Ці приклади демонструють, як екстраполяція може бути використана в різних сферах, від бізнесу до воєнних дій, для прогнозування та планування на основі наявних даних і тенденцій.

Список використаних джерел

1. Smith, J., Johnson, A. (2018). Introduction to Extrapolation Techniques. *Journal of Mathematical Modeling, 15*(2), 45–56.
2. Brown, R., Wilson, K. (2020). Applications of Extrapolation in Engineering Design. *Proceedings of the International Conference on Computational Methods*, 112–125.
3. Lee, S., Park, H. (2019). Utilizing Maple for Extrapolation Analysis: A Case Study in Financial Forecasting. *Maple Applications in Industry, 8*(4), 332–345.
4. Garcia, M., Martinez, P. (2017). Statistical Methods for Extrapolation: A Comprehensive Guide. Springer.
5. Chen, L., Wang, Q. (2022). Advanced Techniques in Extrapolation: Insights from Maple Simulations. *IEEE Transactions on Computational Modeling, 25*(3), 78–89.

УДК 004.94

Комар О. О., *здобувач вищої освіти,*
Ніколюк П. К., *д-р фіз.-мат. наук, професор, професор кафедри інформаційних технологій*

ПЕРСПЕКТИВИ СТВОРЕННЯ МОДЕЛЕЙ З ВИКОРИСТАННЯМ КЛІТИННИХ АВТОМАТІВ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

У сучасному світі, коли складні системи та явища ставлять все нові виклики, зростає потреба в ефективних методах їх дослідження та моделювання. Одним із таких методів є метод клітинних автоматів (КА), який завдяки своїй простоті, універсальності та гнучкості може бути застосований у найрізноманітніших галузях науки.

Клітинні автомати вже давно зарекомендували себе як потужний інструмент для моделювання динамічних систем. Їх успішно використовують у сферах:

- фізики (моделювання фазових переходів, турбулентності, росту кристалів, поведінки газів і рідин);
- біології (моделювання еволюції, поширення хвороб, росту тканин, поведінки популяцій);
- економіки (моделювання динаміки ринків, поширення інновацій, поведінки економічних агентів);
- соціальних наук (моделювання поширення інформації, поведінки людей, розвитку міст, еволюції соціальних систем);
- інженерії (моделювання транспортних потоків, роботи роботів, поширення забруднень, поведінки складних систем);

Дослідження та створення моделей з використанням КА є перспективним напрямом. КА мають просту концепцію, що робить їх доступними для досліднпків з різних галузей, і можуть бути використані для моделювання широкого спектру явищ.

Загалом КА – це впорядкований набір комірок. У загальному випадку розглядається n-вимірна решітка. Проте на практиці найчастіше для дослідження використовуються клітинні автомати малої розмірності з одно- або двовимірними решітками.

Структура просторової решітки залежить від форми комірок, з яких вона складається. Наприклад, у двовимірному випадку можна розглядати комірки трикутної, квадратної або шестикутної форм. Найбільшої популярності набули клітинні автомати, в яких клітки є квадратними, а решітка прямокутна.

Кожна комірка пам'яті клітинного автомата може зберігати одне значення із деякої скінченної множини значень. Час для клітинного автомата є дискретним (змінюється дискретними кроками – тактами) [1]. Зміна значень усіх комірок решітки відбувається синхронно і одночасно відповідно до правил переходу, за якими визначається нове значення кожної комірки як функція від поточних значень сусідніх комірок.

Класичні клітинні автомати характеризуються такими властивостями:

- *паралельність обчислень.* Класичний КА – це дискретна динамічна система з паралельним обчисленням значень комірок пам'яті;
- *властивість локальності.* Значення кожної комірки пам'яті на наступному такті роботи КА залежить від поточних значень комірок у деякому її околі (і, можливо, від значення власне у самій комірці);
- *властивість однорідності.* Правила переходу є однаковими для всіх комірок клітинного автомата.

Найбільш відомою інтерпретацією КА є «Гра життя», розроблена математиком Джоном Конвеєм [2]. Гра реалізується на площині, що складається з квадратних комірок. Кожна комірка має вісім сусідів (включно з тими, з якими вона стикається куточками). Кожна комірка може знаходиться у двох станах: «живому» (зайнятому, зазвичай показують чорним кольором) і «мертвому» (вільному, білому). Для запуску гри треба створити початкову конфігурацію («перше покоління»). Кожне наступне покоління визначається попереднім з урахуванням двох правил:

– «мертва» клітина, що має трьох «живих» сусідів, стає «живою»;

– «жива» клітина, що має менше двох або більше трьох «живих» сусідів, стає «мертвою».

Обчислювати наступні покоління є сенс, поки на полі залишаються «живі» клітини або поки система не входить у цикл, повторюючи один зі своїх попередніх станів. Вказаних правил достатньо для породження безлічі патернів, які демонструють складну поведінку. Багато конструкцій із клітин швидко деградують. Деякі виявляються стійкими. Існують «планери» («gliders») – патерни, здатні циклічно змінювати свою конфігурацію, необмежено переміщаючись по площині [3].

