Journal. – Vol. II. N 6, June 1996. – Режим доступу: http://www. aite ch. ac .j p/~ites lj /.

Computer-Assisted Language Learning [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://edvista.com/claire/call.html.

DELE Nivel initial (escolar) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://diplomas.cervantes.es/docs/ficheros/2005113 00001 _7_3.pdf.

***D. Andreyev. The Learning a Foreign Language by Means of Electronic Educational Environments.***

*The article deals with the usage of electronic educational environments, their role in teaching students at foreign language lessons. Information technologies are one of the modern means in education. The article highlights different communicative methods and technologies.*

***Keywords:*** *computers, computer programs, educational process, interactive educational technology, technology, method system, informational and communicative technologies, electronic educational environments.*

***УДК 004.896;579.722-024.83*** ***В. А. Касьянов, А. В. Гончаренко***

# ЭВОЛЮЦИЯ АКТИВНЫХ ИЗОЛИРОВАННЫХ СИСТЕМ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ПРИНЦИПА МАКСИМУМА СУБЪЕКТИВНОЙ ЭНТРОПИИ

*Статтю присвячено з'ясуванню особливостей функціонування активних систем ізольованих від матеріального та енергетичного обміну, із зовнішнім середовищем та між суб'єктами системи. Побудовано рекурсивні моделі динаміки предметних та рейтингових переваг на підставі принципу максимуму суб'єктивної ентропії. Розглянуто систему із одним суб'єктом, а також систему із двома суб'єктами, що взаємодіють за рахунок обміну ретроспективною інформацією.*

***Ключові слова:*** *принцип максимуму суб'єктивної ентропії, предметні та рейтингові переваги, агрегування переваг, ізольована в термодинамічному сенсі система.*

**Введение.** Принцип максимума субъективной энтропии, введенный в работах [Касьянов, 2003; Касьянов, 2007; Касьянов, 2013], а также аналог принципа Линскера – максимума взаимной субъективной информации

[Касьянов, 2014, с. 36-41], позволяют получить модели функций распределения индивидуальных предпочтений субъектов, принимающих решения. При определенных условиях можно выделить класс систем, в которых при полной изолированности от энергетического обмена и обмена веществом с внешней средой и между субъектами системы энтропии предпочтений субъектов могут уменьшаться. Это обстоятельство можно рассматривать как фундаментальное свойство активных систем.

**Актуальность исследований.** Изучение психических процессов, происходящих в замкнутых активных системах представляет как теоретический, так и практический интерес, в частности, с точки зрения проблемы построения принципов искусственного интеллекта.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Основные результаты исследований по принципу максимума субъективной энтропии были опубликованы в монографиях [Касьянов, 2003; Касьянов, 2007; Касьянов, 2013]. Некоторым практическим приложениям этого принципа посвящены работы [Касьянов, 2014, с. 36-41; Касьянов, 2013, Т. 3, № 4(63), с. 51-57; Prokhorenko, 2013, c. 2-27; Kasianov, Goncharenko, 2014, p. 59-65; Касьянов, 2014, с. 87-94; Касьянов, 2004, с. 41-56; Entropy paradigm, 2013, p. 115-128; Kasjanov, 2005, p. 6.38-6.42; Касьянов, Гончаренко, 2013; Делас, 2012, с. 13-18]. В работе [Касьянов, Гончаренко, 2014, с. 72-78] изучается квазиизолированная система с одним субъектом.

**Постановка задачи.** Разработать рекурсивную модель информационного обмена ретроспективной информацией внутри материально и энергетически изолированной системы, состоящей из двух субъектов. Выяснить условия: когда и как изменяются их индивидуальные предпочтения, предметные и рейтинговые, субъективные энтропии, проследить возникновение и развитие конфликтной ситуации в соответствии с моделью конфликтной ситуации, предложенной в [Касьянов, 2003; Касьянов, 2007; Касьянов, 2013; Entropy paradigm, 2013, p. 115-128].

Дальнейшее продвижение в этом направлении создает предпосылки для далеко-идущих выводов о возникновении и развитии конфликтов внутри социумов, так сказать – спонтанных конфликтов. Все такого рода выводы верны, если допустить, что психика субъектов следует вариационным энтропийным принципам и что субъективная энтропия играет здесь фундаментальную роль, как это предполагается в работах [Касьянов, 2003; Касьянов, 2007; Касьянов, 2013].

Схематически процесс обмена информацией и агрегирования изображен на рис. 1.

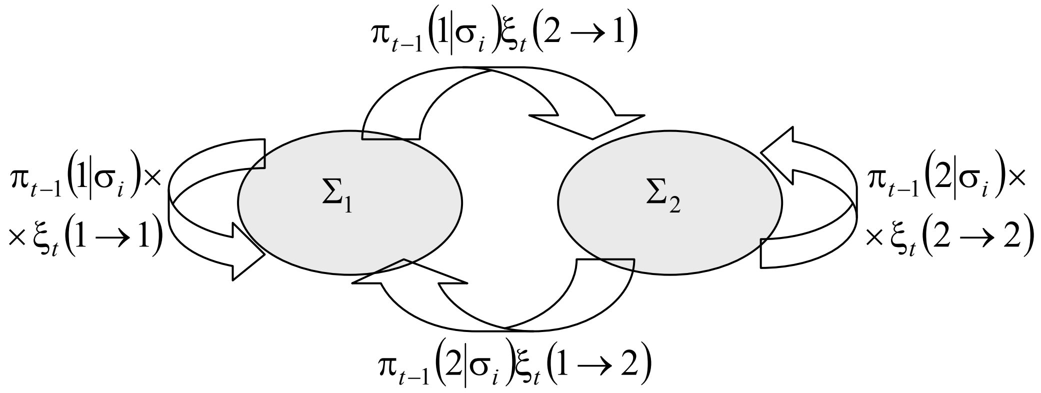


Рис. 1 – Схема обмена предметной и рейтинговой информацией между субъектами и схема агрегирования предметных предпочтений

Условия нормировки для показателей предпочтений $\pi_i$ выглядят следующим образом

$$\frac{1}{t_2 - t_1}\int_{t_1}^{t_2}\sum \pi_i dt = \frac{\sum \pi_i}{t_2 - t_1}\int_{t_1}^{t_2} dt = 1; \qquad \sum \pi_i = 1. \qquad (***)$$

**О принципе максимума и психологической температуре.** Речь идет о «макроскопической» теории, которая позволяет построить модели функционирования психики при выработке распределения предпочтений. Эта теория основывается на постулате субъективной оптимальности, центральным утверждением которого является **«Принцип Максимума Субъективной Энтропии»** (ПМСЭ) и не занимается обоснованием существования соответствующего «механизма» на психофизиологическом уровне.

Однако, есть основания полагать, что принцип оптимальности «выбора» на множестве альтернатив появился как следствие естественного отбора: большая энтропия соответствовала большей вероятности выживания при возникновении новой, незнакомой и нестандартной экзогенной ситуации. Очевидно и обратное: раз реализованный удачный (безопасный) выбор, «протоптанная дорога» при повторении уже раз разрешенной ситуации сводил энтропии почти к нулю. Здесь мы усматриваем при последующем выборе влияние прошлой, ретроспективной информации и, следовательно, памяти.

