

Інформаційна Система Короткочасного Прогнозування

Сергій Васильович Голуб
кафедра інтелектуальних систем прийняття рішень
Черкаський національний університет
ім. Б. Хмельницького
Черкаси, Україна
fpkpk@ukr.net

Світлана Юріївна Куницька
кафедра інформаційної безпеки та комп'ютерної
інженерії
Черкаський державний технологічний університет
Черкаси, Україна
kunitskaya33@gmail.com

Short-term Forecasting Information System

Sergii Golub
dept. of the intellectual systems of making decision
Cherkasy National University them B. Khmelnytsky
Cherkasy, Ukraine
fpkpk@ukr.net

Svitlana Kunitska
dept. of information security and computer engineering
Cherkasy State Technological University
Cherkasy, Ukraine
kunitskaya33@gmail.com

Анотація—В роботі розглянута інформаційна система, завдяки якій відбувся процес автоматизації роботи прогнозуючого фільтру, що побудований як інструмент для обчислюваного та прогнозуючого процесу. Синтезували моделі різної складності завдяки обраному поліному Колмогорова-Габора 2 ступеня. Наведено обґрунтування вибору полінома, створення системи умовних рівнянь та кількості рівнянь в нормалізованій системі за принципом їх формування.

Результати обчислень навчених моделей дозволили не тільки визначити похибки прогнозу, а також проаналізувати поведінку всього процесу в цілому. Завдяки обчисленню середнє квадратичної похибки прогнозу можемо визначити найбільш оптимальну модель, необхідну для перевірки прогнозованої послідовності. І чим менший показник похибки у відсотках, тим краща навчена модель зі всіх прогнозованих послідовностей.

Вся інформація щодо обчислень, обрання масиву вхідних даних, отриманих значень моделей та виду синтезованої моделі, а також обчислення похибки прогнозу зберігається в історичних даних автоматизованої системи. Інформаційна система має об'ємний програмний алгоритм прогнозуючого фільтру у вигляді зручного для користувача інтерфейсу.

Abstract—The paper considers the information system through which the process of automating the work of the prediction filter, which is constructed as a tool for the computational and predictive process, has been considered. Synthesized models of varying complexity due selected Kolmogorov-Gabor polynomial 2 degrees. The reasons for choosing a polynomial, creating a system of conditional equations and the number of equations in a normalized system based on the principle of their formation are given.

The results of calculations trained models allowed not only to determine the forecast error and to analyze the behavior of the

entire process as a whole. By calculating the mean square error of the forecast, we can determine the most optimal model required for checking the predicted sequence. They explained that the lower the percentage error, the better the trained model from all the predicted sequences.

All information on the calculations, the selection of the input array, the obtained values of models and the type of the synthesized model, as well as the calculation of the forecast error, is stored in the historical data of the automated information system. The information system has a comprehensive program algorithm for predictive filter in the form of a user-friendly interface.

Ключові слова—умовні рівняння; експериментальні точки; нормалізована система; модель; похибка; прогнозування.

Keywords—conditional equations; experimental points; normalized system; model; error; forecasting.

I. Вступ

Однією з найважливіших характеристик прогнозування є класифікація (типологія) прогнозів, що базується залежно від класифікаційних ознак. Такими ознаками можуть бути: масштаби об'єкта; час випередження; елементи відтворення; функції прогнозу; джерела прогновної інформації і т. д. За часом випередження (прогнозним горизонтом) прогнози класифікують як оперативні, короткострокові, середньострокові, довгострокові та далекострочкові (рис. 1). Зазначені прогнози відрізняються один від одного не тільки тривалістю прогнозного горизонту, а й характером прогновної інформації (кількісні, якісні параметри) та гіпотезою про можливість зміни певних тенденцій розвитку в межах прогнозного горизонту.

Види прогнозу	Оперативні	Коротко-строкові	Середньострокові	Довгострокові	Далеко-строкові
Прогнозний горизонт	1—3 місяці	До 1 року	1—5 років	5—10 років	10—20 років
Характер інформації	Кількісна		Кількісно-якісна	Якісно-кількісна	Якісна
Гіпотеза про можливість зміни тенденцій	Зміни тенденцій не очікується			Можлива зміна тенденцій	

Рис. 1. Класифікація прогнозів за часом випередження

Методами прогнозування називають сукупність прийомів і оцінок, що дають змогу на підставі аналізу колишніх (ретроспективних) внутрішніх і зовнішніх зв'язків, притаманних об'єкту, а також їхніх змін зробити достатньо вірогідне судження щодо майбутнього розвитку об'єкта. Вибір методів прогнозування здійснюється згідно з характером об'єкта та вимогами, які пред'являються до інформаційного забезпечення прогнозів [1].

