

*Инструментальные
средства
информационных
технологий*

Розглядається апроксимація динамічного ряду з використанням радіально-базисної та узагальнено-регресійної нейронних мереж.

© О.В. Галкін, 2013

УДК 004.75

О.В. ГАЛКІН

**НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ
В ЕКОНОМІЧНОМУ
МОДЕЛЮВАННІ**

Вступ. У даний час існує принципова задача побудови альтернативних сценаріїв розвитку складних систем. Ці проблеми тим більш актуальні, якщо доводиться вибирати не між хорошим і кращим, а між поганим і дуже поганим варіантами. Проблема пошуку стійких і безпечних шляхів розвитку має безпосереднє відношення до нелінійної динаміки. Соціально-технологічні об'єкти являють собою складні ієрархічні системи з різними ступенями нестійкості та межами передбачуваності. В економічній системі горизонт прогнозування різко зменшився: якщо ще 15 років тому нормою у світі було 5-річне директивне або індикативне планування, то нині про це говорити не доводиться. У світі стає все більше пропозицій «швидких грошей» і все менше – «повільних». З іншого боку, сталий розвиток суспільства вимагає стратегічних цілей, що повільно змінюються. Тому необхідні нові інструменти, які дозволяють б аналізувати можливу динаміку «різно-часових систем» і на цій основі спрямовувати їх розвиток. Сьогодні при аналізі подібних систем на перший план виходить нелінійна динаміка [1], пов'язана з пошуком єдиних механізмів у нелінійних системах різної природи. Модель об'єкта, яким може бути як окрема галузь, так і сукупність галузей економіки, дозволяє аналізувати безліч потенційних шляхів розвитку об'єкта (або окремих характерних рис явища, що супроводжує розвиток об'єкта) і вибирати найраціональніший шлях його розвитку відповідно до цілей і завдань поставлених дослідником. Для пошуку таких

шляхів розвитку та побудови
моделей у складних

нелінійних системах використовується ряд
спеціальних математичних методів.

Основним математичним апаратом нелінійної динаміки, як правило, є нелінійні рівняння в частинних або у звичайних похідних. Тільки такі рівняння можуть демонструвати великий спектр різних режимів, на відміну від звичайних лінійних диференціальних рівнянь. Однак частина з цих рівнянь не має аналітичного рішення, яке є найбільш цінним для аналізу, тому використовуються численні числові алгоритми вирішення таких рівнянь і побудови фазових діаграм. Необхідність побудови фазових і біфуркаційних діаграм виходить з завдання аналізу довготермінової (глобальної) динаміки динамічної системи, а також виявлення локальних особливостей поведінки системи.

На даний час поряд з традиційними математичними способами побудови моделей систем розроблені сучасні методи, до яких належить апарат нейронних мереж.

Нейронні мережі. В роботах [2, 3] нейронні мережі дозволяють вирішувати завдання, з якими не можуть впоратися традиційні методи; вони здатні успішно вирішувати завдання, спираючись на неповну, зашумлену та спотворену інформацію. Нейронна мережа – це система, що складається з сукупності простих обчислювальних елементів (нейронів), певним чином пов'язаних між собою. Найпоширенішими є багатошарові мережі, в яких нейрони об'єднані в шари. Шар, у свою чергу, – це сукупність нейронів, до яких у кожен такт часу паралельно надходить інформація від інших нейронів мережі, тобто виходить нейронів з'єднуються зі входами інших нейронів. Так сигнал від одного елемента передається до інших. Після того, як визначено число шарів і число елементів у кожному з них, потрібно навчити мережу, тобто знайти значення для ваг і порогів мережі, які мінімізували б помилку прогнозу, який видає мережа. Для цього існують алгоритми навчання. Помилка для конкретної конфігурації мережі визначається шляхом прогону через мережу всіх наявних спостережень і порівняння значень, які видає мережа з бажаними (цільовими) значеннями. За своєю суттю процес навчання – це підгонка моделі, що реалізується мережею, до наявних навчальних даних.

Застосування нейронних мереж в економічному моделюванні та прогнозуванні дозволяє вирішувати наступні класи завдань:

- кластеризація/категоризація даних і пошук залежностей;
- прогнозування;
- оптимізація;
- знаходження оптимального керуючого впливу на систему.

Основними недоліками апарата нейронних мереж є:

- відсутність точної теорії за вибором структури нейронних мереж;
- практична неможливість вилучення набутих знань з навченої нейронної мережі.

Застосування нейромережових технологій і методів нечіткої логіки з урахуванням їх властивостей (навчання, абстрагування та узагальнення) дозволяє розробляти компактні гнучкі системи моделювання, прогнозування та керування, які з істотно меншими витратами дозволяють вирішувати практичні завдання.

