

ПРОГРАМНА СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ ЕКОНОМІЧНИХ РІШЕНЬ

У даній роботі розроблено програмну систему для проведення статистичного аналізу та імітаційного моделювання циклічних економічних процесів на основі моделей у вигляді циклічного випадкового процесу та вектора циклічних ритмічно пов'язаних випадкових процесів.

In this paper we presented the analysis of implemented methods and simulation of economic processes in the cyclic form of software information system based on models in the form of a cyclic vector random process and cyclic rhythmically related stochastic processes.

Ключові слова: програмна система, циклічні економічні процеси, статистичний аналіз, імітаційне моделювання.

Вступ і постановка задачі.

Ефективність функціонування інформаційних систем підтримки прийняття економічних рішень в значній мірі залежить від методів аналізу циклічних економічних процесів, які закладаються в програмне забезпечення, структурна схема розробки та створення таких систем зображена на рисунку 1. У свою чергу, методи базуються на математичних моделях циклічних економічних процесів, які і задають можливості та специфіку обробки. Зокрема, аналіз взаємопов'язаних циклічних економічних процесів можливо проводити лише за умови, що їх математичні моделі є певним чином узгодженими між собою і мають подібну структуру.



Рис. 1. Структурна схема етапів розробки та створення інформаційно-аналітичних систем підтримки прийняття економічних рішень

Провівши огляд засобів інформаційних систем підтримки прийняття економічних рішень, можна назвати наступні програмні продукти: E Views (D.Lilien, R.Engle, R. Hall, R. Start), Stata, BMDP Statistical Software(W.J.Dixon), SAS (Alice Allen Ray), SPSS (Normn H.Nie), Rats (Thomas Doan and Robert Littermn), Micro TSP (David M. Lilien), STAT Graphics (STSC corporation), Minitab (Minitab Inc.), BrainMaker Pro, NeuroShell Day Trader, NeuroProphesier, NeuroSolutions Anfis Editor (спеціальний додаток системи MatLab), STATISTICA Neural Networks; переважно дані системи працюють з одним циклічним економічним процесом [1–5].

Незважаючи на значні здобутки у сфері математичного моделювання, аналізу, прогнозу та імітації циклічних економічних явищ у програмних системах, має місце ряд суттєвих недоліків, які зумовлені:

1) недостатньою точністю, достовірністю методів аналізу циклічних економічних процесів, оскільки їх математичні моделі не враховують власний час досліджуваної економічної системи, що проявляється у нестабільності ритму коливання економічних показників та зумовлює недостатню інформативність діагностичних та прогностичних ознак в програмних системах їх аналізу та прогнозу;

2; недостатнім рівнем розбудови методів та програмних засобів імітації циклічних економічних процесів, які б, шляхом проведення процедури параметричної ідентифікації, одночасно давали змогу враховувати характеристики морфологічного характеру та характеристики імітованих економічних процесів та забезпечували необхідний рівень точності та достовірності імітації.

У даній статті представлено програмну систему, яка дозволяє проводити аналіз циклічних економічних процесів, включаючи взаємопов'язані між собою процеси.

Основна частина.

В основі розроблюваної програмної системи лежать математичні методи на базі моделей у вигляді циклічного випадкового процесу та вектора циклічних ритмічно-пов'язаних випадкових процесів, які описані у працях [6–8]. В даній роботі коротко представлена остання модель, оскільки вона є більш розширеною та дозволяє аналізувати як один, так і декілька взаємопов'язаних циклічних економічних процесів.

У роботі [7] для аналізу сукупності циклічних економічних процесів розроблена адитивна модель N взаємопов'язаних циклічних економічних процесів:

$$\mathbf{Y}_N(w, t) = \mathbf{F}_N(t) + \mathbf{\Theta}_N(w, t), w \in \Omega, t \in \mathbf{W} \quad (1)$$

де $\mathbf{F}_N(t) = \left\{ f_i(t) = \sum_{n=0}^N c_n \cdot t^n, i = \overline{1, N}, t \in \mathbf{R} \right\}$ – вектор детермінованих функцій, що моделює сукупність трендових складових, а вектор випадкових процесів, $\mathbf{\Theta}_N(w, t) = \left\{ x_i(w, t), i = \overline{1, N}, w \in \Omega, t \in \mathbf{R} \right\}$ є вектором циклічних ритмічно пов’язаних випадкових процесів, для якого згідно з роботою [7], його сумісні k -вимірні функції розподілу є інваріантними за сукупністю часових аргументів, а саме:

$$F_{k_{x_{i_1} \dots x_{i_k}}}(x_1, \dots, x_k; t_1, \dots, t_k) = F_{k_{x_{i_1} \dots x_{i_k}}}(x_1, \dots, x_k; t_1 + T(t_1, n), \dots, t_k + T(t_k, n)), k \in \mathbf{N}, n \in \mathbf{Z}, i_1, \dots, i_k = \overline{1, N}, t_1, \dots, t_k \in \mathbf{W} \quad (2)$$

Множина функцій $\Gamma = \{y(t, n) = t + T(t, n), n \in \mathbf{Z}\}$ є циклічною розривною зліченною групою перетворень (стосовно операції суперпозиції цих перетворень), де функція $T(t, n)$, яку названо функцією ритму, задовольняє такі умови:

1.

