УДК 347.822.4 (045)

ГІБРИДНА МОДЕЛЬ ГЕНЕРАЦІЇ ПЕРЕВАГ

В.О. Касьянов
Доктор технічних наук, професор*
Контактний тел.: 050-700-79-04
E-mail: vakasyanov@mail.ru
Т.В. Шипитяк
Аспірантка*
Контактний тел.: 097-688-87-52
E-mail: tanya_perzhinska@ukr.net
К. Шафран
Кандидат технічних наук*
*Кафедра механіки
Національний авіаційний університет
пр. Комарова, 1, м. Київ, Україна, 03680

Запропонована гібридна модель генерації переваг. Вона представляє собою самостійний метод і породжує додаткові можливості дослідження активних систем, врахування суб'єктивних факторів. Наведено деякі результати моделювання

Ключові слова: багатоальтернативна ситуація, рівняння Колмогорова, ентропія

Предложена гибридная модель генерации предпочтений. Она представляет собой самостоятельный метод и порождает дополнительные возможности исследования активных систем, учет субъективных факторов. Приведены некоторые результаты моделирования

Ключевые слова: многоальтернативная ситуация, уравнения Колмогорова, энтропия

A hybrid model for the generation of preferences is proposed. It is an independent method, and generates additional possibilities for investigating active systems, taking into account subjective factors. Some results of simulation are presented

Keywords: multialternative situation, Kolmogorov equation, entropy

Постановка проблеми

В даній роботі розглядається проблема прийняття рішень в багатоальтернативній ситуації в рамках суб'єктивного аналізу. Запропонована гібридна модель генерації переваг. В її основі лежить модифікована модель Колмогорова, яка відображає окрім об'єктивних, ще й суб'єктивні фактори моделі. Модифікація такої моделі полягає в заміні ймовірності на переваги. Даний підхід надає нові можливості для аналізу активних систем.

Аналіз останніх досліджень

Теорії активних систем присвячено багато публікацій, до яких належать [1,2,3]. В даній літературі теорія активних систем розглядається з точки зору теорії управління. Вважливо відмітити, що переважна більшість систем в природі – це активні системи, саме тому актуальність цієї теми не потребує підтвердження.

Активним системам присвячена також монографія [4].

Ціль статті

Ціллю статті є висвітлення альтернативної моделі генерації переваг, що дає можливість побудови більш повної моделі з урахуванням суб'єктивних факторів.

Основні співвідношення моделі

Розглянемо наступну задачу: активна система [1,-2,3] може знаходитися в одному із N станів екзогенної множини R_p і здійснює переходи із стану в стан (ij). Припустимо для простоти, що переходи в просторі R_p відповідають марковській моделі, а перехідні ймовірності задовольняють рівнянням Колмогорова [4, 5]:

$$\frac{\partial P_{i,j}(t,t_1)}{\partial t} = -q_j(t)\cdot P_{i,j}(t,t_1) + \sum_{k=0}^{N} q_k(t)\cdot Q_{k,j}(\tau)\cdot P_{j,k}(t,t_1) \quad (1)$$

$$\frac{\partial P_{i,j}(t,t_1)}{\partial t_1} = q_i(t_1)\cdot[P_{i,j}(t,t_1) - \sum_{k=0}^{N} Q_{i,k}(t_1)\cdot P_{k,j}(t,t_1)], \quad (2)$$

де $q_i(t_1)$ – густина ймовірності випадкових екзогенних змін в момент t у стані з номером i; $Q_{i,k}(t)$ – умовна ймовірність того, що система в результаті «стрибка» в момент t перейде із стану i в стан k. Перехідні ймовірності $P_{i,j}(t,t_1)$ задовольняють умовам: $0 \le P_{i,j}(t,t_1) \le 1; \quad \vee(i,j) \ , \sum_{j=1}^{N} P_{i,j}(t,t_1) \le 1$.

