне моделювання впливу детермінант інноваційного розвитку на економічну безпеку; 2) визначення стратегічних напрямів та пріоритетів інноваційної політики держави; 3) вдосконалення напрямів забезпечення економічної безпеки (організаційно-економічні, нормативно-правові, науково-методичні, інформаційно-аналітичні та ін.).

Концептуальна схема інформаційного забезпечення вибору пріоритетних цілей та заходів інноваційної політики і визначення стану економічної безпеки держави

Y_i є Y, де Y - комплекс зовнішніх показників Y_i (економічні, політичні) та вплив цих показників на стан системи

Z_g є Z, де Z – сукупність керуючих показників Z_g, які впливають на управляючі функції системи забезпечення економічної безпеки (законодавче, фінансово-економічне, інформаційно-аналітичне, інституційне забезпечення)

Стан економічної безпеки
$U_j=(Y_i, X_k, Z_g, F_l)$

X_k є X, де X – низка показників внутрішнього стану X_k, що характеризують рівень внутрішнього забезпечення безпеки
1) демографічний стан; 2) здоров'я нації й медичне обслуговування;
3) добробут та умови життя;
4) інноваційний розвиток;
5) рівновага соціуму

F_l є F, де F – набір показників F_l, що визначають вплив зовнішнього середовища і факторів виникнення негативних економічних проявів (на глобальному, державному, регіональному рівні)

Оцінка комплексу показників у відповідний момент часу (T) визначено співвідношенням $Y_i = Y(T_i)$; $X_k=X(T_k)$; $Z_g=Z(T_g)$, $F_l=F(T_l)$ – множина значень показників у відповідний момент часу, де кількість значень параметрів описується як $1 \le i$; $1 \le j$; $1 \le g$; $1 \le l$.

Ідентифікація (розпізнавання) детермінант у системі забезпечення економічної безпеки

Ранжування за ступенем негативного ураження: ризик (s_1), виклик (s_2), небезпека (s_3), загроза (s_4); встановлення вагових коефіцієнтів.

Системно-динамічне моделювання стану економічної безпеки, зв'язок підсистем рівняннями – $dx/dt=F(x,y,t\ldots)$

Цільова функція $U_j=\{U_i(Y_i) \to \min; U_k(X_k) \to \max; U_g(Z_g) \to \max; U_l(F_l) \to \min\}$

Підготовка проектів рішень

Прийняття управлінських рішень

Нормативно-правове забезпечення

Фінансове забезпечення

Організаційно-економічне забезпечення

Стратегічні напрями забезпечення економічної безпеки

Моніторинг та діагностика економічної безпеки

Заходи стимулювання розвитку інноваційної сфери

Алгоритм побудови системи моніторингу інноваційного розвитку в умовах цифрової трансформації

І етап. Визначення підходів та вибір критеріїв оцінювання інноваційного розвитку в умовах цифрової трансформації.

ІІ етап. Характеристика умов конкуренції в умовах поглиблення глобальних викликів, підвищення рівня відкритості економіки, що вимагають гармонізації діяльності об'єктів інноваційної інфраструктури з європейськими нормами та вимогами.

ІІІ етап. Узгодження стратегічних орієнтирів розвитку суспільства та забезпечення суспільних цінностей (загальнонаціональних, регіональних, місцевих, локальних), їх врахування під час побудови інформаційно-аналітичної бази моніторингу інноваційного розвитку.

IV етап. Визначення функціональних особливостей об'єктів інноваційної інфраструктури й обґрунтування методології побудови інформаційної моделі оцінювання інноваційної сфери і її динаміки.

V етап. Формування сукупності критеріїв і конкретизованих показників оцінювання організацій інноваційної інфраструктури.

Організаційний критерій (організаційно-управлінський): оцінюється здатність організації до розвитку в середньо- та довгостроковому періодах, а також удосконалення формальних і неформальних сторін організаційної діяльності.

Економічний критерій (ресурсний): оцінюється матеріально-технічне забезпечення діяльності установи.

Фінансовий критерій: фінансове забезпечення діяльності установи; джерела фінансування та співвідношення власних коштів і коштів державного бюджету чи бюджету іншого рівня у загальному фінансуванні; рівень забезпечення діяльності установи сучасною комп'ютерною та іншою технікою; ефективність використання бюджетних коштів, а також коштів фондів; перелік інвестиційних проектів (з визначенням джерел фінансування); витрати.

