

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА: УПРАВЛЕНИЕ ЗАМЕЩЕНИЕМ КРИТЕРИЯ

А. В. Полтавский, А. С. Жумабаева, Н. К. Юрков

Разработка практических методов и моделей принятия управленческих решений для современных информационно-измерительных и управляющих систем (ИИУС) (в заданных лицом, принимающим решения, ЛПР) является актуальной проблемой. Математическая теория и концепция принятия решений относятся к наиболее интенсивно развивающимся в настоящее время направлениям системного синтеза и анализа различных сложных технических систем (СТС). Принятие управленческих решений при разработке и оценках основных показателей качества и эффективности новых моделей и объектов СТС является сложным творческим процессом, часто носящим итеративный характер. В этом процессе следует выделить следующие компоненты для моделирования объектов ИИУС [1–4]:

- выдвижение целей (задач);
- поиск альтернатив способов их достижения;
- логику выбора альтернатив;
- обоснование показателей и критериев выбора;
- анализ решений (анализ возможных последствий-исходов принимаемых решений).

При этом в результате анализа решений в моделях и структурах ИИУС могут быть модифицированы или отвергнуты первоначально выдвинутые идеи, цели, а также найдены новые альтернативы, т.е. изменена логика выбора. При разработке современных ИИУС и использовании математических моделей для принятия решений, например моделей математического программирования, когда альтернативы представляют собой множество (континуум) допустимых решений, а оптимальное решение соответствует некоторому экстремуму целевой функции, вопрос об анализе последствий как таковых не ставится. Наблюдаемая сегодня определенная увлеченность математическими моделями принятия решений оставляет за сценой непосредственно сам анализ решений. А такой анализ особенно важен для слабо структурированных проблем в ИИУС, когда трудно или почти невозможно использовать чисто математические модели, а принимаемые решения ЛПР и их качество определяются интуицией человека. Поэтому следует рассматривать подход к такому процессу в следующей логической связке. Пусть всякое возможное действие, отвечающее той или иной альтернативе, порождает последствия, характеризуемые определенным набором свойств, показателей и критериев. Выбирается та альтернатива, последствия которой обладают наиболее предпочтительным набором выделенных свойств. Поэтому в конечном итоге анализ решений выступает в качестве необходимого и достаточно важного элемента в процессе принятия управленческих решений. Применяемые показатели качества продукции, характеристики и свойства или, иначе говоря, используемые критерии могут быть как качественными, так и количественными. Известно, что теория принятия управленческих решений ЛПР в основном базируется для количественных показателей. Если поставленная цель и какие-либо из показателей имеют качественный характер, то имеет смысл вводить так называемые критерии-«заместители», значения которых позволяли бы адекватно описать сам процесс изменения качественного критерия. Если используются функции эффективности, когда компоненты векторов детерминированы, то в качестве критерия выступает определенное условие максимизации этой функции при наложенных дополнительных ограничениях. В данном случае задача поиска лучшей альтернативы сводится к задаче математического программирования. В случае использования функции эффективности, когда оцениваемые компоненты являются случайными переменными, делается допущение, что наилучшей является альтернатива, обладающая максимальным значением математического ожидания полезности возможных результатов. Поэтому, естественно, здесь всегда остается открытым вопрос, который следует решать каждый раз в конкретной ситуации. Здесь надо заметить, что в определенных ситуациях более пригодной в автоматизированной ИИУС мо-

жет оказаться логика выбора, основанная на максимизации гарантированного результата, а не среднего ожидаемого результата [5, 6].

Количественные оценки средних значений полезности сравниваемых альтернатив, несомненно, представляют значительный интерес при использовании гарантированного результата. Причинно-следственные связи в ИИУС между альтернативными действиями и показателями, характеризующими их последствия, а также взаимосвязи между показателями устанавливаются в результате построения соответствующих моделей, в том числе и имитационных. При построении функции эффективности следует исходить из взаимной независимости критериев с точки зрения предпочтительности их возможных значений. Степень взаимной независимости и условия компенсации (замещения) одних критериев другими приводят к различным классам функции эффективности: аддитивным, мультикативным, полилинейным. Допущения, связанные с ограничениями относительно взаимной независимости критериев в ИИУС, несколько сужают область применимости полученных результатов, но тем не менее для достаточно широкого круга задач такие допущения могут оказаться вполне приемлемыми. Кроме того, в этих случаях значительно упрощаются как процедуры построения самих функции эффективности, так и методы проверки оправданности использования функции эффективности подобного вида.

