
СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

УДК 623.618 623.4.11

МЕТОД ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ИСПЫТЫВАЕМЫХ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АПРИОРНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Арканов Александр Витальевич, заместитель начальника полígона, 416540, Россия, г. Знаменск, Астраханская область, войсковая часть 15644, e-mail: starusev-av@yandex.ru.

Лобейко Владимир Иванович, доктор технических наук, профессор, филиал Астраханского государственного университета в г. Знаменске, 416540, Россия, г. Знаменск, Астраханская область, ул. Островского, 16, e-mail: lobeykov@mail.ru.

Старусев Андрей Викторович, заместитель начальника научного управления, 416540, Россия, г. Знаменск, Астраханская область, войсковая часть 29139, e-mail: starusev-av@yandex.ru.

Методы обработки результатов экспериментов, используемые в математической статистике, основываются на том, что до испытаний ничего не известно относительно испытываемой сложной технической системы. Поэтому для получения достаточно надёжных сведений о качестве испытываемой сложной технической системы необходимо провести большое число экспериментов, в которых случайные события, проявившиеся в каждом эксперименте, взаимно погашаются, и оценки параметров распределений приближаются к оцениваемым параметрам. Однако ещё до испытаний сложной технической системы уже имеются некоторые сведения о её вероятностных свойствах по результатам испытаний прототипов или из результатов предшествующих испытаний (стендовых испытаний, на основании предшествующих этапов натурных испытаний отдельных элементов системы). Возникает необходимость в учёте этой априорной информации с тем, чтобы уменьшить число экспериментов при сохранении той же достоверности результатов. Способ учёта априорной информации определяется значимостью априорной информации. Чем достовернее априорная информация, тем она правильнее характеризует работу сложной технической системы в реальных условиях её применения.

В статье представлен метод оценки показателей качества испытываемых технических систем, основанный на использовании априорной информации о законах распределения показателей качества испытываемых систем.

Ключевые слова: *автоматическая система управления, эффективность, математическое моделирование, априорная информация, показатели эффективности АСУ, этапы испытаний, иерархическая схема, уровни иерархии, вероятностная мера, комбинированная оценка.*

THE VALUATION METHOD OF MERIT FIGURES OF TESTED DIFFICULT TECHNICAL SYSTEMS WITH USAGE OF THE APRIORISTIC INFORMATION

Arkanov Alexander V., the deputy chief of range, 416540, Russia, Znamensk, the Astrakhan region, army part 15644, e-mail: starusev-av@yandex.ru.

Lobejko Vladimir I., Sc.D. (Engineering), Professor, branch of the Astrakhan State University in the city of Znamensk, 416540, Russia, Znamensk, the Astrakhan region, 16, Ostrovsky st., e-mail: lobeykov@mail.ru.

Starusev Andrey V., the deputy chief of scientific management, 416540, Russia, Znamensk, the Astrakhan region, army part 29139, e-mail: starusev-av@yandex.ru.

Methods of handling of results of the experiments used in the mathematical statistics are based that it is not known concerning tested difficult technical system before tests. Therefore for obtaining sufficiently reliable information on quality of tested difficult technical system it is necessary to lead a great number of experiments in which the casual events shown in each experiment, are mutually repaid and estimations of parameters of allocations come nearer to estimated parameters. However even before tests of difficult technical system already there is some convergence on its probability properties by results of tests of prototypes or from results of prior tests (bench tests, on the basis of prior stages of full-scale tests of separate elements of system). There is a necessity for the registration of this aprioristic information to reduce number of experiments at saving of the same reliability of results. The method of the registration of the aprioristic information is defined by significance of the aprioristic information. What the aprioristic information is more reliable that it more correct characterizes work of the difficult technical system in the real terms of its application.

The valuation method of merit figures of the tested technical systems in the article, based on the use of the aprioristic information about the laws of allocation of indexes of quality of tested systems.

Key words: *automatic management system, efficiency, mathematical modeling, the aprioristic information, indexes of efficiency of the MANAGEMENT information system, stages of tests, the hierarchy diagram, hierarchy levels, a probability measure, a combined estimation.*

Предлагаемый метод основан на использовании априорной информации о законах распределения показателей качества испытываемых систем, что значительно снижает вероятность ошибок определения показателей качества, а это весьма важно при испытаниях опытных образцов сложных систем на различных этапах их создания.