- a) $T(t, n) > 0$, якщо $n > 0$ ($T(t, 1) < \infty$);
- b) $T(t, n) = 0$, якщо $n = 0$;
- c) $T(t, n) < 0$, якщо $n < 0$, $t \in \mathbf{W}$.

2. Для будь-яких $t_1 \in \mathbf{W}$ та $t_2 \in \mathbf{W}$, для яких $t_1 < t_2$, для функції $T(t, n)$ виконується строга нерівність:

$$T(t_1, n) + t_1 < T(t_2, n) + t_2, \forall n \in \mathbf{Z}, \quad (4)$$

3. Функція $T(t, n)$ є найменшою за модулем ($|T(t, n)| \leq |T_g(t, n)|$) серед усіх таких функцій $\{T_g(t, n), g \in \Gamma\}$, які задовольняють умови (3) та (4).

Областю визначення випадкового вектора $\mathbf{Y}_N(w, t)$ є декартовий добуток множин \mathbf{W} та Ω , де \mathbf{W} є впорядкованою дискретною $\mathbf{W} = \mathbf{D} = \{t_{ml} \in \mathbf{R}, m \in \mathbf{Z}, l = \overline{1, L}, L \geq 2\}$ множиною або множиною $\mathbf{W} = \mathbf{R}$ дійсних чисел, що відображає часову змінну, а множина Ω є множиною елементарних випадкових подій. Якщо множина $\mathbf{W} = \mathbf{D}$ є дискретною, то для її елементів має місце такий тип лінійного упорядкування: $t_{m_1 l_1} < t_{m_2 l_2}$, якщо $m_2 > m_1$, або якщо $m_2 = m_1$, $l_2 > l_1$, в інших випадках $t_{m_1 l_1} > t_{m_2 l_2}$ ($m_1, m_2 \in \mathbf{Z}, l_1, l_2 \in \overline{1, L}, 0 < t_{m, l+1} - t_{m, l} < \infty$).

Оскільки згідно із математичною моделлю (1) вектор $\mathbf{\Theta}_N(w, t)$ є вектором циклічних ритмічно пов’язаних випадкових процесів, то це уможливило використання для оцінювання ймовірнісних характеристик сукупності взаємопов’язаних економічних циклічних процесів розроблені в роботах [6, 7] статистичні методи. Згідно цих робіт запишемо формули для обчислення реалізацій відповідних статистичних оцінок імовірнісних характеристик вектора циклічних ритмічно пов’язаних випадкових процесів.

Реалізація статистичної оцінки математичного сподівання:

$$\hat{m}_{x_i}(t) = \frac{1}{M} \sum_{n=0}^{M-1} x_{i_w}(t + T(t, n)), t \in \mathbf{W}_{c_1} = [\frac{\%}{1}, \frac{\%}{2}), \quad (5)$$

де M – кількість зареєстрованих циклів, \mathbf{W}_{c_1} – область визначення першого циклу економічного процесу, $x_{i_w}(t)$ – циклічний економічний процес.

Реалізація статистичної оцінки змішаної центральної моментної функції порядку $p = \sum_{j=1}^k R_j$:

$$\hat{r}_{p_{x_{i_1} \dots x_{i_k}}}(t_1, \dots, t_k) = \frac{1}{M - M_1} \sum_{n=0}^{M-M_1} \left(x_{i_w}^{R_1}(t_1 + T(t_1, n)) - \hat{m}_{x_{i_1}}(t_1 + T(t_1, n)) \right)^{R_1} \dots \cdot \left(x_{i_w}^{R_k}(t_k + T(t_k, n)) - \hat{m}_{x_{i_k}}(t_k + T(t_k, n)) \right)^{R_k}, t_1 \in \mathbf{W}_{c_1}, t_2, \dots, t_k \in \bigcup_{m=1}^{M_1} \mathbf{W}_{c_m}, i_1, \dots, i_k = \overline{1, N}. \quad (6)$$

При $p = 2$ та $k = 2$, функція $r_{2_{x_{i_1} x_{i_2}}}(t_1, t_2), t_1 \in \mathbf{W}_{c_m}, t_2 \in \mathbf{R}$ є взаємною кореляційною функцією циклічних ритмічно пов’язаних випадкових процесів $x_{i_1}(w, t)$ та $x_{i_2}(w, t)$ на області $\mathbf{W}_{c_m} \times \mathbf{R}$. У формулі

(6) множина W_{c_m} є областю визначення m -го циклу досліджуваного економічного процесу, а $M_1 t$ – кількість економічних циклів, у рамках яких набирають значення аргументу t_2, \dots, t_k .