А також рівнянням Чемпера-Колмогорова:

$$P_{i,j}(t,t_1) = \sum_{k=0}^{N} P_{i,k}(t,s)\cdot P_{k,j}(k,t_1) \quad (3)$$

З початковими умовами:

$$P_{i,j}(t,t_1) = \delta_{i,j} = \begin{cases} 1 \text{ якщо } i = j \\ 0 \text{ якщо } i \ne j \end{cases} \quad (4)$$

Припустимо, що в результаті події $A_i(t)$ з густиною ймовірності $q_i(t)$ виникає набір стратегій управління $\sigma_{m,i}(t) \in S_{a,i}(t); m \in \overline{1,L})$ и $Q_{i,j}(t|\sigma_{m,i}(t)$ – умовна ймовірність переходу i→j, якщо буде обрана стратегія $\sigma_{m,i}(t)$. Окрім того, нехай $P(\sigma_{m,i}(t)|i)$ – ймовірність вибору стратегії $\sigma_{m,i}(t)$. Тоді перехідна ймовірність

$Q_{i,j}(t)$ може бути представлена за допомогою формули повної ймовірності. Для $P(\sigma_{m,i}(t)|i)$ виконується умова нормування: $\sum_{m=1}^{L} P(\sigma_{m,i}(t)|i)=1$.

Якщо припустити, що вибір альтернативної стратегії здійснюється суб'єктом активної системи, то можна вважати, що ймовірність $P(\sigma_{m,i}(t)|i)$ прямо пропорційна перевагам суб'єкта $\pi(\sigma_{m,i}(t)|i)$, які також на $S_{a,i}$ нормовані на одиницю. Можна зробити неформальну заміну $P(\sigma_{m,i}(t)|i) \to \pi(\sigma_{m,i}(t)|i)$. Тоді співвідношення «об'єктивної» повної ймовірності:

$$Q_{i,j}(t)=\sum_{m=1}^{N} P(\sigma_{m,i}(t)|i)\cdot Q_{i,j}(t|\sigma_{m,i}(t)) \quad (5)$$

замінюється співвідношенням «суб'єктивної» повної ймовірності

$$Q_{i,j}(t)=\sum_{m=1}^{N} \pi(\sigma_{m,i}(t)|i)\cdot Q_{i,j}(t|\sigma_{m,i}(t)) \quad (6)$$

В такому випадку рівняння Колмогорова набувають інший вид і представляють собою гібридну схему, яка відображає як суб'єктивні так і об'єктивні фактори.

Відмітимо, що згідно з суб'єктивним аналізом «носієм» розподілу переваг завжди є індивідуум (або «віртуальний суб'єкт», або «колективний розум»).

Кількість та зміст стратегій формується на суб'єктивному рівні. Замість рівнянь (1) та (2) можна з урахуванням вище зазначеного матеріалу отримати наступні рівняння:

$$\begin{gathered}\frac{\partial P_{i,j}(t,t_1)}{\partial t}=-q_j(t)\cdot P_{i,j}(t,t_1)+\\ +\sum_{k=0}^{N} q_k(t)\cdot\sum_{m=1}^{L_k}\pi(\sigma_{m,k}(t)|k)\cdot Q_{k,j}(t|\sigma_{m,k}(t))\cdot P_{j,k}(t,t_1)\end{gathered} \quad (7)$$

$$\begin{gathered}\frac{\partial P_{i,j}(t,t_1)}{\partial t_1}=q_j(t_1)\cdot[P_{i,j}(t,t_1)-\\ -\sum_{k=0}^{N}\sum_{m=1}^{L_i}\pi(\sigma_{m,i}(t_1)|i)\cdot Q_{i,k}(t_1|\sigma_{m,i}(t_1))\cdot P_{k,j}(t,t_1)]\end{gathered} \quad (8)$$

Ці рівняння описують марковський процес нерозривний в часі та стрибкоподібний в просторі станів і є модифікованим рівнянням Колмогорова.

Для визначення розподілу переваг $\pi(\sigma_{m,i}(t)|i)=\pi(\sigma_{m,i})$ використовується основна гіпотеза суб'єктивного аналізу, яка полягає в тому, що розподіл переваг кожен раз є «канонічним розподілом», який отримується за рахунок вирішення певної варіаційної задачі.

В якості такого варіаційного принципу приймається принцип максимуму суб'єктивної ентропії:

$$H_{\pi_i}=-\sum_{m=1}^{L}\pi(\sigma_{m,i})\cdot\ln\pi(\sigma_{m,i}) \quad (9)$$

В якості критерію обирається функціонал:

$$\begin{gathered}\Phi_{\pi_i}=-\sum_{m=1}^{L}\pi(\sigma_{m,i})\cdot\ln(\pi(\sigma_{m,i}))\pm\beta\cdot\sum_{m=1}^{L}\pi(\sigma_{m,i})\cdot F(\sigma_{m,i})+\\ +\gamma\cdot\sum_{m=1}^{L}\pi(\sigma_{m,i})\end{gathered}, \quad (10)$$

де $F(\sigma_{m,i})$ – «когнітивна функція», яка відображає уявлення суб'єкта про екзогенну обстановку, позитивні та негативні обставини даної проблемної ситуації. Окрім того, байєсовський ризик може виступати у ролі такої «когнітивної функції». Теорія комбінованого байєсовського ризику буде висвітлена в даній статті нижче.

