

ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА БАЗЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ РЫНКА ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫХ УСЛУГ

А.В. Маслобоев, И.О. Датьев

Учреждение Российской академии наук
Институт информатики и математического моделирования технологических процессов
Кольский научный центр РАН
184209 г. Апатиты, Мурманская обл., ул. Ферсмана, д. 24 а
E-mail: masloboev@iimm.kolasc.net.ru, datyev@iimm.kolasc.net.ru

Разработана технология оценки параметров эффективности функционирования региональных информационных систем (РИС) на базе моделирования рынка информационно-коммуникационных услуг. В качестве интегрального критерия эффективности РИС предложено рассматривать степень удовлетворения информационных потребностей пользователей. Созданы имитационные модели динамики структуры пользователей и развития рынка информационных услуг в регионе.

Ключевые слова: *имитационное моделирование, региональные информационные системы, оценка эффективности, рынок информационно-коммуникационных услуг, системная динамика.*

Введение. Современные региональные информационно-коммуникационные системы (ИКС) представляют собой сложный комплекс [1, 4] из взаимосвязанных, подверженных взаимному влиянию социально-экономических и технологических компонентов. Развитие технологической базы региональных ИКС находится в зависимости от соответствующей социально-экономической среды [2, 3]: для того чтобы технологическое нововведение было жизнеспособным, необходимо выполнение совокупности условий экономического и социального характера. Вместе с тем одним из важнейших аспектов социально-экономического развития территорий, а в определенной степени и побудительным мотивом этого развития, является технологическое состояние региональной информационно-коммуникационной инфраструктуры. В силу подобных зависимостей актуальной представляется задача разработки методов и технологий, обеспечивающих исследование параметров эффективности функционирования региональных распределенных информационных систем в контексте изменяющихся социально-экономических условий.

В качестве одного из возможных решений данной задачи в ходе проведенных исследований была разработана технология оценки параметров эффективности функционирования региональных распределенных информационных систем (РИС) на базе моделирования рынка информационно-коммуникационных услуг, ориентированная на обеспечение планирования развития региональных информационно-коммуникационных сетей при изменяющихся социально-экономических и технологических условиях.

В качестве интегрального критерия эффективности РИС предлагается рассматривать степень удовлетворения информационных потребностей пользователей. Данный критерий зависит от ряда факторов, основными из которых, с одной стороны,

*Андрей Владимирович Маслобоев – докторант, к.т.н., научный сотрудник.
Игорь Олегович Датьев – аспирант, младший научный сотрудник.*

являются технические возможности информационных систем и стоимость услуг, а с другой – социоэкономическая структура пользователей.

Под социоэкономической структурой пользователей подразумевается специфическое для данного региона количественное распределение пользователей информационно-коммуникационных сетей среди различных социоэкономических групп. Под социоэкономической группой понимается совокупность пользователей, объединенных общими социальными и/или экономическими признаками. Основными характеристиками группы, рассматриваемыми в данной работе, являются ее численность и уровень доходов, определяющий возможности влияния группы на региональный рынок информационных услуг.

Для планирования развития ИКС при изменяющихся социально-экономических и технологических условиях необходимо прогнозирование социоэкономических параметров среды функционирования РИС. В рамках рассматриваемой задачи необходимо учитывать изменения характеристик двух основных составляющих: поставщиков информационных услуг и пользователей.

Для прогнозирования развития РИС разработаны системно-динамические модели, позволяющие исследовать как социоэкономические факторы, так и технологические, влияющие на изменение состояний обеих составляющих. На основе имитационного моделирования развития участников рынка информационно-коммуникационных услуг формируются временные ряды следующих прогнозируемых параметров РИС: 1) общее количество пользователей РИС и их количественное распределение среди социоэкономических групп; 2) суммарная оценка объемов трафика в целом по исследуемой сети и долевые распределения объемов трафика по выделенным группам пользователей; 3) долевые распределения объемов трафика между поставщиками информационных услуг.

Моделирование характеристик среды позволяет получать обоснованные оценки параметров перспективной нагрузки на элементы РИС и определять основные направления повышения эффективности их функционирования.