Нейромережева апроксимація ряду динаміки. Розглянемо задачу апроксимації ряду динаміки, тобто побудови моделі за кінцевим набором точок. Ряд показаний на рис. 1.

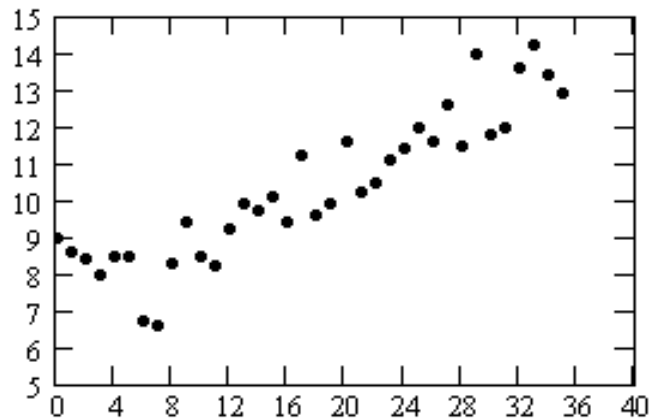


РИС. 1. Обсяг експорту товарів

Приступаючи до розробки нейромережевої моделі, як правило, стикаються з проблемою вибору структури нейронної мережі. Завдання апроксимації експериментальних даних можна вирішувати за допомогою мереж наступних типів: багатошарового перцептрона, мереж з радіально-базисними функціями, узагальнено-регресійних, лінійних мереж. Розглянемо розв'язок завдання апроксимації динамічного ряду з використанням нейронних мереж радіально-базисного типу та узагальнено-регресійного типу [4].

Радіально-базисна нейронна мережа має проміжний шар з радіальних елементів, кожний з яких відтворює гауссову поверхню відгуку

$$f(s) = \exp(-s^2 / \sigma^2),$$

де параметр σ визначає радіус впливу кожної базисної функції та швидкість прагнення до нуля при віддаленні від центру.

Оскільки ці функції нелінійні, то досить одного проміжного шару, необхідно лише підібрати потрібне число радіальних елементів. Залишається розв'язати питання про те, як слід скомбінувати виходи прихованих радіальних елементів, щоб отримати з них вихід мережі. Виявляється, що досить підібрати їх лінійну комбінацію (тобто зважену суму гауссових функцій). Радіально-базисна нейронна мережа має вихідний шар, що складається з елементів з лінійними функціями активації (рис. 2).

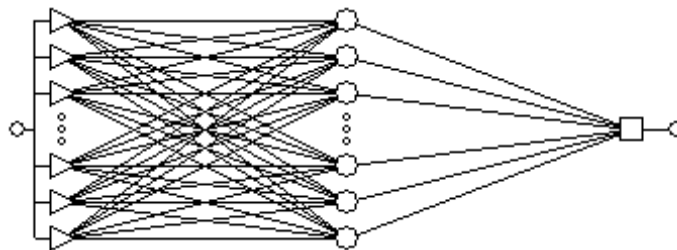


РИС. 2. Радіально-базисна нейронна мережа

Процес навчання радіально-базисних нейронних мереж включає дві стадії: процес налаштування центрів базисних функцій і навчання нейронів у схованому шарі.

Внаслідок моделювання радіальної базисної мережі для реальних даних отримана апроксимуюча функція, яка показана на рис. 3.

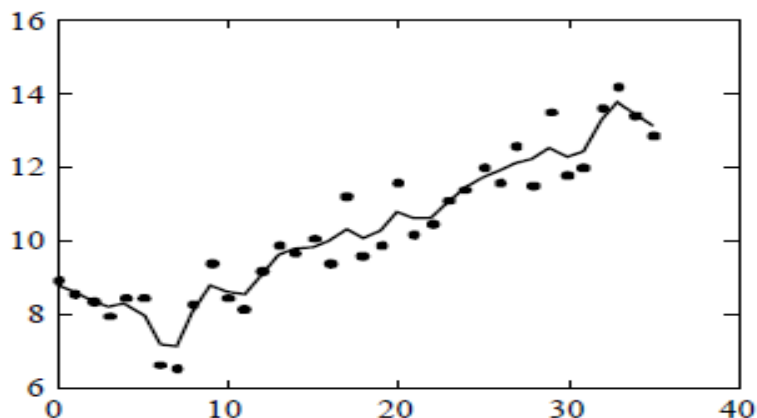


РИС. 3. Апроксимація радіально-базисною нейронною мережею

Узагальнено-регресійна нейронна мережа як перший проміжний шар має радіально-базисний шар, другий проміжний шар – лінійний (рис. 4). Узагальнено-регресійна нейронна мережа копіює всередину себе всі навчальні спостереження та використовує їх для оцінки відгуку в довільній точці. Остаточна вихідна оцінка мережі виходить як зважене середнє виходів за всіма навчальними спостереженнями, де величини ваг відображають відстань від цих спостережень до тієї точки, в якій проводиться оцінювання, і, таким чином, більш близькі точки вносять більший внесок в оцінку. Другий проміжний шар містить елементи, які допомагають оцінити зважене середнє. Для цього використовується спеціальна процедура. Кожен вихід має в цьому шарі свій елемент, що формує для нього зважену суму. Щоб отримати зі зваженої суми

