

На правах рукописи

Мелик-Шахназаров Артём Витальевич

**РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ ВЫЯВЛЕНИЯ
ВЗАИМОЗАВИСИМЫХ ФАКТОРОВ В
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОМ ТРАФИКЕ НА
ОСНОВЕ РЕГРЕССИОННО-КОГНИТИВНЫХ ГРАФОВ**

Специальность 05.13.13
Телекоммуникационные системы и компьютерные сети

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Самара, 2007

Работа выполнена в Государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Поволжская государственная академия телекоммуникаций и информатики»

Научный руководитель – доктор технических наук,
профессор Кораблин М.А.

Официальные оппоненты – доктор технических наук,
профессор Карташевский В.Г.,

кандидат технических наук,
доцент Симановский Е.А.

Ведущая организация – Институт проблем управления
сложными системами РАН.

Защита диссертации состоится «___» _____ 2007 г. в ___ час.
на заседании диссертационного совета Д 219.003.02 при Поволжской
государственной академии телекоммуникаций и информатики
(ПГАТИ) по адресу: 443010, г. Самара, ул. Л. Толстого, 23.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГОУВПО
ПГАТИ.

Автореферат разослан «_____» _____ 2007г.

Учёный секретарь
диссертационного совета Д 219.003.02,
д.т.н., доцент

Мишин Д.В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы

Количество видов телекоммуникационных услуг постоянно растет, а их объемы варьируются от клиента к клиенту, изменяются во времени, подвержены сезонным изменениям и т.п. Взаимосвязи между объемами услуг разных видов неочевидны: существуют ли скрытые связи между услугами, какова «сила» этих связей и к чему приведут возможные изменения объемов оказываемых услуг? Ответ на эти и подобные вопросы имеет вполне определенное практическое значение, позволяющее предсказать изменение объемов и, соответственно, экономические эффекты, свойственные той или иной ситуации, складывающейся на рынке телекоммуникационных услуг.

Одна из современных парадигм анализа данных, направленная на выявление скрытых закономерностей, реализуется при помощи методов информационной технологии Data Mining (Интеллектуальный Анализ Данных). Эта технология относится к мультидисциплинарной области, возникшей и развивающейся на основе достижений статистики, распознавания образов, методов искусственного интеллекта, теории баз данных. Большой вклад в развитие этой технологии внесли работы М. Бонгарда, Ф. Розенблатта, У. Мак-Каллока, У. Питса, Е.Фикса, Д. Ходжеса, Г. Лбова, Р. Фогеля, А.Ивахненко, Л. Бреймана, Т. Рипли, Т. Фрейдмана.

Методы технологии Data Mining широко применяются для анализа трафика в телекоммуникационных компаниях. Наиболее известными являются система MineSet и разработки С. Рамакришнана, А. Мейдана, Б. де Виля, В. Дюка, М. Куприянова, а также компаний SPSS, StatSoft, WizSoft, Megaputer, BaseGroup, Microsoft. Вместе с тем эти разработки не позволяют в полной мере реализовать выявление скрытых закономерностей в телекоммуникационном трафике, что ограничивает возможности их использования для достоверного прогнозирования объемов предоставленных услуг.

В связи с этим, решение проблемы разработки моделей выявления скрытых закономерностей в телекоммуникационном трафике, позволяющих рационально перераспределять ресурсы компании-оператора, является актуальной.

Объектом исследования являются данные биллинговой системы телекоммуникационной компании.

Целью работы является построение моделей для анализа информации, хранящейся в биллинговой системе, обеспечивающих рациональное использование ресурсов компании-оператора.

Для достижения поставленной цели требуется решить следующие **задачи**:

1. Провести анализ существующих биллинговых систем.
2. Выявить наиболее перспективные алгоритмы Data Mining для анализа трафика биллинговой системы.
3. Проанализировать выявленные алгоритмы с целью разработки моделей, которые позволят наиболее эффективно решать задачу прогнозирования трафика.
4. Разработать алгоритм анализа и прогноза объемов телекоммуникационных услуг.
5. Провести моделирование, основанное на предложенном алгоритме и реальных данных биллинговой системы, и сделать выводы о целесообразности использования предложенных моделей.

