



Информация об авторах

Authors

Асламова Вера Сергеевна - д. т. н., профессор кафедры «Техносферная безопасность», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: aslamovav@yandex.ru

Темникова Елена Александровна - к. т. н., ст. преподаватель кафедры «Информационные системы и защита информации», Иркутский государственный университет путей сообщения, e-mail: temnikova_ea@bk.ru

Гозбенко Валерий Ерофеевич - д. т. н., профессор кафедры «Математика», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: vgozbenko@yandex.ru

Vera Sergeevna Aslamova – Doctor of Engineering Science, Prof., the Subdepartment of Technospheric Security, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: aslamovav@yandex.ru

Elena Aleksandrovna Temnikova – Ph.D. in Engineering Science, Member of the Subdepartment of Information Systems and Information Protection, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: temnikova_ea@bk.ru

Valeriy Erofeevich Gozbenko – Doctor of Engineering Science, Prof., the Subdepartment of Mathematics, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: vgozbenko@yandex.ru

Для цитирования

For citation

Асламова В. С. Автоматизация расчета кратчайшего пути эвакуации населения на транспортной сети с циклом / В. С. Асламова, Е. А. Темникова, В. Е. Гозбенко // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. - 2017. -Т. 56, № 4. -С. 138–144. - DOI: 10.26731/1813-9108.2017.4(56).138-144.

Avtomatizatsiya rascheta kratchaishego puti evakuatsii naseleniya na transportnoi seti s tsiklom [Automating the calculation of the shortest way of evacuation of the population on the transport network with a cycle]. *Sovremennye tekhnologii. Sistemnyi analiz. Modelirovanie* [Modern Technologies. System Analysis. Modeling], 2017. Vol. 56, No. 4, pp. 138–144. DOI: 10.26731/1813-9108.2017.4(56).138-144.

УДК 681.5

DOI: 10.26731/1813-9108.2017.4(56).144-151

А. В. Данеев¹, Р. А. Данеев², В. Н. Сизых¹

¹ Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

² Восточно-Сибирский институт МВД России, г. Иркутск, Российская Федерация

Дата поступления: 10 октября 2017 г.

НЕЧЕТКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЧЕЛОВЕКО-МАШИННОЙ СИСТЕМОЙ НА ОСНОВЕ ЭНТРОПИЙНОГО ПОДХОДА И АНТРОПОЦЕНТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОПЕРАТОРА

Аннотация. В настоящее время актуальной является проблема предупреждения нештатных ситуаций, возникающая вследствие возникновения непредвиденных природных и техногенных условий, при которых человек не в состоянии сам принять правильное решение и предотвратить опасную ситуацию. В статье на примере задачи предупреждения столкновений самолетов в воздухе предложена методология предотвращения опасных ситуаций, позволяющая помимо рекомендательных советов летчику выводить летательный аппарат (ЛА) на безопасную траекторию движения в автоматическом режиме в случае потери его работоспособности. Такая человеко-машинная (эргатическая) система управления строится как интегрированная система управления (трехуровневая), работающая в реальном и ускоренном времени для оценки нештатной ситуации. В работе обосновывается неформализованная информационная модель работы оператора, антропоцентрический подход к ее дальнейшей формализации. В соответствии с этим подходом оператор не рассматривается как часть динамической системы, а является для траекторного уровня управления внешним регулятором летательного аппарата. В качестве регулятора такого рода в работе рассматривается функция принадлежности из инструментария нечеткой логики (функция ошибки летчика) и антропоцентрическая информационная модель работы оператора – функция надежности некоторых операций летчика от ошибок при реализации этих операций. В анализируемой методологии организации интегрированной системы автоматического управления (САУ) внешние возмущения, а также неопределенности исполняют роль информационной «подпитки» и дают организовать процесс самоорганизации (антиэнтропийный) как процесс вычисления времени оператора на принятие решения. Интегрированная алгоритмически на всех уровнях (информационный, траекторный, пилотажный) система управления по ситуации дает интеллектуальное взаимодействие оператора с внешней средой, используя нечеткий регулятор - антропоцентрическую модель летчика.

Ключевые слова: человеко-машинная система, антропоцентрическая модель летчика, управление в условиях неопределенности, риск на принятие решения.

A. V. Daneev¹, R.A. Daneev², V. N. Sizykh¹

¹ Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation

² East-Siberian Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia, Irkutsk, the Russian Federation

Received: October 10, 2017



FUZZY CONTROL OF THE HUMAN-MACHINE SYSTEM BASED ON AN ENTROPY APPROACH AND AN ANTHROPOCENTRIC MODEL OF THE OPERATOR

Abstract. The article is focused on the problem of creating a system to prevent hazardous situations as a man-machine management system (CHMSU). The UMBMS is proposed to be built as a three-level integrated control system that operates in a real and accelerated time scale to assess a critical contingency situation. On the basis of formalized information of the operator activity model (OAM), an anthropocentric approach to its further formalization is selected. According to this approach, the operator is not described as a link of the dynamic system, but is an external regulator for the trajectory control level of the aircraft. As such a regulator, it is proposed to use the membership function from the fuzzy logic apparatus (the pilot error function) and the informational (anthropocentric) OAM, which is the reliability dependency of any pilot operations on the errors in performing these operations. In the proposed methodology of the building of the integrated ACS, external disturbances and uncertainties play the role of information "feeding" and allow organizing an antientropic process of self-organization by calculating the latent time of the operator for the decision-making.

