

УДК 51:519.8 + 612.53/59:612.57

С.М. БУРКОВ, С.К. ПОЛУМИЕНКО, С.З. САВИН

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕГИОНАЛЬНОЙ СЕТИ ИНТЕРНЕТ-ЭКОНОМИКИ

***Аннотация.** Рассматриваются проблемы устойчивого развития отдаленных регионов в условиях развития информационного общества на примере Интернет-экономики. Изложены принципы математического моделирования региональных инфокоммуникационных сетей экономико-социального назначения. Рассмотрены проблемы применения теоретико-множественного подхода при построении базовых сетей Интернет-экономики для задач электронной коммерции, оказания удаленных услуг населению на основе новых информационных технологий, современных средств вычислительной техники, глобальной информационной среды.*

***Ключевые слова:** развитие, модель, теоретико-множественный подход.*

Введение

Создание систем и сетей социально-экономического назначения является составным и все более необходимым элементом информатизации удаленного региона [13, 14, 17]. Организация межведомственного взаимодействия в рамках Интернет-экономики [8, 10, 20] неминуемо потребует построения специализированной интеграционной региональной инфраструктуры [4, 9, 10]. По сути дела, эта же инфраструктура необходима и для предоставления интегрированных услуг через центральные финансово-экономические порталы или порталы региональных и местных органов власти и бизнес-структур.

В настоящей работе приводятся результаты построения и примеры применения математических моделей для расчета характеристик потоков данных, поступающих в каналы связи и на узлы базовой сети [17] Интернет-экономики (ИЭ). Модели используют результаты формирования структуры базовой региональной сети на каждом этапе и позволяют получить количественные оценки характеристик и показателей качества работы сети для анализа различных вариантов ее структуры [1, 2, 13, 15]. Для удобства практического применения модели объединены в единый комплекс, обеспечивающий согласование отдельных моделей по входным и выходным параметрам, размерности и последовательности применения [1, 5, 18, 19].

Определим основные задачи, решаемые с помощью математических моделей, входящих в комплекс, состав математических моделей и связи между ними.

1. Задачи комплекса математических моделей

Для формирования структуры сети на каждом этапе требуется вычисление определенных выше характеристик, в зависимости от исходных данных для этапа.

Для расчетов характеристик разработаны математические модели, которые объединены в единую систему (комплекс), обеспечивающий согласование результатов расчетов по различным моделям, возможность комплексного автоматизированного расчета характеристик сети на каждом этапе.

Основными задачами комплекса математических моделей является вычисление характеристик сети (каналов связи и узлов), необходимых для принятия решений при формировании структуры базовой сети. Комплекс математических моделей должен обеспечить расчет следующих характеристик каналов связи и узлов базовой сети:

– для каналов связи (I): суммарные интенсивности потоков данных, передаваемых по каждому каналу связи; суммарные интенсивности потоков данных между пользователями каждого типа, передаваемые по каждому каналу связи; суммарные интенсивности транзитных потоков данных, передаваемых по каждому каналу связи; интенсивности потоков данных от каждого узла сети, передаваемых по каждому каналу связи; интенсивности потоков данных между узлами сети, передаваемых по каждому каналу связи;

– для базовых узлов сети Интернет-экономики (II): суммарная интенсивность потоков данных между узлами сети; суммарная интенсивность потоков данных между узлами сети, передаваемых различными типами пользователей; суммарная интенсивность потоков данных, поступающих на каждый узел; суммарные интенсивности потоков данных между пользователями каждого типа, поступающие на каждый узел; суммарная интенсивность транзитных потоков данных, проходящих через узел; интенсивности потоков данных, поступающих на каждый узел от всех узлов сети; интенсивности транзитных потоков данных, поступающих на каждый узел от всех узлов сети; интенсивности потоков данных, передаваемых между узлами сети и поступающих на каждый узел сети.

Кроме того, необходимо вычисление величины затрат на формирование и эксплуатацию сети как функций от перечисленных выше характеристик. Вычисление названных характеристик необходимо для решения задач формирования структуры базовой сети, определенных в [1, 9]. При этом характеристики вычисляются для заданного набора параметров сети и для заданного варианта структуры сети. Для описания и построения моделей ИЭ в [1, 2] был принят ряд определений: канала связи; потока данных между узлами i и j ; маршрута передачи данных между узлами; потока, поступающего в канал связи; транзитного потока, передаваемого по каналу связи; потока, поступающего на узел; транзитного потока, поступающего на узел связи.

