

## Теоретическая модель обеспечения процесса принятия решения на береговом центре управления автономными необитаемыми подводными аппаратами

Ю.Б. Аллакулиев<sup>1</sup>, И.М. Боромянский<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Тихоокеанское высшее военно-морское училище имени С.О. Макарова, Владивосток

<sup>2</sup>Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

**Аннотация:** В работе рассматривается трафик информации в системе сбора, передачи, и отображения информации как параллельное множество независимых маршрутов, информация по которым стекается на береговой центр управления (БЦУ) автономными необитаемыми подводными аппаратами (АНПА). С точки зрения теории потоков и систем массового обслуживания (СМО) в динамическом плане система сбора, передачи и отображения информации (ССПОИ) имеет дело с составными потоками, в общем случае нестационарными, возможно с последствием (корреляцией). Штрафы действуют на всех уровнях сбора, передачи и даже на лицо принимающее решение (ЛПР) на использование АНПА. Нижний уровень составляет сбор, серия сверток, сжатий и, наконец, сама Z-сцена, донесения, ситуация – именно она составляет предмет когнитивной идентификации в X-сцену системой принятия решений (СПР). Сам блок принятия решений будет состоять из автоматизированной подсистемы и ЛПР, которые взаимодействуют в диалоговом режиме.

**Ключевые слова:** береговой центр управления (БЦУ), автономный необитаемый подводный аппарат АНПА, система сбора, передачи и отображения информации (ССПОИ), система массового обслуживания (СМО), Система сбора, передачи и отображения информации БЦУ АНПА, принятие решения, когнитивная функция

Вся система сбора, передачи и отображения информации (ССПОИ) берегового центра управления (БЦУ) автономных необитаемых подводных аппаратов (АНПА) находится в условиях достаточно высокой степени неопределенности. Задача не в реализации той или иной задачи выбора в пространстве альтернатив. Мы рассматриваем задачу борьбы ЛПР с внешней неопределенностью, штрафами. В результате такой борьбы может наступить этап компромиссного равновесия. Вот его желательно выразить для глобальной ССПОИ в множестве  $\{\tau^*(X_i^\alpha / Z_i^\alpha)\}$  - критических временен или времен компромисса. Именно эти временные функционалы и должны быть положены в основу оценки эффективности ССПОИ.

Процесс сбора, передачи и отображения разнородной информации от автономных необитаемых подводных аппаратов (АНПА) об обстановке в определённых районах Мирового океана в интересах принятия решений на

береговом центре управления (БЦУ) [1] можно представить, как параллельную систему независимых каналов обработки и передачи информации в иерархической системе [3,4]. Все эти каналы могут быть классифицированы по родам и видам связи, могут иметь различную ведомственную принадлежность. Функционально рассматриваемые каналы условно можно разделить на информационные, транслирующие сведения об оперативной обстановке и сервисные, доставляющие сведения вспомогательного характера. Все это позволяет систему сбора, передачи и отображения информации (ССПОИ) рассматривать как параллельное множество независимых маршрутов, информация [13], по которым стекается на БЦУ АНПА.

Применительно к ССПОИ не стоит забывать и потоковую динамику всевозможных форм донесений по каналам в иерархической системе. С точки зрения теории потоков и систем массового обслуживания (СМО) в динамическом плане ССПОИ имеет дело с составными потоками, в общем случае нестационарными, возможно с последствием (корреляцией) [7].

В любой информационной системе существуют промежуточные этапы свертки, сжатия информации. Можно выделить несколько типов сжатия информации как результат работы аналитиков. Это могут быть формализованные и неформализованные донесения, диаграммы, полигоны, гистограммы, карты, карты-схемы, графики, зависимости, закономерности, черно-белые, полутонные и цветные изображения. В настоящее время появились возможности получения телевизионного изображения локальной области (района) океана.

С точки зрения СМО мы можем все эти виды представлений, отображений информации считать, как различные информационные продукты [5]. Тогда ССПОИ в целом может быть смоделирована динамикой составных потоков [5] с соответствующими этапами сжатия информации при

---

условии многопродуктовости [5]. Таким образом, сформулированная вербальная структура ССПОИ может быть представлена графом, как показано на рис.1.

