ВИКОРИСТАННЯ БАЗОВОГО РОЗРІДЖЕННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ МОДЕЛІ

Охай П.Д. студентка ФПМ ДНУ, гр. ПА-16-2, Зайцев В.Г. к.ф.-м.н., доцент

Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара

Abstract. We develop a numerical method to reconstruct systems of ordinary differential equations (ODEs) from time series data without a priori knowledge of the underlying ODEs using sparse basis learning and sparse function reconstruction. We show that employing sparse representations provides more accurate ODE reconstruction compared to least-squares reconstruction techniques for a given amount of time series data. We test and validate the ODE reconstruction method on known 1D,2D, and 3D systems of ODEs. The 1D system possesses two stable fixed points; the 2D system possesses an oscillatory fixed point with closed orbits; and the 3D system displays chaotic dynamics on a strange attractor.

Ключові слова: ЗВИЧАЙНІ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНІ РІВНЯННЯ, БАЗОВЕ РОЗРІДЖЕННЕ НАВЧАННЯ, НЕДОСТАТНЬО ВИЗНАЧЕНІ СИСТЕМИ, ЧИСЛОВІ РЯДИ.

Моделі звичайних диференціальних рівнянь (ЗДР) широко використовуються у обчислювальній біології, медицині, дослідженні динаміки вірусів, різних технологічних процесах тощо. У більшості випадків дослідники будують спеціальну модель ЗДР з декількома параметрами, а потім розв'язки моделі порівнюють з експериментальними даними, для того щоб визначити відповідні діапазони зміни значень параметрів. Звичайно для побудови ЗДР використовують метод найменших квадратів (МНК).

У роботі розглянуто інший метод для побудови моделі системи у вигляді ЗДР, якій буде враховувати часовий ряд даних процесу. Цей метод має деякі переваги в тому, що йому не потрібно ніяких інших вхідних даних, крім даних часового ряду. Ідея методу розрідженого моделювання полягає у тому, що визначається базис для розрідженого представлення даних часового ряду, використовуючи розріджене упорядковане навчання. Далі знаходимо саме розріджене поширення у області, яка є сумісною з вимірюваними даними.

У більшості випадків реконструкції ЗДР число рядків, тобто число вимірювань m, менше, ніж число стовпців, що дорівнює кількості використовуваних базисних функцій n, що представлені сигналами f_i. Таким чином, в цілому, система рівнянь ЗДР недовизначена, якщо n> m. Відмітимо, що розріджене кодування ідеально підходить для вирішення недостатньо визначених систем, оскільки воно прагне ідентифікувати мінімум кількість базисних функцій для більш точного представлення сигналів f_i. Наведено деяка реалізація модельних прикладів, які дають можливість підтвердити вказані висновки. Наведені результати підкреслюють, що розрідженість уявлення забезпечує більш точні реконструкції системи ЗДР, ніж підходи МНК.

Висновок

Розглянуті та наведені приклади нової методології відновлення множин нелінійних ЗДР з даних часових рядів з використанням машиних методів навчання, що включають відновлення розріджених функцій і рідкісні основи навчання. Використовуючи тільки інформацію з системних траєкторій, дізналися базове розрідження, без апріорного знання основної функції в системі ЗДР, а потім реконструйовані системи ЗДР на цій основі.

Ключова особливість методу полягає в тому, що він спирається на розріджені уявлення системи ЗДР. Наведені результати підкреслюють, що розрідженість уявлення забезпечує більш точні реконструкції системи ЗДР, ніж підходи найменших квадратів.

Хоча такий підхід ще достеменно не вивчен і має недоліки, проте має потенціал.

Література

1. Manuel Mai, Mark D. Shattuck, and Corey S. O'Hern. Reconstruction of Ordinary Differential Equations From Time Series Data //arXiv:1605.05420v1 [physics.data-an] 18 May 2016.

2. E. N. Lorenz, \Deterministic nonperiodic ow," Journal of the Atmospheric Sciences 20 (1963) 130.

3. C. O. Weiss and J. Brock, \Evidence for Lorenz-type chaos in a laser," Physical Review Letters 57 (1986) 2804.

4. K. M. Cuomo, A. V. Oppenheim, and S. H. Strogatz, \Synchronization of Lorenz-based chaotic circuits with applications to communications," IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Analog and Digital Signal Pro-cessing 40 (1993) 626.
5. H. Aref, \The development of chaotic advection," Physics of Fluids 14 (2002) 1315.
6. M. E. Csete and J. C. Doyle, \Reverse engineering of biological complexity," Science 295 (2002) 1664.