Keywords: man-machine system, human-centered model of the pilot, management of uncertainty, risk decision-making.

Введение

В настоящее время в авиации, атомной энергетике и в ряде других областей машиностроения наиболее остро стоит проблема предупреждения нештатных ситуаций, возникающая вследствие возникновения непредвиденных природных и техногенных условий, при которых человек не в состоянии сам принять правильное решение и предотвратить опасную ситуацию. В статье на примере задачи предупреждения столкновений самолетов в воздухе предложена методология предотвращения опасных ситуаций, позволяющая помимо рекомендательных советов летчику вывести летательный аппарат (ЛА) на безопасную траекторию движения в автоматическом режиме в случае потери его работоспособности.

В работе [1] была предложена и обоснована информационная модель деятельности оператора (МДО) на неформализованном уровне и на ее основе сформулирован антропоцентрический подход для ее формализации. В соответствии с этим подходом человек-оператор не рассматривается как звено динамической системы, а является регулятором, внешним для траекторного уровня управления летательного аппарата. В качестве регулятора такого вида в статье используется функция принадлежности из аппарата нечеткой логики (функция ошибок пилота) и информационная (антропоцентрическая) МДО – зависимость надежности некоторых операций пилота от величины ошибки при выполнении операций.

Энтропийная формулировка задачи управления

Сформулируем статистическую (энтропийную) постановку задачи управления системой «пилот – ЛА» при наличии определенного риска при принятии решения: на временном интервале $T = [t_0, t_k]$ необходимо выбрать такое позиционное управление $u = u(t_0, x(t_0), t, x(t))$ для следующей динамической системы:

$$\dot{x} = f_1(t, x) + \varphi_1(t, x)u + \xi(t) \quad (1)$$

чтобы на траектории движения ЛА $x(t)$ с заданными ограничениями $(x(t), u(t)) \in G(t)$, (где $G(t) \subset G_x \times G_u$, $G_x = X$, $G_u = U$) функционалы I_α достигали своего минимума (наименьшей точной грани \inf) на $G(t)$

$$I_\alpha = M \left[\alpha V_3(x(t_k)) + \int_{t_0}^{t_k} (\alpha Q(t, x) + u_{\text{оп}}^T K^{-1} u) dt \right],$$

где V_3 – скалярная дифференцируемая функция, определяющая требования к состоянию ЛА в конечный момент времени t_k ; Q – также скалярная функция, которая используется для определения требований к $x(t)$ на $[t_0, t_k]$; $\alpha \in [0, 1]$ – ограниченный непрерывный параметр, который в теории нечетких множеств имеет смысл функции принадлежности (или значимости); K – матрица постоянных коэффициентов, положительно определенная; $u_{\text{оп}}$ – в локальном смысле оптимальный (неизвестный априори) вектор управления; $u(t, x) \square u(t_0, x^0, t, x(t)) \in \Omega_u$ – варьируемый искомым m - вектор случайных управлений из множества $\Omega_u \subset D$; $x(t) \in \Omega_x$ – n -вектор траекторий (случайных) движения системы. Интервал времени оптимизации является скользящим: $t_0 = t$, $t_k = t + T_{\text{П}}$, $T_{\text{П}}$ – временное значение прогноза траектории.

Таким образом, функционалы (2) формализуют задачу оптимизации движения объекта в условиях статистической неопределенности [2]. В статье [3] доказано, что стратегия управления $u = u_{\text{оп}}(t, x)$, доставляющая минимум $V(t, x)$, в то же время максимизирует функцию $F(t_0, x^0, u(t, x))$, представляющую собой плотность вероятности распределения функции



$$\begin{aligned}
 &V(t, x) \text{ в } \Omega_u, \text{ и минимизирует энтропию} \\
 &H(u) = \int_{\Omega_u} F(t_0, x^0, u(t, x))V(t_0, x^0, u(t, x))du : \\
 &u = u_{**}(t, x) : M[V(t_0, x^0, u_{**}(t, x))] = \\
 &= \inf_{u \in \Omega_u} \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{-\infty}^{\infty} F(t_0, x^0, u(t, x))V(t_0, x^0, u(t, x))du \quad (3)
 \end{aligned}$$

Это положение (G. N. Saridis) дает связь между задачей синтеза оптимального управления и теорией информации.

Вычисление резервного времени на принятие решения по критерию статистической устойчивости

В работе [1] получено условие устойчивости информационной энтропии

$$\dot{H} = \alpha Q(t, x) = tr \frac{\partial f_1}{\partial x} < 0 \quad (4)$$

которое устанавливает связь функции качества процессов управления, являющейся положительно определенной, в выражении (2) при отсутствии шумов ($\xi(t) = 0$), со свойствами стохастической системы. При выводе (4) использовалась стратегия управления с сингулярностью $u = 0$ путем сравнения уравнения Фоккера – Планка - Колмогорова и статистического уравнения Ляпунова в частных производных.

