

УДК 681.518.9; 621.384.3

С. С. Анцыферов, К. Н. Фазилова

МИРЭА – Российский технологический университет, г. Москва, Россия
119454, Россия, г. Москва, пр. Вернадского, 78

МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЙ КОГНИТИВНЫХ СИСТЕМ

S. S. Antsyferov, K. N. Fazilova

MIREA – Russian Technological University, c. Moscow, Russia
119454, Россия, г. Москва, пр. Вернадского, 78

METHODOLOGY OF COGNITIVE SYSTEMS NON-EQUILIBRIUM STABILITY EVALUATING

С. С. Анциферов, К. М. Фазілова

МІРЕА – Російський технологічний університет, м. Москва, Росія
119454, Росія, м. Москва, пр. Вернадського, 78

МЕТОДОЛОГІЯ ОЦІНКИ СТАНІВ КОГНІТИВНИХ СИСТЕМ

Когнитивные системы, как самоорганизующиеся системы, обладают рядом особых свойств, в числе которых – принципиальная неравновесность состояния, обеспечивающая возможность трансформации структуры. В качестве адекватной модели неравновесной устойчивости когнитивной системы предлагается использовать нелинейное уравнение, основанное на вероятностном представлении эффективности функционирования взаимосвязанных структурных элементов системы. Численное моделирование возможных состояний системы позволило установить зависимость состояния системы от ее структурного построения, числа структурных элементов и их эффективности, условия и границы области неравновесного функционирования системы.

Ключевые слова: когнитивная система, структурный элемент, неравновесная устойчивость, трансформация структуры, эффективность структурных элементов.

Cognitive systems, as self-organizing systems, have a number of special properties, including the fundamental non-equilibrium of the state, which provides the possibility of transformation of the structure. As an adequate model of non-equilibrium stability of a cognitive system, we propose to use a nonlinear equation based on a probabilistic representation of the effectiveness of the functioning of interrelated structural elements of the system. Numerical modeling allowed us to determine the dependence of the system state on its structural construction, the number of structural elements and their efficiency. Based on the use of the nonequilibrium stability model, the conditions for nonequilibrium stability were determined.

Keywords: cognitive system, structural element, nonequilibrium stability, structure transformation, structural elements efficiency.

Когнітивні системи, як системи, що самоорганізуються, мають ряд особливих властивостей, в числі яких – принципова нерівновісність стану, що забезпечує можливість трансформації структури. Як адекватної моделі нерівновісної стійкості когнітивної системи пропонується використовувати нелінійне рівняння, засноване на імовірнісному поданні ефективності функціонування взаємопов'язаних структурних елементів системи. Чисельне моделювання можливих станів системи дозволило встановити залежність стану системи від її структурної побудови, числа структурних елементів і їх ефективності, умови та межі області нерівновісного функціонування системи.

Ключові слова: когнітивна система, структурний елемент, нерівноважна стійкість, трансформація структури, ефективність структурних елементів.

Введение

Для исследования свойств когнитивных систем (КС) в настоящее время используют методы синергетики, теории информационного поля, моделирование элементов мышления. Когнитивные системы, как самоорганизующиеся системы, обладают рядом особых свойств, в числе которых неравновесная устойчивость, обеспечивающая возможность трансформации структуры.

В связи с этим актуальной является задача разработки методологии оценки неравновесной устойчивости когнитивных систем.

Предлагаемая методология оценки состояний когнитивных систем предполагает использование ряда ранее разработанных моделей [1-14], таких как вероятностная модель неравновесной устойчивости когнитивной системы, модель оценки эффективности структурных элементов в реальном масштабе времени.

Модель неравновесной устойчивости

Адекватной моделью неравновесной устойчивости КС может служить следующее нелинейное уравнение, характеризующее как устойчивое, так и неустойчивое функционирование системы (рис. 1)

$$\dot{H} = \frac{dH}{dt} = KH,$$

где $H = H_1 + H_2 = \left[-\sum_i P_i \log P_i \right] + \left[-\sum_i \sum_j P_{ij} \log P_{ij} \right]$ – энтропия системы;

P_i – вероятность меры информативности i -го элемента;

P_{ij} – вероятность попарного взаимодействия.

