

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ОПЕРАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМ МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ ПРОИЗВОЛЬНОМ ВХОДНОМ ПОТОКЕ ДАННЫХ

А.В. Скатков, И.А. Балакирева

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
РФ, г. Севастополь, ул. Университетская, 33
E-mail: itiks@sevsu.ru

Обсуждается проблема функциональной устойчивости систем мониторинга окружающей среды. Предлагается подход к решению задачи функциональной устойчивости систем мониторинга на основе модели мажорирования систем при произвольном потоке входных данных. Приводится решение задачи оценки функциональной устойчивости системы мониторинга по показателю балансировки нагрузки системы. Обсуждаются результаты вероятностного моделирования.

Ключевые слова: системы мониторинга, функциональная устойчивость, балансировка нагрузки системы, модель мажорирования, вероятностное моделирование.

Введение. Оценка функциональной устойчивости (ФУ) систем мониторинга окружающей среды (СМ ОС) является сложной научно-практической задачей. Сложность решения подобных задач обусловлена многими факторами, среди которых можно выделить распределенность данных, получаемых от большого числа датчиков, и неоднородность структуры этих данных.

ФУ системы есть интегральное свойство, включающее в себя способность сохранять на протяжении заданного времени выполнение своих основных функций в пределах, установленных нормативными требованиями, в условиях противодействия, а также влияния потоков отказов, неисправностей и сбоев [1]. Для СМ ОС основными функциями являются такие, как представление информации о текущем состоянии объекта мониторинга, своевременное реагирование на критические ситуации. Кроме того, информация, получаемая от СМ ОС, может быть использована для исследования закономерностей и взаимосвязей между объектами мониторинга с целью оптимизации и повышения эффективности их работы.

Однако не менее важной задачей является оценка показателей ФУ, необходимая для сравнения различных вариантов проектирования. Еще более сложная задача возникает при поиске наилучшего варианта, при котором достигаются оптимальные показатели ФУ при некоторо-

рых ограничениях [2]. Оценка ФУ СМ ОС необходима как на этапе ее разработки, так и в процессе эксплуатации системы при этом должен быть обеспечен достаточно высокий уровень системности исследований [3].

В данной статье предлагается методика оценки ФУ СМ ОС с точки зрения балансировки нагрузки системы. Целью балансировки является гармонизация аппаратной структуры элементов системы с одной стороны, и, с другой стороны – производительностью процессора, интенсивностью входного потока данных и трудоемкостью их обработки.

Нарушение балансировки приводит либо к потере данных при мониторинге, либо к неоправданным затратам на структурную избыточность аппаратных средств.

В связи с этими обстоятельствами, решение задач, связанных со структурной и параметрической адаптацией применяемых моделей мониторинга, приобретает особо важное значение [4].

Основной целью предлагаемой статьи является подход, позволяющий оценить ФУ исследуемой СМ ОС на основе системных характеристик мажорирующей системы [5].

В наиболее общем виде модель процесса обработки данных, полученных с датчиков СМ ОС, может быть представлена моделями типа G/G/k/m, имеющими произвольный поток входных данных и произвольно распределенное время их

обслуживания при заданном количестве каналов обслуживания и емкости входного буфера на входе системы [6, 7]. Для таких систем массового обслуживания (СМО) отсутствуют аналитические методы расчета их характеристик, что не позволяет детально изучить свойства и закономерности, присущие протекающим в них процессам, а, следовательно, построить приемлемые для инженерных целей методы расчета. Особенно это важно для критических систем и систем с высокой нагрузкой. В связи с этим обстоятельством стоит задача найти методы расчета характеристик СМО с произвольным входным потоком данных. В связи с этим для мажорирования целесообразно использовать системы типа M/M/k/m с простейшим входным потоком. Такие системы являются простыми в функционально-структурном плане, и для них известны аналитические оценки операционных характеристик как функций внутренних параметров.

Постановка задачи. Рассматривается СМ ОС с двухуровневой архитектурой. Первый уровень образует система измерителей-датчиков, которые предназначены для первичного съема и регистрации данных о состоянии измеряемых параметров ОС [8]. Второй уровень представляет собой ИС, центром которой является многоядерный процессор. Поскольку в некоторых случаях предусматривается процедура временного хранения поступающих первичных данных от датчиков, на входе процессора имеется буферная память ограниченной емкости.

