

## Эффективность системы сбора, передачи и отображения информации узла связи

Ю.Б. Аллакулиев

*Тихоокеанское высшее военно-морское училище имени С.О. Макарова, Владивосток*

**Аннотация.** В данной работе рассматривается эффективность системы сбора, передачи и отображения информации узла связи в системе принятия решений типа «Парето-логарифм». Предлагается формализм принятия решения с целью проверки простой гипотезы по системе сбора, приема и передачи информации. Он базируется на представлении штрафных и когнитивных функций системы принятия решений различных видов, затем рассматривается феномен борьбы антагонистических систем и устанавливается время компромисса. Во всех обсуждаемых моделях рассматриваются только двухпараметрические семейства штрафных и когнитивных функций. Стоит подчеркнуть, что классический формализм теории принятия решений останавливается на проблемах выбора из семейства некоторых альтернатив. Широко распространены объективные формы принятия решения, которые широко известны в байесовской идеологии.

**Ключевые слова:** система сбора передачи и отображения информации, система принятия решений, лицо принимающее решение.

В последние годы получили развитие субъективные методы задания предпочтений лица принимающего решение (ЛПР). Неопределенность при таких подходах исходит из количества априорного разнообразия на множестве проверяемых гипотез. Поэтому задание априорных парциальных мер для альтернатив может осуществляться в объективной и субъективной формах.

В настоящей работе мы выбираем систему принятия решений (СПР) со штрафными функциями логарифмического типа, а когнитивная функция задается распределением Ципфа – Парето – Мандельброта (ЦПМ) [1]. Надеемся, что СПР вида «ЦПМ-логарифм» будет более интересна, чем СПР [2] вида «экспонента – экспонента». Данная убежденность основывается на принципиальном отличии ЛПР с когнитивной функцией типа ЦПМ [3] при значениях параметра  $\gamma > 0, \gamma < 1, \gamma > 1$ , ( $\gamma$  – крутизна функции штрафов).

Пусть функция штрафов равна

$$\varphi(\tau) \sim \ln a \tau^\beta, \quad (1)$$

где  $a > 0$  – амплитуда логарифма;  $\beta > 0$  – быстрота нарастания логарифмической функции.

Функция (1) соответствует достаточно сильному противнику с неограниченной энергией. Но это не кумулятивная функция. Противник со штрафной функцией (1) наиболее реален. Когнитивную функцию ЛПР выберем в форме ЦПМ [1]:

$$\Psi(\tau) = \frac{C}{\tau^\gamma}, \quad (2)$$

где  $C > 0$  – амплитуда ЦПМ;  $\gamma > 0$ ;  $\gamma < 1$ ,  $\gamma > 1$ .

С точки зрения вариационного принципа в форме Стратоновича функции (1), (2) согласованы. Главная проблема заключается в том, может ли ЛПР с функцией (2) эффективно бороться с ситуацией (1) при некоторой системе сбора передачи и отображения информации (ССПОИ), если его штрафная функция (1) будет иметь высокую амплитуду и значительную крутизну [4]. Если СПР была экспоненциального вида, то в такой постановке это задача заведомо проигрышная для ЛПР при любой ССПОИ. Сама борьба рассматривается в мультипликативной логике и из решающего правила:

$$\arg \text{Mod}[\Psi_{C,\gamma}(\tau); \varphi_{a,\beta}(\tau)] = \frac{d[\Psi(\tau)\varphi(\tau)]d\Psi(\tau)}{d\Psi(\tau)d\tau} \Rightarrow \tau^*(\beta; \gamma / a \vee c), \quad (3)$$

где  $\tau^*$  – время компромисса в борьбе СПР и системы противника.

Как уже упоминалось выше, это функционал, но в данном случае мы сталкиваемся с параметрической зависимостью. Подстановка формул (1), (2) в выражение (3) дает следующее:

$$\tau^*(\beta; \gamma / a) = \sqrt[\beta]{\frac{\exp\left(\frac{\beta}{\gamma}\right)}{A}}. \quad (4)$$

Выражение (4) представляет собой критическую поверхность принятия решений в координатах  $(\beta; \gamma)$  при фиксированном значении  $a$ . Эту формулу можно упростить, выразив в логарифмической шкале времени компромисса:

$$\ln \tau^*(\beta; \gamma / a) = \gamma^{-1} - \beta^{-1} \ln a. \quad (5)$$

В формуле (5) нетрудно заметить линейную зависимость в двух логарифмических осях. Данное выражение сразу подсказывает, как эта линейная функция ведет себя по отношению к  $\gamma$ ,  $\beta$ - параметрам. Можно выдвинуть два способа изменения  $\ln \tau^*$ -логарифма компромисса. Один из них сводится к изменениям по  $\gamma$  при  $\beta = \text{const}$ ; это так называемый рабочий функционал. Можно, наоборот, фиксировать  $\gamma$  и варьировать  $\beta$ , это уже тепловой функционал [5]. Из выражения (5) видно, что определяющим является  $\gamma$ -показатель; также заметна роль амплитуды нападения. Но системный термодинамический подход [5] пока рассматривать не будем.