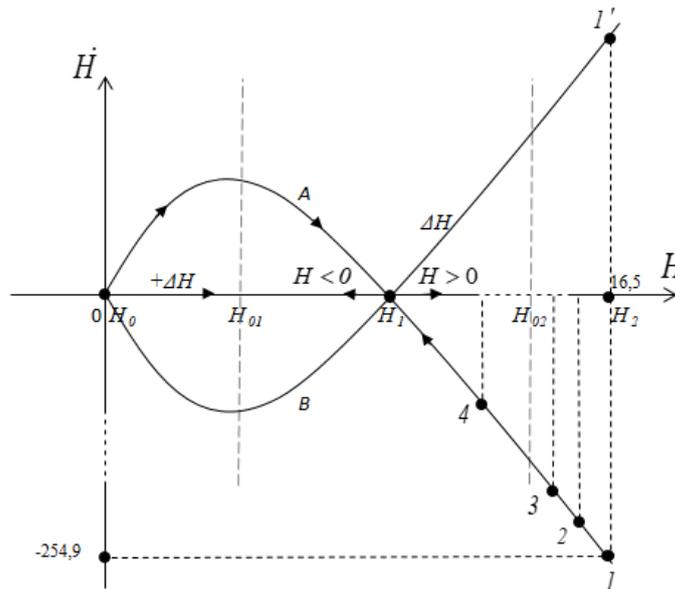


Рисунок 1 – Фазовый портрет функционирования

$$K = \Delta I - \Delta JH,$$

ΔI – приращение интенсивности информационного потока на входе системы,

ΔJ – приращение интенсивности обработки информационного потока в системе;

ΔJH – параметр, характеризующий управление процессом формирования структуры, показатель функциональной организованности системы.

$$\begin{aligned} \dot{H} &= \Delta JH - \Delta JH^2 = -\Delta J \left(H^2 - \frac{\Delta J}{\Delta J} H \right) = \\ &= -\Delta J \left[H^2 - \frac{\Delta J}{\Delta J} H + \left(\frac{1}{2} \frac{\Delta J}{\Delta J} \right)^2 - \frac{\Delta J^2}{4\Delta J^2} \right] = &= -\Delta J \left[\left(H - \frac{\Delta J}{2\Delta J} \right)^2 - \frac{\Delta J^2}{4\Delta J^2} \right], \end{aligned}$$

Корни данного уравнения: $H_0 = 0$, $H_1 = \frac{\Delta J}{\Delta J}$.

H_0 и H_1 – точки устойчивости.

H_2 – точка неустойчивости, соответствующая значению энтропии, при котором происходит распад системы на несвязные структурные элементы (СЭ).

На основании моделирования вероятностных показателей может быть определена область возможной неравновесной устойчивости.

Модель оценки эффективности структурных элементов в реальном масштабе времени

Для оценки эффективности предложено использовать принцип сравнительного предпочтения (рис. 2), согласно которому формируется матрица попарных предпочтений (δ_{sr}) по каждому показателю эффективности (Π_i) и рассчитывается вероятностный показатель предпочтений (q_{js}), кроме того, определяется коэффициент весомости для каждого показателя эффективности (a_j).

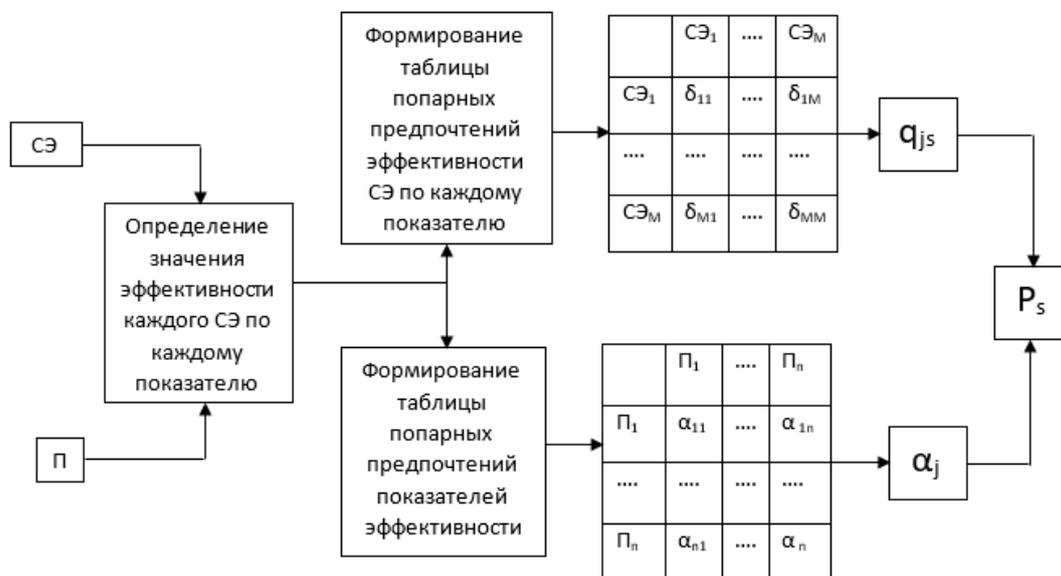


Рисунок 2 – Оценка эффективности СЭ

Затем вычисляется значение эффективности P_s

$$P_s = 1 - \sum_{js} q_{js} a_j ,$$

где

$$q_{js} = \frac{(\prod_{r=1}^M \delta_{sr})^{1/M}}{\sum_{s=1}^M (\prod_{r=1}^M \delta_{sr})^{1/M}}, \quad 0 \leq q_{js} \leq 1$$

$$a_j = \frac{(\prod_{s=1}^n \delta_{js})^{1/n}}{\sum_{j=1}^n (\prod_{s=1}^n \delta_{js})^{1/n}}$$

Данный принцип реализован с помощью разработанного алгоритма (рис. 3). Основным параметром данного алгоритма являются размерности массивов, так как они определяют быстродействие и точность установки вероятностных показателей. Для практической реализации данного алгоритма важно оценить влияние основного параметра алгоритма на точность результатов.

