

Д. С. РЕВЕНКО, аспірант, НАУ ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», Харків
В. О. ЛИБА, студент, НАУ ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», Харків

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ КОМПЛЕКСНОГО ПРОГНОЗУВАННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ З ІНТЕРВАЛЬНОЮ НЕВИЗНАЧЕНІСТЮ

Розроблена інформаційна технологія комплексного прогнозування економічних процесів з інтервальною невизначеністю на основі методу комплексної ідентифікації та прогнозування структурних елементів динамічних інтервальних рядів, з метою підтримки прийняття ефективних управлінських рішень. Проведено огляд систем комп'ютерної алгебри, які підтримують інтервальні розрахунки, з метою автоматизації процесу моделювання. Запропонована процедура взаємодії інформаційних потоків, процесів та засобів комплексного прогнозування на основі запропонованого методу. Наведено апробацію інформаційної технології.

A comprehensive information technology forecasting of economic processes with interval uncertainty based on the method of complex identification and prediction of structural elements of dynamic interval series, to support effective management decisions. A review of computer algebra systems that support interval calculations, in order to automate the modeling process. The proposed procedure for the interaction of information flows, processes and tools of integrated vision on the basis of the proposed method. Reduced testing of information technology.

Ключові слова: невизначеність, прогнозування динаміки, інтервальний аналіз, інформаційна технологія.

Вступ. В умовах ринкової економіки особливе значення набуває прогнозування економічних показників. Без передбачення можливих ситуацій і наслідків прийнятих рішень важко досягти максимальної ефективності господарської діяльності.

Разом з тим є велика кількість економічних задач, в яких неможливо однозначно визначити основні параметри та змінні моделі досліджуваного процесу або явища. У цьому випадку говорять, що прийняття господарського рішення здійснюється в умовах невизначеності.

Інтервальне представлення факторів невизначеності останнім часом зацікавлює все більше науковців та дослідників, як найбільш достовірне та яке відповідає широкому класу практичних задач. В багатьох задачах часто немає обґрунтування чи не вистачає інформації для того щоб розглядати фактори невизначеності, (як випадкові) наприклад, коли неможливо запропонувати багатократного проведення експерименту на об'єкті досліду при незмінній дії не врахованих і некерованих факторів. Це призведе до необхідності урахування невизначеності нестатистичної природи, коли відносно факторів невизначеності нічого не відомо, крім їх властивості бути обмеженими.

Постановка задачі. На цей час розроблено ефективний метод комплексної ідентифікації та прогнозування структурних компонент інтервальних динамічних рядів на основі інтервальної моделі експоненційного згладжування. Сутність цього методу полягає, в тому, що структура інтервального динамічного ряду представляється у вигляді суми структурних компонент: тренду, сезону та випадкової складових [1]. Вхідний ряд поетапно розкладають на зазначені системні складові (тренд та сезонність), залишок – інтервальні дані випадкової складової, – спрогнозовують на основі інтервальної моделі експоненційного згладжування:

$$\underline{F}_t, \overline{F}_t = \underline{\psi}, \overline{\alpha} \cdot \underline{A}_{t-1}, \overline{A}_{t-1} + \sum_{i=1}^{t-2} \underline{\psi}, \overline{\alpha} \cdot (1 - \underline{\psi}, \overline{\alpha})^i \cdot \underline{A}_{t-(i+1)}, \overline{A}_{t-(i+1)}, \quad (1)$$

де $\underline{F}_t, \overline{F}_t$ – інтервальне прогнозне значення економічного показника;

$\underline{A}_{t-1}, \overline{A}_{t-1}$ – показник інтервального динамічного ряду;

$\underline{\psi}, \overline{\alpha}$ – константа згладжування ($0 < \alpha < 1$), представлена як вироджений інтервал;

t – кількість періодів, що розглядаються.

Потім, прогнозовані складові поетапно додають одна до одної, одержуючи апроксимований інтервальний ряд. Схема методу наведена на рисунку 1.



Рис. 1 – Загальна схема методу комплексної ідентифікації та прогнозування структурних компонент інтервальних динамічних рядів

Методологія. Складність рішення та обробки задач такого рівня потребує використання комп'ютерної техніки та інтегрованих комп'ютерних систем, тому розробка інформаційної технології прогнозування економічних показників з інтервальною невизначеністю, з метою підтримки прийняття ефективних господарських рішень є актуальною задачею, виходячи з важливості автоматизації запропонованої моделі та методу.