Методы исследования

Основные теоретические и экспериментальные исследования диссертационной работы выполнены с применением методов математической статистики, когнитивного моделирования, регрессионного анализа и использованием аналитической системы PolyAnalyst (Megaputer).

Научная новизна заключается в следующем:

Предложен новый алгоритм регрессионно-когнитивного моделирования, который позволяет производить прогнозирование объема трафика телекоммуникационной компании на основе биллингового файла. На базе предложенного алгоритма разработана модель, основанная на концепции когнитивных графов.

Практическая ценность работы

Представленное регрессионно-когнитивное моделирование позволит телекоммуникационным компаниям эффективно анализировать биллинговые файлы и выстраивать работу, ориентированную на качественное предоставление услуг клиентам для различных тарифных планов на этапе заключения договора.

Реализация результатов работы

Разработанный в работе алгоритм регрессионно-когнитивного моделирования принят к использованию Самарским филиалом ОАО «ВолгаТелеком», внедрен в учебный процесс в Поволжской государственной академии телекоммуникаций и информатики г. Самара.

Апробация работы

Основные результаты по теме диссертационного исследования докладывались на Международной научно-технической конференции

"Проблемы техники и технологии телекоммуникаций" (Самара, 2006). Научные и прикладные результаты диссертационной работы опубликованы в 5 статьях в периодических научных изданиях.

Публикации

Основное содержание диссертации отражено в 6 научных изданиях.

На защиту выносятся:

- модель прогнозирования объемов телекоммуникационных услуг, построенная на основе регрессионно-когнитивного анализа;
- алгоритм реализации вышеупомянутой модели применительно к реальным данным оператора связи;
- результаты применения модели для прогнозирования объемов телекоммуникационных услуг.

Структура и объём работы

Диссертационная работа состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка литературы и приложений. Основная часть работы содержит 136 страниц машинописного текста, 44 рисунка, 5 таблиц. Список литературы содержит 82 наименования.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение

Здесь обоснована актуальность темы, приведён обзор работ по теме диссертации, сформулированы цель и основные задачи исследования, описан состав и структура работы, определена научная новизна.

Глава 1 посвящена обзору биллинговых систем и структуре их построения. В ней обозначены цели исследования телекоммуникационного трафика.

Биллинговые системы представляют собой комплексы, работающие во взаимосвязи с коммутатором и другими внешними устройствами, вычисляющие стоимость услуг связи для каждого клиента, хранящие информацию обо всех тарифах и прочих стоимостных характеристиках, которые используются телекоммуникационными операторами для выставления счетов абонентам и взаиморасчетов с другими поставщиками услуг. На рисунке 1 представлены «стандартные» функции биллинговых систем.

Управление трафиком на сегодняшний день является одной из центральных задач телекоммуникационного оператора. Аналитическое управление позволит оператору найти в своем трафике такие зависимости, которые ранее не учитывались, но правильное использование которых позволит установить взаимосвязи между предлагаемыми

услугами. Использование этих взаимосвязей позволит оператору создать новые модели, которые скрыты в файлах данных и использование которых может быть гарантом успешной работы на телекоммуникационном рынке.



Рисунок 1. Функции биллинговой системы.

Глава 2 посвящена сравнительному анализу использования методов Data Mining (интеллектуальный анализ данных), для выявления скрытых закономерностей в информации о трафике, содержащейся в биллинговой системе

В телекоммуникациях технология Data Mining используется для решения различных задач:

- Сегментация рынка, с помощью которой компании могут создавать «маркетинговые сегменты», объединяя клиентов в группы по предпочтениям и запросам, используемым услугам и их объемам;
- Построение профиля абонента компании для выработки целенаправленной маркетинговой политики, обеспечения лояльности клиента;
- Повышение эффективности рекламных кампаний путем выделения целевой аудитории (Direct marketing);
- Выявление групп нелояльных абонентов.

