

Таким чином, завдяки впровадженню технологій дистанційного навчання існує можливість створення віртуального середовища постійного спілкування студентів і викладачів, що забезпечує: цілодобовий доступ до інформаційних джерел, прозорість навчального процесу, забезпечення процесу моніторингу.

Список літературних джерел.

1. Концепція розвитку дистанційної освіти в Україні; Затверджена Постановою МОН України від 20 грудня 2000 р. URL: <http://www.osvita.org.ua/distance/pravo/00.html>.
2. Кудрявцева С.П., Колос В.В. Міжнародна інформація: навчальний посібник. К.: Видавничий дім «Слово», 2005. 400 с.
3. Концепція впровадження медіа-освіти в Україні: Схвалено постановою Президії Національної академії педагогічних наук України 20 травня 2010 року, протокол № 1-7/6-150. URL: [http://www.ispp.org.ua/news\\_44.htm](http://www.ispp.org.ua/news_44.htm).
4. Клочко О.В., Потапова Н.А. Вплив інформаційно-комунікаційних технологій на трансформаційні процеси педагогічної системи в сучасних умовах. *Наука і методика: Зб. наук.-метод. праць. К.: Аграрна освіта*, 2013. Вип. 25. С. 23–28.

**УДК 519.2:004.8:004.62**

*Белік А. О., студентка I курсу СО  
«Магістр» спеціальності 113 «Прикладна  
математика»*

*Потапова Н. А., к.е.н., доцент, доцент  
кафедри інформаційних технологій*

## **ХАОС ТА СИНЕРГЕТИКА В МОДЕЛЮВАННІ СИСТЕМ**

*Донецький національний університет імені В. Стуса, м. Вінниця*

Коли пересічний індивід вимовляє слово «хаос», то він має на увазі повну відсутність порядку – абсолютну невпорядкованість. З математичної точки зору, хаос і порядок не є протилежними поняттями. Хаос відбувається в нелінійних динамічних системах. Інакше кажучи, будь-який процес, який плине з часом, може бути хаотичним (ріст дерев, зміна чисельності популяції тощо). Щоб краще зрозуміти, що таке хаос, доцільно згадати системи, які не мають такої риси – детерміновані системи. Детерміновані системи не допускають випадковостей – значення на виході системи повністю визначається значенням на вході, тобто зміна початкових умов викликає пропорційні зміни результату. Так, ньютонівська механіка, передбачає детермінованість, й змінюючи силу удару по м'ячу, можна очікувати відповідні зміни тривалості його польоту. Астрономи в минулому повністю покладалися на цей принцип, вони вважали, що Всесвіт є детермінованою системою і що положення небесних тіл в майбутньому (і в минулому) можна розрахувати, знаючи їх поточне положення й швидкість. Проте, відомий математик Анрі Пуанкаре, займаючись описанням орбіт

небесних тіл, з'ясував, що в системах, які складалися з трьох і більше тіл, при незначна зміна початкових умов (положення й швидкість), траєкторії руху тіл дуже швидко віддалялися одна від одної. Два схожих набори початкових умов давали різні результати [5].

Великий внесок в теорію хаосу зробив метеоролог Е. Лоренц. В 60-х роках минулого століття він працював над комп'ютерною програмою, яка моделює рух повітряних мас в атмосфері Землі. Одного разу для пришвидшення підрахунків, Лоренц запустив програму не з початку, а ввів у якості вихідних даних дані з попереднього «прогону», які були роздруковані на папері. Результати такого запуску почали швидко відхилятися від уже отриманих. Тобто модель Лоренца виявилася дуже чутливою до початкових даних. Ця залежність і була названа хаосом [2].

