

Электронное моделирование

УДК 681.5.015

А. К. Черных, д-р техн. наук

Кафедра «Информатика и математика»,
Санкт-Петербургский военный институт войск национальной гвардии

М. Г. Яшин, канд. техн. наук

Кафедра «Восстановление автоматики, телемеханики и связи на железных дорогах»
Военный институт (железнодорожных войск и военных сообщений)
Военной академии материально-технического обеспечения
им. генерала армии А. В. Хрулёва

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПРИНЦИПЫ СИНТЕЗА МОДЕЛЕЙ УПРАВЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННЫМИ СИСТЕМАМИ, ФУНКЦИОНИРУЮЩИМИ В РЕАЛЬНОМ МАСШТАБЕ ВРЕМЕНИ

Рассматривается подход к построению моделей управления транспортными системами, функционирующими в реальном масштабе времени. Сложность построения указанных моделей определяется противоречием, которое заключается, с одной стороны, в необходимости использовать для получения обоснованных данных, необходимых для оптимального управления восстановлением объектов железнодорожной сети, подвергшейся значительным разрушениям, классических оптимизационных методов, которые для своей реализации при управлении транспортными системами требуют значительного временного ресурса. С другой стороны, использование таких математических методов приводит к потере оперативности получения указанных данных, что препятствует эффективному управлению указанными транспортными системами. Предлагаемый подход позволяет, при построении моделей управления транспортными системами, разрешить вышеуказанное противоречие, используя представленные концептуальные принципы синтеза моделей управления, которые позволят гармонизировать оперативность получения и обоснованность решения о восстановлении железнодорожной сети, подвергшейся значительным разрушениям в результате чрезвычайной ситуации, и тем самым реализовать принцип функционирования системы в реальном масштабе времени. При разработке предлагаемых в статье принципов синтеза моделей управления организационными системами преследовалась цель – в полном объеме использовать их при создании моделей управления транспортными системами, позволяющих осуществлять оптимальное управление формированиями министерств и ведомств, включая железнодорожные войска РФ, выполняющие задачу восстановления железнодорожной сети, подвергшейся значительным разрушениям в результате чрезвычайной ситуации. В процессе разработки предлагаемых в статье принципов синтеза моделей управления организационными системами решены задачи структурирования принципов, направленных на придание модели свойства осуществлять оперативное формирование данных, используемых при выработке решения о восстановлении

железнодорожной сети, подвергшейся значительным разрушениям в результате чрезвычайной ситуации, и системотехнических принципов моделирования, определяющих характер подходов, позволяющих реализовать эффективные алгоритмы применения математических методов в современной программной среде используемых в настоящее время средств вычислительной техники. Результатом разработки концептуальных принципов синтеза моделей управления организационными системами, функционирующими в реальном масштабе времени, явилась полная система оперативных и системотехнических принципов, лежащих в основе создания указанных моделей управления. Предлагаемый подход может представлять интерес для исследователей и разработчиков, занимающихся проблемами моделирования организационных систем, функционирующих в реальном масштабе времени.

чрезвычайная ситуация; восстановление железнодорожной сети; реальный масштаб времени; принципы синтеза моделей управления

Введение

Как известно, система восстановления железнодорожной сети, подвергшейся значительным разрушениям, например в результате чрезвычайной ситуации, является сложной организационной системой [1], в рамках которой необходимо восстановить сквозное движение в кратчайшие сроки, т. е. в реальном масштабе времени.

Развитие теории восстановления железных дорог в части, касающейся проблем совершенствования управления восстановительными формированиями, в решающей мере определяется созданием и эффективным использованием автоматизированных технологий управления, основанных на современных методах и моделях управления процессами восстановления железнодорожной сети, разрушенной в результате чрезвычайной ситуации.

В настоящее время в экономически развитых странах планомерно повышается эффективность восстановления железных дорог за счет создания и применения высокотехнологичных методов, средств и технологий совершенствования организации управления восстановительными работами. Наиболее эффективным направлением решения этой проблемы является комплексная автоматизация функционирования органов управления восстановительными работами на основе использования современных средств управления, связи и комплексов средств автоматизации.

Повышение эффективности управления должно главным образом достигаться за счет использования математических моделей, позволяющих органам управления в короткие сроки производить в многовариантном режиме значительный объем вычислений с целью определения оптимального порядка применения восстановительных формирований при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций.

С конца 70-х гг. XX в. до настоящего времени появилось множество научных исследований по проблематике моделирования сложных организа-

ционных систем, к которым относится и система восстановления железнодорожной сети [2–17]. Предлагались различные концепции создания математических моделей организационных систем, которые обладали как несомненными достоинствами, так и рядом недостатков, в первую очередь, связанных с несовершенством аппаратных и программных платформ моделирования, характерным для 70-х гг. Нынешнее развитие средств вычислительной техники позволило по-новому осмыслить возможность математического моделирования организационных систем, в том числе функционирующих в реальном масштабе времени.

В настоящее время при создании таких моделей необходимо учитывать: основные положения системного подхода; разнородность подсистем и элементов, составляющих систему; случайность и неопределенность различных факторов, воздействующих на систему; значительное число вероятностных процессов; влияние человеческого фактора в процессе управления системой; требования по оперативности управления системой, а также отображения ее состояния и возможностей, в том числе в мультимедийном режиме, на электронных средствах отображения информации в рамках компьютерных сетей и в реальном масштабе времени.

Всё это позволяет констатировать, что разработка математических моделей организационных систем, функционирующих в реальном масштабе времени (в дальнейшем – организационных систем), по-прежнему представляет достаточно сложную проблему. Таким образом, предлагаемая в статье система концептуальных принципов, которые необходимо использовать при синтезе математических моделей организационных систем, функционирующих в реальном масштабе времени, является, с нашей точки зрения, актуальной.

1 Концептуальные принципы создания математических моделей

Приведем основные концептуальные принципы создания математических моделей организационных систем, давая, при необходимости, краткие пояснения.

