

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗКИ НА ЭЛЕМЕНТЫ КОМПЛЕКСА УПРАВЛЕНИЯ
АКТИВНЫМИ ПОДВИЖНЫМИ ОБЪЕКТАМИ НА ОСНОВЕ
ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ АДАПТАЦИИ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ*****Б. В. Соколов, Д. Н. Верзилин, А. В. Иконникова, Д. А. Иванов, В. Ф. Волков
(Санкт-Петербург)**

Рассмотрим задачу оптимального распределения нагрузки на элементы комплекса управления АПО при подготовке командно-программной информации (КПИ). Комплекс управления включает пункты обслуживания, осуществляющие непосредственное взаимодействие с АПО и использующие в ходе этого взаимодействия КПИ, и пункты управления, предназначенные для планирования и координации операций по обслуживанию АПО. Некоторые работы, выполняемые в процессе подготовки КПИ, могут выполняться как на ПУ, так и на ПО. При этом последовательность работ фиксирована. Если КПИ не удастся подготовить до начала запланированной операции обслуживания, то операция не может быть выполнена. Требуется так распределить нагрузку между вычислительными средствами и персоналом ПУ и ПО, чтобы количество невыполненных операций обслуживания было минимальным.

Процессы функционирования комплекса управления зависят от случайных факторов, таких, как фоновые и внеплановые задачи, требующие участия персонала и привлечения вычислительных средств и средств управления. Случайные факторы и сложные логико-временные отношения между выполняемыми работами требуют использования имитационных моделей, детализирующих ситуации, возникающие на практике. Имитационные модели содержат как детерминированный компонент, описывающий планы обслуживания АПО, так и стохастический компонент, представляющий случайные события.

Таким образом, в результате подготовки планов обслуживания АПО выполняется структурная адаптация имитационных моделей, а посредством их параметрической адаптации осуществляется оптимизация нагрузок на узлы комплекса управления АПО. Более подробно вопросы структурной и параметрической адаптации моделей процессов управления сложными техническими системами рассмотрены в [3]. Параметрическая адаптация моделей обслуживания АПО выполнялась на основе серий имитационных экспериментов. Был использован метод пси-преобразования [5] для поиска глобального экстремума нелинейной целевой функции.

Использовалась следующая общая схема расчетов.

1) Постановка задачи.

Рассматривалась задача глобальной оптимизации:

$$F(P_1, P_2, \dots, P_n) \rightarrow \min, \quad (1)$$

где $PL_i \leq P_i \leq PM_i$; $i=1, \dots, n$.

Значение функции $F()$ определялось в результате серий имитационных экспериментов как вероятностная характеристика (ожидаемое количество невыполненных операций обслуживания АПО на заданном временном интервале). Параметры P_i соответствовали долям нагрузки на элементы комплекса управления. Задача заключалась в поиске таких значений параметров модели, которые доставляют минимум функции (1).

2) Первый этап вычислений.

* Данная работа выполнялась при финансовой поддержке грантов РФФИ (№07-07-00169, №06-07-89242, №05-08-18111), ИСА РАН (проект №2.5), СПб НЦ РАН (проект №112).

Выполнялись серии имитационных экспериментов. Количество экспериментов определяло точность решения. Эксперимент с номером k проводился для фиксированных значений параметров $P_{1k}, P_{2k}, \dots, P_{nk}$, таких, что $PL_i \leq P_{ik} \leq PM_i, i=1, \dots, n$. Эти значения определялись с помощью равномерного датчика случайных чисел. Значения $P_{1k}, P_{2k}, \dots, P_{nk}$ и $F(P_{1k}, P_{2k}, \dots, P_{nk})$ сохранялись для каждого k .

Имитационные модели были реализованы в среде GPSS World 4.3.5 (Minuteman Software).

Для осуществления экспериментов использовалось средство «Experiment» встроенного в систему «GPSS World» языка PLUS.

3) Второй этап вычислений.

Для полученной выборки выполнялась сплайн-аппроксимация функций $f(s)$ и $H_i(s)$. Функция $f(s)$ представляла собой меру множества $Q_s = \{(q_1, q_2, \dots, q_n) | F(q_1, q_2, \dots, q_n) \leq s, PL_i \leq q_i \leq PM_i, i=1, \dots, n\}$. Значение функции $H_i(s)$ равнялось среднему значению параметра P_i на множестве Q_s (для сохраненной выборки).

Предполагалось, что наименьшее s^* такое, что $f(s^*)=0$ есть минимальное значение функции $F()$, при этом числа $P_i^* = H_i(s^*), i=1, \dots, n$ являются оптимальными значениями параметров.

