

УДК 004.75
DOI: 10.15827/0236-235X.137.075-082

Дата подачи статьи: 07.09.21, после доработки: 27.12.21
2022. Т. 35. № 1. С. 075–082

Анализ эффективности процесса обслуживания потока заявок на создание ИТ-сервисов с использованием имитационной модели

*А.В. Абдалов*¹, сотрудник, *senya@academ.msk.rsnet.ru*

*В.Г. Гришаков*¹, к.т.н., сотрудник, *gvg@academ.msk.rsnet.ru*

*И.В. Логинов*¹, к.т.н., сотрудник, *loginov_iv@bk.ru*

¹ Академия Федеральной службы охраны России, г. Орел, 302015, Россия

В статье анализируется эффективность процесса обслуживания потока заявок на создание ИТ-сервисов с использованием метода имитационного моделирования. Показано, что известные средства имитационного моделирования не позволяют полностью смитировать процесс обслуживания заявок в подразделениях администрирования инфокоммуникационными инфраструктурами, отличающийся управляемым характером потока ресурсов.

В рамках исследования разработано ПО имитационного моделирования процесса обслуживания потока заявок на создание ИТ-сервисов. Основным отличием разработки является возможность управления источником ресурсов в процессе обслуживания заявок и одновременного проведения экспериментов на одних исходных данных с несколькими дисциплинами обслуживания.

Имитационная модель разработана в среде Microsoft Visual Studio и состоит из пяти макроблоков: генератор заявок, генератор ресурсов, обслуживающий прибор, блок алгоритма и блок проведения эксперимента. Блок алгоритма позволяет подключать внешние модели в виде блоков библиотек, реализующих через унифицированный интерфейс обработку потока заявок, включая возможность генерации команд на управление источником ресурсов. Блок эксперимента позволяет выполнять потоковые эксперименты на основе заданных настроек, а также сохраненных файлов экспериментов.

Главным отличием разработанной имитационной модели является создание множества независимых потоков обслуживания заявок для различных алгоритмов. Возможность проведения сравнительного анализа проиллюстрирована серией экспериментов со стационарными и нестационарными потоками заявок и стационарным, нестационарным и управляемым потоками ресурсов на базе семейства альтернативных алгоритмов управления.

Результаты применения имитационной модели процесса обслуживания заявок на создание инфокоммуникационных сервисов позволили оценить эффективность перспективных алгоритмов управления, разработанных в рамках исследования.

Ключевые слова: ИТ-сервис, ИТ-подразделение, распределение ресурсов, адаптивное управление, ИТ-инфраструктура.

На протяжении всего жизненного цикла ИТ-инфраструктура организации развивается и перестраивается под новые задачи. Развитие ИТ-инфраструктуры подразумевает создание, изменение и утилизацию ИТ-сервисов, позволяющих автоматизированно решать задачи, стоящие перед организацией. ИТ-сервисы создаются на базе ИТ-ресурсов, причем поступающих ресурсов всегда недостаточно для выполнения всех заявок по ИТ-сервисам, поэтому существует необходимость обоснованного выбора для реализации заявки на ИТ-сервис в условиях ограниченных ресурсов. Известны алгоритмы, которые позволяют обслуживать заявки на создание ИТ-сервисов, однако оценить их эффективность для конкретных условий применения возможно только с использованием средств моделирования.

Известные средства имитационного моделирования Scilab, GPSS, Scicos, Maxima позволяют описывать процесс обслуживания заявок в ИТ-отделе, включая возможность моделирования нестационарных потоков заявок и ресурсов. Однако реальные процессы обслуживания заявок характеризуются возможностью частичного управления источниками ресурсов (заказ конкретных ресурсов, перераспределение асигнований, выбор поставщиков), что должно учитываться в разрабатываемых алгоритмах управления обслуживанием заявок. Необходимость совершенствования таких алгоритмов и оценки их эффективности применительно к процессам обслуживания заявок, а также ограниченная функциональность известных имитационных средств обусловили актуальность

разработки имитационной модели процесса обслуживания заявок на создание ИТ-сервисов.

