

В. М. Щелкалін

СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО ПОБУДОВИ КЛАСУ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ВЗАЄМОПОВ'ЯЗАНИХ НЕСТАЦІОНАРНИХ ЧАСОВИХ РЯДІВ

В роботі розглядається можливість застосування системного підходу до побудови класу моделей для прогнозування взаємопов'язаних нестационарних часових рядів.

Ключові слова: системний підхід, прогнозування, ідентифікація моделі, декомпозиція моделі, сукупність ієрархічно взаємопов'язаних моделей.

У 70–90 роки минулого століття головними при побудові математичних моделей були наступні вимоги: економність моделі за кількістю оцінюваних параметрів; швидкість, трудомісткість і ресурсомісткість її ідентифікації при використанні на доступних тоді ЕОМ малої продуктивності. У ті роки найбільш широке застосування в задачах моделювання і прогнозування процесів різної природи отримали статистичні (імовірнісні) моделі, серед яких найбільшого поширення набула модель авторегресії — інтегрованого ковзного середнього з екзогенними змінними (АРІКСЕ) [1, 2]. Прагнення отримати ефективну прогнозу модель може призвести до непомірних витрат, хоча при цьому може бути отриманий дуже точний предиктор. Тоді виникало питання в кожній конкретній галузі науки і техніки: чи окупаються додаткові удосконалення моделі в порівнянні зі спрощеним уявленням? Традиційно починали зі спрощеної форми подання мат моделі і розвивали її у міру необхідності до досягнення необхідного рівня точності прогнозування.

У своїх роботах автор починав з вивчення та порівняння характеристик класичних методів і моделей прогнозування часових рядів (ч. р.), таких як: метод Бокса-Дженкінса (модель АРІКСЕ), метод «Гусениця»-SSA, метод групового врахування аргументів (МГВА), тощо. Розглядаючи великий арсенал створених до теперішнього моменту часу мат. моделей і методів, що розрізняються своїми характеристиками, аналізу та прогнозування ч. р., можна стверджувати, що окреслилися тенденції комбінування їх ідей з метою отримання кращих характеристик комбінованої моделі, переведення теоретичних напрацювань одних методів на інші та використання методів одних галузей науки і техніки в інших, де це уявляється можливим і доцільним.

Автором розглядався клас математичних моделей, що засновані на спільному використанні ідей двох методів: детермінованого методу «Гусениця»-SSA (далі SSA) і статистичного методу Бокса-Дженкінса (далі BJ). У трендовому підході для

вирішення задачі підвищення точності прогнозу ч. р. із шумами та детермінованим трендом було запропоновано додавати до SSA-моделі моделі АРІКС Бокса-Дженкінса або моделі методу ОЛІМП, що відрізняється від методу BJ тим, що вихідний процес не зводиться до стаціонарного виду шляхом взяття різниць, а модель АРКС застосовується безпосередньо до вихідного ч. р., але порядок авторегресії збільшується на кількість взяття різниць, що передбачалися у методі BJ. Це дозволило уникати взяття різниць, яке може призвести до появи кратних коренів характеристичного полінома моделі, що лежать на границі стійкості моделі. Була запропонована модель авторегресії — спектрально інтегрованого ковзного середнього. Всі ці моделі належать до класу імовірнісно-детермінованих моделей. Для процесів зі стохастичним трендом пропонувалося ідентифікувати тренд, який виділений за допомогою методу SSA, моделями BJ, ОЛІМП або їх частковими випадками. При трендовому підході метод SSA також застосовувався для виявлення прихованих періодичностей у ч. р. [3].

Декомпозиційні методи прогнозування полягають у декомпозиції ч. р. (прогнозованого і екзогенних) на компоненти, такі як: трендова, циклічні, шумові та залишкова, які в свою чергу можуть бути розкладені на компоненти з більш простою для ідентифікації структурою; в ідентифікації характеру змінення кожної зі складових; в ідентифікації для конструктивних складових, в залежності від їх характеру, мат. моделей з найбільш придатними структурами для кожної конкретної складової ч. р. і в розрахунку їх прогнозів; у використанні отриманих моделей або як гребінки фільтрів, або як ансамблю моделей, подаючи на вхід MISO або MIMO моделі, що агрегує, разом зі значеннями екзогенних ч. р. та ч. р., що прогнозується, або подаються як складові комбінованої мат. моделі, параметри якої далі спільно підлаштовуються оптимізаційним методом. В якості методів розкладання можуть застосовуватися: МГВА; метод SSA; декомпозиція за емпіричними модами (ДЕМ);

розкладання за квазіортогональним базисом функцій, що оздоблюють [6]; декомпозиційний метод моделювання (ДММ) [6]; розкладання на основі вейвлет-перетворення; МРСА; вейвлет-пакетне перетворення; спектральне розкладання, тощо [4, 5].

Таким чином, в останні десятиріччя окреслилася тенденція критичного ставлення до статистичної постановки проблеми ідентифікації процесів. В даний час ефективно моделювання процесів передбачає використання різних прийомів декомпозиції моделі. Декомпозиція дозволяє реалізувати загальну модель як сукупність ієрархічно взаємопов'язаних більш простих моделей різного рівня ієрархії. Така структура моделі дозволяє підвищити точність і адекватність моделювання в разі багатовимірних, нелінійних і нестационарних процесів, спростити і підвищити стійкість процесу ідентифікації [6]. Таким чином, сьогодні важливими елементами дослідження нестационарних взаємопов'язаних ч. р. є підходи, засновані на декомпозиції та агрегуванні. Одним із таких підходів є системний підхід.