Введенные определения транзитных каналов и узлов сети и вычисляемые значения суммарных интенсивностей транзитных потоков через узлы и каналы связи позволяют более полно оценить качество сети, поскольку транзитные потоки вносят избыточность в нагрузку узлов и каналов связи.

Заметим, что поскольку рассматривается процесс поэтапного формирования сети, то введенные в определениях обозначения можно относить к конкретному этапу. В этом случае они индексируются нижним индексом, равным номеру этапа.

2. Применение комплекса при решении задач формирования базовой сети

Комплекс обеспечивает решение частных задач на этапах формирования базовой сети до тех пор, пока не будет решена общая задача. При решении частной задачи в любой из возможных постановок комплекс математических моделей ИЭ должен обеспечить последовательное вычисление характеристик базовой сети, перечисленных ранее. При решении частной задачи формирования структуры сети на этапе номер r необходимо определить параметры потоков данных между узлами и на узлах. Для этого воспользуемся введенными в [1] определениями параметров сети, которые будут использоваться как исходные данные для моделей.

В качестве исходных данных для проведения вычислений нами использованы:

– вектор узлов, которые вошли в состав базовой сети на этапе $(r-1)$:

$\mathbf{X}_{1(r-1)} = (x_{1(r-1)1}, x_{1(r-1)2}, \dots, x_{1(r-1)N})$, определенный формулой (3.3.16) из [1, С.111], - эти узлы, как правило, остаются в составе базовой сети;

– вектор узлов, которые могут войти в состав базовой сети на этапе r :

$\mathbf{X}_{0r} = (x_{0r1}, x_{0r2}, \dots, x_{0rN})$, определенный формулой (3.3.2) по [11, С.111] (здесь $x_{0rk} \geq x_{1(r-1)k}$, ($k = 1, 2, \dots, N$));

– матрица распределения пользователей по узлам сети на начало этапа r :

$\mathbf{M}_{0r} = \|\|m_{0rij}\|\|$, по формуле (3.3.4) из [1, С.111], где m_{0rij} - общее число пользователей типа j на узле номер i базовой сети на начало этапа r , ($i = 1, 2, \dots, N$; $j = 1, 2, \dots, M$);

– множество, задающее возможные каналы связи между узлами базовой сети, на этапе номер r : $\mathbf{H}_{0r} = \{h_{0rkij}\}$ по [1], где $h_{0rkij} = 0$, если между узлами i и j на момент начала этапа номер r нет канала связи от провайдера номер k , и $h_{0rkij} = 1$, если между узлами i и j на момент начала этапа номер r есть канал связи от провайдера номер k , ($k = 1, 2, \dots, K$; $i, j = 1, 2, \dots, N$);

– матрица интенсивностей информационных потоков между пользователями различных типов базовой сети на этапе r : $\mathbf{\Lambda}_{0r} = \|\|\lambda_{0rij}\|\|$, формула (3.3.8) из [1, С.111]), где λ_{0rij} - интенсивность потока данных передаваемых от пользователя типа i к пользователю типа j на этапе r ($i, j = 1, 2, \dots, M$).

Задачу формирования структуры базовой сети ИЭ на этапе рассмотрим как задачу на графе [7]. При этом исходным графом для каждого этапа будет граф, вершинами которого являются узлы, вошедшие в базовую сеть на предыдущем этапе, и узлы, которые могут войти в состав базовой сети на данном этапе. Общее число таких узлов на этапе номер r равно, как отмечалось выше, N_r . Считаем, что все вершины исходного графа занумерованы и номер вершины равен номеру регионального узла. Ребрами

исходного графа будут каналы связи, которые были использованы на предыдущем этапе, а также те, что соединяют новые узлы (вершины), которые могут войти в состав базовой сети на этапе номер r . Для формирования исходного графа используются векторы $\mathbf{X}_{1(r-1)}$, \mathbf{X}_{0r} и множество \mathbf{H}_{0r} .

Каждой вершине графа номер i (узел сети номер i) ставится в соответствие ее вес, определяемый с помощью вектора $(m_{0r1ij}, m_{0r2ij}, m_{0r3ij}, \dots, m_{0rMij})$, который является строкой номер i матрицы \mathbf{M}_{0r} , определенной по формуле (3.3.4) в [1, С.112]:

$$v_{ri} = \sum_{j=1}^M y_j m_{0rij}, \quad (1)$$

где y_j - весовой коэффициент, определяющий приоритет пользователя типа j на узле номер i .

