

УДК 651.3:518.5

Л.О. Гуменюк, П.О. Гуменюк, В.В. Лотиш
Луцький національний технічний університет

ЗАСТОСУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ РІШЕННІ ПРИКЛАДНИХ ЗАДАЧ

Л.О.Гуменюк, П.О. Гуменюк, В.В. Лотиш. Застосування комп'ютерного моделювання при рішенні прикладних задач. В роботі приведено огляд властивостей та сфер застосування комп'ютерного моделювання. Наведені приклади використання комп'ютерного моделювання у різних галузях науки та промисловості.

Ключові слова: комп'ютерне моделювання, кліткові автомати, теорія фракталів.

L.Gumeniuk, P.Gumeniuk, V.Lotysh. The use of computer modeling in solving the applied tasks. In this paper is given an overview of the properties and applications of computer simulation. Presented the examples of the use of computer simulation in different fields of science and industry.

Keywords: computer simulation, cell machines, theory of fractals.

Л.А.Гуменюк, П.А.Гуменюк, В.В.Лотыш. Применение компьютерного моделирования при решении прикладных задач. В работе приведен обзор свойств и областей применения компьютерного моделирования. Приведены примеры использования компьютерного моделирования в различных областях науки и промышленности.

Ключевые слова: компьютерное моделирование, клеточные автоматы, теория фракталов.

Моделювання представляє собою один з основних методів пізнання, є формою відображення дійсності і полягає в дослідженні властивостей реальних об'єктів, процесів, явищ або з допомогою абстрактного опису у вигляді планів, зображень, рівнянь, алгоритмів, програм [1].

Суть комп'ютерного моделювання полягає в отриманні якісних і кількісних результатів по наявній моделі. Якісні висновки, отримані по результатах аналізу, дозволяють виявити невідомі раніше властивості складної системи: її структуру, динаміку розвитку та ін. Кількісні висновки можуть носити характер прогнозу деяких майбутніх або пояснення минулих значень змінних, що характеризують систему.

Для вивчення будь-якого явища необхідно створити умови його існування, що не завжди можливо. Застосування комп'ютерів дозволило проводити експерименти шляхом їх моделювання. Зокрема, один з засновників наукового напрямку лабораторії Hewlett-Packard зазначає, що без комп'ютерного моделювання неможливим було б створення струменевого принтера [2]. Спочатку створювалось програмне забезпечення, що моделювало поведінку найдрібніших краплинок чорнила. Необхідно було з'ясувати, що відбувається, коли рідина виприскується із сопла в повітря, та які сили діють на краплинки при їхньому дотику до паперу. Цілий тиждень комп'ютер бився над задачею, поки не вияснив, що відбувається з краплею на протязі перших вирішальних 100 мілісекунд. І лише після того, як на основі цих розрахунків було визначено оптимальну форму сопла і патрона з чорнилами, техніки змогли сконструювати пробний зразок. Для створення потрібного програмного забезпечення розробникам необхідно було врахувати все, що знала сучасна фізика про поведінку рідин. Зате результат комп'ютерного моделювання вразив навіть розробників програми. До того дня жоден вчений не знав, як крапелька чорнил набуває своєї форми.

Програмне забезпечення, розроблене на початку 80-х років для моделювання поведінки рідин стимулювало розробку подібних програм для інших областей науки. На комп'ютері можна довільним чином комбінувати вхідні параметри і отримати результат, наприклад, хімічний склад матеріалу, набагато швидше, ніж в лабораторних умовах.

Комп'ютерне моделювання дозволило зробити захоплюючі відкриття зокрема в галузі астрофізики. Так, в результаті досліджень в інституті Макса Планка в Штуттгарті було розроблено модель, згідно з якою під дією екстремально високих тисків та температур атоми, що містяться в молекулі води вступають в абсолютно нові сполуки, в результаті чого звичайна вода перетворюється в метал з магнітними властивостями [2]. Саме цим вчені – астрофізики пояснюють значення магнітного поля планети Нептун.

В інституті Альберта Ейнштейна в Потсдамі вчені змоделювали космічну катастрофу – зіткнення нейтронних зірок. Дві зірки притягнулись одна до одної та злились в одну, як показано на ілюстраціях (рис.1). Це викликало виникнення в космосі потужних гравітаційних хвиль, що

поширюються зі швидкістю світла. Їх моделювання дозволяє вченим прогнозувати параметри майбутніх змін. Отримані результати дозволили вченим ще на один крок підійти до розуміння нашого Всесвіту.

