БІФУРКАЦІЙНА ДІАГРАМА ТА ДИСИПАТИВНІ СТРУКТУРИ В СИСТЕМАХ РІЗНОЇ ПРИРОДИ

М.І.Мар'ян, І.М.Сливка

Ужгородський державний університет, Ужгород, 88000, Україна

Представлена та розрахована модель еволюції соціальних систем (наукових колективів) методом Монте-Карло з використанням теорії самоорганізації.

Міждисциплінарний характер синергетики (науки, яка вивчає процеси самоорганізації) проявляється зокрема в існуванні спільних закономірностей еволюції різноманітних систем - як природничих, так і соціальних, інформаційних, економічних, наукових та сприяє уніфікації підходів при дослідженні конкретних систем. Синергетичний підхід до розгляду поведінки таких систем на відміну від звичного класичного полягає в дослідженні сукупності властивостей: цілістність та самоузгоджену дію, нелінійність та наявність зворотнього зв'язку, і може бути застосований для знаходження простих універсальних схем та прогнозування фундаментальних закономірностей розвитку [1-5].

Авторами [6] розглянуто модель еволюції систем суспільної природи (наукових колективів, шкіл) та формування в них дисипативних структур (у випадках, коли ідеї синергетики використовуються для вивчення соціальних, економічних, інформаційних систем під дисипативними структурами розуміють спосіб організації структури в просторі та часі, до котрого вони еволюціонують в процесі самоорганізації). Зокрема, досліджено процес розвитку ідеї та наукового напрямку в колективі (рис.1, ***P(t)*** - ефективність діяльності наукового колективу, $1 \le \eta \le N_{max}, N_{max}$ - кількість членів колективу). Як видно з рис.1, за час, характерний для розвитку цього процесу, величини ***P(t)*** істотньо змінюються в обмеженому інтервалі η .

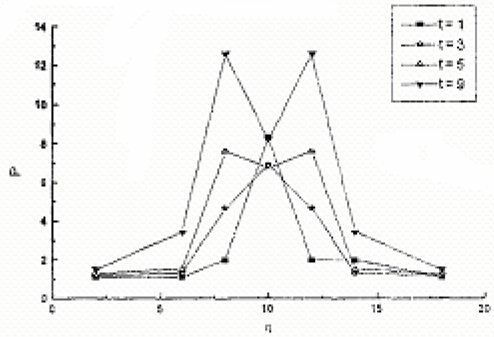

Рис.1. Еволюція в часі ефективності діяльності наукового колективу ***P(t*** [6].

Відомо, що виникнення цілих наукових напрямків часто пов'язано з вкладом декількох вчених [7]. Разом з тим, при дослідженні процесів самоорганізації в системах суспільної природи відмічають наявність в них постійно присутніх детермінованих та випадкових явищ [2,8]. В даній роботі, розвиваючи модель [6], розглядається вплив випадкових факторів на динаміку дисипативних структур.

Динаміка відкритих по перенесенню енергії та інформації систем, в яких відбуваються процеси самоорганізації, здебільшого описується S-подібною або гістерезисною кривою [1]. Така крива показує, яким чином змінюються з часом основні характеристики системи в залежності від керуючих параметрів. Для різних систем діаграма має свої своєрідні особливості, але разом з тим містить характерні ділянки, котрі узагальнюючи результати [6] та у відповідності з рис.1 схематично показані на рис.2 (η = **const**).

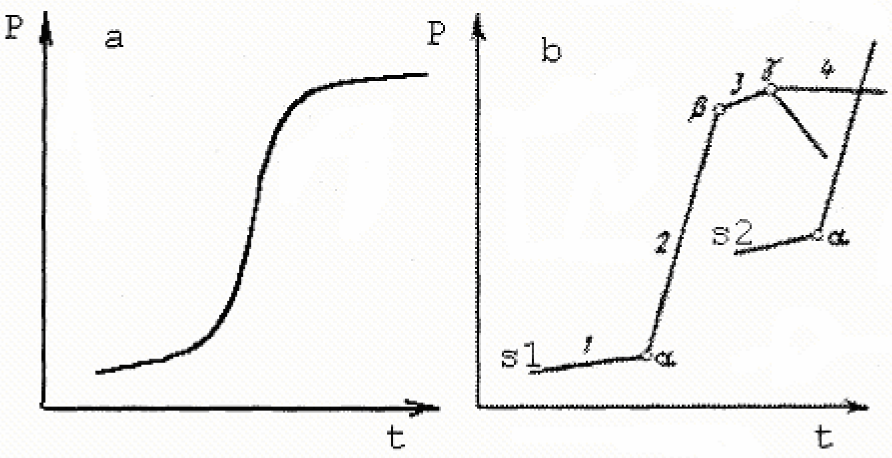

Рис. 2. Динаміка зміни безрозмірного параметру ***P(t)*** ефективності діяльності наукового колективу (a) та періоди його розвитку (b) .

