
КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 519.7
DOI: 10.17586/0021-3454-2021-64-8-688-692

МОДЕЛЬНО-АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОПЕРАТИВНОГО ОЦЕНИВАНИЯ И АНАЛИЗА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА УПРАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫМИ ПРОЦЕССАМИ

В. А. УШАКОВ

*Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук,
199178, Санкт-Петербург, Россия,
E-mail: mr.vitaly.usakov@yandex.ru*

Разработано полимодельное описание задачи управления информационными процессами (ИнП), которые реализуются в распределенной информационно-вычислительной сети (ИВС) с перестраиваемой (конфигурируемой) структурой. Исследуемые ИнП включают в себя процессы приема, передачи, обработки, хранения данных. Кроме того, предполагается, что из-за ограниченной пропускной способности каналов передачи данных, а также вычислительных ресурсов ИВС возможны потери данных в указанной сети. Предложенное полимодельное описание включает в себя статическую и динамическую модели управления ИнП в ИВС. Для расчета показателей качества управления ИнП используются методы математического программирования (для статической модели) и метод локальных сечений (для динамической модели). Приводятся сведения о программной реализации разработанного модельно-алгоритмического обеспечения для решения задач расчета, анализа и оптимизации показателей качества ИнП.

Ключевые слова: *информационные процессы, информационно-вычислительная сеть с перестраиваемой структурой, модельно-алгоритмическое обеспечение, показатели качества управления информационными процессами*

Введение. В настоящее время современные информационно-вычислительные сети (ИВС) являются распределенными, с иерархически-сетевой топологической структурой. При этом под различными входными воздействиями (внешними, внутренними, объективными, субъективными или их комбинаций) наблюдается структурная динамика ИВС не только топологической, но и других базовых структур, к которым, в первую очередь, относятся: техническая и функциональная, а также структуры программно-математического, информационного обеспечения, организационная структура [1—4].

В этих условиях особую актуальность приобретают задачи расчета программ управления информационными процессами (ИнП), а также расчета и оптимизации соответствующих показателей качества управления указанными ИнП [1, 4]. Использование традиционных моделей и методов для оценки, анализа и оптимизации показателей качества управления указанными ИнП сопряжено с серьезными трудностями, обусловленными большой размерностью пространства многоструктурных состояний ИВС, многоцелевым, многокритериальным, нестационарным, нелинейным характером ее функционирования, сложностью учета факторов неопределенности воздействия внешней среды. В связи со сказанным особую актуальность приобретает задача разработки нового модельно-алгоритмического обеспечения решения задач оценки, анализа и оптимизации показателей качества управления указанными ИнП.

Описание модельно-алгоритмического обеспечения. В рамках описанной задачи разработана и на программном уровне реализована детерминированная логико-динамическая модель (ЛДМ) программного управления ИнП, включая модели программного управления процессами приема, передачи, обработки и хранения данных на ИВС, которые также используются для расчета и оптимизации соответствующих показателей качества, а также обобщенного показателя качества, полученного в результате линейной свертки перечисленных частных показателей качества управления ИнП.

Кроме того, разработана статическая модель (СМ) функционирования ИВС, топологическая структура которой изменялась по заданному сценарию на заданных интервалах времени. Из-за этого СМ имеет блочно-диагональную структуру, а сама задача оценивания, анализа и оптимизации показателей качества управления ИВС свелась к большеразмерной задаче линейного программирования с двусторонними ограничениями. Результаты решения данной задачи (обобщенные объемы переданных, принятых, обработанных и сохраненных данных) передаются в динамическую модель в виде краевых условий, которые учитываются при решении задачи оптимального программного управления ИнП в ИВС. Эта задача решена с использованием метода локальных сечений, базирующегося на принципе максимума Л.С. Понтрягина и используемого для случая смешанных динамических ограничений, которые в исследуемой задаче используются для описания технологий сбора и обработки данных на ИВС с учетом ее структурной динамики [5—7].