Вычислительный эксперимент – это фактически имитационное моделирование борьбы, позволяющее рассмотреть все возможные сочетания параметров для ситуации борьбы и компромисса [6]. Продемонстрируем наиболее показательные результаты эксперимента:

I.  $a = c = 2$ ;  $\beta > \gamma$ ,  $\beta = 1,5$ ;  $\gamma = 0,5$ .

Амплитуды антагонистических систем одинаковы.  $\beta > \gamma$ , но  $\beta$  берется больше единицы. Это значит, что штрафная функция мощная по амплитуде и сильная по  $\beta$ -крутизне. Из всего разнообразия вычислительных экспериментов мы сознательно выбрали  $\gamma < 1$ ,  $\gamma = 0,5$ . Это и есть стратегический ЛПР [7].

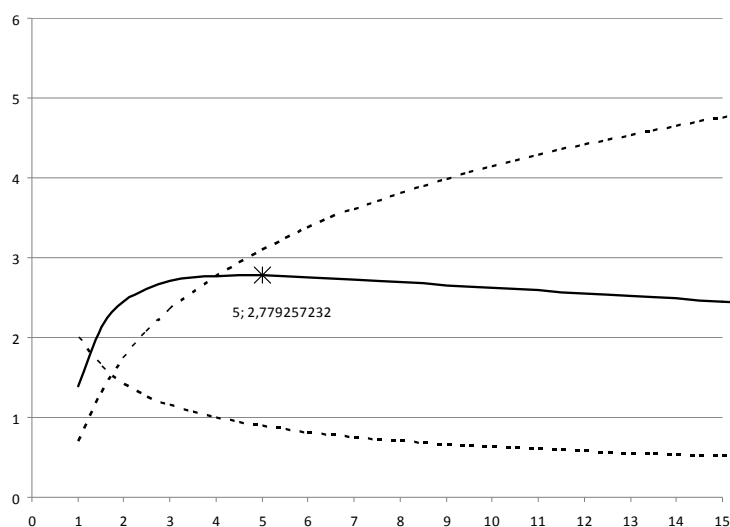


Рис. 1. Кривая принятия решения для случая I

Как видно из рис. 1, координаты  $\tau^*$  составляют (5; 2,78); тогда степень неопределенности составит 13,9.

II.  $c > a$  ( $2 > 1$ );  $\beta > \gamma$ ,  $\beta = 1,5$ ;  $\gamma = 0,5$ .

Здесь (Рис. 2) имеется в виду сильное ЛПР по амплитуде [8].