- Персонализация содержания web-сайта оператора для привлечения и удержания посетителей сайта, увеличения продаж услуг через Интернет.

- Управление телекоммуникационным трафиком и перераспределение услуг, предоставляемых телекоммуникационной компанией.

- Предоставления данных для CRM и ERP систем.

Одной из актуальных задач для любого телекоммуникационного оператора является задача управления трафиком, связанная с перераспределением услуг. Решение данной задачи позволит, например, решать такую проблему, как загруженность каналов. Задачу можно решить, используя эволюционное программирование, имеющее в своем составе мощный аналитический аппарат.

Глава 3 посвящена исследованию нового класса регрессионно-когнитивных моделей (РКМ). В ней приведены основные принципы моделирования при помощи данной методологии, описаны системные подходы, связанные с прогнозированием объемов трафика телекоммуникационной компании на основе данных биллинговой системы.

Когнитивный подход к поддержке принятия управленческих решений ориентирован на то, чтобы активизировать интеллектуальные процессы эксперта и помочь ему зафиксировать свое представление о проблемной ситуации в виде формальной модели. В качестве такой модели обычно используется так называемая когнитивная карта ситуации (А. Кулинич, Ф. Робертс, Д. Хейс), которая представляет известные эксперту основные законы и закономерности наблюдаемой ситуации в виде ориентированного знакового графа, в котором вершины графа – это факторы (признаки, характеристики ситуации), а дуги между факторами – причинно-следственные связи.

Графовая модель такой карты характеризуется наличием вершин-факторов и дуг, помеченных знаками «+» и «-». Такая разметка определяет положительные и отрицательные связи между факторами. Пример когнитивной карты некоторой ситуации для рынка телекоммуникационных услуг представлен на рисунке 2. Более детальная модель требует перехода на следующий уровень структуризации информации, т.е. к собственно когнитивной модели. Цель когнитивного моделирования заключается в генерации и проверке гипотез о функциональной структуре наблюдаемой ситуации, способной объяснить поведение системы.

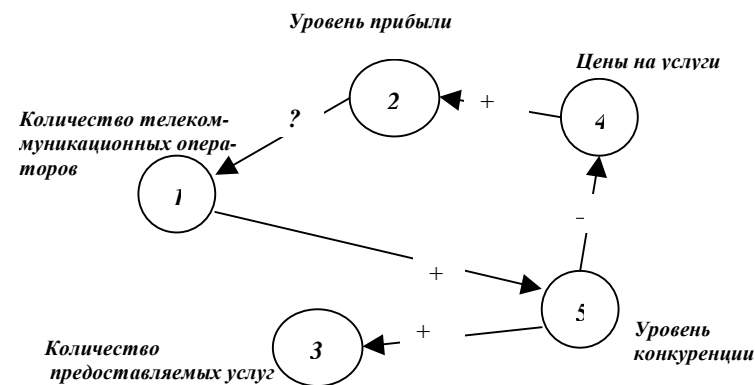


Рисунок 2. Пример когнитивной карты ситуации

На рисунке 3 отражена схема взаимодействий когнитивного моделирования, в основу которого положены входные факторы. С учетом этих факторов создается модель исследуемой ситуации как совокупность гипотез, способных объяснить развитие системы. Кроме того, создаются гипотезы, способные объяснить механизмы влияния между теми или иными факторами системы и установить причинно-следственные связи между ними.