Базуючись на отриманих результатах було розроблено програмну систему для аналізу та імітації циклічних економічних процесів.

Дана програмна система спрямована на вирішення таких задач:

1. Статистичний аналіз циклічних економічних процесів з врахуванням функції ритму, яка визначає закон зміни часових інтервалів між однофазними значеннями економічних циклічних процесів.
2. Статистичний аналіз економічних циклічних процесів з врахуванням періоду, який дорівнює усередненому періоду усіх зареєстрованих циклів економічного процесу.
3. Статистичний аналіз взаємопов'язаних циклічних економічних процесів.
4. Імітаційне моделювання циклічних економічних процесів та формування нової функції ритму.

1. Структура програмної системи

Дана програмна система складається з таких модулів:

1. Модуль „Статистичний аналіз циклічних економічних процесів з врахуванням функції ритму та періоду”.
2. Модуль „Сумісний статистичний аналіз взаємопов'язаних економічних циклічних процесів”.
3. Модуль „Імітаційного моделювання циклічних економічних процесів з врахуванням функції ритму”.

А також є ряд проміжних таких як: модуль визначення тренду, модуль вилучення тренду, модуль сегментації, модуль мінімізації розмірності інформативних ознак. На рисунку 2 представлена структура програмної системи підтримки прийняття економічних рішень.

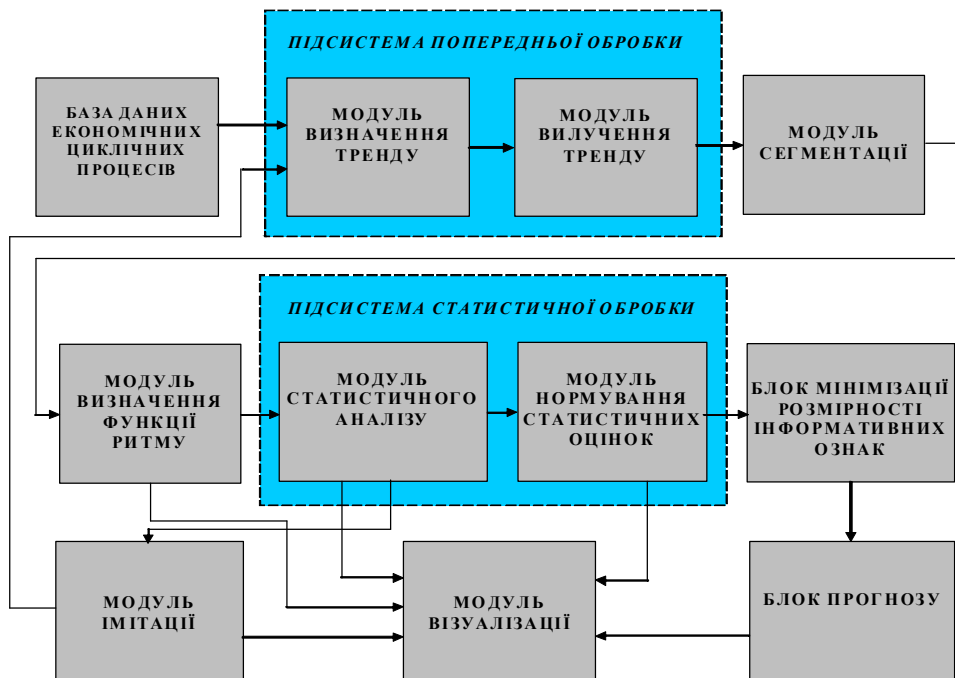


Рис. 2. Структура програмної системи підтримки прийняття економічних рішень

1.1 Модуль «Визначення та вилучення тренду»

Для визначення трендової кривої реалізований метод найменших квадратів, задається клас поліномів та підбирається відповідний. Надалі віднявши компоненти вектора $Y_N(w, t)$ від отриманих трендових складових отримуємо окремо циклічні компоненти та трендові криві, які слугують вхідними даними для аналізу.

1.2 Модуль сегментації

Даний модуль дозволяє нам розбити циклічний економічний процес на ряд сегментів, а саме циклів, а також задається кількість зон, з яких отримуємо однофазні відліки на основі яких йде дальніший аналіз.

1.3 Модуль оцінювання функції ритму

Після модуля сегментації оцінюється функція ритму циклічного економічного процесу, яка дозволяє здійснити статистичне оцінювання ймовірнісних характеристик циклічних економічних процесів.

