10 ЭКОНОМИКА И ФИНАНСЫ. МЕНЕДЖМЕНТ

УДК 004.738.5,004.942

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМНО-ДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ РЕГИОНАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ

И.О. Датьев, А.В. Маслобоев

Для повышения эффективности информационного обеспечения прогнозирования развития региональных информационно-коммуникационных систем предложен метод комплексного исследования динамики развития этих систем с учетом параметров социально-экономической среды. Разработаны информационные технологии и средства автоматизированного построения системно-динамических моделей региональных информационно-коммуникационных систем.

Ключевые слова: информационные технологии, моделирование, системная динамика, региональные информационно-коммуникационные системы, прогнозирование.

Введение

В эпоху бурно развивающейся компьютеризации и интернетизации всех сфер жизни современного общества возрастают требования к качеству прогнозирования и обоснования решений в области развития региональных информационно-коммуникационных систем (РИКС). Под информационно-коммуникационной системой (ИКС) понимается система взаимодействия поставщиков информационно-коммуникационных услуг, пользователей, информационных ресурсов. К особенностям РИКС относится зависимость от социальной и экономической структуры пользовательской среды региона.

Моделирование нагрузки на различные элементы ИКС служит основным средством при разработке рекомендаций по техническим мероприятиям, направленным на улучшение функционирования этой системы. Знания об изменениях нагрузки, генерируемой пользователями, необходимы для эффективного развития информационно-коммуникационных услуг. В этом контексте особенно важным является получение перспективных оценок, способствующих формированию наилучших стратегий развития компаний, предоставляющих информационно-коммуникационные услуги. Кроме того, в современных условиях такие оценки необходимы и для эффективного решения задач прогнозирования и выработки стратегий информационно-коммуникационного развития регионов в целом, анализа существующего состояния информационно-коммуникационных услуг, разработки и внедрения новых услуг и информационно-коммуникационных технологий.

Меры, направленные на развитие ИКС, могут быть как оперативными (быстрая модификация для решения существующих проблем), так и стратегическими (некоторые превентивные меры для сведения к минимуму затрат на модификацию системы в будущем). При принятии решений по выбору и обоснованию технических мероприятий, носящих стратегический характер, необходимо прогнозировать поведение различных показателей, влияющих на принятие решений и зависящих от этих решений.

В случае, когда накоплено достаточное количество статистических данных за некоторый промежуток времени, для прогнозирования могут использоваться методы математической статистики. Главной проблемой при этом является необходимость оперирования большими объемами статистических данных за длительный период времени (рекомендуемый в методиках экономического анализа период – не менее 10 лет). Зачастую в регионах таких объемов статистических данных не существует.

Однако даже наличие необходимого объема статистических данных не является решением проблемы прогнозирования нагрузки на компоненты ИКС. Это связано с периодическим обновлением технологий передачи и обработки данных, существенно влияющих на производительность систем и на статистические характеристики информационно-коммуникационного трафика. Таким образом, с внедрением новых технологий накопленные статистические данные становятся неактуальными для прогнозирования нагрузки на ИКС. Как правило, длительность периодов до очередной смены технологий передачи данных в ИКС не превышает 5–7 лет. Исходя из этого, представляется целесообразным использовать другие виды моделирования с целью среднесрочного (5–7 лет) прогнозирования развития РИКС.

Нагрузка на ИКС зависит от показателей пользовательской среды. Основным показателем пользовательской среды в системах моделирования на сегодняшний день является количество пользователей. Однако каждый пользователь генерирует некоторую нагрузку на систему в зависимости от различных факторов. Одним из этих факторов является социально-экономическое положение пользователя: различия в уровне дохода, целях использования системы, информационных ресурсах порождают различный сетевой трафик. В связи с этим для решения задач прогнозирования нагрузки необходимо также прогнозировать число пользователей систем различных социально-экономических групп, т.е. прогнозировать значения параметров социально-экономической среды региона в целом. Проблемы проектирования информационно-

вычислительных систем с учетом влияния социально-экономических параметров рассматриваются в работах П.И. Братухина, Д.Г. Жимерина, В.И. Максименко, В.Н. Квасницкого, В.Г. Лисицына, В.А. Балыбердина. Базисом представленных в работе результатов исследований также являются работы отечественных и зарубежных авторов: В.М. Вишневского, В.А. Лексина, К.В. Воронцова, F.D. Smith, F.H. Campos, B. Mah, J. Cao, W.S. Cleveland, S. Floyd, V. Paxson, K. Lan, J. Heidemann, P. Barford и M. Crovella.

