

УДК 621.391

# КРИТЕРИЙ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ДИСПЕТЧЕРОВ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ ДАТАЦЕНТРОВ



[В.Е. САВАНЕВИЧ](#),

[Д.В. АГЕЕВ](#),

[В.Н. ТКАЧЁВ](#)

Харьковский национальный  
университет радиоэлектроники

*Розглянуто проблематику функціонування автоматизованих диспетчерів розподілених дата центрів та запропоновано введення критерію систем розподілення контенту, розроблено пропозиції щодо методики вибору його параметрів.*

*The problem of functioning the automated controllers of up-diffused datacenters is considered and introduction by criterion of the systems distributing content is offered, developed suggestion on the method of choice parameters of this criterion.*

*Рассмотрена проблематика функционирования автоматизированных диспетчеров распределенных датацентров и предложено введение критерия систем распределения контента, разработаны предложения по методике выбора параметров данного критерия.*

## Введение

Сложность любых функциональных систем при прочих равных условиях определяется разнообразием входных воздействий. В телекоммуникациях для систем распределения контента (СРК) все возможные входные воздействия составляют пространство запросов (ПЗ), содержащие все возможные сочетания запросов пользователей на длительном интервале работы системы. В связи с этим сложность телекоммуникационных систем распределения контента определяется, с одной стороны, разнообразием контента, а с другой – энтропией их пространств запросов или, в общем случае, – средними затратами на приобретение, хранение и передачу пользователям контента.

В классе СРК можно выделить подкласс малых СРК с достаточно простым ПЗ. Их функционирование достаточно однообразно. В данных системах один и тот же вид запроса всегда одинаково проходит по одним и тем же агрегатам (подсетям) и приводит к одному и тому же функционированию элементов СРК. К числу указанных систем можно отнести сервер-концентратор контента небольшой локальной сети, банковские системы sms-информирования и т.д. Все они проектируются классическим образом. Формализуется модель функционирования СРК, выбирается критерий, ставится и решается оптимизационная задача. Например, задача минимизации затрат на создание и эксплуатацию СРК при обеспечении заданного качества обслуживания потребителя.

Более сложную структуру ПЗ имеют СРК небольшого города. В этом случае также существует принципиальная возможность проектирования соответствующих СРК минимальной сложности. К сожалению, данная возможность зачастую лишь потенциальна. Во-первых, с какого-то момента достаточно трудно рассмотреть все

возможные сценарии последовательностей запросов и условия их выполнения. Но, даже если это и возможно, существенно увеличивается время проектирования таких систем.

Рано или поздно СРК становится большой – ее точное проектирование не реализуемо за приемлемое время. Кроме того, определение оптимальной реакции такой системы на очередной запрос при условии, что ее подсистемы находятся в определенном состоянии, также не реализуемо за приемлемое время. Таким образом, существуют экстремальные СРК, которые, с одной стороны, потенциально обеспечивают заданное качество обслуживания при минимальных затратах, а с другой – требуют для своего управления длительного и даже бесконечного времени. Так, например, практически невозможен синтез оптимального размещения контента при заданной структуре телекоммуникационного датацентра.

Попытками построения данных систем являлись ранние проектные решения мировых лидеров в области распределения контента между своими серверами в различных странах.

Существуют функциональные системы, допускающие точное проектирование, но не реализуемые на практике. Одновременно существуют аналогичные по функциям системы, которые допускают практическую реализацию, но не могут быть точно спроектированными.

Существует единственная возможность разрешения указанного противоречия. Необходимо представить систему совокупностью диспетчера и взаимно независимых агрегатов. Саму же систему следует "оснастить" поведенческой моделью. Диспетчер должен работать на основании критерия функционирования (поведения) СРК. При этом диспетчер и агрегаты могут быть чисто абстрактными, физически не существующими. А структура агрегатов должна быть простой, т.е. доступной для точного проектирования (оптимизации). Тем самым сложность системы, вызванная громоздкостью ПЗ (разнообразием внешних запросов), переносится со сложности структуры системы на сложность ее функционирования. В таких системах исчезает взаимно однозначное соответствие между их структурой и поведением. Именно такие системы принято называть сложными [3].