Варіаційний принцип такого вигляду для фізичної кінетики був запропонований Джейнсом [6], але пізніше був використаний в інших галузях: біології, соціології, логістиці, економіці, тощо.

В даному випадку він використовується як один із принципів, який пояснює функціонування психіки на «макроскопічному» рівні. Відмінність та особливість полягає в тому, що в даному випадку замість ймовірностей $P(\sigma_{m,i})$ використовуються функції переваг, які завжди відносяться до індивідуального носія і ймовірностями в загальному випадку не являються. Зокрема, дана проблемна ситуація може мати місце лише один раз. Деякі базові поняття теорії ймовірності є неактуальними і можуть бути зняті.

Таким чином, запропонована гібридна схема представляє самостійний метод і породжує додаткові можливості дослідження активних систем, врахування суб'єктивних факторів. Більш проста модель імовірнісної складової теорії основана на припущенні про спеціальний характер потоку подій (наприклад, про пуасонівський). Якщо позначити через P_i ймовірність перебування системи в відповідних станах, а через $\lambda_{i,j}$ інтенсивності переходів, причому

$$\lambda_{i,j}=\sum_{k=1}^{N_i}P(\sigma_{k,i})\cdot P(i\to j|\sigma_{k,i}), \quad (11)$$

де $P(\sigma_{k,i})$ – ймовірність вибору стратегії $\sigma_{k,i}$, $P(i\to j|\sigma_{k,i})$ – ймовірність переходу i→j за умови, що обрана стратегія $\sigma_{k,i}$. Виконується умова нормування: $\sum_{i=1}^{N}\sum_{k=1}^{N_j}P(\sigma_{k,i})\cdot P(i\to j|\sigma_{k,i})=1$.

Об'єднання двох підходів: імовірнісного та суб'єктивного досягається заміною $P(\sigma_{m,i})\to\pi(\sigma_{m,i})$. Рівняння моделі набуває вигляду:

$$\begin{gathered}\frac{dP_i(t)}{dt}=-\sum_{j=1}^{N}\sum_{k=1}^{N_j}\pi(\sigma_{k,j})\cdot P(i\to j|\sigma_{k,j})\cdot P_i(t)+\\ +\sum_{q=0}^{N}\sum_{k=1}^{N_q}\pi(\sigma_{k,q})\cdot P(q\to i|\sigma_{k,q})\cdot P_q(t)\end{gathered} \quad (12)$$

Розподіл переваг $\pi(\sigma_{k,j})$ є рішенням варіаційної задачі:

$$\pi(\sigma_{k,j})=\max\Phi_{\pi_j};\ \pi(\sigma_{k,j})\in\Pi \quad (13)$$

Цей розподіл має вигляд:

$$\pi(\sigma_{k,j})=\frac{e^{\beta\cdot F(\sigma_{k,j})}}{\sum_{s=1}^{N_j}e^{\beta\cdot F(\sigma_{k,s})}} \quad (14)$$

І по формі співпадає з розподілом Гіббса в фізичній кінетиці. Параметр β грає роль зворотної абсолютної температури. В даному випадку за аналогією ми можемо говорити про психологічну або емоційну температуру $\beta^{-1} = T_\pi$.

Легко помітити, що якщо $\beta \to 0$ ($T_\pi \to \infty$), то розподіл (14) прямує до рівномірного $\pi(\sigma_{k,j}) \to \frac{1}{N_j}$, і, навпаки, якщо $\beta \to \infty$ ($T_\pi \to 0$), розподіл $\pi(\sigma_{k,j})$ прямує до сингулярного розподілу:

$$\pi(\sigma_{k,j}) = \begin{cases} 1, j = q \\ 0, j \neq q \end{cases}$$

В цьому зв'язку можна говорити про емоційний «перегрів» чи емоційне «переохолодження». Маючи розподіл (14), тобто функції $\pi(\sigma_{k,j})$ і враховуючи, що $\sigma_{k,j} = \sigma_{k,j}(t)$ і відповідно $F(\sigma_{k,j}) = F(\sigma_{k,j}(t))$, запишемо диференційне рівняння динаміки переваг:

$$\frac{d\pi(\sigma_{k,j})}{dt} = \pi(\sigma_{k,j}) \cdot \left[\frac{\partial F(\sigma_{k,j})}{\partial \sigma_{k,j}} \cdot (F(\sigma_{k,j}))^{-1} \cdot \frac{d\sigma_{k,j}}{dt} - \sum_{q=1}^{N_j} \pi(\sigma_{q,j}) \cdot \frac{\partial F(\sigma_{q,j})}{\partial \sigma_{q,j}} \cdot (F(\sigma_{q,j}))^{-1} \cdot \frac{d\sigma_{q,j}}{dt} \right] \quad (15)$$