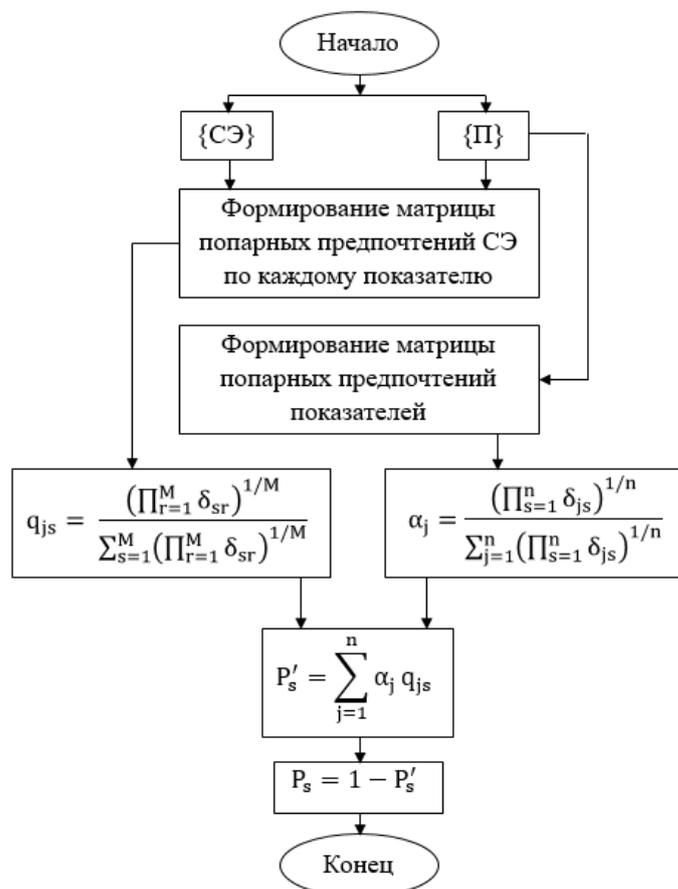


Рисунок 3 – Алгоритм оценки эффективности СЭ

Численное моделирование состояний системы

Для реализации численного моделирования использованы 3 показателя эффективности $n=3$: Π_1 – степень соответствия дисциплины направлению подготовки, Π_2 – степень соответствия дисциплины магистерской программе, Π_3 – степень соответствия дисциплины уровню и темпам развития наукоемких технологий.

Установлены попарные предпочтения СЭ для показателей Π_1, Π_2, Π_3 (табл. 1 – табл. 3).

Таблица 1 – Попарные предпочтения СЭ для П₁

°	СЭ ₁	СЭ ₂	СЭ ₃	СЭ ₄	СЭ ₅	СЭ ₆	СЭ ₇	СЭ ₈	СЭ ₈	СЭ ₁₀	СЭ ₁₁	СЭ ₁₂	СЭ ₁₃	СЭ ₁₄	СЭ ₁₅	СЭ ₁₆	СЭ ₁₇	qjs
СЭ ₁	1	2	0,5	1	2	2	1	1	0,2	1	2	4	0,5	2	5	0,5	2	0,152917
СЭ ₂	0,50	1	0,2	3	0,25	5	3	0,25	0,5	1	2	4	2	3	4	0,5	2	0,129024
СЭ ₃	2,00	5,00	1	2,00	5,00	0,33	0,20	4,00	7,00	0,33	0,25	0,33	0,13	0,11	0,25	5,00	5,00	0,002087
СЭ ₄	1,00	0,33	0,50	1	0,33	0,50	2,00	1,00	3,00	0,33	5,00	2,00	9,00	0,33	3,00	2,00	3,00	0,139102
СЭ ₅	0,50	4,00	0,20	3,00	1	6,00	0,13	0,33	5,00	0,13	0,17	2,00	5,00	0,13	0,17	0,25	0,33	0,000003
СЭ ₆	0,50	0,25	3,00	2,00	0,17	1	3,00	1,00	0,11	1,00	3,00	3,00	7,00	0,50	4,00	3,00	2,00	0,152003
СЭ ₇	1,00	0,33	5,00	0,50	8,00	0,33	1	0,33	6,00	0,50	4,00	0,50	8,00	2,00	0,33	2,00	0,50	0,113272
СЭ ₈	1,00	4,00	0,25	1,00	3,00	1,00	3,00	1	0,11	0,50	2,00	0,33	2,00	3,00	2,00	3,00	2,00	0,112406
СЭ ₈	5,00	2,00	0,25	0,33	0,20	9,00	0,17	9,00	1	9,00	0,14	0,14	4,00	0,13	0,14	0,14	0,13	0,000002
СЭ ₁₀	1,00	1,00	0,14	3,00	8,00	1,00	2,00	2,00	0,11	1	0,13	2,00	7,00	0,50	3,00	2,00	3,00	0,115721
СЭ ₁₁	0,50	0,50	4,00	0,20	6,00	0,33	0,25	0,50	7,00	8,00	1	0,17	8,00	0,14	0,13	0,13	4,00	0,000159
СЭ ₁₂	0,25	0,25	3,00	0,50	0,50	0,33	2,00	3,00	7,00	0,50	6,00	1	0,11	3,00	3,00	0,50	2,00	0,009314
СЭ ₁₃	2,00	0,50	8,00	9,00	0,20	0,17	0,13	0,50	0,25	0,14	0,13	9,00	1	9,00	0,13	7,00	0,13	0,000030
СЭ ₁₄	0,50	0,33	3,00	3,00	8,00	2,00	0,50	0,33	8,00	2,00	7,00	0,33	0,11	1	3,00	0,50	0,50	0,058873
СЭ ₁₅	0,20	0,25	4,00	0,33	6,00	0,25	3,00	0,50	7,00	0,33	8,00	0,33	8,00	0,33	1	0,33	0,25	0,000991
СЭ ₁₆	2,00	2,00	0,20	0,50	3,00	0,33	0,50	0,33	9,00	0,50	8,00	2,00	0,14	2,00	3,00	1	0,50	0,009634
СЭ ₁₇	0,50	0,50	0,20	0,33	3,00	0,50	2,00	0,50	7,00	0,33	0,25	0,50	8,00	2,00	4,00	2	1	0,004460