Из (4) можно получить простые выражения для общей энтропии $H(x)$ и латентного времени летчика (оператора) τ_e , снимающие неопределенность его действий:

$$H(x) = \alpha \int_{t+T_n}^t Q(t, x)dt, \quad \tau_e = \frac{H(x)}{tr \frac{\partial f_1}{\partial x}} = H(x) \sum_{i=1}^n T_{ii}$$

где $\sum_{i=1}^n T_{ii} = (tr \frac{\partial f_1}{\partial x})^{-1}$ определяет максимальную скорость передачи оператором информации в задаче управления ЛА.

Таким образом, время реакции летчика (среднестатистическое) определяется минимальным временем регулирования по фазовым координатам

$$T_{0 \min} = t_{\text{СОИ}} + t_{\text{дейст}} + \tau_e = t_{\text{ин}} + \alpha \sum_{i=1}^n T_{ii} \int_{t+T_n}^t Q(t, x)dt, \quad (5)$$

где $t_{\text{СОИ}}$ – время задержки выдачи сигнала от информационной системы отображения; $t_{\text{дейст}}$ – время возврата отклонившегося параметра в ис-

ходное положение; $t_{\text{ин}}$ – время задержки прохождения информации в системе (1).

При этом оператор (летчик) вначале реагирует на фазовую координату, которая отклонилась максимально от заданного значения (т. е. имеет резерв точности наименьший), причем на ее регулирование необходимо затратить большее количество времени. Вследствие этого за время регулирования в системе предупреждения принимается значение

$$T_{0 \min} = \text{Max}(T_{0 \min 1}, T_{0 \min n})$$

которое определяет выбор координаты, которая выходит за предельно допустимое значение и может привести к нештатной ситуации.

Время $t_{\text{рез}} = T_n - T_{0 \min}$ является резервным временем и учитывает ограничения (внешние и внутренние) на деятельность летчика (оператора). Поэтому это время может считаться критерием опасности нештатной ситуации (T_n – прогнозируемое время движения объекта, связанное с задачей пилотирования).

Методология по оцениванию опасных ситуаций

В соответствии с теорией обнаружения сигналов (STD-теорией) в работе разработана методология оценки опасных ситуаций, которая сводится к следующему.

Присущая всем процессам принятия решения неопределенность характеризуется двумя сторонами. Первая сторона имеет вероятностный характер в связи с возможными ошибками датчиков информации, вторая сторона определяется приближенностью и неточностью представлений оператора (летчика) о задачах, целях, имеющихся альтернативах и ресурсах. В условиях риска (опасности, а также тревожности из-за важности и ответственности задачи) оператор (летчик) не знает заранее о возможном результате своих действий, тогда говорят о смешанном (вероятностном) исходе действий оператора (летчика). В этом случае верно соотношение Аткинсона

$$M[\alpha P(FA), (1 - \alpha)P(CD)] = \alpha P(FA) + (1 - \alpha)P(CD)$$

где $\alpha = P$ – субъективная вероятность, связанная с важностью задачи управления объектом (пилотирования), она определяет вероятность ошибок оператора, то есть она есть мера риска по управлению; $1 - \alpha = P(N)$ – субъективная вероятность, связанная с неопределенностью задачи управления (пилотирования) (или надежность летчика), которая является мерой риска; $P(FA)$ – вероятность «ложной» тревоги $P(CD)$ – вероятность правильного обнаружения.



В работе [1] М. А. Котик и А. М. Емельянов установили, что пилот может управлять ЛА безошибочно ($P(N) = 1$) до уровня функции значимости $P = 0,2$. Когда же функция значимости $P \in [0,2; 0,36]$, пилот может управлять ЛА с надежностью $P(N)$ в пределах от 0,64 до 1. В случае $P \in]0,36; 0,64]$ пилоту необходима система, которая советует и выдает необходимую подсказку для принятия верного решения. Когда $P > 0,64$, пилот выходит из контура управления и СПС (система предупреждения столкновений ЛА) вырабатывает нужные управляющие воздействия для решения задачи предотвращения столкновения.

Известно, что функция значимости α хорошо аппроксимируется экспоненциальным законом распределения вероятности

$$\alpha = P = \exp \left[-\frac{t - T_{0\min}}{t_{\text{рез}}} \right]$$

Предлагается антропоцентрическая («внутренняя») модель пилота $P(N) = f(\alpha)$ ($\alpha = P$), описываемая зависимостью вида:

$$P(N) = \frac{2}{\pi} \left[\arcsin \frac{P(t_{\text{гр2}})}{\alpha} + \frac{P(t_{\text{гр2}})}{\alpha} \sqrt{1 - \left(\frac{P(t_{\text{гр2}})}{\alpha} \right)^2} \right]$$

здесь при значении $\alpha = P(t_{\text{гр2}})$ надежность пилота равна единице $P(N) = 1$; время раннего обнаружения возможного столкновения составляет $t_{\text{гр2}} = 22 \dots 30$ с, что отвечает расстоянию до опасной зоны 1,5...1,875 км.

Анализ оценок предотвращения нештатных ситуаций, проведенный по «внутренней» модели оператора-летчика (7), позволяет выработать критерии типа ограничений [1], которые являются необходимыми, но не достаточными условиями предотвращения нештатной ситуации (инцидента).