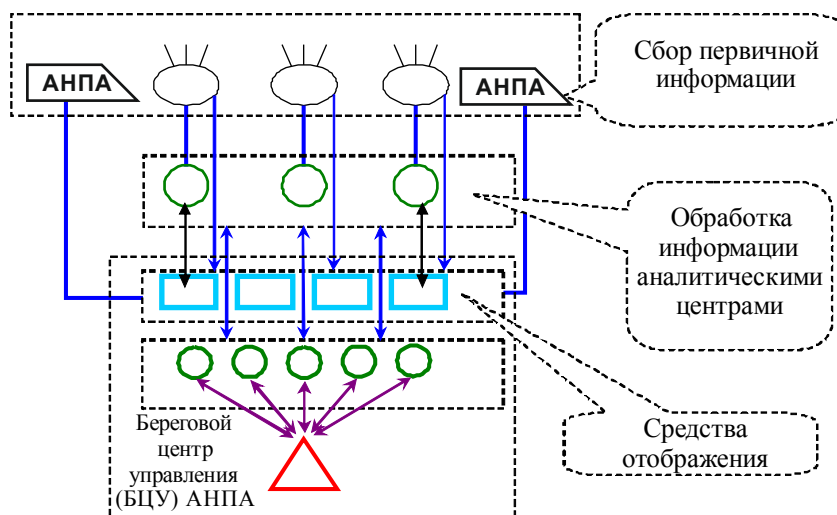


Рис. 1. – Система сбора, передачи и отображения информации БЦУ АНПА

В формализованном аспекте – это древесный граф типа леса [2], причем он имеет стратификационную структуру. На самом нижнем уровне – сбор первичной информации (рис.1). На 2-м уровне, как минимум, можно выделить страту, где осуществляется серия сжатий информации соответствующими аналитическими центрами, пунктами (уровнями) сбора и обработки различных видов информации. Именно в таком формате, по параллельным независимым каналам формируется 3-й уровень ССПОИ. Он состоит из множества, кортежа «картинок», донесений, изображений вышеуказанных продуктов. В формализованном плане мы получаем множество  $\{Z_i^\alpha\}$ , где  $\alpha$  – виды информационных продуктов,  $\alpha \leq 7$ ;  $i$  – число каналов различной функциональной принадлежности (главных, вспомогательных, сервисных и пр.),  $i \leq n$ .

В обычных ССПОИ, назовем их тип «А», вот эти  $\{Z_i^\alpha\}$  – ситуации и подлежат идентификации лицом принимающим решение (ЛПР). Топология

лесного графа сразу диктует аддитивный принцип композиции, который приведет к суммарным когнитивным усилиям лица, принимающего решение (ЛПР) [6]. Конечно, уровень ЛПР будет представлен различными специалистами и дежурными операторами на БЦУ АНПА. В их функции входит специализированная помощь и поддержка ЛПР в идентификации общей обстановки, которая отражается во множестве  $\{Z_i^\alpha\}$ . Мы считаем, что первичная задача любого ЛПР состоит в уяснении  $Z_i^\alpha$  - ситуации. С формальной точки зрения выяснение, идентификация означает вскрытие семантики, смысла  $Z_i^\alpha$ . На что затрачивается соответствующие когнитивные усилия [9]. Поскольку сам когнитивный процесс идентификации [9] неизвестных  $Z_i^\alpha$  - ситуаций нельзя считать детально изученным, то остается только феноменологический, системный уровень рассмотрения [9]. Во многих экспериментах 60-х – 80-х годов – в большинстве случаев – это эргонометрические исследования, любая задача когнитивной идентификации  $Z_i^\alpha$  - ситуации характеризовалась  $\tau(Z_i^\alpha)$  – временем идентификации.

Вряд ли стоит разьяснять, что вся ССПОИ БЦУ АНПА находится в условиях достаточно высокой степени неопределенности [4,9]. Эта неопределенность в ССПОИ может быть связана с фрагментарностью добываемой информации. Нельзя не учитывать несвоевременность доставки и устаревание информации и т.д.

