

Олена Скакаліна, к.т.н., доц.

## ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПРОГНОЗУЮЧИХ МОДЕЛЕЙ НА ОСНОВІ ГІБРИДІВ МЕТОДУ ГРУПОВОГО УРАХУВАННЯ АРГУМЕНТІВ

Одним із самих популярних підходів до прогнозування динаміки соціально-економічних, фінансових, технічних та інших процесів виступає побудова математичних моделей за статистичними даними і подальше обчислення оцінок прогнозів, що побудовані на основі цих моделей. Загалом методи прогнозування можна розділити на три широкі класи:

- прогнозування на основі суджень, тобто, прогнозування, що ґрунтується на суб'єктивних оцінках, інтуїції, поглиблених знаннях конкретної області та іншій інформації, що має відношення до прогнозованого процесу;
- методи прогнозування на основі використання часового ряду однієї змінної, тобто, на основі авторегресії, авторегресії з інтегрованим ковзним середнім (АРІКС), АРКС плюс тренд і т. ін.;
- методи прогнозування на основі використання часових рядів кількох змінних.

У загальному випадку процедура прогнозування може поєднувати у собі відразу 2-3 методи одночасно. На сьогодні у спеціальній літературі [1-3] описано досить широку множину методів прогнозування лінійних та нелінійних процесів з використанням вхідних даних у формі часових рядів. Найбільш поширеними серед них є методи індуктивного моделювання, до класу котрих відноситься метод групового урахування аргументів, авторегресія, АРКС, авторегресія з інтегрованим ковзним середнім, лінійна та нелінійна множинна регресія, квантильна регресія, регресійні дерева та інші [4]. Відносно «універсальними» методами моделювання та прогнозування є МГУА і нечіткі нейромережі [5-6]. Однак, практика показує, що одного, навіть досить універсального методу, недостатньо для досягнення повноти аналізу процесу.

Кожний метод моделювання має також свої недоліки і переваги стосовно обчислювальних витрат та характеристик точності оцінок прогнозів. Так, висока точність прогнозу за допомогою МГУА або нейромережі іноді досягається за рахунок високих обчислювальних витрат і моделей складної структури. Це особливо стосується застосування моделі у системі керування реальним часом, де модель необхідна і для оцінювання прогнозу і для синтезу керуючого впливу. Суттєвий вииграш щодо обчислювальних витрат можна досягти у такому випадку за допомогою набагато простішої моделі АРКС, перевагами яких є простота структури та можливості їх оперативної адаптації до характеристик процесу в реальному часі. Цьому сприяє також наявність множини відносно простих методів рекурсивного оцінювання параметрів моделей. Однак на сьогодні відсутній систематизований підхід до вибору структури математичних моделей та методів прогнозування, а також рекомендацій стосовно їх застосування. Тому **актуальною** є задача побудови адекватних прогнозуючих моделей з оптимальною складністю та необхідною точністю.

Моделювання є логіко-математичним відображенням структури та процесу функціонування запланованого об'єкта з метою проведення за допомогою даної моделі експерименту. Сутність моделювання полягає у створенні такого аналога об'єктів, що вивчаються, в якому відображені всі їх найважливіші з точки зору мети дослідження властивості і опущені другорядні, малозначні риси.

Методи моделювання включають такі моделі:

1. *Матричні моделі.* До них відносяться:

- Статичні моделі міжгалузевого балансу. Призначені щодо прогнозних макроекономічних розрахунків на короткостроковий період (рік, квартал, місяць).
- Динамічні моделі міжгалузевого балансу. Призначені для розрахунків розвитку на довгострокову перспективу, відбивають процес відтворення у поступовій динаміці, забезпечують ув'язку прогнозу виробництва (послуг) з інвестиціями.

2. *Моделі раціонального планування.* Базуються на економіко-математичних моделях, що складаються з цільової функції та системи обмежень. Цільова функція визначає мету оптимізації і є залежність показника, яким ведеться оптимізація, від незалежних змінних.

3. *Економіко-статистичні моделі.* Розрізняють:

- однофакторні, дозволяють враховувати вплив одного фактора на рівень прогнозованого показника;
- багатфакторні, дозволяють одночасно враховувати вплив кількох факторів на рівень прогнозованого показника. Використовуються при прогнозуванні попиту продукцію, собівартості, цін, прибутку та інших показників.
- економетричні моделі, що служать для опису складних соціально-економічних процесів.