зважене середнє, цю суму треба поділити на суму вагових коефіцієнтів. Останню суму обчислює спеціальний елемент другого шару. Після цього у вихідному шарі відбувається власне поділ (за допомогою спеціальних елементів «поділу»). Таким чином, число елементів у другому проміжному шарі на одиницю більше, ніж у вихідному шарі.

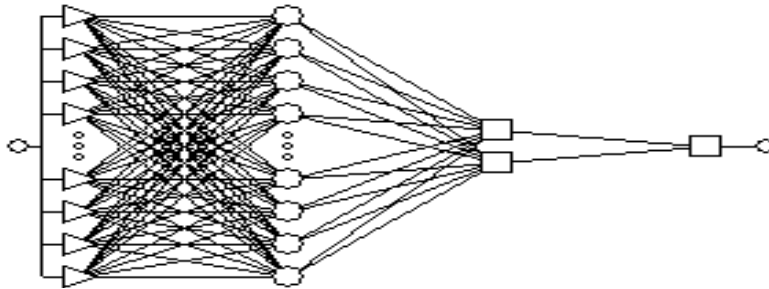


РИС. 4. Узагальнено-регресійна нейронна мережа

Процес навчання узагальнено-регресійної нейронної мережі аналогічний навчання радіально-базисної нейронної мережі. Спочатку налаштовуються центри базисних функцій, потім навчається вихідний шар. Узагальнено-регресійна мережа має єдиний керуючий параметр навчання, значення якого має вибиратися користувачем – ступінь згладжування.

Результати апроксимації даних із застосуванням узагальнено-регресійної нейронної мережі показано на рис. 5.

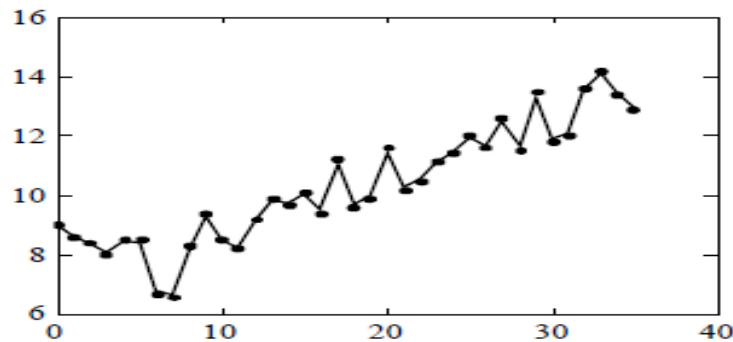


РИС. 5. Апроксимація за допомогою узагальнено-регресійної мережі

На графіках точками позначені вихідні дані, суцільною лінією – апроксимуюча функція.

Висновок. Підсумовуючи викладене, можна зробити висновок, що нейронні мережі не поступаються традиційному методу побудови трендових моделей із застосуванням рядів Фур'є [5]. Тому нейромережеві моделі можуть використовуватися для аналізу та прогнозування подальшої поведінки розглянутих процесів.

1. *Андронов А.А., Леонтович Е.А., Гордон И.И., Майер А.Г.* Качественная теория динамических систем второго порядка. – М.: Наука, 1966. – 240 с.
2. *Хайкин С.* Нейронные сети. – М.: Вильямс, 2006. – 1104 с.
3. *Мкртчян С.О.* Нейроны и нейронные сети. – М.: Энергия, 1971. – 231 с.
4. *Алберт А.* Регрессия, псевдоинверсия и рекуррентное оценивание. – М.: Наука, 1977. – 252 с.
5. *Толстов Г.П.* Ряды Фурье. – М.: Наука, 1980. – 381 с.

Одержано 22.01.2013

А.В. Галкин

НЕЙРОННЫЕ СЕТИ В ЭКОНОМИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ

Рассматривается аппроксимация динамических рядов с помощью радиально базисной и обобщенно регрессионной нейронных сетей.

O.V. Galkin

NEURAL NETWORKS IN ECONOMIC MODELING

In this paper we consider an approximation of the dynamic range using radial basis and generalized regression neural networks.

Про автора:

Галкін Олександр Володимирович,
доцент кафедри інформаційних систем, факультету кібернетики
Київського національного університету імені Тараса Шевченка.