Обзор известных подходов к разработке программных имитационных моделей системной динамики ИТ-инфраструктур

В системах управления ИТ-инфраструктурой организации неотъемлемой частью является создание ИТ-сервисов на основе имеющихся ресурсов. Распределение ресурсов по ИТ-сервисам представляет собой известную NP-полную задачу [1]. В литературе представлено множество работ по планированию и распределению ресурсов. Каждая из них имеет свои преимущества с точки зрения достигнутой производительности. Политика планирования работ включает традиционные алгоритмы, такие как «первым пришел – первым обслужен» (FIFO), «последним пришел – первым обслужен» (LIFO), по ближайшему сроку завершения (EDF), «самая короткая работа в первую очередь» (SJF) [2], по приоритетам «с наивысшим приоритетом вошел – первым вышел» (PRIORF), «с наивысшим приоритетом вошел – последним вышел» (PRIORL), а также нетрадиционные алгоритмы, реализованные на коммерческом ПО, например, система управления распределенными вычислениями (PBS) [3] и мультикластерами (LSF) [4]. Базовым способом обслуживания заявок является беспriorитетная система. Так, в [5] рассматривается задача оценки целесообразности передачи через сеть резервных копий запросов (пакетов) при учете дисциплины обслуживания. Задача решается методом имитационного моделирования в предположении, что резервирование передач приводит к снижению средней задержки в сети и увеличению вероятности своевременной безошибочной доставки пакетов адресатам.

Процессы обслуживания заявок характеризуются нестационарным характером потоков ресурсов и заявок, возможностью частичного управления источниками ресурсов, низкой воспроизводимостью результатов экспериментов. Это обосновано необходимостью совершенствования механизмов управления и применения имитационных средств проверки их эффективности на моделях ИТ-подразделений.

Известные симуляторы потокового обслуживания заявок ориентированы прежде всего на моделирование потоков заявок и законов обслуживания в модельных обслуживающих приборах. Так, в работе [6] описывается симу-

лятор планирования сетки и кластера Alea 2, предназначенный для изучения, тестирования и оценки различных методов планирования заданий. Этот симулятор на основе событий способен решать общие проблемы, связанные с планированием заданий, такие как неоднородность заданий, ресурсов, и с динамическими изменениями среды выполнения, такими как поступление новых заданий или сбой ресурсов и перезапуски. Alea 2 основан на популярном инструментарии GridSim [7]. Разработано дополнение к моделированию двухуровневого симулятора [8], создаются абстрактные параллельные трассировки выполнения, которые можно визуально изучать и проиллюстрировать выполнение различных заданий и задач для каждого задания на уровне узла и ядра соответственно.

В описанных выше имитационных системах отсутствуют возможности анализа исследуемой системы путем потокового тестирования нескольких отличающихся алгоритмов и реализации управления источниками ресурсов.

Научная цель данного исследования – разработать имитационную модель процесса обслуживания заявок в ИТ-подразделении, обеспечивающую сравнительную оценку алгоритмов управления обслуживанием заявок и позволяющую имитировать нестационарные потоки заявок на ИТ-сервисы и ресурсы, выполнять одновременный анализ нескольких алгоритмов, а также предоставлять алгоритмам возможность управления источниками ресурсов.

Имитационная модель процесса обслуживания заявок на модернизацию в рамках системной динамики ИТ-инфраструктур

В рамках исследования разработана имитационная модель процесса обслуживания потока заявок на создание/модернизацию инфокоммуникационных сервисов в соответствии с [9]. Имитационная модель позволяет симулировать создание ИТ-сервисов в ИТ-отделе и реализует моделирование поступления потоков ресурсов и заявок, а также обслуживание заявок в соответствии с несколькими дисциплинами обслуживания одновременно [10].

Имитационная модель разработана в IDE Microsoft Visual Studio 2019. При ее разработке использованы методы агентного моделирования [11]. Цель реализации модели – получить представление о глобальных правилах в системе выполнения заявок на создание/модер-

низацию ИТ-сервисов и о поведении системы в целом [12].

Имитационная модель состоит из пяти макроблоков (рис. 1).

Блок 1. Генератор заявок.

В данном блоке генерируются заявки на создание/модернизацию ИТ-сервисов. Под заявкой понимается кортеж, задающий требования к ресурсам на создание/модернизацию ИТ-сервиса: $K_i = \langle it_i, \tau_{\text{раб.}} \rangle$, где $it_i = \langle uid, \text{Type}, R_i \rangle$ – создаваемый или модернизируемый ИТ-сервис, $(R_i(t) = (r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{im}))$ – вектор ИТ-ресурсов, r_{im} – количество ресурсов m -го вида, используемого в i -м ИТ-сервисе, Type – тип ИТ-сервиса; $\tau_{\text{раб.}}$ – временной интервал, в течение которого должен функционировать ИТ-сервис.

Блок генерирует потоки заявок четырех типов: критически важный для организации в целом, критически важный для определенного направления деятельности, для офисной автоматизации и вспомогательный. Для каждой заявки задаются требования к ресурсам. Для каждого типа потоков заявок задаются законы, интенсивность и дисперсии требований ресурсов каждого типа.