Необхідно відмітити, що у виразі (15) σ виступає як кількісний параметр, який може характеризувати корисність, шкоду або ресурси певного вигляду.

Описана модель надає додаткові можливості дослідження проблемних багатоальтернативних ситуацій.

Ентропійні пороги

Вводиться припущення про те, що рішення не може бути прийнято суб'єктом якщо суб'єктивна ентропія його переваг на множині альтернатив S_a $H_\pi \geq H_\pi^*$, де H_π^* – ентропійний поріг. Якщо ентропія $H_\pi < H_\pi^*$, то ця умова розглядається як необхідна умова прийняття рішення на S_a (тобто вибору найбільш бажаної альтернативи). В число необхідних умов включаються також вимоги, щоб в момент виконання нерівності $H_\pi < H_\pi^*$ ентропія зменшувалась, оскільки мова йде про зміну в часі, отже необхідні умови мають вигляд:

$$H_\pi < H_\pi^* \ ; \ \frac{dH_\pi}{dt}\Big|_{H_\pi = H_0} < 0.$$

Поруч з порогом H_π^* можуть бути визначені інші пороги: H_π^{**} – поріг, вище якого ситуація стає погано переносною з психологічної точки зору. Якщо говорити, наприклад, про психологічний стан пілота, то при умові $H_\pi > H_\pi^{**}$ здатність усвідомлювати та аналізувати ситуацію різко погіршується. Іншими словами, умова $H_\pi > H_\pi^{**}$ відповідає виникненню стресу чи істеричного стану, і поріг H_{π^*} – поріг, нижче якого суб'єкт впадає в стан «зомбі». З точки зору теорії марковських процесів – це стан безвиході.

Опис уявлення про структуру ентропійного простору представлено на рис. 1.

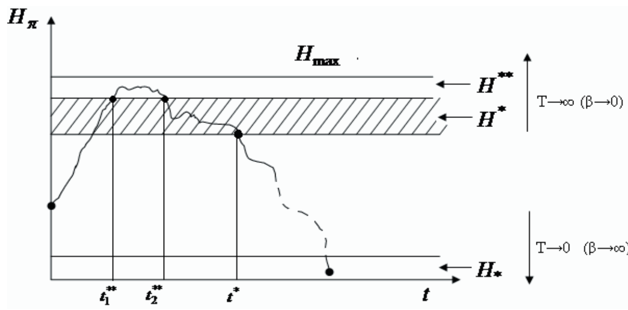

Рис. 1. Зміна ентропії з часом

Відносно порогових значень ентропії $H_\pi^*, H_\pi^{**}, H_{\pi^*}$ необхідно зробити наступні зауваження:

1. Величина ентропії суттєво залежить не тільки від характеру розподілу переваг на S_a, але і від числа альтернатив N – розмірності S_a. Тому встановлення порогових значень незалежних від N означало б, що необхідна умова розв'язку для великих N виконується для нерівномірного розподілу, тобто перевага однієї (чи декількох) альтернатив над іншими повинна носити більш виражений характер.

Можна уявити собі розвиток ситуації на більш довготривалих періодах часу, так як зображено на рис. 2.