Проблема вычисления интегрального критерия оценки параметров эффективности функционирования РИС. Вычисление интегрального критерия эффективности функционирования РИС производится на основе функции удовлетворенности пользователей информационных сетей предоставляемыми информационными услугами. В свою очередь, данная функция рассматривается как расстояние до некоторой условной «идеальной» точки в многомерном пространстве, сформированном различными техническими, стоимостными и социоэкономическими характеристиками. «Идеальная» точка должна являться описанием совокупности желаемых параметров информационных услуг. Задача определения «идеальной» точки осложняется тем, что для различных пользователей информационных сетей различаются и представления об этой «идеальной» точке. Исключением является абсолютно идеальный случай, когда информационные услуги предоставляются бесплатно, а скорость передачи и объемы данных в информационных сетях бесконечны.

Для решения задачи предложен механизм типизации пользователей и выделения социоэкономических групп пользователей. Тип пользователя определяется соотношением классов предпочитаемых информационных ресурсов. Предложенные механизмы группирования пользователей дают возможность применения нескольких подходов к определению «идеальной» точки:

1) назначение в качестве «идеальной» некоторой точки, соответствующей усредненным параметрам для всех типов пользователей;

2) назначение каждому типу пользователей определенной «идеальной» точки, описывающей совокупность предпочтительных параметров сети только для этого типа пользователей;

3) назначение каждой социоэкономической группе определенной «идеальной» точки, описывающей усредненную совокупность «идеальных» параметров для всех типов пользователей, составляющих социоэкономическую группу, с учетом долевых распределений типов пользователей.

В свою очередь, функция удовлетворенности пользователей может быть вычислена: 1) для всех пользователей региональных информационных сетей в целом; 2) для каждого типа пользователей; 3) для каждой социоэкономической группы; 4) для всех социоэкономических групп. В результате могут быть получены несколько соответствующих разновидностей интегрального критерия эффективности функционирования РИС. Выбор разновидности интегрального критерия зависит от поставленной цели. Так, например, если целью является определение степени удовлетворенности каждой из социоэкономических групп, то необходимо вычисление критерия для каждой социоэкономической группы.

Состояние модели в определенный момент времени. В рассматриваемой разработке в качестве основы использована концептуальная модель информационной сети, состав которой описан в виде набора множеств:

$$\text{RegInS} = \{PN, SG, UT, RC\},$$

где PN – множество, содержащее технические и стоимостные характеристики каждого провайдера информационных услуг;

SG – множество характеристик социоэкономических групп;

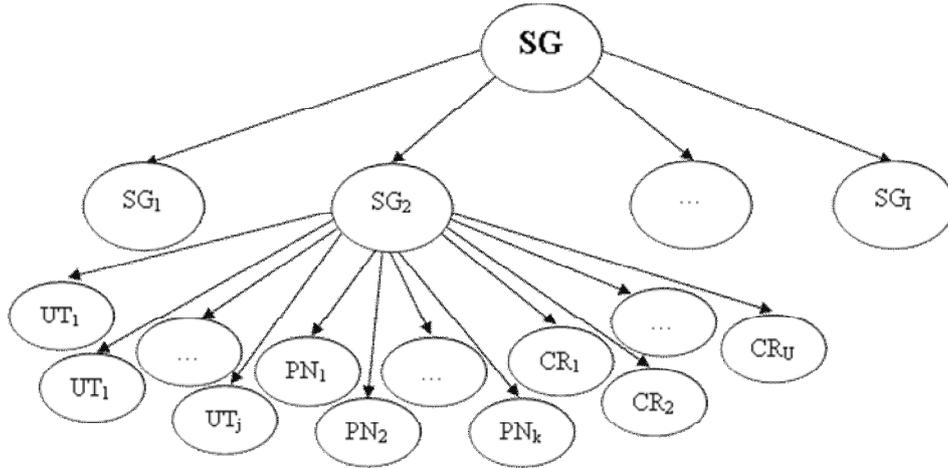
UT – множество характеристик каждого типа пользователей;

RC – характеристики классов информационных ресурсов.