Тем самым ЛПР посредством своих когнитивных функций должен справляться с этой неопределенностью с целью превращения  $\{Z_i^\alpha\}$  в  $\{X_i^\alpha\}$ , где первое множество – это фактически «черный ящик» хорошо известный в кибернетике, а сцены  $\{X_i^\alpha\}$  уже являются семантически проявленными, идентифицированными за счет когнитивных действий ЛПР. И наконец,

---

главной характеристикой ССПОИ будет являться временной условный функционал когнитивной идентификации

$$\{\tau^*(X_i^\alpha / Z_i^\alpha)\}_{i,\alpha} \quad (1)$$

где  $X_i^\alpha$  – семантически проявленные сцены;  $Z_i^\alpha$  – ситуации, подлежащие идентификации,  $\alpha$  – виды информационных продуктов,  $i$  – число каналов.

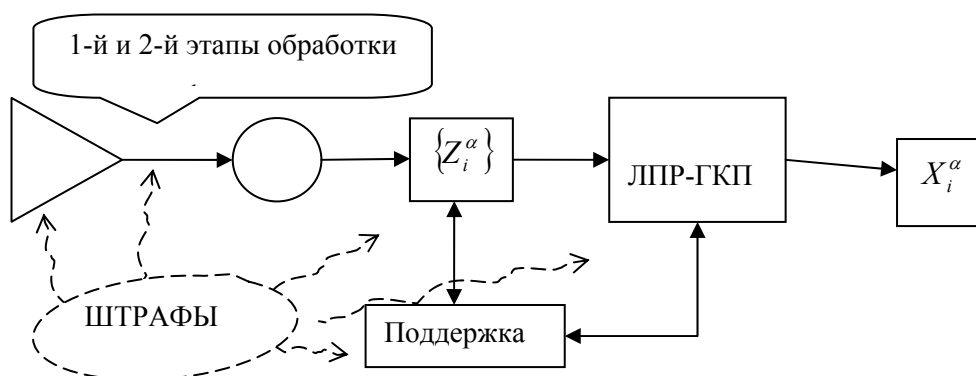


Рис. 2. – Схема когнитивной идентификации в условиях неопределенности

В рис.1. нельзя не упомянуть о стратегии сканирования ансамбля  $\{Z_i^\alpha\}$ . На этом уровне можно ввести соответствующие предпочтения ЛПР [7].

В лесном графе типа «А» выделим фундаментальный канал ССПОИ БЦУ АНПА, на котором можно построить схему когнитивной идентификации в условиях неопределенности (рис. 2) [2]:

Штрафы действуют на всех уровнях сбора, передачи и даже на ЛПР. Нижний уровень составляет сбор, серия сверток, сжатий и, наконец, сама Z-сцена, донесения, ситуация – именно она составляет предмет когнитивной идентификации в X-сцену системой принятия решений (СПР) [11]. Сам блок принятия решений будет состоять из автоматизированной подсистемы и ЛПР, которые взаимодействуют в диалоговом режиме. Кроме того, на рис. 2 показана система субъективной поддержки в режиме консультации, «подсказки» [11]. В результате совместных действий за некоторое  $\tau$ -время Z-ситуация может семантически идентифицирована в X-сцену. Если считать,

что штрафы фиксированы, точнее, не зависят от ЛПР [14], то временные затраты на когнитивную идентификацию отображаются в условном функционале, который будет зависеть только от когнитивной функции ЛПР.

Здесь важно подчеркнуть, что типовая задача принятия решения состоит в выборе некоторой оптимальной альтернативы по соответствующему критерию [11]. Можно было бы высказать критические замечания по данной схеме принятия решений. Например, не всегда реальную ситуацию можно «зажать» во множестве альтернатив, тем более, если она достаточно насыщена противоречивыми событиями. В реальных ситуациях достаточно сложно построить полную группу альтернатив или хотя бы достаточную [15]. К тому же многие формы статистической теории принятия решений даже в субъективных формах [12] требуют большой и разнообразной информации. Тем более, что субъективные формы информации имеют нечеткие формы представления [12]. Не всегда удается провести «хорошее шкалирование» [12]. Если говорить о Байесовских формах принятия решений, то они требуют большого объема статистических данных [7].