Блок 2. Источник ресурсов.

Позволяет моделировать несколько управляемых источников ресурсов: $Q(t) = \{Q_1, Q_2, \dots, Q_L\}$. Для каждого источника ресурсов задаются законы, интенсивность $\lambda_n^{Q_L}(t)$ и дисперсии поступления ресурсов каждого типа $D(R_n^{Q_L})$, а также правило управления перераспределением производительности источника ресурсов между ресурсами разных типов:

$$U(Q) = \sum_{Q_1}^{Q_L} \sum_1^n R_n^{Q_L} U_n^{Q_L}(t).$$

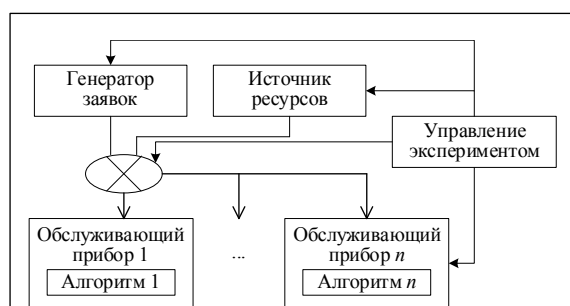


Рис. 1. Абстрактная схема имитационной модели процесса обслуживания потока заявок на создание/модернизацию инфокоммуникационных сервисов

Fig. 1. An abstract scheme of the simulation model of the process of servicing the flow of requests for the creation/modernization of infocommunication services

Блок 3. Обслуживающий прибор.

Блок позволяет формировать очередь заявок и обеспечивает выбор из нее заявок для реализации на основе заданной дисциплины обслуживания. Под дисциплиной обслуживания в имитационной модели понимается алгоритм управления обслуживанием потока заявок на создание/модернизацию инфокоммуникационных сервисов. Блок также обеспечивает формирование хранилища ресурсов – совокупности всех ресурсов, сгенерированных источниками. Обслуживающий прибор обеспечивает реализацию следующих функций:

- выбор заявок из очереди для реализации;
- передача команд на перераспределение производительности источника ресурсов;
- удаление заявок из очереди при превышении установленных ограничений (по времени и количеству);
- учет событий обработки заявок в обслуживающем приборе.

Блок 4. Алгоритм.

Алгоритм управления обслуживанием потока заявок на создание/модернизацию инфокоммуникационных сервисов представляет собой программный модуль, реализующий некую дисциплину обслуживания заявок и управления источниками ресурсов. В ходе исследований разработаны алгоритмы распределения ресурсов по заявкам: PRIORF, PRIORL, ALG, NEW, NEWQ, COST. Для проверки адекватности имитационной модели использовались алгоритмы FIFO и LIFO. В ходе проверки адекватности использовались экспоненциальные законы потоков заявок и ресурсов, для которых известны аналитические зависимости.

COST – алгоритм, учитывающий стоимость создаваемого ИТ-сервиса, которая зависит от приоритета ИТ-сервиса и времени его нахождения в очереди. ALG аналогичен алгоритму COST, но нахождение ИТ-сервиса в очереди ограничено константным значением 30. NEW аналогичен алгоритму COST, но нахождение ИТ-сервиса в очереди ограничено константным значением 4. NEWQ аналогичен алгоритму COST, но нахождение ИТ-сервиса в очереди для каждого типа ИТ-сервиса изменяется в зависимости от потока ресурсов.

Блок 5. Управление экспериментом.

В данном блоке реализуется выполнение экспериментов. Блок позволяет осуществлять потоковые эксперименты на основе заданных настроек, а также сохраненных файлов экспериментов. Главным отличием разработанной

имитационной модели является создание множества независимых потоков обслуживания заявок для различных алгоритмов.

Управление и настройка имитационной модели реализуются на основе интерфейсов управления, которые включают четыре блока (рис. 2).

Блок *настройки эксперимента* позволяет загружать сохраненные ранее эксперименты/настройки эксперимента, что ускоряет проведение отдельных типовых экспериментов в различающихся условиях, задавать количество шагов моделирования.

Блок *настройки источников ресурсов* предназначен для задания характеристик источников: математическое ожидание и дисперсия источника, а также процентное соотношение для каждого типа ресурсов в источнике.

Блок *настройки генератора заявок* осуществляет генерацию для каждого типа заявки с заданием количества ресурсов для каждого типа ресурсов в заявке.

Блок *настройки ресурсов* позволяет производить настройку типов ресурсов, которые будут использованы при проведении эксперимента.

Представление информации реализуется двумя способами.