В статье получены вероятностная оценка опасных (нештатных) ситуаций и границ предупреждения (рис. 1) на случайных (упрежденных) траекториях T , а также интегральные показатели безопасности прогноза полета ЛА – коэффициенты безопасности k_{s_i} :

$$k_{s_i} = \frac{P_A(I \setminus x(t_i) = x_{\text{гр}}(t_i))}{P_N(I \setminus x(t_0) = x_{\text{гр}}(t_0))}$$

Также вводится коэффициент безопасности

$$k_{s_{\text{он}}} = \frac{P_A(I \setminus x(t_{\text{оп}}) = x_{\text{гр}}(t_{\text{оп}}))}{P_N(I \setminus x(t_0) = x_{\text{гр}}(t_0))}$$

который является результатом решения семейства задач оптимизации и дающий ответ об оптимальном расположении границы предупреждения. Эта граница дает возможность уравновесить относительные стоимости ложной тревоги и правильного обнаружения.

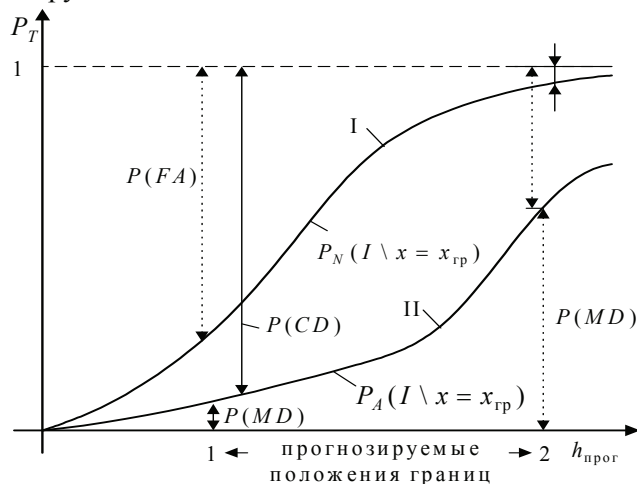


Рис. 1. Границы предупреждения столкновений

Здесь применяется метод сравнительных операционных характеристик (СОХ-линий), чтобы установить границы предупреждения. Поэтому надо определить вероятности упрежденных номинальных траекторий $P_N(I \setminus x)$ и измененной $P_A(I \setminus x)$ траектории объекта (ЛА) при моментах времени $t = T_{0\min}$, $t \geq t_{\text{гр2}}$, которые соответствуют функции значимости при $\alpha = 1$ и $\alpha = 0$. При значениях вероятностей P_N , P_A и функции значимости $\alpha = P$ на промежутках оптимизации Δt необходимо последовательно определить точки сравнительной (операционной) характеристики $P(CD) = f(P(FA))$ (рис. 2).

При оптимальном значении $\alpha = \alpha^*$ достигается минимум семейства функционалов (2) и относительной цены смешанного исхода при правильном и неправильном принятии решения системой предупреждения столкновений.

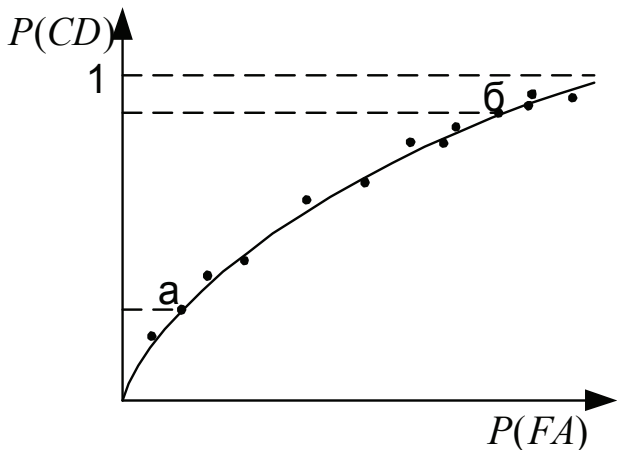


Рис. 2. Сравнительная (операционная) характеристика системы предупреждения столкновений

Построение сравнительной операционной характеристики позволяет определить оптимальную границу предупреждения при помощи вычисления вероятностей $P_A(I \setminus x(t_{оп}) = x_{гр}(t_{оп}))$, $P_N(I \setminus x(t_{оп}) = x_{гр}(t_{оп}))$ и используя решение $\alpha = \alpha^*$ задачи оптимизации управления системой «пилот – ЛА» на информационном уровне.

Предлагаемая логика принятия автоматизированного решения сводится к сравнению допустимых границ раннего $t_{гр2}$ и позднего $t_{гр1}$ обнаружения, определяемых коэффициентами безопасности k_{s_i} , с оптимальными границами предупреждения (оптимального значения $k_{s_{он}}$) и сводится к последовательному решению следующих задач.

1. На основе алгоритма ОНУ с учетом входных и выходных зависимостей от времени прогноза T_{Π} вычисляются значения фазовых координат полета объекта (ЛА) при граничных моментах

времени $t_i (t_0 = T_{0min}, t_1 = t_{гр1}, t_2 = T_{\Pi}, t_3 = t_{гр2})$ и определяются вероятности

$$P_A(I \setminus x(t_i) = x_{гр}(t_i)) \quad (i = \overline{1,3}) \quad \text{и}$$

$$P_N(I \setminus x(t_0) = x_{гр}(t_0)).$$

2. По полученным значениям $P_A(I \setminus x(t_i) = x_{гр}(t_i))$ и

$P_N(I \setminus x(t_0) = x_{гр}(t_0))$ вычисляются коэффициенты безопасности прогнозируемого движения $k_{s_{он}}, k_{s_i}$.