Основополагающим является принцип соответствия структуры и методов функционирования модели содержанию управленческих задач и последовательности их решения органами управления организационной системой. Необходимо отметить, что структура разрабатываемой модели должна быть адекватна процессу планирования порядка функционирования элементов организационной системы, и с этой точки зрения, если говорить о реализации указанного принципа, режимы функционирования модели должны позволять:

– быстро воспринимать и обрабатывать вводимые исходные данные, осуществлять их корректировку и выдачу по запросу определенным должност-

ным лицам на автоматизированные рабочие места (АРМ) индивидуального и коллективного использования;

– осуществлять моделирование и выдавать количественные данные с электронной карты, описывающие условия местности, в интересах объективной оценки обстановки, создания наиболее рациональной идеи и подготовки решения по применению необходимого элемента организационной системы;

– обеспечивать расчетными данными отработку всех вопросов планирования;

– прогнозировать развитие обстановки в ходе функционирования организационной системы и обеспечивать в реальном масштабе времени необходимыми данными органы управления организационной системы для своевременного уточнения решений и планов применения элементов организационной системы;

– формировать выдаваемые результаты моделирования в виде электронных документов, включая документы по доведению задач до элементов организационной системы, графики, рисунки, схемы, гистограммы, решения и планы применения элементов организационной системы на фоне электронных карт.

Немаловажное значение имеет принцип обеспечения требуемой точности и детализации проведения моделирующих расчетов. Эти показатели определяются руководящими документами, что не исключает, однако, возможности их небольшой корректировки на этапе разработки конкретной модели. Отметим, что в некоторых случаях не имеет смысла добиваться большой точности расчетов за счет усложнения математического аппарата, так как исходная информация для моделей часто имеет значительные погрешности [18].

Следующий принцип создания математических моделей организационных систем – комплексный подход к моделированию процессов планирования применения элементов организационной системы. Под комплексным подходом здесь понимается взаимоувязка по составу и степени детализации используемых в расчетах данных и автоматизация в рамках модели разноплановых функций должностных лиц органов управления организационной системой. При этом автоматизация будет направлена на проведение расчетов, разработку плановых документов, подготовку и отправку директивных указаний, формирование графических иллюстраций, выработку элементов решений и планов применения элементов организационной системы на фоне электронных карт.

Значим также принцип оперативности применения модели должностными лицами органов управления организационной системой. Речь здесь идет не только об оперативности расчетов в рамках модели, но и о скоростных параметрах ввода исходных данных. Параллельный ввод исходных данных для модели с нескольких АРМ позволяет сократить продолжительность ввода

исходной информации в несколько раз. Отметим, что в перспективе, когда разработанная математическая модель будет неоднократно реализована, появится возможность разработки режима быстрого получения приближенных значений выходных данных, основанного на идеях интерполяции.

Принцип многовариантности проведения моделирующих расчетов регламентирует необходимость получения с помощью модели не одного, а нескольких альтернативных вариантов рационального применения элементов организационной системы в рамках выделенного лимита времени (рис. 1).

В настоящее время достаточно часто используется переход к многовариантным расчетам, когда в качестве результата выступает набор альтернатив, в отличие от попыток проведения «глобальной» оптимизации (т. е. решения иерархических моделей путем оптимизации по единому критерию). Иногда вместо оптимизации переходят к относительно простым аналитическим моделям, позволяющим быстро получать в заданной области альтернативные варианты решений для различных наборов исходных данных.

Подчеркнем также, что выбор приемлемого (не строго оптимального) варианта решения в случаях автоматизированного формирования альтернативных вариантов решений осуществляется среди эффективных (иначе «паретовских» [19, 20]) решений в диалоговом (интерактивном) режиме должностным лицом органа управления. Множество эффективных решений, среди всех решений, обозначенных точками, соединено на рис. 2 пунктиром.

При разработке модели должен учитываться принцип простоты и удобства работы должностных лиц органов управления организационной системой по моделированию процессов применения элементов организационной системы. В понятие простоты и удобства работы здесь включается: использование в модели привычных («традиционных») для должностных лиц исходных и выходных данных; передача результатов моделирования на устройства отображения информации в виде текстовых и графических документов установленной формы; проведение моделирующих расчетов с основных АРМ должностных лиц; возможность проведения моделирующих расчетов как в автономном, так и в сетевом режимах; наличие удобного пользовательского интерфейса.

Следует отметить также принцип транспарентности («прозрачности») модели для органов управления организационной системой. При этом подразумевается, что должны быть понятны ограничения и допущения модели, логический процесс получения выходных данных, зависимость результатов от изменения исходных данных или ограничений, т. е. сведения о чувствительности модели.

Предполагается, что при выполнении этого условия должностное лицо (пользователь) достаточно высокого уровня квалификации сможет рассматривать применяемую им модель как непосредственное продолжение своих оценок с помощью традиционных экспертных методов. Кроме того, для