Можно привести еще один довод в пользу такого подхода. Согласно исследованиям фон Неймана [4], с определенного момента структура элементов системы может быть зафиксирована и более не усложняться. Данный практический вывод основан на теоретической возможности существования универсального автомата, системы такой степени сложности, которая при наличии правильно заданных инструкций может выполнять операции любой другой системы. Например, такая инвариантность характерна для ЭВМ. Иными словами, на определенном этапе эволюции функциональных систем исчезает необходимость дальнейшего усложнения структуры самих систем и их агрегатов. Для этого оказывается достаточным задавать все более подробные и сложные инструкции.

Целью работы является введение критерия функционирования СРК и разработка предложений по методике выбора параметров данного критерия.

## I. Анализ публикаций

По своей сути высказанное выше предложение наделяет СРК адаптационным поведением. Для количественного анализа работы функциональной системы поведенческого типа необходима мера целесообразности ее поведения. Исторически [5] в качестве первой меры целесообразности поведения системы был использован критерий минимума затрат при выполнении системой ее функции (1954). Однако данный критерий касался скорее структуры системы, чем ее поведения. Он, как сейчас понятно, не учитывал стремления к экспансии системы с избытком ресурсов, не учитывал консерватизма в поведении (предпочтение апробированного наилучшему), не учитывал адаптивности целей, которые ставит мегасистема системе. Данные недостатки, в части экспансивного поведения, компенсировал критерий максимума энтропии (60-е годы). Однако и он не был свободен от остальных недостатков. В 1990-м году в качестве критерия поведения было предложено использовать взвешенную разность средней взаимной информации между ансамблями входных воздействий (стимулов) и результатов (реакций) функциональной системы и затрат данной системы [5].

В информационной теории систем (ИТС) подобная мера была введена несколько ранее [6]. Однако здесь в качестве критерия целесообразного поведения была использована только средняя взаимная информация, без учета затрат системы.

В ИТС считается, что «качество работы (степень целесообразности поведения) определяется видом распределения  $P(X,U)$  вероятностей сложных событий, состоящих в том, что на входе системы поступает поток запросов  $x_j \in X$ , а на ее выходе через определенный промежуток времени появляется поток ответов  $u_i \in U$ , где  $X$  и  $U$  – множества запросов и ответов соответственно». При этом в качестве меры или оценки целесообразного поведения системы используется функция  $f[P(X,U)]$  со следующими свойствами:

1) при полной статистической независимости запросов и ответов системы  $p(x_j, u_i) = p(x_j)p(u_i)$  функция  $f[P(X,U)]$ , принимая свое минимальное значение, тождественна нулю;

2) при полном соответствии ответа запросу  $p(u_i/x_j) = p(x_j, u_i)/p(x_j) = 1$  функция  $f[P(X,U)]$  принимает свое максимальное значение;

3) функция  $f[P(X,U)]$  аддитивна.

Всем трем указанным свойствам удовлетворяет функция

$$f[P(X,U)] = \log \frac{p(x_j, u_i)}{p(x_j)p(u_i)}, \quad (1)$$

которая является случайной взаимной информацией.

В дальнейшем авторы ИТС [6], считая любые воздействия и результаты работы системы равноправными, усредняют по ним функцию (1)

$$C = \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I p(x_j, u_i) \log \frac{p(x_j, u_i)}{p(x_j)p(u_i)} = I_{XU}, \quad (2)$$

где  $J, I$  – число состояний запросов и ответов СРК соответственно.

При этом мера целесообразного поведения (полезного эффекта) системы становится равной средней взаимной информации между множествами запросов и ответов системы. Затраты в данную меру не включаются и не учитываются при оценке полезного эффекта системы.