В терминах теории массового обслуживания исследуемую СМ ОС предлагается рассматривать как СМО типа G/G/k/m [6]. Поток данных на входе СМО имеет произвольное распределение со средним интервалом поступления пакетов данных \bar{t}_{av}^G , интервалы времени обслуживания данных процессором также имеют произвольное распределение со средней оценкой \bar{t}_{av}^G , известно число каналов обслуживания $k=\text{const}$ в СМО и емкость буферной памяти $m=\text{const}$ на входе системы.

Для оценки ФУ такой СМ ОС с точки зрения балансировки нагрузки вы-

полним постановку оптимизационной задачи, которая представлена функцией штрафов, связанных, во-первых, с отказом в обслуживании данным, поступающим с датчиков на вход системы, и, во-вторых, с избыточностью аппаратных средств:

$$E^G(\bar{t}_{av}^G) = \\ = c_{omk} P_{omk}(\bar{t}_{av}^G) + c_n(k - \bar{k}(\bar{t}_{av}^G)) \rightarrow \min, \quad (1)$$

где $P_{omk}(\bar{t}_{av}^G)$ – вероятность отказа данным в обслуживании; $\bar{k}(\bar{t}_{av}^G)$ – среднее число занятых каналов; c_{omk} и c_n – весовые коэффициенты, определяющие штрафы за отказ в обслуживании и неиспользование каналов обслуживания соответственно.

Таким образом, на основании задачи (1) можно определить интенсивность поступления пакетов данных с датчиков на вход СМ ОС, при которой функция штрафов (1) будет принимать минимальное значение, и для СМ ОС будет выполнено условие балансировки нагрузки.

В связи с этим для решения задач параметрической оптимизации представляет интерес задача мажорирования систем типа G/G/k/m системами типа M/M/k/m. Пусть E^G есть оценка ФУ системы с произвольным входным потоком, выражаящая потери, связанные с функционированием системы, а E^M – одноименная оценка ФУ СМО типа M/M/k/m. Для того, чтобы система M/M/k/m мажорировала систему G/G/k/m должно выполняться соотношение

$$E^M - E^G < \varepsilon, \quad (2)$$

где $\varepsilon > 0$ есть константа рассогласования, определенная заранее. При этом соотношение (2) должно выполняться во всей области изменения параметров системы типа M/M/k/m. При этом необходимо отметить, что условие (2) справедливо, если критерий E^G имеет смысл потерь. Если же критерий E^G выражает доход, то условие (2) примет вид $E^G - E^M < \varepsilon$.

Для минимизации функции (1) необходимо: во-первых, построить СМО типа M/M/k/m, мажорирующую рассмат-

риваемую систему и исследовать влияние свойств распределения входного потока системы $G/G/k/m$ на возможность мажорирования; во-вторых, рассмотреть возможность оценки ФУ системы с произвольным входным потоком требований с точки зрения функции (1) на основании аналитического решения, полученного для мажорирующей СМО типа $M/M/k/m$.

Построение модели мажорирования. Процедура мажорирования подробно описана в [5] и осуществляется методами вероятностного моделирования [9, 10]. Для мажорирования выберем СМО типа $M/M/k/m$, то есть систему, имеющую ту же структуру, что и исследуемая система $G/G/k/m$. Значения всех временных характеристик системы приведем к относительным единицам, приняв значение среднего времени обслуживания пакетов данных в системе $G/G/k/m$ равным единице $t_{\text{об}}^G = 1$. В качестве начального условия проведения имитационного моделирования для системы $M/M/k/m$ установим $t_{\text{ax}}^M = t_{\text{ax}}^G = 1$.

Процедура мажорирования заключается в определении области изменения среднего времени обслуживания пакетов данных в СМО $M/M/k/m$, в которой выполняется неравенство

$$y_i^2(G) - y_i^1(G) \leq \delta_i, \quad i=1, m, \quad (3)$$

здесь $y_i^1(G)$ и $y_i^2(G)$ – компоненты векторов выходных характеристик систем $G/G/k/m$ и $M/M/k/m$ соответственно; G – множество внутренних параметров рассматриваемых систем; δ_i – соответствующий компонент заданного вектора рассогласования.

В рамках проведения вероятностного моделирования рассматривались системы с произвольным входным потоком, у которых средние интервалы времени между поступлениями пакетов данных в систему примерно одинаковы, но их распределения имеют различную асимметрию. Функции распределения (ФР) интервалов времени между поступлениями требований в систему $G/G/k/m$ для потоков с различными коэффициентами асимметрии a представлены на рис. 1.