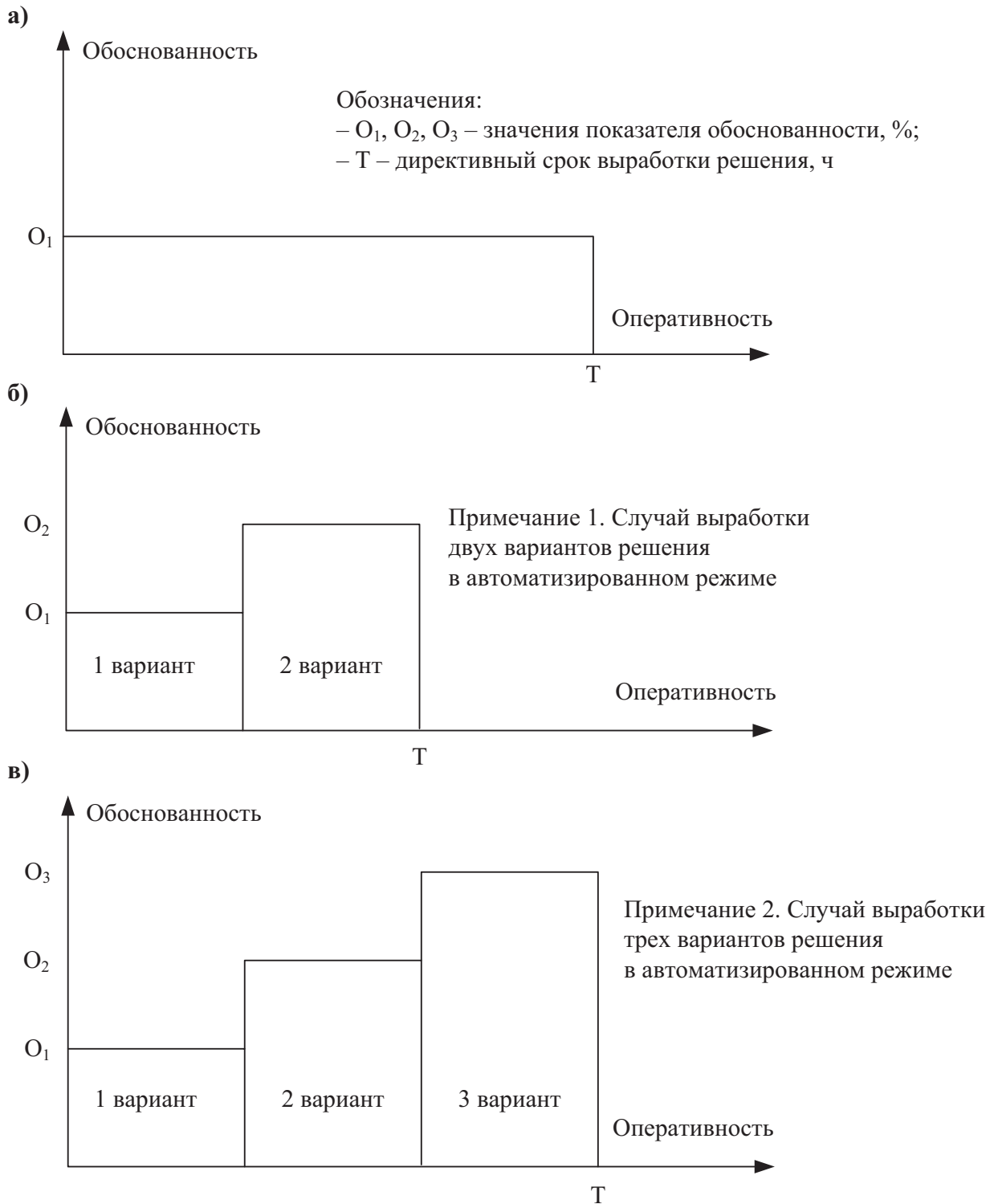


Рис. 1. Способы принятия решения: *а* – неавтоматизированный; *б* – на основе новых математических методов; *в* – на основе новых информационных технологий

пользователя должна быть обеспечена возможность всесторонней оценки самой модели [21]. Пользователь должен быть убежден в математической корректности модели, в адекватности реальным процессам той части модели, которая допускает формальное математическое описание, и, наконец,

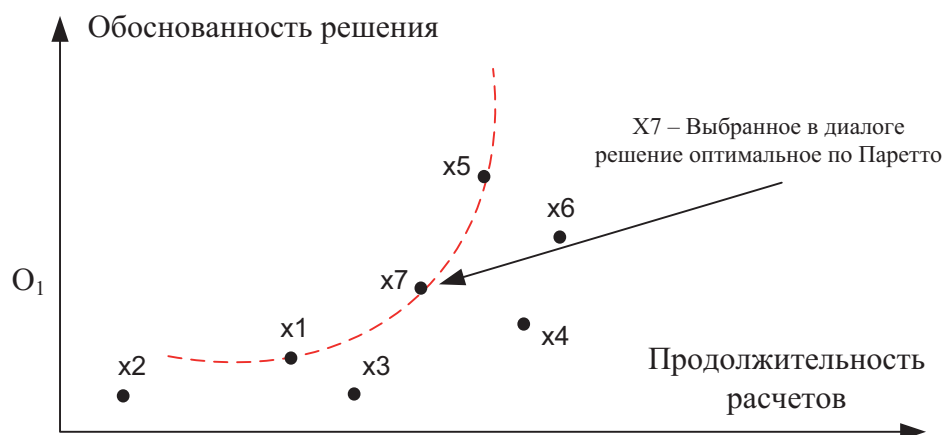


Рис. 2. Схема использования многовариантных расчетов

в использовании обоснованных исходных данных. Требования, кроме того, касаются представления в явном виде всех ограничений и сделанных допущений, возможности естественной трактовки полученных результатов. Более жесткие требования должны быть выдвинуты не только к трудозатратам на подготовку исходных данных, но и к качеству самих данных. Верификация должна заключаться в основном в оценке соответствия моделей решаемым с их помощью задачам. При этом особое внимание должно уделяться анализу корректности допущений, сделанных при формализации реальных процессов.

Модель должна обеспечить получение количественных оценок влияния на ход выполнения задач процессов принятия решений, т. е. должно выполняться требование чувствительности моделей к принимаемым решениям. Кроме того, процесс моделирования решения должен быть динамичным, способным реагировать на изменение обстановки. В результате реализации модели должен автоматически формироваться спектр возможных решений.

В модели должен быть реализован принцип возможности выработки рекомендаций по оптимальному применению элементов организационной системы, а также возможность пояснения результатов моделирования должностным лицам органов управления организационной системой, средствами модели.

2 Системотехнические принципы моделирования

При разработке математических моделей организационных систем должны быть учтены предложенные в статье основные системотехнические принципы создания модели.

Следует заметить, что необходимость разработки системотехнических принципов обоснована дальнейшим развитием комплексных систем автоматизации управления организационными системами.

Основным принципом является адекватность используемого при создании модели математического аппарата описываемым процессам функционирования организационной системы (по точности, детализации и оперативности проведения расчетов).