3. Определяется процедура автоматизированного принятия решения по нижеследующим логическим условиям:

А. При $t_{он} \geq t_{гр2}$ имеем $P_A(I \setminus x(t_{он}) = x_{гр}(t_{он})) = P_A(I \setminus x(t_3) = x_{гр}(t_3)) = 0$ и $k_{s_{он}} = k_{s_3} = 0$ (тогда $\alpha = P \in [0, 0,2]$), поэтому система предупреждения отключена, и пилот выполняет стандартный маневр уклонения от столкновения в ручном режиме управления.

При $T_{\Pi} \leq t_{он} < t_{гр2}$ имеем $0 < P_A(I \setminus x(t_{он}) = x_{гр}(t_{он})) \leq P_A(I \setminus x(t_2) = x_{гр}(t_2))$, тогда оптимальный коэффициент безопасности $0 < k_{s_{i1}} \leq k_{s_2}$ мал (близок к нулю, и $\alpha = P \in]0,2, 0,36]$). Пилоту следует подсказка от системы предупреждения на выполнение нужного маневра уклонения от столкновения в ручном режиме.

Б. При $t_{гр1} \leq t_{он} < T_{\Pi}$ имеем $P_A(I \setminus x(t_2) = x_{гр}(t_2)) < P_A(I \setminus x(t_{он}) = x_{гр}(t_{он})) \leq P_A(I \setminus x(t_1) = x_{гр}(t_1))$ и $k_{s_2} < k_{s_{он}} \leq k_{s_1}$ (в этом случае $\alpha = P \in]0,36, 0,64]$). В контур управления ЛА с пилотом параллельно подключается САУ.

В. При $T_{0min} \leq t_{он} < t_{гр1}$ вероятность на модифицированной упрежденной траектории равна: $P_A(I \setminus x(t_1) = x_{гр}(t_1)) < P_A(I \setminus x(t_{он}) = x_{гр}(t_{он})) \leq P_A(I \setminus x(t_0) = x_{гр}(t_0))$, тогда коэффициент безопасности $k_{s_1} < k_{s_{он}} \leq k_{s_0}$ близок к единице (здесь α из диапазона $\alpha = P \in]0,64, 1]$). Пилот целиком исключается из контура управления полетом объекта (ЛА).

Г. При $T_{0min} < t_{он}$ имеем $P_A(I \setminus x(t_{он}) = x_{гр}(t_{он})) = P_N(I \setminus x(t_0) = x_{гр}(t_0)) = 1$ и $k_{s_{i1}} = k_{s_0} = 1$. Тогда система предупреждения (СПС) не имеет защиты против нештатной ситуации и неизбежно столкновение (т. е. возможно летное происшествие, которое может привести к аварии или даже к катастрофе).

Здесь оптимальное время, необходимое для принятия решения, обуславливается формулой (6) при $\alpha = \alpha^*$.

Функция значимости α определяет задачи, поставленные перед летчиком при управлении системой «пилот – ЛА», а функции $P(N) = 1 - \alpha$ определяют надежность пилота. Эти функции дают ограничения по психофизиологической нагруз-



ке на конкретные задачи управления полетом. Тогда оптимальное решение $\alpha = \alpha_*$ представляет собой нестрогую конъюнкцию задач и ограничений всей системы «пилот – ЛА», включая такие ресурсы, как дифференциальные связи полета объекта (ЛА).

Текущие значения вероятностей возникновения нештатной ситуации на номинальной (программной) и измененной траекториях $P_N(I \setminus x)$, $P_A(I \setminus x)$ при значениях фазовых координат x вычисляются по выражениям:

$$P_N(I \setminus x(t_0) = x_{\text{тр}}(t_0)) = \alpha(t_0) \int_{Z(\sigma, \tau_f)} F(t, x, \sigma) dx$$

$$\alpha(t_0) = 1$$

$$P_A(I \setminus x(t_i) = x(t_i)) = \alpha(t_i) \int_{Z(\sigma, \tau_f)} F(t, x, \sigma) dx$$

$$P_A(I \setminus x(t^*) = x(t_{\text{оп}})) = \alpha_* \int_{Z(\sigma, \tau_f)} F(t, x, \sigma) dx$$

здесь по вероятности (субъективной) ошибок пилота $\alpha(t_i) \leq \alpha_* < 1$ ($t_0 = T_{0\text{min}}, t_1 = t_{\text{тр}1}$,

$t_2 = T_{\text{П}}, t_3 = t_{\text{тр}2}$) реализуется перераспределение

функций между пилотом и автоматической системой управления. Функция плотности вероятности принимает вид:

$$F(t, x, \sigma) = F(t, x) F_\sigma(\sigma),$$

$$F(t, x) = \frac{1}{(2\pi)^{n/2} \sqrt{|K|}} F^*(t, x), \quad (9)$$

здесь $F^*(t, x) = \exp[-V(t, x)]$,

$$V(t, x) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{v=1}^n k_{iv}^{-1} x_i x_v$$

определенная как смешанная квадратичная форма; $k_{iv} = M[x_i x_v]$ $|K|$ – это элементы корреляционной матрицы, имеющей размеры $n \times n$, и ее детерминант, а функция $F_\sigma(\sigma)$ дает опасную для столкновений объектов (ЛА) геометрию зоны.