1.4 Модуль „Статистичного аналізу економічних циклічних процесів з врахуванням функції ритму та періоду”

Програмна система написаний на мові програмування Delphi 7 з використанням стандартних компонентів. Структурно-функціональна схема модуля «Статистичного аналізу економічних циклічних процесів» складається з двох частин: аналіз із врахуванням періоду та з врахуванням функції ритму.

Для проведення статистичного аналізу в розробленій програмній системі враховано два методи: метод усереднення значень реалізації сигналу з врахуванням періоду та метод усереднення значень реалізації сигналу з врахуванням функції ритму.

У результаті статистичного аналізу з врахуванням періоду можна отримати оцінки таких імовірнісних характеристик, як математичне сподівання, дисперсія та автокореляційна функція. Всі отримані дані, за необхідності, можна зберегти в текстових файлах для подальшого аналізу.

Під час проведення статистичного аналізу з врахуванням функції ритму необхідно задати додаткові параметри, а саме: крок дискретизації сигналу і функції ритму (необхідний під час передискретизації сигналу та функції ритму), а також кількість циклів циклічного економічного процесу. Виконуючі послідовні кроки: інтерполяція функції ритму; інтерполяція сигналу; передискретизація функції ритму; передискретизація сигналу, – отримуємо необхідні дані для проведення статистичного аналізу з врахуванням функції ритму. Аналогічно, як і в попередньому випадку можна отримати оцінки таких імовірнісних характеристик, як математичне сподівання, дисперсія та автокореляційна функція.

Структурно-функціональна схема модуль „Статистичний аналіз економічних циклічних процесів з врахуванням функції ритму та періоду” наведена на рисунку 3а,б,в.

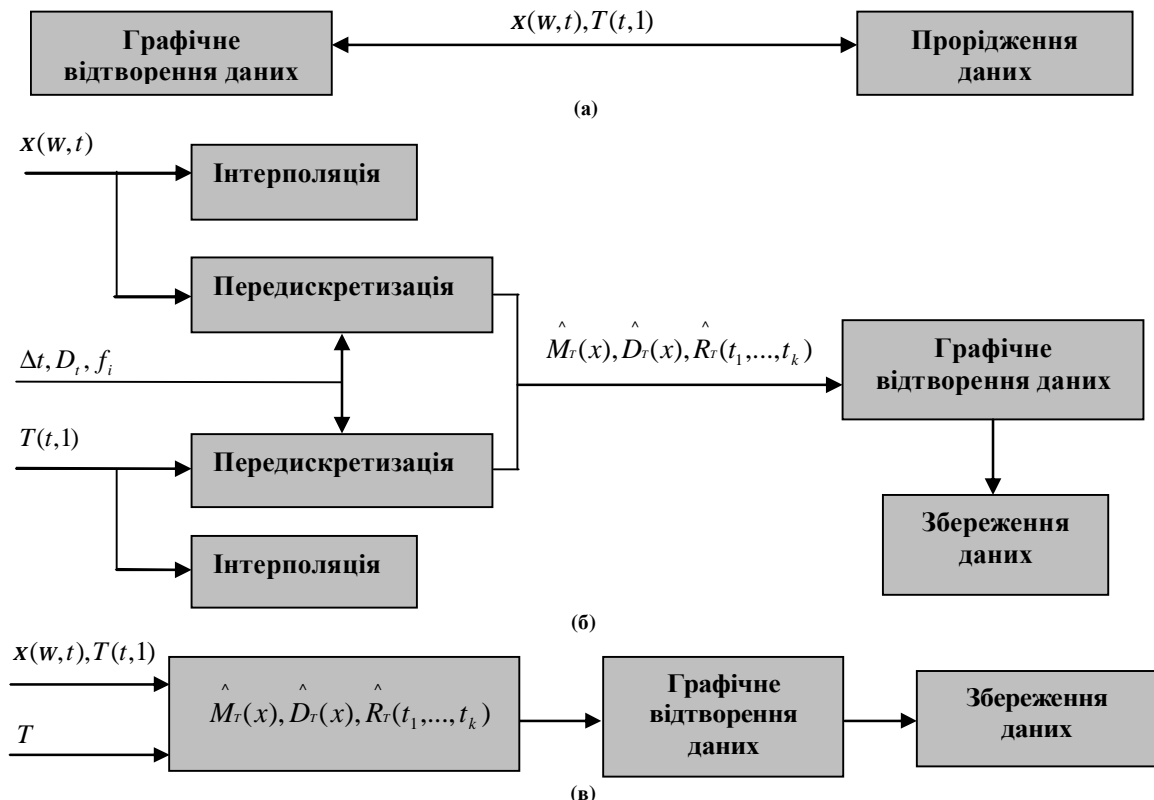


Рис. 3. Структурно-функціональні схеми модуля „Статистичного аналізу”: закладка вводу даних (а), закладка аналізу з врахуванням функції ритму (б) та з врахуванням періоду (в)

1.5 Модуль „Сумісного статистичного аналізу взаємопов’язаних циклічних економічних процесів”

Для проведення сумісної статистичного аналізу взаємопов’язаних циклічних економічних процесів використовується модуль „Сумісний статистичний аналіз взаємопов’язаних циклічних економічних процесів”, структурно-функціональна схема, якого приведена на рисунку 4.