Если выполнено $|F(P_1^*, P_2^*, \dots, P_n^*) - s| > \epsilon$, где ϵ есть заданный уровень погрешности оценки минимального значения $F()$, то требуются дополнительные имитационные эксперименты.

Типичные результаты расчетов приведены на рис. 1–4. Здесь предполагалось, что все ПО получали равные порции работы, поэтому было достаточно оценить долю нагрузки, приходящейся на ПУ. Кортеж (q_1, q_2, \dots, q_n) был заменен скалярной величиной q – такой, что $0 \leq q \leq 1$.

Рассматривалась работа шести ПО и одного ПУ.

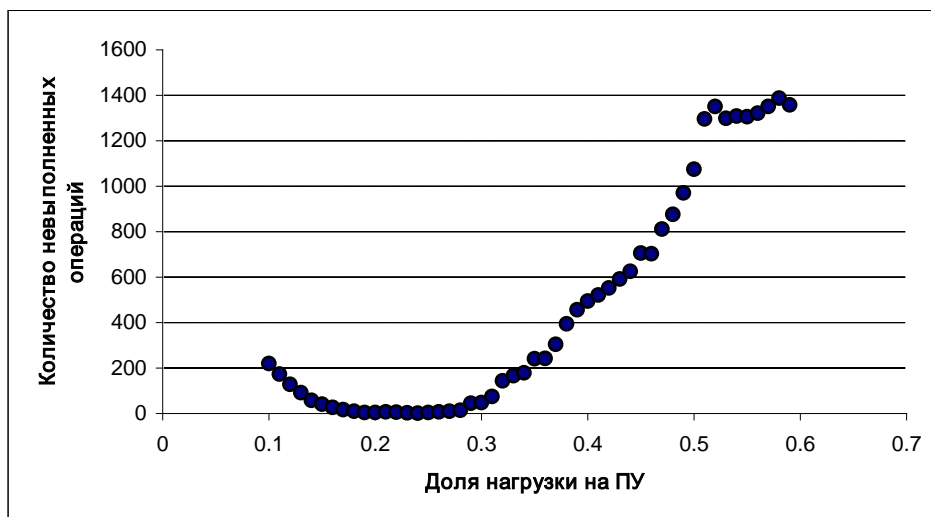


Рис. 1. Результаты имитационных экспериментов

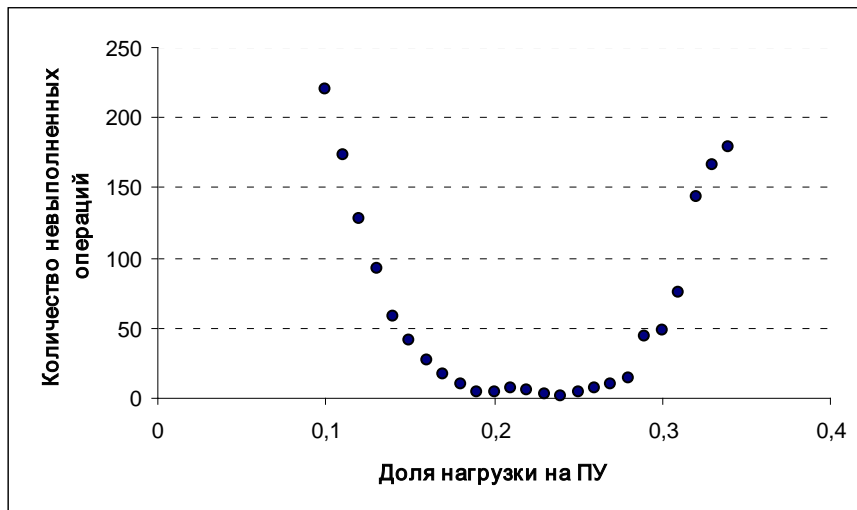


Рис. 2. Результаты дополнительных экспериментов, проведенных для заданного интервала изменения параметра (увеличена точность оценок)

