

ОБОСНОВАНИЕ ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНОГО ВАРИАНТА ПОСТРОЕНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЕРРИТОРИАЛЬНО-РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПО ВЕКТОРУ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Мионов Е.А.¹, Гузенко В.Л.¹, Клепов А.В.¹, Шестопалова О.Л.²

¹ФГОУ ВПО «Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского, Санкт-Петербург, Россия (197198, г. Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), e-mail: vka@mil.ru

² Филиал «Восход» ФГБОУ ВПО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет) в г. Байконуре, г. Байконур, Республика Казахстан (468320, Республика Казахстан, г. Байконур, проспект Гагарина, д. 5)

В статье обсуждаются вопросы разработки методического обеспечения для решения задачи выбора вариантов построения и функционирования системы технической эксплуатации территориально-распределенных информационных систем по нескольким технико-экономическим критериям: максимуму готовности, минимуму продолжительности простоев, минимуму затрат на построение и функционирование системы технической эксплуатации. Рассматриваемая задача относится к классу задач многокритериальной дискретной оптимизации, позволяющих найти «компромиссное» решение с учётом возможности учёта требований по каждому из частных показателей. При этом значения частных показателей должны быть не хуже заданных, определяемых предъявляемыми к данной системе требованиями. В качестве компромиссного рассматривается такое эффективное решение, для которого взвешенные относительные потери (отклонения от оптимумов) по всем частным показателям одинаковы и минимальны.

Ключевые слова: система эксплуатации, информационная система, технико-экономические показатели.

JUSTIFICATION OF THE PREFERRED EMBODIMENT OF CONSTRUCTION AND OPERATION OF THE SYSTEM DESIGN GEOGRAPHICALLY DISTRIBUTED INFORMATION SYSTEM ON VECTOR TECHNICAL AND ECONOMIC INDICATORS

Mironov E.A.¹, Guzenko V.L.¹, Klepov A.V.¹, Shestopalova O.L.²

¹Mozhaisky Military Space Academy, Sankt-Petersburg, Russia (197198, Saint-Petersburg, street Gdanovskay, 13), e-mail: vka@mil.ru

²A Branch «Voskhod» of the Moscow aviation institute (national research university) in Baikonur, Baikonur, Republic of Kazakhstan (468320, Republic of Kazakhstan, Baikonur, Gagarin Ave, 5)

The article discusses the development of methodological support for the solution of choice variants of construction and operation of the technical operation of geographically distributed information systems for several technical and economic indicators. It is shown that the most appropriate formulation of the problem is a multicriteria : technical operation of the system geographically distributed information systems should be built and operated in such a way as to strive for the best values on all private technical and economic parameters , ie maximum availability of funds and sub- Tris, a minimum duration of idle funds and subsystems geographically distributed information systems for reasons of maintenance, repairs and maintenance in anticipation ; and minima costs for construction and operation of the system of technical operation . May the considered problem belongs to the class of multiobjective discrete optimization problems , allowing to find in some sense a "compromise" solution with the possibility of taking into account the requirements for each of the partial indicators. The values of the partial indicators should be no worse than specified might be determined by the system imposed on the requirements. Compromise multicriteria Hoc problem is such an effective solution for which the weighted relative losses (deviations from optima) for all private figures equal and minimal.

Keywords: operating system , information system, technical and economic indicators.

Введение

Решение проблемы обеспечения надёжности функционирования территориально-распределенных информационных систем (ТРИС) зависит от характеристик системы техни-

ческой эксплуатации (СТЭ) ТРИС, определяемых применением передовых технологий эксплуатации ТРИС, основанных на учете фактического технического состояния [7, 8, 9].

В свою очередь, обоснование предпочтительного варианта построения и функционирования СТЭ ТРИС требует разработки соответствующего научно-методического обеспечения, которое учитывало бы векторный характер технико-экономических показателей вариантов построения СТЭ [1].

Цель исследования

Необходимо разработать научно-методический аппарат обоснования предпочтительного варианта построения и функционирования системы технической эксплуатации территориально-распределенной информационной системы по вектору технико-экономических показателей.