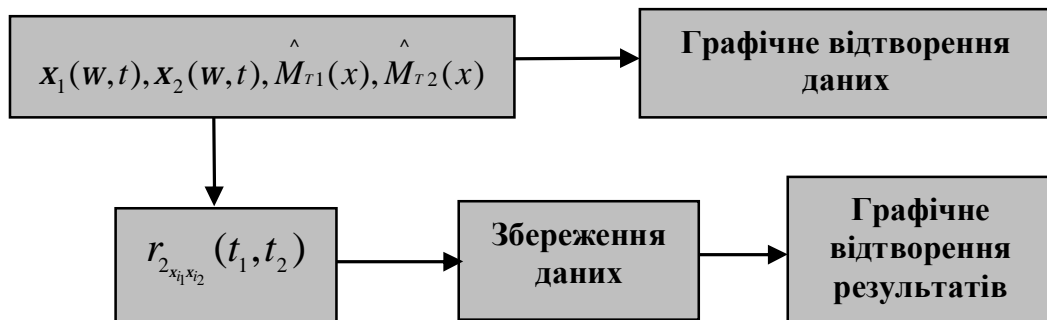


Рис. 4. Структурно-функціональна схема модуля „Сумісний статистичний аналіз взаємопов’язаних циклічних економічних процесів”

Вхідними даними для сумісного статистичного аналізу є передискретизовані значення сигналів та отримані їх оцінки математичного сподівання. Результатом сумісної статистичного аналізу є взаємнокореляційна функція, отримана з врахуванням функції ритму.

1.6 Модуль мінімізації розмірності інформативних ознак

Даний модуль дозволяє нам отримані оцінки математичного сподівання та кореляційної функції з модуля статистичного аналізу розкласти в ряди Фур'є, відповідно мінімізувати інформативні ознаки.

1.7 Модуль „Імітаційного моделювання економічних циклічних процесів з врахуванням функції ритму”

Структурно-функціональна схема модуля „Імітаційне моделювання циклічних економічних процесів з врахуванням функції ритму” наведена на рисунку 7.

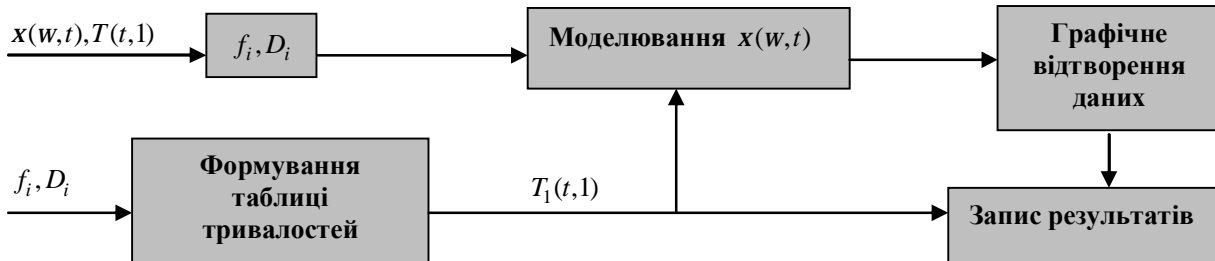


Рис.7. Структурно-функціональна схема модуля „Імітаційне моделювання циклічних економічних процесів з врахуванням функції ритму”

Даний модуль дозволяє проводити імітаційне моделювання циклічних економічних процесів з врахуванням заданої та сформованої функції ритму, значення якої можна вводити, враховуючи цикли та тривалості зон.

Для проведення імітаційного моделювання циклічних економічних процесів з врахуванням заданої та сформованої функції ритму необхідно спочатку відкрити вхідні дані циклічних економічних процесів та функції ритму, задати кількість циклів та зон сигналу, завантажити та побудувати вхідний цикл.

В програмній системі передбачена можливість формувати дискретну функцію ритму, залежно від кількості циклів та зон економічного циклу, який потрібно змоделювати.

Даний модуль програмної системи дає змогу проводити імітаційне моделювання циклічних економічних процесів із заданою функцією ритму. Також в програмі передбачена можливість формування функції ритму. Даний модуль системи може бути використаний для навчання та тестування існуючих систем підтримки прийняття рішень в області економіки.