Существенным здесь является то обстоятельство, что при проведении расчетов должно учитываться большее число факторов, значительно влияющих на моделируемые процессы по сравнению с расчетами, проводимыми неавтоматизированными методами. Это приводит к необходимости использовать в рамках модели классические оптимизационные методы, такие как методы линейного и нелинейного программирования, сетевого планирования и управления, теории вероятностей и математической статистики, а также имитационное моделирование (в основном в прогнозных моделях, в мирное время). Однако опыт разработки математических моделей [3, 5, 8, 15] свидетельствует о том, что при определенной детализации расчетов, которая должна быть принята в модели, в целях адекватного учета порядка применения элементов организационной системы, использование некоторых классических методов приводит к тому, что при повышении точности возникает угроза потери оперативности проведения моделирующих расчетов. Поэтому, по нашему мнению, актуально использование в модели эвристических алгоритмов, а также приближенных численных алгоритмов, направленных на быстрое получение решений, достаточно близких к оптимальным, а также теории нечетких множеств, нечеткой логики и нечеткого вывода Мамдани [22]. В пользу такого подхода свидетельствует то обстоятельство, что, согласно опыту использования разработанных моделей, в них зачастую используются приближенные данные, которые, наряду с приближенными результатами расчетов, устраивают пользователей моделей.

При разработке моделей имеет значение использование эффективных программных средств. Особенно тщательно должны выбираться система программирования и система управления базами данных, на основе которых будет разрабатываться модель. Кроме того, в обязательном порядке должны использоваться программные средства, воспрепятствующие несанкционированный доступ к программным средствам модели и результатам ее реализации.

При создании модели необходимо учесть технические возможности средств автоматизации, которыми оснащены органы управления (производительность, объемы оперативной и внешней памяти и т. п.), а также реализовать модульную структуру модели с пошаговой фиксацией результатов моделирования.

Модульность структуры сохраняет возможность совершенствования и развития модели без ее коренной ломки. Основным элементом модели должна являться встроенная база данных, ведение которой должно осуществляться специальными должностными лицами независимо от должностных лиц органов управления организационной системой, в результате чего для

проведения расчетов должностные лица органов управления будут готовить значительно меньший объем информации в более сжатые сроки.

При создании модели необходимо учесть принцип иерархии. Модель сложной системы имеет вид многоуровневой иерархической системы взаимодействующих элементов. Описание процесса взаимодействия и работы отдельных элементов зависит от выбранной формализации. Можно сказать, что такой способ отвечает представлениям исследователя об изучаемой системе. Поэтому и программная реализация, как правило, следует указанному иерархическому принципу, т. е. в программе необходимо выделять блоки, процедуры и прочее, взаимодействующее примерно так же, как элементы системы. Подобное построение существенно облегчает процесс отладки модели и ее идентификацию. Однако вовсе не обязательно, чтобы получающиеся программы были эффективны с вычислительной точки зрения. Более того, эффективность работы программы может существенно зависеть от структуры модели.

Соблюдение принципа декомпозиции позволит упростить процесс создания модели. Сложная система предполагает значительный объем и разнородность вопросов, требующих своего отображения в математической модели, что влечет за собой громоздкость и, как правило, потерю таких важных качеств, как наглядность и удобство анализа. Одним из наиболее приемлемых методов декомпозиции моделей является замена их системой менее крупных моделей, увязанных между собой по входным и выходным данным, т. е. замена сложной модели многоуровневой иерархической системой более простых моделей. Достоинство такой замены, помимо практического удобства при проведении вычислительных работ, состоит, прежде всего, в том, что модели и методы каждого уровня иерархии в значительной степени могут изучаться независимо от моделей других уровней. Анализ моделей более высокого уровня иерархии, опирающихся на обобщенные, высокоагрегированные характеристики, получаемые от моделей более низких уровней иерархии, позволяет выявить наиболее общие тенденции и особенности, свойственные оптимальным решениям широкого класса подобных моделей и в конечном итоге выявить структуру оптимальных решений. Основным результатом анализа таких моделей является не столько набор конкретных чисел, сколько выявленные закономерности и тенденции, важные для качественного анализа исследуемого процесса.

Разработка модели должна носить итерационный характер, что подразумевает реализацию принципа последовательности. Как известно, существуют три основные причины, вызывающие ошибки при моделировании:

- неточность входной информации;
- методические ошибки, связанные с упрощением модели и неучетом ею тех или иных факторов и характеризующиеся σ_m ;
- ошибки расчета (при методе статистических испытаний при малой выборке, при численном интегрировании за счет дискретности шага, за счет округлений и т. д.), характеризующиеся σ_p .

Ошибки в определении критерия $K = K(A_1, A_2, \dots, A_n)$ для независимых ошибок этих трех групп вычисляются с помощью формулы:

$$\sigma_K = \sqrt{\sum_{i=1}^n (\partial K / \partial A_i)^2 \cdot \sigma_{A_i}^2 + \sigma_M^2 + \sigma_P^2},$$

где A_i – входные данные, влияющие на величину критерия; σ_{A_i} – величины среднеквадратичных ошибок в их определении.

Если при построении модели пренебрегают факторами, учесть которые можно, но которые в целях упрощения модели принимаются со средними значениями, методическая ошибка может быть вычислена по формуле:

$$\sigma_M = \sqrt{\sum_{k=1}^n (\partial K / \partial A_k)^2 \cdot \sigma_{A_k}^2},$$

где σ_{A_k} – среднеквадратичное отклонение неучитываемых факторов от их средних значений.

Порядок повышения адекватности модели с учетом вышеуказанного принципа можно представить в виде укрупненной схемы алгоритма (рис. 3). В математическом виде этот процесс на каждой итерации формализуется следующим образом:

$$\sqrt{\sum_{i=1}^n (\partial K / \partial A_i)^2 \cdot \sigma_{A_i}^2 + \sigma_M^2 + \sigma_P^2} \rightarrow \min,$$

при ограничениях

$$0 < \sigma_{A_i} < \delta_{A_i} \quad (i = \overline{1, n});$$

$$0 < \sigma_M < \delta_M;$$

$$0 < \sigma_P < \delta_P,$$

где δ_{A_i} ($i = \overline{1, n}$), δ_M , δ_P – пороговые значения указанных переменных, оптимизация до которых имеет смысл.