Вес каждого ребра равен стоимости канала связи, если канал необходимо создавать, или величине арендной платы, если канал уже создан. Множество весов ребер задается множеством \mathbf{U}_{0r} , определенным в [1].

Структура сети на этапе r формируется следующим образом. Решается одна из частных задач, приведенных в [1, 9]. При этом должны выполняться ограничения для каждой постановки задачи. Каждая частная задача решается путем построения полного или частичного покрывающего дерева на графе, определенном выше. Здесь древовидная структура базовой сети выбрана по следующим соображениям: как обеспечивающая сильносвязанный граф (полносвязанную сетевую структуру) в соответствии с ограничениями для каждого варианта частной задачи; так как существует большое количество достаточно эффективных алгоритмов построения деревьев на графах; описание древовидной структуры матрицами достаточно просто и дает возможность вычислять характеристики базовой сети путем построения необходимых алгоритмов.

Построение покрывающего дерева может проводиться с использованием известных алгоритмов [6, 8]. Задача упрощается, если принять во внимание необходимость сохранения в составе дерева узлов, включенных на предыдущих этапах. Покрывающее дерево задается множеством вершин (узлов) и множеством каналов связи (ребер).

Естественно, что вариантов структуры на этапе может быть несколько, поэтому для каждого варианта проводится расчет параметров и характеристик базовой сети, построенной по этому варианту. Среди нескольких вариантов отбирается наилучший в зависимости от того, какая частная задача используется на этапе.

Таким образом, для решения частной задачи на каждом этапе требуется вычислять параметры и характеристики для варианта структуры базовой сети.

После выбора параметров сети при решении частной задачи и расчета характеристик сети, параметры становятся реальными (реализованными на практике). При этом индексы параметров и характеристик меняются с 0 на 1,

полученные характеристики и параметры становятся исходными для следующего этапа построения сети. Общая схема решения частной задачи с применением комплекса математических моделей приведена на рис. 1.