Результати дослідження. Інформаційна технологія (ІТ) є сукупністю процесів, мета яких – одержання інформації цілком нової якості про стан, як

об'єкту так і сукупності об'єктів, процесу чи процесів, а також явищ. Під сукупністю процесів інформаційної технології розуміють різного роду методів та засобів збору, обробки, зберігання та передачі вхідної (первинної) інформації.

Розробка інформаційної технології обробки будь-якої інформації складається з послідовності наступних етапів:

- вибір програмного забезпечення для проведення розрахунків;
- розробка процедури обробки інформації (послідовність дій і логіки вирішення завдання);
- проведення розрахунків, апробація моделі.

У зв'язку з тим що інтервальне представлення факторів невизначеності має суто математичний апарат, представляє інтерес використання саме системи комп'ютерної алгебри (СКА).

Відомо, що інтервальна арифметика та інтервальні методи реалізовані у вигляді додаткових пакетів в таких добро відомих системах комп'ютерної математики як: Matlab та Maple, а в системі Mathematica (починаючи з версії 5.0) інтервальна арифметика реалізована прямо в ядрі.

Найбільшу відомість набули три класи системи символічної математики: створені на базі мови штучного інтелекту Mu Lisp, одна з самих значущих MapleV (ядро розроблено на мові C) та Mathematica 1 та 2. Пізніше блок символічної математики на базі ядра MapleV був доданий до однієї з самих більших математичних систем – Matlab.

Wolfram Mathematica (починаючи з 5 версії) – є пакетом символічної математики, має велику кількість функцій, а також є відкритим середовищем, яке дозволяє доповнювати пакет своїми власними розробками. Щодо вирішення інтервальних задач та алгоритмів, то систему представлено вузьким набором базових функцій. В системі немає візуалізації інтервальних розрахунків. Щодо синтаксису системи, то він є прийнятним для більшості систем комп'ютерної алгебри, але написання спеціальних функцій проводиться повним словом, а в окремих випадках парою слів, що додає час при програмуванні задач.

Mathworks Matlab – (починаючи з версії 5.3) – технічна мова високого рівня програмування й середовище для розробки алгоритмів, візуалізації та аналізу даних. Matlab використовується в таких галузях науки, як обробка зображень, телекомунікації, розробка систем управління, фінансове моделювання та аналіз. Нажаль, в Україні невиправдано мало публікацій про систему Matlab. Інтервальна арифметика в СКА Matlab не реалізована в ядрі, така арифметика реалізована професором Гамбургського університету технологій (Німеччина) С. Румпом як бібліотека *Intlab*. Не дивлячись на широкі можливості цієї бібліотеки, в ній не

передбачено роботу з невірними інтервалами, які необхідні при вирішенні деяких задач автоматизованого управління, теорії прийняття рішень та інше.

Maplesoft Maple. Система має понад 3000 функцій й правил їх перетворень. При розробці цієї системи в основу концепції було покладено два критерії – це швидкість та економне використання пам'яті. Останні версії системи займають на жорсткому диску близько 400 Мбайт. Ще однією перевагою є спроможність працювати в багатьох операційних системах. Крім того, система Maple, одна з перших пройшла міжнародну сертифікацію.

Інтервальна арифметика та функції інтервального аналізу не закладені розробниками у ядрі системи. Інтервальна арифметика реалізована науковцями університету Вупперталя (Німеччина) професорами Ф. Краемером, И. Гелікам та Ф. Хофшустером, як бібліотека *IntrakX* [2]. Ця бібліотека має всі базові арифметичні, тригонометричні, порівняльні та об'єднувальні операції, возведення в ступінь, пошук значення елементарних функцій, коли аргумент заданий інтервальним числом та інше. Також ця бібліотека містить метод інтервалів Ньютона для обчислення (локалізації) всіх нулів безперервно диференційованої дійсної функції та комплексної арифметики інтервалів. Синтаксис для проведення інтервальних розрахунків є логічним і нічим не відрізняється від загального синтаксису системи, крім того що, перед арифметичною операцією ставиться знак «&».

Проведення опитування спеціалістів в області математичного моделювання на предмет їх оцінки СКА за дев'ятьма «якісними» параметрами (швидкість системи, об'єм необхідної пам'яті на жорсткому диску, простота та логічність синтаксису (загальні та інтервальні розрахунки), наповненість функціями, наявність міжнародних сертифікатів, популярність, надійність системи, простота інсталяції, зручність інтерфейсу) показало, що найбільш якісною СКА є система Maple.