В рамках теории планирования экспериментов при построении последовательного плана проверки гипотез о математической модели наблюдаемого процесса предлагается проводить очередной эксперимент в точке факторного пространства, которая максимизирует среднее количество информации о номере гипотезы [7]. Причем количество информации определяется как разность энтропий априорных и апостериорных вероятностей гипотез.

При проектировании автоматизированных систем контроля и управления было предложено [8] использовать в качестве критерия эффективности проверки отношение приращения среднего количества информации (как разности энтропий пространства состояний до и после проверки) к затратам на проведение данной проверки. В дальнейшем данный критерий нашел широкое применение в функционально-стоимостном анализе [9]. При этом критерии, предложенные в работах [5], [8], представляют собой аддитивную и мультикативную форму одной и той же «функции полезности» [9].

Можно показать [10], что в СРК наперед заданное значение средней взаимной информации (СВИ) между запросами и ответами не предъявляет однозначных требований к показателям качества обслуживания клиентов. При этом систем с одинаковой СВИ бесконечное множество, даже при заданных пространствах запросов и ответов. Тем самым СВИ можно признать мерой эффекта, однако никак нельзя признать поведенческой мерой, приводящей к достижению цели. Переход от случайной взаимной информации к средней часто характеризует лишь необходимое условие достижения цели.

Введение совокупности частных критериев целесообразности функциональной системы не является абсолютно новым делом. Например, качество передачи речи в пакетных сетях характеризуется такими параметрами как задержка, джиттер, процент потерь пакетов.

## II. Введение темпорального критерия функционирования больших телекоммуникационных систем

Выше сделано предположение о том, что разные состояния потока заявок и пакетов для СРК имеют различную ценность. Следующим шагом к детализации условий, приводящих к достижению цели, следует считать вектор средних частных взаимных информаций между каждым запросом и ответом СРК с элементами:

$$I_{x_j U} = \sum_{i=1}^I p(u_i/x_j) \log \frac{p(u_i/x_j)}{p(u_i)}. \quad (3)$$

Вектор с элементами, рассчитанными на основе выражения (3), точно определяет необходимые условия достижения цели, тем самым являясь удобной мерой целенаправленного поведения ТКС, в частности СРК.

Цель не всегда оправдывает средства. Часто предпочтительней с помощью ме-гасистемы переформулировать цель, чем заплатить слишком большую цену за ее достижение. Тем самым, согласно [5], следует дополнительно учесть совокупность разнотипных затрат, например, энергетические (передача данных) и вычислительные (сжатие данных) затраты. Далее можно от совокупности частных критериев перейти к скалярному критерию, задавая совокупности весовых множителей цели системы  $B = \{\beta_1, \dots, \beta_I\}$  и совокупности весовых множителей, характеризующих представление системы о дефиците своих ресурсов  $\Gamma = \{\gamma_1, \dots, \gamma_V\}$ :

$$K_{AT} = \sum_{j=1}^I \beta_j I_{x_j U} - \sum_{v=1}^V \gamma_v z_v, \quad (4)$$

где  $V$  – число агрегатов СРК.

Критерий целесообразного поведения функциональной системы (4) является уточнением ранее введенных [5], [6] критериев информационного типа. Он принадлежит к классу аддитивных функционально-стоимостных критериев [9].

Анализ реальных систем позволяет сделать вывод о том, что весовые множители  $\beta_j, \gamma_v$  зависят от задач, возложенных на систему, воздействий на входе системы, а также состояния ее средств и ресурсов. Все эти компоненты, особенно при проектировании больших систем, являются функциями времени. Тем самым атемпоральный критерий целесообразного поведения (4) необходимо заменить темпоральным (зависящим от времени):

$$K_T = \sum_{j=1}^I \beta_j(t) I_{x_j U} - \sum_{v=1}^{V_{\text{зат}}} \gamma_v(t) z_v. \quad (5)$$

Минимизация (5) достаточно сложна. Она и без того усложняется, в том числе из-за отсутствия сведений о будущих целях системы и ее состоянии в последовательности временных интервалов. В связи с этим предлагается использовать принцип близкодействия [14], лежащий в основе поведения многих живых объектов и функционирования многих технических систем.