До формалізованих методів прогнозування належать методи прогнозу екстраполяції та моделювання. Використання формалізованих методів доцільне за наявності достатньої фактографічної інформації і чіткої тенденції розвитку об'єкта прогнозування.

Методи екстраполяції базуються на припущенні того, що закономірність (тенденція) розвитку об'єкта в минулому буде незмінною протягом певного часу і в майбутньому. Але, оскільки в дійсності тенденція розвитку може змінюватися, то прогнозні результати слід розглядати як імовірнісні.

Залежно від особливостей змін рівнів у динамічних рядах екстраполяції можуть бути простими і складними.

Першу групу становлять методи прогнозування, які базуються на припущенні відносної стійкості в майбутньому абсолютних значень рівнів, середнього рівня ряду, середнього абсолютного приросту, середнього темпу зростання.

Друга група методів базується на визначенні основної тенденції, тобто використанні статистичних формул, які описують тренд. Тренд — це відображення певною функцією тенденції ряду динаміки. Його зображують у вигляді гладкої кривої (траєкторії). Тренд характеризує головну закономірність руху об'єкта в часі. Складні методи екстраполяції можна поділити на два основні типи: адаптивні й аналітичні.

Адаптивні методи прогнозування ґрунтуються на тому, що процес їхньої реалізації полягає у визначенні наступних у часі значень прогнозного показника з урахуванням ступеня впливу попередніх рівнів. До них належать методи ковзної та експоненціальної середніх, метод гармонійних ваг, авторегресія.

В основу аналітичних методів прогнозування (кривих зростання) покладено принцип одержання за допомогою

методу найменших квадратів оцінки детермінованої компоненти, що характеризує основну тенденцію.

Найбільш поширеними є методи прогнозування, засновані на статистичному моделюванні. Методи статистичного моделювання поділяються на дві групи.

1. Метод прогнозування на підставі одиничних рівнянь регресії. Форму взаємозв'язку одного явища з іншими явищами, об'єктами і процесами можна зобразити у вигляді рівняння регресії: $y = f(x_1, x_2, \dots, x_m)$. Прогноз здійснюється підстановкою в нього значень ознак-факторів і оцінкою очікуваного середнього значення результативної ознаки. Для встановлення області розсіювання визначаються довірчі інтервали. Прогнозування за регресивними моделями може здійснюватися тільки після перевірки моделей на адекватність.

2. Метод прогнозування на підставі системи рівнянь взаємозв'язаних рядів динаміки. Цей метод є найскладнішим, але з його допомогою можна одержати оцінку не тільки результативної, а й факторних ознак, тобто аналіз взаємозв'язаних рядів динаміки виражається за допомогою системи рівнянь регресії. Прогноз у такому разі ліпше піддається змістовій інтерпретації, ніж звичайна екстраполяція.

За означенням, прогнозування — процес передбачення майбутнього стану предмета чи явища на основі аналізу його минулого і сучасного, систематично оцінювана інформація про якісні й кількісні характеристики розвитку обраного предмета чи явища в перспективі. Результатом прогнозування є прогноз — знання про майбутнє і про ймовірний розвиток сьогочасних тенденцій конкретного явища-об'єкту в подальшому існуванні.

Згідно вище описаної інформаційної складової відносно видів прогнозів та методів прогнозування зробимо висновок, що в роботі використовується кількісна характеристика розвитку короткочасного прогнозу, тому що саме ця характеристика базується на математичних моделях та історичних даних використовуючи певні методи прогнозування.

II. ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Процес короткочасного прогнозування це водночас і складний і простий процес, який потребує реалізацію певного алгоритму, що розроблено та впроваджено у вигляді автоматизованої інформаційної системи. Тому

головним питанням, що розглядається у роботі є створення та використання інструменту прогнозування, який побудовано на основі полінома Колмогорова-Габора.

Метою роботи є автоматизація процесу прогнозуючого фільтру, який на основі побудованих моделей різної складності полінома 2 ступеня дозволяють не тільки обчислювати похибки, але й проаналізувати поведінку всього процесу в цілому.

Головні задачі, що підлягають розробці:

1. Визначення масиву вхідних даних;
2. Отримання навчених моделей різної складності;
3. Обчислення похибки;
4. Розробка автоматизованої інформаційної системи прогнозуючого фільтра.