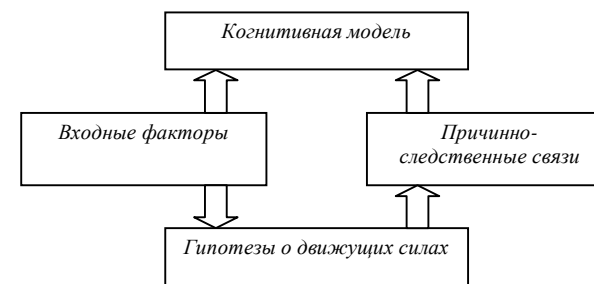


Рисунок 3. Схема взаимодействий когнитивного моделирования

Такие взаимосвязи, как правило, не очевидны, поэтому возникает вопрос: существуют ли скрытые связи между различными факторами, какова «сила» этих связей и к чему приведут возможные количе-

ственные изменения для каждого из факторов. Ответ на эти и подобные вопросы имеет вполне определенное практическое значение, позволяющее предсказать экономические эффекты, свойственные той или иной ситуации, складывающейся на рынке телекоммуникационных услуг.

Для анализа и прогнозирования взаимовлияний телекоммуникационных факторов предлагается использовать методологию регрессионно-когнитивного моделирования, которая дополняет когнитивный граф ситуации механизмами регрессионного анализа. Весь процесс регрессионно-когнитивного моделирования можно разделить на несколько этапов, представленных на рисунке 4.

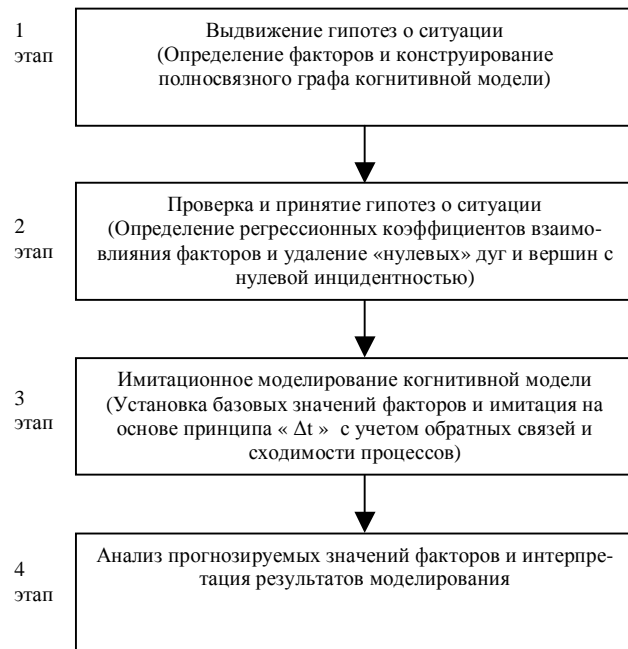


Рисунок 4. Этапы регрессионно-когнитивного моделирования

На первом этапе регрессионно-когнитивного моделирования происходит представление всех имеющихся факторов в виде когнитивной карты, которая должна отражать общие представления о ситуации в виде определенных семантических категорий, под которыми понимаются признаки, факты, события, понятия, имеющие отношение к конкретной ситуации.

На следующем этапе на основе имеющихся данных проводится количественный анализ взаимных влияний в сконструированном полносвязном графе. Для этого создается регрессионная модель для каждого из имеющегося набора факторов.

$$\begin{cases} \forall i/i = \overline{1, n}; \quad \forall j/j = \overline{1, n}; \quad \text{except } i = j; \\ \Phi_i = \Phi_{i\bar{0}} + \sum_{j=1}^n k_{\Phi_j} \rightarrow \Phi_i \cdot \Phi_j \\ j \neq i \end{cases} \quad (1)$$

Здесь представлена линейная модель из n факторов, $\Phi_{1\bar{0}}, \Phi_{2\bar{0}}, \dots, \Phi_{n\bar{0}}$ – базовые значения факторов (свободные члены регрессий), k – коэффициенты влияния. Например, $k_{\Phi_1 \rightarrow \Phi_2}$ определяет влияние фактора Φ_1 на фактор Φ_2 .