- С использованием графического интерфейса, который отображает графики поступления ресурсов, заявок, требований к ресурсам, таблицы с обслуживанием заявок по каждому алгоритму, графики основных характеристик обслуживания заявок (количество обслуженных, очередь, отказы, среднее время в очереди по каждому алгоритму).

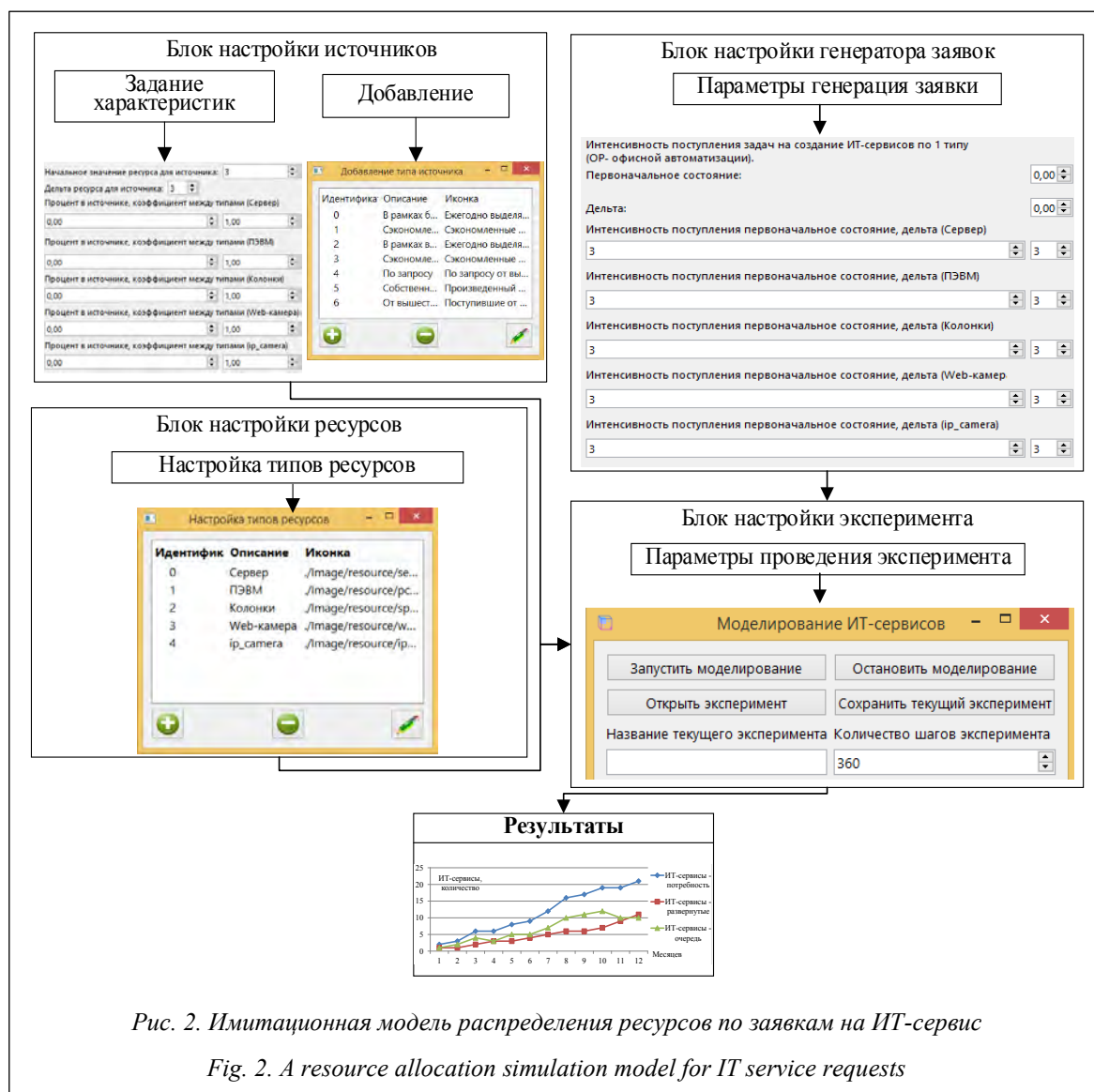


Рис. 2. Имитационная модель распределения ресурсов по заявкам на ИТ-сервис

Fig. 2. A resource allocation simulation model for IT service requests

• Путем сохранения данных для их последующей обработки табличными процессорами. Данные эксперимента сохраняются в нескольких таблицах. В одной из них приведены данные по ресурсам, поступающим от источников на каждом шаге моделирования, в другую заносится информация о заявках и их выполнении на каждом шаге моделирования, включая количество требуемых для них ресурсов. Данные сохраняются в формате *.csv для последующей обработки табличными процессорами.