Созданные в настоящее время математические модели и имеющиеся ЭВМ для ИИУС позволяют проводить многовариантную проработку различных планов. В связи с этим предварительный анализ возможных вариантов и отсеивание тех из них, которые являются неудовлетворительными не поддающихся формализации, соображений и критериев, представляется целесообразным проводить в ИИУС с использованием квантификации предпочтений. Заметим, что многомерные функции эффективности особенно удобно применять при анализе и выборе решений, работая с ЭВМ в диалоговом режиме. Также следует отметить, что анализ сложных проблем связан с обработкой большого объема информации. Методы многомерной оценки эффективности в автоматизированной ИИУС позволяют учесть присущую анализируемым решениям неопределенность, оказываются также удобными с точки зрения структуризации и агрегирования информации, так как глубокое изучение проблемы влечет за собой подробную детализацию, что в свою очередь ведет к быстрому разрастанию объема данных, относящихся к проблеме. С другой стороны, сокращая непосредственно сам объем информации, вносится дополнительная неопределенность. В результате этого появляются два вида неопределенности в автоматизированной ИИУС: первый вид связан с возможностью осуществления на рассматриваемом отрезке времени неконтролируемых событий, а второй вид – с неопределенностью, непосредственно вносимой в результате агрегирования данных. Исследования возможности взаимной компенсации значений различных критериев или, иначе говоря, возможности «замещения по эффективности» являются актуальными. В математической формулировке (или постановке) это выглядит следующим образом: обозначим через w допустимую альтернативу и через W множество всех допустимых альтернатив. Каждому действию w из W поставим в соответствие m числовых показателей $J_{1(w)}, \dots, J_{m(w)}$. Можно считать, что m показателей J_1, \dots, J_m отображают каждое w из W в точку m -мерного пространства исходов (последствий) действий, как показано на рис. 1. Очевидно, что во всякой точке (J_1, J_2, \dots, J_m) пространства последствий невозможно непосредственно сравнивать величины J_i и J_j при $i \neq j$, так как в большинстве случаев это было бы просто бессмысленно, поскольку компоненты J_i и J_j могут измеряться в совершенно разных единицах. Задача состоит в таком выборе w из W , чтобы получить в наибольшей мере устраивающий результат $J_{1(w)}, \dots, J_{m(w)}$. Здесь нужна некоторая функция оценки, которая сводила бы совокупность как $J_{1(w)}, \dots, J_{m(w)}$ в скалярный показатель предпочтительности. В такой формулировке это равносильно заданию скалярной функции $J(J_1, J_2, \dots, J_m) \geq J(J'_1, J'_2, \dots, J'_m) \iff (J_1, J_2, \dots, J_m) \geq (J'_1, J'_2, \dots, J'_m)$, где символ \geq означает «не менее предпочтителен, чем». Функцию $J(\cdot)$ назовем функцией эффективности при выборе альтернатив в автоматизированной ИИУС. Теория исследования операций объектов СТС предполагает ряд способов формирования единого критерия J_{ko} из набора частных критериев J_i с оценкой свойств этих способов. Приведем два наиболее характерных примера таких способов [7–9].