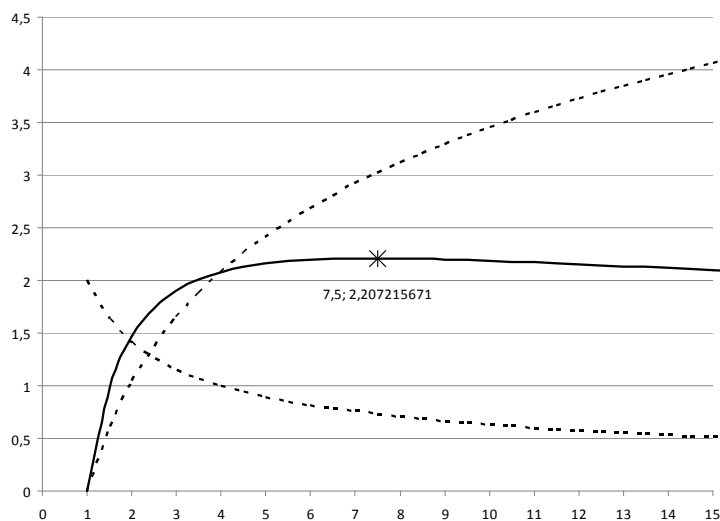


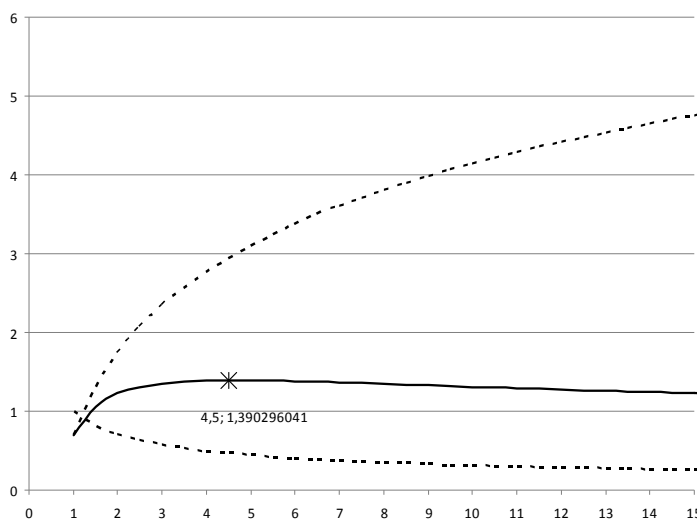
Рис. 2. Кривая принятия решения для случая II

По-прежнему степень крутизны противника высока, и это опять стратегическое ЛПР. Его характеристики компромисса также достаточно высоки, что неудивительно, так как  $c > a$ .

Координаты  $\tau^*$  составляют (7,5; 2,21); тогда степень неопределенности составит 16,575.

III.  $c < a$  ( $1 < 2$ );  $\beta > \gamma$ ,  $\beta = 1,5$ ;  $\gamma = 0,5$ .

Этот случай соответствует амплитудно сильному противнику и по-прежнему крутому  $\beta$ . Ясно, что это самый неблагоприятный случай для ЛПР [9]. Однако результат моделирования и соответствующая мера разнообразия достаточно высоки, хотя и меньше предыдущих.

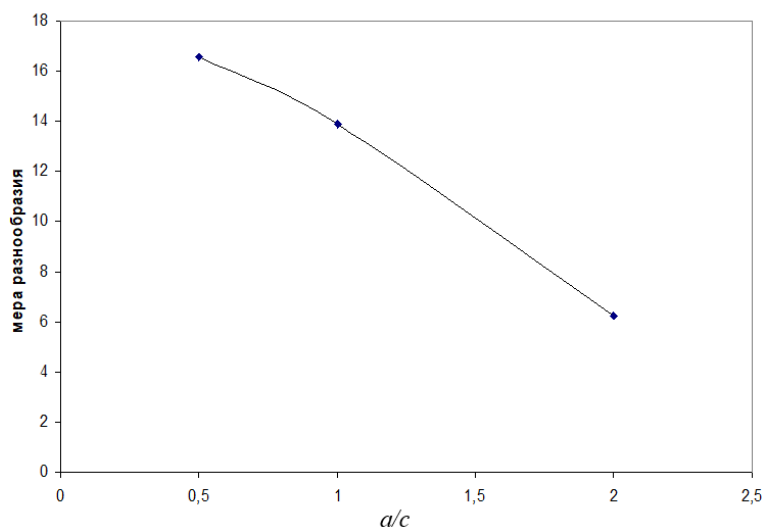


**Рис. 3. Кривая принятия решения для случая III**

Координаты  $\tau^*$  составляют (4,5; 1,39); тогда степень неопределенности составит 6,255.

Предполагается некоторая простая зависимость (Рис. 4). При возрастании внешней амплитуды мера разнообразия в ситуации борьбы, видимо, линейно понижается. Но при этом само время компромисса и его амплитуда по другим вычислительным результатам (параметрам ЛПР) приводят к  $\tau^*$  не больше двух, причем при малых амплитудах. Все остальные случаи, куда входят «ближнедействующие» ЛПР, следует признать выгодными для противника [10]. Только стратегическое ЛПР с  $\gamma < 1$ , даже при амплитудном проигрыше может

привести к повышению времени компромисса в 2,5–3,5 раза. Подобного явления в других типах СПР не наблюдается.