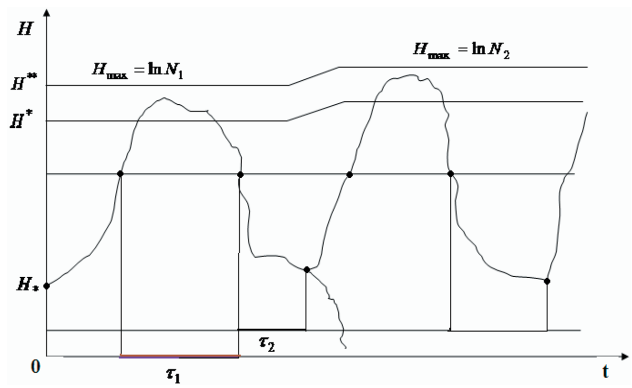

Рис. 2. Зміна ентропії на тривалому проміжку часу

Виникнення проблемної ситуації в певний момент (t=0) призводить до швидкого зростання суб'єктивної ентропії. Існує можливість потрапляння ентропії H в діапазон $\left[H_\pi^{**}, H_{max}\right]$ – діапазон психічного «хаосу», який проявляється у вигляді істеричних станів суб'єкта чи групи, якщо мова йде про соціум. Поріг H_π^{**} можливо умовно назвати «порогом паніки». Зниження ентропії, вихід із зони паніки (соціальної істерії) в зону $\left[H_\pi^*, H_\pi^{**}\right)$ відповідає переходу до змістовної дискусії, оцінювання альтернатив, накопичення необхідної інформації, в результаті чого ентропія продовжує зменшуватися і досягає порогу H_π^*.

За умови $H_\pi < H_\pi^*$ виникає можливість вибору – «прийняття рішення» при $H_\pi \geq H_\pi^*$ - альтернативи «погано розрізнюванні» і тому рішення в зоні $\left[H_\pi^*, H_\pi^{**}\right)$ не приймається. В зоні $\left[H_\pi^*, H_{\pi^*}\right)$ рішення приймається та реалізується. При цьому, однак, наростають протиріччя, виникають і розвиваються конфлікти. Якщо конфлікти (внутрішні та між різними суб'єктами) досягають значної гостроти, вони складають основу нової проблемної ситуації. Відбувається (майже стрибкоподібно) ріст ентропії і цикл повторюється знову.

Модель для порогових значень, коли рівні порогів вважаються незалежними від числа альтернатив N потребує експериментальної перевірки, як і будь-яка інша. В даному випадку порогові значення абсолютної ентропії варто було би вважати універсальними характеристиками індивідуальної психіки.

2. Більш реалістична модель повинна допускати залежність порогових значень ентропії від числа альтернатив N.

«Граничні» стани психіки залежать не лише від екзогенних, але і від ендогенних факторів. В якості гіпотетичної можна прийняти мультиплікативну модель, наприклад, для порога прийняття рішення. Введемо величину:

$$\overline{H}_\pi = f(T)\cdot H_\pi, \qquad (16)$$

де $f(T)$ – монотонно зростаюча функція психічної температури T.

Параметр β, а відповідно, і температура T є ендогенними параметрами і можуть залежати від різних факторів: від віку суб'єкта, від степеню «втомленості» психіки при розв'язанні проблемної ситуації та ін., але в першу чергу, очевидно β та T залежать від кількості альтернатив, які розглядаються одночасно. Можливе припущення, що «температура» тим більше, чим менша кількість допустимих альтернатив. Зокрема, при N=1 ситуацію можливо назвати безвихідною (вибір відсутній) і в цьому випадку $H_\pi|_{N=1}=0$; $T|_{N=1}=\infty$.

Цим умовам, наприклад, задовольняє функція $T=\dfrac{k}{\ln N}$.

Розмірність та інші фактори включає в себе коефіцієнт k. Вважатимемо, що в (16)

$$f(T)=\frac{k}{\ln N}, \text{ тоді } \overline{H}_\pi=\frac{k}{\ln N}\cdot H_\pi \qquad (17)$$

Видно, що $\overline{H}_\pi \in [0,1]\cdot k$.

Величина $\overline{H}_\pi$ є нормованою ентропією, якщо вважати k=1, і є більш універсальною. Вважаємо, що порогові значення $\overline{H}_\pi^*, \overline{H}_\pi^{**}, \overline{H}_{\pi^*}$ не залежать від кількості альтернатив.

Отже, можна прийняти, що $\overline{H}_\pi = f(\ln N, \beta, \alpha, \tau, t....)$, де β, α – структурні параметри, τ – вік, t – астрономічний час. $\overline{H}_\pi$ як функція залишкових ресурсів наближено апроксимується кривою логістичного типу:

$$\overline{H}_\pi^* = H_{max} + (\overline{H}_0^* - \overline{H}_{max})\cdot e^{-k\cdot\tau}, \qquad (18)$$

де H_0^* – початкове значення ентропії.

В [4] розглядаються розподіли переваг декількох типів: $\pi^+, \pi^-, \nu^+, \nu^-$, рейтингові переваги ξ^+, ξ^-. Для кожного із таких розподілів, згідно зробленому припущенню, існують ентропійні пороги.