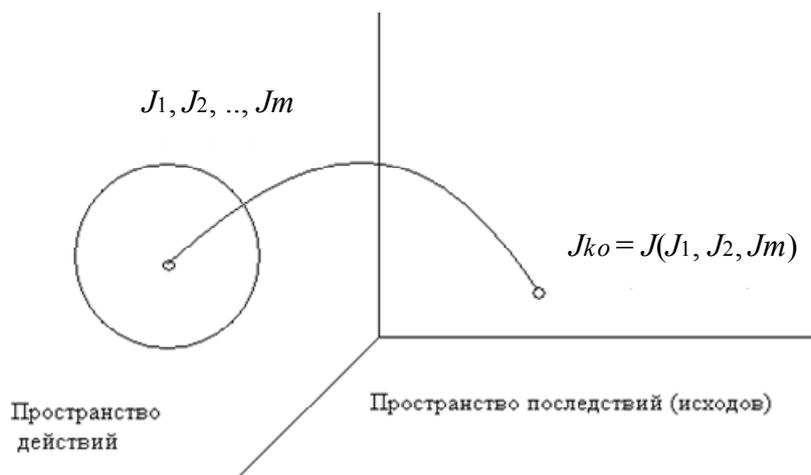


Рис. 1. Отображение действий в последствиях (исходы испытаний)

Способ 1. Критерий $J = J_{k0}$ также является взвешенной суммой частных критериев J_i [10]:

$$J_{k0} = \sum_{i=1}^m \lambda_i J_i. \quad (1)$$

Неравнозначность частных критериев для СТС J_i можно отразить выбором весовых коэффициентов λ_i , что позволяет с помощью этого критерия формулировать разные цели операции (существует методика экспертных оценок этих коэффициентов).

Общим свойством критерия (1) является то, что в оптимальных решениях возможно достижение высокого значения J_{k0} в ущерб какому-то частному критерию J_i . Поэтому критерий типа взвешенной суммы используется там, где в число ограничений включены ограничения на каждый из выходных параметров.

Способ 2. Критерий J_{k0} является минимальным из частных критериев СТС J_i [11]:

$$J_{k0} = \min_{1 \leq i \leq m} J_i. \quad (2)$$

Так следует поступать, когда J_i представляет собой некоторый запас в выполнении некоторых ограничений на некоторый параметр y_i , таким образом $J_i = y_i / (y_i^0) - 1$. При этом J_{k0} является минимальным из запасов, т.е. запасом в выполнении ИИУС всей совокупности ограничений на выходные параметры. Целью операции в автоматизированной ИИУС будет максимизация минимального запаса. Использование этого критерия оправдано в условиях неопределенности некоторых параметров, поскольку оптимальное решение в ИИУС лучше всего гарантирует выполнение заданных ограничений на выходные параметры при возможных колебаниях значений неопределенных параметров. Свойством этого критерия будет тенденция к равномерной степени достижения целей по каждому частному критерию. Тут невозможно улучшение результата операции в целом в ущерб какому-то одному критерию или, наоборот, за счет какого-то «рекордного» критерия. Чтобы придать данному способу необходимую гибкость в автоматизированной ИИУС, используем его модификацию в следующем виде [12]:

$$J_{k0} = \min_{1 \leq i \leq m} \lambda_i J_i. \quad (3)$$

Изменяя λ_i , можно получить математическую формулировку самых разнообразных целей и задач в автоматизированной ИИУС. Метод введения ограничений на выходные параметры в функцию эффективности (непосредственно в критерий) позволяет решать задачу оптимизации, в которой ограничения на выходные параметры можно не учитывать (они учитываются в ИИУС автоматически), что облегчает построение алгоритма оптимизации в ИИУС. Идея преобразования задачи оптимизации с ограничениями в задачу, оптимизации без ограничений путем изменения целевой функции (или критерия) является основой целой группы методов, называемых методами штрафных функций (или функции потерь).

Следует отметить, что приведенная концепция критериального замещения в автоматизированной ИИУС включает и методы математического конструирования, основанные на моделировании и показателях интеллектуальности «S_int» (например, градиентный и неградиентный поиск структур и параметров в СТС, методы экспертных оценок, а также эвристический «интуитивный» метод и т.д.), также она позволит проводить рациональные действия в альтернативах исследуемой (или вновь создаваемой) и применяемой системы СТС по основным показателям качества на протяжении всего жизненного цикла (рис. 2) [13–15].