4. *Імітаційні моделі.* Їх суть полягає у створенні моделі реальної господарської ситуації та маніпулювання нею за різних параметрів керованих змінних з метою обґрунтування розвитку об'єкта прогнозування чи планування. Найбільш відомі моделі Джея Форрестера «Індустріальна динаміка», яка охоплює весь виробничо-господарський процес та модель Монте-Карло – використовують при моделюванні будь-якого процесу.

5. *Моделі прийняття рішень.* Ґрунтуються на теорії ігор. Застосовуються за умов невизначеності чи ситуаціях, коли інтереси сторін не збігаються. Кожна зі сторін вибирає таку стратегію дій, яка на їхню думку забезпечує найбільший вигравш або найменший програш. Причому кожній із сторін ясно, що результат залежить не лише від своїх дій, а й від дій конкурентів. Теорія ігор дозволяє зробити аналіз розроблених планів щодо їх використання землі, трудових ресурсів, техніки, агротехнічних та зоотехнічних заходів.

6. *Моделі мережевого планування.* В основу покладено побудову мережевого графіка із зображенням комплексу взаємопов'язаних робіт і послідовність етапів, необхідних для досягнення заздалегідь поставленої мети. Застосовуються з метою скорочення термінів виконання складних проектів та інших робіт. Прикладом мережевих моделей планування є методи PERT.

Метод групового врахування аргументів (МГУА) – сімейство індуктивних алгоритмів для математичного моделювання багатпараметричних даних. Метод заснований на рекурсивному селективному відборі моделей, на основі яких будуються складніші моделі. Точність моделювання на кожному наступному кроці рекурсії збільшується за рахунок ускладнення моделей. Цей метод був запропонований наприкінці 60-х – початку 70-х академіком Олексієм Григоровичем Івахненком.

Алгоритм полягає у побудові все більш і більш складних моделей за обраним зразком. На кожному кроці здійснюється відбір найкращих моделей, що будуть слугувати основою для моделей на наступному кроці. Алгоритм завершує свою роботу коли досягнуто необхідну точність моделі, або при досягненні максимально допустимої складності моделей. Зазвичай ступінь полінома опорної функції вибирається не вище  $N-1$ , де  $N$  — кількість точок вибірки. Часто буває достатньо використовувати як опорні функції поліноми другого ступеня. У такому випадку на кожному кроці ітерації ступінь результуючого полінома подвоюється.

Часто вихідну вибірку розбивають на дві підвибірки А і В. Підвибірка А застосовується для визначення коефіцієнтів моделі, а підвибірка В – для визначення якості (коефіцієнта детермінації або середньоквадратичного відхилення). При цьому співвідношення кількості даних в обох вибірках може бути як 50% / 50%, так і 60%/40%.

Статистика показує, що спочатку з кожним кроком ітерації середньоквадратичне відхилення зменшується. Але після досягнення певного рівня складності (яке залежить від характеру й кількості даних, а також загального вигляду моделі), середньоквадратичне відхилення починає зростати.

Вирішення практичних завдань і виникнення в галузі індуктивного моделювання групи алгоритмів МГУА призвели до розробки широкого спектру програмних алгоритмів, кожен з яких відповідає певним умовам його застосування. Алгоритми МГУА різняться, головним чином за способом генерування множини моделей-кандидатів, що підлягають переборові за заданим зовнішнім критерієм. Вибір алгоритму залежить від проблеми, рівня дисперсії завад, достатності вибірки даних та від того - чи є дані тільки неперервними.

Серед параметричних алгоритмів найбільш відомими є:

- базовий комбінаторний (СОМВІ) алгоритм. Він полягає у повному чи скороченому переборі моделей, що поступово ускладнюються, та оцінці їх за зовнішнім критерієм на окремій частині вибірки даних.

- багаторядний ітераційний алгоритм (МІА) використовує на кожному рівні переборної процедури однаковий частковий опис (правило ітерації). Він використовується для обробки великої кількості змінних (до 1000).

алгоритм об'єктивного системного аналізу (ОСА). Основною його рисою є те, що він перевіряє не окремі рівняння, а системи алгебраїчних чи диференціальних рівнянь, що отримуються за допомогою неявних шаблонів (без цільової функції). Перевага алгоритму в