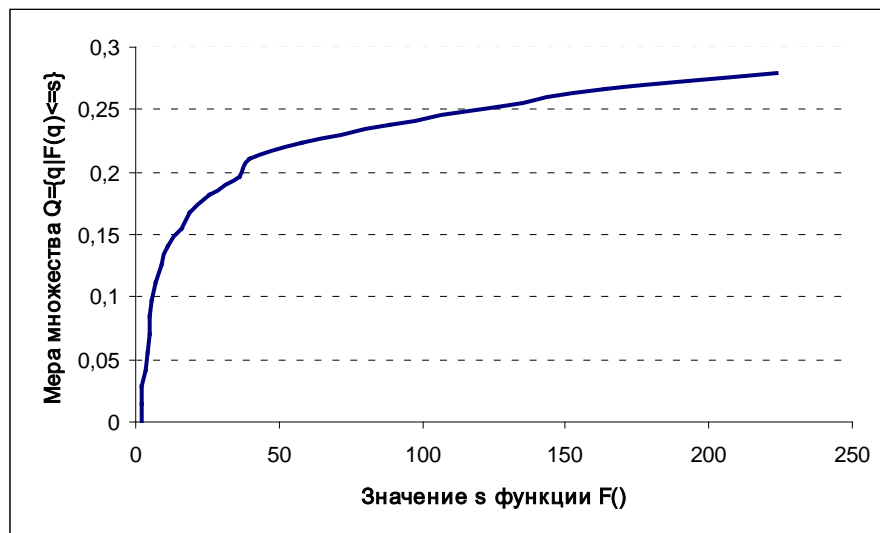


Рис. 3 Аппроксимация функции $f(s)$

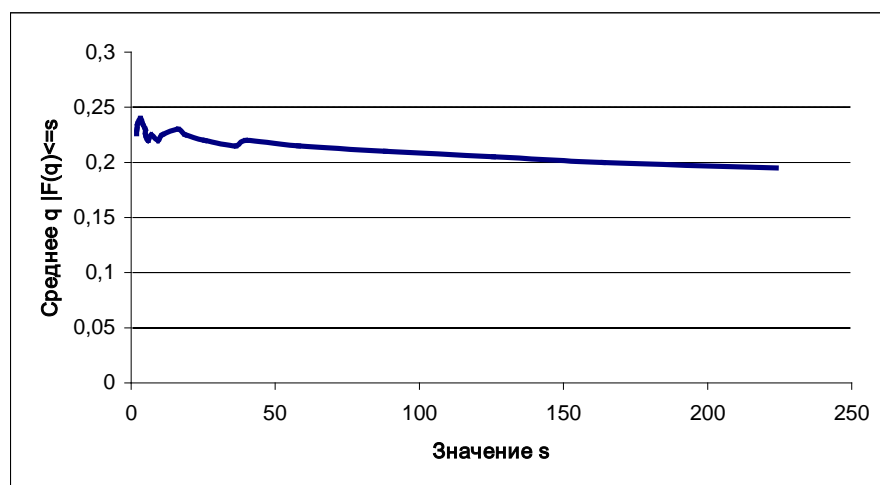


Рис. 4. Аппроксимация функции $H(s)$

Рассмотренный пример иллюстрирует общую схему вычислений, которая применялась для распределения нагрузок между узлами комплекса управления. Здесь левая точка графика на рис. 4 определяет наилучшее значение нагрузки (23%) на ПУ.

Выводы

Предложены общие подходы к конструированию и реализации моделей процессов управления активными подвижными объектами (АПО), описаны результаты проведенных имитационных экспериментов [1, 2, 4]. Полученные ранее результаты целесообразно использовать в интересах оптимизации функционирования комплекса управления АПО.

Литература

1. **Верзилин Д. Н., Волков В. Ф., Максимова Т. Г.** Опыт применения GPSS World для моделирования процессов управления активными подвижными объектами//Сб. докладов Второй Всероссийской научно-практической конференции «ИММОД-2005», С.-Петербург, 19–21 октября 2005. СПб.: ФГУП ЦНИИТС, 2005. С. 50–52.
2. **Верзилин Д. Н., Охтилев М. Ю., Соколов Б. В.** Комплексное моделирование процессов оперативного мониторинга и управления активными подвижными объектами//Опыт практического применения языков и программных систем моделирования в промышленности и прикладных разработках//Сб. докладов Первой Всероссийской научно-практической конференции ИММОД-2003. Т. 1. СПб.: ФГУП ЦНИИТС, 2003. С. 80–84.
3. **Sokolov B. V., Verzilin D. N.** The Combined Analytical-and-Simulation Approach to Modeling of Control Processes in Complex Technical Systems//Proc. of the VII International Conference Computer Data Analysis and Modeling: Robustness and Computer Intensive Methods «CDAM'2004». Minsk, Belarus: BGU, 2004. P. 43–47.
4. **Sokolov B. V., Verzilin D. N, Okhtilev M. Yu.** Multiple-Model Description and Structure Dynamics Analysis of Space-Facilities Control Systems//Proc. of the European Conference for Aerospace Sciences EUCASS Moscow, 7–14th July 2005. М.: ЦАГИ, 2005. С. 125–131.
5. **Чичинадзе В. К.** Решение невыпуклых нелинейных задач оптимизации: Метод преобразования. М.: Наука, 1983. 256 с.