1.8 Результати роботи програмної системи підтримки прийняття економічних рішень

На рисунках 8–11 надані приклади результатів застосування програмної системи до аналізу та імітації реальних циклічних економічних процесів: розклад вхідного процесу на трендову складову та циклічну компоненту, побудова оцінки математичного сподівання та дисперсії, результати розкладу оцінки математичного сподівання в ряд Фур'є та побудова кореляційної функції, імітаційне моделювання циклічного економічного процесу та побудова довірчих інтервалів.

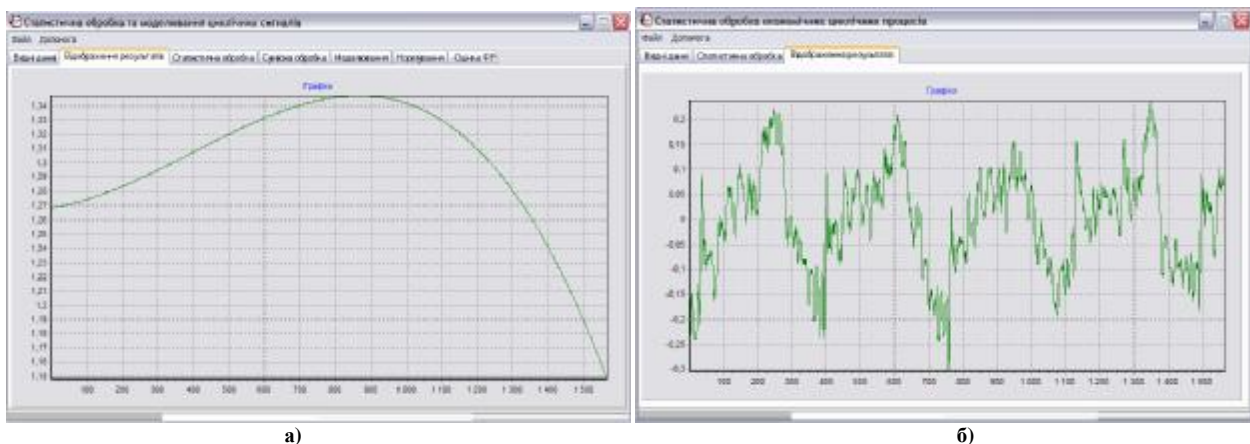


Рис. 8. Побудова трендової кривої (а) та циклічної компоненти економічного процесу (б)

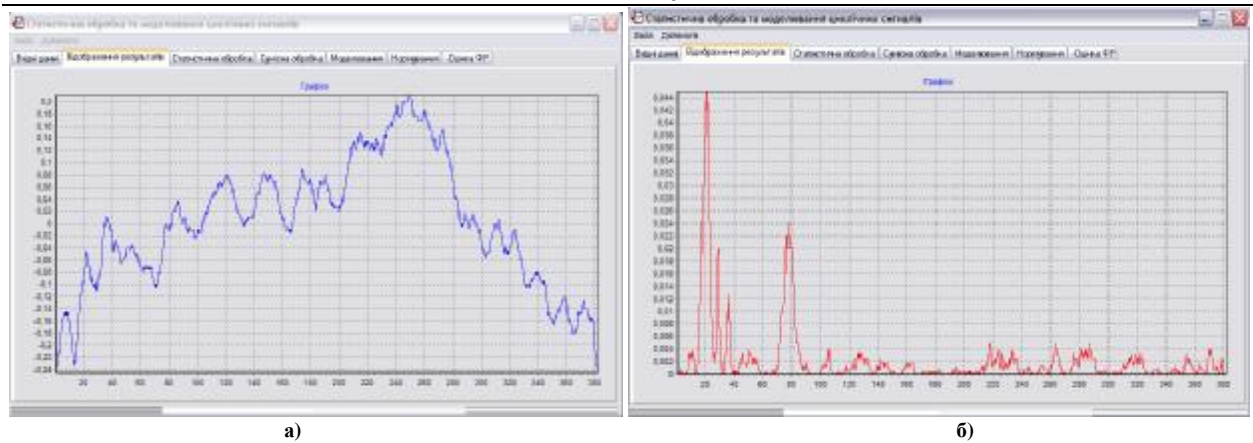


Рис. 9. Результати побудови оцінки математичного сподівання циклічного економічного процесу (а) та дисперсії (б)