Наша задача не в реализации той или иной задачи выбора в пространстве альтернатив. Мы рассматриваем задачу борьбы ЛПР с внешней неопределенностью, штрафами [12]. В результате такой борьбы может наступить этап компромиссного равновесия [7]. Вот его желательно выразить для глобальной ССПОИ в множестве  $\{\tau^*(X_i^\alpha / Z_i^\alpha)\}$  - критических временен или времен компромисса. Именно эти временные функционалы и должны быть положены в основу оценки эффективности ССПОИ. Тогда в качестве критерия пригодности ССПОИ будет выступать неравенство:

$$T^* \leq T_{\text{норм}},$$

где

$$T^* = \sum_i \sum_\alpha \tau^*(X_i^\alpha / Z_i^\alpha), \quad T_{exp} < T_\Sigma^* \leq T_{norm}. \quad (2)$$

Последняя сумма обязана лесной топологии графа [2] рис. 1. Если неравенство (2) выполняется, то ССПОИ приемлема для обеспечения принятия решения. В предложенной качественной схеме виден сам критерий принятия-отвержения ССПОИ. Очевидно, что решение по эффективности ССПОИ принимается в методике простой альтернативной гипотезы. При этом реализуется типичная идеология проверки гипотезы в математической статистике. Однако задача сравнительной эффективности нескольких ССПОИ не эквивалентна простой альтернативе в формализме проверки гипотез. Тогда надо было бы ввести соответствующие информационные метрики, расстояния и уже в этих метриках давать сравнительную оценку ССПОИ [6]. В плане реального случая, когда две или несколько ССПОИ будут удовлетворять неравенству они все допустимы, но какая из них эффективнее – этот вопрос может решаться в терминах информационных метрик соответствующих пространств ССПОИ. Но эта задача более высокого уровня [6].

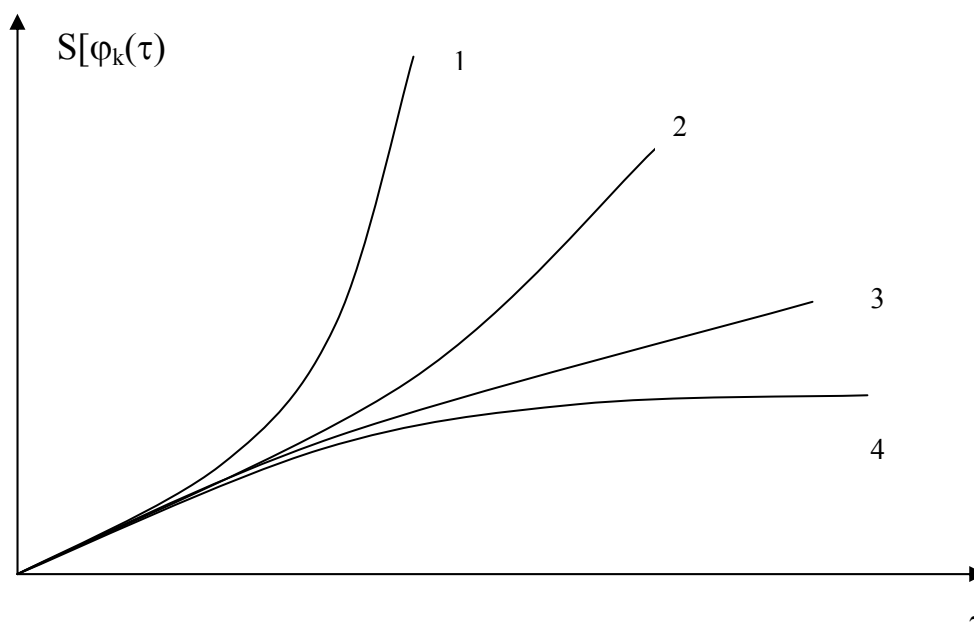


Рис. 3. – Виды штрафных функций в СПР

Типовая система принятия решений (СПР) может быть усложнена рассмотрением многопродуктовой задачи [7]. Естественно включить и потоковую динамику [7]. При этом надо помнить два ограничения левое (нижнее) ограничение связано с информационной бедностью, слабым трафике потока донесении. Если при этом достаточно высока степень неопределенности, то в этом случае когнитивная эффективность ЛПР близка к нулю. Но есть и «правое», верхнее ограничение, когда темп потока донесений достаточно высокий и при значительной неопределенности ЛПР не будет справляться с семантической идентификацией последовательности ситуаций. При большом по объему трафике и интенсивности потока донесений эффективность функционирования будет так же мала.