В общем случае влияние связей и цепочек когнитивного графа исследуемой системы, реализуемое через коэффициенты влияния $k_{\Phi_i \rightarrow \Phi_j}$, определенные статистическими методами, должны учитывать и временные задержки изменения зависимых и влияемых факторов. Такие задержки в простейшем случае можно рассматривать как одинаковые для всех факторов, определяемые из практических соображений, связанных с поставленной задачей. В этом случае моделируемые процессы приобретают характер временных рядов, когда каждое прогнозируемое значение любого фактора отстоит от его предыдущего значения на величину Δt – интервала дискретизации, свойственного системе (так называемый принцип « Δt » в имитационном моделировании). Введение этого аспекта преобразует систему уравнений (1) в систему динамических процессов, анализ которых требует в общем случае использования методов имитационного моделирования. В этом состоит третий этап исследования (см. рисунок 4). Этот этап должен демонстрировать динамику развития РКМ, показывая хронологическую «борьбу» тенденций для сигнальной формы графа.

Для РКМ, включающей фактор-вершину времени (t) система уравнений (1) преобразуется к следующему виду:

$$\begin{cases} \forall i/i = \overline{1, n}; \quad \forall j/j = \overline{1, n}; \quad \text{except } i = j; \\ \Phi_i = \Phi_{i\bar{0}} + \sum_{j=1}^n k_{\Phi_j} \rightarrow \Phi_i \cdot \Phi_j + k_t \rightarrow \Phi_i \cdot t \\ j \neq i \end{cases} \quad (2)$$

В общем случае линейная компонента $F_i(t) = k_{t \rightarrow \phi_i} \cdot t$ для многих ситуаций оказывается слишком упрощенной (недостовойной). Поэтому хронологический аспект РКМ целесообразно реализовать с использованием обобщенной авторегрессии, которая связывает текущее значение фактора $\Phi_i(t)$ с предыдущим его значением $\Phi_i(t - \Delta t)$, а в более сложных случаях с предыдущими значениями:

$$\Phi_i(t) = F[\Phi_i(t - \Delta t), \Phi_i(t - 2\Delta t), \mathbf{K}, \Phi_i(t - k\Delta t)]$$

Здесь t – время, k – порядок авторегрессии. Ограничиваясь значениями $k=1$, систему хронологических взаимовлияний факторов можно представить следующей линейной моделью:

$$\left\{ \begin{array}{l} \forall i/i=1,n; \quad \forall j/j=1,n; \quad \text{ехерт}i=j; \\ \Phi_i(t) = \Phi_{i0} + \sum_{j=1}^n k_{\phi_j \rightarrow \phi_i} \cdot \Phi_j(t - \Delta t) \end{array} \right. \quad (3)$$

Здесь коэффициент $k_{\phi_j \rightarrow \phi_i}$ определяет авторегрессию $\Phi_i(t)$ на $\Phi_j(t - \Delta t)$, реализуемую петлей обратной связи.

Общая постановка задачи целевого управления в рамках РКМ связана с выделением целевой вершины-фактора, значение которого желательно повысить, понизить или «вписать» в определенный диапазон значений. При этом структура РКГ остается прежней, а задача поиска заключается в таком подборе коэффициентов – дуг графа, при котором реализуется желаемая цель.

Методология поиска решения в сочетании с РКМ в первую очередь полезна для моделирования варианта принимаемого решения, тактики или стратегии управления. Конструируемая модель поиска решения в совокупности с моделями РКМ позволит найти оптимальный вариант решения перехода от реального значения какого-либо фактора к желаемому, который может быть использован при принятии соответствующего решения.

Глава 4 посвящена использованию предлагаемой методологии РКМ для обработки реальных данных биллинговой системы. Здесь получены конкретные результаты прогнозирования, на основе которых компания-оператор может выстраивать свою работу более эффективно. Целью данной главы является анализ прогностических возможностей регрессионно-когнитивного моделирования на предмет определения перспективности его использования для прогнозирования объемов телекоммуникационных услуг.