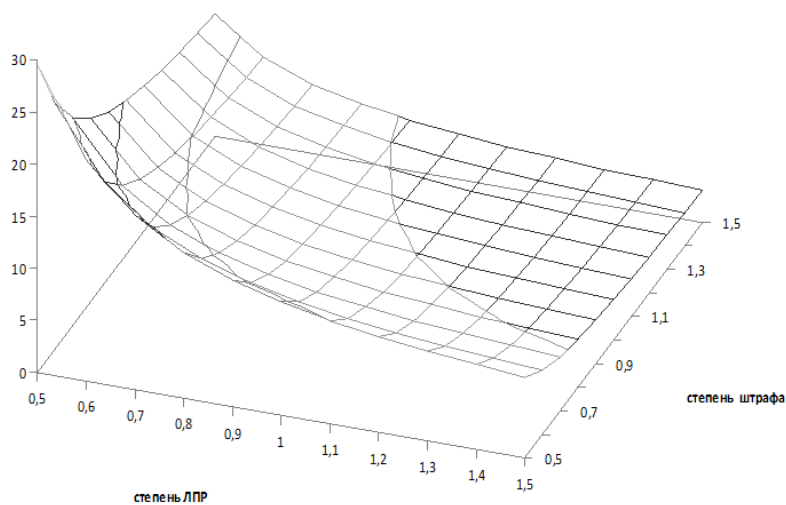


**Рис. 4. Зависимость меры разнообразия от соотношения амплитуд**

Согласно подходу, представленному в работе [2], по принятию решения по выбору ССПОИ надо построить временную поверхность компромисса. Ясно, что она будет параметризована амплитудой  $a$  и коэффициентами  $\beta$  и  $\gamma$ .

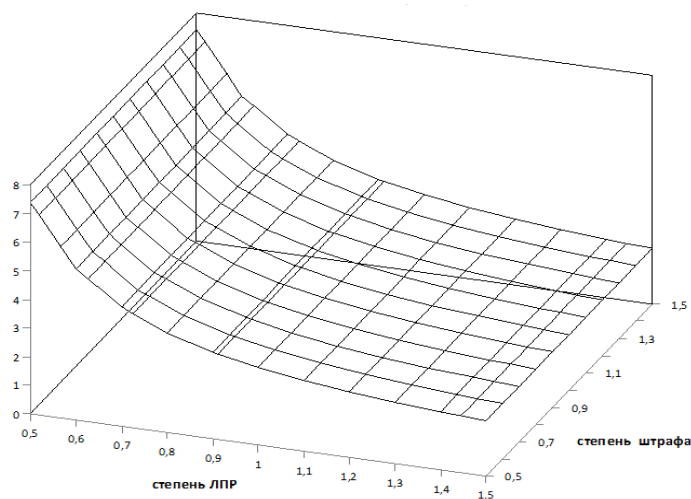
На рис. 5 – 7 приведены три версии критической поверхности компромисса, параметризованные отношением амплитуд.

На рис. 5  $a < c$ ;  $a/c = 0,5$ . Критическая поверхность по своим ортогональным сечениям соответствует коллинеарному поведению по  $\beta$  и  $\gamma$ . В целом топология и аналитические характеристики достаточно хорошие. Данная поверхность непрерывна в каждой точке, глобально и локально вогнута и дифференцируема в каждой точке.



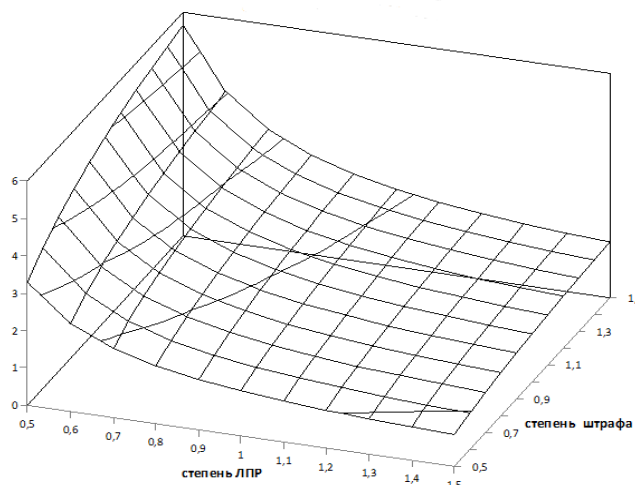
**Рис. 5. Поверхность компромисса при амплитуде штрафа, равной 0,5, и амплитуде ЛПР, равной 1**

Случай равенства  $a$  и  $c$ ,  $a/c = 1$  (см. рис. 6) указывает на одну особенность. Она состоит в том, что основной функционал  $\tau^*(\gamma/\nabla\beta)$  фактически не чувствует зависимости от  $\beta$ . Здесь главным показателем в случае силового равновесия является  $\gamma$ -фактор ЛПР.



**Рис. 6. Поверхность компромисса при амплитуде штрафа, равной 1, и амплитуде ЛПР, равной 1**

Ситуация, представленная на рис. 7, наиболее интересна, поскольку здесь усилия противника превосходят амплитуду ЛПР. Однако в данном случае (силового превосходства противника) зависимости  $\tau_{\beta}^*(\gamma) \vee \tau_{\gamma}^*(\beta)$  будут антиколлинеарны. В целом поверхность времени компромисса уже не так проста, как для рис. 5, 6.