Можно видеть, что обостряется проблема объектного и скоростного согласования трафика донесений и когнитивных ЛПР усилий автоматизированного блока СПР.

Пока будем рассматривать статический случай для СПР (рис. 2).

Используем для дальнейшего рассмотрения теорию принятия решений в форме Стратоновича [10]. Привлечем лагранжев формализм [10]. Будем характеризовать внешнюю неопределенность функцией штрафов  $\varphi(\tau)$ . Поскольку всякая неопределенность имеет энтропийную меру, то можно ввести энтропию  $S[\varphi(\tau)] = \ln[\varphi(\tau)]$ . Сразу можно предложить несколько типов этой неопределенности (рис.3).

Первая и вторая зависимости энтропии соответствуют:

штрафная функция взрывного типа:

$$\varphi_1(\tau) = e^{+\alpha\tau} \vee \varphi_2(\tau) = e^{+\alpha|\tau|} \quad (3)$$

количество неопределенности ln-типа.

$$S[\varphi_3(\tau)] \sim \ln \alpha \tau^\beta \quad (4)$$

$\varphi_4(\tau) \sim \beta[1 - e^{-\lambda\tau}]$  – штрафная функция с насыщением.



Ясно, что 1-й и 2-й случай соответствуют мощной неопределенности, которая генерируется антагонистической системой с бесконечными энергетическими возможностями (сверхмощная неопределенность).

3-й случай (рис. 3) соответствует более реальной неопределенности логарифмического типа. Сюда же можно отнести степенные функции с дробными показателями в общем случае  $\varphi_3(\tau) \sim \ln \alpha \tau^\beta$ , где  $\alpha > 0$  – амплитуда,  $\beta > 0$ ,  $\beta < 1$ . Для этого случая указаны две степени свободы  $\alpha$  и  $\beta$ .

Четвертый случай соответствует функциям со стационарной амплитудой, что более правдоподобно, хотя бы по ограниченным энергетическим ресурсам антагонистической системы.

Для СПР необходимо ввести характеристику  $\Psi(\tau)$  – когнитивную функцию ЛПР [9].

Фактически эта функция типа меры (не обязательно вероятностной) или распределения когнитивных усилий по  $\tau$  [9].

В общем случае надо ожидать типы функций  $\Psi(\tau)$  следующего вида:

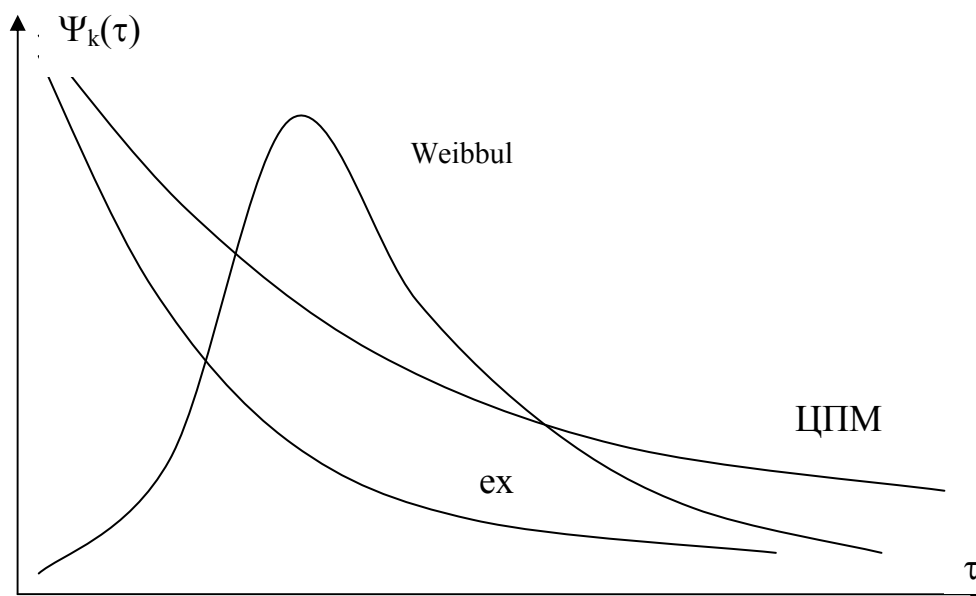


Рис. 4. – Виды функций когнитивных усилий ЛПР

На рис.4:

$$\Psi_1(\tau) = Ae^{-\lambda\tau}, \quad (6)$$

где  $\lambda_\alpha = 1/\tau_\alpha$  — декремент когнитивного затухания,

$$\Psi_2(\tau) = C/\tau^\gamma - \text{распределение Ципфа-Парето-Мандельброта (ЦПМ)} [7],$$

где:

$$\tau \geq 0, \gamma > 1, \gamma > 0, C > 0 - \text{амплитудный тип} \quad (7)$$

$$\Psi_3(\tau) - \text{Вейббуловская статистика} [2] \quad (8)$$

Смысл  $\Psi(\tau)$  как распределения когнитивных усилий ЛПР по времени характеризуется соответствующими амплитудами и скоростями спадания (6-8). ЦПМ  $\Psi_2(\tau) = C/\tau^\gamma$  выпрямляется в двойных логарифмических осях:

ЦПМ-распределение является распределением с «дальнедействующими», затянутыми хвостами. Тогда как экспонента  $\Psi_1(\tau) = Ae^{-\lambda\tau}$ , является короткодействующей. Для ЦПМ можно сказать больше. Так, например,

$$\int_0^\infty \frac{Cd\tau}{\tau^\gamma} \Big|_{\gamma > 1} \rightarrow \infty \quad (9)$$

Этому соответствует ближнедействующее ЦПМ.

Если  $\int_0^\infty \frac{Cd\tau}{\tau^\gamma} \Big|_{\gamma < 1}$ , то такой интеграл расходится и стремится к  $\infty$ :

$$\int_0^\infty \frac{Cd\tau}{\tau^\gamma} \Big|_{\gamma < 1} \rightarrow \infty \quad (10)$$

Такой тип ЦПМ дальнедействующий. Интеграл при  $\gamma > 1$  все равно стремится к «0». В случае  $\gamma < 1$  ЦПМ является дальнедействующей и такого ЛПР следует рассматривать особо. Видимо ЛПР с  $\Psi_2(\tau)$  при  $\gamma < 1$  будет обладать стратегическим когнитивным горизонтом.

Когнитивная функция типа (8) взята в вейббуловской форме [5] поскольку в своем минимальном варианте она наследует экспоненту. Вейббуловские статистики универсальны и имеют важное применение в процессах разрушения, распада систем, если в таких присутствует «узкое

звено». Этот тип когнитивных усилий ЛПР любопытен тем, что W-ЛПР вступает в полную силу не сразу, как это присутствует в случаях (10)

Таким образом, любую СПР надо характеризовать системой 2-х функций:  $\Phi(\tau)$  и  $\Psi(\tau)$ . Но при этом штрафы  $\Phi(\tau)$  с точки зрения ЛПР выглядят как функции стоимости  $\varphi(\tau)$ , затрат. В лагранжевом формализме Стратоновича СПР задается плотностью лагранжиана [10]:

$$L[\Psi(\tau); \varphi(\tau)] = \{h[\Psi(\tau)] - S[\varphi(\tau)]\} = \ln \Psi(\tau) - \ln \varphi(\tau) \quad (11)$$

Затем можно ввести операцию усреднения по  $\Psi(\tau)$  и построить действие ЛПР:

$$S = \overline{L[\Psi(\tau); \varphi(\tau)]}^{\Psi(\tau)} = H[\Psi(\tau)] - S[\varphi(\tau)], \quad (12)$$

где  $H[\Psi(\tau)] = -\sum \Psi(\tau) \ln \Psi(\tau)$  – мера возможности, энтропия Шеннона;

$$S[\varphi(\tau)] = -\sum \Psi(\tau) \ln \varphi(\tau) \text{ – затраты ЛПР.}$$

При этом  $\Psi(\tau)$  – вероятностная мера. Тогда действия СПР по:  
 $S = -\int \Psi(\tau) [\ln \Psi(\tau) - \ln \varphi(\tau)] d\tau$ .