Між різними розподілами переваг можуть бути визначені міри кореляції, наприклад, коефіцієнт кореляції Пірсона. Для них також можна встановити певні пороги, пов'язані з аналізом конкретних проблемних ситуацій.

Сукупність всіх можливих ентропійних та кореляційних порогів є важливою характеристикою індивідуальної психіки.

Обмежена швидкість сприйняття зовнішньої інформації

Швидкість сприйняття та розуміння інформації суб'єктом, що виникає в активній системі не може бути вище певного рівня [7]. Ця обставина має бути відображена в математичних моделях генерації переваг, які розвиваються на основі принципу Джейнса та його узагальнень, а також принципу «інфомакс» Лінскера.

Визначимо швидкість потоку інформації q(t) наступним співвідношенням:

$$q(t)=\frac{dH_\pi}{dt}=-\sum_{i=1}^{N}\left(\ln\pi_i+1\right)\cdot\dot{\pi}_i \qquad (19)$$

в свою чергу

$$\frac{d\pi_i}{dt}=\pm\beta\cdot\pi_i\cdot\left(\dot{F}_i-\sum_{j=1}^{N}\dot{F}_j\cdot\pi_j\right) \qquad (20)$$

Вважатимемо, що існує модель, яка описує динаміку когнітивних функцій, наприклад:

$$\frac{dF_i}{dt}=g(F_1,..,F_N,\pi_1,..,\pi_N,p_1,..,p_N,..).$$

Припустивши, що екзогенні процеси є пуасоновими із рівнянь (8) знаходимо ймовірності $P_i(t)$.

Припущення про наявність граничної швидкості сприйняття інформації зводиться до умов:

$$\frac{d\pi_i}{dt}=\begin{cases}\frac{d\pi_i}{dt}, \text{якщо} & |q_p|<q_p^* \\ 0, \text{ якщо} & |q_p|\ge q_p^*\end{cases}, \qquad (21)$$

де $\dfrac{d\pi_i}{dt}$ – відповідним чином модифікована похідна. Це можливо зробити за допомогою функції Хевісайда:

$$Q_p=\frac{1}{2}\cdot\left[1-\frac{|q_p|-q_p^*}{\left||q_p|-q_p^*\right|}\right]=\begin{cases}1, \text{якщо} |q_p|<q_p^* \\ 0, \text{якщо} |q_p|\ge q_p^*\end{cases} \qquad (22)$$

Запишімо:

$$\frac{d\pi_i}{dt}=\pm\beta\cdot\pi_i\cdot\left(F_i-\sum_{j=1}^{N}F_j\cdot\pi_j\right)\cdot Q_p \quad \text{при } i\in 1,N$$

В данній моделі виконуються паралельні розрахунки суб'єктивної та об'єктивної ентропії, до того ж виконується умова:

$$\begin{cases}\dfrac{dH_\pi}{dt}=\pi_i-\sum\limits_{i=1}^{N}\left(\ln\pi_i+1\right)\cdot\dot{\pi}_i \text{ якщо} \dfrac{dH_p}{dt}<q_p^* \\ \dfrac{dH_\pi}{dt}=0 \qquad \text{якщо} \dfrac{dH_p}{dt}\ge q_p^*\end{cases} \qquad (23)$$

Наведімо деякі результати математичного моделювання переваг. На рис. 3а та рис. 3б зображено зміну переваг з часом з урахуванням швидкості зміни ентропії. На рис. 4. зображено зміну як перваг так і ентропії з часом. В певний момент часу швидкість зміни ентропії перевищує певний поріг, що призводить до зупинки переваг.

В цей момент суб'єкт не може сприймати інформацію і саме тому не здатен надалі розрізняти альтернативи і приймати рішення. Єдиним виходом з такої ситуації є зменшення швидкості зміни ентропії.