В настоящее время одним из эффективных методов изучения сложных динамических систем, успешно развивающимся во многих странах, является предложенный в 1960-х г.г. Джеем Форрестером специализированный метод имитационного моделирования – метод системной динамики. Системная динамика не требует построения математической модели исследуемого объекта в традиционной форме, а дает исследователю инструментарий для моделирования в виде реализованных на компьютере аналитических описаний системных элементов и связей между ними.

Таким образом, в условиях ограниченной доступности достоверных статистических данных о РИКС, необходимости учета разнородных факторов, а также высоких требований к оперативности получения результатов наиболее приемлемым способом прогнозирования параметров нагрузки на подобные системы представляется построение системно-динамической модели РИКС, основанной на легко доступных (в смысле времени получения и стоимости) данных.

Теоретическая значимость представленных в настоящей работе результатов исследований заключается в том, что для повышения эффективности информационного обеспечения прогнозирования развития РИКС разработан метод комплексного исследования динамики развития РИКС с учетом параметров социально-экономической среды [1]. Метод обеспечивает среднесрочное (5–7 лет) прогнозирование нагрузки на компоненты РИКС. Отличительными особенностями разработанного метода являются учет информационных потребностей пользователей различных групп, возможность учета динамики параметров социально-экономической среды и технических параметров ИКС, автоматизированное формирование проблемно-ориентированных имитационных моделей.

С точки зрения практической значимости предложенный метод является основой для создания инструментальных сред имитационного моделирования, обеспечивающих эффективное применение современных средств математического моделирования и вычислительного эксперимента для решения прикладных проблем прогнозирования и планирования развития РИКС [2]. Учет в процессе моделирования влияния социально-экономических факторов обеспечивает повышение эффективности решения задач планирования развития РИКС за счет возможности реализации перспективных программно-технических решений, в наибольшей мере адекватных ожидаемому состоянию социально-экономической среды, в которой функционирует РИКС.

Обзор существующих методов и средств построения моделей трафика ИКС

На сегодняшний день основное внимание исследователей сосредоточено на моделировании параметров преобладающего типа трафика – веб-трафика. Наибольшее развитие получили два направления моделирования параметров трафика, определяемые перспективной целью моделирования, т.е. областью использования моделей. Это модели веб-трафика, используемые для веб-майнинга, и модели, ориентированные на использование в симуляторах ИКС для генерирования синтетического сетевого трафика. В первом случае основной акцент делается на моделирование поведения пользователя, а параметры трафика, лежащие в основе моделей – это типовые цепочки навигации, абсолютные и относительные временные характеристики использования веб-сайтов и отдельных страниц. По сути дела, в данном случае моделируется не столько трафик как таковой, сколько поведение пользователя ИКС, а разрабатываемые модели ориентированы, в первую очередь, на использование владельцами веб-сайтов.

Второе направление, в противовес первому, во главу угла ставит именно трафик и определяющие его характеристики. Область применения таких моделей – тестирование компонентов ИКС на специальных испытательных стендах, имитирующих работу реальной системы, а также эксперименты с реальными компьютерными системами в различных режимах работы, моделируемых с помощью имитации источников трафика. Моделей такого типа в настоящее время существует множество, среди них можно выделить следующие основные группы.

- Модели систем массового обслуживания. Трафик представляется как случайный (стохастический) – марковский или самоподобный – процесс поступления в систему массового обслуживания заявок на обслуживание. В моделях такого типа внимание ограничивается уровнем сетевых пакетов и не учитываются поведенческие модели источников трафика.
- Модели уровня TCP-соединения, в отличие от предыдущих, базируются на имитации источников сетевых пакетов и позволяют учитывать активный характер протокола – реакцию на перегрузки в системе и управление потоком. От моделей уровня приложения они отличаются набором параметров трафика, составляющих модель. В данном случае это статистические характеристики TCP-сессий. Преимущество по сравнению с моделями уровня прикладных протоколов – возможность моделирования трафика, представляющего собой смесь данных от нескольких прикладных протоколов.

– Модели уровня приложения имеют целью моделирование трафика прикладных протоколов, прежде всего – HTTP. Моделируемые параметры – размеры HTTP-запросов и откликов, временные задержки, связанные с ментальной деятельностью пользователя или с обработкой запроса сервером.