Дальше объявляется вариационный принцип  $\delta_{\Psi(\tau)} S = 0$  или

$$\frac{\partial L[\Psi(\tau); \varphi(\tau)]}{\partial \Psi(\tau)} = 0 \Rightarrow \psi^*(\tau) \quad (13)$$

Вариационная производная (13) берется только по когнитивной координате. Штрафная функция не варьируется поскольку это внешняя характеристика для ЛПР. Из последнего условия находится  $\Psi^*(\tau)$ , которая соответствует стационарному состоянию.

Нетрудно видеть, что когнитивные усилия  $\Psi(\tau)$  будут зависеть от штрафной функции  $\varphi(\tau)$ , функции затрат.

1) Если взять  $S[\varphi(\tau)] = \alpha \tau^2 \vee \alpha |\tau|$ , то  $\Psi_{1,2} = Ae^{-\lambda \alpha \tau^2} \vee Ae^{-\lambda \tau}$ . Тем самым квадратичная или линейная неопределенность по энтропии индуцирует стационарную функцию для ЛПР экспоненциального вида.

Если обратиться к явному виду  $\varphi_{1,2}(\tau)$  (3), то налицо согласование аналитик штрафов и когнитивных усилий на экспоненциальном классе.

2) Если взять 3-й случай штрафной функции (4), то мы приходим к обобщенной гиперболической  $\Psi(\tau)$  функции ЛПР. При этом энтропия штрафов – логарифмическая.

Таким образом, задача принятия решения ССПОИ БЦУ предполагает следующую процедуру:

-строить критические поверхности принятия решения для различных случаев СПР: «экспонента – экспонента»; «экспонента – ЦПМ»; «логарифм – ЦПМ»;

-выбрать теоретическую модель принятия;

-реализовать по соответствующим когнитивным функциям ЛПР и штрафов, в соответствии с выбранной моделью, процедуру по принятию – отвержению ССПОИ БЦУ АНПА

### Литература

1. Аллакулиев Ю.Б., Концепция Берегового центра управления автономными роботами дальнего радиуса действия // Материалы XIII Всероссийской научно-практической конференции «Перспективные системы и задачи управления» и IX молодежная школа-семинар «Управление и обработка информации в технических системах» // Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, 2018. С. 148-156.

2. Айзерман М.А. и др. Динамический подход к анализу структур, описываемых графами // Исследования по теории структур. Сб. науч. тр. М.: Наука. 1988, С.5-77.

3. Гинис Л.А., Вовк С.П. Определение четко доминирующих тактик для выработки альтернативных управляющих решений в условиях полной неопределенности // Инженерный вестник Дона. 2014. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2327

4. Грищенко А.А. Нечеткие методы принятия решений поиска объектов на море // Инженерный вестник Дона. 2014. №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2014/2287

5. Горьянов В.Т., Журавлев Л.Г., Тихонов В.И. Статистическая радиотехника: примеры и задачи. М.: Сов.радио.1980. 544 с.

6. Золотарев В.М Современная теория суммирования независимых случайных величин. М.: Наука. 1986. 416 с.

7. Климов Г.П. Стохастические системы обслуживания. М.: Наука.Гл. ред.физ.-мат.лит. 1966. 244 с.

8. Мартин Н., Ингленд Дж. Математическая теория энтропии. М.: Мир. 1980. 350 с.

9. Прангишвили И.В. Системный подход и общесистемные закономерности серия: «Системы и проблемы управления». М.: СИНТЕГ, 2000, 528 с.

10. Стратонович Р.Л. Теория информации. М.: Сов.радио. 1975. 424 с.