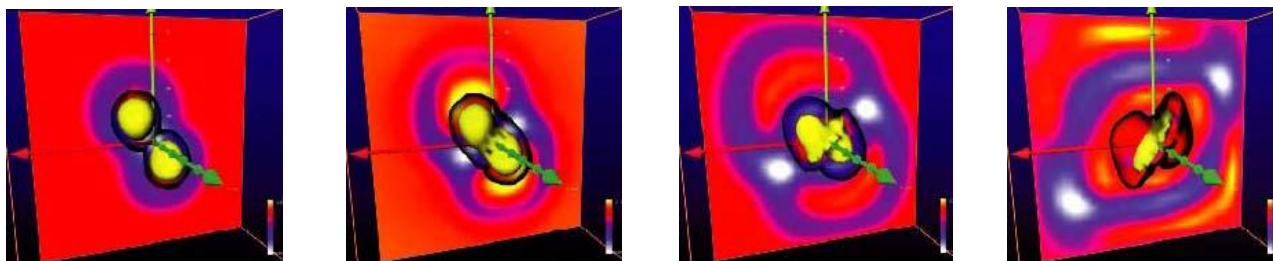


Рис.1. Модель зіткнення нейтронних зірок.

Подібним чином ведуться і біологічні дослідження. На сьогодні з допомогою моделювання широко вивчаються можливості боротьби з ВІЛ-вірусом. Успішне завершення цього проекту дасть можливість позбавити людство від СНІДу.

Прагнення вчених, підтримане потужним розвитком комп'ютерної техніки, має більший вплив на наші будні, ніж це може здатись. У фармації завдяки моделюванню вчені досліджують вплив медикаментів на організм людини; в автомобілебудуванні конструюють нові типи автомобілів та моделюють аварійні ситуації; в хімічній промисловості моделюють нові синтетичні матеріали та досліджують їх властивості; в архітектурі розробляють проекти споруд та макрорайонів; у медицині виконують діагностику хвороб; в авіації моделюються характеристики конструкцій та умов польотів; моделюються кліматичні умови для прогнозів погоди; і навіть віртуальні покази мод та розробка одягу завдячують комп'ютерному моделюванню (рис.2).

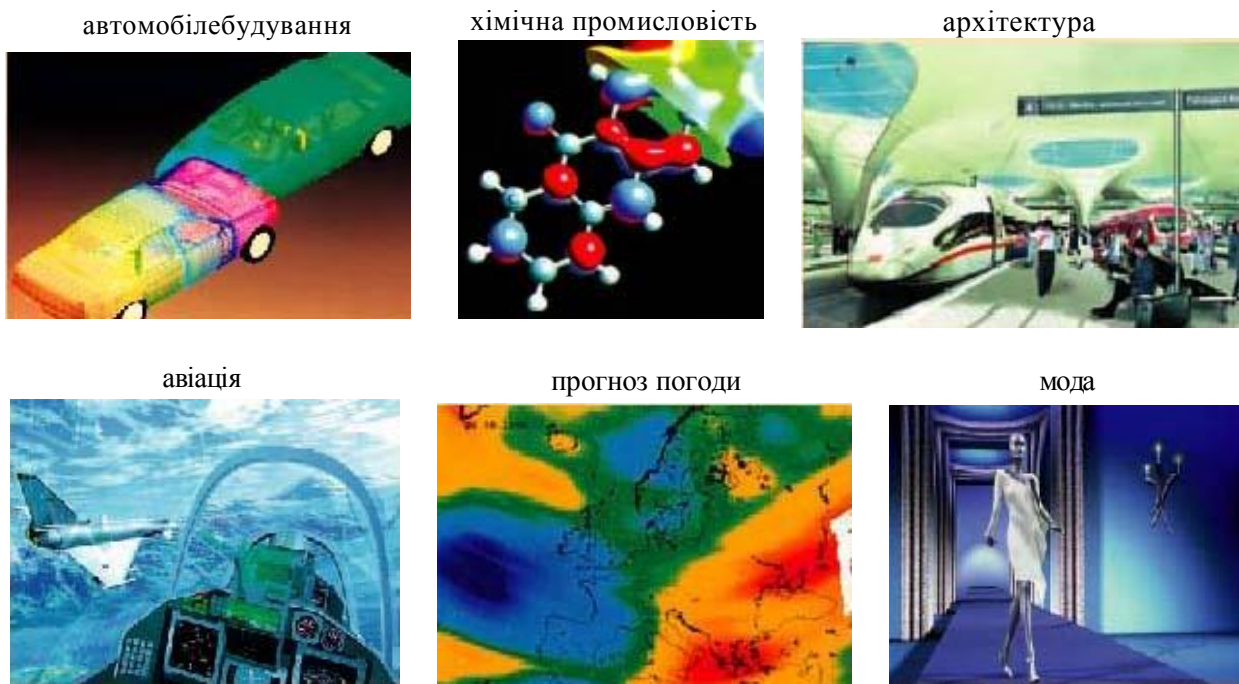


Рис. 2. Приклади використання комп'ютерного моделювання у різних галузях людської діяльності.