Для вычисления интегрального критерия оценки эффективности функционирования региональных информационно-коммуникационных сетей необходимо определять значения параметров модели в различные моменты времени. В зависимости от разновидности критерия оценки эффективности должен быть произведен т. н. «срез» модели по некоторому субъекту модели: социоэкономической группе, поставщику информационных услуг, типу пользователей или классу ресурсов. Другими словами, из всех параметров модели должны быть выбраны параметры, так или иначе связанные именно с этим субъектом. На рисунке показана структура модели, построенная для среза по социоэкономическим группам.

Используемые на рисунке обозначения: $PN = \{PN_k\}$, $k = \overline{1..K}$ – множество провайдеров, PN_k – k -тый провайдер, k – индекс провайдера, K – количество провайдеров; $UT = \{UT_j\}$, $j = \overline{1..J}$ – множество типов пользователей, UT_j – j -тый тип пользователей, j – индекс типа пользователей, J – количество типов пользователей; $SG = \{SG_i\}$, $i = \overline{1..I}$ – множество социоэкономических групп, SG_i – i -тая социоэкономическая группа, i – индекс группы, I – количество социоэкономических групп; $RC = \{RC_u\}$, $u = \overline{1..U}$ – множество классов ресурсов, RC_u – u -тый класс ресурсов, u – индекс класса ресурсов, U – количество классов ресурсов.

Пусть S – одно из множеств субъектов предметной области: множество социоэкономических групп, множество типов пользователей, множество провайдеров или множество классов ресурсов.



Пример иерархии для нахождения различных параметров в разрезе социальноэкономических групп

$S = \{S_i\}$, где S_i – i -тый субъект множества S , $i = \overline{1..N}$, N – количество субъектов множества S . Например, если $S = SG$, т. е. множеству социальноэкономических групп, то запись $S = \{S_i\}$ эквивалентна записи $SG = \{SG_i\}$, где SG_i – i -тая социальноэкономическая группа, $i = \overline{1..N}$, N – количество социальноэкономических групп.

Обозначим $\text{RegInS}_{t_1}^{t_F} |_{S_i}$ – множество срезов характеристик модели RegInS по субъекту S_i в каждый момент времени, кратный некоторому периоду за интервал времени $T = [t_1, t_F]$.

$\text{RegInS}_{t_1}^{t_F} |_{S_i} = \{ {}_t \text{RegInS}_{t_1}^{t_F} |_{S_i} \}$, где ${}_t \text{RegInS}_{t_1}^{t_F} |_{S_i}$ – срез характеристик модели RegInS по субъекту S_i в момент времени t , $t = \overline{1..F}$, где $F = T / \text{Intr}$, где Intr – период (временной промежуток между двумя соседними срезами).

Формальная модель ${}_t \text{RegInS}_{t_1}^{t_F} |_{S_i}$ имеет следующий вид:

$${}_t \text{RegInS}_{t_1}^{t_F} |_{S_i} = \{ {}_t PN |_{S_i}, {}_t UT |_{S_i}, {}_t SG |_{S_i}, {}_t RC |_{S_i} \},$$

где ${}_t PN |_{S_i}$ – технические и стоимостные характеристики каждого провайдера в момент времени t , связанного с субъектом S_i , причем ${}_t PN |_{S_i} = \{ {}_t PN_k^p |_{S_i} \}$, $k = \overline{1..K}$, K – количество провайдеров, $p = \overline{1..P}$, P – количество тарифных планов k -того провайдера, использующихся субъектом S_i , ${}_t PN_k^p |_{S_i}$ – технические и стоимостные характеристики в момент времени t тарифного плана p провайдера k , связанного с субъектом S_i . ${}_t PN_k^p |_{S_i}$ описывается следующим набором параметров:

$${}_t PN_k^p |_{S_i} = \langle aq, br, qs, as, ac, tt \rangle,$$

где aq – количество абонентов, связанных с субъектом S_i :

$$aq = \begin{cases} asgq, \text{ если } S = SG \\ autq, \text{ если } S = UT \\ aqrc, \text{ если } S = RC \\ \langle asgq, autq, aqrc \rangle, \text{ если } S = PN \end{cases},$$