Этот эффект проявляется в зависимости от величины **«психологической температуры»**. Понятие психологической или эмоциональной температуры возникает в связи с тем, что распределения, которые следуют из принципа максимума субъективной энтропии формально совпадают с распределением Гиббса, которое существенным образом зависит от параметра, определяемого как абсолютная термодинамическая температура [Стратонович, 1975]. Как было показано в работе [Касьянов, Гончаренко, 2014, с. 72-78], от аналогичного параметра зависит направление изменения энтропии.

Настоящая работа является продолжением статьи [Касьянов, Гончаренко, 2014, с. 72-78]. В ней рассматривается активная система с двумя информационно взаимодействующими субъектами. Решаются аналогичные задачи о зависимости индивидуальных энтропий от времени.

Кроме предметных энтропий (энтропий распределений предметных предпочтений) рассчитываются энтропии рейтинговых предпочтений, изучается динамика конфликта, который возникает между субъектами системы: межсубъектный конфликт (но внутренний конфликт для замкнутой системы).

**Рекурсивная модель эволюции предпочтений изолированной системы с двумя субъектами.** В основу модели положены следующие идеи и допущения:

1. Оба субъекта формируют свои предпочтения как предметные, так и рейтинговые на основе принципа максимума их субъективных энтропий. При этом вводятся функционалы, имеющие для обоих субъектов одинаковую структуру, но с различными конструктивными параметрами.

2. Оптимизация и агрегирование предпочтений объединены в едином алгоритме. При этом в процессе агрегирования предметные предпочтения на предыдущем шаге («вчера») учитываются с весом равным относительным рейтингам носителя предпочтений каждого из субъектов «в глазах» данного субъекта.

3. Рейтинги в данной модели определяются величиной предметной энтропии данного субъекта в глазах «носителя», формирующего свои предметные предпочтения на последующем шаге. Предлагается

ряд моделей описывающих динамику рейтинговых показателей, в частности, с учетом величины рейтинговых коэффициентов на предыдущем шаге.

Допускается также, что

4. Имеет место полная, точная и правдивая информированность о предпочтениях друг друга в любой момент времени, причем информация передается от субъекта к субъекту практически мгновенно (без запаздывания).

5. Используется «операционное время» – фиксирующее моменты обмена информацией и фиксации значений функций. Символы $\ldots$ , $t-1$, $t$, $t+1$, $\ldots$ обозначают номера этих моментов.

6. Чем выше предметная энтропия (выше неопределенность), тем меньше рейтинг данного субъекта (в глазах другого).

7. Альтернатив две у каждого субъекта, причем для обоих они имеют одинаковый смысл.

Обозначим: $(\sigma_1, \sigma_2) \in S_a^{(2)}$ – альтернативы первого и второго субъектов. Распределение предметных предпочтений первого субъекта – $\pi_t(1|\sigma_1)$; $\pi_t(1|\sigma_2)$, второго – $\pi_t(2|\sigma_1)$; $\pi_t(2|\sigma_2)$, в момент $t$. «Дифференциальные» рейтинговые показатели обозначаются $\xi_t(i \to j|\sigma_k)$: рейтинг субъекта "$j$" глазами "$i$" в отношении к альтернативе $\sigma_k$. Могут быть использованы «интегральные» рейтинги по отношению ко множеству альтернатив $S_a$. В нашем случае мы используем для этих рейтингов обозначения $\xi_t(i \to j)$. Если изучается система $(N \times M) = 2 \times 2$, то будем использовать обозначение

$$\xi_t(1 \to 1); \qquad \xi_t(1 \to 2); \qquad \xi_t(2 \to 1); \qquad \xi_t(2 \to 2). \qquad (999)$$

Здесь первый и последний коэффициенты определяются как саморейтинги.

Условия нормировки предметных и рейтинговых предпочтений:

$$\pi_t(1|\sigma_1) + \pi_t(1|\sigma_2) = 1; \qquad \pi_t(2|\sigma_1) + \pi_t(2|\sigma_2) = 1; \qquad (999)$$

$$\xi_t(1 \to 1) + \xi_t(1 \to 2) = 1; \qquad \xi_t(2 \to 1) + \xi_t(2 \to 2) = 1. \qquad (999)$$

Для дифференциальных рейтингов условия нормировки выполняются для каждой альтернативы в отдельности:

$$\left.\begin{array}{l} \xi_t(1\to 1|\sigma_1)+\xi_t(1\to 2|\sigma_1)=1; \\ \xi_t(1\to 1|\sigma_2)+\xi_t(1\to 2|\sigma_2)=1; \\ \xi_t(2\to 1|\sigma_1)+\xi_t(2\to 2|\sigma_1)=1; \\ \xi_t(2\to 1|\sigma_2)+\xi_t(2\to 2|\sigma_2)=1. \end{array}\right\} \qquad (1)$$

В дальнейшем в модели будут использованы интегральные рейтинги. В рекурсивной модели используется схема агрегирования предметных предпочтений: предметные предпочтения каждого субъекта в момент $t$ вычисляются как сумма предпочтений обоих субъектов, взятых с весами равными рейтинговым коэффициентам.

$$\left.\begin{array}{l} \pi_t^{\Sigma}(1|\sigma_1)=\pi_{t-1}(1|\sigma_1)\xi_t(1\to 1)+\pi_{t-1}(2|\sigma_1)\xi_t(1\to 2); \\ \pi_t^{\Sigma}(1|\sigma_2)=\pi_{t-1}(1|\sigma_2)\xi_t(1\to 1)+\pi_{t-1}(2|\sigma_2)\xi_t(1\to 2); \\ \pi_t^{\Sigma}(2|\sigma_1)=\pi_{t-1}(1|\sigma_1)\xi_t(2\to 1)+\pi_{t-1}(2|\sigma_1)\xi_t(2\to 2); \\ \pi_t^{\Sigma}(2|\sigma_2)=\pi_{t-1}(1|\sigma_2)\xi_t(2\to 1)+\pi_{t-1}(2|\sigma_2)\xi_t(2\to 2). \end{array}\right\} \qquad (2)$$

Заметим, что рейтинговые коэффициенты-веса берутся в этих формулах в момент $t$, а предметные предпочтения в предыдущий момент $t-1$.

Распределения предметных предпочтений 1-го и 2-го субъектов найдем путем максимизации следующих функционалов: для $j$-го субъекта

$$\Phi_{\pi_t}(j)=-\sum_{i=1}^{2}\pi_t(j|\sigma_i)\ln\pi_t(j|\sigma_i)-\beta_{\pi_j}\sum_{i=1}^{2}\pi_t(j|\sigma_i)\big[\pi_{t-1}(1|\sigma_i)\xi_t(j\to 1)+$$

$$+\pi_{t-1}(2|\sigma_i)\xi_t(j\to 2)\big]+\gamma_{\pi_j}\sum_{i=1}^{2}\pi_t(j|\sigma_i); \qquad \left(j\in\overline{1,2}\right). \qquad (3)$$

Здесь $\beta_{\pi_j}$ и $\gamma_{\pi_j}$ – конструктивные коэффициенты, $\gamma_{\pi_j}$ – «коэффициент Лагранжа», так как изопериметрическое условие $\sum_{i=1}^{2}\pi_t(j|\sigma_i)=1$ задано заранее. Величина «функции эффективности» – второй член в формуле (3) заранее не известна. Величина $\beta_{\pi_j}=\frac{1}{T_{\pi_j}}$ – есть обратная психическая температура $T_{\pi_j}$, **«сопутствующая предметному выбору»**.