Материал и методы исследования

Качество такой сложной системы, какой является СТЭ ТРИС, а также эффективность процесса ее функционирования не могут быть охарактеризованы лишь одним каким-либо свойством [3,4]. В таких условиях при сравнительном оценивании качества различных вариантов возможно возникновение противоречий из-за неоднозначности ситуации принятия решения, поскольку по одним свойствам более предпочтительным может оказаться один вариант, а по другим – другой. Совокупность противоречивых показателей частных свойств не позволяет однозначно оценивать технико-экономическую эффективность и оказывается неудобной и трудной для анализа ЛПР при задании требований к вновь создаваемой или совершенствуемой СТЭ. Без введения дополнительных условий и ограничений (как на сами показатели качества исследуемой системы, так и на характер взаимосвязи этих показателей) задача принятия решения становится некорректной и неразрешимой. Такие дополнительные условия и ограничения должны вытекать из целей, для достижения которых проводится оценивание технико-экономической эффективности. Эти цели могут быть сформулированы различным образом.

Наиболее приемлемой является многокритериальная постановка задачи: СТЭ ТРИС должна быть построена и функционировать таким образом, чтобы стремиться при этом к наилучшим значениям по всем показателям качества, т.е. стремиться обеспечить максимум готовности средств и подсистем, минимальные продолжительности простоев средств и подсистем по причинам проведения технического обслуживания (ТО), ремонтов и в ожидании обслуживания; а также минимальные затраты на построение и функционирование СТЭ и др.

При такой формулировке требований к анализируемым существующим и перспективным вариантам построения и функционирования СТЭ процедура формирования требований и выбора наиболее предпочтительного варианта СТЭ ИС должна включать в себя следующие

основные этапы: определение вектора управляемых параметров; определение полного состава показателей качества функционирования СТЭ; формирование целевых функций и ограничений на основании требований, предъявленных к ТРИС по оперативности проведения основных мероприятий технической эксплуатации, по готовности отдельных средств и функциональных подсистем ТРИС и затратам на построение и функционирование СТЭ; формирование множества альтернативных вариантов построения и функционирования СТЭ; расчёт значений частных показателей качества функционирования СТЭ (показателей готовности, временных и стоимостных показателей) и проверка выполнения ограничений; формирование множества эффективных решений.

Результаты исследования и их обсуждение

Общая формальная запись постановки задачи имеет вид:

$$\begin{cases} Y_{\langle Ii \rangle} \rightarrow \max, \\ Y_{\langle Ij \rangle} \rightarrow \min, \end{cases} \quad (1)$$

где $Y_{\langle Ii \rangle}$ множества максимизируемых показателей; $Y_{\langle Ij \rangle}$ – множества минимизируемых показателей. При этом значения частных показателей должны быть не хуже заданных, определяемых предъявляемыми к данной системе требованиями, т.е. должны выполняться ограничения вида:

$$\begin{aligned} C_{\text{mn}}(T) &\leq C_{\text{mn}}^{\text{TP}}, \\ P_{n_i \geq n_{\text{доп}_i}} &\geq P_i^{\text{TP}}, \\ K_{\Gamma_{\Phi_{ni}}} &\geq K_{\Gamma_{\Phi_{ni}}}^{\text{TP}}, \\ K_{\Gamma_{st}} &\geq K_{\Gamma_{st}}^{\text{TP}}, \\ \bar{N}_{pi} &\geq N_{pi}^{\text{TP}}, \\ \bar{Q}_{\text{ВЭ}_j} &\geq Q_{\text{ВЭ}_j}^{\text{TP}}, \\ K_{\Gamma_{\text{Э}_j}} &\geq K_{\Gamma_{\text{Э}_j}}^{\text{TP}}, \end{aligned} \quad (2)$$

где $C_{\text{mn}}(T)$ – затраты на функционирование ТРИС в течение планового периода T ;

$P_{n_i \geq n_{\text{доп}_i}}$ – стационарная вероятность того, что число работоспособных средств i -го типа, находящихся в работоспособном состоянии, в произвольный момент времени окажется не менее предельно допустимого;

$K_{\Gamma_{\Phi_{ni}}}$, $K_{\Gamma_{st}}$, $K_{\Gamma_{\text{Э}_j}}$ – коэффициенты готовности компонент ТРИС; \bar{N}_{pi} – среднее число работоспособных средств i -го типа;

$\bar{Q}_{\text{ВЭ}_j}$ – среднее время восстановления работоспособности элементов j -го типа;

$P_i^{\text{тр}}$, $K_{\Gamma_{\Phi_{ni}}}^{\text{тр}}$, $K_{\Gamma_{st}}^{\text{тр}}$, $N_{pi}^{\text{тр}}$, $Q_{BЭ_j}^{\text{тр}}$, $K_{\GammaЭ_j}^{\text{тр}}$ – требуемые значения соответствующих показателей качества.

