



УДК 519.7

ЕФЕКТ МЕТЕЛИКА В ТЕОРІЇ ХАОСУ ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ

Студ. А.Р. Глущенко, гр.БПКД1-17

Науковий керівник доцент О.Л. Блохін

Київський національний університет технологій та дизайну

Динамічна (або детермінована) система – це такий математичний об'єкт, який відповідає реальній системі (фізичній, хімічній, біологічній, соціальній і т.д.) Кожна реальна система має багато різних властивостей. А в динамічній системі ми абстрагуємось від всіх цих властивостей і вибираємо лише ті, які нас цікавлять. Ці властивості будуть динамічними змінними динамічної :) системи. Ці змінні змінюються за законами, які задає оператор еволюції системи. Тепер якийсь приклад, щоб стало зрозуміло.

Наприклад, є стрибаючий м'ячик. Як фізичний об'єкт, він має багато різних властивостей: швидкість, колір, густину, координати, коефіцієнт пружності і т.д. Ми вибираємо лише ті властивості, які нас цікавлять, наприклад: швидкість, координати, коефіцієнт пружності, а від решти абстрагуємось. Тепер для нас цей м'ячик — це динамічна система, а обрані нами властивості — його динамічні змінні. Ці змінні змінюються за законами фізики, які і є оператором еволюції системи.

Динамічна система – це ланцюжок станів. Кожен наступний стан системи наперед визначений і він впливає з попереднього стану.

Наприклад, візьмемо іншу динамічну систему: більярд. Ми знаємо усі закони, за якими рухаються та відбиваються більярдні кулі, як вони взаємодіють між собою, з бортами столу, з кием. Спробуємо аналітично змодельювати удар кием. Візьмемо якісь початкові координати для кожної кульки, силу і кут удару кием і так далі. І обчислимо координати кожної кульки від моменту удару до моменту, коли усі кульки перестануть рухатись. Все це цілком можливо зробити, бо це ж детермінована система, все підкоряється законам фізики. А тепер візьмемо справжній більярд, розставимо кульки так само, як в ситуації, яку ми щойно моделювали, і вдаримо кием в ту саму точку, під тим самим кутом і з тією ж силою, яку ми щойно моделювали. Кулька покотиться саме так, як у нашій моделі, вдарить саме ту кульку, яку ми і очікували, та кулька в свою чергу відіб'ється і вдарить інші — вже не зовсім так, як ми очікували, наступні кульки почнуть рухатись вже якимось зовсім не так, як ми щойно моделювали. І в кінцевому результаті, коли ми подивимось на більярдний стіл, то побачимо, що координати кульок є зовсім не такими, як в нашій моделі. Але ж система детермінована. Чому ж ми тоді не змогли передбачити її поведінку. Щось не клеїться. Є якийсь хаос.

Динамічний хаос — це таке явище, при якому поведінка нелінійної системи виглядає випадковою, незважаючи на те, що вона описується детерміністичними законами.

Те, що система детермінована, означає, що всі процеси в ній взаємопов'язані, і ми, знаючи початкові умови і закони, за якими розвивається система, можемо передбачити будь-який її майбутній стан. Але ось є динамічний хаос, який ламає попереднє твердження, бо при ньому ми не можемо передбачити будь-який майбутній стан системи. І це якимось дивно. Бо якщо система детермінована, то в ній має бути порядок.

Теорія хаосу — підрозділ в математиці та фізиці, який займається дослідженням систем, динаміка яких, за певних умов, значною мірою залежить від початкових умов, що робить довгострокове прогнозування неможливим. Через те, що з одного боку,



динаміка поведінки таких систем відповідає законам фізики, а, з іншого, виглядає нерегулярною, вона називається детермінованим хаосом. Хаотичні системи є нелінійними динамічними системами. Як приклад можна назвати ефект метелика для погоди, турбуленцію, кругообіг капіталу, певні процеси утворення візерунків, такі як ерозія, нейромережі, та, нарешті, поведінка людини.

Ефект метелика - термін у природничих науках, що позначає властивість деяких хаотичних систем. Незначний вплив на систему може мати великі і непередбачувані ефекти де-небудь в іншому місці і в інший час.

Термін «Ефект метелика» виник в 1972 році завдяки американському метеорологу Едварду Лоренцу, що виступив з лекцією на тему: «Чи може помах крил метелика в Бразилії викликати торнадо в Техасі?». Для стеження за погодою Лоренц використовував комп'ютерну модель, в якій округляв на кілька порядків довгі ряди цифр, вважаючи, що нічого не станеться. Однак він виявив, що це повністю змінило прогноз погоди в світі.

Відкриття Лоренца спростувало уявлення про те, що всі процеси в світі підпорядковані жорстким законам, а причини чітко відповідають наслідкам. Помах крил метелика символізує дрібні зміни в первісному стані системи, які викликають ланцюжок подій, що ведуть до великомасштабних змін.

Метафора «ефект метелика» в теорії хаосу виражає, що хаос - це передбачувана випадковість. Навіть найменше втручання в минуле може стати причиною найнесподіваніших парадоксів в сьогоденні.

Повернемось до прикладу з м'ячиком: якщо кинути його раз, а потім ще раз, десь так само, як першого разу, то поскачте він теж десь так, як першого разу. Маленька різниця у початкових умовах призвела до малої різниці у розвитку системи. Ця система не є дуже чутливою до початкових умов. А тепер, більярд: після двох майже однакових ударів кульки на столі будуть лежати зовсім по-різному. Чому? Бо двічі однаково вдарити неможливо. Кут, сила удару, точка, куди припадає удар, будуть трошки іншими, тому перша кулька покотиться майже, але не зовсім так само, як минулого разу; після кожного зіткнення похибка лавиноподібне наростає, тому результати виходять зовсім різними. Ця система є дуже чутливою до початкових умов, тому ми можемо передбачити її розвиток лише до певного моменту, а далі починається хаос.

Таким чином, Кожна наша дія або рішення, так само як і помах крила метелика, має безліч значних і непередбачених наслідків. Деякі з них позитивні — вони допомагають структурувати наше життя і досягати цілей, а інші, навпаки, негативні — створюють хаос і позбавляють почуття контролю. Тому критично важливо свідомо виявляти події, що володіють ефектом метелика і керувати ними.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кузнецов С. Динамический хаос.
2. Карлос Мадрид «Мир математики» «Бабочка и ураган. Теория хаоса и глобальное потепление»
3. <http://tut-cikavo.com/krylati-frazy/338-efekt-metelika-i-shcho-tse-oznachae>
4. Шустер Г. Детерминированный хаос: введение.