Початковий етап - період зародження (ділянка 1, рис.2b), в якому відбувається становлення системи , характеристики її змінюються з часом повільно. Після проходження даного етапу наступає період відчутного росту (ділянка 2), на протязі якого характеристики системи швидко зростають. З певного моменту темпи розвитку починають спадати (ділянка 3) , спостерігається вдосконалення системи і наступає насичення (ділянка 4). На цьому етапі можливі принаймі три варіанти розвитку системи(s1): система або на довгий час зберігає досягнуті показники, або деградує, або переходить в принципіально нову систему (S2). Від чого залежить співвідношення між ділянками, якими показниками визначається положення точок перегину та яким чином здійснюється вибір шляху в момент біфуркації?

Для опису еволюції систем як природничих, так і гуманітарних, математичну модель здебільшого задають нелінійними диференційними рівняннями з використанням різницевої схеми (дозволяє отримувати кількісну та якісну інформацію, аналізуючи континуальну еволюцію параметрів системи на дискретно вибраних моментах часу). У відповідності з [6] введемо наступні модельні наближення. Характеристики системи опишемо зведеним безрозмірним параметром $P_i(t)$, який може бути визначений через кількість опублікованих статей по даній тематиці та посилань на автора $P_{i,1}(t)$, кількістю отриманих грантів $P_{i,2}(t)$, обсягом фінансування теми $P_{i,3}(t)$, наявним обладнанням $P_{i,4}(t)$ тощо наступним чином

$$P_i(t) = (P_{i,1}(t)/P_{Nmax,1}(t) + P_{i,2}(t)/P_{Nmax,2}(t) + P_{i,3}(t)/P_{Nmax,3}(t) + P_{i,4}(t)/P_{Nmax,4}(t) + \dots)/m .$$

Тут m- кількість параметрів, $Nmax$ - кількість членів колективу.

Розгянемо розвиток наукового напрямку. Рівень ефективності діяльності i-го дослідника визначається доданками:

$$\frac{dP_i}{dt} = Q_i(P_i) + D_i(P_1, P_2, \dots, P_N) + G_i(P_i) \quad (1)$$

Тут доданок Q_i ($Q_i(P_i) = q_0 P_i^{\beta}$, q_0, β - параметри росту) враховує швидкість діяльності в галузі та ефективності роботи i-го вченого; доданок $\mathbf{D}_i$ - швидкість передачі та ефективності сприймання інформації. яка визначається через різницю рівнів інформації в момент t ; третій доданок G_i ($G_i = u_0 \exp(-\alpha / P_i) f(t)$, u_0, α - параметри, $f(t)$- випадкова функція часу) враховує наявність зворотнього звязку між дослідженням та колективом і випадковість вибору шляху в момент біфуркації . Приймемо, що напрямок поширення інформації статистично рівноймовірний, а також від дискретних величин перейдемо до неперервних. Рівняння (1) набуває наступного вигляду

$$\frac{dP}{dt} = q_0 P^{\beta} + \frac{\partial}{\partial \eta}\left(k_0 P^{\sigma} \frac{\partial P}{\partial \eta}\right) + u_0 \exp(-\alpha / P) f(t) \qquad (2)$$

Граничні умови:

$$P(\eta, 0) = \delta(\eta), \; 0 \le \eta \le N_{max},$$
$$P(\eta, t) = P(N, t) = 0, \; t \ge 0. \qquad (3)$$

Перепишемо рівняння (3) таким чином

$$\frac{\partial P(\eta,t)}{\partial t} = q_0 P^{\beta}(\eta,t) + u_0 \exp(-\alpha / P(\eta,t)) f(t) + k_0 \sigma P^{\sigma-1} \left(\frac{\partial P(\eta,t)}{\partial \eta}\right)^2 + k_0 P^{\sigma} \frac{\partial^2 P(\eta,t)}{\partial \eta^2} \qquad (4)$$