Одновременно достичь наилучших результатов по каждому показателю при такой постановке задачи невозможно, поэтому далее задача сводится к поиску в некотором смысле «компромиссного» решения с учётом возможности учёта требований по каждому из показателей [1, 3].

При такой формулировке требований к анализируемым существующим и перспективным вариантам построения и функционирования СТЭ процедура формирования требований и выбора наиболее предпочтительного варианта СТЭ ТРИС должна включать в себя следующие основные этапы:

1. Определение вектора управляемых параметров.

Задача обоснования требований к СТЭ может быть сведена к задаче определения состава и значений параметров подсистемы технического обслуживания и ремонта ТРИС и подсистемы обеспечения ЗИП.

2. Определение полного состава показателей качества функционирования СТЭ.

При этом для различных ТРИС состав показателей может в общем случае оказаться различным в зависимости от структуры и задач, возлагаемых на данную ТРИС.

3. Формирование целевых функций и ограничений. Формирование целевых функций и ограничений вида (1) – (2) производится на основании требований, предъявленных к ТРИС по оперативности проведения основных мероприятий технической эксплуатации, по готовности отдельных средств и функциональных подсистем ТРИС к затратам на построение и функционирование СТЭ [2].

Такие требования должны быть заданы на основании анализа задач, возлагаемых на данное оборудование, и требований к эффективности функционирования всей ТРИС в целом.

4. Формирование множества альтернативных вариантов построения и функционирования СТЭ.

Формирование множества альтернативных вариантов производится путём комбинирования отдельных параметров СТЭ на множествах возможных их значений в допустимых сочетаниях. При этом результирующее множество альтернативных вариантов СТЭ для каждой обслуживаемой подсистемы является конечным и счётным.

5. Расчёт значений частных показателей качества функционирования СТЭ (показателей готовности, временных и стоимостных показателей) и проверка выполнения ограничений.

Расчёт значений показателей данных групп производится с использованием методик и моделей для различных вариантов построения и функционирования СТЭ.

Заметим, что на практике возможен анализ не всех возможных вариантов, поскольку часть из принципиально возможных вариантов может быть отброшена как заведомо непригодная для формирования оптимального решения.

По результатам данного этапа из дальнейшего рассмотрения исключаются варианты, для которых не выполняется хотя бы одно из ограничений вида (2) к показателям готовности, временным и стоимостным показателям отдельных средств и функциональных подсистем ТРИС.

б. Формирование множества эффективных решений.

Известно, что вариант значений параметров u_0 называется эффективным (или Парето-оптимальным), если на множестве допустимых вариантов значений параметров не существует такого варианта значений параметров u^* , для которого выполнялись бы неравенства

$$\begin{aligned} f_i(u^*) &\geq f_i(u_0), \forall i \in I^1, \\ f_i(u^*) &\geq f_i(u_0), \forall i \in I^2 \end{aligned}$$

и хотя бы одно из них было строгим.

Здесь $f_i(u)$ – значения i -го показателя качества СТЭ НТО на варианте значений параметров u , I^1, I^2 – множества индексов соответственно для максимизируемых и минимизируемых показателей качества функционирования.

Формирование множества эффективных решений может быть произведено с использованием известных алгоритмов [5,6].

7. Нахождение компромиссного варианта построения и функционирования СТЭ.

Компромиссным решением многокритериальной задачи дискретной оптимизации вида (1) является такое эффективное решение, для которого взвешенные относительные потери (отклонения от оптимумов) по всем частным показателям одинаковы и минимальны [3], т.е.

$$\rho_1 w_1(u^k) = \dots = \rho_M w_M(u^k) = \min \rho_i w_i(u), u \in U_{\text{доп}}$$

где M – множество частных показателей качества;

ρ_i – весовые коэффициенты относительной важности частных показателей эффективности функционирования системы в целом, удовлетворяющие условиям;

$U_{\text{доп}}$ – множество допустимых значений параметров;

$w_i(u)$ – относительные отклонения от оптимумов показателей качества функционирования на значениях параметров, $0 \leq w_i \leq 1$; $I = I_1 \cup I_2$.

Относительные отклонения от оптимумов определяются следующим образом:

$$w_i = \frac{f_i(\cdot) - f_i^0}{f_i^* - f_i^0},$$

где f_i^0 и f_i^* – соответственно оптимальное и наихудшее значения i -го показателя качества, достигаемые на множестве вариантов решений с учётом ограничений.