Полученная логико-вероятностная эргодическая модель «человек-оператор» (система поддержки принятия решений производственного типа) дает возможность осуществлять ситуационное управление на информационном уровне антропоцентрической системой «пилот – ЛА» (рис. 3).

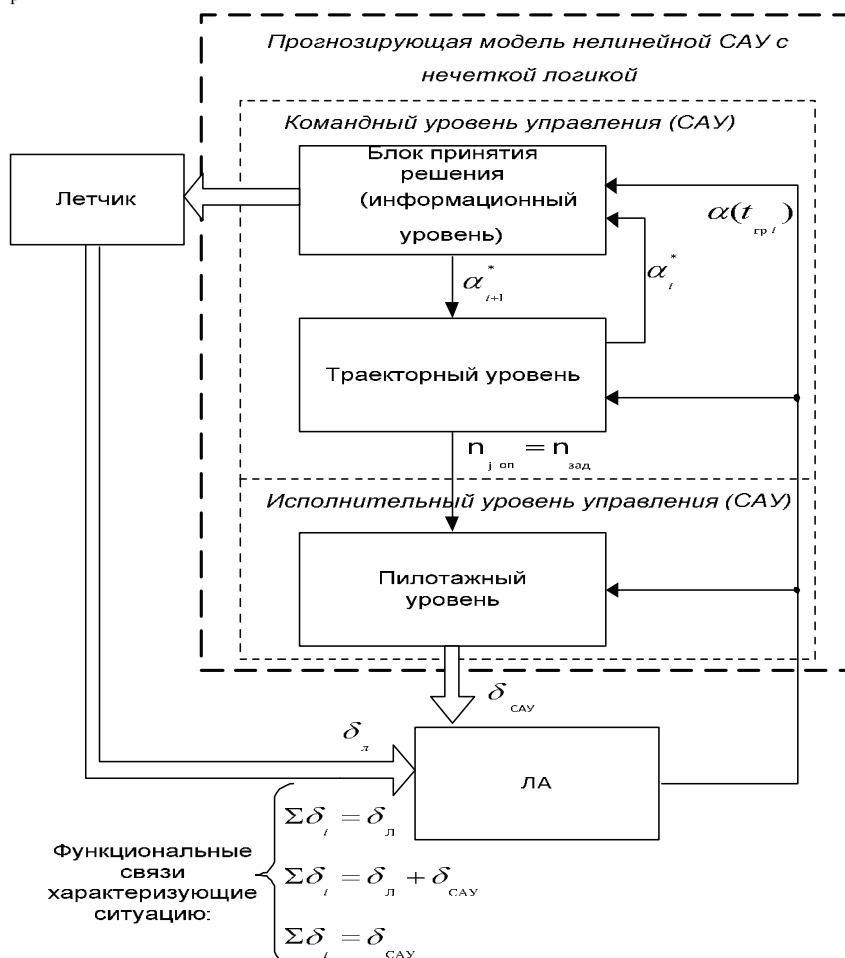


Рис. 3. Структурная схема управляющей подсистемы системы предупреждения столкновений



Заключение

Система ситуационного управления осуществляет взаимодействие летчика с внешней средой с помощью «нечеткого регулятора» (модельного представления оператора). В предлагаемой методологии создания САУ внешние возмущения воспринимаются в формате информационного дополнения, что дает возможность реализовать си-