Как правило, шаг дискретизации по времени моделей этих трех типов варьируется от миллисекунд до секунд. Однако для получения усредненных показателей нагрузки на систему моделировать трафик с точностью до миллисекунд не требуется. Известными работами в области проектирования информационно-вычислительных систем и, в частности, расчета нагрузки на системы являются работы П.И. Братухина, В.И.Максименко, М.Л. Селезнева. В данных работах описывается вычислительная модель расчета суммарного объема нагрузки за промежуток времени от суток до года. Основным постулатом является предположение о том, что количественные характеристики информационных процессов, ассоциированных с некоторой социально-экономической системой, зависят от внутренней структуры и значений параметров этой системы. При этом величина оценки объемов информационных процессов в региональной социально-экономической системе в целом определяется как сумма аналогичных оценок ее компонентов. Каждая из последних, в свою очередь, зависит от типа компонента и его объемной характеристики: для каждого типа компонента определяется коэффициент его удельной информацио-емкости и искомая оценка объема информационных процессов вычисляется как произведение коэффициента информацио-емкости на значение объемной характеристики данного конкретного элемента системы.

В качестве компонентов расчетной модели можно использовать территориальные (районы, области) и функциональные (отрасли экономики) элементы социально-экономической системы различного уровня детализации. При делении по функциональному признаку на самом общем уровне это могут быть отрасли экономики. В этом случае методика, разумеется, применима лишь для систем большого масштаба и способна дать лишь весьма общие оценки, однако для крупных элементов, как правило, проще оценить их удельную информацио-емкость.

Для расчета информационных потребностей элементов социально-экономической системы используется два метода – распределительный и прямой.

– Распределительный метод может быть использован, когда известно значение информационной потребности пользователей для крупного региона и требуется распределить это значение между его подрегионами.
– Прямой метод расчета позволяет обойтись без оценки суммарной информационной потребности – вместо этого в качестве базового показателя, на основе которого рассчитываются информационные потребности функциональных и территориальных элементов социально-экономической системы, используется усредненная базовая информационная потребность одного пользователя. Информационная потребность региона вычисляется как сумма информационных потребностей пользователей, ассоциированных с различными отраслями экономики, а информационная потребность региона более высокого уровня (области) – как сумма соответствующих потребностей его подрегионов (районов и городов).

В ходе исследований при расчете характеристик нагрузки использованы процедуры, подобные прямому методу расчета информационной потребности, по причине отсутствия сведений о суммарной информационной потребности.

В существующих системах моделирования нагрузки ИКС не учитываются предпочтения пользователями различных информационных ресурсов, зависящие от социально-экономического аспекта (принадлежность пользователя к некоторой возрастной, социальной, экономической группе), влияющие на генерируемый пользователем трафик.

Кроме того, в рассмотренных работах не учитывается динамика социально-экономических показателей пользовательской среды, однако в некоторой среднесрочной перспективе пользовательская среда может претерпеть изменения (перераспределения в экономических отраслях, социальных группах, миграционные процессы), что повлияет на объемы трафика, генерируемого популяциями пользователей.

Технология автоматизированной постановки задач прогнозирования характеристик РИКС с учетом влияния социально-экономических параметров

В рамках исследований – технология автоматизированной постановки задач прогнозирования характеристик РИКС с учетом влияния социально-экономических параметров на основе разработанного декларативного представления компонентов этих систем. Предложены алгоритмы (составляющие технологию) формирования целостного описания частных задач и примеры постановок задач прогнозирования характеристик РИКС в терминах декларативного представления, алгоритмы оценки текущего состояния компонентов РИКС.

Декларативное представление компонентов РИКС имеет следующий вид:

$RICS = \{U, DS, SG, UT, PN, R, RC, C, Attr\}$,

где U – множество пользователей; DS – множество демографических секторов пользователей; SG – множество социально-экономических групп пользователей; UT – множество пользовательских типов; PN –