В соответствии с этим принципом оптимизации подлежат действия только текущего шага. Последнее позволяет заменить частные взаимные информации  $I_{x_j U}$  и затраты  $z_v$  их приращениями на шаге  $\Delta I_{x_j U}$  и  $\Delta z_v$  соответственно. При этом темпоральный критерий целесодержательного поведения (5), с учетом принципа близкодействия, примет вид:

$$K_{ТБ} = \sum_{j=1}^I \beta_j(t) \Delta I_{x_j U} - \sum_{v=1}^{V_{за}} \gamma_v(t) \Delta z_v. \quad (6)$$

Модель целенаправленного поведения (5), (6) является достаточно широкой, общей. Действия функциональных систем в соответствии с максимизацией соответствующих критериев будут разнообразны настолько, насколько это необходимо для достижения стоящих перед ними целей.

### III. Формальная связь введенного критерия с общей постановкой задачи оптимальных действий телекоммуникационного датацентра по обслуживанию запросов клиентов

Еще одним доводом к использованию критерия функционирования больших СРК является его подобие общему виду решения задач оптимальных действий по обслуживанию заявок клиентов в распределенном датацентре.

В области действия распределенного датацентра находится  $Q$  клиентов с тарифными планами  $\Omega_Q = \{\theta_1, \dots, \theta_j, \dots, \theta_Q\}$ . В СРК на момент времени  $t_0$  поступила определенная совокупность запросов. Запросы между собой от одного и того же и различных клиентов независимы. Считается, что без запроса клиент контент не получает. Если клиент заказал  $i$ -й контент, то он либо получит  $i$ -й контент или не получит никакого контента вовсе (ошибки в определении номера контента не рассматриваются). Повторные запросы не рассматриваются.

Системы хранения данных (СХД) распределенного датацентра имеют каналы связи с ограниченной пропускной способностью. Если под затратами понимаются затраты на доставку контента от одного из СХД до клиента, то имеется в виду часть пропускной способности его канала связи, используемая при выполнении заявки.

В любом случае за  $h$ -й интервал времени распределенный датацентр в состоянии передать контент с суммарным объемом  $V_h$ , не превышающим некую пропускную способность  $C_h$ :

$$V_h = \sum_{j=1}^Q V_{hj} \leq C_h, \quad (7)$$

где  $V_{hj}$  – часть пропускной способности канала связи, связанная с обслуживанием  $j$ -го клиента на  $h$ -м интервале времени.

При одновременном учете ограничений на пропускную способность отдельных СХД ограничение (7) должно быть дополнено  $N$  ограничениями типа:

$$V_{hn} = \sum_{j=1}^Q V_{hnj} \leq C_{hn} \quad \text{для} \quad n = \overline{1, N}, \quad (8)$$

где  $C_{hn}$  – пропускная способность канала связи  $n$ -го СХД на  $h$ -ом интервале времени;  $V_{hn}, V_{hnj}$  – объем передаваемых данных в канале связи для обслуживания  $j$ -го клиента  $n$ -го СХД на  $h$ -ом интервале времени для всех СХД.

Под затратами на обслуживание заявки клиента понимается часть пропускной способности датацентра в целом или его СХД, связанная с обслуживанием данного клиента, запроса. В качестве ответов распределенного датацентра могут являться:

- отправить контент с основного датацентра;
- отправить контент от датацентра, являющегося ближайшим к клиенту;
- отправить контент датацентру, являющемуся соседним датацентром, и от него - клиенту;
- отложить обработку запроса с уведомлением клиента (поставить в очередь);
- отказ в обслуживании.

В любом случае затраты, связанные с определенным  $\nu$ -м способом отработки запроса, полученного от определенного  $j$ -го клиента  $Z_{\nu j}$ , считаются заданными.

