

ЗАСТОСУВАННЯ РЕКУРЕНТНИХ ДІАГРАМ ДЛЯ КЛАСИФІКАЦІЇ ЧАСОВИХ РЯДІВ

Степаненко Ю. С.

Науковий керівник – Кіріченко Л. О.

Харківський національний університет радіоелектроніки
(61166, Харків, пр. Науки 14, каф. Прикладної математики,
тел. (057) 702-14-36),

e-mail: yuliia.stepanenko@nure.ua

Recurrence is a fundamental property of dynamical systems, which can be exploited to characterize the system's behavior in phase space. A powerful tool for their visualisation and analysis is the recurrence plot. Methods basing on recurrence plots have been proven to be very successful especially in analysing short, noisy and nonstationary data, as they are typical. This article describes a method of time series classification based on the construction of recurrence plots. The time series is converted to recurrence plots - a black and white image. Further, the convolutional neural network is used to classify the image. The results showed that the considered method has a high enough classification accuracy.

В основі складних систем лежать нелінійні процеси, вивчення яких необхідне для розуміння і моделювання систем. Більшість методів нелінійного аналізу вимагає або достатньо довгих, або стаціонарних рядів даних, які досить важко одержати з природи і техніки. Стан природних або штучних систем, як правило, змінюється в часі. Вивчення цих складних процесів дозволяє зрозуміти і описати їх суть, наприклад, для прогнозування стану на деякий час в майбутнє.

Технічним та природним процесам властива яскраво виражена рекурентна поведінка (повторюваність), така, як періодичність або циклічність. Більш того, рекурентність станів системи в значенні проходження подальшої траєкторії достатньо близько до попередньої, є фундаментальною властивістю дисипативних динамічних систем.

Метою представленої роботи є проведення порівняльної класифікації часових рядів на основі візуалізації рекурентних діаграм.

Рекурентний аналіз є одним з методів нелінійної динаміки, які використовуються для аналізу часових рядів, і використовується для виявлення неочевидних залежностей в динаміці ряду. Рекурентний аналіз часових реалізацій базується на фундаментальних властивостях дисипативних динамічних систем. В зальному випадку рекурентна діаграма є проекцією фазової траєкторії $\vec{x}(t)$ в момент часу $t=i$, для $i = 1, \dots, N$. Тоді рекурентна діаграма RP є масивом точок, де ненульовий елемент з координатами (i, j) відповідає випадку, коли відстань між точками x_j та x_i менша за ε , де ε – розмір околу точки x_i ,

Довільно обрана рекурентна точка не містить корисної інформації про стан в часі i і j , тільки вся сукупність рекурентних точок дозволяє відновити властивості системи. Зовнішній вигляд рекурентної діаграми дозволяє отримати уявлення про характер процесів, які відбуваються в системі, існування і вплив шуму, станів повторення і стабільності, про здійснення в ході еволюції системи різких змін стану.

Одним з важливих етапів побудови рекурентної діаграми є вибір метрики відстані. Найбільш популярною є евклідова метрика, де форма околу являє собою коло радіуса ε , і максимальна норма, де форма околу є квадрат зі стороною ε . Можемо зазначити що для однорідних часових рядів підійде евклідова норма, а в разі не однорідних рядів - максимальна норма, для якої окіл має велику площу, є більш придатною.

Існує кілька підходів до класифікації часових рядів, більшість з яких засновані на розрахунку різних метрик між часовими рядами. В останні декілька років з'явився ряд досліджень, в яких для класифікації часових рядів використовується метод рекурентних діаграм. Метод рекурентних діаграм широко використовується для аналізу стохастичних часових рядів різної природи. З розвитком методів машинного навчання рекурентні характеристики, розраховані по часових рядах, стали використовуватися в якості ознак для задач класифікації.

Одним з підходів до застосування рекурентних методів для класифікації є розпізнавання часових рядів безпосередньо із зображень рекурентних діаграм. Зараз найкращим інструментом для розпізнавання і класифікації зображень є нейронні мережі. В якості класифікатора зображень, в які перетворюються часові ряди, застосовано рекурентну нейронну мережу. В роботі представлено дослідження точності класифікації часових рядів різних типів в залежності від параметрів рекурентних діаграм: розміру околу ε , вибраної метрики та розмірності фазового простору.

Список використаних джерел:

1. Marwan, M. Romano, M. Thiel, and J. Kurths, «Recurrence plots for the analysis of complex system.» Physics Reports, vol. 438, no. 5-6, pp. 237-329, 2007.
2. Kirichenko L.O., Kobitskaya Y., and Habacheva A. «Comparative Analysis of the Complexity of Chaotic and Stochastic Time Series.» Radioelectronics. Informatics. Management, no. 2(31), pp. 126-134, 2014.