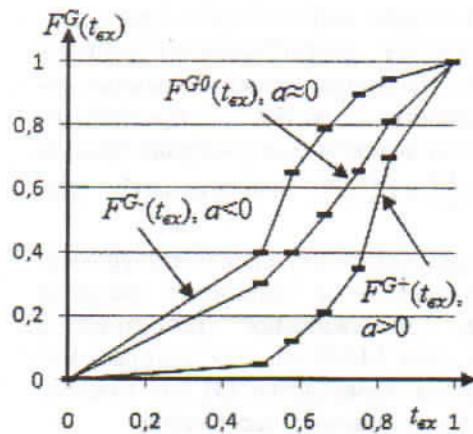


Рис. 1. Статистические функции распределения входного потока данных СМО $G/G/k/m$ с различной асимметрией

Симметричное распределение интервалов времени между поступлениями требований в СМО со средним временем t_{ax}^{G0} представлено на рис. 1 ФР $F^{G0}(t_{\text{ax}})$, коэффициент асимметрии приблизительно равен нулю $a \approx 0$. Средние значения интервалов времени для распределений с отрицательным и положительным коэффициентами асимметрии соответственно t_{ax}^{G-} и t_{ax}^{G+} обозначены на рис. 1 ФР соответственно $F^{G-}(t_{\text{ax}})$ и $F^{G+}(t_{\text{ax}})$. Средние времена обслуживания требований в исследуемых системах равны $t_{\text{ax}}^{G0} = t_{\text{об}}^G = t_{\text{об}}^{G-} = 1$. Значения средних времен между поступлениями требование отличаются друг от друга менее, чем на 0,2 относительных единиц времени.

В качестве мажорируемых выходных характеристик СМО рассматривались: среднее время пребывания данных в СМО – t_s^G ; вероятность потери требования – $P_{\text{отк}}^G$; среднее число занятых каналов – \bar{k}^G ; средняя длина очереди на входе СМО – \bar{l}^G .

Для мажорирования выбрана система типа $M/M/k/m$ той же структуры. Проведено три серии имитационных экспериментов при различных средних временах поступления требований в систему: $t_{\text{ax}}^{M1} = t_{\text{ax}}^{G0}$, $t_{\text{ax}}^{M2} = t_{\text{ax}}^{G-}$ и $t_{\text{ax}}^{M3} = t_{\text{ax}}^{G+}$. Мажорирование осуществлялось за счет варьирования времени обслуживания требо-

ваний в СМО типа M/M/k/m при заданном векторе рассогласования параметров Δ . Начальное значение времени обслуживания в системе с простейшим входным потоком было выбрано равным $t_{obc}^{M1} = t_{obc}^{M2} = t_{obc}^{M3} = 1$ относительных единиц.

В результате модельных экспериментов установлены граничные значения времен обслуживания требований в СМО типа M/M/k/m, при которых выполняется неравенство (3) для каждого из рассматриваемых параметров.

Для симметричного распределения входного потока данных СМ ОС среднее время обслуживания данных в мажорирующей системе составляет $t_{obc}^M = 0,95t_{obc}^G$. Это означает, что для выполнения условия (3) по всем параметрам мажорирования данные в системе M/M/k/m должны обрабатываться за меньшее время, то есть мажорирующая система должна иметь более высокое быстродействие.

Для асимметричных распределений входного потока данных СМ ОС полу-

ченые следующие результаты: для отрицательной асимметрии, $a < 0$, среднее время обслуживания данных в мажорирующей системе равно $t_{obc}^M = 1,1t_{obc}^G$, а для положительной асимметрии, $a > 0$, $t_{obc}^M = 1,05t_{obc}^G$. В этих случаях обслуживание данных в мажорирующей системе M/M/k/m должно осуществляться в течение более длительного интервала времени.

На основании проведенного моделирования можно сделать следующие выводы: существует возможность мажорирования СМ ОС с произвольным входным потоком данных независимо от свойств распределения этого потока, но асимметрия потока влияет на значения внутренних параметров мажорирующей системы.

Результаты анализа изменения выходных характеристик систем в зависимости от интенсивности входного потока данных представлены на рис. 2.