Багато складних фізичних явищ моделюється в рамках уявлень про еволюцію систем, відомих як кліткові автомати. Наприклад, як молекули води "знають", як створювати складні симетричні сніжинки? Ніякий "архітектор" не керує будівництвом і молекули не несуть інформації про цю кристалічну структуру. Весь візерунок виникає в результаті взаємодії множини однакових часточок. Кожна молекула реагує на вплив тільки найближчих сусідів, але розміщення у певному порядку зберігається по всій структурі, що містить приблизно 10^{20} молекул.

Обчислювальну модель росту сніжинки можна представити клітковим автоматом – однорідною системою абсолютно однакових кліток, кожна з яких може знаходитись у різних станах та взаємодіяти з найближчими сусідами по певних правилах. Ці клітки та набір правил задають еволюцію автомата.

Вхідними даними для створення моделі певного явища чи процесу за допомогою кліткового автомату є схема структури кліток; тип околу кожної окремої клітки; набір станів, у яких може знаходитись кожна клітка; правила, що визначають закономірності зміни стану.

Перші дослідження по цій тематиці були проведені на початку 50-х років фон Нейманом [3]. Початкова мета фон Неймана полягала у створенні системи, здатної відтворювати саму себе як живий організм. Фон Нейман розглядав у двомірній прямокутній схемі чотири найближчих сусіда кожної клітки: на півночі, півдні, заході, сході (рис.3,а). Цей окіл кліток тепер називають околom фон Неймана. У двомірній постановці задачі крім вказаних кліток окіл може містити також клітки, що знаходяться по діагоналі від вихідної (рис.3,б). Подібний окіл називається околom Мура.

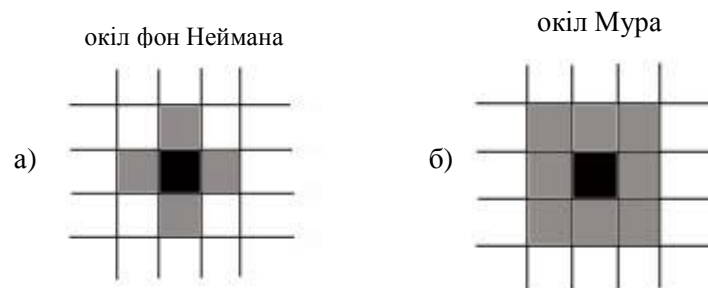


Рис. 3. Система кліток згідно з фон Нейманом (а) та Муром (б).

Важливим фактором при побудові кліткового автомату є кількість станів, у яких може знаходитись клітка. Фон Нейман побудував систему з кліток, що можуть знаходитись у 29 станах, проте величезний діапазон змін спостерігається навіть у автоматах, де клітини представлені двома можливими станами – 1 і 0 (включено-виключено, живий-мертвий).

Найвідоміший клітковий автомат – це гра “Життя”: клітки народжуються, живуть та помирають залежно від локальної щільності популяції. Згідно з правилами гри, якщо центральна клітка жива, то вона буде продовжувати жити в наступному поколінні, коли 2 або 3 клітки з її околу живі. Якщо знайдуться 3 живі клітки в розглядуваному околi, то центральна клітка житиме у наступному поколінні незалежно від її нинішнього стану. У всіх інших випадках центральна клітка або помирає, або залишається мертвою.

Краса гри “Життя” полягає в її непередбачуваності. Деякі схеми повністю помирають, інші утворюють стійкі конфігурації або циклічні конфігурації з періодом у декілька поколінь.

Як видно з назви, гра має біологічний аспект. Проте розроблені кліткові автомати, які розглядають важливі моделі фізичних систем – від сніжинок до феромагнетиків і Галактик. Інтригуючим є той факт, що кліткові автомати можуть розглядатись як “числовий всесвіт”, що сам по собі достойний досліджень.

Професійні математики прийшли до клітинкових автоматів, розглядаючи ітераційні перетворення просторово розподілених структур з дискретним набором станів [4]. Були отримані рішення важливих теоретичних задач в цій області, наприклад, питання оберненості. В групі комп'ютерної логіки університету штату Мічиган Джон Холланд застосовував клітинкові автомати для рішення задач адаптації та оптимізації [5].

На сьогоднішній день клітинкові автомати використовуються для моделювання систем, для яких суттєвою є просторова взаємодія між елементами системи. Вони застосовуються для вивчення загальних аспектів навколишнього середовища, включаючи комунікації, конструювання, ріст, репродукцію, конкуренцію та еволюцію.

Клітинкові автомати є корисними дискретними моделями гідродинамічних та газодинамічних течій [6]. Прості клітинкові автомати можуть моделювати процеси горіння різного характеру. На сьогодні теорія клітинкових автоматів продуктивно застосовується в питаннях, пов'язаних з самовідновлюванням електронних ланцюгів.