где $asgq$ – количество абонентов p -того тарифного плана k -того провайдера различных социэкономических групп, причем $asgq = \{asgq_i\}$, где $asgq_i$ – количество абонентов p -того тарифного плана k -того провайдера i -той социэкономической группы, $i = \overline{1, I}$, где I – количество социэкономических групп региона; $autq$ – количество абонентов различных пользовательских типов, причем $autq = \{autq_j\}$, где $autq_j$ – количество абонентов p -того тарифного плана k -того провайдера j -того типа пользователя, $j = \overline{1, J}$, где J – количество типов пользователей; $aqrc$ – количество абонентов, использующих различные классы информационных ресурсов, причем $aqrc = \{aqrc_u\}$, где $aqrc_u$ – количество абонентов p -того тарифного плана k -того провайдера, использующих u -тый класс ресурсов, $u = \overline{1, U}$, где U – количество классов ресурсов; br – скорость передачи данных k -того провайдера, предоставляемая i -тому субъекту; qs – бесперебойность работы провайдера; as – список предоставляемых дополнительных сервисов; ac – абонентская плата за определенный промежуток времени; $tt = \begin{cases} 0, \text{ если тарифный план безлимитный} \\ tb, \text{ в других случаях} \end{cases}$, где tb – объем трафика, включенный в абонентскую плату; ${}_t UT |_{S_i}$ – множество характеристик каждого типа пользователей субъекта S_i , причем ${}_t UT |_{S_i} = \{ {}_t UT_j |_{S_i} \}$, где j – индекс типа пользователей, $j = \overline{1, J}$, где J – количество типов пользователей, связанных с S_i . ${}_t UT_j |_{S_i}$ – характеристики j -того типа пользователей субъекта S_i в момент времени t . ${}_t UT_j |_{S_i}$ описывается следующим набором параметров:

$${}_t UT_j |_{S_i} = \langle pd, NS, N, T, E, q, u, Uid \rangle,$$

где pd – доли пользователей j -того типа среди каждой социэкономической группы, провайдера или класса ресурсов; NS – статистическое распределение количества сеансов использования сети в сутки за определенный период; N – статистическое распределение количества веб-страниц, запрошенных в течение сеанса; T – статистическое распределение времени между запросами страниц; Uid – идентификатор типа пользователя; q – задает предпочтение пользователя: если $q \rightarrow 1$, то важна цена, а если $q \rightarrow 0$, то важна скорость, причем $q \in [0, 1]$; u – значимость времени бесперебойной работы поставщика информационных услуг, $u = 1$ – наибольшая значимость, причем $u \in [0, 1]$; E – доленое соотношение классов ресурсов в трафике пользовательского типа j , причем $E = \{ \langle Cid, di \rangle \}$, где Cid – идентификатор класса ресурса и di – доля в трафике пользователя.

${}_t SG |_{S_i}$ – множество характеристик социэкономических групп, связанных с субъектом S_i , в момент времени t , причем ${}_t SG |_{S_i} = \{ {}_t SG_m |_{S_i} \}$, где m – индекс со-

циоэкономической группы, $m = \overline{1, M}$, где M – количество социоэкономических групп, связанных с субъектом S_i ; ${}_t SG_m |_{S_i}$ – характеристики m -той социоэкономической группы, связанной с субъектом S_i , в момент времени t . ${}_t SG_m |_{S_i}$ описывается следующим набором параметров:

$${}_t SG_m |_{S_i} = \{gq, el, pl, vl, gc\},$$

где gq – численность m -той социоэкономической группы в момент времени t ; el – уровень доходов m -той социоэкономической группы в момент времени t , причем $el \in (0, 1]$; pl – уровень привлекательности (популярности) m -той социоэкономической группы в момент времени t ; vl – уровень сложности получения единицы условного продукта m -той социоэкономической группы, который определяется экспертом, причем $vl \in (0, 1]$; gc – максимальное количество рабочих мест (емкость отрасли), которое определяется экспертом или на основе статистических данных.