Применение имитационной модели для сравнительного анализа дисциплин обслуживания заявок на модернизацию ИТ-инфраструктуры

В рамках исследования механизмов управления процессом потокового создания и модернизации ИТ-сервисов выполнена серия экспериментов на базе разработанной имитационной модели. С использованием имитационной модели смоделирован процесс создания и модернизации ИТ-сервисов в крупной организации. Основными базовыми характеристиками процесса являются интенсивность потока заявок на создание ИТ-сервисов – $\lambda = 5$ заявок/день и интенсивность потока ресурсов – $\mu = 25$ условных ресурсов в день. Условный ресурс в работе – это стоимость одной типовой ПЭВМ, остальные ресурсы пересчитываются по отношению к ней.

За счет использования блока «Эксперимент» в рамках эксперимента варьировались следующие характеристики условий его проведения:

- нагрузка (отношение требуемых ресурсов к доступным для создания ИТ-сервисов);
- вид (стационарный и нестационарный) и характеристики потока заявок;
- вид (стационарный, нестационарный, управляемый) и характеристики потока ресурсов, количество источников ресурсов.

Цель эксперимента – сравнительный анализ альтернативных алгоритмов управления. В рамках исследования были разработаны четыре альтернативных варианта алгоритмов, названных ALG, COST, NEW, NEW-Q, каждый из которых постепенно дорабатывался. В качестве тестовых алгоритмов использовались две группы алгоритмов: приоритетные – PRIORL, PRIORB и беспriorитетные – FIFO, LIFO, SRO. Поскольку для последних известны аналитические выражения, результаты экспери-

ментов с ними использовались для оценки адекватности имитационной модели.

Порядок проведения эксперимента:

- задание исходных данных;
- генерация набора тестов и оценка ошибки эксперимента;
- генерация расширенного набора тестов для обеспечения заданного уровня ошибки;
- обработка результатов тестов и оценка вероятностно-временных характеристик процесса создания и модернизации ИТ-сервисов в крупной организации.

Примеры применения имитационной модели для сравнительного анализа характеристик алгоритмов управления представлены на рисунках 3–5.

В эксперименте № 1 (рис. 3) исследовалось изменение значения функций отклика от интенсивности поступления ресурсов. На рисунке 3а видно, что стоимостная функция для алгоритма выбора заявок ALG показывает наибольшие значения. Результаты для других алгоритмов выбора заявок показывают, что с увеличением интенсивности поступления ресурсов от

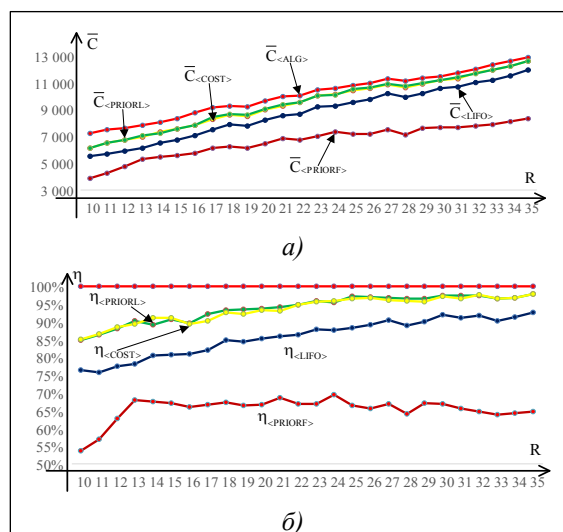


Рис. 3. Оценка алгоритмов выбора заявок: а) зависимость эффекта реализации ИТ-сервисов от интенсивности поступления ресурсов; б) зависимость относительной результативности алгоритмов выбора заявок от алгоритма ALG

Fig. 3. An evaluation of request selection algorithms: а) the dependence of the IT service implementation effect on the resource influx intensity; б) the dependence of the relative performance of application selecting algorithms on the ALG algorithm

первого источника результаты стоимостной функции приближаются к значениям алгоритма выбора заявок ALG. Рисунок 3б показывает изменение относительной результативности $\eta = \frac{C_{<i>}}{C_{<ALG>}} \cdot 100\%$ алгоритмов выбора заявок касательно алгоритма выбора заявок – ALG.

В эксперименте № 2 (рис. 4) проверялось влияние ресурсообеспеченности на эффективность алгоритмов управления. Показано изменение абсолютных (а) и относительных (б) значений функций отклика для исследуемых алгоритмов выбора заявок: $C_{<LIFO>}(\rho)$, $C_{<PRIORL>}(\rho)$, $C_{<PRIORF>}(\rho)$, $C_{<COST>}(\rho)$, $C_{<ALG>}(\rho)$ при изменении отношения уровней требуемых и имеющихся ресурсов: $\rho = R_{tr}/R_{nal}$.