Перша поставлена задача полягає у визначенні об'єму експериментальних точок, це означає що відбувається завантаження повного діапазону експериментальних даних, які підлягають обробці інструментом прогнозування. Одразу зауважимо, що набір обраних вхідних даних, необхідний для подальшого прогнозування, не може бути менше ніж 6 значень для найменшого поліному з трьома невідомими. А максимальне значення обирається довільно та завантажувється із Excel, куди попередньо було занесено весь масив даних. Тому діапазон значень може включати в себе різноманітні значення, наприклад A2-A5, A9-A12.

2. Це друга і найважливіша поставлена задача, тому що вона вимагає побудови математичної моделі складного процесу, необхідної для автоматичного оптимального управління в подальшому. Поліном з чотирма невідомими має наступний вигляд (1):

$$y_k = a_0 + a_1 x_i + a_2 x_j + a_3 x_{i j} \quad (1)$$

В нашому випадку математична модель має вигляд системи рівнянь, що приведена до нормалізації після того, як було складено систему умовних рівнянь згідно обраного полінома з певною кількістю невідомих [2].

Принцип формування систем нормальних рівнянь наступний: кожне умовне рівняння перемножується на коефіцієнти при першому невідомому, а потім всі умовні рівняння додаються, надалі виникає необхідність створення другого рівняння системи, де кожне умовне рівняння ми вже перемножуємо на коефіцієнти при другому члені і всі умовні рівняння також додаються. Якщо необхідно скласти систему нормалізованих рівнянь для поліному 2 ступеня з чотирма невідомими, то система повинна мати систему з чотирма нормалізованими рівняннями. Тому для побудови кожного наступного рівняння необхідно кожне умовне рівняння перемножити на коефіцієнт при третьому невідомому, потім при четвертому невідомому. Це відбувається до тих пір, доки кількість нормальних рівнянь буде дорівнювати кількості невідомих коефіцієнтів при системі умовних рівнянь [3].

Наступним кроком є отримання розв'язку нормалізованої системи відомим методом Гауса, що дозволяє обчислити систему лінійних алгебраїчних рівнянь за алгоритмом описаним нижче. Зазвичай під цим алгоритмом розуміють деяку послідовність операцій, що виконують над відповідною матрицею коефіцієнтів, для приведення її до трикутного вигляду, з наступним вираженням базисних змінних через небазисні [4].

У методі Гауса для спрощення матриці, використовують послідовні елементарні операції перетворення матриці для модифікації матриці доки нижній лівий кут матриці не буде заповнено нулями, настільки наскільки це можливо. Елементарні перетворення не змінюють множину розв'язків системи лінійних алгебраїчних рівнянь, яку представляє ця матриця.

Існує три типи елементарних перетворень матриці:

- 1) заміна двох рядків;
- 2) множення рядка на не нульове число;
- 3) додавання одного рядка до іншого.

Використовуючи ці операції, матрицю завжди можна перетворити на верхню трикутну матрицю, а фактично і у скорочену рядкову ступінчасту форму. Як тільки всі перші коефіцієнти (ті що знаходяться ліворуч і є не нульовими входженням в кожному рядку) стають рівними 1, і кожен стовпець, який містить перший ненульовий коефіцієнт має в усіх інших місцях нулі, тоді говорять що матриця знаходиться у скороченій рядковій ступінчастій формі.

Тобто, використовуючи описаний алгоритм методу найменших квадратів для обчислення системи нормалізованих рівнянь ми знайшли конкретні значення невідомих $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$ при обраному вигляді полінома. Тобто отримали навчену модель на основі полінома Колмогорова-Габора.

Згідно опорного вигляду отриманої навченої моделі, вона має конкретне число експериментальних точок. Наприклад, для поліному (1) навчена модель має аргументи a_0, a_1, a_2, a_3 та використовує для прогнозування 7 точок. Тобто для визначення горизонту прогнозування завжди беруть на 3 точки більше, ніж існує аргументів при навченій моделі [5].

3. Третя задача полягає в обчисленні середнє квадратичної похибки прогнозуючого процесу (2).

$$\delta^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n_2} (y_{\phi i} - y_{\rho i})^2}{\sum_{i=1}^{n_2} y_{\phi i}^2} \quad (2)$$

де $y_{\rho i}$ - прогноз i -го значення для перевірки прогнозованої послідовності; $y_{\phi i}$ - фактичне значення цієї ж послідовності; n_2 - об'єм послідовності.

Визначити найбільш оптимальну модель ми можемо завдяки обчисленню середнє квадратичної похибки прогнозу, необхідної для перевірки прогнозованої послідовності. І чим менший показник похибки у

відсотках, тим краща навчена модель зі всіх прогнозованих послідовностей.