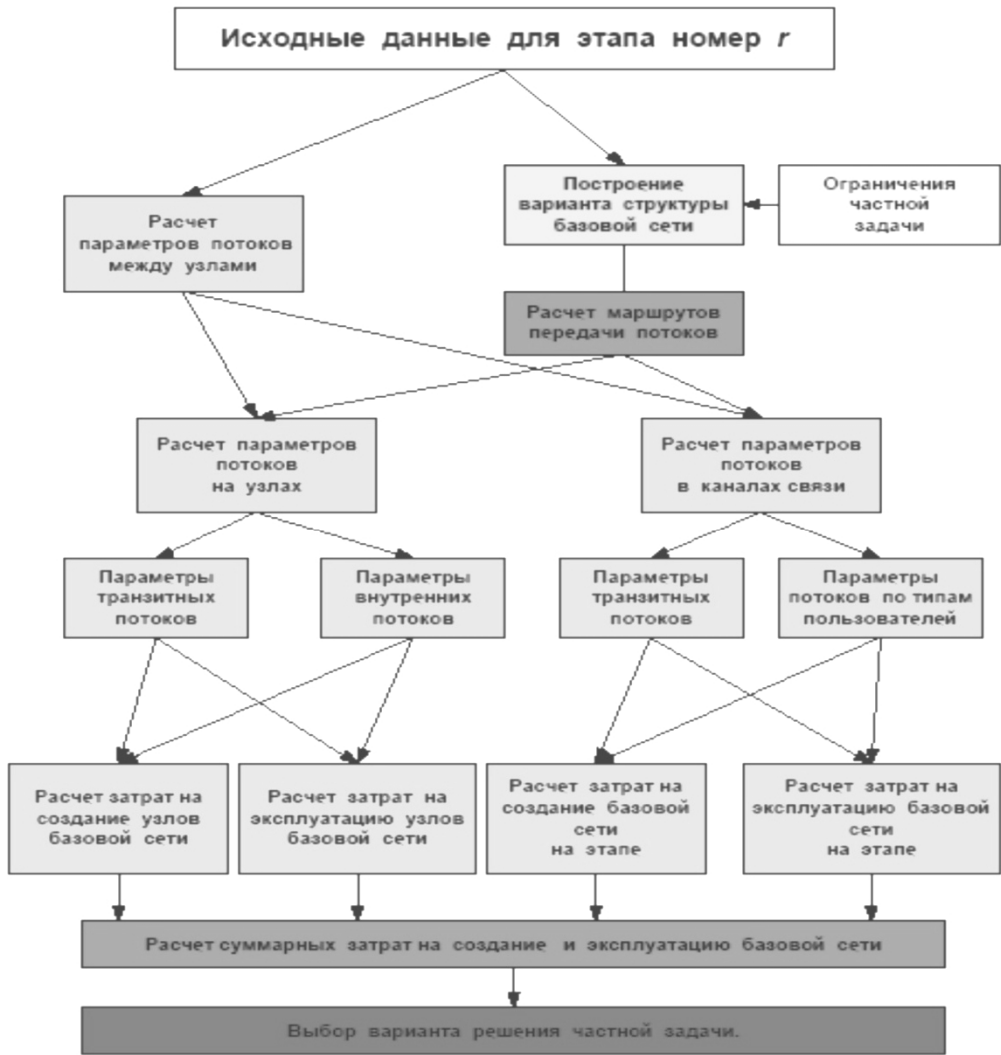


Рисунок 1 – Структура комплекса и схема взаимодействия моделей региональной сети e-экономики

3. Решение общей задачи формирования структуры базовой сети

Поскольку целью работы комплекса является поэтапное решение общей задачи, то необходимо установить последовательность действий при решении этой задачи.

Как отмечалось в [1, 6], решение общей задачи формирования структуры базовой сети проводится поэтапно и состоит из последовательности решений, получаемых на этапах. При этом общее решение считается достигнутым, если все узлы региона вошли в состав базовой сети.

В процессе решения базовой задачи решаются следующие вопросы определения результатов на каждом этапе: выбор частной задачи на каждом этапе, что определяет критерии качества решения частной задачи и применяемые ограничения; выбор конкретных значений системы ограничений для каждого этапа; определение объема ресурсов для каждого этапа с учетом возможности накопления неизрасходованных на предыдущих этапах ресурсов; формирование множества провайдеров для данного этапа; определение целесообразности пересмотра решений, полученных на предыдущих этапах.

Решение перечисленных вопросов необходимо перед каждым этапом и позволяет сформировать множество исходных данных для этапа. Поскольку критерии решения задачи на этапах могут меняться, то качество решения общей задачи может быть далеко не оптимальным. В связи с этим важно иметь возможность вычисления величины отклонения полученного результата от оптимального [8]. При этом под оптимальным решением для базовой сети будем понимать структуру сети [21], построенную без ограничений по выделяемым ресурсам (при неограниченных ресурсах). Такое решение может быть получено на любом этапе с учетом изменяющихся условий решения общей и частных задач [5]. Величина отклонения показывает целесообразность продолжения формирования структуры базовой сети с учетом новых условий (новые узлы, провайдеры, технологии), что обеспечивает постоянное развитие и совершенствование сети.

Приведем некоторые результаты построения математических моделей, необходимых для расчета характеристик базовой сети. При расчете параметров потоков между узлами, прежде чем приступить к решению задач формирования структуры сети (частые задачи на этапе), необходимо определить параметры потоков данных между узлами сети. Для этого воспользуемся исходными данными для этапа номер r . Исходя из определений (II), поток данных между узлами i и j на этапе r - $P_r(i, j)$ есть суммарный поток данных всех типов пользователей на этих узлах. При этом считается, что узлы с номерами i и j входят в состав узлов, которые могут входить в состав базовой сети на этапе r , т.е. $x_{0ri} = 1$ и $x_{0rj} = 1$, ($i, j = 1, 2, \dots, N$).

Интенсивность потока $P_r(i, j)$ вычисляется по формуле:

$$\alpha_{rij} = \sum_{n=1}^M m_{0rin} \sum_{k=1}^M \lambda_{0rnk} m_{0rjk} , \quad (2)$$

$$(i, j = 1, 2, \dots, N)$$

Справедливость формулы (2) следует из того, что в формуле суммируются интенсивности потоков данных от узла i к узлу j от пользователей всех типов, находящихся на узле i , к пользователям всех типов, находящимся на узле j .

Отметим, что если в формуле (2) $i = j$, то она принимает вид:

$$\alpha_{rii} = \sum_{n=1}^M m_{0rin} \sum_{k=1}^M \lambda_{0rnk} m_{0rik}, \quad (3)$$

$$(i = 1, 2, \dots, N).$$

В этом случае формула (3) позволяет вычислять суммарную интенсивность потоков данных между пользователями, которые подключены к узлу номер i .