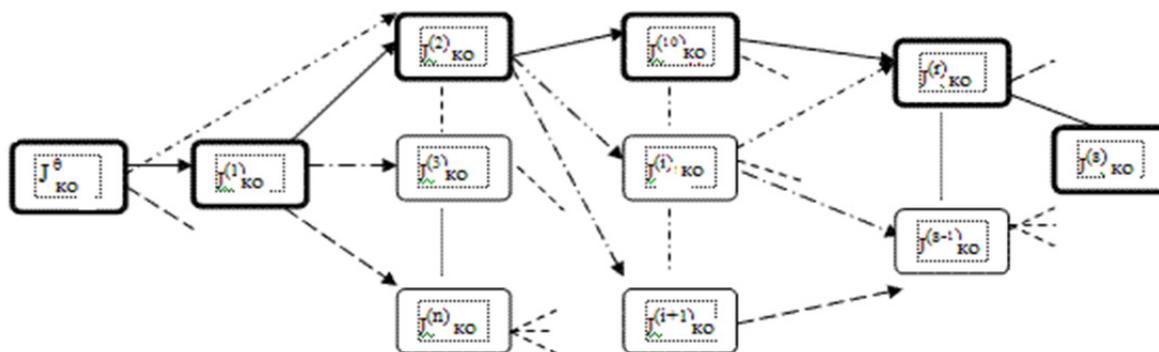


Рис. 2. Схематизация этапов критериального замещения в автоматизированной ИИУС

Таким образом, концепция разработки современных автоматизированных ИИУС для принятия управленческих решений ЛПП должна учитывать приведенные выше рассуждения в проектах создаваемых моделей и звеньев объектов СТС с учетом их замещения «по эффективности» на всех этапах их жизненного цикла. Предлагаемый подход возможен при построении и идентификации экспертных систем, а также в управлении проектами мониторинговых информационных систем.

Список литературы

1. Гладков, Д. И. Оптимизация систем неградиентным случайным поиском / Д. И. Гладков. – М. : Энергоатомиздат, 1984.
2. Казаков, И. Е. Статистическая динамика систем с переменной структурой / И. Е. Казаков. – М. : Наука, 1977.
3. Вентцель, Е. С. Исследование операций / Е. С. Вентцель. – М. : Советское радио, 1972.
4. Пугачев, В. С. Основы статистической теории автоматических систем / В. С. Пугачев, И. Е. Казаков, Л. Г. Евланов. – М. : Машиностроение, 1974.
5. Нейман, Дж. Два прорыва в теории выбора статистических решений / Дж. Нейман. – М. : Математика, 1964.
6. Растрингин, Л. А. Статистические методы поиска / Л. А. Растрингин. – М. : Наука, 1964.
7. Гайкович, А. И. Основы теории проектирования сложных технических систем / А. И. Гайкович. – СПб. : НИЦ «МОРИНТЕХ», 2001. – 412 с.
8. Самков, Т. Д. Теория принятия решений / Т. Д. Самков. – Новосибирск : НГТУ, 2010. – 107 с.
9. Надежность и эффективность в технике : справ. Т. 3. Эффективность технических систем / под общ. ред. В. Ф. Уткина, Ю. В. Крючкова. – М. : Машиностроение, 1988. – 328 с.
10. Основы синтеза систем летательных аппаратов / А. А. Лебедев, Г. Г. Аджимамудов, В. Н. Баранов [и др.] ; под ред. А. А. Лебедева. – М. : Изд-во МАИ, 1996. – 224 с.
11. Райфа, Г. Анализ решений (введение в проблему выбора в условиях неопределенности) / Г. Райфа. – М. : Наука : Гл. ред. физ.-мат. лит., 1977. – 408 с.
12. Андрейчиков, А. В. Системный анализ стратегических решений в инноватике. Математические, эвристические и интеллектуальные методы системного анализа и синтеза инноваций / А. В. Андрейчиков, О. Н. Андрейчикова. – М. : Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2013. – 304 с.
13. Полтавский, А. В. Управление безопасностью движения беспилотного ЛА / А. В. Полтавский // Датчики и системы. – 2008. – № 9. – С. 4–8.
14. Полтавский, А. В. Модель измерительной системы в управлении БЛА / А. В. Полтавский // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2009. – № 10. – С. 73–77.
15. Полтавский, А. В. Комплексная методика оценки эффективности многоцелевых КБЛА / А. В. Полтавский, С. С. Семенов, А. А. Бурба // Боеприпасы. – 2010. – № 2. – С. 34–38.