Сведения о программной реализации. В качестве языка программирования при программной реализации разработанных СМ и ЛДМ выбран Matlab language, так как Matlab содержит предопределенные функции в Optimization Toolbox для решения задачи линейного программирования (ЛП) и задачи „о назначениях“ (целочисленного линейного программирования), которые используются в разработанных СМ и ЛДМ для поиска оптимального программного управления ИнП, а также расчета, анализа и оптимизации соответствующих показателей качества управления. Средой разработки выбран Matlab App Designer. Эти инструментальные средства включают в себя библиотеки для построения пользовательских интерфейсов, а также визуализации данных. С помощью MatLab App Designer разработан интерфейс пользователя (рис. 1). На рис. 2 приведен пример вывода одного из графиков, описывающих результаты планирования (программного управления) ИнП на различных итерациях, где фиолетовым цветом обозначены операции приема/передачи информации, светло-коричневым — обработки информации, белым — бездействие узла (простой узла — отсутствие выполняемых операций, входящих в ИнП). На рис. 1 и 2 представлен сценарий, описывающий ИВС с тремя узлами и пятью интервалами постоянства ее топологической структуры.

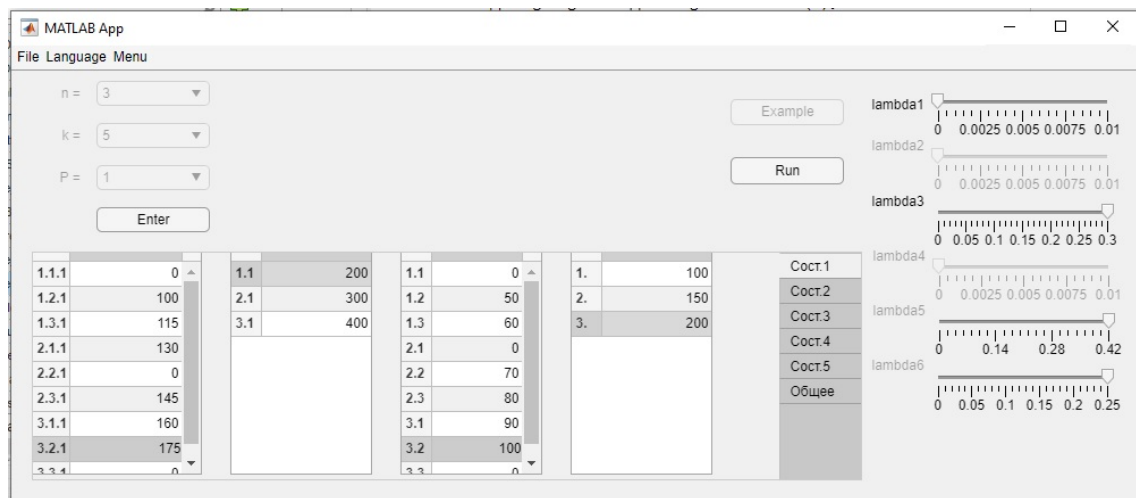


Рис. 1

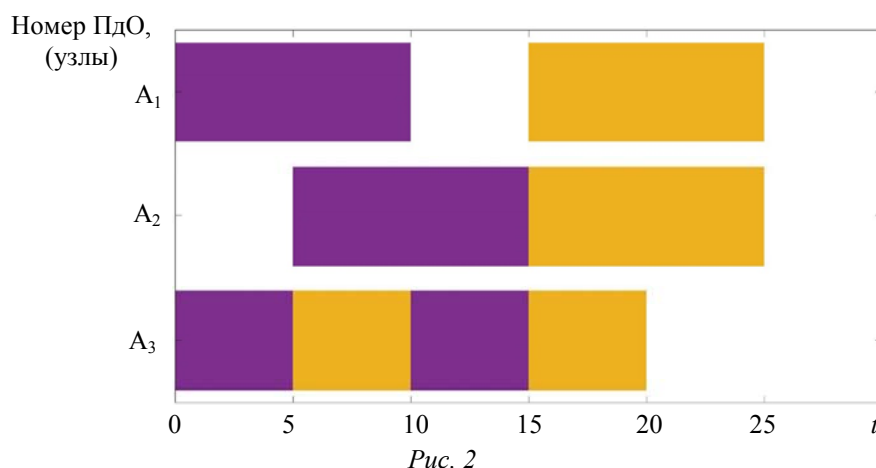


Рис. 2

Заключение. Разработано и на программном уровне реализовано полимодельное описание процесса оптимального управления ИнП, включающим в себя процессы приема, передачи, хранения и обработки данных в ИВС с перестраиваемой структурой. В состав полимодельного описания вошли взаимосвязанные СМ и ЛДМ. Они дополняют и усиливают описательные возможности друг друга. Так, в СМ информационных процессов ИВС достаточно просто учитываются такие факторы, как процессы потери данных, а также ограничения на пропускные способности каналов ИВС, которые в ЛДМ требуют введения сложных фазовых ограничений. В ЛДМ, в отличие от СМ, детально описываются процессы распределения и обработки данных с привязкой к конкретным моментам времени, что затруднительно сделать в СМ. Более того, с помощью ЛДМ можно рассчитать и оптимизировать такие интегральные показатели качества управления ИнП, как равномерность и неравномерность использования ресурсов ИВС на всем интервале управления в каждый текущий момент времени. Расчет данных показателей в СМ приводит к увеличению ее размерности [1, 7].