Методы, используемые в процессе моделирования, должны распределяться по итерациям следующим образом:

– 1-я итерация – оптимизационные методы, позволяющие создать базовый вариант модели, который не способен еще дать требуемую детализацию расчетов;*

* Указанные методы, по мнению авторов, могут в полной мере заменить имитационное моделирование.

- 2-я итерация – расширение методов 1-й итерации за счет использования методов и технологий геоинформационной системы;
- 3-я итерация – расширение методов 2-й итерации за счет использования методов теории искусственного интеллекта, теории принятия решений, теории нечетких множеств, нечеткой логики и нечеткого вывода Мамдани;
- 4-я итерация – расширение методов 3-й итерации за счет использования стохастических методов.

Согласно принципу сведения, проблемы повышения точности моделирования (понижения дисперсии оценок), оценки чувствительности, укрупнения состояний могут быть формализованы в виде задачи оценки непрерывности модели в следующей форме.

Пусть анализируемая модель преобразует набор исходных данных X в набор выходных данных Y . Вследствии погрешности статистических оценок, намеренного искажения входных данных для упрощения вида модели, изменения этих данных в целях изучения чувствительности модели и т. п. изучается другая модель, преобразующая данные X' в данные Y' . Если отклонение X от X' измеряется некоторой метрикой μ_x , а отклонения Y от Y' – метрикой μ_y , то задача анализа непрерывности состоит в исследовании условий справедливости соотношения

$$\mu_x(X, X') \rightarrow 0 \Rightarrow \mu_y(Y, Y') \rightarrow 0$$

и получения количественных оценок в нем. Если удастся найти общий метод анализа непрерывности, то он автоматически применим (с соответствующей интерпретацией результатов) для решения перечисленных выше задач.

Целесообразно учесть принцип выбора расчетных зависимостей. Идея его состоит в том, что зависимость для указанного должностным лицом вида расчетов должна определяться с использованием экспертной системы, реализуемой в рамках базы знаний, на основе проверки, с помощью информационных технологий, наличия в базе данных, необходимых для реализации этой зависимости.

В свою очередь, принцип распределенного ведения расчетов предполагает распределенную технологию расчетов модели управления организационной системой, в том числе четкое разделение множества расчетов на те, которые нуждаются в моделировании, и те, проведение которых при данной реализации модели не требуется. Возможные трудности, которые могут возникать при передаче данных с помощью вычислительной среды, в рамках которой реализована модель управления организационной системой, полностью за счет использования маршрутизаторов, реализующих одну из информационных технологий передачи данных по вычислительным сетям. Основными функциями специального программного обеспечения в рамках данного режима являются: формирование выходных документов, компоновка

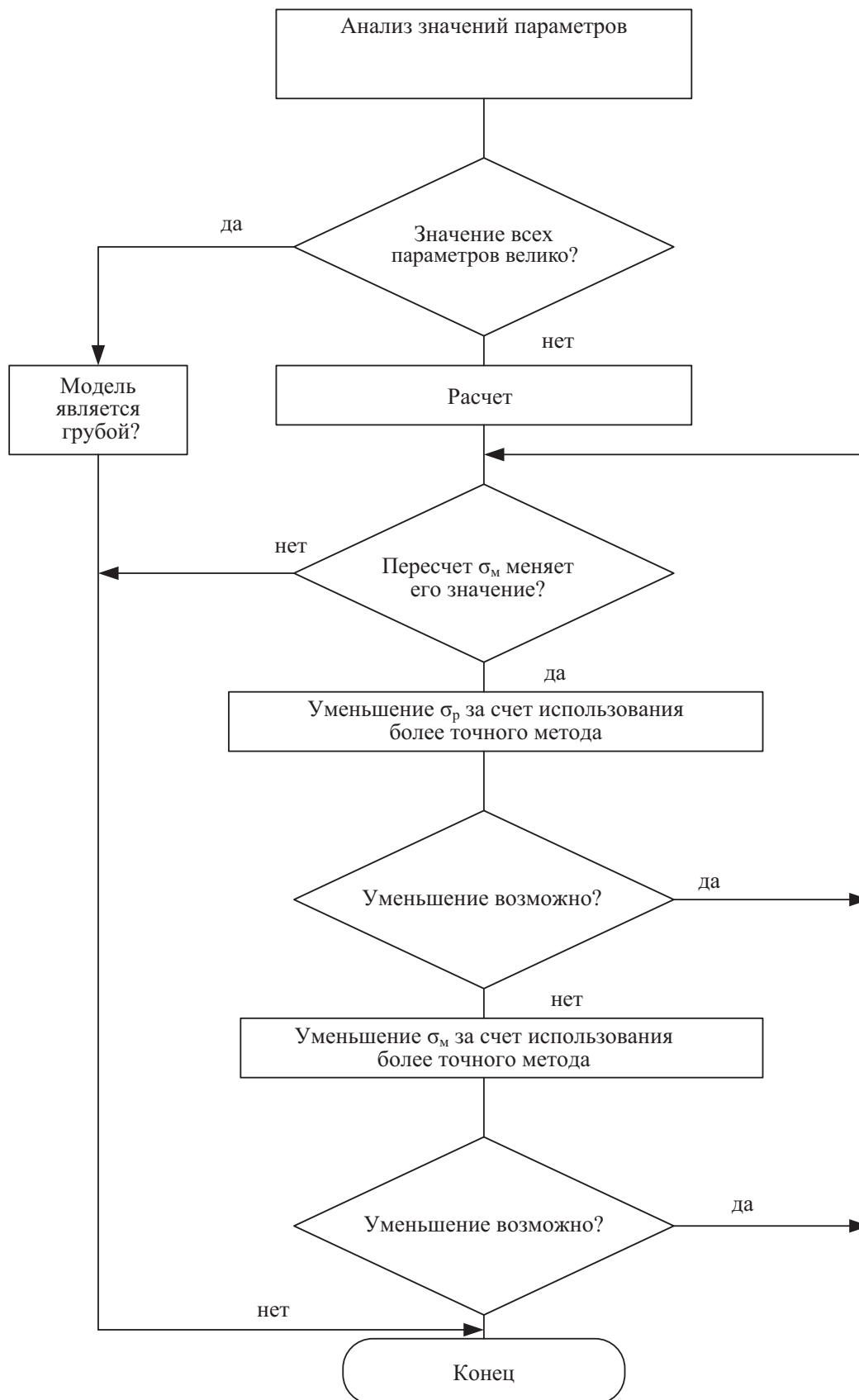


Рис. 3. Порядок повышения адекватности модели с учетом принципа последовательности