В настоящее время практически отсутствуют битовые ошибки передачи контента, а требования по времени его доставки выполняются с единичной вероятностью. В данных условиях качество обслуживания  $j$ -го клиента определяется объемом контента, который он получил. При этом требования клиентов к их обслуживанию распределенным датацентром на момент времени  $t_1$  могут быть представлены в виде вектора с независимыми требованиями по объему требуемых клиентами данных  $W_{t1} = \{W_{11}, \dots, W_{1J}\}$ . Можно сказать, что имеет место задача по обеспечению этих требований  $g_1$ .

Итак, оптимизационная задача при наличии ограничений только на общую пропускную способность системы или только на пропускную способность отдельного СХД (7) принимает вид:

$$Z = \sum_{h=1}^H z_h \rightarrow \min \quad \text{при } V_j = W_j, \quad V_h \leq C_h \quad \text{для } j = \overline{1, Q}, \quad h = \overline{1, H}. \quad (9)$$

Далее предполагается, что количество средней взаимной информации между стимулом и реакцией во введенных ранее критериях целесообразного поведения систем в предметной области, соответствующей теории и практике датацентров, характеризуется объемом передаваемых клиентам данных ( $I_j = V_j$ ).

Задача (9) может быть решена методом неопределенных множителей Лагранжа [9] максимизацией выражения

$$\sum_{j=1}^J \beta_j I_j - \sum_{h=1}^H \gamma_h \sum_{j=1}^J z_{hj} \rightarrow \max, \quad (10)$$

где  $\gamma_h, \beta_j$  – множители Лагранжа, определяемые из условий (7) или (8) и информационных требований соответственно.

Форма записи оптимизационной задачи (10) тождественна форме записи максимизации информационного критерия функционирования (5).

На практике вместо задачи обслуживания клиентов распределенным датацентром на момент времени  $t_1$  чаще решается задача постоянного обслуживания клиентов.

В дополнение к вышеизложенному перед СРК, начиная с момента времени

$t_1$  (при начале ее работы в момент времени  $t_0$ ), на моменты времени  $T_{зад} = \{t_1, t_2, \dots, t_n, \dots\}$  ставятся в общем случае различные задачи  $G = \{g_1, g_2, \dots, g_n, \dots\}$ , соответствующие различным требованиям  $W = \{W_1, W_2, \dots, W_n, \dots\}$ . При этом  $g_i$  не может быть решена на интервале времени  $\Delta t_i = t_i - t_{i-1}$  и требует для своего выполнения существенно больше времени. Тем самым при выполнении задач  $g_{i-1}$ ,  $g_{i-2}$  и т.д. параллельно должна решаться задача  $g_i$  или производиться накопление информации для ее решения, которое необходимо лишь к моменту времени  $t_i$ .

Текущие задачи СРК могут переопределяться в зависимости от целей мегасистемы (сообщество пользователей), состояния системы, условий функционирования системы, качества решения предыдущих задач и затрат, вызванных их решением. Стратегия переопределения может быть задана, или текущие задачи каждый раз определяются мегасистемой. При невозможности решения поставленной задачи последняя должна быть переопределена. При наличии избытка ресурса системы задача, как правило, также переопределяется. В любом случае уже сам поток задач  $G$  и соответствующая ему матрица  $W$  зависят от многих факторов, не всегда подлежащих строгому учету и прогнозированию.  $G$  и  $W$  при проектировании системы можно считать случайными.

Следовательно, необходимо разработать систему с минимальными средними затратами на длительном промежутке времени её функционирования  $Z_\Sigma$  при обеспечении ею решения в общем случае случайной последовательности задач  $G = \{g_1, g_2, \dots, g_n, \dots\}$  с требованиями  $W = \{W_1, W_2, \dots, W_n, \dots\}$ :

$$Z_\Sigma \rightarrow \min \text{ при } I_{ij} \geq W_{ij} \text{ для } j = \overline{1, Q_t}, t = \overline{1, H} \quad (11)$$

при наличии ранее введенных ограничений на пропускную способность.