11. Тартаковский Г.П. Теория информационных систем // М. Физматкнига, 2005, 304 с.

12.Трахтенгерц Э.А. Субъективность в компьютерной поддержке управленческих решений. // М., “Синтег”, 2001. 250 с.

13. World Robotics 2015 Service Robots: Service Robot Statistics. IFR International Federation of Robotics. URL: ifr.org/service-robots/statistics/. [Accessed 25 February 2015].

14. Unmanned Systems Integrated Roadmap FY2013-2038. Washington, D.C.: Department of Defense, 2013. URL: defense.gov/pubs/DOD-USRM-2013.pdf. [Accessed 31 March 2014].

15. A Roadmap for U.S. Robotics From Internet to Robotics. 2013. URL: robotics-vo.us/sites/default/files/2013%20Robotics%20Roadmap-rs.pdf.

## References

1. Allakuliev Yu.B. Materialy` XIII Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Perspektivny`e sistemy` i zadachi upravleniya» i IX molodezhnaya shkola-seminar «Upravlenie i obrabotka informacii v texnicheskix sistemax» (Materials of the XIII All-Russian Scientific and Practical Conference "Perspective Systems and Management Tasks" and the IX Youth Workshop "Management and Processing of Information in Technical Systems"). Rostov-na-Donu: SFEDU, 2018. pp. 148-156.
2. Ajzerman M.A. i dr. Dinamicheskij podxod k analizu struktur, opisy`vaemy`x grafami [A dynamic approach to the analysis of structures described by graphs]. Issledovaniya po teorii struktur. Sb.nauch.tr. M.: Nauka. 1988, pp.5-77.
3. Ginis L.A., Vovk S.P. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2014, №2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2327](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2327)
4. Grishhenko A.A. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2014. №1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2014/2287](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2014/2287)
5. Goriyanov V.T., Zhuravlev L.G., Tixonov V.I. Statisticheskaya radiotexnika: primery` i zadachi [Statistical Radio Engineering: Examples and Tasks]. M.: Sov.radio.1980. 544 p.
6. Zolotarev V.M. Sovremennaya teoriya summirovaniya nezavisimy`x sluchajny`x velichin [The modern theory of summation of independent random variables]. M.: Nauka. 1986. 416 p.
7. Klimov G.P. Stoxasticheskie sistemy` obsluzhivaniya [Stochastic service systems]. M.: Nauka.Gl. red.fiz.-mat.lit. 1966. 244 p.
8. Martin N., Ingland Dzh. Matematicheskaya teoriya e`ntropii [Mathematical Theory of Entropy]. M.: Mir. 1980. 350 p.



9. Prangishvili I.V. Sistemny`j podxod i obshhesistemny`e zakonomernosti seriya: «Sistemy` i problemy` upravleniya» [System approach and system-wide regularities series: "Systems and control problems"]. M.: SINTEG, 2000, 528 p.

10. Stratonovich R.L. Teoriya informacii [Information theory]. M.: Sov.radio. 1975. 424 p.

11. Tartakovskij G.P. Teoriya informacionny`x system [Theory of Information Systems]. M.: Fizmatkniga, 2005, 304 p.

12. Traxtengercz E`.A. Sub`ektivnost` v komp`yuternoj podderzhke upravlencheskix reshenij [Subjectivity in computer support of management decisions]. M.: Sinteg, 2001. 250 p.

13. World Robotics 2015 Service Robots: Service Robot Statistics. IFR International Federation of Robotics. URL: [ifr.org/service-robots/statistics/](http://ifr.org/service-robots/statistics/). [Accessed 25 February 2015].

14. Unmanned Systems Integrated Roadmap FY2013-2038. Washington, D.C.: Department of Defense, 2013. URL: [defense.gov/pubs/DOD-USRM-2013.pdf](http://defense.gov/pubs/DOD-USRM-2013.pdf). [Accessed 31 March 2014].

15. A Roadmap for U.S. Robotics from Internet to Robotics. 2013. URL: [robotics-vo.us/sites/default/files/2013%20Robotics%20Roadmap-rs.pdf](http://robotics-vo.us/sites/default/files/2013%20Robotics%20Roadmap-rs.pdf).