${}_t RC |_{S_i}$ – характеристики классов ресурсов в момент времени t , используемых субъектом S_i , причем ${}_t RC |_{S_i} = \{{}_t RC_u |_{S_i}\}$, где u – индекс класса ресурсов, связанного с субъектом S_i , $u = \overline{1, U}$, где U – количество классов ресурсов, связанных с субъектом S_i ; ${}_t RC_u |_{S_i}$ – u -тый класс ресурсов, связанный с субъектом S_i .

${}_t RC_u |_{S_i}$ описывается следующим набором параметров:

$${}_t RC_u |_{S_i} = \langle P, O, Cid \rangle,$$

где P – статистическое распределение количества объектов на странице информационного ресурса класса Cid ; O – статистическое распределение размеров объектов ресурса класса Cid ; Cid – идентификатор класса ресурса определенного характера.

Вычислительная модель интегрального критерия эффективности функционирования информационной сети. Интегральный критерий эффективности рассчитывается на основе нескольких значений функции оценки эффективности, которая, в свою очередь, вычисляется для каждого момента времени. Соответственно, необходимо иметь множество «идеальных» значений параметров для всех моментов времени, в которые вычисляется функция оценки эффективности функционирования информационных сетей.

Множество «идеальных» значений параметров, формируемое экспертами для некоторого временного интервала $T = [t_1, t_2]$, идентично $\text{RegInS}_{t_1}^{t_F} |_{S_i}$ и обозначается следующим образом: $\text{IRegInS}_{t_1}^{t_F} |_{S_i} = \{ {}_t \text{IRegInS}_{t_1}^{t_F} |_{S_i} \}$, где ${}_t \text{IRegInS}_{t_1}^{t_F} |_{S_i}$ – срез «идеальных» (для модели RegInS) характеристик по субъекту S_i в момент времени t , $t = \overline{1, F}$, где $F = T / \text{Intr}$, где Intr – период (временной промежуток между двумя соседними срезами).

Формальная модель ${}_t \text{IRegInS}_{t_1}^{t_F} |_{S_i}$ имеет следующий вид:

$${}_t \text{IRegInS}_{t_1}^{t_F} |_{S_i} = \{ {}_t \text{IPN} |_{S_i}, {}_t \text{IUT} |_{S_i}, {}_t \text{ISG} |_{S_i}, {}_t \text{IRC} |_{S_i} \},$$

где ${}_t \text{IPN} |_{S_i}$ – множество «идеальных» значений технических и стоимостных характеристик в момент времени t каждого провайдера, предоставляющего информаци-

онные услуги субъекту S_i ; $IUT|_{S_i}$ – множество «идеальных» значений характеристик каждого типа пользователей субъекта S_i ; ${}^tISG|_{S_i}$ – множество «идеальных» значений характеристик социоэкономических групп, связанных с субъектом S_i , в момент времени t ; ${}^tIRC|_{S_i}$ – множество «идеальных» значений характеристик классов ресурсов в момент времени t , связанных с субъектом S_i .

Каждый из элементов множеств $\text{RegInS}_{t_1}^{\text{tF}}|_{S_i}$ и $\text{IRegInS}_{t_1}^{\text{tF}}|_{S_i}$ нормируется по шкале от 0 до 1.

Функция оценки эффективности функционирования информационной сети в отношении субъекта S_i в определенный момент времени t является, по сути, расстоянием между точками пространства, сформированного совокупностью различных параметров, и вычисляется следующим образом:

$$f_i(t) = \sqrt{\sum_m^M k_m (x_m - y_m)^2},$$

где $x_m \in {}^t\text{RegInS}_{t_1}^{\text{tF}}|_{S_i}$ – элемент множества ${}^t\text{RegInS}_{t_1}^{\text{tF}}|_{S_i}$, $m = \overline{1, M}$, где M – количество элементов множества ${}^t\text{RegInS}_{t_1}^{\text{tF}}|_{S_i}$; $y_m \in {}^t\text{IRegInS}_{t_1}^{\text{tF}}|_{S_i}$ – элемент множества ${}^t\text{IRegInS}_{t_1}^{\text{tF}}|_{S_i}$, $m = \overline{1, M}$, где M – количество элементов множества ${}^t\text{IRegInS}_{t_1}^{\text{tF}}|_{S_i}$; k_m – весовой коэффициент; t – некоторый момент времени; i – индекс функции (при вычислении функции для всех субъектов S может изменяться $i = \overline{1, N}$, N – количество субъектов S).