#### IV. Рационализация затрат СРК

Основные вычислительные затраты при решении (10) связаны с определением значений неопределенных множителей Лагранжа. В ряде приложений даже определение соответствующих множителей Лагранжа за нулевое время не решает проблемы. Например, запросы формируются на анализируемом интервале последовательно во времени. На этом же интервале их надо обработать. Каждый запрос своим определенным, выбранным системой, оптимальным способом. Запрашиваемый  $j$ -тым клиентом контент может быть выдан ему с одного из СХД, или не выдан вовсе. Ждать выбора оптимального способа действия СРК для обработки каждого запроса нельзя. Ибо, если дождаться конца анализируемого интервала, не остается времени на обработку соответствующих запросов.

Таким образом, в практике функционирования телекоммуникационных систем существуют задачи со свойством принципиальной невозможности (нецелесообразности) точного решения соответствующих оптимизационных задач за приемлемое время. В то же время задача минимизации затрат СРК должна быть переопределена как задача их рационализации. Под рационализацией затрат понимается их сведе-



ние к некоторому допустимому (в общем случае не минимально возможным) уровню при обработке запросов клиентов с наперед заданным качеством.

Рационализация затрат СРК при их проектировании базируется на следующих предложениях. Предлагается работать с запросами как с квантами данных. При этом производится абстрагирование от места конкретных запросов в исходном ПЗ. Предлагается формально считать запросы независимыми. Исходное ПЗ заменяется пространством запросов, представляющих собой произведение подпространств возможных значений каждого запроса отдельно. Последнее позволяет разработать агрегаты обработки отдельного запроса. Данные агрегаты (отправка  $j$ -го контента с  $n$ -го СХД, «откладывание» выполнения запроса, отказ в обслуживании запроса и т.д.) допускают точное проектирование. Предлагается систему считать состоящей из вышеуказанных агрегатов обработки отдельных запросов и диспетчера запросов. Последний распределяет запросы по агрегатам. Предлагается затраты ставить в соответствие не исходным точкам ПЗ, а парам «запрос» - «агрегат его обслуживания». Интуитивно понятно, что неопределенные множители Лагранжа зависят от задачи, возложенной на СРК, состояния СРК, характеристик текущего потока запросов и внешних условий. В связи с этим предлагается реальные значения множителей Лагранжа (вычисленные на основе ограничений соответствующих оптимизационных задач) заменить значениями эмпирических функций от указанных выше параметров. Ввиду того, что последние являются функциями от времени, неопределенные множители также являются таковыми. При известных множителях процесс получения правила работы диспетчера запросов представляется тривиальным.

Использование последнего предложения окончательно сводит оптимизационные задачи (10) к форме, соответствующей информационному критерию функционирования любой целенаправленной системы (5).

Игнорирование зависимости сообщений между собой позволяет использовать принцип близкодействия [14], а тем самым - соответствующий критерий приращений (6):

$$K_{m\bar{0}} = \sum_{j=1}^J \beta_j(t) \Delta I_{xjU} - \sum_{v=1}^V \gamma_v(t) \Delta z_v \rightarrow \mathbf{max}, \quad (12)$$

где  $\Delta I_{xjU}$ ,  $\Delta z_v$  – приращение соответствующей информации и затрат при обработке очередного запроса  $v$ -м агрегатом.

Так как СРК большая, то об ее оптимизации не может быть и речи. Вместе с тем необходимо, чтобы система функционировала максимально целесообразно. Тем самым требуется разработать модель функционирования большой системы, а не оптимизировать систему. Модель функционирования системы ищется в классе, удовлетворяющем информационному критерию (12), выбором функций для неопределенных множителей Лагранжа:

$$\beta_j = \beta_j(t, W(G), S, C); \quad \gamma_v = \gamma_v(t, W(G), S, C) \quad \text{для } j = \overline{1, J}, v = \overline{1, V}, \quad (13)$$

где  $S$ ,  $C$  – состояние системы и окружающие условия соответственно.

Выбор функций (13) осуществляется в заданном классе (например, полином  $N$ -й степени или кусочно-линейная функция) подбором их параметров методами обучения с учителем.