Как показывают предварительные эксперименты с разработанным прототипом, основное достоинство предложенного модельно-алгоритмического обеспечения состоит в том, что за счет полимодельного описания удалось: (1) учесть разнотипные ограничения, связанные с функционированием современных ИВС с перестраиваемой структурой, которые в каждой из отдельных моделей — СМ и ЛДМ — невозможно учесть; (2) повысить оперативность и обоснованность расчета и оптимизации показателей качества управления ИВС за счет динамической декомпозиции перечисленных задач на основе комбинированного использования методов математического программирования и теории оптимального управления.

Исследования, выполненные по данной тематике, проводились при финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов № 19-38-90221, 20-08-01046 и в рамках бюджетной темы № 0073–2019–0004.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Москвин Б. В., Михайлов Е. П., Павлов А. Н., Соколов Б. В. Комбинированные модели управления структурной динамикой информационных систем // Изв. вузов. Приборостроение. 2006. Т. 49, № 11. С. 7–11.
2. Микони С. В., Соколов Б. В., Юсупов Р. М. Квалиметрия моделей и полимодельных комплексов. М.: РАН, 2018. 314 с. DOI: 10.31857/S9785907036321000001.
3. Павлов Д. А. Методика планирования операций информационного взаимодействия кластера малых космических аппаратов дистанционного зондирования земли // Тр. Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского. 2015. № 649. С. 37–47.

4. Мануйлов Ю. С., Павлов А. Н., Осипенко С. А., Павлов Д. А. Сравнительный анализ результатов планирования комплекса операций информационного взаимодействия сложных объектов в динамически изменяющихся условиях // Тр. Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского. СПб: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2015. № 647. С. 30—36.
5. Захаров В. В. Программно-математическое обеспечение процесса модернизации сложных объектов // Изв. вузов. Приборостроение. 2020. Т. 63, № 11. С. 975—984. DOI: 10.17586/0021-3454-2020-63-11-975-984.
6. Ушаков В. А. Разработка статической модели управления структурной динамикой автоматизированной системы управления подвижными объектами // XLV Академические чтения по космонавтике. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2021. Т. 3. С. 55—57.
7. Sokolov B. V., Ushakov V. A. Formation Reachability Area as a Data Vector Using a Dynamic Model for Controlling Information Processes in the Automated Control System for Moving Objects // CEUR Workshop Proceedings. 2020. Vol. 2803. P. 67—75 [Электронный ресурс]: <<http://ceur-ws.org/Vol-2803/paper10.pdf>>.