Нижче наведено таблицю 1 прикладу розрахунку суми інтервалів в трьох, вище згаданих системах комп'ютерної алгебри. Як видно з таблиці найбільш зручний синтаксис має система Maple (*IntrakX*).

Наступною, важливою задачею розробки інформаційної технології є розробка процедури взаємодії інформаційних потоків, процесів та засобів.

Процедура обробки інформації повинна складатися з послідовності логічних кроків:

- опис засобів формування результативної інформації із зазначенням послідовності виконання логічних і арифметичних дій;
- опис зв'язків між частинами, операціями, формулами алгоритму;
- вимогами до порядку розташування ключових ознак у вихідних документах;
- процедура повинна враховувати загальний і всі окремі випадки вирішення

завдання [3].

Таблиця 1 – Приклад синтаксису в різних СКА

Аналітичне рівняння	Maple	Mathematica	Matlab
$[a, b] + [c, d] = [a + c, b + d]$	$E := [1, 2] \& + [3, 4]; [4, 6]$	In[1]: = Interval [{1,2}] + Interval [{3,4}] Out[1] = [{4,6}]	>> A=interval([1, 2]) >> B=interval([3, 4]) >> A*B interval ans = [4, 6]

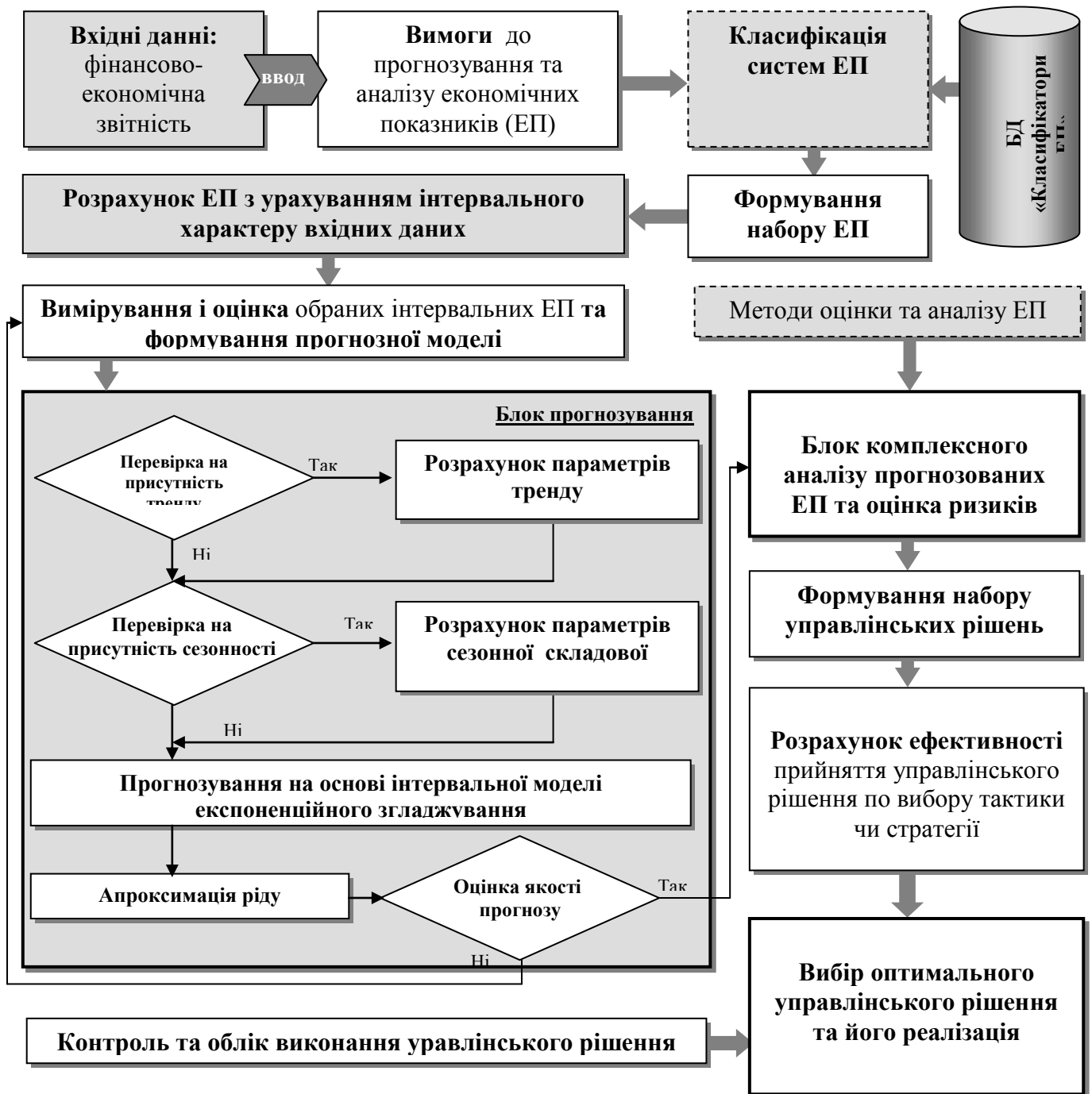


Рис. 2. – Процедура взаємодії інформаційних потоків, процесів та засобів комплексного прогнозування економічних показників з невизначеними даними

На рисунку 2 зображено розроблену процедуру взаємодії інформаційних потоків, процесів та засобів комплексного прогнозування економічних показників з невизначеними даними з метою підтримки прийняття ефективних управлінських рішень. Як видно з малюнку, на першому етапі проводиться відбір та формування економічних показників, наступним кроком є розрахунок економічних показників з урахуванням їх інтервального характеру, прогнозування обраних економічних показників, на заключній стадії проводиться формування набору управлінських рішень, їх аналіз та оцінка майбутньої ефективності, контроль за виконанням обраного управлінського рішення.

Апробація запропонованої моделі, методу та інформаційної технології проводилася на основі даних про споживання електроенергії в Харківській області. Причинами інтервального характеру даних є втрати (комерційні та технічні) електроенергії – різниця між фактом споживання електроенергії та фактичними поставками електроенергії на вході до електромережі.

На рисунках 3 і 4 зображено діалогові вікна СКА Maple 11 та бібліотеки для проведення інтервальних розрахунків IntraX.