расчетных данных в формате, готовом к пересылке по нужному сетевому адресу, и включение в состав предназначенных для них документов, восстановление путем пересылки вместо поврежденных расчетных данных новых с требуемыми значениями. Подчеркнем, что пересылаемые расчетные данные автоматически вводятся во фрагменты распределенной базы данных, в том числе в разработанные ранее плановые документы. Отметим, что рассматриваемый принцип наиболее эффективно реализуется в рамках технологии параллельных вычислений [23, 24].

Необходим переход от модели, имеющей жесткий, неизменный в пределах данной модификации модели алгоритм, который не требует непосредственного управления со стороны должностного лица органа управления организационной системой, а обеспечивает автоматический расчет числовых значений элементов принимаемого решения в соответствии с текущими значениями управляющих параметров модели, к модели с удобным пользовательским интерфейсом. Варианты принимаемого решения варьируются путем задания в точках диалога соответствующих значений управляющих параметров и исходных данных.

В качестве эксплуатационных показателей следует принять трудозатраты на сбор, формализацию и ввод исходных данных в вычислительную систему, время решения одного варианта, а также трудозатраты на анализ результатов моделирования. Каждый из этих показателей является сложной функцией, зависящей в общем случае от таких факторов, как уровень и тип модели, объем исходной информации, сложность алгоритма, быстродействие системы. Улучшение этих показателей связано с переходом на новые средства вычислительной техники, обладающие большим быстродействием, встроенным информационным обеспечением, современной технологией обработки данных, а также упрощенным математическим аппаратом. Появилась также возможность использования для оперативного контроля состояния и возможностей войск мультимедийных средств на фоне электронных карт геоинформационной системы.

Заключение

Перечисленные в статье принципы являются, по нашему мнению, концептуальной основой процесса создания математических моделей организационных систем, функционирующих в реальном масштабе времени, и дают конструктивные ответы на важные вопросы, возникающие в процессе моделирования.

Отметим также, что автоматизация процесса управления восстановлением железных дорог, будучи средством повышения эффективности управления восстановительными работами, включает в себя как совершенствова-

ние научно-обоснованной технической и вычислительной среды АСУ ОАО «РЖД», которое требует отдельного исследования, так и модификацию специального программного обеспечения этой АСУ, позволяющих в совокупности повысить оперативность и качество планирования восстановления железнодорожной сети, разрушенной в результате чрезвычайной ситуации. Сложности алгоритмов управления восстановительными работами оцениваются степенными зависимостями.

Библиографический список

1. Низов А. С. Организация восстановления железных дорог : учебник / А. С. Низов, Д. И. Попов, Г. А. Ложечников. – СПб. : ВАМТО, 2014. – 304 с.
2. Бусленко Н. П. Моделирование сложных систем / Н. П. Бусленко. – М. : Наука, 1978. – 400 с.
3. Калашников В. В. Сложные системы и методы их анализа / В. В. Калашников. – М. : Знание, 1980. – 60 с.
4. Яглом И. М. Математические структуры и математическое моделирование / И. М. Яглом. – М. : Советское радио, 1980. – 145 с.
5. Калашников В. В. Организация моделирования сложных систем / В. В. Калашников. – 1982. – № 3. – 64 с. – (Знание. Сер. Математика, кибернетика).
6. Бирюков Б. В. Машина и творчество: Результаты, проблемы, перспективы / Б. В. Бирюков, И. Б. Гутчин. – М. : Радио и связь, 1982. – 151 с.
7. Мацевитый Ю. М. Моделирование нелинейных процессов в распределенных системах / Ю. М. Мацевитый, В. Е. Прохоров. – Киев : Наукова думка, 1985. – 303 с.
8. Ивахненко А. Г. Моделирование сложных систем по экспериментальным данным / А. Г. Ивахненко. – М. : Радио и связь, 1987. – 119 с.
9. Попов Ю. П. Вычислительный эксперимент / Ю. П. Попов, А. А. Самарский. – М. : Наука, 1988. – 172 с. – (Сер. Компьютеры, модели, вычислительный эксперимент.)
10. Горстко А. Б. Познакомьтесь с математическим моделированием / А. Б. Горстко. – М. : Знание, 1991. – 157 с.
11. Калашников В. В. Нить Ариадны в лабиринте моделирования / В. В. Калашников, Б. В. Немчинов, В. М. Симонов. – М. : Наука, 1993. – 189 с.
12. Мышкис А. Д. Элементы теории математических моделей / А. Д. Мышкис. – М. : Наука, 1994. – 191 с.
13. Основы математического моделирования : учеб. пособие. – СПб. : ВАТТ, 1996. – 307 с.
14. Самарский А. А. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры / А. А. Самарский, А. П. Михайлов. – М. : Наука, 1997. – 320 с.
15. Плохотников К. Э. Математическое моделирование и вычислительный эксперимент: Методология и практика / К. Э. Плохотников. – М. : Наука, 2003. – 279 с.