Сведения об авторе

Виталий Анатольевич Ушаков

— аспирант; Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук, лаборатория информационных технологий в системном анализе и моделировании;
E-mail: mr.vitaly.ushakov@yandex.ru

Поступила в редакцию
12.05.2021 г.

Ссылка для цитирования: Ушаков В. А. Модельно-алгоритмическое обеспечение оперативного оценивания и анализа показателей качества управления информационными процессами // Изв. вузов. Приборостроение. 2021. Т. 64, № 8. С. 688—692.

MODEL-ALGORITHMIC SUPPORT FOR OPERATIONAL ASSESSMENT AND ANALYSIS OF QUALITY INDICATORS OF CONTROL OVER INFORMATION PROCESSES

V. A. Ushakov

St. Petersburg Federal Research Center of the RAS, 199178, St. Petersburg, Russia
E-mail: mr.vitaly.ushakov@yandex.ru

A poly-model description of the problem of control over information processes in a distributed information and computer network with a reconfigurable (configurable) structure, has been developed. The information processes under investigation include the processes of data receiving, transmitting, processing, and storing. In addition, it is assumed that due to the limited bandwidth of the data transmission channels, as well as the computing resources of the network, data losses in the specified network are possible. The proposed poly-model description includes static and dynamic models of control of information processes in information and computer network. Methods of mathematical programming (for a static model) and the method of local sections (for a dynamic model) are used to calculate indicators of the quality of control over the information processes. Information on software implementation of the developed model-algorithmic support for solving problems of calculating, analyzing, and optimizing the quality indicators of the information processes is presented.

Keywords: information processes, information and computer network with reconfigurable structure, model-algorithmic support, quality indicators of information process management

REFERENCES

1. Moskvina B.V., Mikhailov E.P., Pavlov A.N., Sokolov B.V. *Journal of Instrument Engineering*, 2006, no. 11(49), pp. 7—11. (in Russ.)
2. Mikoni S.V., Sokolov B.V., Yusupov R.M. *Kvalimetriya modeley i polimodel'nykh kompleksov* (Qualimetry of Models and Polymodel Complexes), Moscow, 2018, 314 p. DOI: 10.31857/S9785907036321000001 (in Russ.)
3. Pavlov D.A. *Proceedings of the Mozhaisky Military Space Academy*, 2015, no. 649, pp. 37—47. (in Russ.)
4. Manuilov Yu.S., Pavlov A.N., Osipenko S.A., Pavlov D.A. *Proceedings of the Mozhaisky Military Space Academy*, 2015, no. 647, pp. 30—36. (in Russ.)
5. Zakharov V.V. *Journal of Instrument Engineering*, 2020, no. 11(63), pp. 975—984, DOI: 10.17586/0021-3454-2020-63-11-975-984. (in Russ.)
6. Ushakov V.A. *XLV Academic Readings on Astronautics*, 2021, vol. 3, pp. 55—57. (in Russ.)

7. Sokolov B.V., Ushakov V.A. *CEUR Workshop Proceedings*, 2020, vol. 2803, pp. 67–75, <http://ceur-ws.org/Vol-2803/paper10.pdf>.

Data on author

Vitaly A. Ushakov — Post-Graduate Student; St. Petersburg Federal Research Center of the RAS, Laboratory of Information Technologies in System Analysis and Modeling; E-mail: mr.vitaly.ushakov@yandex.ru

For citation: Ushakov V. A. Model-algorithmic support for operational assessment and analysis of quality indicators of control over information processes. *Journal of Instrument Engineering*. 2021. Vol. 64, N 8. P. 688—692 (in Russian).

DOI: 10.17586/0021-3454-2021-64-8-688-692