нергетический антиэнтропийный режим выборки оптимального решения посредством определения латентного времени отклика на неопределенности фактора возмущения. Другие аспекты энтропийного подхода в управлении сложными организационно-техническими системами рассмотрены в [3-15].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сизых В.Н. Оптимизация процессов управления в интегрированном бортовом комплексе летательного аппарата на основе алгоритмов с прогнозированием. Иркутск : Изд-во ИВВАИУ (ВИ), 2007. 439 с.
2. Сизых В.Н., Данеев А.В., Палатов Д.А. Методология приближенно-оптимального синтеза нечетких регуляторов по схеме улучшения и локализации // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2016. № 1 (49). С. 103–111.
3. Saridis G.N. Architectures for Intelligent Control. – Intelligent Control Systems. Theory and Applications / M.M. Gurta, N.K. Sinha (eds.), The IEEE, Inc., New York, 1996, pp. 127–148.
4. Панченков А.Н. Энтропия. Н. Новгород : Интелсервис, 1999. 592 с.
5. Панченков А.Н. Энтропия – 2: Хаотическая механика. Н. Новгород : Интелсервис, 2002. 712 с.
6. Крылов А.А., Сизых В.Н., Чумак А.Г. Методика структурно-параметрического синтеза нейросетевой модели продольного движения воздушного транспортного средства // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2011. № 1 (29). С. 129–134.
7. Крылов А.А., Озеров В.Н., Сизых В.Н. Нейросетевая система автоматического управления самолетом в режиме демпфирования // Вестн. Воронеж. гос. техн. ун-та. 2011. №1. Т. 7. С. 189–194.
8. Мухопад Ю.Ф., Пашков Н.Н., Сизых В.Н. Адаптивный подход к нейронному управлению одним классом абсолютно устойчивых систем // Фундаментальные исследования. 2011. № 8. С. 139–147.
9. Сизых В.Н., Шлыкова И.А. Адаптивное нейроуправление типовым технологическим модулем на основе метода скоростного градиента // Механика и процессы управления : материалы XXXXI Всерос. симпозиума. М. : РАН, 2011. Т.2. С. 246–255.
10. Данеев А.В. Энтропия А.Н. Панченкова // А.Н. Панченков: физик, математик, инженер. Иркутск : ИрГТУ, 2005. С. 103–128.
11. Данеев А.В., Русанов В.А., Куменко А.Е. Энтропология сильных дифференциальных моделей и их Фурье-анализ // А.Н. Панченков: физик, математик, инженер. Иркутск : ИрГТУ, 2005. С. 167–189.
12. Данеев А.В., Русанов В.А., Шарпинский Д.Ю. Принцип максимума энтропии в структурной идентификации динамических систем // Изв. вузов. Математика. 2005. № 11. С. 64–69.
13. Данеев А.В., Воробьев А.А., Лебедев Д.М. Алгоритмы управления сложными организационно-техническими системами // Известия ИГЭА. 2010. № 4 (72). С. 83–87.
14. Данеев А.В., Воробьев А.А., Лебедев Д.М., Куменко А.Е., Мастин А.Б. Методика формирования комплекса средств управления сложной организационно-технической системой // Вестн. БГУ. Вып. 9. 2010. С. 263–269.
15. Данеев А.В., Воробьев А.А., Лебедев Д.М. Исследование динамики поведения сложных организационно-технических систем в условиях воздействия неблагоприятных факторов // Вестн. Воронеж. ин-та МВД России. 2010. № 2. С. 163–172.

REFERENCES

1. Sizykh V.N. Optimizatsiya protsessov upravleniya v integrirovannom bortovom komplekse letatel'nogo apparata na osnove algoritmov s prognozirovaniem [Optimization of control processes in the integrated airborne complex of an aircraft based on algorithms with forecasting]. Irkutsk: IVVAIU (VI) Publ., 2007, 439 p.
2. Sizykh V.N., Daneev A.V., Palatov D.A. Metodologiya priblizhenno-optimal'nogo sinteza nechetkikh regulyatorov po skheme uluchsheniya i lokalizatsii [Methodology of approximate-optimal synthesis of fuzzy regulators according to the scheme of improvement and localization]. *Sovremennye tekhnologii. Sistemyi analiz. Modelirovanie* [Modern Technologies. System Analysis. Modeling], 2016, No. 1 (49), pp. 103–111.
3. Saridis G.N. Architectures for Intelligent Control. – Intelligent Control Systems. Theory and Applications / In: M.M. Gurta, N.K. Sinha (eds.), The IEEE, Inc., New York, 1996, pp. 127–148.
4. Panchenkov A.N. Entropiya [Entropy]. N. Novgorod: Intelservis Publ., 1999, 592 p.
5. Panchenkov A.N. Entropiya – 2: Khaoticheskaya mekhanika [Entropy - 2: Chaotic mechanics]. N. Novgorod: Intelservis Publ., 2002, 712 p.
6. Krylov A.A., Sizykh V.N., Chumak A.G. Metodika strukturno-parametricheskogo sinteza neirosetevoi modeli prodol'nogo dvizheniya vozdušnogo transportnogo sredstva [Method of structural-parametric synthesis of the neural network model of the longitudinal motion of an air vehicle]. *Sovremennye tekhnologii. Sistemyi analiz. Modelirovanie* [Modern Technologies. System Analysis. Modeling], 2011, No. 1 (29), pp. 129–134.
7. Krylov A.A., Ozerov V.N., Sizykh V.N. Neurosetevaya sistema avtomaticheskogo upravleniya samoletom v rezhime dempfirovaniya [Neural network control system of the aircraft in the damping mode]. *Vestn. Voronezh. gos. tekhn. un-ta* [], 2011, No.1, Vol. 7, pp. 189–194.
8. Mukhopad Yu.F., Pashkov N.N., Sizykh V.N. Adaptivnyi podkhod k neironnomu upravleniyu odnim klassom absolyutno ustoychivyykh system [Adaptive approach to neural control of one class of absolutely stable systems]. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental research], 2011, No. 8, pp. 139–147.