Определение весовых коэффициентов относительной важности является самостоятельной задачей. В данной статье они предполагаются заданными.

Согласно [3] нахождение компромиссного решения может быть сведено к решению следующей задачи:

$$u^k = \arg \min \max \rho_i w_i(u). \quad (3)$$

Таким образом, решением задачи определения варианта построения и функционирования СТЭ ТРИС является такой набор параметров СТЭ, при котором максимальное взвешенное отклонение от оптимума на множестве показателей является минимальным.

В случае неединственности решения (3) к множеству эквивалентных в смысле (3) решений $u^k \in U^k$ может быть применен дополнительный критерий

$$\sum_{i \in I} \rho_i w_i(u) \rightarrow \min_{u^k \in U^k}. \quad (4)$$

Для нахождения компромиссного решения в постановке (3)–(4) применяются алгоритмы последовательного анализа и отсеивания вариантов [5].

Заключение

В статье обсуждаются вопросы разработки методического обеспечения для решения задачи выбора вариантов построения и функционирования СТЭ территориально-распределенных информационных систем по нескольким технико-экономическим показателям. Показано, что наиболее приемлемой является многокритериальная постановка задачи: СТЭ ТРИС должна быть построена и функционировать таким образом, чтобы стремиться к наилучшим значениям по всем частным технико-экономическим показателям, т.е. максимуму готовности средств и подсистем ТРИС, минимуму продолжительности простоев средств и подсистем ТРИС по причинам проведения технического обслуживания, ремонтов и в ожидании обслуживания; а также минимуму затрат на построение и функционирование СТЭ.

Рассматриваемая задача относится к классу задач многокритериальной дискретной оптимизации, позволяющих найти в некотором смысле «компромиссное» решение с учётом возможности учёта требований по каждому из частных показателей. При этом значения частных показателей должны быть не хуже заданных, определяемых предъявляемыми к данной системе требованиями. Компромиссным решением многокритериальной задачи является такое эффективное решение, для которого взвешенные относительные потери (отклонения от оптимумов) по всем частным показателям одинаковы и минимальны.

Список литературы

1. Клепов А.В. Постановка задачи обеспечения технико-экономической эффективности эксплуатации распределенной информационной системы / В.Л. Гузенко, А.В. Клепов, Е.А. Миронов, О.Л. Шестопалова // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 2; URL: <http://www.science-education.ru/116-12361>.
2. Кокарев А.С., Птушкин А.И. Метод обоснования объема инвестиций в проекты внедрения типовых производств // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 5; URL: www.science-education.ru/111-10516 (дата обращения: 12.02.2014).
3. Методы и алгоритмы автоматизированного проектирования сложных систем управления / В.Л. Волкович, А.Ф. Волошин, Т.М. Горлова и др. – Киев: Наукова думка, 1984. – 216 с.
4. Миронов А.Н. Моделирование процесса функционирования системы технической эксплуатации территориально-распределенной информационной системы / В.Л. Гузенко, А.В. Клепов, А.Н. Миронов, О.Л. Шестопалова // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 2; URL: <http://www.science-education.ru/116-12362>.
5. Михалеви́ч В.С., Волкович В.Л. Вычислительные методы исследования и проектирования сложных систем. – М.: Наука, 1982. – 286 с.
6. Подиновский В.В., Ногин В.Д. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач. – М.: Наука, 1982. – 254 с.
7. Шестопалова О.Л. Определение потребности в модернизации средств технического обеспечения распределенной системы сбора и обработки информации/ А.Н. Дорохов, А.Н. Миронов, О.Л. Шестопалова // Информация и космос. – 2014. – № 1. – С.9–12.
8. Шестопалова О.Л. Прогнозирование моральной долговечности распределенных информационных систем с учетом прогрессирующих ограничений на возможности восстановления ресурса элементной базы/ О.Л. Шестопалова // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6; URL: <http://www.science-education.ru/113-11078> (дата обращения: 11.12.2013).
9. Шестопалова О.Л. Пути и методы управления развитием системы информационного обеспечения эксплуатации космических средств / Д.А. Севастьянов, О.Л. Шестопалова // Информация и космос. – 2013. – № 1. – С. 6–9.

Рецензенты:

Козлов В.В., д.т.н., профессор, профессор кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского, г. Санкт-Петербург.

Смагин В.А., д.т.н., профессор, профессор кафедры ФГКВОУ ВПО «Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского» Министерства обороны РФ, г. Санкт-Петербург.