В третьем эксперименте исследовались алгоритмы, реализующие возможность управле-

ния источниками ресурсов: стационарный поток заявок и управляемый поток ресурсов.

Рисунок 5 отображает возможность построения функций распределений (функций плотности вероятности) на основе данных, полученных в результате эксперимента.

Очевидно, что возможность адаптации решающих правил выбора заявок и управление источниками ресурсов позволяют существенно повысить эффективность алгоритмов в условиях низкой ресурсообеспеченности.

Результаты практических исследований альтернативных алгоритмов управления процессом создания ИТ-сервисов в ИТ-отделе с использованием разработанной имитационной модели показывает возможность ее применения для проведения сравнительной оценки алгоритмов в условиях возможного управления источниками ресурсов. В самой модели при этом реализовано только отображение мгно-

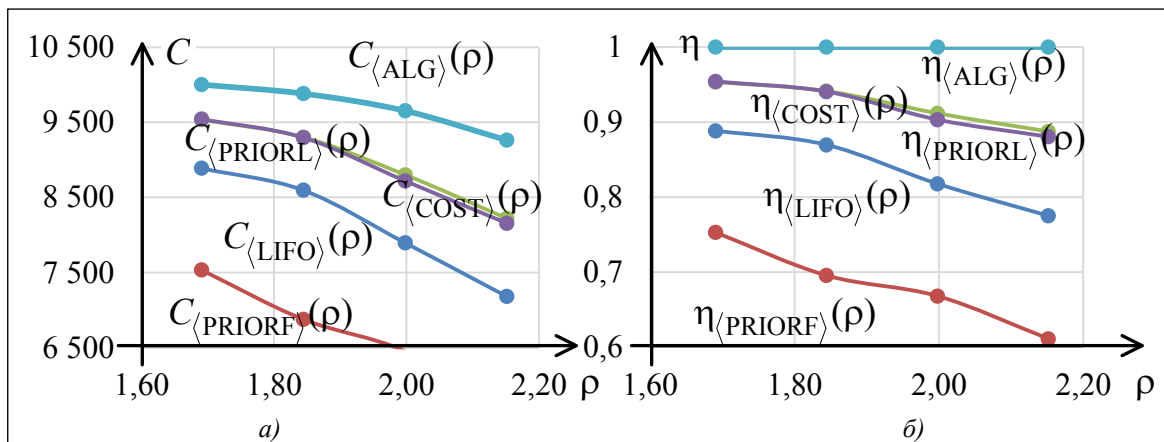
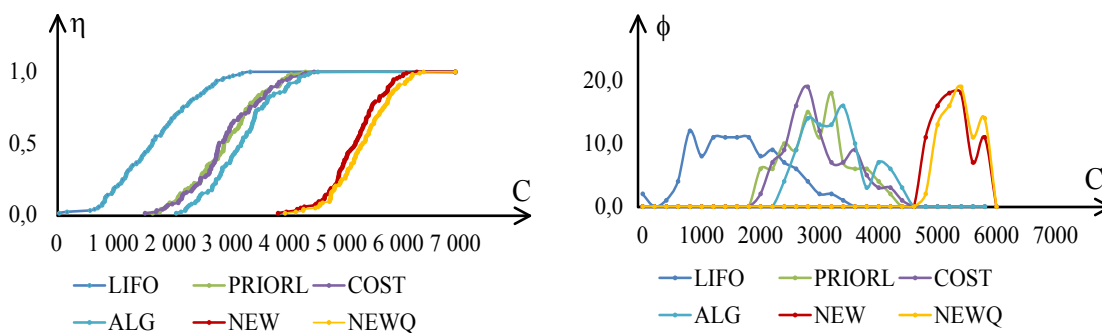


Рис. 4. Влияние ресурсообеспеченности на алгоритмы выбора заявок

Fig. 4. The influence of resource availability on the application selecting algorithms



а) кумулятивная функция распределения коэффициента эффекта

б) функция распределения коэффициента эффекта

Рис. 5. Оценка коэффициента эффекта алгоритмов выбора заявок

Fig. 5. An evaluation of the effect coefficient of application selecting algorithms

венных значений характеристик процесса обслуживания заявок – обработка результатов моделирования предполагается с использованием внешних средств.