Анализ испытываемых автоматических систем управления (АСУ) показывает, что взаимосвязь характеристик средств, подсистем и алгоритмов с основными выходными характеристиками (показателями эффективности АСУ) можно представить в виде иерархической схемы [1–3], приведённой на рис. 1.

Характеристики i -го уровня иерархии R_i определяются характеристиками средств, подсистем и алгоритмов, соответствующих рассматриваемому уровню, и зависят в общем случае от характеристик низких уровней $R_{i+k, k=1, k-i}$ и от условий работы этих средств и подсистем [4]. Последние формируются внешними условиями работы АСУ и её алгоритмом управления. Характеристики низких уровней – это частные параметры и технические характеристики средств, такие, как точностные характеристики радиотехнических средств системы, аэродинамические и другие характеристики управляемых средств.

Вектор λ означает внешние условия работы системы и описывает пространственно-временные параметры внешней обстановки и характеристики элементов внешней обстановки. В общем случае компоненты вектора λ влияют как на конечные (выходные) показатели системы, так и на характеристики средств различных уровней иерархии (см. рис. 1).

**СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ
И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**

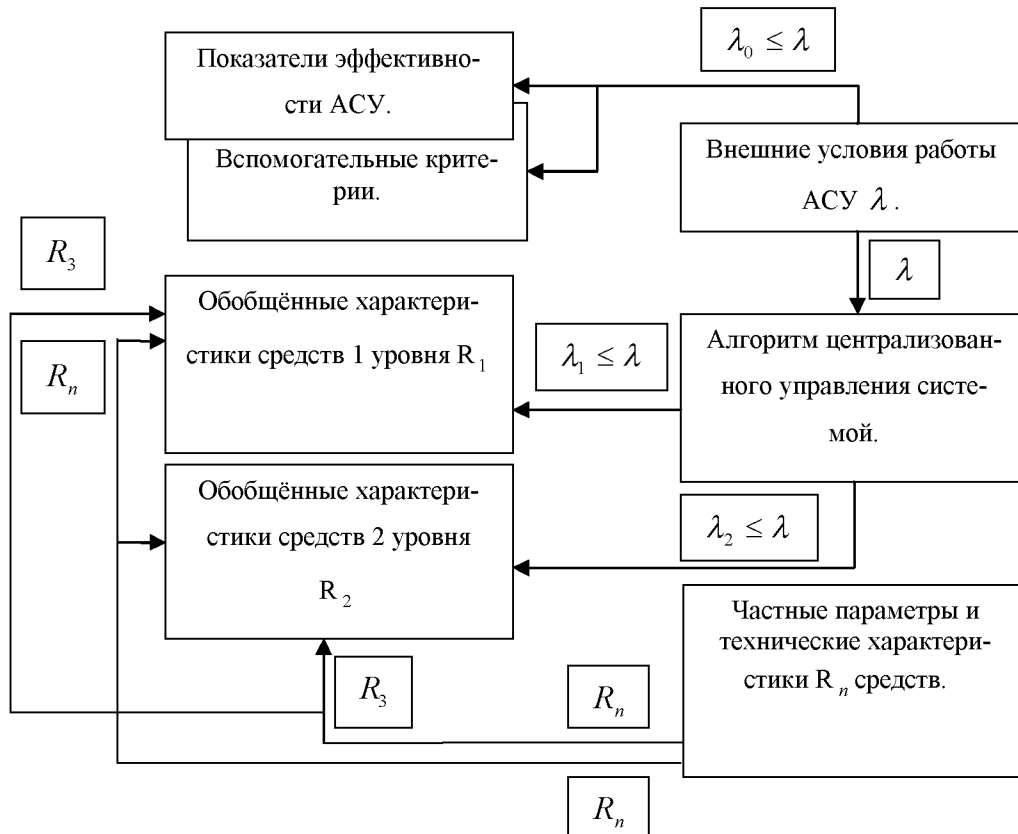


Рис. 1. Иерархическая схема связи характеристик испытываемой АСУ и её средств

λ_1 означает подмножество условий из λ , в котором функционируют средства системы, формирующие характеристики 1 уровня. Подмножество λ_2 имеет тот же смысл, но для 2 уровня характеристик и т.д. Связь характеристик средств, подсистем и алгоритмов с показателями эффективности испытываемых АСУ формально можно записать в виде

