

МУЛЬТИАГЕНТНЕ СЕРЕДОВИЩЕ ВІДНОВЛЕННЯ ФРАКТАЛЬНИХ ЧАСОВИХ РЯДІВ

Жадан А.А., Шинкаренко В.І.

Український державний університет науки і технологій, Україна

Анотація. Раніше авторами розроблена конструктивно-продукційна модель фрактальних часових рядів. На її основі – програмний додаток з моделювання детермінованих та стохастичних фрактальних часових рядів та однопотокова програма з їх відновлення. Виявлені недоліки, а саме досить низька часова ефективність та складність масштабування процесу відновлення призвели до необхідності докорінним чином змінити архітектуру системи. У цій роботі представлені основні зміни: запровадження агентно-орієнтованого підходу до архітектури та змінена фітнес функція хромосом генетичного алгоритму, яка враховує розбіжність декількох модельних і відновлених часових рядів. Останнє дозволило в деякій мірі нівелювати стохастичність часових рядів.

Ключові слова. фрактал, часовий ряд, конструктивно-продукційне моделювання, агенти, відновлення часового ряду

Вступ. Часові ряди є поширеним засобом моделювання складних процесів та системи. Така модель може бути використана для розв’язання задач аналізу та прогнозування поведінки системи [1]. При наявності самоподібності процес прогнозування будується на основі виявлених фрактальних властивостей часового ряду [2].

На основі методу конструктивно-продукційного моделювання [3] з використанням L-систем [4] були визначені процеси моделювання детермінованих та стохастичних часових рядів на основі конструктивної моделі [5]. При подальших дослідженнях також був визначений підхід для реалізації оберненого процесу – відновлення конструктивної моделі для заданого модельного детермінованого часового ряду на основі генетичного алгоритму [6].

Раніше був розроблений програмний додаток, на основі якого проведені дослідження з використанням рядів різної складності [7]. При аналізі отриманих результатів були визначені основні недоліки програмної реалізації – досить низька часова ефективність та складність масштабування процесу

відновлення. Сам алгоритм процесу відновлення також потребував подальших модифікацій для охоплення й стохастичних модельних часових рядів.

Основна частина. Вирішення проблем прикладного рівня полягало у глобальному перегляді архітектури програмного додатку та відмови від монолітної архітектури з однопотоковим виконанням програми. Для покращення показника часової ефективності процес відновлення був явним чином розподілений на кілька потоків. Для реалізації можливості легкого масштабування кожен з потоків був представлений окремою сутністю-агентом, котрий відповідає за свою популяцію. Таким чином нова реалізація програмного додатку представляє мультиагентне середовище, у якому процес відновлення інкапсульований у окремому робочому агенті, а процес масштабування виконується шляхом впровадження нових робочих агентів у середовище.

Для впровадження зв'язку між окремими робочими агентами та впровадження контролю була розроблена структура обчислювального кластеру. Загалом були визначені наступні типи агентів, окрім робочого: агент взаємодії з користувачем, кластерний агент та міграційний агент (табл. 1).

Для взаємодії агентів було обрано асинхронний підхід повідомлень. Інструментом для реалізації підходу обрано технологію Rabbit Message Queue (RabbitMQ) [8] (рис. 1).

Агенти системи

Тип агента	Сфера відповідальності	Сфера знань
Робочий агент	Виконує процес відновлення, щоб знайти конструктивну модель часового ряду	Конфігурація, специфікація завдання
Міграційний агент	Керує процесом міграції хромосом між генофондом, вибираючи необхідні набори на основі визначених правил	Буфер генофонду, поточний стан обчислень для кожного агента
Кластерний агент	Веде облік наявних агентів у системі, ініціює команди обчислювального процесу	Інформація про агентів, конфігурації робочих агентів, специфікація завдання
Агент взаємодії з користувачем	Прийом і перевірка команд користувача з подальшим делегуванням агенту кластера	Інформація про користувача, інформація про агента кластера.