16. Маслаков М. Д. Об оценке срока выполнения одного класса комплексных работ на связных множествах объектов на основе математического моделирования / М. Д. Маслаков, А. К. Черных // Проблемы управления рисками в техносфере. – 2014. – № 1 (29). – С. 73–80.
17. Черных А. К. Теоретические положения моделирования распределения сил и средств внутренних войск по служебно-боевым задачам / А. К. Черных // Междисциплинарные исследования в сфере интеграции образования и науки : сб. науч. тр. научно-педагогического состава Санкт-Петербургского военного института внутренних войск МВД России. – СПб. : Изд-во Санкт-Петербургского военного ин-та внутренних войск МВД РФ, 2014. – С. 151–155.
18. Черных А. К. Вопросы прогнозирования материально-технического обеспечения с использованием нечетких математических моделей / А. К. Черных, И. В. Козлова, В. Б. Вилков // Проблемы управления рисками в техносфере. – 2015. – № 4 (36). – С. 107–117.
19. Вентцель Е. С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология / Е. С. Вентцель. – М. : Наука, 2005. – 157 с.
20. Солнышков Ю. С. Обоснование решений / Ю. С. Солнышков. – М. : Экономика, 2007. – 167 с.
21. Маслаков М. Д. Об одном подходе к оценке эффективности математических моделей / М. Д. Маслаков, С. А. Багрецов, А. К. Черных // Проблемы управления рисками в техносфере. – 2013. – № 3 (27). – С. 67–73.
22. Вилков В. Б. Оценка качества решений на применение внутренних войск на основе многокритериальной оптимизации / В. Б. Вилков, А. К. Черных, А. Ю. Гарькушев, А. М. Сазыкин // Вопросы оборонной техники. Сер. 16: Технические средства противодействия терроризму. – 2016. – № 1–2 (91–92). – С. 43–50.
23. Воеводин В. В. Параллельные вычисления / В. В. Воеводин, Вл. В. Воеводин. – СПб. : БХВ-Петербург, 2009. – 608 с.
24. Черных А. К. Концептуальные вопросы использования информационных систем, реализующих распределенные вычисления / А. К. Черных, Т. А. Подружкина // Проблемы управления рисками в техносфере. – 2014. – № 3 (31). – С. 84–90.

Andrey K. Chernykh,

«Information science and mathematics» department of
St. Petersburg military institute of National Guard forces

Michael G. Yashyn,

«Automation, telemechanics and communication restoring
on railways» department

Military institute (Of railway troops and military communications)

General of the army Khrulyev A. V. military academy of logistic assistance

Conceptual principles of control models' synthesis of organizational systems, functioning on a real-time basis

An approach of building control models of transport systems, functioning on a real-time basis was considered. The complexity of building the models in

question is determined by the current rift, that is, on the one hand, the necessity of using classical methods of optimization, in order to obtain well-founded data, required for realization of optimal control of railway network facilities, which underwent serious dilapidation, at the same time the methods in question require considerable timing budget for their realization in the process of transport system management. On the other hand, the application of such mathematical methods leads to the lack of data acquisition operability, thus impeding the realization of effective management of transport systems, functioning on a real-time basis. The suggested approach allows one to resolve the above mentioned violation, in the process of building transport systems' control models, by using the given conceptual principles of control models' synthesis, which will make it possible to harmonize acquisition operability and sufficiency of the solution to restore a network of railroads, which underwent serious dilapidation due to a grave emergency situation, and, thus, to realize a principle of system functioning on a real-time basis. In the process of developing the principles of synthesis of organizational systems' control models, introduced in the article, functioning on a real-time basis, an objective was pursued to make full use of these principles during the formation of transport systems' control models, functioning on a real-time basis and making it possible to exercise optimal control of ministries and departments formation, including railway troops of the Russian Federation, dispatching a mission of restoring a railway network which underwent serious dilapidation caused by a grave emergency situation. In the process of developing the principles of synthesis of organizational systems' control models, introduced in the article, functioning on a real-time basis, the tasks of structuring the principles, aimed at supplementing the model with the property of effective data building, used in the process of elaborating the solution to restore a railway network which underwent serious dilapidation caused by a grave emergency situation, were solved as well as system principles of modeling, determining the specificities of approaches, which make it possible to implement effective algorithms of mathematical methods application in the modern software environment, currently applied computer aids. The result of elaborating conceptual principles of synthesis of organizational systems' control models, functioning on a real-time basis, was a complete system of effective and system principles underlying the formation of control models in question. The approach introduced in the article may be of interest for the researchers and design engineers working in the sphere of organizational systems' modeling, functioning on a real-time basis.

emergency situation; railway network restoring; real-time basis; principles of control models synthesis

References

1. Nizov A. S., Popov D. I., Lozhechnikov G. A. (2014). Organization of the restoration of railways: textbook [Organizaciya vosstanovleniya zheleznih dorog, uchebnik]. St. Petersburg, VAMTO [VAMTO]. – 304 p.