Рейтинговые веса $\xi_{t-1}(m)$ отыскиваются путем максимизации функционала

$$\Phi_{\xi_t}(m) = -\sum_{j=1}^{2} \xi_t(m \to j) \ln \xi_t(m \to j) - \beta_{\xi_m} \sum_{j=1}^{2} \xi_t(m \to j) \overline{H}_{\pi_{t-1}}(j) +$$

$$+ \gamma_{\xi_m} \sum_{j=1}^{2} \xi_t(m \to j); \qquad \left(m \in \overline{1,2}\right). \tag{4}$$

Коэффициенты $\beta_{\xi_m}$ и $\gamma_{\xi_m}$ – являются структурными параметрами. В данной схеме, как и при выборе $\beta_{\pi_j}$ и $\gamma_{\pi_j}$, они считаются задаваемыми «извне».

Хотя нужно заметить, что при построении иерархических моделей эти коэффициенты могут определяться на другом, ниже лежащем уровне иерархии.

Второе слагаемое в этой формуле – функция эффективности – содержит предметную энтропию $H_{\pi_{t-1}}(j)$ субъекта $j$ в момент $t-1$. По поводу выбора в качестве когнитивной функции энтропии нужно сделать определенные пояснения. Этот выбор в известной мере является произвольным, однако он опирается на соображения, которые кажутся естественными. В функционале (4) когнитивная функция зависит от относительной энтропии и не содержит рейтинговых коэффициентов, существовавших на предыдущем шаге. Чтобы расширить возможности модели, в дальнейшем рассматриваются когнитивные функции другой формы, которые одновременно учитывают, как степень неопределенности предпочтений субъектов, так и величину их предыдущих рейтингов.

Предполагается, что в сознании субъекта-«носителя» функционала (4) престиж, а, следовательно, и рейтинг другого субъекта тем выше, чем в большей степени он уверен в своих предпочтениях, другими словами, чем ниже его энтропия. Наоборот, субъект, который испытывает сомнения в выборе альтернативы (в данном случае – на множестве $S_a : (\sigma_1, \sigma_2)$), и имеет ввиду этого высокую энтропию не может высоко оцениваться. Его мнение учитывается с меньшим весом по сравнению с мнением субъекта, имеющего низкую энтропию.

Распределение $\pi_t(j|\sigma_i)$ определяется из условия

$$\frac{\partial \Phi_{\pi_t}(j)}{\partial \pi_t(j|\sigma_i)} = 0; \qquad \left(j \in \overline{1,2}\right). \tag{5}$$

С учетом нормировки:

$$\sum_{i=1}^{2}\pi_t\left(j|\sigma_i\right)=1 \tag{6}$$

находим для $j=1$:

$$\pi_t\left(1|\sigma_i\right)=\frac{e^{-\beta_{\pi_1}\left[\pi_{t-1}(1|\sigma_i)\xi_t(1\to1)+\pi_{t-1}(2|\sigma_i)\xi_t(1\to2)\right]}}{\sum_{q=1}^{2}e^{-\beta_{\pi_1}\left[\pi_{t-1}(1|\sigma_q)\xi_t(1\to1)+\pi_{t-1}(2|\sigma_q)\xi_t(1\to2)\right]}}; \tag{7}$$

для $j=2$:

$$\pi_t\left(2|\sigma_i\right)=\frac{e^{-\beta_{\pi_2}\left[\pi_{t-1}(1|\sigma_i)\xi_t(2\to1)+\pi_{t-1}(2|\sigma_i)\xi_t(2\to2)\right]}}{\sum_{q=1}^{2}e^{-\beta_{\pi_2}\left[\pi_{t-1}(1|\sigma_q)\xi_t(2\to1)+\pi_{t-1}(2|\sigma_q)\xi_t(2\to2)\right]}}. \tag{8}$$

В показателях степени фигурируют агрегированные предпочтения субъекта-носителя.

Рейтинговые коэффициенты находятся из условия

$$\frac{\partial\Phi_{\xi_t}(m)}{\partial\xi_t(m\to j)}=0; \qquad \left(m\in\overline{1,2}\right). \tag{9}$$

Учитывая нормирующее условие:

$$\sum_{j=1}^{2}\xi_t(m\to j)=1; \qquad \left(m\in\overline{1,2}\right), \tag{10}$$

находим

$$\xi_t(m\to j)=\frac{e^{-\beta_{\xi_m}\overline{H}_{\pi_{t-1}}(j)}}{\sum_{q=1}^{2}e^{-\beta_{\xi_m}\overline{H}_{\pi_{t-1}}(q)}}. \tag{11}$$

Формула (11) учитывает только степень неопределенности распределения предпочтений субъекта $j$.

Распределения (7), (8), (11) назовем однопараметрическими.

В расчетах будем использовать также формулы.

$$\xi_t(m\to j)=\frac{\xi_{t-1}(m\to j)^{\alpha_\xi}\,e^{-\beta_{\xi_m}\overline{H}_{\pi_{t-1}}(j)}}{\sum_{q=1}^{2}\xi_{t-1}(m\to q)^{\alpha_\xi}\,e^{-\beta_{\xi_m}\overline{H}_{\pi_{t-1}}(q)}}. \tag{11'}$$

$$\xi_t(m \to j) = \frac{\xi_{t-1}(m \to j)^{\alpha_\xi} + e^{-\beta_{\xi_m} \overline{H}_{\pi_{t-1}}(j)}}{\sum_{q=1}^{2} \xi_{t-1}(m \to q)^{\alpha_\xi} + e^{-\beta_{\xi_m} \overline{H}_{\pi_{t-1}}(q)}}, \qquad (11'')$$

$$\xi_t(m \to j) = \frac{e^{\xi_{t-1}(m \to j)^{\alpha_\xi} - \beta_{\xi_m} \overline{H}_{\pi_{t-1}}(j)}}{\sum_{q=1}^{2} e^{\xi_{t-1}(m \to q)^{\alpha_\xi} - \beta_{\xi_m} \overline{H}_{\pi_{t-1}}(q)}}. \qquad (11''')$$

Коэффициенты $\beta_{\xi_m}$ и $\alpha_\xi$ – являются структурными параметрами.

В формулах (11′)-(11‴) учитываются оба фактора: и степень «предметной» неопределенности субъекта $j$ и его рейтинг «в глазах субъекта $m$» существовавший на предыдущем шаге. В формулах (11′)-(11‴) содержатся по два конструктивных параметра. Поэтому эти распределения можно назвать двухпараметрическими. Три выше приведенных варианта отражают видения психолога на влияние двух факторов: степени неопределенности каждого из субъектов в предметной области и памяти о распределении рейтингов в прошлом. Недостатком модели (11′) является то обстоятельство, что если в некоторый момент времени рейтинговый коэффициент $\xi_t(m \to j)$ оказывается равным нулю, то он остается равным нулю во все последующие моменты времени. Этого недостатка лишены модели (11″), (11‴). Вообще, как было уже сказано, выбор вида когнитивной функции в значительной степени произволен. Имеют место математические ограничения относительно гладкости и дифференцируемости этих функций. В остальном выбор произволен. Смысл привлечения ПМСЭ состоит в том, что каждому выбору вида когнитивной функции, отражающему те или иные воззрения на действие законов психологии, ставится в соответствие вполне определенное распределение предпочтений для каждого заранее выбранного множества альтернатив. Таким образом, ПМСЭ является связующим звеном между представлениями психолога относительно роли различных факторов в процессе выбора и принятия решения и распределением предпочтений.