Заключение

На основе разработанной имитационной модели было проведено сравнение известных дисциплин обслуживания заявок на создание и модернизацию ИТ-сервисов, а также трех пер-

спективных дисциплин обслуживания. Сравнение осуществлялось на одних и тех же данных моделирования с несколькими дисциплинами обслуживания. В разработанной имитационной модели есть возможность встраивания внешних блоков, реализующих обработку потока заявок на создание/модернизацию ИТ-сервисов, управления источниками поступления ресурсов. Разработанная имитационная модель позволила оценить эффективность дисциплин обслуживания.

Литература

1. Kumar S., Khuller S. Brief announcement: A greedy 2 approximation for the active time problem. Proc. XXX SPAA, 2018, pp. 347–349. DOI: 10.1145/3210377.3210659.
2. Chang J., Khuller S., Mukherjee K. LP rounding and combinatorial algorithms for minimizing active and busy time. Proc. XXVI SPAA, 2014, vol. 20, no. 6, pp. 118–127. DOI: 10.1145/2612669.2612689.
3. Klusacek D., Chlumsky V. Planning and metaheuristic optimization in production job scheduler. Proc. JSSPP, 2016, pp. 198–216. DOI: 10.1007/978-3-319-61756-5_11.
4. Oeste S., Kluge M., Soysal M., Streit A., Vef M.-A., Brinkmann A. Exploring opportunities for job-temporal file systems with ADA-FS. Proc. I Joint Int. Workshop PDSW-DISCS, 2016. URL: <http://www.pdsw.org/pdsw-discs16/wips/oeste-wip-pdsw-discs16.pdf> (дата обращения: 11.11.2021).
5. Ермаков А.В., Соколов Н.А., Федоров А.В. Оценка эффективности приоритетной обработки пакетов в маршрутизаторе // Тр. ЦНИИС. 2017. Т. 1. № 4. С. 44–48.
6. Rodrigo G.P., Elmroth E., Ostberg P.-O., Ramakrishnan L. ScSF: A scheduling simulation framework. Proc. JSSPP, 2017, pp. 152–173. DOI: 10.1007/978-3-319-77398-8_9.
7. Calinescu G., Wang K. A new LP rounding algorithm for the active time problem. J. of Scheduling, 2021, vol. 24, no. 5, pp. 543–552. DOI: 10.1007/S10951-020-00676-1.
8. Eleliemy A., Mohammed A., Ciorba F.M. Exploring the relation between two levels of scheduling using a novel simulation approach. Proc. XVI ISPDC, 2017, pp. 26–33. DOI: 10.1109/ISPDC.2017.23.
9. Абдалов А.В., Гришаков В.Г., Логинов И.В. Оптимальное распределение ресурсов в процессе создания и модернизации ИТ-сервисов корпоративной информационно-коммуникационной системы. ИТМУ. 2016. Т. 101. № 5. С. 388–396.
10. Абдалов А.В. Методика оценки ценности развертывания ИТ-сервисов для автоматизации организации // СУИТ. 2021. № 1. С. 24–30. DOI: 10.36622/VSTU.2021.83.1.005.
11. Абдалов А.В., Гришаков В.Г., Логинов И.В. Модель распределения ресурсов нескольких источников при реконфигурации ИТ-инфраструктуры // ИСиТ. 2019. № 2. С. 5–16.
12. Абдалов А.В., Гришаков В.Г., Логинов И.В. Программа по расчету оптимальных планов распределения информационно-телекоммуникационных ресурсов организации, динамически поступающих из нескольких источников, между проектами реализации ИТ-сервисов: Свид. о регистр. ПрЭВМ № 2019614801. Рос. Федерация, 2019.

An analysis of the efficiency of the process of servicing the flow of requests for creating IT-services used a simulation model

*A.V. Abdalov*¹, Employee, senya@academ.msk.rsnet.ru
*V.G. Grishakov*¹, Ph.D. (Engineering), Employee, gvg@academ.msk.rsnet.ru
*I.V. Loginov*¹, Ph.D. (Engineering), Employee, loginov_iv@bk.ru

¹ Academy of the Federal Security Service of Russia, Orel, 302015, Russian Federation

Abstract. The paper discusses the issues of analyzing the effectiveness of the process of servicing the flow of requests for creating IT services using the simulation modeling method. It shows that the well-known sim-

ulation tools do not allow full simulation of the application service process in information and communication infrastructure administration units characterized by the controlled resource flow nature.

The study involved the development of software to simulate the process of servicing the flow of requests for creating IT services. Its main difference was the ability to manage the resource source during the process of servicing requests and the possibility of simultaneous experiments on the same source data with several service disciplines.