В работе был использован анализ биллингового файла для прогнозирования объемов четырех видов услуг: международная связь (М), местная связь (МС), передача данных (ПД) и Интернет (И) с учетом фактора времени, в качестве которого выступает месяц предоставления услуги (Месяц).

Пример структуры полученного файла в системе PolyAnalyst, в которой будет реализован последующий анализ, представлен на рисунке 5, где значения по видам услуг отражены в рублях.

Измен	Нов	Разб	Иссл	Стат	Эксп	Частоты	Удал
No	месяц	интернет	международная связь	местная связь	передача данных		
1	1	166424	154447	28231	1455131		
2	2	207866	129258	27928	1222285		
3	3	289821	155790	28376	1220018		
4	4	195575	197008	27915	0		
5	5	165996	175809	28084	1033647		
6	6	452270	189577	28355	0		
7	7	229381	182717	28013	0		
8	8	411082	154740	28010	0		
9	9	426795	187541	27993	0		
10	10	399175	189434	39067	0		

Рисунок 5. Структура биллингового файла в системе PolyAnalyst

На рисунке 6 приведен когнитивный граф, иллюстрирующий возможные связи между услугами. Двухнаправленные стрелки иллюстрируют взаимные влияния факторов друг на друга. Для количественного анализа таких влияний, используется линейная регрессионная модель вида:

$$\left\{ \begin{array}{l} И = И_0 + k_{M \rightarrow И} \times M + k_{МС \rightarrow И} \times МС + k_{ПД \rightarrow И} \times ПД + k_{Месяц \rightarrow И} \times Месяц; \\ М = k_{И \rightarrow М} \times И + М_0 + k_{МС \rightarrow М} \times МС + k_{ПД \rightarrow М} \times ПД + k_{Месяц \rightarrow М} \times Месяц; \\ МС = k_{И \rightarrow МС} \times И + k_{М \rightarrow МС} \times М + МС_0 + k_{ПД \rightarrow МС} \times ПД + \\ k_{Месяц \rightarrow МС} \times Месяц; \\ ПД = k_{И \rightarrow ПД} \times И + k_{М \rightarrow ПД} \times М + k_{МС \rightarrow ПД} \times МС + ПД_0 + \\ k_{Месяц \rightarrow ПД} \times Месяц. \end{array} \right.$$

где $М_0, И_0, МС_0, ПД_0$ – базовые объемы по видам услуг (свободные члены регрессий), k – коэффициенты влияния. Например, $k_{М \rightarrow И}$ определяет влияние объемов международной связи на объемы услуг Интернета.

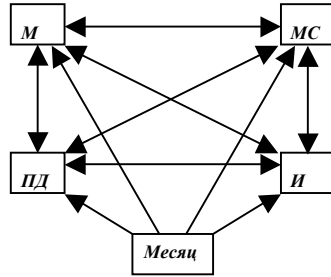


Рисунок 6. Полносвязный граф, иллюстрирующий возможные связи между услугами с учетом фактора времени

Для построения модели РКМ при помощи системы PolyAnalyst конструируются линейные регрессионные уравнения для каждой из вершин графа, за исключением вершины «Месяц». Для этого анализируются данные биллинговой системы, поочередно задавая необходимую вершину и все факторы, от которых может зависеть целевой фактор.

В качестве примера на рисунке 7 представлен текстовый отчет выполненного регрессионного анализа в системе PolyAnalyst для вершины Интернет (И).

Из отчета для вершины «Интернет» видно, что на нее влияют все виды услуг, но не влияет месяц предоставления услуги, причем наибольшее положительное влияние оказывает «Местная связь», также положительная сила влияния и у «Передачи данных», а «Междугородняя связь» оказывает отрицательное влияние.