Когнитивные функции (11′)-(11‴) учитывают при изучении динамики рейтингов «память» о прошлых рейтингах («память о прошлых заслугах»).

Предметные энтропии здесь вычисляются по формулам

$$H_{\pi_{t-1}}(m) = -\sum_{i=1}^{2} \pi_{t-1}(m|\sigma_i) \ln \pi_{t-1}(m|\sigma_i). \qquad (12)$$

Коэффициенты $\beta_{\xi m}$ и $\gamma_{\xi m}$ – являются структурными параметрами.

**О межсубъектных конфликтах в изолированной системе с двумя субъектами.** Мы имеем в виду конфликт на предметном множестве $\sigma_i \in S_a$; $\left(i \in \overline{1,N}\right)$ и рейтинговый конфликт $\xi_k \in S_\xi$; $\left(k \in \overline{1,M}\right)$ в группе $(M=2)$, который по определению является конфликтом между распределениями предпочтений. Мерой интенсивности конфликта и его направленности является коэффициент корреляции $\rho_\Sigma$, а также частные энтропии субъектов $H_{\pi_t}(m)$.

Удобно использовать относительную энтропию:

$$\overline{H}_{\pi_t}(m) = (\ln 2)^{-1} H_{\pi_t}(m). \tag{***}$$

$$H_{\pi_t}(m) = -\sum_{i=1}^{N} \pi_t(m|\sigma_i) \ln \pi_t(m|\sigma_i). \tag{13}$$

Коэффициент корреляции между субъектами $j$ и $k$ вычисляется по формуле

$$\rho_{\Sigma_t}(j,k) = \frac{\sum_{i=1}^{N}\left(\pi_t(j|\sigma_i) - \frac{1}{N}\right)\left(\pi_t(k|\sigma_i) - \frac{1}{N}\right)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{N}\left(\pi_t(j|\sigma_i) - \frac{1}{N}\right)^2 \sum_{i=1}^{N}\left(\pi_t(k|\sigma_i) - \frac{1}{N}\right)^2}}. \tag{14}$$

Если альтернативы только две: $N=2$, то коэффициент корреляции принимает только два значения: $\pm 1$. Поэтому, для характеристики не только направленности конфликта, но и его интенсивности необходимо ввести другие показатели, например,

$$K_{1_t} = \rho_{\Sigma_t}\left(1 - \overline{H}_{j_t}\right)^\delta \left(1 - \overline{H}_{k_t}\right)^\delta \tag{15}$$

и

$$K_{2_t} = \rho_{\Sigma_t} - K_{1_t}. \tag{16}$$

Если в случае «одноместных» альтернатив порядок предпочтений оказывается противоположным

$$\Sigma_1 : \sigma_1 \succ \sigma_2; \qquad \Sigma_2 : \sigma_1 \prec \sigma_2, \tag{17}$$

то $\rho_{\Sigma_t} = -1$; $K_{1_t} < 0$. При полном согласии (конкордации) $K_{1_t} = -1$.

Если $K_{2_t} \to -1$, то при тех же условиях будем считать, что имеет место диссонансный межсубъектный конфликт, обусловленный внутренним диссонансным конфликтом.

Показатель $K_{1_t}$ в этом случае близок к нулю, $K_{2_t} \to +1$, если $\rho_{\Sigma_t} = +1$, а

$\overline{H}1_t$, либо $\overline{H}2_t \to 1$. В этом случае можно говорить о консонантном межсубъектном конфликте, в основе которого лежит внутренний диссонансный конфликт одного или обоих субъектов.

Показатель $K_{2_t}$ удобно использовать в случае, когда одна из альтернатив является корпоративной. Тогда близость энтропий $\overline{H}1_t$ и $\overline{H}2_t$ к единице означает высокую степень неуверенности субъектов и неопределенности в выборе альтернативы. В состоянии близости к безразличию или неопределенности время для принятия решения может оказаться большим. Такую ситуацию можно трактовать как когнитивный диссонанс одного или обоих субъектов, соответственно внутрисубъектные конфликты трансформируются в межсубъектный конфликт.

Если хотя бы один из субъектов испытывает колебания, нерешительность, то его энтропия $\overline{H}_{j_t}$ близка к единице, а $K_{2_t}$ соответственно, приближается к $+1$, либо к $-1$ в зависимости от того совпадают или нет порядки предпочтений малоотличающихся в количественном отношении.

Упомянутые показатели изменяются в пределах (при $N > 2$):

$$0 \le \overline{H}_{j_t} \le 1; \qquad -1 \le \rho_{\Sigma_t} \le 1; \qquad -1 \le K_{1_t} \le 1; \qquad -1 \le K_{2_t} \le 1. \quad (18)$$

Показатель $\delta$ выбирается «экспериментально» из условия, чтобы $K_{1_t}$ и $K_{2_t}$ обладали достаточной чувствительностью к изменению энтропий.

Если оба распределения предпочтений сингулярны и оба субъекта с полной определенностью предпочитают одну и ту же альтернативу, то

$$\overline{H}1_t = \overline{H}2_t = 0; \qquad \rho_{\Sigma_t} = \pm 1; \qquad K_{1_t} = +1. \quad (19)$$

В случае, если предпочитаемая альтернатива «одноместна», имеет место максимально «острый» консонантный конфликт. Когда распределения предпочтений не сингулярны, но порядок предпочтений у обоих субъектов одинаков, конфликт имеет место, но не является максимально напряженным $(K_1 > 0)$:

$$\Sigma_1 : \sigma_1 \succ \sigma_2; \qquad \Sigma_2 : \sigma_1 \succ \sigma_2. \quad (20)$$

**Некоторые результаты численного моделирования.** Для однопараметрических распределений (типа (7), (8)) критические значения параметров $\beta^*_{\pi_j}$ и $\beta^*_{\xi_m}$, соответствующие условиям изменения знака приращения энтропии могут быть найдены из уравнений $\overline{H}_{\pi_t}\left(j|\beta^*_{\pi_j}\right)=\overline{H}_{\pi_{t-1}}\left(j|\beta^*_{\pi_j}\right)$, $\overline{H}_{\xi_t}\left(j|\beta^*_{\xi_m}\right)=\overline{H}_{\xi_{t-1}}\left(j|\beta^*_{\xi_m}\right)$. Для двухпараметрических распределений (типа (11′)-(11‴)) соответствующие уравнения для определения критических значений параметров имеют вид: $\overline{H}_{\pi_t}\left(j|\alpha^*_{\pi_j}\beta^*_{\pi_j}\right)=\overline{H}_{\pi_{t-1}}\left(j|\alpha^*_{\pi_j}\beta^*_{\pi_j}\right)$, $\overline{H}_{\xi_t}\left(j|\alpha^*_{\xi_m}\beta^*_{\xi_m}\right)=\overline{H}_{\xi_{t-1}}\left(j|\alpha^*_{\xi_m}\beta^*_{\xi_m}\right)$.

Ниже приведены результаты численного моделирования поведения основных характеристик системы и ее субъектов. Исходные данные для случая (11) представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Исходные данные для моделирования

| t | πt(1 σ1) | πt(1 σ2) | πt(2 σ1) | πt(2 σ2) |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 0,2 | 0,8 | 0,55 | 0,45 |

| | |
|---|---|
| δ | 1 |
| βπ1 | 1,8 |
| βπ2 | 3 |
| βξ1 | 2 |
| βξ2 | 1 |

Результаты моделирования в соответствии с формулами (7), (8) представлены на рис. 2, 3.