множество поставщиков информационных услуг; R – множество информационных ресурсов; RC – множество классов информационных ресурсов; C – множество отношений, среди которых T – отношение «трафик»: $T \subseteq U \times PN \times RC = \{(u_i, pn_j, rc_k) \mid u_i \in U, pn_j \in PN, rc_k \in RC\}$, обозначив $t_{i,j,k}=(u_i, pn_j, rc_k)$, получаем $T=\{t_{i,j,k}\}$; $Attr$ – множество атрибутов. На более низком уровне представления происходит атрибутирование элементов этих множеств некоторыми группами характеристик и объединение элементов множеств по определенным признакам этих групп. Множество атрибутов: $Attr = \{UAt, PNAt, RAt, CAt, mtime, Scn\}$, где UAt – атрибуты пользователей: $UAt = \{DSAt, SGAt, UTAt\}$, где $DSAt$ – множество атрибутов демографических секторов, $SGAt$ – множество атрибутов социально-экономических групп, $UTAt$ – множество атрибутов пользовательских типов; $PNAt$ – атрибуты поставщиков информационных услуг; атрибуты информационных ресурсов $RAt = \{RCAt\}$, где $RCAt$ – атрибуты классов информационных ресурсов (каждый ресурс может быть представлен как класс, количество объектов которого равно 1); CAt – атрибуты отношений; $mtime$ – временной промежуток моделирования: $mtime=(mtbeg, mtend, mper)$, где $mtbeg$ – начальное модельное время, $mtend$ – конечное модельное время, $mper$ – интервал вычисления характеристик трафика; $Scn=\{scn_z\}$, $z=[1; N_{Scn}]$ – множество сценариев (сценарных изменений параметров компонентов РИКС), N_{Scn} – количество сценариев, $scn_z=\{<objn, parn, Mod>_i\}$, $i=[1; N_i]$ – сценарное изменение параметра, N_i – количество изменений, $objn$ – имя объекта, $parn$ – имя параметра, принадлежащего объекту, содержащееся во множестве атрибутов; Mod – множество модификаторов.

Декларативное представление включает средства для задания сценариев изменения структуры и параметров ИКС с помощью множества сценарных изменений. Каждое сценарное изменение представляет собой кортеж, содержащий идентификатор объекта модели, параметры которого будут изменяться, идентификатор модифицируемого параметра, момент модельного времени, в который активизируется функция модификации, а также собственно функция-модификатор, задающая правила изменения данного параметра. Предложенный механизм задания сценариев позволяет учесть при моделировании явления, которые влияют на функционирование ИКС, но не могут быть априорно заданы при определении начальных параметров для моделирования.

Рассматривать и моделировать каждого пользователя в отдельности – трудоемкий, ресурсозатратный процесс. В связи с этим в работе выделяются пользовательские типы, определяющие характеристики пользователей относительно используемых ими классов ресурсов. Кроме того, существует возможность выделять целевые группы пользователей – группы, которые представляют интерес (для заказчика) с точки зрения потребления трафика, т.е. производить разбиение множества пользователей, например, на демографические сектора, социально-экономические группы и т.д. Пусть GD – целевое разбиение пользователей (разбиение множества U), $GD=\{gd_\alpha\}$, где $\alpha=[1; N_{GD}]$, N_{GD} – количество блоков разбиения, $gd_\alpha=\{u_i^\alpha\}$, $gd_\alpha \neq \emptyset$, $gd_\alpha \cap gd_\beta = \emptyset$, $\beta=[1; N_{GD}]$, $\alpha \neq \beta$, множество U, на котором произведено целевое разбиение для удобства представления, обозначим U^{GD}, тогда $U^{GD}=U_\alpha gd_\alpha$.

При использовании целевого разбиения пользователей отношение «трафик» выглядит следующим образом: $T^{GD}=\{t^{gd}_{\alpha,j,k}\}$, где $t^{gd}_{\alpha,j,k}=(gd_\alpha, pn_j, rc_k)$, где gd_α – блок разбиения множества U; pn_j – провайдер j, т.е. рассматривается отношение между блоком целевого разбиения пользователей, провайдером и классом ресурса. При этом с точки зрения потребления трафика целевые группы представляются как совокупность пользователей различных типов, поэтому необходимо задать соотношения, определяющие состав данных групп относительно пользовательских типов. В результате отдельный пользователь не выделяется, но подразумевается, учитывается.

Таким образом, созданное декларативное представление определяет компоненты РИКС, связи между компонентами и атрибуты. Постановка задачи осуществляется с помощью разработанных алгоритмов. В процессе постановки осуществляется контроль целостности – задание всех необходимых атрибутов, проверка количественных балансов. Алгоритмы постановки задач и оценки текущего состояния компонентов РИКС реализованы в программном модуле-конфигураторе, основным результатом работы которого является файл спецификации задачи, содержащий целостное описание задачи.

Шаблоны системно-динамических моделей компонентов РИКС

Разработка системно-динамических (СД) шаблонов осуществлялась поэтапно: извлечение параметров декларативного представления РИКС, связанных с объектом разработки, построение диаграмм причинно-следственных связей, построение СД-модели, инициализация, тестирование полученного фрагмента СД-модели.