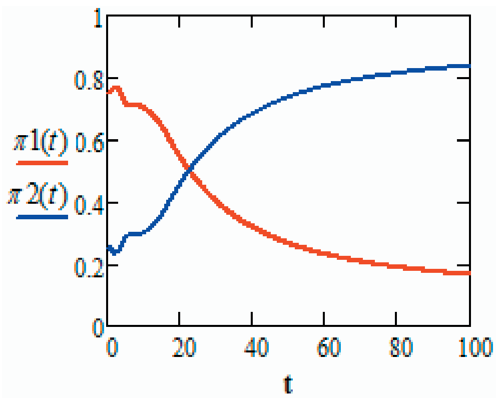

Рис. 3а. Зміна переваг з часом

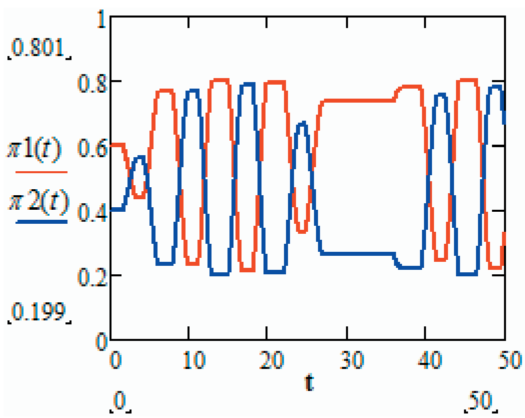

Рис. 3б. Зміна переваг з часом

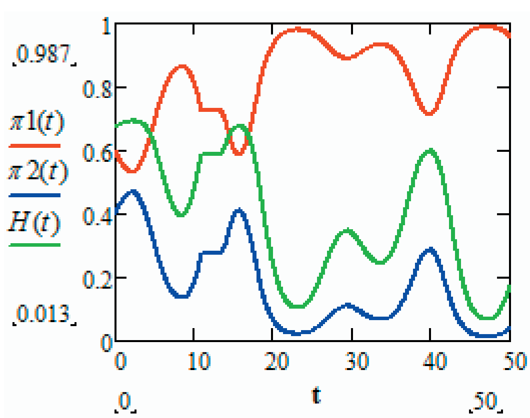

Рис. 4. Зміна переваг та ентропії з часом

Комбінований «байєсовський ризик»

Байєсовський ризик у звичайній теорії має наступний вигляд:

$$R_B = \sum_i \sum_j C_{ij} \cdot P(H_i) \cdot P(A_j | H_i), \tag{24}$$

де C_{ij} – штрафи (втрати), які відповідають комбінації (A_j, H_i), H_i – гіпотеза (стратегія). Ймовірність потрапляння в область A_j при виборі гіпотези H_i є $P(A_j|H_i)$, ймовірність вибору гіпотези H_i.

Переформулюємо «байєсовський ризик» таким чином, щоб поєднати це поняття з суб'єктивним аналізом.

Замінимо ймовірності $P(H_i)$ перевагами $\pi(\sigma_i)$, де σ_i – альтернативні стратегії. Переваги $\pi(\sigma_i)$ визначаються із варіаційного принципу. Введемо узагальнений ймовірнісно-суб'єктивний ризик:

$$R_B = \sum_i \sum_j C^S_{ij} \pi(\sigma_i) \cdot P^S(A_j | \sigma_i), \tag{25}$$

де C^S_{ij} – оцінка «штрафу» суб'єктом. $\pi(\sigma_i)$ – переваги, $P^S(A_j|\sigma_i)$ – суб'єктивна ймовірність реалізації події A_j при виборі стратегії σ_i. Це суб'єктивна оцінка умовної ймовірності, яка в деяких джерелах називається «очікуваною ймовірністю». Переваги $\pi(\sigma_i)$ знаходяться як розв'язок оптимізаційної задачі з функціоналом:

$$\Phi_\pi = -\sum_{i=1}^{N} \pi(\sigma_i) \cdot \ln \pi(\sigma_i) \pm \beta \cdot \sum_i \sum_j C^S_{ij} \cdot \pi(\sigma_i) \cdot P^S(A_j | \sigma_i) + \gamma \cdot \sum_{i=1}^{N} \pi(\sigma_i) \tag{26}$$

$\pi(\sigma_i)$ знайдемо із умови $\frac{\partial \Phi_\pi}{\partial \pi} = 0$

Звідси отримаємо наступні результати:

$$-\ln \pi(\sigma_i) - 1 \pm \sum_{J=1}^{M} C^S_{ij} \cdot P^S(A_j | \sigma_i) + \gamma = 0$$ і відповідно

$$\pi(\sigma_i) = \frac{e^{\pm\beta \cdot \sum_{l=1}^{M} C^S_{ij} \cdot P^S(A_j|\sigma_i)}}{\sum_{p=1}^{N} e^{\pm\beta \cdot \sum_{q=1}^{M} C^S_{pq} \cdot P^S(A_q|\sigma_p)}} \tag{27}$$