Полтавский Александр Васильевич

доктор технических наук,
ведущий научный сотрудник,
Институт проблем управления
Российской академии наук им. В. А. Трапезникова
(117997, Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная, 65)
E-mail: avp57avp@yandex.ru

Жумабаева Асель Сагнаевна

старший преподаватель,
кафедра космической техники и технологий,
Евразийский Национальный университет
им. Л. Н. Гумилева
(010000, Казахстан, г. Астана, ул. Сатпаева, 2)
E-mail: almatyaseri@mail.ru

Юрков Николай Кондратьевич

доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой конструирования
и производства радиоаппаратуры,
Пензенский государственный университет
(440026, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)
E-mail: yurkov_NK@mail.ru

Аннотация. Показано, что принятие управленческих решений при разработке и оценках основных показателей качества и эффективности новых моделей и объектов СТС является сложным итеративным творческим процессом, в результате которого структуры ИИУС могут быть модифицированы на основе новых идей, альтернатив, т.е. на основе изменения логики проектирования. Концепция разработки современных автоматизированных ИИУС для принятия управленческих решений ЛПР должна учитывать приведенные выше рассуждения в проектах создаваемых моделей и звеньев объектов СТС с учетом их замещения «по эффективности» на всех этапах их жизненного цикла. Предлагаемый подход возможен при построении и идентификации экспертных систем, а также в управлении проектами мониторинговых информационных систем. Дается оценка современной тенденции излишнего доверия результатам математического моделирования в ущерб традиции оным конструкторским подходам. Предлагается подход к проектированию современных ИИУС на основе применения математических моделей для подготовке оптимального решения по критерию экстремума целевой функции с дальнейшей проверкой допустимости решений с использованием квантификации предпочтений. Приводится схематизация этапов критериального замещения в автоматизированной ИИУС. Предлагаемый подход возможен при построении и идентификации экспертных систем, а также в управлении проектами мониторинговых информационных систем.

Ключевые слова: сложная техническая система, информационно-измерительная система, критерии оптимизации, моделирование.

Poltavskiy Aleksandr Vasil'evich

doctor of technical sciences, leading researcher,
Institute of management problems
of Russian Academy of Sciences
named after V. A. Trapeznikov
(117997, 65 Profsoyuznaya street, Moscow, Russia)

Zhumabaeva Asel' Sagnaevna

senior lecturer,
sub-department of space engineering and technology,
Eurasian National University
named after L. N. Gumilyov
(010000, 2 Satpaev street, Astana, Kazakhstan)

Yurkov Nikolay Kondrat'evich

doctor of technical sciences, professor,
head of sub-department of radio equipment
design and production,
Penza State University
(440026, 40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Abstract. It is shown that the managerial decision-making in the development and assessment of the main indicators of the quality and efficiency of new models and objects STS is a complex iterative creative process, in which IIUS structure can be modified on the basis of new ideas, alternatives, ie, based on a change of logic design. the concept of the development of modern automated IIUS for management decision-making decision-makers should take into account the above considerations in projects created models and links ITS objects based on their substitution of "performance" at all stages of their life cycle. The proposed approach is possible in the construction and identification of expert systems as well as project management of monitoring information systems. The estimation of the current trend of over-reliance on the results of mathematical modeling to the detriment of the traditions of add-on design approach. An approach to the design of modern IIUS through the application of mathematical models for the preparation of the optimal solution on the criterion of the extremum of the objective function with a further validation check solutions using quantification preferences. We present schematization stages criterion substitution automated IIUS. The proposed approach is possible in the construction and identification of expert systems as well as project management of monitoring information systems.

Key words: a complex technical system, information-measuring system, optimization criteria, modeling.

УДК 519.85

Полтавский, А. В.

Информационная система: управление замещением критерия / А. В. Полтавский, А. С. Жумабаева, Н. К. Юрков // Надежность и качество сложных систем. – 2016. – № 4 (16). – С. 20–25. DOI 10.21685/2307-4205-2016-4-3.