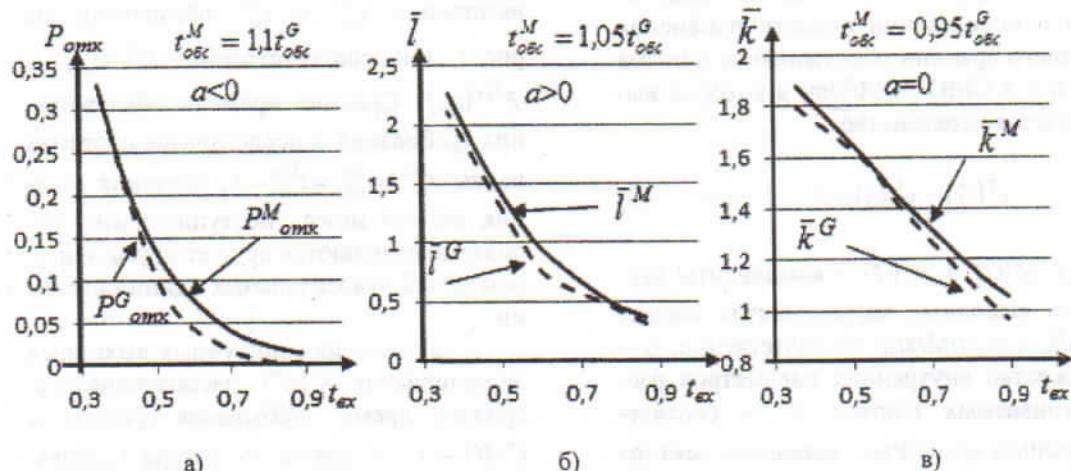


Рис. 2. Мажорирование параметров СМ ОС с произвольным входным потоком данных:
а) вероятность отказа в обслуживании; б) среднее используемое значение объема буферной памяти на входе СМ ОС; в) среднее число занятых каналов обслуживания

Поскольку среднее время между поступлениями пакетов данных в СМ ОС измеряется в относительных единицах и принято $t_{ex}^G = 1$, среднее время между поступлениями пакетов данных в систему варьируется в интервале $t_{ex}^G = (0,3; 0,9)$ условных единиц времени. Зависимости

для выходных характеристик системы с произвольным потоком данных на входе получены на основе имитационного моделирования и обозначены на рис. 2 штриховой линией.

Для мажорирующей СМО M/M/k/m аналогичные выходные характеристики получены в соответствии с аналитиче-

скими моделями [6, 7]. При этом, среднее время между поступлениями данных в систему выбрано в том же диапазоне, что и для системы с произвольным входным потоком $t_{\text{ex}}^M = (0,3; 0,9)$. Значения среднего времени обслуживания данных в системе t_{obc}^M получено в результате процесса мажорирования. Величина этого параметра зависит от асимметрии распределения входного потока данных мажорируемой системы.

Как видно на рис. 2 в области изменения среднего времени между поступлением данных в систему по всем рассматриваемым параметрам достигается мажорирование, но присутствуют интервалы времени t_{ex} , на которых величины рассогласования превышают заданные.

В таком случае необходимо принять решение, насколько устраивает исследователя величина рассогласования выходных характеристик систем.

Оценка функциональной устойчивости СМ ОС с произвольным входным потоком. Рассмотрим возможность оценки ФУ системы с произвольным входным потоком данных в соответствии с функцией (1) на основании аналитического решения, полученного для мажорирующей СМО типа M/M/k/m.

С этой целью проведем вероятностное моделирование системы типа G/G/k/m при условиях, описанных выше

для распределений входного потока данных с различной асимметрией. Весовые коэффициенты $c_{\text{отк}}$ и c_n в функции (1) определяются предпочтениями лица, принимающего решение (ЛПР). Для выражения предпочтений ЛПР рассматривались три варианта $C_1=(0,5; 0,5)$, $C_2=(0,2; 0,8)$ и $C_3=(0,8; 0,2)$, здесь первый компонент вектора C – штраф за отказ данным в обслуживании – $c_{\text{отк}}$, а второй компонент – штраф за неиспользование каналов обслуживания – c_n . Среднее время обслуживания пакетов данных в системе с произвольным входным потоком примем $t_{\text{obc}}^G=1$, а среднее время между поступлением пакетов данных изменяется в интервале $t_{\text{ex}}^G = (0,3; 0,9)$ условных единиц времени.