Використаємо різницевий метод чисельного диференціювання [8], який дає змогу звести рівняння (4) до системи алгебраїчних рівнянь. Будемо вважати, що : $\eta = jh$, $t = n\Delta t$, $j \le N_{max}, n \le \infty$, де h, Δt - крок по параметру η та часу t, відповідно. Різницеве рівняння дає змогу описати динаміку процесу як функціональну залежність один від одного станів системи в кожний дискрентний момент часу. Отже рівняння (4) зводиться до системи алгебраїчних рівнянь:

$$P_j^{n+1} = P_j^n + \left[\begin{array}{l} q_0 (P_j^n)^{\beta} + u_0 \exp(-\alpha / P_j^n) f(n\Delta t) + \left(\dfrac{k_0 \sigma (P_j^n)^{\sigma-1}}{h^2} \right) \left(P_{j+1}^n - P_{j-1}^n \right)^2 + \\ \dfrac{k_0 (P_j^n)^{\sigma}}{h^2} \left(P_{j-1}^n - 2P_j^n + P_{j+1}^n \right) \end{array} \right] \Delta t. \qquad (5)$$

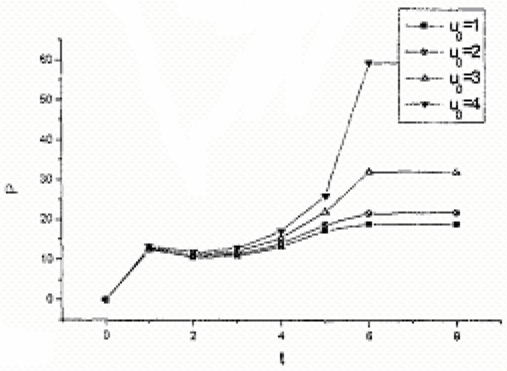

Рис.3 . Еволюція в часі ефективності діяльності наукового колективу $(\eta = 10)$.

Випадкова функція $f(t)$ задана з використанням метода Монте-Карло [9].Еволюція в часі ефективності Р діяльності вказаної наукової системи (колективів,регіонів) для різних параметрів u_0 приведена на рис.3 $(\eta = const)$ для $\beta \ge \sigma + 1$, коли рівень генерації одного з дослідників на початковому етапі значно перевищує рівень розуміння інших. Отримана залежність $P(t)$ корелює з періодами розвитку системи, представленим на рис.2. Зокрема, спостерігається перехід від однієї підсистеми до іншої, для котрої відбувається значний ріст ефективності діяльності. Слід відмітити, що нелінійні процеси можливо прогнозувати тільки з певною імовірністю; розвиток здійснюється через випадковість вибору шляху в момент біфуркації, а сама випадковість не повторюється знову. Крім того, в соціально-економічних системах можуть генеруватись різної тривалості цикли, які розглядаються як відхилення від стану рівноваги та є внутрішнім проявом самоорганізації [10,11]. Ці питання передбачається розглянути детально в наступній роботі.

1. Николис Г. , Пригожин И. Познание сложного, Мир, М.,(1990) 342.
2. Haken H. Advanced Synergetics, Berlin. Springer,(1984) 240.
3. Robert C. Hilborn. Chaos and nonlinear dynamic, New York-Oxford,(1994) 654.
4. Капица С.П. , Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г. Синергетика и прогнозы будущего, Наука, М., (1997) 285.
5. Малинецкий Г.Г. Хаос. Структуры. Вычислительный эксперимент. Наука, М., (1997) 255 .
6. Мар'ян М.І., Черленяк І.І. Науковий Вісник УжДІЕП. Природничі науки, 2, 27 (1998).
7. Альтшуллер Г.С. Творчество как точная наука, Советское радио, (1979) 113.
8. Флетчер К. Вычислительные методы в динамике жидкостей. Мир, М., (1991) 502.
9. Гулд Х.,Тобочник Я., Компьютерное моделирование в физике, ч.2, Мир, М., (1990) 400.
10. Информация и самоорганизация. Под редакцией Делокарова К.Х. Изд-ство РАГС, М., (1996) 294.
11. Mar'yan M., Kurik A., Kikineshy A., Watson L., Szasz A. Modelling Simul.Mater. Sci. Eng. ,7, 321 (1999).

BIFURCATION DIAGRAM AND DISSIPATIVE STRUCTURES IN SYSTEMS OF DIFFERENT NATURE

M.I. Mar'yan, I.M. Slivka

Uzhgorod State University, 88000, Uzhgorod,Voloshin st., 54

The model of the evolution of social systems (scientific collectives) is introduced and calculated in a Monte Carlo method with use the theory of self-organisation.