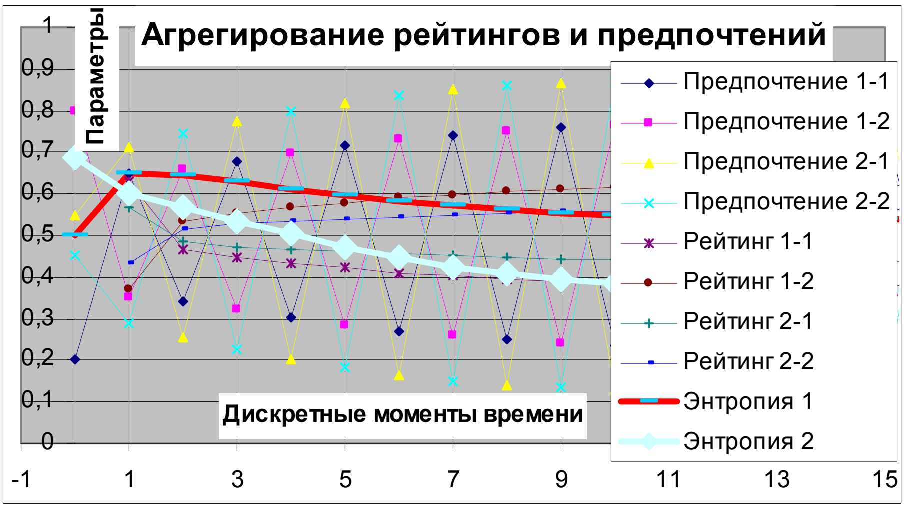


Рис. 2 – Параметры системы с двумя субъектами при наличии двух альтернатив

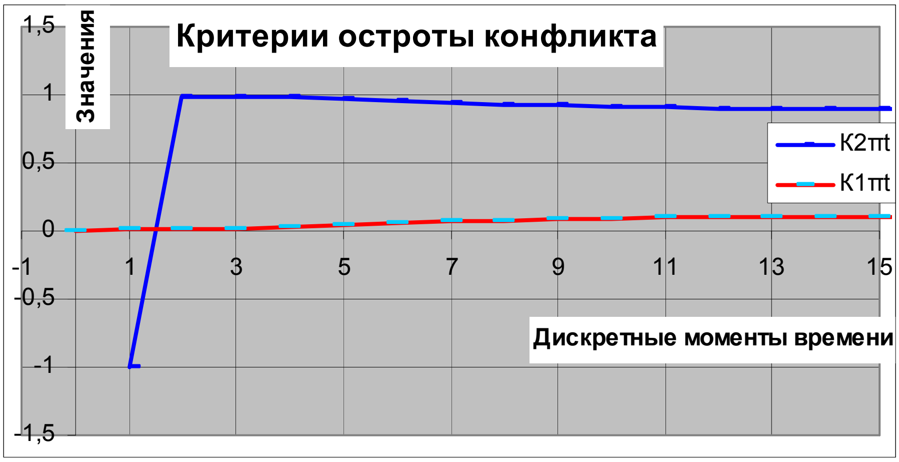


Рис. 3 – Динамика конфликта с двумя субъектами при двух альтернативах

Видим, что имеет место «колебательный» режим изменения предпочтений. Предметные энтропии субъектов стремятся к различным предельным уровням. Критерий конфликта $K_{2_t}$ меняет знак и со временем он стабилизируется на уровне близком к единице.

Результаты выборочного моделирования с использованием двухпараметрических распределений (11′)-(11′′′) показаны на рис. 4-7.

В случае (11′) начальные данные приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Исходные данные для моделирования

| t | $\pi_t(1\mid\sigma_1)$ | $\pi_t(1\mid\sigma_2)$ | $\pi_t(2\mid\sigma_1)$ | $\pi_t(2\mid\sigma_2)$ | $\xi_t(1\to1)$ | $\xi_t(1\to2)$ | $\xi_t(2\to1)$ | $\xi_t(2\to2)$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0,3 | 0,7 | 0,6 | 0,4 | 0,4 | 0,6 | 0,5 | 0,5 |

| | |
|---|---|
| $\alpha$ | 1,368884 |
| $\delta$ | 1 |
| $\beta_{\pi1}$ | -2,6 |
| $\beta_{\pi2}$ | 6 |
| $\beta_{\xi1}$ | 0,5 |
| $\beta_{\xi2}$ | 0,2 |

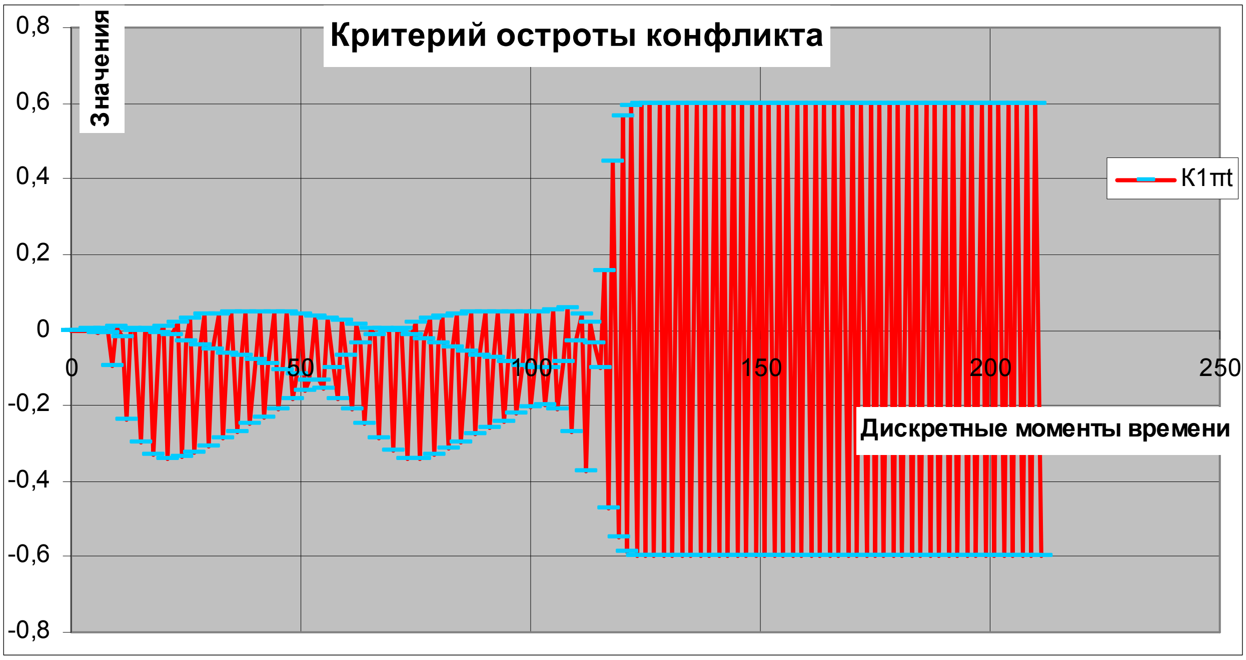


Рис. 4 – Динамика конфликта с двумя субъектами при двух альтернативах

Видно, что в определенный момент времени имеет место скачкообразное нарастание интенсивности конфликта. При этом, как и выше имеет место знакопеременный «периодический» процесс (см. рис. 4).