Суммарная интенсивность потоков данных, передаваемых пользователями типа m узла i пользователям типа m узла j - $\alpha_{rij}(m)$, вычисляется по формуле:

$$\alpha_{rij}^*(m) = m_{0rim} \lambda_{0rmm} m_{0rjm}, \quad (4)$$

$$(i, j = 1, 2, \dots, N; m = 1, 2, \dots, M).$$

Наконец, суммарная интенсивность потоков пользователей типа m , передаваемых от узла i к узлу j , вычисляется по формуле:

$$\alpha_{rij}(m) = m_{0rim} \sum_{k=1}^M \lambda_{0rmk} m_{0rjk}, \quad (5)$$

$$(i, j = 1, 2, \dots, N).$$

Формулу (5) можно использовать для вычисления множества матриц суммарных интенсивностей потоков данных, передаваемых между узлами базовой сети пользователями типа m : $\{\Gamma_{0rm}\} = \{\|\gamma_{0rmij}\|\}$, где γ_{0rmij} - интенсивность суммарного потока данных, передаваемых по каналам связи базовой сети между узлами i и j пользователями типа m . В этом случае справедливо равенство:

$$\gamma_{0rmij} = \alpha_{rij}^*(m) + \alpha_{rji}^*(m), \quad (6)$$

$$(m = 1, 2, \dots, M; i = 1, 2, \dots, N; j = 1, 2, \dots, N).$$

Отметим, что из (2) и (5) следует, что $\alpha_{rij} = \sum_{m=1}^M \alpha_{rij}(m)$, это соответствует действительности, поскольку суммарная интенсивность всех потоков от узла i к узлу j равна суммарной интенсивности потоков от пользователей всех типов на узле i к пользователям всех типов узла j .

Формула (2) может быть записана в матричной форме:

$$A_r = M_{0r} \Lambda_{0r} (M_{0r})^T, \quad (7)$$

где $A_r = \|\alpha_{rij}\|$, $(i, j = 1, 2, \dots, N)$ – матрица интенсивностей потоков между узлами на этапе номер r , символ T обозначает транспонирование матрицы.

Таким образом, получены формулы (создана математическая модель) для расчета параметров потоков между базовыми узлами. Результаты расчетов по модели являются исходными данными для проведения расчетов при решении частных задач формирования структуры базовой сети.

4. Расчет параметров потоков данных при заданном варианте структуры базовой сети

Пусть при решении частной задачи на этапе r сформирован вариант структуры базовой сети. Номер этого варианта d . Этот вариант представляется в виде множества узлов и каналов связи, соединяющих эти узлы. Требуется вычислить характеристики сети, построенной по заданному варианту, которые определяются формулами из [1]. Для вычисления характеристик сети необходимо вычислить значения параметров потоков данных, передаваемых по сети. Отметим, что параметры потоков зависят от варианта структуры сети. Требуется определить величины следующих параметров.

Вектор суммарных интенсивностей потоков данных на узлах базовой сети для заданного варианта структуры сети: $\gamma_{1r_d} = (\gamma_{1r_d 1}, \gamma_{1r_d 2}, \dots, \gamma_{1r_d N})$, формула (3.3.22) из [1, С.84], где $\gamma_{1r_d i}$ – суммарная интенсивность потоков данных, проходящих через узел номер i базовой сети, при варианте структуры номер d на этапе r . При этом поток на узле будем разделять на две составляющих: транзитный поток, проходящий через узел на другие узлы, и внутренний поток, создаваемый пользователями, присоединенными к узлу (внутренний поток не передается на другие узлы).

Множество матриц суммарных интенсивностей потоков данных, передаваемых по каналам связи между узлами базовой сети пользователями типа m , для заданного варианта структуры на этапе r : $\{\Gamma_{1r_d m}\} = \{\|\gamma_{1r_d mij}\|\}$, где $\gamma_{1r_d mij}$ – интенсивность суммарного потока данных, передаваемых по каналу связи базовой сети между узлами i и j пользователями типа m , $(m = 1, 2, \dots, M)$.

Вектор, задающий величины затрат на создание узлов связи базовой сети при заданном варианте структуры, включенных в состав базовой сети на этапе номер r : $f_{0r_d} = \{f_{0r_d 1}(\gamma_{1r_d 1}), f_{0r_d 2}(\gamma_{1r_d 2}), \dots, f_{0r_d N}(\gamma_{1r_d N})\}$, где $f_{0r_d j}(\gamma_{1r_d j})$ – величина затрат на создание узла связи номер j базовой сети на этапе номер r при интенсивности суммарного потока данных через этот узел

равной $\gamma_{1r_d j}$, ($j = 1, 2, \dots, N$).