Таблица 2 – Попарные предпочтения СЭ для П₂

°	СЭ ₁	СЭ ₂	СЭ ₃	СЭ ₄	СЭ ₅	СЭ ₆	СЭ ₇	СЭ ₈	СЭ ₈	СЭ ₁₀	СЭ ₁₁	СЭ ₁₂	СЭ ₁₃	СЭ ₁₄	СЭ ₁₅	СЭ ₁₆	СЭ ₁₇	qjs
СЭ ₁	1	2	0,5	1	2	2	1	1	0,2	1	2	4	2	2	2	0,5	2	0,2002616
СЭ ₂	0,50	1	0,2	3	0,5	5	3	0,25	0,5	1	2	4	2	3	4	0,5	2	0,2112134
СЭ ₃	2,00	5,00	1	2,00	5,00	0,33	0,20	4,00	7,00	0,33	0,25	0,33	0,13	0,11	0,25	5,00	5,00	0,0017082
СЭ ₄	1,00	0,33	0,50	1	0,33	0,50	2,00	1,00	3,00	0,33	5,00	2,00	9,00	0,33	3,00	2,00	3,00	0,1138556
СЭ ₅	0,50	2,00	0,20	3,00	1	6,00	0,13	0,33	5,00	0,13	0,17	2,00	5,00	0,13	0,17	0,25	0,33	0,0000011
СЭ ₆	0,50	0,25	3,00	2,00	0,17	1	3,00	1,00	0,11	1,00	3,00	3,00	7,00	0,50	4,00	3,00	2,00	0,1244152
СЭ ₇	1,00	0,33	5,00	0,50	8,00	0,33	1	0,33	6,00	0,50	4,00	0,50	8,00	2,00	0,33	2,00	0,50	0,0927137
СЭ ₈	1,00	4,00	0,25	1,00	3,00	1,00	3,00	1	0,11	0,50	2,00	0,33	2,00	3,00	2,00	3,00	2,00	0,0920046
СЭ ₈	5,00	2,00	0,25	0,33	0,20	9,00	0,17	9,00	1	9,00	0,14	0,14	4,00	0,13	0,14	0,14	0,13	0,0000020
СЭ ₁₀	1,00	1,00	0,14	3,00	8,00	1,00	2,00	2,00	0,11	1	0,13	2,00	7,00	0,50	3,00	2,00	3,00	0,0947182
СЭ ₁₁	0,50	0,50	4,00	0,20	6,00	0,33	0,25	0,50	7,00	8,00	1	0,17	8,00	0,14	0,13	0,13	4,00	0,0001304
СЭ ₁₂	0,25	0,25	3,00	0,50	0,50	0,33	2,00	3,00	7,00	0,50	6,00	1	0,11	3,00	3,00	0,50	2,00	0,0076235
СЭ ₁₃	0,50	0,50	8,00	9,00	0,20	0,17	0,13	0,50	0,25	0,14	0,13	9,00	1	9,00	0,13	7,00	0,13	0,0000062
СЭ ₁₄	0,50	0,33	3,00	3,00	8,00	2,00	0,50	0,33	8,00	2,00	7,00	0,33	0,11	1	3,00	0,50	0,50	0,0481879
СЭ ₁₅	0,20	0,50	4,00	0,33	6,00	0,25	3,00	0,50	7,00	0,33	8,00	0,33	8,00	0,33	1	0,33	0,25	0,0016225
СЭ ₁₆	2,00	2,00	0,20	0,50	3,00	0,33	0,50	0,33	9,00	0,50	8,00	2,00	0,14	2,00	3,00	1	0,50	0,0078853
СЭ ₁₇	0,50	0,50	0,20	0,33	3,00	0,50	2,00	0,50	7,00	0,33	0,25	0,50	8,00	2,00	4,00	2	1	0,0036506