Шаблон «Демографический сектор» позволяет создавать модели для получения прогнозного количества населения различных возрастных категорий. Основные характеристики шаблона – доли пользователей демографического сектора среди каждой социально-экономической группы или типа пользователей, смертность, количество людей, количество родившихся, нижняя и верхняя возрастные границы, количество иммигрирующих, количество эмигрирующих.

Модели социально-экономических групп пользователей, построенные на базе соответствующего системно-динамического шаблона, позволяют прогнозировать количество населения, принадлежащего

каждой из этих групп. Разбиение населения на группы может производиться на основе различных социально-экономических аспектов, таких как занятость в экономической отрасли, принадлежность организации, принадлежность социальной группе. Перечень основных параметров шаблона социально-экономических групп пользователей: доли пользователей социально-экономической группы среди каждого типа пользователей или демографического сектора; численность; уровень доходов пользователей социально-экономической группы; уровень привлекательности (популярности) социально-экономической группы; емкость группы (максимальная численность).

Модели поставщиков информационных услуг, построенные на основе разработанного СД-шаблона, позволяют прогнозировать количество пользователей различных типов, демографических секторов, социально-экономических групп для каждого поставщика информационных услуг.

Основные характеристики шаблона системно-динамических моделей поставщиков информационных услуг – доли абонентов определенного тарифного плана различных социально-экономических групп, демографических секторов, типов пользователей; количество пользователей тарифного плана; средняя цена для абонента переданной единицы информации; скорость передачи данных; бесперебойность работы провайдера; абонентская плата за определенный промежуток времени.

Разработанные системно-динамические шаблоны социально-экономических групп и поставщиков информационных услуг предоставляют возможность строить модели, позволяющие прогнозировать количество пользователей ИКС с учетом динамики показателей социально-экономической среды региона и технико-экономических характеристик предоставляемых информационных услуг.

Разработанный шаблон моделей типов пользователей представляет собой набор характеристик, описывающих поведенческие особенности пользователя. К поведенческим характеристикам пользователя относятся количество сеансов обращения к информационным ресурсам, количество запрошенных в течение сеанса страниц, процентное соотношение количества запрошенных информационных страниц различных классов ресурсов. Кроме того, в шаблоне модели типа пользователя присутствуют атрибуты, определяющие технические и экономические требования к предоставляемым информационно-коммуникационным услугам.

Класс информационного ресурса представляет собой агрегированную характеристику, являющуюся сочетанием количества и объема объектов ресурса с поставленным ей в соответствие названием, отражающим тематику и предназначение ресурса. С точки зрения моделирования трафика необходимо выделять такие классы ресурсов, которые порождают различный трафик. По отношению к контенту данных ресурсов, можно сказать, что они должны обладать некоторыми структурными (дизайнерскими) особенностями, например, соотношением текста и графики на страницах. Подобные особенности с технической точки зрения выражаются в определенном количестве размещенных на страницах ресурсов объектов специфического размера. Основные характеристики шаблона классов информационных ресурсов – размер страницы ресурса, размер «тел» страниц, количество объектов на странице, размер объектов ресурса.

Модели типа пользователя и класса ресурса позволяют учитывать не только общее количество пользователей информационных систем, но и специфику информационных ресурсов, необходимых для решения задач типичных представителей различных социально-экономических групп пользователей.

Разработанные шаблоны используются при создании системно-динамических моделей для решения задач прогнозирования характеристик РИКС.

Технология синтеза системно-динамических моделей РИКС

Разработана технология синтеза СД-моделей, основанная на шаблонах типовых компонентов РИКС и целостном формализованном описании задач прогнозирования характеристик ИКС. Кроме того, создана инструментальная среда постановки задач и реализации имитационного моделирования на базе предложенного в работе метода комплексного исследования динамики развития РИКС.

При формировании имитационных моделей ИКС выделяются два основных этапа:

1. постановка задачи;
2. формирование имитационной модели необходимой структуры и ее параметризация.

Первый этап заключается в задании структуры моделируемой системы, т.е. состава типовых компонентов РИКС – участников моделирования, задании цели моделирования, задании исходных значений параметров, сценариев развития событий. По сути, постановка задачи – процесс параметризации фрагмента декларативного представления, который производится с помощью разработанной технологии автоматизированной постановки задач.

Формирование структуры имитационной модели выполняется на основе целостного описания задачи с помощью разработанных алгоритмов и сводится к созданию и размещению подмоделей, внутри которых в дальнейшем размещаются шаблоны, заданию необходимых информационных связей между ними, созданию интерфейсных переменных (отвечающих за обмен информацией между подмоделями), инициализации модели. Для автоматизации второго этапа формирования имитационных моделей реализован программный модуль генерирования СД-моделей на основе файла спецификации задачи.