Вектор, задающий величины затрат на обслуживание узлов связи базовой сети региона на этапе номер $г$: $\mathbf{f}_{1r_d} = \{f_{1r_d 1}(\gamma_{1r_d 1}), f_{1r_d 2}(\gamma_{1r_d 2}), \dots, f_{1r_d N}(\gamma_{1r_d N})\}$, где $f_{1r_d j}(\gamma_{1r_d j})$ - величина затрат на обслуживание узла связи номер j базовой сети при заданном варианте структуры на этапе номер $г$ при интенсивности суммарного потока данных через этот узел равной $\gamma_{1r_d j}$, ($j = 1, 2, \dots, N$).

В процессе решения частной задачи на этапе $г$ выбирается оптимальный вариант структуры базовой сети и его параметры, вычисляются характеристики сети для этого варианта. Этот вариант становится окончательным решением для этапа $г$.

5. Вычисление суммарной интенсивности поступающих на узел потоков

Пусть при решении частной задачи построен вариант покрывающего дерева. Вариант имеет номер d . Этот вариант зададим с помощью матрицы смежности $\mathbf{S}_{r_d} = \|\|s_{r_d ij}\|\|$, где $s_{r_d ij} = 1$, если узел i связан ребром с узлом j , и $s_{r_d ij} = 0$, если узел i не связан ребром с узлом j , ($i, j = 1, 2, \dots, N$) [13].

Отметим, что не все вершины могут входить в состав покрывающего дерева, а только те, номерам которых соответствуют единичные компоненты вектора \mathbf{X}_{0r} . Ребра покрывающего дерева выбираются из ребер исходного графа для этапа.

Используя матрицу \mathbf{S}_{r_d} , можно построить для заданного варианта покрывающего дерева, полученного при решении частной задачи, множество маршрутных матриц $\{\mathbf{Z}_{r_d n}\} = \{\|\|z_{r_d nij}\|\|\}$, ($n = 1, 2, \dots, N$). Каждая матрица $\mathbf{Z}_{r_d n}$ определяет множество маршрутов от узла n до всех других узлов при заданной структуре сети (для заданного варианта покрывающего дерева). При этом $\mathbf{Z}_{r_d n} = \mathbf{0}$, если $x_{1r_d n} = 0$, ($n = 1, 2, \dots, N$), т.е. узел номер n не входит в состав варианта структуры базовой сети на этапе $г$.

Для случая, когда маршрутная матрица для узла номер n $\mathbf{Z}_{r_d n} \neq \mathbf{0}$, ($x_{1r_d n} = 1$) имеем: $z_{r_d nij} = 1$, если вершина номер j (узел номер j) является, в соответствии с определением 7, транзитной для потока $P_r(n, i)$, т.е. при передаче данных от узла номер n к узлу номер i ;

$z_{r_d nij} = 0$, если вершина номер j (узел номер j) не является транзитной для потока $P_r(n, i)$.

По сути, каждая строка номер i матрицы $\mathbf{Z}_{r_d n}$ есть маршрут от узла n до узла i , так что, в соответствии с определением маршрута $\mathbf{RP}(P(i, j))$ для потока (определение 3), имеем: $rp_k(P_r(n, i)) = z_{r_d nik}$. Если узел i

недостижим из узла n для данного варианта структуры базовой сети, то все элементы строки номер i матрицы $Z_{r_d n}$ равны 0.

Для построения матриц $Z_{r_d n}$, ($n=1,2,\dots,N$) можно использовать любой из известных алгоритмов поиска пути на графе [5, 11]. Это следует из того, что для древовидного графа маршрут, связывающий любые две вершины, всегда является единственным.

6. Анализ технико-экономических параметров базовой сети Интернет-экономики

По результатам анализа технико-экономических параметров, влияющих на принимаемые решения при создании и развитии системы ИЭ, можно также выделить факторы, оказывающие определяющее влияние на решение задачи формирования базовой сети:

- как правило, необходимо привлекать ресурсы нескольких провайдеров, поскольку каналы связи одного провайдера не всегда могут соединять все заданные базовые узлы;

- в зависимости от географических особенностей региона требуется использовать различные типы каналов связи;

- коммуникационные центры и узлы необходимо размещать с учетом возможностей провайдеров и возможностей создания каналов связи, а также в соответствии с географическими особенностями региона;

- при эксплуатации сети возникает необходимость смены провайдеров;

- одновременно выделяемые ресурсы на создание базовой сети не дают возможность построить всю сеть полностью, поэтому формирование сети происходит поэтапно, с учетом объемов финансирования на каждом этапе;

- финансирование создания базовой сети на каждом этапе может быть целенаправленным и направляться на решение конкретных задач создания и развития сети, что может вызвать появление дополнительных ограничений и условий при решении задач формирования базовой сети на каждом этапе;

- при формировании структуры базовой сети необходимо учитывать возможности размещения базовых узлов, которые обеспечивают подключение к федеральным ресурсам (провайдерам, каналам связи);

- географические параметры региона меняются со временем (появляются и исчезают населенные пункты-пользователи сети, меняется количественный и качественный состав пользователей, подключаемых к базовым узлам региональной сети).