Таблица 3 – Парные предпочтения СЭ для П₃

°	СЭ ₁	СЭ ₂	СЭ ₃	СЭ ₄	СЭ ₅	СЭ ₆	СЭ ₇	СЭ ₈	СЭ ₉	СЭ ₁₀	СЭ ₁₁	СЭ ₁₂	СЭ ₁₃	СЭ ₁₄	СЭ ₁₅	СЭ ₁₆	СЭ ₁₇	q _{js}
СЭ ₁	1	2	0,5	1	2	2	1	1	0,2	1	2	4	0,5	3	5	0,5	2	0,2107270
СЭ ₂	0,50	1	0,2	3	0,25	5	3	0,25	0,5	1	2	4	2	3	5	0,5	2	0,1481674
СЭ ₃	2,00	5,00	1	2,00	5,00	0,33	0,20	4,00	7,00	0,33	0,25	0,33	0,13	0,11	0,25	5,00	5,00	0,0019173
СЭ ₄	1,00	0,33	0,50	1	0,33	0,50	2,00	1,00	3,00	0,33	5,00	2,00	9,00	0,33	3,00	2,00	3,00	0,1277926
СЭ ₅	0,50	4,00	0,20	3,00	1	6,00	0,13	0,33	5,00	0,13	0,17	2,00	5,00	0,13	0,17	0,25	0,33	0,0000024
СЭ ₆	0,50	0,25	3,00	2,00	0,17	1	3,00	1,00	0,11	1,00	3,00	3,00	7,00	0,50	4,00	3,00	2,00	0,1396448
СЭ ₇	1,00	0,33	5,00	0,50	8,00	0,33	1	0,33	6,00	0,50	4,00	0,50	8,00	2,00	0,33	2,00	0,50	0,1040627
СЭ ₈	1,00	4,00	0,25	1,00	3,00	1,00	3,00	1	0,11	0,50	2,00	0,33	2,00	3,00	2,00	3,00	2,00	0,1032667
СЭ ₉	5,00	2,00	0,25	0,33	0,20	9,00	0,17	9,00	1	9,00	0,14	0,14	4,00	0,13	0,14	0,14	0,13	0,0000022
СЭ ₁₀	1,00	1,00	0,14	3,00	8,00	1,00	2,00	2,00	0,11	1	0,13	2,00	7,00	0,50	3,00	2,00	3,00	0,1063126
СЭ ₁₁	0,50	0,50	4,00	0,20	6,00	0,33	0,25	0,50	7,00	8,00	1	0,17	8,00	0,14	0,13	0,13	4,00	0,0001463
СЭ ₁₂	0,25	0,25	3,00	0,50	0,50	0,33	2,00	3,00	7,00	0,50	6,00	1	0,11	3,00	3,00	0,50	2,00	0,0085567
СЭ ₁₃	2,00	0,50	8,00	9,00	0,20	0,17	0,13	0,50	0,25	0,14	0,13	9,00	1	9,00	0,13	7,00	0,13	0,0000276
СЭ ₁₄	0,33	0,33	3,00	3,00	8,00	2,00	0,50	0,33	8,00	2,00	7,00	0,33	0,11	1	3,00	0,50	0,50	0,0356971
СЭ ₁₅	0,20	0,20	4,00	0,33	6,00	0,25	3,00	0,50	7,00	0,33	8,00	0,33	8,00	0,33	1	0,33	0,25	0,0007284
СЭ ₁₆	2,00	2,00	0,20	0,50	3,00	0,33	0,50	0,33	9,00	0,50	8,00	2,00	0,14	2,00	3,00	1	0,50	0,0088505
СЭ ₁₇	0,50	0,50	0,20	0,33	3,00	0,50	2,00	0,50	7,00	0,33	0,25	0,50	8,00	2,00	4,00	2	1	0,0040975

Аналогичным образом проводится оценка предпочтений показателей эффективности.

Таблица 4 – Парные предпочтения показателей эффективности

	П ₁	П ₂	П ₃	α _j
П ₁	1,00	0,50	0,50	0,20
П ₂	2,00	1,00	1,00	0,37
П ₃	2,00	1,00	1,00	0,43

Получив значения q_{js} и α_j , рассчитано значение эффективности P_s .

Таблица 5 – Оценка эффективности СЭ

P _s	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈	P ₉	P ₁₀	P ₁₁	P ₁₂	P ₁₃	P ₁₄	P ₁₅	P ₁₆	P ₁₇
	0,80	0,83	0,99	0,87	0,99	0,86	0,89	0,89	0,99	0,89	0,99	0,99	0,99	0,95	0,99	0,99	0,99

По результатам численного моделирования установлено, что точность оценки зависит от числа СЭ (N) и от числа показателей эффективности (n) (рис. 4).