Повернемося до байєсовського ризику і припустимо, що $P(\sigma_i) \approx \pi(\sigma_i)$. Імовірнісно-суб'єктивний ризик візьмемо у вигляді:

$$R_{BS} = \sum_i \sum_j C_{ij} \pi(\sigma_i) \cdot P(A_j | \sigma_i) \tag{28}$$

підставивши $\pi(\sigma_i)$, отримаємо наступну формулу:

$$R_{BS} = \sum_i \sum_j C^S_{ij} \cdot \frac{e^{\pm\beta \cdot \sum_{l=1}^{M} C^S_{ij} \cdot P^S(A_j|\sigma_i)}}{\sum_{p=1}^{N} e^{\pm\beta \cdot \sum_{q=1}^{M} C^S_{pq} \cdot P^S(A_q|\sigma_p)}} \cdot P(A_j | \sigma_i) \tag{29}$$

Відмітимо, що $\pi(\sigma_i)$ можуть бути вибрані із будь-яких інших поглядів, не пов'язаних з байєсовським ризиком.

Висновки

В даній роботі запропонована альтернативна модель генерації переваг. Вона базується на модифікованій моделі Колмогорова та моделі динаміки переваг в рамках суб'єктивного аналізу. Такий підхід відкриває нові можливості для моделювання активних систем. Деякі результати були вже представлені на початку роботи.

Література

1. Бурков, В. Н. Теория активных систем: состояние и перспективы [Текст] / В. Н. Бурков, Д. А. Новиков. – М. : Синтег, 1999. – 128 с.
2. Новиков, Д. А. Курс теории активных систем [Текст] / Д. А. Новиков, С. Н. Петраков. – М. : Синтег, 1999. – 104 с.
3. Новиков, Д. А. Механизмы управления динамическими активными системами [Текст] / Д. А. Новиков, И. М. Смирнов, Т. Е. Шохина. – М. : ИПУ РАН, 2002. – 124 с.
4. Касьянов, В. А. Субъективный анализ [Текст] / В. А. Касьянов. – К. : НАУ, 2007. – 512 с.
5. Касьянов, В. А. Моделирование полета [Текст] / В. А. Касьянов. – К. : НАУ, 2004. – 400 с.
6. Jaynes, E. T. Information Theory and Statistical Mechanics [Text] / E. T. Jaynes // Phys. Rev. – 1957. – №4. – P. 620-630.
7. Кононюк, А. Е. Информациология. Общая теория информации [Текст] / А. Е. Кононюк. – К. : Освита Украины, 2011. – 412 с.

УДК 614.89:537.868

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПЕРЕСТРОЙКИ ЧАСТОТЫ ПОЛУДИСКОВОГО ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО РЕЗОНАТОРА

Н.П. Кунденко
Кандитат технических наук, доцент
Кафедра «Интегрированные электротехнологии и процессы»
Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. П. Василенко
ул. Артема, 44, г. Харьков, Украина, 61002
Контактный тел.: (057) 712-28-33, 067-743-77-76
E-mail: n.p.kundenko@inbox.ru

Визначені загальні закономірності варакторної перебудови частоти високодобротних резонаторів, отримані результати використовуються для розрахунку резонаторів різної геометрії

Ключові слова: варактор, резонатор, перебудова, діод

Определены общие закономерности варакторной перестройки частоты высокодобротных резонаторов, полученные результаты используются для расчета резонаторов различной геометрии

Ключевые слова: варактор, резонатор, перестройка, диод

The general regularities of the varactoring re-erecting of frequency of high-Q resonators are certain, the received results are used for calculation of resonators of various geometry

Keywords: varactor, resonator, re-erecting, diode

1. Введение

Точность измерений диэлектрической проницаемости (ДП) зависит от стабильности частоты генератора и добротности измерительного резонатора. Аппаратура, предназначенная для измерения изменений диэлектрических параметров жидкости должна обеспечивать не только необходимый уровень подводимой мощности и частоты сигнала, но и удовлетворять высоким требованиям по стабильности частоты, степени подавления дискретных составляющих в спектре выходного сигнала, габаритам, надежности, экономичности и сроку службы. Отсутствие источников колебаний КВЧ диапазона, удовлетворяющих вышеизложенным требованиям, выдвинуло необходимость создания такого источника. Создание частотно стабилизированных генераторов с электрической перестройкой частоты основано на применении высокодобротных резонаторов, собственная частота которых управляется регулируемой ёмкостью варакторного диода [1, 2].

2. Основные материалы исследования

Рассмотрим варакторную перестройку частоты полудискового диэлектрического резонатора на основе электродинамической модели, учитывающей геоме-