Предложенный метод комплексного исследования развития РИКС положен в основу разработанной инструментальной среды системно-динамического моделирования РИКС. Основные компоненты инструментальной среды – модуль конфигурирования, файл спецификации, генератор СД-модели, шаблоны, исполняемая имитационная модель, функциональное ядро системы имитационного моделирования Anylogic. В рамках применения инструментальной среды была создана СД-модель РИКС Кольского НЦ РАН. Информация об объемах трафика, ассоциированного с основными подразделениями Кольского НЦ и соответствующими провайдерами, полученная в результате моделирования (временной диапазон, для которого было проведено моделирование – 2006–2012 г.г.) согласуется с накопленными в коммуникационном центре Кольского НЦ РАН данными за период 2006–2009 г.г. Другим примером практического применения инструментальной среды является построение СД-модели ИКС одного из интернет-провайдеров г. Апатиты. Результаты прогнозирования объемов трафика, ассоциированных с различными группами пользователей, соответствуют накопленным данным за период 2006–2009 г.г. Результаты моделирования использованы при формировании стратегии развития этих ИКС.

Заключение

В ходе исследований сформулирована и решена научно-техническая задача повышения эффективности информационного обеспечения прогнозирования развития РИКС. Разработан метод комплексного исследования динамики развития РИКС на базе имитационного моделирования с учетом широкого спектра факторов:

1. динамика развития социально-экономической среды для прогнозирования численности групп пользователей;
2. динамика экономических и технических характеристик, предоставляемых провайдерами информационных услуг;
3. контент информационных ресурсов, влияющий на трафик, генерируемый при использовании этих ресурсов;
4. различная интенсивность влияния разных типов пользователей на формирование трафика ИКС.

В работе были получены следующие основные результаты.

- Разработана технология автоматизированной постановки задач прогнозирования характеристик РИКС с учетом социально-экономических параметров. Технология основана на использовании предложенного декларативного представления компонентов РИКС в виде теоретико-множественных отношений. Алгоритмы, реализующие технологию, обеспечивают интерактивное формирование формализованного описания задач и анализ его целостности.
- Создана технология синтеза системно-динамических моделей РИКС. Технология обеспечивает снижение трудоемкости формирования проблемно-ориентированных имитационных моделей за счет повторного использования типовых модельных компонентов и автоматизации процесса синтеза модели на основе декларативных описаний задач предметной области.
- Разработаны модельные шаблоны компонентов ИКС, представляющие собой непараметризованные фрагменты системно-динамических моделей, определяющие структуру внутренних причинно-следственных взаимосвязей социально-экономических и технических компонентов. Шаблоны служат основой синтезируемых проблемно-ориентированных имитационных моделей РИКС.
- Разработана инструментальная среда постановки задач и реализации имитационного моделирования, обеспечивающая комплексное исследование динамики развития РИКС с учетом социально-экономических параметров.

На базе полученных результатов построены имитационные модели РИКС с целью оценки и анализа перспективных стратегий их развития.

Полученные результаты смогут найти применение при реализации «Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 г.» [3] и «Стратегии развития информационного общества до 2015 г.» на территории Мурманской области, а также могут быть использованы при выработке единых принципов и стратегий развития ИКС на уровне регионов и населенных пунктов в целом, администрации городов и населенных пунктов.

Литература

1. Датьев И.О., Путилов В.А., Шишаев М.Г. Метод прогнозирования показателей функционирования региональных информационно-коммуникационных систем // Программные продукты и системы. – 2009. – № 3 (87). – С. 16–19. Датьев И.О., Маслобоев А.В. Имитационное моделирование развития региональных информационно-коммуникационных систем // Инфокоммуникационные технологии. – 2010. – Т. 8. – № 2. – С. 51–56.
2. Маслобоев А.В., Путилов В.А. Информационно-аналитическая поддержка управления безопасностью развития Арктических регионов России: задачи, методы, технологии // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. – 2011. – № 3 (73). – С. 143–145.

Датьев Игорь Олегович – Институт информатики и математического моделирования технологических процессов Кольского научного центра РАН, аспирант, datyev@iimm.kolasc.net.ru

Маслобоев Андрей Владимирович – Институт информатики и математического моделирования технологических процессов Кольского научного центра РАН, кандидат технических наук, доцент, masloboev@iimm.kolasc.net.ru