4. Особливістю автоматизованої інформаційної системи є зручна робота користувача з огляду інтерфейсної частини, що має візуальну просту форму з управлінськими кнопками. Кожна кнопка програмно прописана таким чином, що втручання користувача обмежується наступними діями:

- завантаження з Excel необхідного набору експериментальних точок обираючи довільно із масиву даних;
- визначення кількості невідомих при поліномі. Інформаційна система одразу виводить на екран вид обраного полінома 2 ступеня;
- натискання кнопки «Розрахувати» автоматично обчислює поліном за методом найменших квадратів згідно алгоритму, що описано в сформульованій 2 задачі.

Перевагою автоматизованої інформаційної системи є те, що вся інформація щодо обчислень, обрання масиву вхідних даних, отриманих значень моделей та виду синтезованої моделі, а також обчислення похибки прогнозу зберігається в історичних даних, що необхідні для подальшого аналізу прогнозуючого процесу завдяки якому маємо можливість обрати оптимальну модель всього процесу.

Програмний алгоритм обчислювального процесу написано об'єктно-орієнтованою мовою програмування C# з підтримкою інтегрованого середовища розробки Visual Studio Professional 2017 на платформі .NET.

Чому саме обрано цю мову програмування? Опишемо її важливі принципи, які значно допомогли полегшити опис складної деревоподібної структури програмного коду у вигляді ієрархії спадкування. Розробники програм спочатку пишуть клас, а на його основі при виконанні програми створюються конкретні об'єкти (екземпляри класів). На основі класів можна створювати нові, які розширюють базовий клас і таким чином створюється ієрархія класів. Головні принципи:

- все є об'єктами;
- всі дії та розрахунки виконуються шляхом взаємодії (обміну даними) між об'єктами, при якій один об'єкт потребує, щоб інший об'єкт виконав деяку дію. Об'єкти взаємодіють, надсилаючи і отримуючи повідомлення - запити на виконання дії;
- кожен об'єкт має незалежну пам'ять, яка складається з інших об'єктів і є представником (екземпляром) класу, який виражає загальні властивості об'єктів;

Таким чином, програма являє собою набір об'єктів, що мають стан та поведінку. Об'єкти взаємодіють використовуючи повідомлення. Будується ієрархія об'єктів: програма в цілому — це об'єкт, для виконання своїх функцій вона звертається до об'єктів що містяться у ньому, які у свою чергу виконують запит шляхом звернення до інших об'єктів програми. Стійкість та керованість системи забезпечуються за рахунок чіткого розподілення відповідальності об'єктів (за кожен дію відповідає певний об'єкт),

Тобто, як бачимо, автоматизований процес роботи прогнозуючого фільтра досить простий у використанні з огляду користувача, але досить ємка програмна розробка з огляду створення алгоритму реалізації обчислювального та прогнозуючого процесу.

ВИСНОВКИ

Завдяки приведеній класифікації існуючих видів прогнозів ми з'ясували на яких характеристиках базується короткочасний прогноз, що побудовано на математичних моделях та історичних даних. В свою чергу, математична модель — це система рівнянь регресії, які використовуються для одноразового прогнозу майбутнього ходу процесу в складній системі.

Використання інструменту прогнозування, так званого фільтру, допомогло вирішити основні поставлені задачі: синтезували моделі, які побудовані на різних наборах вхідних даних, та визначили оптимальну модель прогнозованої послідовності завдяки обчисленню похибки прогнозу. Довільне обрання діапазону вхідних даних, що необхідне для синтезу моделей, не відображається на об'єктивності прогнозу.

Програмний алгоритм інформаційної системи дозволив повністю автоматизувати процес обчислення математичних моделей, побудованих на основі полінома Колмогорова-Габора 2 ступеня.

ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

- [1] А. Г. Ивахненко «Индуктивный метод самоорганизации моделей сложных систем» – Киев : Наук. думка, 1982. 296 с.
- [2] Ю.А. Шрейдер, А.А. Шаров «Системы и модели» – М.: Радио и связь, 1982.
- [3] С.Ю. Куницька «Приведення системи умовних рівнянь до нормалізації» Проблеми інформатизації: тези доп. п'ятої міжнародн. наук.-техн. конф., Черкаси, 13-15 листопада 2017 року. Черкаси: ЧДТУ; Баку: ВА ЗС АР; Бельсько-Бяла: УТІГН; Полтава: ПНТУ. 2017. – С. 60.
- [4] Б.М. Ляшенко, О.М. Кривонос, Т.А. Вакалюк «Методи обчислень». Навчально-методичний посібник для студентів фізико-математичного факультету. Житомир: Вид-во ЖДУ ім І. Франка. 2014. с. 37—39.
- [5] В.А. Лисичкин «Теория и практика прогностики». М.: Наука. 1972. 224 с.