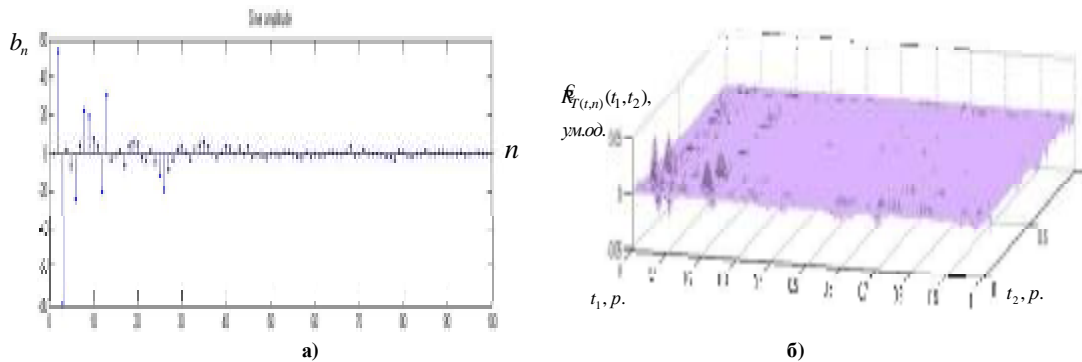


Рис. 10. Результати розкладу математичного сподівання в ряд Фур'є (а) та побудова кореляційної функції циклічного економічного процесу (б)

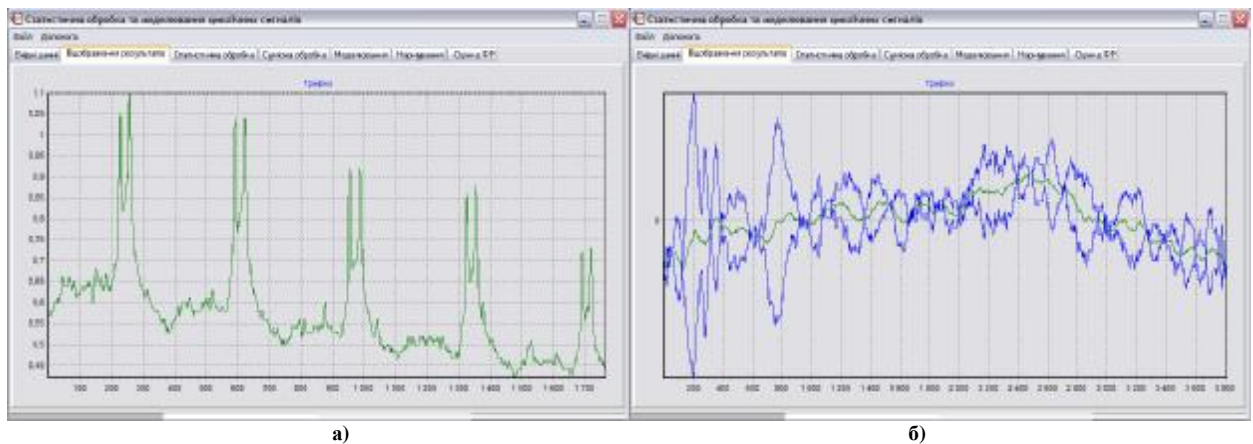


Рис. 11. Імітаційне моделювання (а) та побудова довірчих інтервалів (б) циклічного економічного процесу

У роботі [2] проводилося порівняння отриманих результатів на основі моделей у вигляді періодичного випадкового процесу та розробленої у вигляді поліному та циклічного випадкового процесу, та в результаті порівняння статистичних методів, остання модель забезпечує зменшення довірчої області, що є критерієм отримання точнішого результату, оскільки діапазон попадання випадкової величини зменшується за тієї ж самої ймовірності попадання.

По модулях статистичного аналізу та імітаційного моделювання циклічних економічних процесів отримано авторські свідоцтва [9, 10].

Висновки

Методи статистичного аналізу на основі моделей у вигляді поліному та циклічного випадкового процесу, які лежать програмної системи завдяки врахуванню циклічності, мінливості ритму, циклічного економічного процесу дали

Математичні методи статистичного аналізу на основі запропонованих моделей завдяки врахуванню циклічності, мінливості, ритму циклічного економічного процесу дозволяють отримати менший розклад випадкової величини, що є критерієм підвищення точності.

Впровадженні у програмну систему методи комп'ютерного імітаційного моделювання на основі нових математичних моделей, завдяки наявності процедури ідентифікації алгоритму генерування, дали змогу одночасного врахування морфологічних характеристик та характеристики ритму імітованих сигналів

удосконалило методи їх симуляції програмно-апаратними засобами із забезпеченням необхідного рівня точності та достовірності.