Текстовый отчет - LR_интернет				
Найдено правило: интернет = 28704,3 -0,092964* междугородняя связь + 0,359721* местная св.язь + 0,0560489 * передача данных				
стандартная ошибка	0,6632			
R squared	0,67221			
стандартное откл.	1,372e+05			
обработано точек	800			
индекс значимости	49,96			
свободный член	2,87e+04			
стд. откл. своб. члена	17,7			
Факторы:				
Имя	коэф.	стд.откл.	F-ratio	част. сумма кв.
междугородняя связь	-0,09296	0,02977	9,752	0,001011
местная связь	0,3597	0,04663	59,5	0,06645
передача данных	0,05605	0,0371	2,282	0,002656

Рисунок 7. Текстовый отчет регрессионного анализа для вершины «Интернет» с учетом фактора «Месяц»

Результирующие значения базовых объемов и коэффициентов сведены в таблицу 1, где по диагонали расставлены базовые объемы услуг, а в остальных клетках коэффициенты линейных связей.

Таблица 1. Регрессионные коэффициенты линейных связей и базовые значения полученной регрессионной модели.

	И	М	МС	ПД	Месяц
И	28704,3	-0,092964	0,359721	0,0560489	0
М	-0,128943	114059	0,831809	0	-4651,8
МС	0,193472	0,320125	18804	-0,0349213	2884,39
ПД	0,0398273	0	0	20869	-5312,49

Полученная регрессионно-когнитивная модель позволяет на основе общей информации проводить прогнозирование объемов услуг с учетом временного фактора, т.е. появляется возможность прогнозирования величины той или иной услуги для любого месяца в году, на который необходимо сделать прогноз. Система (Иб, Мб, МСб, ПДб) рассматривается как планируемые объемы услуг, реализуемые в определенный период времени.

На последующих рисунках приведены примеры перераспределения услуг, отраженных при помощи графика Кивиата. Данные рисунки иллюстрируют сочетание плановых объемов услуг (Иб, Мб, МСб, ПДб) и ожидаемых результатов такого планирования (И, М, МС, ПД), предсказанных системой. Кроме того, на представленных ниже рисунках отражены соответствующие суммарные объемы по видам услуг $\Sigma б = (Иб + Мб + МСб + ПДб)$ и $\Sigma = (И + М + МС + ПД)$.

Рисунок 8 иллюстрирует вариант, когда скрытые стационарные связи между объемами услуг в первом месяце увеличивают объем Σ по сравнению с $\Sigma б$, т.е. обеспечивают дополнительную прибыль за счет перераспределения плановых объемов по видам услуг. Здесь заявленный нулевой объем местной связи (МС) вызывает «перетекание» объемов Интернета (И) и междугородней связи (М) в местную связь, т.к. услуги И и М нуждаются в МС.

Рисунок 9 иллюстрирует обратную ситуацию, связанную с уменьшением Σ по сравнению с $\Sigma б$. Кроме того, при тех же базовых значениях с учетом того, что прогнозирование проводится для девятого месяца, значения объемов И и М уменьшаются, что опять же связано с их физической зависимостью от МС. Также следует отметить, что объем услуги ПД с увеличением месяца также уменьшается, что может быть связано с сезонной зависимостью этого фактора.

$(\Pi_6, \text{MC}_5, \text{MC}_6; \Pi\Pi_6) = (28704; 138916; 0; 49685)$ $\Sigma_6 = 217306$
 $(\Pi_7, \text{M}_7, \text{MC}_7; \Pi\Pi_7) = (18575; 130663; 53934; 45625)$ $\Sigma = 248798$