На рис. 3 приведен пример изменения характера функций штрафов при различных предпочтениях ЛПР и асимметрии. Кривые по виду отличаются друг от друга незначительно, но координаты минимумов этих функций имеют различное положение.

Значение вероятности потери данных $P_{\text{отк}}$ и среднее число занятых каналов СМО \bar{k} определялось в результате имитационного моделирования. Поскольку значения этих величин принадлежат к различным числовым диапазонам перед вычислением значений функции (1) необходимо нормализовать значение \bar{k} ,

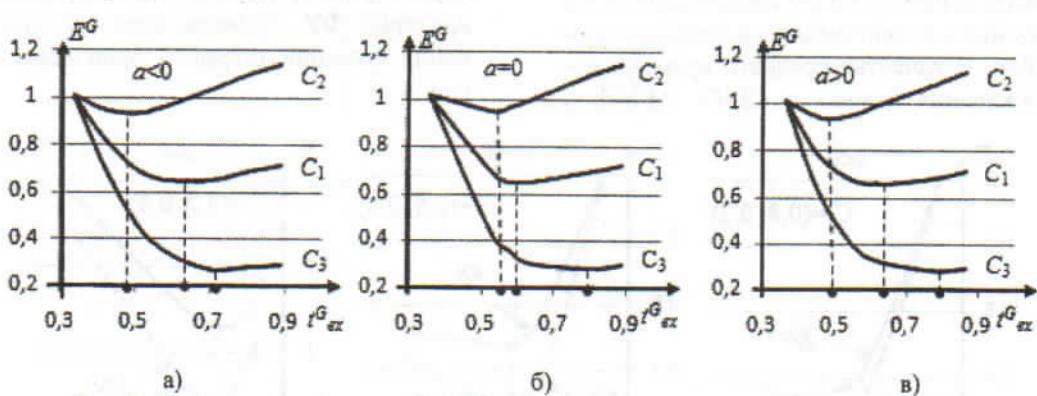


Рис. 3. Функции штрафов для СМ ОС с произвольным потоком входных данных:
а) отрицательная асимметрия распределения; б) распределение симметрично;
в) положительная асимметрия распределения

таким образом, чтобы оно также принадлежало интервалу $(0, 1)$, при этом исходное количество каналов обслу-

живания в СМ ОС принято равным $k=1$. В результате имитационных экспериментов установлено, что функция (1) дости-

гает в рассматриваемой области изменения параметра $t_{\alpha x}^G$ своего минимального значения при любой асимметрии распределения входного потока.

Независимо от характера распределения входного потока данных значение функции штрафов (1) определяется предпочтениями ЛПР, а именно компонентами вектора весовых коэффициентов – $C = (c_{omk}, c_n)$.

Таким образом, в результате вероятностного моделирования установлено, что существует такое значение интервалов времени между поступлениями пакетов данных в СМ ОС, при котором нагрузка системы будет сбалансирована. При этом данное утверждение будет справедливо при любом характере распределения входного потока данных.

Оценка функциональной устойчивости мажорирующей СМО осуществлялась на основании аналитических выражений для СМО типа M/M/k/m [6, 7] в соответствии с оптимизационной задачей (1), которая в данном случае принимает вид

$$E^M(t_{\alpha x}^M) = \\ = c_{omk} P_{omk}(t_{\alpha x}^M) + c_n(k - \bar{k}(t_{\alpha x}^M)) \rightarrow \min, \quad (4)$$

В соответствии с условием мажорирования система M/M/k/m имеет ту же структуру, что и СМ ОС с произвольным потоком данных, весовые коэффициенты в выражениях (1) и (4) имеют один и тот же смысл и принимают одинаковые значения. В качестве среднего времени обслуживания данных в СМО M/M/k/m

выбраны значения, полученные в результате мажорирования параметров системы с произвольным входным потоком. Среднее время между поступлением данных в систему определено на интервале $t_{\alpha x}^M = t_{\alpha x}^G = (0,3; 0,9)$.

Поиск оптимального значения целевой функции (4) представляет собой задачу однопараметрической оптимизации. Поскольку функция (4) имеет монотонный характер, то поиск ее минимума возможно осуществлять как на основе методов исключения интервалов, так и методами полиномиальной оптимизации [11–13]. Решение поставленной задачи осуществлено на основе метода деления отрезка пополам за счет варьирования среднего времени между поступлениями данных в систему.