Технологічний критерій: технологічний/ технічний рівень (стан) обладнання та устаткування; відповідність технологічним вимогам щодо організації діяльності; інформаційне забезпечення (ліцензовані прикладні комп'ютерні програми, кошти, використані для інформаційного забезпечення діяльності установи тощо); здійснення технологічних та організаційних нововведень; підвищення ефективності управління організації.

Кадровий критерій: рівень забезпечення установи кадрами; відповідність кваліфікації працівників функціональній діяльності; частка працівників пенсійного віку; плинність складу працівників; частка працівників, котрі пройшли курси підвищення кваліфікації.

Критерій цифровізації: здатність входження до інтегрованої інформаційної платформи взаємодії між організаціями інноваційної сфери, державними органами та реєстрами; здатність організації щодо визначення власних унікальних можливостей, індивідуальних вимог і специфіки споживачів; оцінювання ефективності та якості наданих послуг.

Висновки

- Виходячи з фізичних основ процесу сушіння та структури математичної моделі з розподіленими параметрами, з метою спрощення побудови системи автоматичного керування процесом, запропоновано перехід від системи з розподіленими параметрами до системи із зосередженими параметрами, представивши її матричною передаточною функцією зв'язку i-х вхідних з j-ми вихідними змінними, які вимірюються у відповідних точках агрегату обмеженою кількістю первинних перетворювачів температури і вологості.
- Розроблено структуру і алгоритм функціонування багатомірної автономної системи автоматичного керування із еталонною моделлю, яка з необхідною якістю відпрацьовує завдання сушіння зерна. Використання системного підходу та структури і алгоритмів функціонування багаторазово адаптивної системи ідентифікації дозволило коректно підібрати метод ідентифікації процесів у сушарці.
- Отримані незміщені і ефективні оцінки параметрів передаточних функцій сушарки дозволили реалізувати оптимальні адаптивні алгоритми автономного керування окремими каналами температури і вологості сушарки як багатомірного об'єкта з перехресними зв'язками.
- Встановлено основні та додаткові перетворення еквівалентності (1+2)-вимірного рівняння реакції-конвекції-дифузії. Із точністю до перетворень еквівалентності проведено повну групову класифікацію (1+2)-вимірного рівняння реакції-конвекції-дифузії. Побудовано точні розв'язки рівняння реакції-конвекції-дифузії зі степеневими нелінійностями, досліджено властивості деяких з отриманих розв'язків та наведено їх геометричну інтерпретацію.
- На основі проведеного аналізу сучасних методів цифрової обробки сигналів розроблено модель процесу фільтрації та прогнозування із використанням подвійного експоненціального згладжування. Реалізація та комп'ютерний аналіз даної моделі у середовищах Matlab і Simulink підтверджує її адекватність та працездатність.

Висновки

- Розроблено алгоритми адаптації моделі фільтрації до зміни параметрів шумів, що використовують два і три контури паралельної обробки сигналу із різними параметрами фільтрації. Дані модифікації адаптивних фільтрів-предикторів реалізовано та досліджено у середовищі Matlab. На основі проведених експериментів сформовано практичні рекомендації до використання розробленого алгоритму цифрової обробки сигналів.
- Програмно реалізовано розроблену модель фільтрації та прогнозування з інтегрованим алгоритмом адаптації та проведено дослідження можливості інтеграції фільтра-предиктора в системах детермінації навколишнього середовища промисловими роботами.
- Розроблено методичний підхід до оцінювання характеру прояву і впливу детермінант інноваційного розвитку на стан економічної безпеки та їх регіональної диференціації. Практичне використання одержаних результатів реалізації даного підходу дає змогу здійснювати оперативне відстеження загрозливих чинників, що негативно впливають та виступають дестимуляторами/стимуляторами соціально-економічної динаміки та вектору змін.
- Розроблено практичні рекомендації щодо створення системи моніторингу інноваційного розвитку, а також передбачають побудову інформаційної моделі оцінювання динаміки стану установ та організацій інноваційної сфери та результативності їх діяльності. Доведено, що у сучасних умовах національного розвитку з урахуванням його регіональної диференціації пріоритетного значення набуває інноваційна складова, яка є одним з найважливіших системних факторів та критеріїв соціального та економічного зростання, що впливає на рівень безпеки.