The simulation model was developed in the Microsoft Visual Studio environment and consists of five macroblocks: a request generator, a resource generator, a service device, an algorithm block and an experiment block. The algorithm block allows connecting external models in the form of library blocks that implement the request flow processing through a unified interface, including the ability to generate commands to manage the resource source. The experiment block allows performing streaming experiments based on the specified settings and saved experiment files.

The main difference of the developed simulation model is the creation of multiple independent request service flows for various algorithms. The possibility of conducting comparative analysis experiments is illustrated by a series of experiments with stationary and non-stationary request flows and stationary, non-stationary and controlled resource flow based on a family of alternative control algorithms.

The results of using a simulation model of the process of servicing requests for creating infocommunication services made it possible to evaluate the effectiveness of the developed promising control algorithms within the framework of the study.

Keywords: IT services, IT department, resource allocation, adaptive management, IT infrastructure.

References

1. Kumar S., Khuller S. Brief announcement: A greedy 2 approximation for the active time problem. *Proc. XXX SPAA*, 2018, pp. 347–349. DOI: 10.1145/3210377.3210659.
2. Chang J., Khuller S., Mukherjee K. LP rounding and combinatorial algorithms for minimizing active and busy time. *Proc. XXVI SPAA*, 2014, vol. 20, no. 6, pp. 118–127. DOI: 10.1145/2612669.2612689.
3. Klusacek D., Chlumsky V. Planning and metaheuristic optimization in production job scheduler. *Proc. JSSPP*, 2016, pp. 198–216. DOI: 10.1007/978-3-319-61756-5_11.
4. Oeste S., Kluge M., Soysal M., Streit A., Vef M.-A., Brinkmann A. Exploring opportunities for job-temporal file systems with ADA-FS. *Proc. I Joint Int. Workshop PDSW-DISCS*, 2016. Available at: <http://www.pdsw.org/pdsw-discs16/wips/oeste-wip-pdsw-discs16.pdf> (accessed November 11, 2021).
5. Ermakov A.V., Sokolov N.A., Fedorov A.V. Evaluation of priorities for packet processing in routers. *Proc. CNIIS*, 2017, vol. 1, no. 4, pp. 44–48 (in Russ.).
6. Rodrigo G.P., Elmroth E., Ostberg P.-O., Ramakrishnan L. ScSF: A scheduling simulation framework. *Proc. JSSPP*, 2017, pp. 152–173. DOI: 10.1007/978-3-319-77398-8_9.
7. Calinescu G., Wang K. A new LP rounding algorithm for the active time problem. *J. of Scheduling*, 2021, vol. 24, no. 5, pp. 543–552. DOI: 10.1007/S10951-020-00676-1.
8. Eleliemy A., Mohammed A., Ciorba F.M. Exploring the relation between two levels of scheduling using a novel simulation approach. *Proc. XVI ISPDC*, 2017, pp. 26–33. DOI: 10.1109/ISPDC.2017.23.
9. Abdalov A.V., Grishakov V.G., Loginov I.V. Optimal allocation of resources in the process of creating and upgrading IT services of a corporate information and communication system. *Information Technologies of Modeling and Management*, 2016, vol. 101, no. 5, pp. 388–396 (in Russ.).
10. Abdalov A.V., Grishakov V.G., Loginov I.V. Methodology for evaluating the value of deploying it services to automate organizations. *Control Systems and Information Technologies*, 2021, no. 1, pp. 24–30. DOI: 10.36622/VSTU.2021.83.1.005 (in Russ.).
11. Abdalov A.V., Grishakov V.G., Loginov I.V. Model distribution of resources in the processes of creating and modernizing IT-services in the organization. *ISaT*, 2019, no. 2, pp. 5–16 (in Russ.).
12. Abdalov A.V., Grishakov V.G., Loginov I.V. *Program for Calculating Optimal Plans for the Distribution of Information and Telecommunications Resources of the Organization, Dynamically Coming from Several Sources, between Projects for the Implementation of IT Services*. Patent RF, no. 2019614801, 2019.

Для цитирования

Абдалов А.В., Гришаков В.Г., Логинов И.В. Анализ эффективности процесса обслуживания потока заявок на создание ИТ-сервисов с использованием имитационной модели // Программные продукты и системы. 2022. Т. 35. № 1. С. 075–082. DOI: 10.15827/0236-235X.137.075-082.

For citation

Abdalov A.V., Grishakov V.G., Loginov I.V. An analysis of the efficiency of the process of servicing the flow of requests for creating IT-services used a simulation model. *Software & Systems*, 2022, vol. 35, no. 1, pp. 075–082 (in Russ.). DOI: 10.15827/0236-235X.137.075-082.