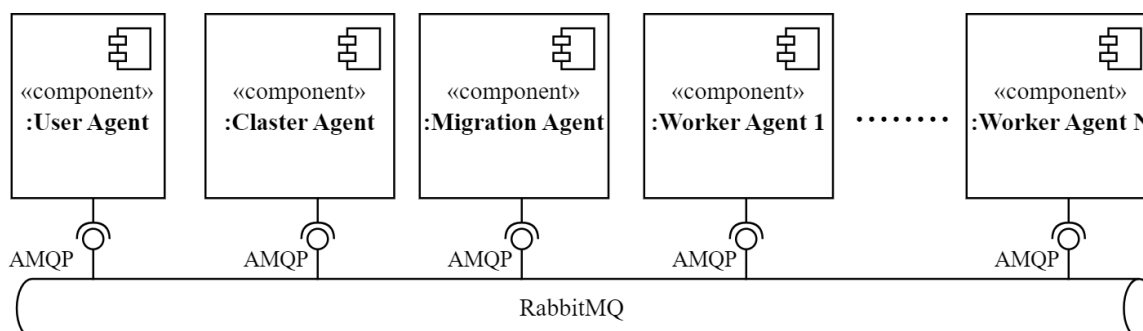


Рисунок 1 – Високорівнева архітектура програмного рішення

Для адаптації роботи процесу відновлення моделі стохастичних рядів були впроваджені наступні зміни. До структури хромосоми був доданий параметр дисперсії. Для покриття стохастичної природи часового ряду була змінена фітнес функція. Під час розрахунку на основі параметрів хромосоми генерується N часових рядів. Завдяки своїй стохастичній природі вхідний ряд може мати нескінченну кількість різних форм, які залежать від конструктивної моделі. На підставі цього твердження було вирішено включити у вхідні параметри M модельних рядів з однаковою довжиною та параметрами конструктивної моделі.

Під час обчислення фітнес функції кожний з N згенерованих рядів в межах тієї самої хромосоми буде зіставлений з кожним із M вхідних. Результатом обчислення фітнес функції $q(X_n)$ хромосоми X_n є:

$$q(X_n) = \mathop{\mathbf{a}}\limits_{i=0}^N \min \mathop{\mathbf{a}}\limits_{j=1..M}^K (TS_{j,k}^{IN} - TS_{i,k}^{GEN})^2 \quad (1)$$

де K – визначена довжина часового ряду,

$TS_{j,k}^{IN}, TS_{i,k}^{GEN}$ – значення k -ої точки у j -му вхідному та i -тому відновлюваному часових рядах відповідно.

Висновок. Такий підхід покриває стохастичну природу часових рядів і підвищує точність і керованість процесу реконструкції. Єдиним недоліком такого підходу є велика кількість операцій порівняння рядів, що дорівнює $N \times M$ і призводить до погіршення часової ефективності. Щоб пом'якшити вплив, було прийнято рішення зменшити кількість хромосом у популяції, щоб обмежити кількість розрахунків.

ЛІТЕРАТУРА / REFERENCE

1. Weigend A. S. Time series prediction: forecasting the future and understanding the past, Routledge. – 2018, 664 p.
2. Bulakh V., Kirichenko L. Radivilova, T. Time series classification based on fractal properties, IEEE Second International Conference on Data Stream Mining and Processing (DSMP), IEEE. – 2018, pp. 198-201. doi:10.1109/DSMP.2018.8478532
3. Shynkarenko V.I., Ilman V.M. Constructive-Synthesizing Structures and Their Grammatical Interpretations. ; Part I. Generalized Formal Constructive-Synthesizing Structure. Cybernetics and Systems Analysis, vol. 50(5), 2014, pp. 665 – 662. doi: 10.1007/s10559-014-9655-z; Part II. Refining Transformations. Cybernetics and Systems Analysis, 50(6), 2014, 829 – 841. 10.1007/s10559-014-9674-9
4. Prusinkiewicz P., Lindenmayer A., The algorithmic beauty of plants. Springer Science & Business Media. – 2004, 228 p.
5. Shynkarenko V., Lytvynenko K., Chyhir R., Nikitina I. Modeling of Lightning Flashes in Thunderstorm Front by Constructive Production of Fractal Time Series. In: Advances in Intelligent Systems and Computing IV, vol. 1080, Springer, 2020, pp. 173-185. doi: 10.1007/978-3-030-33695-0_13
6. Shynkarenko V., Zhadan A. Modeling of the Deterministic Fractal Time Series by One Rule Constructors, 2020 IEEE 15th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT), Zbarazh, Ukraine, 2020, pp. 336-339, doi: 10.1109/CSIT49958.2020.9321923.
7. Shynkarenko V., Zhadan A. Constructive-synthesizing modeling of the deterministic fractal time series, 2023 International scientific and technical conference Information

Technologies in Metallurgy and Machine building (ITMM), Dnipro, Ukraine, pp. 222-226, doi: 10.34185/1991-7848.itmm.2023.01.060.

8. RabbitMQ is the most widely deployed open source message broker. RabbitMQ official website. <https://rabbitmq.com/> (accessed March. 31, 2024).

A MULTI-AGENT ENVIRONMENT FOR FRACTAL TIME SERIES RECONSTRUCTION

Artem Zhadan, Viktor Shynkarenko

Abstract. *Earlier, a constructive--synthesizing model of a fractal time series was developed by authors. A software application for modeling deterministic and stochastic fractal time series and a single-threaded program for their recovery based on this model was developed. The identified shortcomings, namely rather low time efficiency and the difficulty of scaling the restoration process, led to the need to radically change the system architecture. This work presents the main changes: introduction of the agent-oriented architecture approach and changed fitness function of genetic algorithm chromosomes, which takes into account the discrepancy of several model and reconstructed time series. The last one made it possible to level the stochasticity of time series to some extent*

Keywords: *fractal, time series, constructive--synthesizing model, agents, reconstruction*