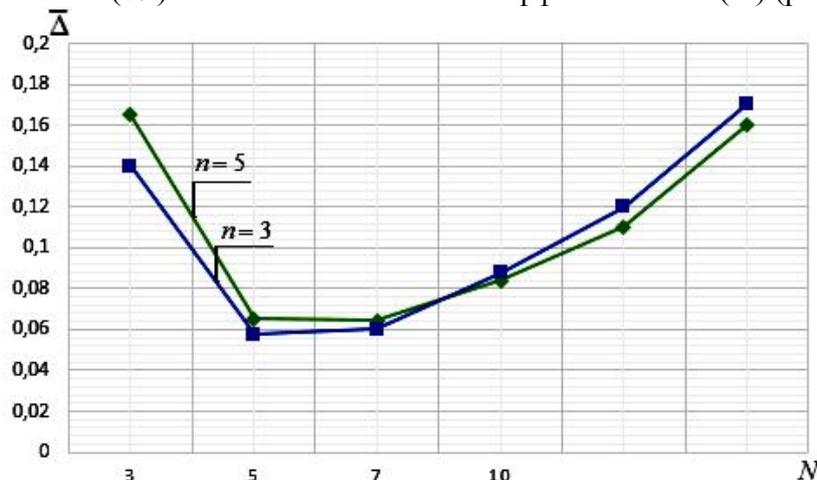


Рисунок 4 – Точность оценки эффективности СЭ

Наиболее приемлемая по точности оценка достигается в пределах значений N от 5 до 10.

В результате проделанного моделирования были определены области неравновесной устойчивости функционирования системы.

Для данного случая $H = 1,97$ и $\dot{H} = -1,91$, что соответствует случаю функционирования КС в состоянии неравновесной устойчивости. Следует отметить, что предложенная методология обеспечивает возможность не только оценки текущего состояния системы, но и возможность прогнозирования ее состояния в зависимости от соотношения приращений интенсивностей информационных потоков на входе системы и внутри ее.

Так, например, если $\Delta I > 0$, $\Delta J = 0$ и $\Delta I = 0$, $\Delta J < 0$ (достаточно вероятная ситуация), то, согласно предложенной модели, область функционирования системы будет находиться в районе точки $H=0$, т.е. система переходит из области неравновесной устойчивости в область устойчивого функционирования. Эта область характеризуется фазовой диаграммой на рис. 5. Согласно данной диаграмме, велика вероятность деградации системы. Это состояние характеризуется утратой способности системы к трансформации структуры, когда связь между структурными элементами приобретают «жесткий» (строго детерминированный) характер.

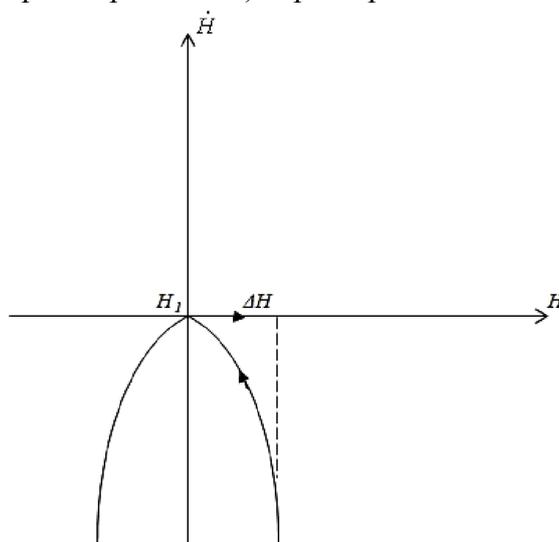


Рисунок 5 – Область устойчивого функционирования системы

Выводы

Предложена методология оценки неравновесной устойчивости когнитивных систем. Данная методология позволяет определить область неравновесной устойчивости и, на основании этого, определять, как текущее состояние системы, так и осуществлять прогнозирование возможных состояний для различных приращений интенсивностей входных информационных потоков и потоков внутри системы.

Список литературы

1. Анцыферов С. С. Общие принципы построения и закономерности функционирования интеллектуальных систем [Текст] / С. С. Анцыферов // Искусственный интеллект. – 2011. – № 3. – С. 6–15.
2. Анцыферов С. С. Вопросы метрологического обеспечения интеллектуальных систем [Текст] / С. С. Анцыферов // Мир измерений. – 2012. – № 5. – С. 46–51.