$$\left. \begin{aligned} \Theta &= F(R_1, \lambda_0); \\ R &= F_1(R_2, R_3^1, \dots, R_n^1, \lambda^1); \\ R &= F_2(R_3^2, R_4^2, \dots, R_n^2, \lambda^2); \\ &\dots \\ R_{n-1} &= F_{n-1}(R_n, \lambda_{n-1}); \end{aligned} \right\} \quad (1),$$

где

$$\left. \begin{aligned} \lambda^0 &\subseteq \lambda, \lambda^1 \subseteq \lambda, \dots, \lambda^{n-1} \subseteq \lambda \\ R_3^1 &\subseteq R_3, R_3^2 \subseteq R_3 \end{aligned} \right\} \quad (2).$$

При оценке характеристик сложных систем весьма важно доказать, что при расчёте показателя эффективности системы

$$\Theta = \int F(\lambda) \mu d\lambda \quad (3)$$

для условий, характеризуемых вероятностной мерой $\mu d\lambda$ может быть использована априорная информация, полученная на предшествующих этапах испытаний (наземной отработки, стендовых испытаний, математического моделирования).

Необходимо объединить всю имеющуюся информацию об испытываемой системе в рамках единого алгоритма оценки.

Реализацию метода рассмотрим для одномерного случая, когда необходимо определить скалярный показатель \mathcal{E} при условии, что на предшествующих этапах испытаний рассчитаны оценки $\mathcal{E}_1^*, \mathcal{E}_2^*, \dots, \mathcal{E}_i^*$ и им соответствующие дисперсии $D_1^*, D_2^*, \dots, D_i^*$ для различных вероятностных мер $\mu_1(d\lambda), \mu_2(d\mu), \dots, \mu_i(d\lambda)$. Обозначим через n_1, n_2, \dots, n_i число экспериментов, проведённых для расчёта оценок $\mathcal{E}_1^*, \mathcal{E}_2^*, \dots, \mathcal{E}_i^*$, а через n_{i+1} – число экспериментов, назначенное на $(i+1)$ -й этап испытаний. Для того чтобы использовать при оценке интеграла (3) имеющуюся априорную информацию, представим вероятностную меру в виде

$$\mu(d\lambda) = \sum_{f=1}^i C_f \mu_f(d\lambda) + C_{i+1}(\lambda) \mu_{i+1}(d\lambda), \quad (4)$$

где C_f, \dots, C_i – скалярные коэффициенты; $C_{i+1}(\lambda)$ – скалярная функция аргумента λ ; $\mu_{i+1}(d\lambda)$ – неизвестная вероятностная мера, дополняющая композицию известных вероятностных мер μ_f, \dots, μ_i до заданного распределения μ . Тогда комбинированная оценка интеграла (3) имеет вид

$$\tilde{\mathcal{E}} = \sum_{f=1}^i C_f \mathcal{E}_f^* + \mathcal{E}^*(\mu_{i+1}), \quad (5),$$

где

$$\mathcal{E}^*(\mu_{i+1}) = \frac{1}{n_{i+1}} \sum_{i=1}^{n_{i+1}} C_{i+1}(\lambda) f(\lambda_i); \quad \mathcal{E}_f^* = \frac{1}{n_f} \sum_{i=1}^{n_f} f(\lambda_i) \quad (6).$$

Из приведённых соотношений следует, что на $(i+1)$ -м этапе испытание должно осуществляться для условий, соответствующих вероятностной мере μ_{i+1} , которая в общем случае отлична от меры $\mu(d\lambda)$. В этом состоит особенность реализации метода, которая подчёркивает характер постановки статистических экспериментов на $(i+1)$ -м этапе испытаний.