Знайшли своє місце клітинкові автомати і в моделюванні процесів у біології, економіці, соціології і т.п. З допомогою клітинкових автоматів успішно вирішуються задачі моделювання течій з вільною границею, розповсюдження теплових потоків, росту дендридів, опису руху натовпу [7-11].

Надзвичайні можливості відкриваються перед дослідниками фракталів. Це ще одна галузь комп'ютерного моделювання, результати якої настільки красиві, що з однаковим успіхом можуть бути як математичним підручником, так і прикрасою журнального стола. В теорії фракталів використовується множина Мандельброта – мешканець комплексної площини. Кожна точка комплексної площини представлена числом, що містить дійсну та уявну частини, які можна вважати координатами точки. Комплексні числа можна додавати і множити, отримуючи при цьому нові значення комплексних чисел. Множина Мандельброта має важливий зв'язок з властивостями стійкості та хаосу в динамічних системах. Якщо почати послідовно обчислювати значення деяких сум комплексних чисел, враховуючи значення, отримані на попередньому кроці, то отримана послідовність утворить фантастичний візерунок на комплексній площині (рис.4).

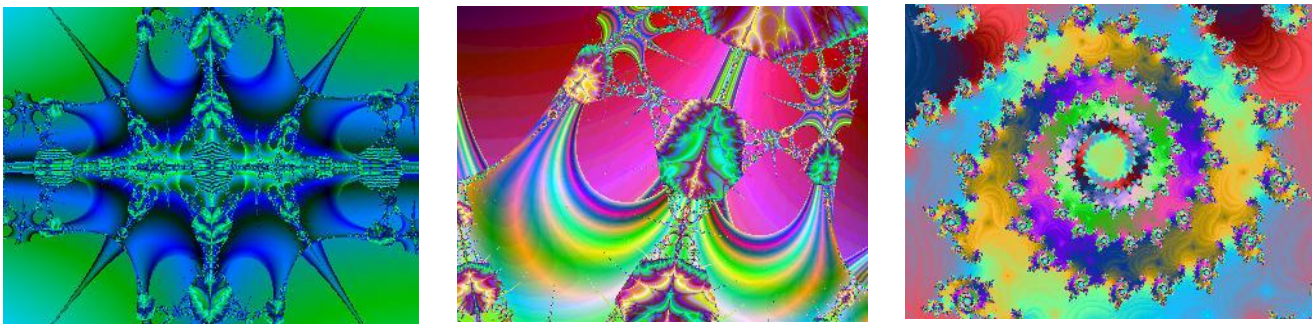


Рис.4. Приклади моделювання за допомогою фракталів.

Таким чином, моделювання має незаперечну перевагу: вчені можуть вільно міняти параметри і таким чином визначати їх вплив на модель. Незалежно від того, працюють вони над "чорними дірами", над новими ліками чи над розробкою дизайну приміщення, комп'ютерна модель дозволяє зрозуміти всю систему в цілому. Тому перелік галузей, які за допомогою програмного забезпечення вивчають властивості матеріалів та створюють нову продукцію весь час зростає. І це цілком виправдано – адже навіть несуттєві покращення мають значний вплив на виробництво.

Список використаних джерел:

1. Бирюков Б.В., Гастеев Ю.А., Геллер Е.С. Моделирование // БСЭ. - 2-е изд. – М.,1974. – т.2. – С. 78.
2. СНІР, №6, 1999. – ст.1-4.
3. Фон Нейман Дж. Теория самовоспроизводящихся автоматов. — М.: Мир, 1971. — 384 с.
4. Hedlung G.A. Endomorphism and Automorphism of the Shift Dynamic System // Math. Syst. Theory. – 1969. - №3. – pp.51-59.
5. Holland J. Universal Spaces: A Basis for Studies in Adaptation // Automata Theory. – Academic Press. – 1966. – pp.218-230.
6. Frish U. et al Lattice gas hydrodynamics in two and three dimensions // Complex Systems/ 1987. Vol. 1. pp.649-707;
7. Clavin P., Lallemand P., Pmeau Y. and Serby G. Simulatoion of free boundaries in frow system by lattice-gas models // Jornal of Fluid Mechanics. 1988. Vol. 188. pp. 437-464.
8. Chopard B., Droz M. Cellular automat model for heat conduction in a fluid. Physics Letters A. 1988. Vol.126. №.8/9. pp.476-480.
9. Jacobs D.J., Masters A.J. Domain growth in one-dimensional diffusive lattice gas with short-range attraction.// Physical Review A. 1994. Vol.49. №4. pp.2700-2710.
10. Plap M., Gouyet J-E. Dendritic growth in a mean-field lattice gas model. Physical Review A. 1997. Vol.55. №1.
11. Лотиш В.В. Клітинкові автомати. Програмна реалізація. Луцьк. 2012.-112с.іл.