Эти факторы позволяют выделить специфические особенности формирования структуры региональной базовой сети электронной коммерции, которые заключаются в том, что:

- формирование должно проводиться поэтапно, с учетом выделенных ресурсов на каждом этапе и возможности внесения изменений в уже созданную ранее структуру;

- необходимо прогнозировать и планировать развитие базовой сети и согласовывать планы развития сети с планами развития региона;

- на каждом этапе должна создаваться связанная базовая сеть, обеспечивающая возможность обмена данными всем подключенным к ней пользователям региональной сети, через ресурсы (каналы связи и коммуникационные узлы) базовой сети;

– на каждом этапе должна решаться собственная задача формирования базовой сети, учитывающая специфические особенности данного этапа; базовая сеть должна иметь древовидную структуру, обеспечивающую возможность подключения новых базовых узлов при минимальных изменениях в сложившейся структуре;

– на каждом последующем этапе создания базовой сети число подключенных пользователей системы ИЭ не должно уменьшаться.

При этом и каждый этап создания базовой сети по-своему оригинален, и на каждом этапе (шаге) возможно несколько решений. Поэтому в распоряжении разработчиков и администраторов сети должны быть средства для анализа различных вариантов принимаемых решений, поиска решений, обеспечивающих выполнение заданных требований (ограничений). Специфика формирования структуры региональной базовой системы ИЭ определяет задачи, которые необходимо решить при формировании структуры:

- 1) формирование множества базовых узлов сети;
- 2) поэтапное формирование структуры базовой сети;
- 3) планирование развития базовой сети.

Здесь решение первой задачи предусматривает определение множества точек размещения базовых узлов на территории региона. При размещении базовых узлов предусматривается, что базовый узел обслуживает определенную зону, на которой размещены подключенные через него к системе ИЭ пользователи.

К точкам размещения предъявляются следующие требования: узел должен быть расположен таким образом, чтобы к нему можно было подключать пользователей (корпоративных и локальных сетей пользователей) региона, используя, в основном, средства создания «последней мили»; каждый узел должен быть расположен таким образом, чтобы к нему подходили каналы связи с другими узлами базовой сети и с каналами связи внешних телекоммуникационных систем; каждый узел должен по возможности локализовать трафик обмена между пользователями подключенных к нему корпоративных и локальных сетей; узел должен располагаться таким образом, чтобы обеспечить подключение к каналам связи региональных провайдеров связи.

Таким образом, задача формирования множества базовых узлов решается предварительно, перед началом создания базовой сети, и результатом ее решения должно быть множество точек размещения базовых узлов и требования к параметрам базовых узлов: область ответственности, используемые каналы связи, число обслуживаемых пользователей и объем обслуживаемого трафика. Необходимо отметить, что с развитием региона и системы ИЭ, а также с наблюдающимися в регионах процессами укрупнения и объединения провайдеров возможны изменения в составе и параметрах базовых узлов, что необходимо учитывать при построении базовой сети.

Решение второй задачи предусматривает получение структуры базовой сети с указанием конкретных каналов связи и провайдеров, соединяющих базовые узлы. В силу указанных особенностей формирование структуры базовой сети происходит поэтапно. При этом на каждом этапе, как отмечалось, возможна своя постановка задачи, учитывающая социальные и экономические требования руководства региона, изменения на рынке провайдерских услуг и потребности пользователей.

Решение третьей задачи должно обеспечить формирование требований к структуре базовой сети ИЭ на каждом этапе или после нескольких этапов. Наличие такой задачи обеспечивает постоянное совершенствование сети с учетом изменений в регионе, появлением новых информационных услуг, востребованных пользователями. Первая и третья задачи являются достаточно частными, в максимальной степени привязанными к особенностям региона, и их решение должно базироваться на конкретных данных об экономике региона.

В дальнейших работах основное внимание будет уделено решению задачи формирования структуры региональной базовой сети ИЭ.