Используя (4), определяем несмещённость оценок вида (5):

$$E\tilde{\mathcal{E}} = \int F(\lambda) \left[\sum_{f=1}^i C_f \mu_f(d\lambda) + C_{i+1}(\lambda) \mu_{i+1}(d\lambda) \right] = \int F(\lambda) \mu(d\lambda) = \mathcal{E}.$$

Дисперсия комбинированной оценки \mathcal{E} будет

$$D\tilde{\mathcal{E}} = \sum_{f=1}^i C_f^2 D\mathcal{E}_f^* + \frac{1}{n_{i+1}} \int [C_{i+1}(\lambda) F(\lambda) - \mathcal{E}(\mu_{i+1})]^2 \mu_{i+1}(d\lambda);$$

$$\mathcal{E}(\mu_{i+1}) = \int C_{i+1}(\lambda) F(\lambda) \mu_{i+1}(d\lambda) \quad (7).$$

Так как $E\tilde{\mathcal{E}} = \mathcal{E}$, то величина $D\tilde{\mathcal{E}}$ принята в качестве меры точности комбинированной оценки. Основная особенность метода заключается в выборе коэффициентов C_f и функции $\mu_{i+1}(d\lambda)$ из условия минимизации функционала

$$D\tilde{\mathcal{E}} = D[C_1, \dots, C_i, \mu_{i+1}(d\lambda)] = \min_{C_1, \dots, C_i, \mu_{i+1}(d\lambda)} \quad (8)$$

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

при ограничении (4).

Выигрыш в точности оценки показателя эффективности $\tilde{\Xi}$ предлагаемым комбинированным методом определяется отношением дисперсий оценок

$$\beta = \frac{D(\Xi)}{D(\tilde{\Xi})}, \quad (9)$$

где $D(\Xi)$ – дисперсия оценки, полученной обычным методом статистических испытаний [2].

Вывод: Предложенный метод оценки показателей качества испытываемых систем с использованием априорной информации позволяет объединить всю имеющуюся информацию об испытываемой системе в рамках единого алгоритма оценки, что существенно повышает точность оценки показателей качества испытываемых систем.

Применение изложенного метода на этапе испытаний сложных технических систем позволяет использовать всю априорную информацию о системах, полученную на различных этапах их создания.

Предлагаемый метод применим при испытаниях различных сложных систем, что говорит о его универсальности.

Список литературы

1. Бусленко Н. П. Теория больших систем / Н. П. Бусленко. – М. : Наука, 1969. – 437 с.
2. Ван Дер Варден Б. Л. Математическая статистика / Б. Л. Ван Дер Варден ; пер. с нем. – М. : Изд-во иностранной литературы, 1960. – 431 с.
3. Гайдес М. А. Общая теория систем (системы и системный анализ) / М. А. Гайдес. – Винница : Глобус-пресс, 2005. – 201 с.
4. Шенк Х. Теория инженерного эксперимента / Х. Шенк ; пер. с англ. – М. : Мир, 1972. – 382 с.

References

1. Buslenko N. P. Teoriya bol'shikh sistem / N. P. Buslenko. – M. : Nauka, 1969. – 437 s.
2. Van Der Varden B. L. Matematicheskaja statistika / B. L. Van Der Varden ; per. s nem. – M. : Izd-vo inostrannoj literatury, 1960. – 431 s.
3. Gajdes M. A. Obwaja teoriya sistem (sistemy i sistemnyj analiz) / M. A. Gajdes. – Vinnica : Globus-press, 2005. – 201 s.
4. Shenk H. Teoriya inzhenernogo jeksperimenta / H. Shenk ; per. s angl. – M. : Mir, 1972. – 382 s.

УДК 004+37.03

ИКТ-КОМПЕТЕНТНОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ И ОРГАНИЗАЦИЙ КАК ФАКТОР СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНА

Кузьмина Алеся Борисовна, аспирант, Астраханский государственный университет, 414056, Россия, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а, e-mail: lessenok-1988@mail.ru.

Брумштейн Юрий Моисеевич, кандидат технических наук, Астраханский государственный университет, 414056, Россия, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а, e-mail: brum2003@mail.ru.

Солопов Вячеслав Юрьевич, профессор, доктор экономических наук, Астраханский государственный университет, 414056, Россия, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а, e-mail: solopov@aspu.ru.

Исследованы направления влияния информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) на социально-экономические процессы в регионах. Показано, что совершенствование