На диаграмме энтропий (см. рис. 5) также отмечается скачкообразное изменение поведения энтропий как функций времени, что согласуется с поведением критериев остроты конфликта (см. рис. 4). Это явление обусловлено тем, что в соответствующий момент времени происходит стабилизация предпочтений, либо пошаговая нормировка предпочтений относительно избранных альтернатив. Вследствие того, что коэффициент корреляции меняет свое значение на противоположное на каждом шаге, конфликт не стабилизируется на каком-то определенном уровне. Что и показано в массиве расчетных значений, приведенном в виде табл. 3.

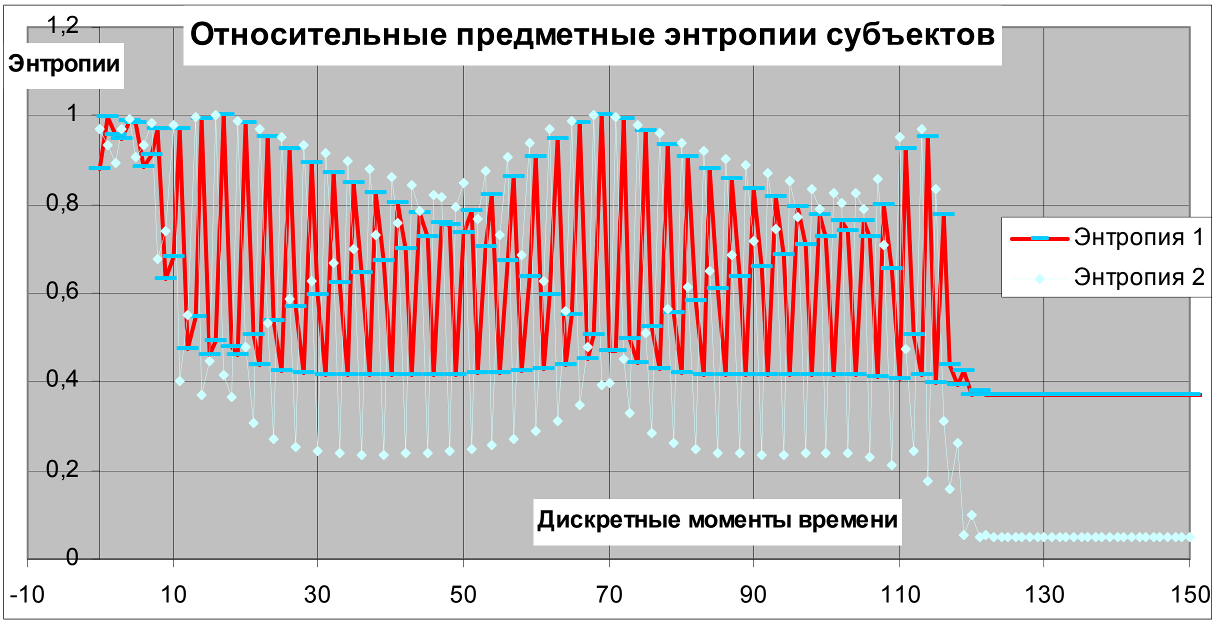


Рис. 5 – Динамика относительных предметных энтропий при двух субъектах и двух альтернативах

Таблица 3 – Значения параметров модели

| t | $\pi_t(1\|\sigma_1)$ | $\pi_t(1\|\sigma_2)$ | $\pi_t(2\|\sigma_1)$ | $\pi_t(2\|\sigma_2)$ |
|---|---|---|---|---|

| $Ħ\pi_t(1)$ | $Ħ\pi_t(2)$ | $\rho$ | $K_{1\pi t}$ | $K_{2\pi t}$ |
|---|---|---|---|---|

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 121 | 0,073527 | 0,926473227 | 0,9943 | 0,0057 |
| 122 | 0,92893 | 0,071070464 | 0,993643 | 0,006357 |
| 123 | 0,928704 | 0,071296409 | 0,005778 | 0,994222 |
| 124 | 0,071097 | 0,928902688 | 0,005803 | 0,994197 |
| 125 | 0,071106 | 0,9288941 | 0,994216 | 0,005784 |
| 126 | 0,928901 | 0,071099425 | 0,994215 | 0,005785 |
| 127 | 0,9289 | 0,071099633 | 0,005784 | 0,994216 |
| 128 | 0,071099 | 0,928900521 | 0,005784 | 0,994216 |
| 129 | 0,071099 | 0,928900516 | 0,994216 | 0,005784 |
| 130 | 0,928901 | 0,07109948 | 0,994216 | 0,005784 |
| 131 | 0,928901 | 0,07109948 | 0,005784 | 0,994216 |
| 132 | 0,071099 | 0,92890052 | 0,005784 | 0,994216 |
| 133 | 0,071099 | 0,92890052 | 0,994216 | 0,005784 |
| 134 | 0,928901 | 0,07109948 | 0,994216 | 0,005784 |
| 135 | 0,928901 | 0,07109948 | 0,005784 | 0,994216 |
| 136 | 0,071099 | 0,92890052 | 0,005784 | 0,994216 |
| 137 | 0,071099 | 0,92890052 | 0,994216 | 0,005784 |
| 138 | 0,928901 | 0,07109948 | 0,994216 | 0,005784 |
| 139 | 0,928901 | 0,07109948 | 0,005784 | 0,994216 |
| 140 | 0,071099 | 0,92890052 | 0,005784 | 0,994216 |
| 141 | 0,071099 | 0,92890052 | 0,994216 | 0,005784 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 0,378949 | 0,050691 | -1 | -0,589569 | -0,410431 |
| 0,369906 | 0,055532 | 1 | 0,595104 | 0,404896 |
| 0,370743 | 0,051272 | -1 | -0,596993 | -0,403007 |
| 0,370005 | 0,051458 | 1 | 0,597576 | 0,402424 |
| 0,370037 | 0,051318 | -1 | -0,597634 | -0,402366 |
| 0,370013 | 0,051323 | 1 | 0,597654 | 0,402346 |
| 0,370014 | 0,051319 | -1 | -0,597656 | -0,402344 |
| 0,370013 | 0,051319 | 1 | 0,597656 | 0,402344 |
| 0,370013 | 0,051319 | -1 | -0,597656 | -0,402344 |
| 0,370013 | 0,051319 | 1 | 0,597656 | 0,402344 |
| 0,370013 | 0,051319 | -1 | -0,597656 | -0,402344 |
| 0,370013 | 0,051319 | 1 | 0,597656 | 0,402344 |
| 0,370013 | 0,051319 | -1 | -0,597656 | -0,402344 |
| 0,370013 | 0,051319 | 1 | 0,597656 | 0,402344 |
| 0,370013 | 0,051319 | -1 | -0,597656 | -0,402344 |
| 0,370013 | 0,051319 | 1 | 0,597656 | 0,402344 |
| 0,370013 | 0,051319 | -1 | -0,597656 | -0,402344 |
| 0,370013 | 0,051319 | 1 | 0,597656 | 0,402344 |
| 0,370013 | 0,051319 | -1 | -0,597656 | -0,402344 |
| 0,370013 | 0,051319 | 1 | 0,597656 | 0,402344 |
| 0,370013 | 0,051319 | -1 | -0,597656 | -0,402344 |

Предпочтения субъектов имеют сдвиг пошаговых пропусков нормировок по соответствующим альтернативам.