Заключение

Реализация проекта базовой региональной сети в области ИЭ и электронной коммерции способна кардинально повысить качество дистанционных услуг, предоставляемых гражданам, проживающих в удаленных регионах. При этом важно осознавать, что новый уровень Интернет-услуг может быть достигнут лишь тогда, когда не только государственные структуры осуществляют трансформирование и совершенствование своих операций и процессов путем интеграции ведомственных информационных систем, включая системы электронного управления движением товаров, финансовых документов и многие другие подсистемы ИЭ, но и региональные телекоммуникационные компании, и бизнес-персонал будут готовы успешно функционировать в сфере новых информационных технологий в экономике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурков С.М., Житникова Л.М., Посвалюк Н.Э., Савин С.З. Моделирование региональных инфокоммуникационных систем. Владивосток: Дальнаука, 2009. – 160 с.
2. Бурков С.М., Маркелов Г.Я., Пугачев И.Н. Задачи системного анализа и методология формирования интеллектуальной системы управления транспортным комплексом города // [Вестник Тихоокеанского государственного университета](#). 2013. № 4 (31). – С. 83–90.
3. Бурков С.М., Савин С.З. Развитие дальневосточного информационно-коммуникационного пространства до 2050 г. Хабаровск: ТОГУ, 2013. – 160 с.
4. Бурков С.М., Мазаник Н.Н., Мендель А.В., Терещенко В.Д., Цицулин Е.А., Шоберг К.А. Оптимизация размещения функциональных подсистем и информационных ресурсов в региональной информационной сети с распределенной архитектурой // Труды Всероссийской научно-практической конференции «Информационные технологии и высокопроизводительные вычисления». Хабаровск, 20–24 июня 2013 г. Хабаровск: изд-во ТОГУ, 2013. – С. 53–58.
5. Вагнер Г. Исследование операций. В 3-х т., Т. 1. М.: Мир, 1973. – 360 с.
6. Вишневицкий В.М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей. М.: Техносфера, 2003. – 512 с.
7. Кристофидес Н. Теория графов. Алгоритмический подход. М.: Мир, 1978. – 432 с.
8. Курицкий А.Б. Интернет-экономика: закономерности формирования и функционирования. СПб.: Изд-во С.-Петербург. гос. ун-та, 2000. – 232 с.
9. Майника Э. Алгоритмы оптимизации на сетях и графах. М.: Мир, 1981. – 323 с.
10. Максимова Т.В. Место и роль интернет-экономики в экономической науке // Вопросы современной науки и практики. Ун-т им. В.И. Вернадского. 2013. № 1(45). – С. 162–168.

11. Нейман В.И. Структуры систем распределения информации. М.: Связь, 1975. – 264 с.
12. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Новые технологии и оборудование IP-сетей. СПб.: БХВ-Санкт-Петербург, 2000. – 512 с.
13. Полумиенко С.К., Рыбаков Л.А., Савин С.З., Турков С.Л. Информационное моделирование стратегий устойчивого развития региона // Региональные проблемы. Т. 16, №2, 2013. – С. 99–101.
14. Полумиенко С.К., Савин С.З., Турков С.Л. Информационные модели и методы принятия решений в региональных эколого-экономических системах. Владивосток: Дальнаука, 2007. – 356 с.
15. Семенов Ю.А. Сети Интернет. Архитектура и протоколы. М.: Сирин. 1998. – 424 с.
16. Смагин С.И., Михайлов К.В., Кривошеев И.А., Савин С.З. О технологии создания интерактивных информационных систем // Информатика и системы управления. № 1(27), 2011. – С. 115–120.
17. Стогний А.А., Полумиенко С.К., Савин С.З., Турков С.Л. Некоторые эвристические методы моделирования сложных эколого-экономических систем // Проблемы создания виртуальных информационных моделей. Владивосток: Дальнаука, 2006. – С. 43–57.
18. Танненбаум Э., Ван Стен М. Распределенные системы. Принципы и парадигмы. СПб.: Питер, 2003. – 877 с.
19. Фрэнк Г., Фриш И. Сети, связь и потоки. М.: Связь, 1978. – 448 с.
20. Mann C.L., Eckert S.E., Knight S.C. Global Electronic Commerce: A Policy Primer. Washington, DC: Institute for International Economics, 2000. – 62 p.
21. Modelling and Optimization of Complex System. Berlin: Shpringer-Verlag. 1979. – 293 p.

Стаття надійшла до редакції 22.04.2015