Интегральный критерий эффективности функционирования информационной сети вычисляется посредством интегрирования значений функции оценки эффективности функционирования, вычисленных на определенном временном интервале, и имеет следующий вид:

$$J = \int_{t_1}^{t_2} F(t) dt,$$

где $t = [t_1, t_2]$ – момент времени, принадлежащий временному интервалу, а функция $F(t)$ может принимать следующий вид в зависимости от разновидности критерия:

- 1) в случае вычисления критерия для субъекта S_i : $F(t) = f_i(t)$, где f_i – функция оценки эффективности для субъекта S_i , $i = \overline{1, N}$, где N – количество субъектов S ;
- 2) в случае вычисления критерия для всех субъектов S : $F(t) = (f_1(t), f_2(t), f_3(t), \dots, f_N(t))$, где f_i – функция оценки эффективности для субъекта S_i , $i = \overline{1, N}$, где N – количество субъектов S ;
- 3) в случае вычисления критерия для всех субъектов предметной области:

$$F(t) = (F_j(t)), \text{ где } j - \text{индекс множества субъектов, причем } j = \begin{cases} 1, \text{ если } S = PN \\ 2, \text{ если } S = UT \\ 3, \text{ если } S = SG \\ 4, \text{ если } S = RC \end{cases}, \text{ и}$$

$F_j(t) = (f_1(t), f_2(t), f_3(t), \dots, f_N(t))$, где f_i – функция удовлетворенности для i -того субъекта S , $i = \overline{1, N}$, где N – количество субъектов S .

Заключение. Представленный в статье интегральный критерий эффективности функционирования информационной сети является комплексной оценкой, характеризующей как удовлетворенность пользователей информационных сетей состоянием технико-экономических параметров в целом, так и удовлетворенность некоторой целевой группы пользователей определенным субъектом информационного обмена в частности.

Полученные в ходе исследований результаты могут быть использованы для создания средств информационной поддержки разработки и анализа планов модификации и развития региональных информационных систем, стратегий перспективной деятельности поставщиков информационных услуг и т. д.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вишневецкий В.М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей. – М.: Техносфера, 2003. – 512 с.
2. Балыбердин В.А. Оценка и оптимизация характеристик систем обработки данных. – М.: Радио и связь, 1987. – 176 с.
3. Селезнев М.Л. Информационно-вычислительные системы и их эффективность. – М.: Радио и связь, 1986. – 104 с.
4. Назаров А.Н. Модели и методы расчета структурно-сетевых параметров сетей АТМ. – М.: Наука, 2002. – 315 с.

Статья поступила в редакцию 20 апреля 2010 г.

UDC 004.738.5:004.942

REGIONAL INFORMATION SYSTEMS FUNCTIONING PERFORMANCE CHARACTERISTICS EVALUATION BASED ON INFORMATION AND COMMUNICATION SERVICE-MARKET SIMULATION

A.V. Masloboev, I.O. Datyev

Establishment of Russian Academy of Sciences
Institute for Informatics and Mathematical Modeling of Technological Processes Kola Science Center RAS
24a, Fersmana st., Apatity, Murmansk region, 184209

The information technology for functioning performance characteristics evaluation of regional information systems (RIS) based on information and communication service-market simulation has been developed. As a RIS integral performance criterion the user satisfaction of information needs degree for the consideration is proposed. The user structure dynamics and regional information service-market development simulation models have been designed.

Keywords: *simulation, regional information systems, performance evaluation, information and communication service-market, system dynamics.*

*Andrey V. Masloboev – Post-Degree., candidate of technical sciences, researcher.
Igor O. Datyev – Postgraduate student, junior researcher.*