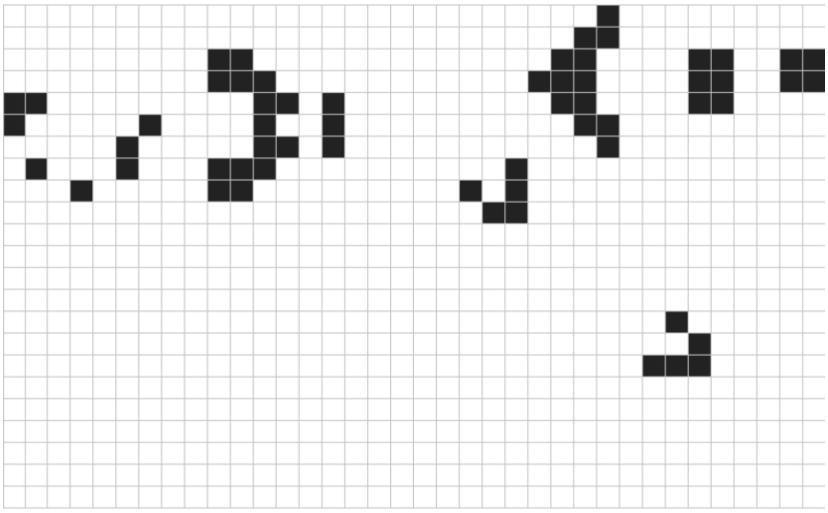

Рис. 1. Клітинний автомат – «Гра життя»

Під час створення моделей з використанням КА важливо враховувати низку ключових аспектів. По-перше, необхідно чітко визначити початкові умови системи, як-от розмірність клітинного поля, стан кожної клітини на початку моделювання та правила їх взаємодії. Далі необхідно обрати відповідний тип автомата залежно від характеру модельованої системи: одновимірний, двовимірний або багатовимірний. Під час розробки правил взаємодії між клітинами треба враховувати їх околицю, адаптувати правила до конкретності системи та цілей моделювання. До того ж важливо враховувати вплив параметрів моделі, як-от швидкість поширення інформації, ймовірність переходу між станами клітини та інші внутрішні параметри системи.

Щодо перспектив розвитку такого моделювання варто зазначити кілька ключових напрямів. Насамперед поєднання КА з іншими методами моделювання, якот штучні нейронні мережі, може сприяти створенню більш складних та реалістичних моделей. Також важливим є розвиток адаптивних клітинних автоматів, які здатні самостійно змінювати свої правила залежно від змін у середовищі. Додатково, вивчення властивостей самоорганізації та емерджентності в системах на основі КА відкриває шлях до більш глибокого розуміння природних та соціальних процесів.

З урахуванням цих перспектив моделювання за допомогою КА відкриває широкі можливості для досліджень у різних галузях, від біології до комп'ютерних наук, сприяючи розвитку нових підходів та висновків у науковому дослідженні.

Підсумовуючи, визначимо, що КА – це потужний інструмент для моделювання складних систем та явищ. Моделювання за допомогою КА відкриває широкі можливості для досліджень у різних галузях – від біології до комп'ютерних наук. Цей метод може допомогти краще зрозуміти складні системи та явища, а також розробити нові підходи до їх дослідження й управління.

Список використаних джерел

1. Черепина Є. О. Моделювання складних процесів за допомогою клітинних автоматів: текстова частина до курсової роботи за спеціальністю «Інженерія програмного забезпечення» № 121. Київ, 2021. 14 с.

2. Ніколюк П. К. Моделювання систем: навчальний посібник для здобувачів вищої освіти спеціальності 122 Комп'ютерні науки: навч. посіб. Вінниця: ДонНУ імені Василя Стуса, 2023. 41 с.

3. Шабанов Д. А. Моделі на основі клітинних автоматів: онлайн-підручник за курсом «Сотворіння світів: імітаційне моделювання надорганізмових систем в електронних таблицях та R». Розділ 9. URL: https://batrachos.com/Simulation_Cell_Automates

УДК 519.651

Маруняк А. О., *здобувач 2 курсу*
спеціальності 122 Комп'ютерні науки,
науковий керівник:
Сеник І. О., *асистент кафедри*
інформаційних технологій

АПРОКСИМАЦІЯ ФУНКЦІЙ. МЕТОД НАЙМЕНШИХ КВАДРАТІВ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

Вступ. Апроксимація функцій є важливою задачею в математичному аналізі та чисельних методах. Це дає нам змогу знаходити наближені значення функцій, що є особливо корисним у випадках, коли точне аналітичне представлення складне або неможливе. Метод найменших квадратів (МНК) є одним із найпопулярніших методів для апроксимації даних [1]. Його застосування варіюється від статистичного аналізу до інженерії та фізики.

Виклад основного матеріалу. Метод найменших квадратів полягає у знаходженні такої функції, яка мінімізує суму квадратів відхилень між експериментальними даними та значеннями апроксимуючої функції. Формально, якщо у нас є набір точок (x_i, y_i), де $i = 1,2,\dots,n$, то ми хочемо знайти функцію $f(x)$, яка мінімізує вираз:

$$S = \sum_{i=1}^{n} (y_i - f(x_i))^2.$$

Зазвичай у якості $f(x)$ вибирають лінійну функцію $f(x) = a_0 + a_1 x$ або поліном вищого степеня [2].

Найпростішим випадком є лінійна регресія, де функція має вигляд $f(x) = a + bx$. Для знаходження коефіцієнтів a і b використовують систему рівнянь:

$$\frac{\partial S}{\partial a} = -2\sum_{i=1}^{n} (y_i - a - bx_i) = 0;$$

$$\frac{\partial S}{\partial b} = -2\sum_{i=1}^{n} x_i(y_i - a - bx_i) = 0.$$

Розв'язуючи цю систему, отримуємо значення коефіцієнтів:

$$a = \frac{\sum y_i \sum x_i^2 - \sum x_i \sum (x_i y_i)}{n\sum x_i^2 - \sum (x_i)^2};$$