3. Анцыферов С.С. Стандартизация показателей качества продукции когнитивных технологий [Текст] / С. С. Анцыферов // Научно-технические технологии. – 2014. – Т. 15, № 7. – С. 7–13.
4. Метрологическое обеспечение наукоемких технологий [Текст] / С. С. Анцыферов, М. С. Афанасьев, А. С. Сигов. – М. : Изд. ИКАР, 2016. – 224 с.
5. Анцыферов С. С. Показатели неравновесной устойчивости когнитивных систем [Текст] / С. С. Анцыферов, К. Н. Фазилова, К. Е. Русанов // Проблемы искусственного интеллекта. – 2016. – № 2 (3). – С. 4–11.
6. Анцыферов С. С. Стандартизация показателей неравновесной устойчивости когнитивных систем [Текст] / С. С. Анцыферов, К. Н. Фазилова, К. Е. Русанов // Научно-технические технологии. – 2017. – № 5. – С. 15–20.
7. Анцыферов С. С. Имитационная динамическая модель когнитивных систем [Текст] / С. С. Анцыферов, К. Н. Фазилова, К. Е. Русанов // Международный рецензируемый научно-теоретический журнал «Проблемы искусственного интеллекта». – 2017. – № 2 (5). – С. 32–39.
8. Анцыферов С. С. построения и функционирования интеллектуальных систем обработки информации пространственно-временных полей [Текст] / С. С. Анцыферов, К. Н. Фазилова, К. Е. Русанов // Научно-технические технологии. – 2018. – № 2. – С. 36–45.
9. Анцыферов С. С. показателей устойчивого функционирования интеллектуальных систем с активными элементами [Текст] / С. С. Анцыферов, К. Н. Фазилова // Информатика и технологии. Инновационные технологии в промышленности и информатике (РНТК ФТИ-2018) : сборник трудов конференции. – 2018. – С. 286–291.
10. Antsyferov S. S. Evaluation algorithm of cognitive systems non-equilibrium stability [Text] / S. S. Antsyferov, K. N. Fazilova, K. E. Rusanov // Problems of Artificial Intelligence. – 2018. – № 3 (10). – P. 57–65.
11. Анцыферов С. С. Оценка неравновесной устойчивости когнитивных систем [Текст] / С. С. Анцыферов, К. Н. Фазилова, К. Е. Русанов // Научно-технические технологии. – 2018. – № 11. – С. 14–19.
12. Анцыферов С. С. Алгоритм контроля неравновесной устойчивости когнитивных систем [Текст] / С. С. Анцыферов, К. Н. Фазилова, К. Е. Русанов // Российская научно-техническая конференция с международным участием. Информатика и технологии. Инновационные технологии в промышленности и информатике : Сборник докладов конференции. – Москва, 2019. – С. 344–350.
13. Antsyferov S. S. Evaluation of cognitive systems structural elements effectiveness [Text] / S. S. Antsyferov, K. N. Fazilova // Problems of Artificial Intelligence. – 2019. – № 3 (14). – P. 40–46.
14. Анцыферов С. С. Моделирование неравновесной устойчивости когнитивных систем [Текст] / С. С. Анцыферов, К. Н. Фазилова, К. Е. Русанов // Моделирование неравновесных систем: Материалы XXI Всероссийского семинара, 4–6 октября 2019 г. – Красноярск : Институт вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук, 2019. – С. 3–8.

References

1. Antsyferov S. S. Obshchiye printsipy postroyeniya i zakonomernosti funktsionirovaniya intellektual'nykh sistem [General principles of construction and patterns of functioning of intelligent systems]. *Iskusstvennyy intellekt* [Artificial Intelligence], 2011, No. 3, pp. 6–15.
2. Antsyferov S. S. Voprosy metrologicheskogo obespecheniya intellektual'nykh sistem [Issues of metrological support of intelligent systems]. *Mir izmereniy* [World of measurements], 2012, No. 5, pp. 46–51.
3. Antsyferov S. S. Standartizatsiya pokazateley kachestva produktsii kognitivnykh tekhnologiy [Standardization of indicators of product quality of cognitive technologies]. *Naukoyemkiye tekhnologii* [High technology], 2014, T. 15, No. 7, pp. 7–13.
4. *Metrologicheskoye obespecheniye naukoyemkikh tekhnologiy* [Metrological support of high technology] / S. S. Antsyferov, M. S. Afanas'yev, A. S. Sigov, M., Izd. IKAR, 2016, 224 p.
5. Antsyferov S. S., Fazilova K. N., Rusanov K. Ye. Pokazateli neravnovesnoy ustoychivosti kognitivnykh sistem [Indicators of nonequilibrium stability of cognitive systems]. *Problemy iskusstvennogo intellekta* [Problems of artificial intelligence], 2016, No. 2 (3), pp. 4–11.
6. Antsyferov S.S., Fazilova K.N., Rusanov K.Ye. Standartizatsiya pokazateley neravnovesnoy ustoychivosti kognitivnykh sistem [Standardization of indicators of nonequilibrium stability of cognitive systems]. *Naukoyemkiye tekhnologii* [High technology], 2017, No. 5, pp. 15–20.
7. Antsyferov S.S., Fazilova K.N., Rusanov K.Ye. Imitatsionnaya dinamicheskaya model' kognitivnykh sistem [A simulation dynamic model of cognitive systems]. *Problemy iskusstvennogo intellekta* [Problems of Artificial Intelligence], 2017, No. 2 (5), pp. 32–39.
8. Antsyferov S.S., Fazilova K.N., Rusanov K.Ye. Printsipy postroyeniya i funktsionirovaniya intellektual'nykh sistem obrabotki informatsii prostranstvenno-vremennykh poley [The principles of construction and functioning of intelligent systems for processing information of spatio-temporal fields] *Naukoyemkiye tekhnologii* [High technology], 2018, No. 2, pp. 36–45.