Однак, «хаос» і «випадковість» не є рівнозначними поняттями. Визначена інтерпретація процесів, що здаються випадковими, впорядковує їх. Як правило, для всякої складної системи існує визначений набір можливих форм організації та дискретний спектр структур-атракторів еволюції (англ. attract - притягати). Критичний момент нестійкості, коли система здійснює вибір подальшого шляху еволюції, називають точкою біфуркації. При наближенні до цієї точки суттєво зростає вплив незначних випадкових збурень (флуктуацій), які можуть викликати утворення нової макроскопічної структури. Структури самоорганізації, що мають властивість самоподібності (інваріантності), називають фрактальними структурами, або фракталами. Закономірності процесів переходу від хаосу до порядку і навпаки (процесів самоорганізації до довільної дезорганізації) у відкритих нелінійних системах фізичної, хімічної, біологічної, екологічної, соціальної та ін. природи вивчає синергетика (гр. *synergeia* – співпраця, сприяння; термін, запропонований Г. Хакеном у 1969 році). Синергетику можна розглядати як сучасний етап розвитку ідей кібернетики та системного аналізу [2].

Евристична цінність використання атракторів полягає в тому, що вони, в першому наближенні, можуть використовуватися для моделювання поведінки складних систем. Якщо система наближається до певного атрактора (це може бути точка чи певна ділянка простору), то її траєкторії поведінки «притягаються» саме до нього. Математики вивчають різноманітні атрактори, проте, для формування уяви про них, можна виділити три нижченаведених варіанта [3]:

1. Точковий атрактор. Прикладом такої системи може бути маятник, що коливається. З часом сила тертя зупинить його в певній точці – в початковій точці рівноваги. Тобто, система притягається до цієї точки.

2. Граничний цикл. Припустимо, що тертя немає. Тоді маятник буде коливатися безкінечно й буде являти собою регулярну періодичну систему. Економетрика розглядає економічні системи як рівноважні (з точковим атрактором) чи як такі, що коливаються біля точки рівноваги з граничним циклом. Емпірично така точка зору не підтверджується – економічні ряди характеризуються неперіодичними циклами, характерними для нелінійних систем.

3. Фрактальний атрактор. Якщо ми випадковим чином додаємо маятнику

енергію через рівні проміжки часу, то результуючий рух буде неперіодичним. Проте, він буде обмежений максимальною амплітудою маятника й законами фізики. Результатом такого руху буде хаотичний чи фрактальний атрактор. (Саме атрактор Лоренца є одним з найбільш знаменитих фрактальних атракторів. Він набув відомості через масове розповсюдження терміну «ефект метелика». Крім того, що при візуалізації атрактору його форма нагадує метелика, він являє собою набір хаотичних розв'язань системи Лоренца. Суть розв'язань Е. Лоренца в нелінійній системі звичайних диференціальних рівнянь можна передати наступним чином: в будь-якій фізичній системі за відсутності знання початкових умов ми не здатні в повній мірі передбачити її майбутнє. Фізичні системи можуть бути повністю непередбачуваними навіть за відсутності квантових ефектів).

Таким чином, практично будь-яка хаотична система може бути змодельована: процес падіння крапель з крану, що підтікає, здається випадковим при аналізі неозброєним вухом, але якщо його відобразити у вигляді фрактального атрактору, відкривається порядок, якого не можна було і очікувати. Техніки теорії хаосу часто використовують для моделювання біологічних систем, які є одними з найбільш хаотичних систем серед усіх, які тільки можна уявити. Системи динамічних рівностей використовувалися для моделювання процесів – від росту чисельності біологічної популяції до аритмічних серцевих скорочень. [1, 4].

Список літературних джерел.

1. C. Henry Edwards, David E. Penney, David T. Calvis. Differential Equations and Boundary Value Problems: Computing and Modeling. 2000.
2. Jackson E. A. Perspectives of Nonlinear Dynamics. Vol. I, II. Cambridge Univ. Press, Cambridge, 1989, 1990.
3. Математичні моделі хаосу URL: <https://habr.com/ru/post/436014/> .
4. Хаос та як його створити URL: <https://habr.com/ru/post/153691/> .