В результате вычислений в соответствии с функцией (4) и результатов имитационного моделирования в соответствии с функцией (1), а также их сравнения, установлено следующее. Независимо от характера распределения входного потока в СМО типа G/G/k/m и предпочтений ЛПР, справедливо условие (2). Это означает, что во всей области изменения значений интервалов времени поступления входных данных выполняется неравенство $E^M \geq E^G$, или СМО типа M/M/k/m мажорирует СМ ОС с произвольным потоком входных данных как параметрически, так и по выбранному критерию ФУ. Примеры характера изменения функции штрафов приведены на рис. 4.

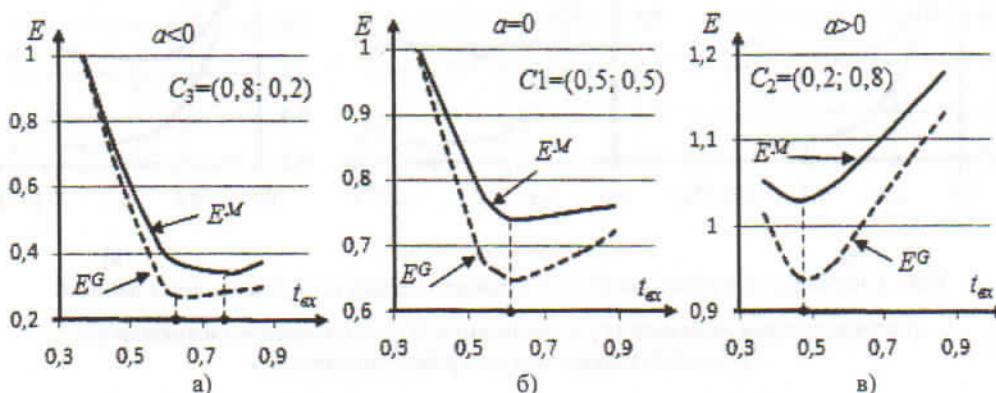


Рис. 4. Функции штрафов для системы с произвольным входным потоком данных:
а) отрицательная асимметрия распределения; б) распределение симметрично;
в) положительная асимметрия распределения

Штриховой линией обозначена функция штрафов для системы с произвольным входным потоком данных (1), сплошной линией – для мажорирующей СМО типа M/M/k/m (4). Как видно, асимметрия распределения и предпочтения ЛПР влияют на расхождение координат минимумов обоих функций. Координаты могут как совпадать (рис. 4б и 4в), так и находиться на расстоянии друг относительно друга (рис. 4а), но это расхождение не превышает величины 0,2 относительных единиц времени, а разность значений критериев $E^M - E^G < 0,1$ условных единиц. При определенных допущениях координату минимума функции (4) можно считать координатой минимума и функции штрафов (1).

В общем случае решение о мажорировании СМО с произвольным потоком данных G/G/k/m системой типа M/M/k/m принимается в соответствии с условием (2) в зависимости от значения константы рассогласования δ .

Таким образом, можно сделать следующие выводы. Если возможно построение СМО типа M/M/k/m, мажорирующую по выбранным параметрам исследуемую систему с произвольным входным потоком данных, то можно использовать аналитические модели для решения оптимизационных задач для СМ ОС с произвольным входным потоком данных.

Выводы. Обеспечение ФУ СМ ОС является важной проблемой, поскольку системы мониторинга, связанные с изучением объектов окружающей среды, используют информационные технологии, направленные на решение крупномасштабных научных задач, в основе которых заложена концепция больших данных. В таких условиях необходимо обеспечить выполнение системой всех нормативных функций, устранение тех или иных неопределенностей, связанных с объектом исследования, и прогнозирование критических событий. Важным условием обеспечения ФУ СМ ОС является решение задачи балансировки нагрузки систем мониторинга, что позволяет в результате минимизировать потерю данных при мониторинге окружа-

ющей среды и определить оптимальную производительность системы.

Для решения задачи балансировки нагрузки СМ ОС предложен подход, основанный на процедуре построения модели мажорирования, позволяющий применять аналитические методы для оценки ФУ систем с произвольным входным потоком данных.

Для решения задач мажорирования наиболее целесообразным является использование методов вероятностного моделирования, которые дают исследователю большие возможности экспериментирования с системами с произвольными потоками данных. Использование аналитических методов параметрической оптимизации мажорирующих систем типа M/M/k/m позволяет получить оптимальные показатели ФУ систем с произвольными потоками данных.