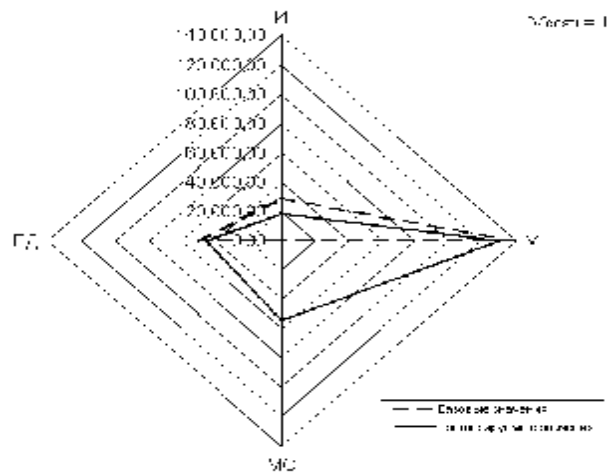


Рисунок 8. Пример перераспределения услуг в январе

$(\Pi_9, \text{M}_9, \text{MC}_9; \Pi\Pi_9) = (28704; 138916; 0; 49685)$ $\Sigma_9 = 217306$
 $(\Pi_9, \text{M}_9, \text{MC}_9; \Pi\Pi_9) = (18575; 93449; 77010; 3125)$ $\Sigma = 192159$

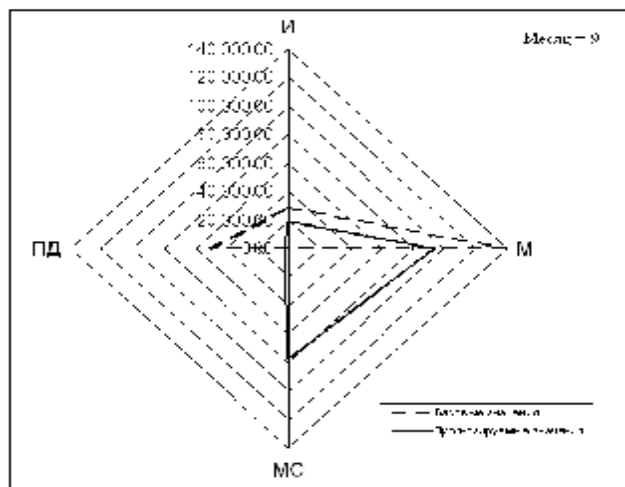


Рисунок 9. Пример перераспределения услуг в сентябре.

Заключение

В заключении сформулированы результаты работы. Были решены следующие задачи:

- Обозначена необходимость эффективного управления телекоммуникационным трафиком с целью увеличения доходов оператора связи.
- Проведен анализ существующих биллинговых систем, рассмотрены возможности сбора и хранения информации о трафике.
- Осуществлен сравнительный анализ алгоритмов выявления скрытых закономерностей и предложен наиболее перспективный для анализа телекоммуникационного трафика.
- На основании выбранного алгоритма построена модель, апробированная на данных биллинговой системы оператора связи, и сделаны выводы о возможности управления трафиком с её помощью.

Публикации:

1. Кораблин М.А., Мелик-Шахназаров А.В., Салмин А.А. Методы регрессионно-когнитивного анализа в задачах прогнозирования данных биллинговой системы России. [Электронный документ] //Исследовано в России – С. 785-792 Режим доступа: <http://zhurnal.gpi.ru/articles/2005/075.pdf> - 02.04.2007
2. Кораблин М.А., Мелик-Шахназаров А.В., Салмин А.А. Регрессионно-когнитивные графы в задачах анализа биллинговых систем. // Информационные технологии, 2005, № 8, стр. 35-39
3. Кораблин М.А., Мелик-Шахназаров А.В., Салмин А.А. Оценка лояльности клиентов телекоммуникационной компании на основе байесовского подхода. // Информационные технологии, 2006, № 4, стр. 63-67
4. Кораблин М.А., Мелик-Шахназаров А.В., Салмин А.А. Байесовский подход для оценки лояльности клиентов телекоммуникационной компании. // Инфокоммуникационные технологии, 2006, том 4, № 2, стр. 85-90
5. Львов А.А., Мелик-Шахназаров А.В. Биллинг как организация бизнеса // Инфокоммуникационные технологии 2005.- с.42-44
6. Мелик-Шахназаров А.В. Место аналитического CRM в потоке различных решений и модулей управления взаимоотношениями с клиентами телекоммуникационной компании // Материалы VII международной научно-технической конференции "Проблемы техники и технологии телекоммуникаций", Самара, ПГАТИ, 20-23 ноября 2006, с.162-164