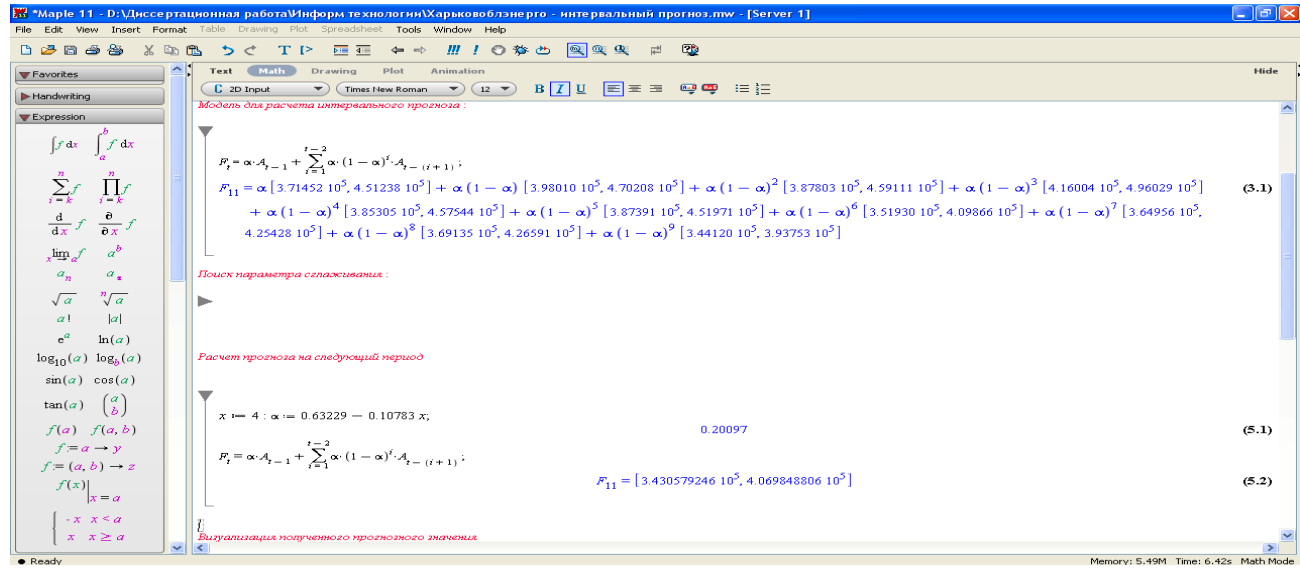


Рис. 3 – Побудова моделі для прогнозування втрат електроенергії

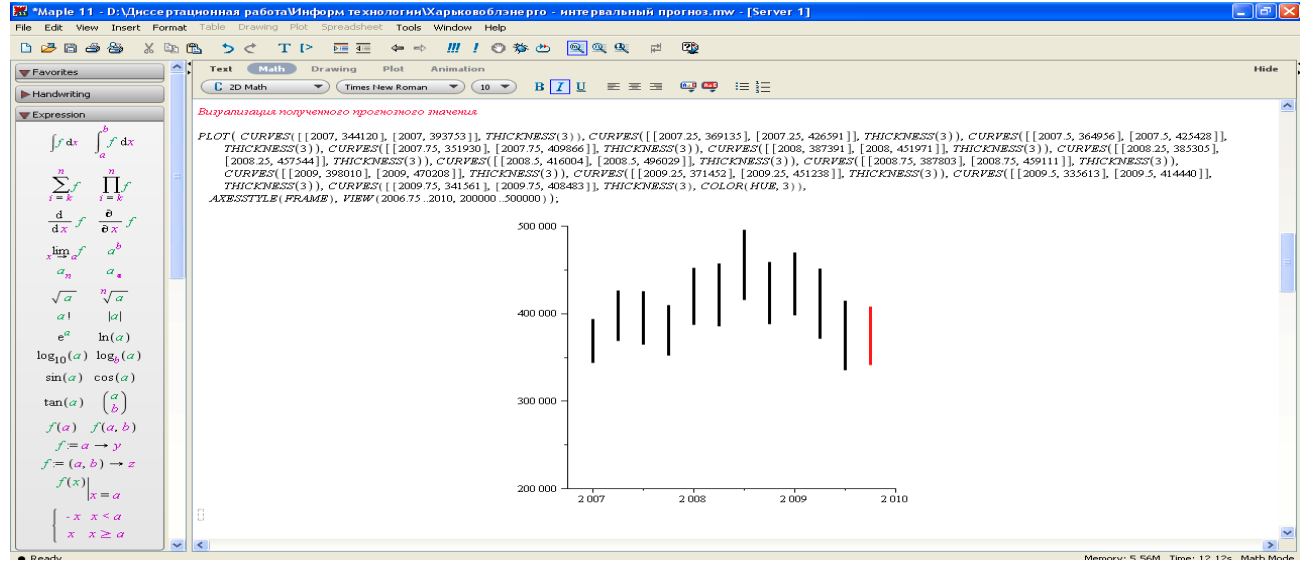


Рис. 4 – Візуалізація вхідних даних та прогнозного значення втрат електроенергії

Аналіз якості прогнозу, на основі розрахунку середньої похибки апроксимації, дав результат в 10.94%, що є високим показником якості прогнозу.

Висновки. В статті розглянуто науково-практичну задачу розробки інформаційної технології комплексного прогнозування економічних показників з невизначеними даними на основі методу комплексної ідентифікації та прогнозування структурних компонент динамічних інтервальних рядів, з метою підтримки прийняття ефективних господарських рішень. З метою комплектації складових інформаційної технології було проведено аналіз систем комп'ютерної алгебри, котрі підтримують інтервальні розрахунки, виявлено, що найбільш ефективною та якісною є система Maple (бібліотека для інтервальних розрахунків IntraX). Розроблено процедуру взаємодії інформаційних потоків, процесів та засобів комплексного прогнозування економічних показників. Запропонований метод та інформаційна технологія апробовані.

Список літератури: 1. *Ревенко Д.С.* Метод краткосрочного прогнозирования в условиях информационной асимметрии и неопределенности / Д.С. Ревенко, В.М. Варганиян // Бизнес Информ. – 2009. - №10. – С. 145 – 148. 2. *Kramer W.* Interval calculus in Maple / W. Kramer, I. Geulig. – Wuppertal: BUW, 2001. – 42 p. 3. Автоматизированные информационные технологии в экономике: учебник / Под ред. проф. Г.А. Титоренко. – М.: Юнити, 2003. – 399 с. 4. *Барановская Т.П.* Информационные системы и технологии в экономике / Т.И. Барановская, В.И. Лойко, М.И. Семенов, А.И. Трубилин. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 416 с.

Подано до редакції 15.03.2010