9. Sizykh V.N., Shlykova I.A. Adaptivnoe neiropravlenie tipovym tekhnologicheskim modulem na osnove metoda skorostnogo gradient [Adaptive neural control by a typical technological module based on the speed gradient method]. *Mekhanika i protsessy upravleniya: materialy XXXI Vseros. Simpoziuma* [Mechanics and control processes: materials of the XXXIth All-Russian symposium]. Moscow: RAS Publ., 2011, Vol.2, pp. 246–255.
10. Daneev A.V. Entropiya A.N. Panchenkova [A.N. Panchenkov's Entropy]. *A.N. Panchenkov: fizik, matematik, inzhener* [A.N. Panchenkov: a physicist, a mathematician, an engineer]. Irkutsk: Irkutsk State Technical University Publ., 2005, pp. 103–128.
11. Daneev A.V., Rusanov V.A., Kumenko A.E. Entropiologiya sil'nykh differentsial'nykh modelei i ikh Fur'e-analiz [Entropyology of strong differential models and their Fourier analysis]. *A.N. Panchenkov: fizik, matematik, inzhener* [A.N. Panchenkov: a physicist, a mathematician, an engineer]. Irkutsk: Irkutsk State Technical University Publ., 2005, pp. 167–189.
12. Daneev A.V., Rusanov V.A., Sharpinskii D.Yu. Printsip maksimuma entropii v strukturnoi identifikatsii dinamicheskikh sistem [The principle of maximum entropy in the structural identification of dynamical systems]. *Izv. vuzov. Matematika* [Russian Mathematics (Iz. VUZ)], 2005, No. 11, pp. 64–69.
13. Daneev A.V., Vorob'ev A.A., Lebedev D.M. Algoritmy upravleniya slozhnymi organizatsionno-tekhnicheskimi sistemami [Algorithms for managing complex organizational and technical systems]. *Izvestiya IGEA* [Bulletin of Baikal State University], 2010, No. 4 (72), pp. 83–87.
14. Daneev A.V., Vorob'ev A.A., Lebedev D.M., Kumenko A.E., Mastin A.B. Metodika formirovaniya kompleksa sredstv upravleniya slozhnoi organizatsionno-tekhnicheskoi sistemoi [The method of forming a complex of management tools of a complex organizational and technical system]. *Vestn. BGU* [The Buryat State University Bulletin], Issue 9, 2010, pp. 263–269.
15. Daneev A.V., Vorob'ev A.A., Lebedev D.M. Issledovanie dinamiki povedeniya slozhnykh organizatsionno-tekhnicheskikh sistem v usloviyakh vozdeistviya neblagopriyatnykh faktorov [Investigation of the dynamics of behavior of complex organizational and technical systems under the influence of unfavorable factors]. *Vestn. Voronezh. in-ta MVD Rossii* [The bulletin of Voronezh Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia], 2010, No. 2, pp. 163–172.

Информация об авторах

Authors

Данеев Алексей Васильевич - д. т. н., профессор кафедры «Информационные системы и защита информации», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: daneev@mail.ru

Данеев Роман Алексеевич - к. т. н., преподаватель кафедры информационно-правовых дисциплин, Восточно-Сибирский институт МВД России, г. Иркутск, e-mail: romasun@mail.ru

Сизых Виктор Николаевич - д. т. н., профессор кафедры «Автоматизация производственных процессов», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: sizykh_vn@mail.ru

Aleksey Vasilievich Daneev – Doctor of Engineering Science, Professor of the Department of Information Systems and Information Protection, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: daneev@mail.ru

Roman Alekseevich Daneev – Ph.D. in Engineering Science, Prof., the Subdepartment of Information and Legal Disciplines, East-Siberian Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia, Irkutsk, e-mail: romasun@mail.ru,

Victor Nikolayevich Sizykh – Doctor of Engineering Science, Prof., the Subdepartment of Automation of Production Processes, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: sizykh_vn@mail.ru

Для цитирования

For citation

Данеев А. В. Нечеткое управление человеко-машинной системой на основе энтропийного подхода и антропоцентрической модели оператора / А. В. Данеев, Р. А. Данеев, В. Н. Сизых // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. — 2017. — Т. 56, № 4. — С. 144-151. — DOI: 10.26731/1813-9108.2017.4(56).144-151.

Daneev A.V. Nechetkoe upravlenie cheloveko-mashinnoi sistemoi na osnove entropiinogo podkhoda i antropotsentricheskoi modeli operatora [Fuzzy control of the human-machine system based on an entropy approach and an anthropocentric model of the operator]. *Sovremennye tekhnologii. Sistemyi analiz. Modelirovanie* [Modern Technologies. System Analysis. Modeling], 2017. Vol. 56, No. 4, pp. 144–151. DOI: 10.26731/1813-9108.2017.4(56).144-151.

УДК 004.056.55: 303.732.4: 519.1

DOI: 10.26731/1813-9108.2017.4(56).151-158

О. В. Кузьмин, И. А. Зеленцов

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Российская Федерация

Дата поступления: 24 октября 2017 г.

КОДИРОВАНИЕ ЗВУКОВОЙ ИНФОРМАЦИИ С ПОМОЩЬЮ АЛГОРИТМА ПЕРЕСТАНОВКИ

Аннотация. В настоящее время имеется несколько областей совместного применения комбинаторного анализа и теории кодирования. С одной стороны, теория кодирования имеет разнообразные приложения при решении комбинаторных задач большой размерности. С другой стороны, активно развиваются комбинаторные методы, применяемые в различных алгоритмах кодирования и декодирования различных видов информации, к которым можно отнести текстовую, графическую, звуковую и ряд других. Известно алгоритмы шифрования на основе стандарта расширенного шифрования (AES). Однако AES имеет ограничения в отношении некоторых специфических требований к мультимедиа, что создает необходимость в разработке других алгоритмов шифрования. Данная статья посвящена разработке алгоритма шифрования звуковой информации с помощью перестановок. Предложенный алгоритм использует процедуру перестановки для выполнения шифрования аудиофайлов,