Література

1. Побудова короткострокового прогнозу розвитку агропромислового виробництва (АПВ) з використанням методики Бокса-Дженкінса / А.С. Музиченко, А.В. Невзоров, С.В. Журило, О.Д. Рибак // Збірник наукових праць Уманського державного аграрного університету. – 2009. – Вип. 71. – Ч. 2. – С. 99–107.
2. Анисимов В.Н. Об эффективности модели ARIMA при прогнозировании экономических процессов / В.Н. Анисимов, К.Л. Соломахо // Известия Челябинского научного центра. – 2009. – № 2. – С. 44–48.
3. Крючин О.В. Прогнозирование временных рядов с помощью искусственных нейронных сетей и регрессионных моделей на примере прогнозирования котировок валютных пар / О.В. Крючин, А.С. Козадаев, В.П. Дудаков // Электронный научный журнал «Исследовано в России». – 2010. – С. 354–362.
4. Алексеев І.В. Система підтримки прийняття управлінських рішень як складова механізму адаптації машинобудівних підприємств в середовищі невизначеності / Т.О. Смірнова, А.І. Хоменко // Науковий журнал: Вісник Хмельницького національного університету. – Серія «Економічні науки». – Хмельницький : ХНУ. – 2010. – № 5. – Т.1. – С. 47–51.
5. Евсеев А.П. Экстраполяция (прогнозирование) пространственно-временных рядов на основе спектральных представлений / Д.А. Евсеев, В.В. Баданов // Вестник ННГУ, серия «Радиофизика». – 2004. – Вып. 1(2). – С. 249–255.
6. Горкуненко А.Б. Математичне моделювання економічних циклічних процесів для їх автоматизованого аналізу та прогнозу / А.Б. Горкуненко, С.А. Лупенко, А.М. Луцків // Вісник Хмельницького національного університету. – 2010. – № 3. – С. 269–275.
7. Горкуненко А.Б. Математичне моделювання та статистичний сумісний аналіз взаємопов'язаних економічних циклічних процесів / А.Б. Горкуненко, А.М. Луцків, С.А. Лупенко // Вісник Хмельницького національного університету. – 2011. – № 1. – С. 137–143.
8. Імітаційне моделювання взаємопов'язаних економічних циклічних процесів на основі вектора циклічних ритмічно пов'язаних випадкових процесів / А.Б. Горкуненко, С.А. Лупенко, Н.Р. Дем'янчук, Я.В. Литвиненко // Електроніка та системи управління. – 2011. – № 2. – С. 133–141.
9. А.с. № 38822 Україна. Комп'ютерна програма «Статистичний обробка економічних циклічних процесів» (СОЕЦП) / А.Б. Горкуненко, С.А. Лупенко, Я.В. Литвиненко ; заявл. 12.04.11 ; опубл. 24.06.2011.
10. А.с. №38823 Україна. Комп'ютерна програма «Моделювання циклічних економічних процесів» (МЦЕП) / А.Б. Горкуненко, С.А. Лупенко, Я.В. Литвиненко ; заявл. 12.04.11 ; опубл. 24.06.2011.

Надійшла 11.12.2011 р.

Рецензент: д.т.н. Лупенко С.А.

УДК 621.391.1

Р.В. СОРОКАТИЙ, В.Р. ЛЮБЧИК, О.А. ПЕСКОВ
Хмельницький національний університет

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

В статті розглянуто можливість задіяння вільного частотного ресурсу 155-156 МГц для використання у асинхронно адресній системі передачі інформації. Це дозволить забезпечити автоматизований зв'язок на відстані до 10 км із 142-а рухомими об'єктами.

The paper presents the possibility of involvement of free frequency resources 155-156 MHz for use in asynchronous address communication system. This will provide automatic connection of up to 10 km with 142 moving objects.

Ключові слова: залізничний транспорт, рухомий склад, ідентифікація, частотний ресурс.

Постановка проблеми. Протягом ХХ століття змінювалося безліч способів обміну інформацією. Якщо в ХІХ столітті носієм інформації був папір, а засобом передачі була поштова служба, то в ХХ столітті інформація стала передаватися набагато швидше за допомогою телеграфу, в голосовій формі обмінюватися інформацією можна по телефону, радіо і телебачення покликано інформувати людину. Не дивлячись на сучасний світовий рівень розвитку науки і техніки, в нашій країні не усі галузі життя йому відповідають. Так, зокрема, в такій державній інстанції, як залізниця до нашого часу користуються застарілими методами передачі інформації через відсутність автоматизованої системи передачі даних, яка дозволила б підвищити швидкість пересування потягів. При проходженні потяга через пасажирський або вантажний вузол, машиністу необхідно передати диспетчеру натурний лист, який містить загальні відомості про потяг: номер, індекс, маса і довжина потяга, число вісей, наявність вагонів, для яких необхідне виконання особливих умов, негабаритні вантажі, відомості про кожен вагон і вантажі, що в ньому перевозяться, розміщені в рядках відповідно до порядку вагонів у потязі (порядковий номер у складі та індивідуальний номер вагону,