Задача рационализации затрат СРК ставится следующим образом. С использованием методов предметной области разработать агрегаты системы для всех типов обслуживания одного запроса. Найти параметры модели целенаправленного функционирования диспетчера запросов, определив функции (13), которые обеспечивают наименьшие затраты системы из всех возможных функций заданного класса:

$$Z_{\Omega\beta, \Omega\gamma} \rightarrow \min$$

$$I_{tj} \geq W_{tj}, z_h \leq z_{h \max},$$

при  $\beta_j(t, W(G), S, C) \in \Omega_\beta$ ,  $\gamma_v(t, W(G), S, C) \in \Omega_\gamma$ , где  $\Omega_\beta$ ,  $\Omega_\gamma$  – заданные классы функций.

Для решения задачи о выборе параметров модели функционирования (13), с одной стороны, могут быть использованы реальные выборки (пусть ограниченных объемах), а с другой – опыт экспертов (лиц, принимающих решения) в части результатов работы системы обработки запросов в различных условиях.

## V. Пример

Все запросы, поступающие в СРК, попадают на его входной буфер диспетчера СРК (ВхБ СРК). При выполнении каждой из вышеперечисленных операций СРК несет затраты:  $Z_n, Z_{oy}, Z_{об}, Z_{собр}$  соответственно. Каждому запросу может быть приписано вполне определенное среднее количество информации.

Оценка системы дефицита собственных ресурсов  $\Gamma$  представляет собой матрицу размером  $N \times Q_{кл}$ , где  $N$  – количество интервалов времени, на которых необходимо обслужить потоки запросов клиентов и которое учитывается при планировании обслуживания запросов в текущий момент,  $Q_{кл}$  – количество тарифных планов. При решении задачи обслуживания запросов на конкретное время матрица  $\Gamma$  представляет собой столбцевую матрицу из  $Q_{кл}$  элементов. Для любого запроса клиента заданного  $k$ -го тарифного плана оценка системы дефицита ресурсов  $\gamma_k$  одинакова. Величина  $\gamma_k$ , соответствующая  $k$ -му тарифному плану, зависит только от числа запросов, находящихся на входном буфере диспетчера СРК  $N_{ВхБ}$ . При этом зависимость  $\gamma_k = fk(N_{ВхБ})$  можно искать только в классе полиномов первой или второй степени.

Совокупность весовых множителей цели системы  $V$  является столбцевой матрицей с  $(\hat{Q}+1)$  элементами,  $j$ -й элемент которой  $\beta_j$  соответствует  $j$ -му клиенту. Элементы столбцевой матрицы целей зависят только от значений  $I_j$  и  $W_j$ . В работе считается, что функция  $\beta_j(I_j, W_j)$  относится к классу кусочно-линейных (рис.).

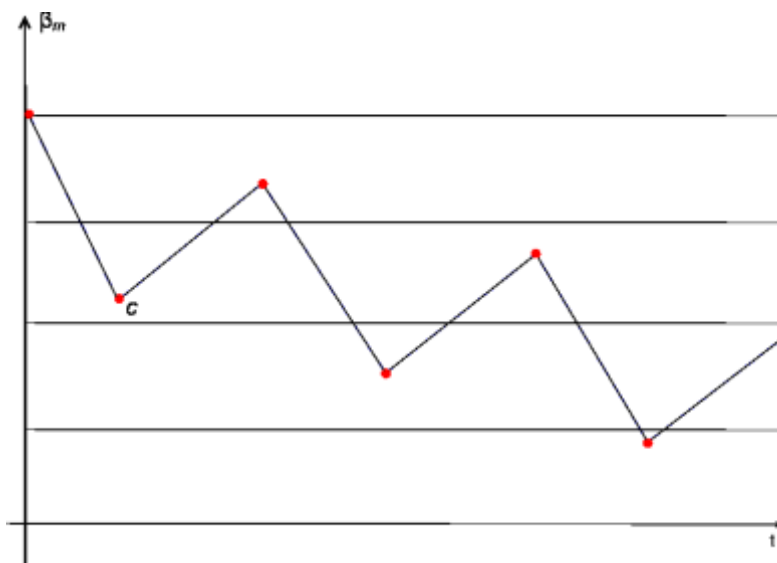


Рис. График формирования политик обслуживания клиента СРК

Для определения функции (13) для  $\beta_i$  необходимо любыми методами обучения с учителем оценить 2 параметра.