В ходе вероятностного моделирования подтверждена возможность мажорирования СМ ОС с произвольным входным потоком данных системами типа M/M/k/m. Проведено исследование влияния асимметрии распределения входного потока данных для СМ ОС на параметры мажорирующими модели. На основе построенных мажорирующих моделей решена оптимизационная задача, цель которой минимизировать потерю данных в СМ ОС и сбалансировать аппаратные ресурсы системы.

Такой подход к оценке ФУ СМ ОС может быть использован на различных этапах жизненного цикла систем: на этапе разработки систем для оптимизации ее структуры и параметров с целью балансировки нагрузки; в процессе эксплуатации при оперативном управлении с целью минимизации потерь данных на входе системы.

Работа выполнена при поддержке Российской Фонда Фундаментальных исследований, грант №15-29-07936.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Машков О.А., Самчишин О.В. Современные проблемы развития теории функционально устойчивых сложных

- систем управлений // Моделирование и информационные технологии: сб. науч. тр. К.: ИГМЭ им. Г.Е. Пухова НАН Украины, 2009. № 52. С. 27–35.
2. Монахов Ю.М. Функциональная устойчивость информационных систем. В 3 ч. Ч. 1. Надежность программного обеспечения: учеб. пособие / Ю.М. Монахов; Владим. гос. ун-т. Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2011. 60 с. ISBN 978-5-9984-0189-3.
 3. Скатков А.В., Балакирева И.А., Шевченко В.И. Технологии системотехнических решений: монография. М.: Издательство «Спутник +», 2016. 267 с. ISBN 978-5-9973-4118-32.
 4. Охтилев М.Ю., Соколов Б.В., Юсупов Р.М. Интеллектуальные технологии мониторинга и управления структурной динамикой сложных технических объектов. М.: Наука, 2006. 410 с.
 5. Скатков А.В., Балакирева И.А. Гарантированное оценивание оперативных характеристик качества систем мониторинга окружающей среды // Системы контроля окружающей среды. Севастополь: ИПТС. 2017. № 7 (27). С. 66–74.
 6. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания / пер. с англ. И.И. Грушко; под ред. В.И. Неймана. М.: Машиностроение, 1979. 432 с.
 7. Вентцель Е.С. Теория вероятностей и ее инженерные приложения. М.: Наука, 2007. 491 с.
 8. Гайский П.В., Трусевич В.В., Забурдаев В.И. Автоматический биоэлектронный комплекс, предназначенный для раннего обнаружения отравляющих загрязнений пресных и морских вод // Морской гидрофизический журнал. 2014. № 2. С. 44–53.
 9. Лоу А., Кельтон Д. Имитационное моделирование. СПб.: Питер, БХВ-Петербург, 2004. 348 с.
 10. Девятков В.В. Методология и технология имитационных исследований сложных систем: современное состояние и перспективы развития: монография. СПб.: Вузовский учебник, 2013. 448 с.
 11. Ашманов С.А., Тимохов А.В. Теория оптимизации в задачах и упражнениях: учебн. пос., 2-е изд., стер. / С.А. Ашманов, А.В. Тимохов. СПб.: Лань, 2012. 448 с.
 12. Горлач Б.А. Исследование операций: учебн. пособие, 1-е изд. / Б.А. Горлач. СПб.: Лань, 2013. 448 с.
 13. Реклейтис Г., Рейвиндрэн А., Регсдел К. Оптимизация в технике: в 2-х томах. пер. с англ. / Г. Реклейтис. М.: Наука, 1984. Т. 1. 352 с. – Т. 2. 320 с.

ENVIRONMENTAL MONITORING SYSTEMS OPERATIONAL CHARACTERISTICS FUNCTIONAL STABILITY ENSURING CHARACTERIZED BY AN ARBITRARY INPUT DATA STREAM

A.V. Skatkov, I.A. Balakireva

Federal State Educational Institution of Higher Education «Sevastopol State University»,
Russian Federation, Sevastopol, Universitetskaya St., 33

The problem of environmental monitoring systems functional stability is discussed. This paper proposes an approach for solving the problem of monitoring systems functional stability based on the system majorization model characterized by arbitrary input data stream. The decision of system functional stability estimation problem based on the system load balancing indicator is resulted. The results of probabilistic modeling are discussed.

Keywords: monitoring system, functional stability, system load balancing, majorization model, probabilistic modeling.