2. Buslenko N. P. (1978). Modeling of complex systems [Modelirovanie slozhnyh sistem]. Moscow, Science [Nauka]. – 400 p.
3. Kalashnikov V. V. (1980). Complex systems and methods for their analysis [Slozhnye sistemy i metody ih analiza]. Moscow, Knowledge [Znanie]. – 60p.
4. Yaglom I. M. (1980). Mathematical structures and mathematical modeling [Matematicheskie struktury i matematicheskoe modelirovanie]. Moscow, Union radio [Sov. radio]. – 145 p.
5. Kalashnikov V. V. (1982). Organization of complex systems modeling [Organizaciya modelirovaniya slozhnyh sistem]. Moscow, Knowledge, vol. «Mathematics, cybernetics» [Znanie, seriya «Matematika, kibernetika»], issue 3. – 64 p.
6. Biryukov B. V., Gutchin I. B. (1982). Machine and creativity: Results, problems, prospects [Mashina i tvorchestvo: Rezul'taty, problemy, perspektivy]. Moscow, Radio and communication [Radio i svyaz']. – 151 p.
7. Macevityj Yu. M., Prohorov V. E. (1985). Modeling of nonlinear processes in distributed systems [Modelirovanie nelinejnyh processov v raspredelennyh sistemah]. Kyev, Scientific thought [Naukova dumka]. – 303 p.
8. Ivahnenko A. G. (1987). Modeling of complex systems based on experimental data [Modelirovanie slozhnyh sistem po ehksperimental'nyh dannym]. Moscow, Radio and communication [Radio i svyaz']. – 119 p.
9. Popov Yu. P., Samarskij A. A. (1988). Computational experiment [Vychislitel'nyj ehksperiment], Computers, models, computing experiment [Komp'yutery, modeli, vychislitel'nyj ehksperiment]. Moscow, Sciences [Nauka]. – 172 p.
10. Gorstko A. B. (1991). Get to know the mathematical modeling [Poznakom'tes' s matematicheskim modelirovaniem]. Moscow, Knowledge [Znanie]. – 157 p.
11. Kalashnikov V. V., Nemchinov B. V., Simonov V. M. (1993). Ariadne's thread in the labyrinth of modeling [Nit' Ariadny v labirinte modelirovaniya]. Moscow, Science [Nauka]. – 189 p.
12. Myshkis A. D. (1994). Elements of the theory of mathematical models [Elementy teorii matematicheskikh modelej]. Moscow, Science [Nauka]. – 191 p.
13. Fundamentals of mathematical modeling, textbook [Osnovy matematicheskogo modelirovaniya: uchebnoe posobie]. St. Petersburg, VATT [VATT]. – 307 p.
14. Samarskij A. A., Mihajlov A. P. (1997). Mathematical modeling: Ideas. Methods. Examples [Matematicheskoe modelirovanie: Idei. Metody. Primery]. Moscow, Science [Nauka]. – 320 p.
15. Plohotnikov K. E. (2003). Mathematical modeling and computational experiment: methodology and practice [Matematicheskoe modelirovanie i vychislitel'nyj ehksperiment, metodologiya i praktika]. Moscow: Science [Nauka]. – 279 p.
16. Maslakov M. D., Chernyh A. K. (2014). On the evaluation of the execution time of a class of complex works on connected sets of objects on the basis of mathematical modeling [Ob ocenke sroka vypolneniya odnogo klassa kompleksnyh rabot na svyaznyh mnozhestvah ob'ektov na osnove matematicheskogo modelirovaniya], Problems of technosphere risk management [Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere], issue 1 (29). – Pp. 73–80.
17. Chernyh A. K. (2014). Theory of the simulation of distribution of forces and means of internal forces in service and combat missions [Teoreticheskie polozheniya mod-

- elirovaniya raspredeleniya sil i sredstv vnutrennih vojsk po sluzhebno-boevym zadacham]. In the proceedings: Interdisciplinary research in the field of the integration of education and science, a collection of scientific works of the scientific and pedagogical staff of the St. Petersburg Military institute of internal troops of the Ministry of internal affairs of Russia. St. Petersburg [V sbornike: Mezhdisciplinarnye issledovaniya v sfere integracii obrazovaniya i nauki sbornik nauchnyh trudov nauchno-pedagogicheskogo sostava Sankt-Peterburgskogo voennogo instituta vnutrennih vojsk MVD Rossii. Sankt-Peterburg]. – Pp. 151–155.
18. Chernyh A. K., Kozlova I. V., Vilkov V. B. (2015). Issues of forecasting of material supply using indirect mathematical models [Voprosy prognozirovaniya material'no-tekhnicheskogo obespecheniya s ispol'zovaniem nechotyokih matematicheskikh modelej], Problems of Technosphere Risk Management [Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere], issue 4 (36). – Pp. 107–117.
 19. Ventcel' E. S. (2005). Operations research. Tasks, principles, methodology [Issledovanie operacij. Zadachi, principy, metodologiya]. Moscow, Science [Nauka]. – 157 p.
 20. Solnyshkov Yu. S. (2007). Justification of decisions [Obosnovanie reshenij]. Moscow, Economics [Ekonomika]. – 167 p.
 21. Maslakov M. D., Bagrecov S. A., Chernyh A. K. (2013). About one approach to assessing the effectiveness of mathematical models [Ob odnom podhode k ocenke ehffektivnosti matematicheskikh modelej], Problems of technosphere risk management [Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere], issue 3 (27). – Pp. 67–73.
 22. Vilkov V. B., Chernyh A. K., Gar'kushev A. Yu., Sazykin A. M. (2016). Assessment of quality of decisions on application of special troops on the basis of multicriteria optimization [Ocenka kachestva reshenij na primenenie vnutrennih vojsk na osnove mnogokriterial'noj optimizacii], Questions of defense technology. Vol. 16: Technical countermeasures to terrorism [Voprosy oboronnoj tekhniki. Seriya 16: Tekhnicheskie sredstva protivodejstviya terrorizmu], issue 1–2 (91–92). – Pp. 43–50.
 23. Voevodin V. V., Voevodin Vl. V. (2009). Parallel computing [Parallel'nye vychisleniya]. St. Petersburg, BHV-Petersburg [BHV-Peterburg]. – 608 p.
 24. Chernyh A. K., Podrzhkina T. A. (2014). Conceptual issues of using information systems that implement the distributed computing [Konceptual'nye voprosy ispol'zovaniya informacionnyh sistem, realizuyushchih raspredelennye vychisleniya], Problems of technosphere risk management [Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere], issue 3 (31). – Pp. 84–90.

*Статья представлена к публикации членом редколлегии И. Д. Долгим
Поступила в редакцию 08.06.2017, принята к публикации 13.07.2017*

ЧЕРНЫХ Андрей Климентьевич – доктор технических наук, профессор кафедры «Информатика и математика» Санкт-Петербургского военного института войск национальной гвардии.
e-mail: nataliachernykh@mail.ru

ЯШИН Михаил Геннадьевич – кандидат технических наук, доцент, докторант кафедры «Восстановление автоматики, телемеханики и связи на железных дорогах» Военного института (железнодорожных войск и военных сообщений) Военной академии материально-технического обеспечения им. генерала армии А. В. Хрулёва.

e-mail: maik1771@rambler.ru

© Черных А. К., Яшин М. Г., 2017