Складність математичних моделей, які агрегують моделі розкладання залежить від складності процесів у кожній конкретній області і може бути звичайною регресійною моделлю. Однак, зазвичай, в якості такої моделі, на яку подаються відібрані конструктивні компоненти, значення прогнозованого і екзогенних ч. р., і їх затримки використовуються нелінійні MISO або MIMO моделі, такі як: поліноми Колмогорова-Габора, синтезовані МГВА, штучні нейронні мережі, тощо. Ця модель враховує системний ефект, коли сукупність моделей декомпозиції, що об'єднані в систему, призводить до появи нових властивостей, котрі у таких моделях називаються внутрішніми латентними (скритими) зв'язками. Одним зі складних етапів побудови таких моделей є відбір конструктивних компонент, їх затримок (лагів) і затримок екзогенних ч. р. і ч. р., що прогнозуються. Для вирішення цього завдання використовуються алгоритми: МГВА, метод швидкого ортогонального пошуку (FOS), LARS, а також алгоритми, засновані на методах: імітації відпаду і нейрогенетичного відбору. При декомпозиції ч. р. методом SSA, та багатьма іншими методами зазвичай більшість компонент розкладання є періодичними компонентами із змінною амплітудою коливання, а також шумові компоненти із змінною дисперсією. Тому в такі моделі у якості вхідних змінних можна також включати миттєві амплітуди, що отримуються після застосування перетворення Гільберта до компонентів розкладання, котрі задовольняють двом вимогам, що пред'являються до модальних функцій метода ДЕМ.

Таким чином, сучасний етап розвитку теорії та практики характеризується підвищенням рівня системності. Вчені, інженери, представники різних професій оперують такими поняттями як системний підхід. І сьогодні, завдяки розвитку методів

мат. моделювання і ЕОМ, і все дедалі ширшому застосуванню декомпозиційних ієрархічних моделей до моделювання та прогнозування ч. р., можна говорити про можливість застосування системного підходу до побудови класу моделей для прогнозування взаємопов'язаних нестационарних ч. р.

Література

1. Евдокимов А. Г. Оперативное управление потокораспределением в инженерных сетях [Текст] / А. Г. Евдокимов, А. Д. Тевяшев. — Х. : Вища школа, 1980. — 144 с.
2. Тевяшев А. Д. Системный анализ и управление большими системами энергетики [Текст] / А. Д. Тевяшев. — Х., 2009. — 507 с.
3. Щелкалин В. Н. Трендовый подход прогнозирования временных рядов на основе метода «Гусеница»-SSA [Текст] : материалы 14-й Международной научно-технической конференции SAIT 2012, Киев, 24 апреля 2012 г. / В. Н. Щелкалин // УНК «ИПСА» НТУУ «КПИ». — К. : УНК «ИПСА» НТУУ «КПИ», 2012. — С. 258–259.
4. Щелкалин В. Н. Декомпозиционный подход прогнозирования временных рядов на основе метода «Гусеница»-SSA [Текст] : материалы 14-й Международной научно-технической конференции SAIT 2012, Киев, 24 апреля 2012 г. / В. Н. Щелкалин // УНК «ИПСА» НТУУ «КПИ». — К. : УНК «ИПСА» НТУУ «КПИ», 2012. — С. 260–261.
5. Щелкалин В. Н. Комбинированный подход прогнозирования временных рядов на основе метода «Гусеница»-SSA [Текст] : материалы 14-й Международной научно-технической конференции SAIT 2012, Киев, 24 апреля 2012 г. / В. Н. Щелкалин // УНК «ИПСА» НТУУ «КПИ». — К. : УНК «ИПСА» НТУУ «КПИ», 2012. — С. 262–263.
6. Седов А. В. Моделирование объектов с дискретно-распределенными параметрами: декомпозиционный подход [Текст] / А. В. Седов ; Южный научный центр РАН. — М. : Наука, 2010. — 438 с.

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ КЛАССА МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВЗАИМОСВЯЗАННЫХ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

В. Н. Щелкалин

В работе рассматривается возможность применения системного подхода к построению класса моделей для прогнозирования взаимосвязанных нестационарных временных рядов.

Ключевые слова: системный подход, прогнозирование, идентификация модели, декомпозиция модели, совокупность иерархически взаимосвязанных моделей.

Виталий Николаевич Щелкалин, инженер 1 категории кафедры прикладной математики Харьковского национального университета радиоэлектроники, тел.: +38-098-388-16-17, e-mail: vitalii.shchelkalin@gmail.com.

THE SYSTEMS APPROACH TO BUILDING CLASS MODELS FOR FORECASTING OF INTERRELATED NONSTATIONARY TIME SERIES

V. Shchelkalin

The possibility of the systems approach to building class models for forecasting of interrelated nonstationary time series is considered.

Keywords: systems approach, forecasting, model identification, model decomposition, a set of hierarchically interrelated models.

Vitalii Shchelkalin, engineer grade 1 of Department of Applied Mathematics, Kharkiv National University of Radioelectronics, tel.: +38-098-388-16-17, e-mail: vitalii.shchelkalin@gmail.com.