**Рис. 7. Поверхность компромисса при амплитуде штрафа, равной 1,5, и амплитуде ЛПР, равной 1**

Видимо, этот последний случай и будет наиболее распространенным в борьбе антагонистических систем принятия решений [11]. Пользуясь поверхностями времен компромисса см. рис. 5 – 7, уже можно решить задачу по простой альтернативе принятия-отвержения конкретной ССПОИ для вышеуказанных ситуаций.

### Литература

1. Щеголева С.А. Статистика Ципфа – Парето – Мандельброта и анализ Парето / Вестник ДВГАЭУ №3 Владивосток 2002. С. 56 – 64.
2. Орлов А.И. Теория принятия решений. Учебное пособие. – М.: Издательство «Экзамен», 2005, 656с.



3. Прангишвили И.В. Системный подход и общесистемные закономерности. Серия: «Системы и проблемы управления». – М.: СИНТЕГ, 2000, 528 с.
  4. Королюк В.С. и др. Справочник по теории вероятностей и математической статистике. – М.: Наука. 1985. 516 с.
  5. Тартаковский Г.П. Теория информационных систем. // – М. Физматкнига, 2005, 304 с.
  6. Золотарев В.М Современная теория суммирования независимых случайных величин. М.: Наука. 1986. 416 с.
  7. 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.
  8. Аллакулиев Ю.Б. Человеческий фактор в модели управления автономными необитаемыми подводными аппаратами // Системы управления, связи и безопасности. 2018. № 5. С. 268-283. – URL: [scs.intelgr.com/archive/2018-04/14-Allakuliev.pdf](https://scs.intelgr.com/archive/2018-04/14-Allakuliev.pdf)
  9. Аллакулиев Ю.Б., Емелин В.И. Постановка проблемы управления автономными необитаемыми подводными аппаратами и формирование путей ее решения // Системы управления, связи и безопасности. 2018. № 4. С. 110-121. URL: [scs.intelgr.com/archive/2018-04/06-Allakuliev.pdf](https://scs.intelgr.com/archive/2018-04/06-Allakuliev.pdf).
  10. 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].
  11. 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].
-

## References

1. Shhegoleva S.A. Vestnik DVGAIJeU №3. Vladivostok 2002. pp. 56 – 64.
  2. Orlov A.I. Teoriya prinjatija reshenij. [Theory of decision-making]. Uchebnoe posobie. M.: Izdatel'stvo «Jekzamen», 2005, 656 p.
  3. Prangishvili I.V. Sistemnyj podhod i obshhesistemnye zakonomernosti serija: «Sistemy i problemy upravlenija». [A systematic approach and system-wide patterns. Series: "Systems and management problems."]. M.: SINTEG, 2000, 528 p.
  4. Koroljuk V.S. i dr. Spravochnik po teorii verojatnostej i matematicheskoj statistike [Handbook of probability theory and mathematical statistics]. M.: Nauka. 1985. 516 p.
  5. Tartakovskij G.P. Teoriya informacionnyh sistem [Information Systems Theory]. M. Fizmatkniga, 2005, 304 p.
  6. Zolotarev V.M. Sovremennaja teoriya summirovanija nezavisimyh sluchajnyh velichin. [The modern theory of summation of independent random variables]. M.: Nauka. 1986. 416 p.
  7. Ajzerman M.A. i dr. Dinamicheskij podhod k analizu struktur, opisivaemyh grafami. Issledovanija po teorii struktur. Sb. nauch. tr. M.: Nauka. 1988, pp. 5 – 77.
  8. Allakuliev Ju.B. Sistemy upravlenija, svjazi i bezopasnosti. 2018. № 5. pp. 268-283. URL: [scs.intelgr.com/archive/2018-04/14-Allakuliev.pdf](https://scs.intelgr.com/archive/2018-04/14-Allakuliev.pdf)
  9. Allakuliev Ju.B., Emelin V.I. Sistemy upravlenija, svjazi i bezopasnosti. 2018. № 4. pp. 110-121. URL: [scs.intelgr.com/archive/2018-04/06-Allakuliev.pdf](https://scs.intelgr.com/archive/2018-04/06-Allakuliev.pdf).
  10. 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].
  11. Unmanned Systems Integrated Roadmap FY2013-2038. Washington, D.C.: Department of Defense, 2013. URL: [defense.gov/pubs/DOD-USRM\\_2013.pdf](https://www.defense.gov/pubs/DOD-USRM_2013.pdf). [Accessed 31 March 2014].
-