9. Antsyferov S.S., Fazilova K.N. Otsenka pokazateley ustoychivogo funktsionirovaniya intellektual'nykh sistem s aktivnymi elementami [Assessment of indicators of sustainable functioning of intelligent systems with active elements] *Informatika i tekhnologii. Innovatsionnyye tekhnologii v promyshlennosti i informatike (RNTK FTI-2018) Sbornik trudov konferentsii* [Informatics and Technologies. Innovative technologies in industry and computer science (RNTK FTI-2018) Conference proceedings], 2018, pp. 286-291.
10. Antsyferov S.S., Fazilova K.N., Rusanov K.E. Evaluation algorithm of cognitive systems non-equilibrium stability. *Problems of Artificial Intelligence*, 2018, No. 3 (10), pp. 57-65.
11. Antsyferov S.S., Fazilova K.N., Rusanov K.Ye. Otsenka neravnovesnoy ustoychivosti kognitivnykh sistem [Assessment of the nonequilibrium stability of cognitive systems] *Naukoyemkiye tekhnologii* [High technology], 2018, No. 11, pp. 14-19.
12. Algoritm kontrolya neravnovesnoy ustoychivosti kognitivnykh sistem [Algorithm for monitoring the nonequilibrium stability of cognitive systems] Antsyferov S.S., Rusanov K.Ye., Fazilova K.N., Rossiyskaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiyem. *Informatika i tekhnologii. Innovatsionnyye tekhnologii v promyshlennosti i informatike Sbornik dokladov konferentsii* [Russian scientific and technical conference with international participation. Computer science and technology. Innovative technologies in industry and computer science Conference proceedings], Moskva, 2019, pp. 344-350.
13. Antsyferov S.S., Fazilova K.N. Evaluation of cognitive systems structural elements effectiveness. *Problems of Artificial Intelligence*, 2019. No. 3 (14). pp. 40-46.
14. Antsyferov S.S., Fazilova K.N., Rusanov K.Ye. Modelirovaniye neravnovesnoy ustoychivosti kognitivnykh sistem [Modeling of nonequilibrium stability of cognitive systems] *Modelirovaniye neravnovesnykh sistem: Materialy XXI Vserossiyskogo seminara, 4-6 oktyabrya 2019 g.* [Modeling of nonequilibrium systems: Materials of the XXI All-Russian Seminar, October 4-6, 2019], Krasnoyarsk: Institut vychislitel'nogo modelirovaniya Sibirskogo otdeleniya Rossiyskoy akademii nauk, 2019. pp. 3-8.

RESUME

S. S. Antsyferov, K. N. Fazilova

Methodology Of Cognitive Systems Non-Equilibrium Stability Evaluating

Currently, methods of synergetics, information field theory, and modeling of thinking elements are used to study the properties of cognitive systems. Cognitive systems, as self-organizing systems, have a number of special properties, including non-equilibrium stability, which makes it possible to transform the structure. In this regard, the development task of methodology of cognitive systems non-equilibrium stability evaluating is relevant. The proposed methodology of cognitive systems non-equilibrium stability evaluating involves usage of number of previously developed models, such as a probabilistic model of cognitive system non-equilibrium stability, a model of structural elements effectiveness evaluating in real time.

Method of pairwise preferences is proposed for structural elements effectiveness evaluation.

As a result of the simulation, the areas of non-equilibrium stability of the system functioning were determined.

Methodology of cognitive systems non-equilibrium stability evaluating is proposed. This methodology allows us to determine the area of non-equilibrium stability and, based on this, to determine both the current state of the system and to predict possible states for various increments of the intensity of input information flows and flows within the system.

РЕЗЮМЕ

С. С. Анцыферов, К. Н. Фазилова

Методология оценки состояний когнитивных систем

Для исследования свойств когнитивных систем в настоящее время используют методы синергетики, теории информационного поля, моделирование элементов мышления. Когнитивные системы, как самоорганизующиеся системы, обладают рядом особых свойств, в числе которых неравновесная устойчивость, обеспечивающая возможность трансформации структуры. В связи с этим актуальной является задача разработки методологии оценки неравновесной устойчивости когнитивных систем. Предлагаемая методология оценки состояний когнитивных систем предполагает использование ряда ранее разработанных моделей, таких как вероятностная модель неравновесной устойчивости когнитивной системы, модель оценки эффективности структурных элементов в реальном масштабе времени.

Для оценки эффективности структурных элементов предложено использовать метод попарных предпочтений.

В результате проделанного моделирования были определены области неравновесной устойчивости функционирования системы.

Предложена методология оценки неравновесной устойчивости когнитивных систем. Данная методология позволяет определить область неравновесной устойчивости и, на основании этого, определять, как текущее состояние системы, так и осуществлять прогнозирование возможных состояний для различных приращений интенсивностей входных информационных потоков и потоков внутри системы.

Статья поступила в редакцию 04.03.2020.