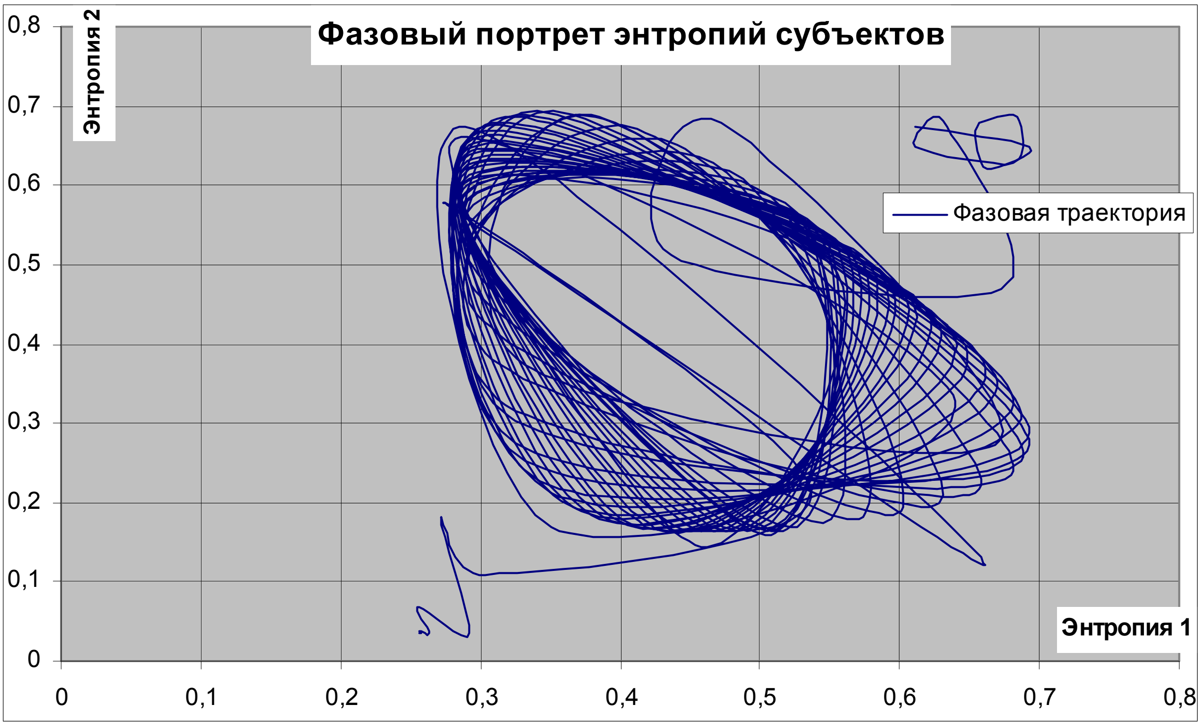


Рис. 6 – Визуальный эффект поверхности Мебиуса

Фазовый портрет изменения предметных энтропий двух субъектов напоминает поверхность Мебиуса (см. рис. 6). Эта картина представляет собой плоское изображение огибающей множества линий перехода из состояния в состояние.


Рис. 7 – Динамика агрегированных параметров

Для случая (11″) начальные данные для расчета приведены в табл. 4.

Таблица 4 – Исходные данные

| t | $\pi_t(1\|\sigma_1)$ | $\pi_t(1\|\sigma_2)$ | $\pi_t(2\|\sigma_1)$ | $\pi_t(2\|\sigma_2)$ | $\xi_t(1\to1)$ | $\xi_t(1\to2)$ | $\xi_t(2\to1)$ | $\xi_t(2\to2)$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0,2 | 0,8 | 0,7 | 0,3 | 0,01 | 0,99 | 0,5 | 0,5 |

| | |
|---|---|
| $\alpha$ | 2,7 |
| $\delta$ | 1 |
| $\beta_{\pi1}$ | 2 |
| $\beta_{\pi2}$ | 3 |
| $\beta_{\xi1}$ | 0,5 |
| $\beta_{\xi2}$ | 1,8 |

Результаты расчетов показаны на рис. 8.

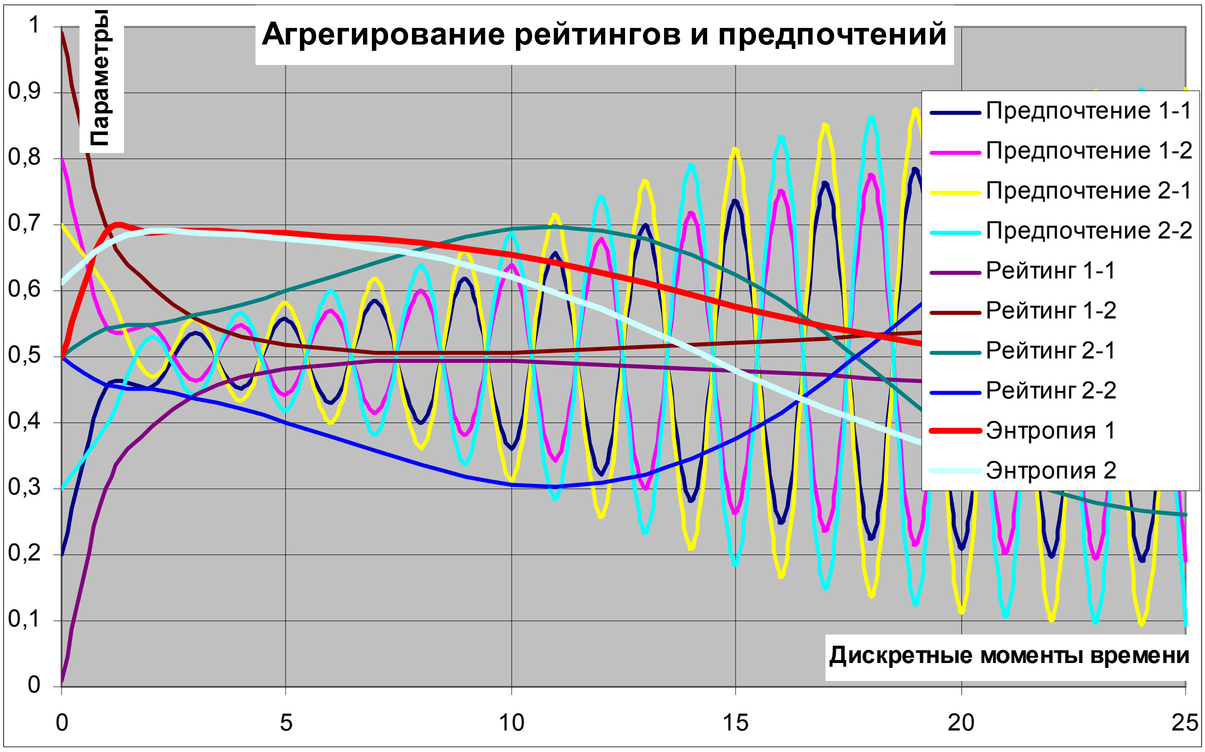


Рис. 8 – Динамика агрегированных параметров

Как видно из рис. 8, данный случай характеризуется наличием, как и в предыдущих случаях, «колебательного» режима для предпочтений, плавным изменением энтропий и рейтингов первого и второго субъекта, причем для второго субъекта имеет место инверсия рейтингов.

Во всех случаях имеет место начальный участок «приспособления» системы к выбранным произвольно исходным данным, в том числе к начальным значениям предпочтений.

Дальнейшие эксперименты проделаем для модели (11‴). Начальные данные для расчета приведены в табл. 5.