Параметры функции  $\beta_j(I_j, W_j)$  постоянны для всех запросов клиентов одного тарифного плана. После определения всех параметров функций  $\gamma_k = fk(N_{\text{вхБ}})$  и  $\beta_j(I_j, W_j)$  диспетчер СРК сообщений работает следующим образом. Для очередного запроса определяются значения функций  $\beta_i$ ,  $\gamma_k$ , соответствующие количеству информации, содержащейся в контенте, соответствующем запросу, и его обслуживанию в одном из агрегатов системы.

Для обработки очередного запроса используется v-й агрегат, доставляющий максимум критерию (12). При поступлении на вход диспетчера СРК очередного запроса процедура повторяется.

## Выводы

Уточнен атемпоральный критерий поведения функциональной системы (4) заменой средней взаимной информации взвешенной суммой частных средних взаимных информаций между конкретным запросом и пространством ответов системы. Дополнительно введены темпоральные критерии поведения (5) – (6). Сравнительный анализ общего вида решения задач обслуживания заявок клиента, записанного в форме метода неопределенных множителей Лагранжа, и темпоральных критериев поведения системы свидетельствует об их идентичности. При этом значения параметров модели поведения эквивалентны соответствующим множителям Лагранжа. Последние предлагается определять не решением оптимизационных задач, а как эмпирические функции от возложенной на телекоммуникационные СРК задачи, состояния СРК, характеристик текущего запроса и внешних условий. Для определения

параметров последних достаточно воспользоваться любыми методами обучения с учителем, на чем целесообразно сконцентрировать дальнейшие исследования.

### Список литературы:

1. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники. – М.: Радио и связь, 1989. – 656 с.
2. Саваневич В.Е. Постановка задачи синтеза алгоритмов минимальной сложности // Системы обробки інформації: Збірник наукових праць. – 2002. – Вип. 4 (20). – С. 67–69.
3. Горбатов В.А. Теория частично упорядоченных систем. – М.: Сов. радио, 1976. – 336 с.
4. Корогодина В.И., Корогодина В.Л. Информация как основа жизни. Дубна: Изд. центр "Феникс", 2000. – 208 с.
5. Голицин Г.А., Петров В.М. Гармония и алгебра живого. – М.: Знание, 1990. – 128 с.
6. Шилейко А.В., Кочнев В.Ф., Химушин Ф.Ф. Введение в информационную теорию систем. – М.: Радио и связь, 1985. – 280 с.
7. Федоров В.В. Теория оптимального эксперимента (планирование регрессионных экспериментов). – М.: Наука, 1971. – 260 с.
8. Кузьмин И.В. Оценка эффективности и оптимизация автоматических систем контроля и управления. – М.: Сов. радио, 1971. – 296 с.
9. Петров Э.Г., Новожилова М.В., Гребенник И.В., Соколова Н.А. Методы и средства принятия решений в социально-экономических и технических системах. – Херсон: ОЛДИ-плюс, 2003. – 380 с.
10. Саваневич В.Е., Пугач А.В. Анализ количества информации, требуемого для классификации локационных данных с заданным средним риском // Системы обробки інформації: Збірник наукових праць. – 2002. – Вип. 3 (19). – С. 63–69.
11. Кульбак С. Теория информации и статистика. М.: Наука, 1967. – 408 с.
12. Тартаковский А.Г. Последовательные методы в теории информационных систем. – М.: Радио и связь, 1991. – 280 с.
13. Стратонович Р.Л. Теория информации. – М.: Сов. радио, 1975. – 424 с.
14. Ахлибинский Б.В. Информация и система. – Л.: Лениздат, 1969. – 211 с.