Таблица 5 – Исходные данные

| t | $\pi_t(1 \mid \sigma_1)$ | $\pi_t(1 \mid \sigma_2)$ | $\pi_t(2 \mid \sigma_1)$ | $\pi_t(2 \mid \sigma_2)$ | $\xi_t(1\to1)$ | $\xi_t(1\to2)$ | $\xi_t(2\to1)$ | $\xi_t(2\to2)$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0,6 | 0,4 | 0,2 | 0,8 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 0,2 |

| | |
|---|---|
| $\alpha$ | 1 |
| $\delta$ | 1 |
| $\beta_{\pi1}$ | 4,5 |
| $\beta_{\pi2}$ | 1,5 |
| $\beta_{\xi1}$ | 2 |
| $\beta_{\xi2}$ | 0,5 |

Результаты расчетов показаны на рис. 9.

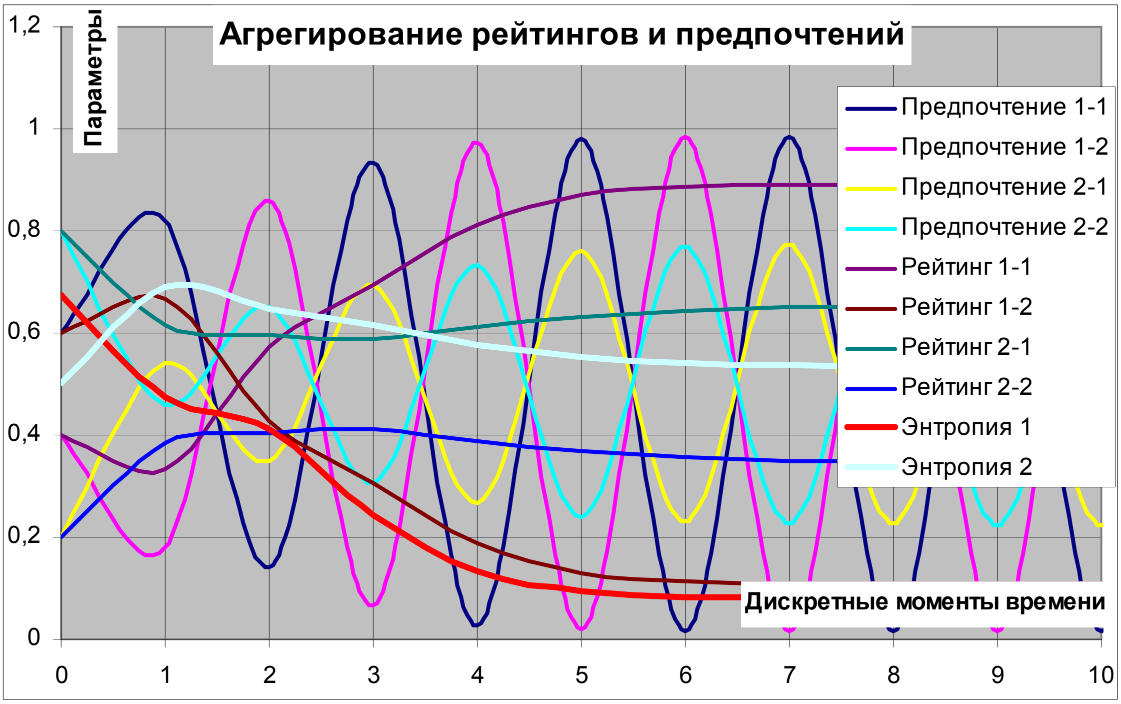


Рис. 9 – Динамика агрегированных параметров

Приведенные рассуждения без принципиальных затруднений распространяются на группы из 3-х и более субъектов $(M > 2)$ и, в конечном счете, на любые социальные группы, а также на количество альтернатив $N > 2$.

Заметим, что в этом случае коэффициент корреляции $\rho_{\Sigma_t}$ может принимать любые значения в диапазоне $[-1, +1]$.

**Выводы.** В результате исследований выявлена способность активной системы изолированной в материальном плане снижать индивидуальную энтропию предметных предпочтений субъектов за счет информации накопленной («законсервированной») в памяти субъекта на предыдущих шагах динамического анализа ситуаций.

## *Источники:*

*Делас Н.И., Касьянов В.А.* Предельно гиперболический закон распределения в самоорганизованных системах // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – Том 4, № 4 (58).

*Касьянов В.А.* Кинетическое уравнение социодинамики // ScienceRise. – 2014. – № 1 (1).

*Касьянов В.А.* Модель неаддитивной Н-меры // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. Серия: Математика и кибернетика – фундаментальные и прикладные аспекты. – Харьков : Технологический Центр, 2013. – Т. 3, № 4 (63).

*Касьянов В.А.* Субъективный анализ: монография. – Київ : НАУ, 2007.

*Касьянов В.А.* Субъективный риск для предметных и рейтинговых предпочтений // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. Серия: Математика и кибернетика – прикладные аспекты. – Харьков : Технологический Центр, 2014. – Т. 4, № 4(70).

*Касьянов В.А.* Элементы субъективного анализа: монография. – Київ : НАУ, 2003.

*Касьянов В.А., Гончаренко А.В.* Свет и тень. Пропорции теневой экономики. Энтропийный подход: монография. – Київ : Кафедра, 2013.

*Касьянов В.А., Гончаренко А.В.* Субъективный анализ и безопасность активных систем // Кибернетика и вычислительная техника. – 2004. – Вып. 142.

*Касьянов В.А., Гончаренко А.В.* Рекурсивные модели психодинамики для прогнозирования поведения активных систем управления с памятью // ScienceRise. – 2014. – № 2 (2).

*Стратонович Р.Л.* Теория информации. – Москва : Сов. радио, 1975.

Entropy paradigm in the theory of hierarchical active systems. Elements of conflict theory / V.A. Kasianov, K. Szafran, A.V. Goncharenko, T.V. Shipitiak // Prace Instytutu Lotnictwa Transactions of the institute of aviation. – Warszawa Warsaw, Poland: Institute of Aviation Scientific Publications, 2013. – № 5-6.

*Kasianov V.* Subjective entropy of preferences. Subjective analysis: monograph. – Warsaw, Poland : Institute of aviation, 2013.

*Kasianov V.A., Goncharenko A.V.* Connection of subjective entropy maximum principle to the main laws of psych // Research in Psychology and Behavioral Sciences. – 2014. – Vol. 2, № 3.

*Kasjanov V., Goncharenko A.* Quantitative models of influence of subjective factors on flight safety // Proceedings of The Second World Congress «Aviation in the XXI st Century», Kyiv, September 19-21, 2005. – Kyiv : NAU, 2005.

*Prokhorenko I.* Optimizing distribution operational time during the preparation of engineering aviation training // Transactions of the institute of aviation. Selected problems of air transport. – Warsaw : Institute of Aviation Scientific Publications, 2013.

***V. Kas'yanov, A. Goncharenko. Evolution of Active Isolated Systems Point of View Maximum Entropy Principle of Subjective.***

*The paper is devoted to cleaning up the peculiarities of functioning of active systems which are open for information exchange inside themselves, but are absolutely closed with respect to the energy and substance exchange with the environment and subjects of the system between each other. It is shown that under some conditions such systems can decrease the subjective entropies of their subjects.*

***Keywords:*** *principle of maximum entropy subjective, substantive and rating benefits of aggregation benefits, isolated in the thermodynamic sense system.*