Данный принцип предполагает дифференциацию и индивидуализацию обучения. Персонифицированное обучение в условиях массового спроса возможно только на основе новых технологий обучения. Использование информационных технологий обучения позволяет организовать учебный процесс не только в самом вузе, но и за его пределами. Обучение с использованием информационных технологий приводит к изменению образовательной парадигмы, ядром которой является индивидуализированное обучение в распределенной образовательной и коммуникативной среде.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Лыскова В.Ю., Королева Н.Л., Лысков А.М.* Инновационные учебные мультимедиа ресурсы в подготовке студентов-информатиков // Вестн. Тамб. ун-та. Сер. Естеств. и техн. науки. Тамбов, 2009. С. 224-226.
2. Новые педагогические и информационные технологии в системе образования / под ред. Е.С. Полат. М.: Издат. центр «Академия», 2007.

Поступила в редакцию 14 ноября 2009 г.

Korolyova N.L., Nikolaev N.N. Principles of the organization of educational process with use of multimedia manuals. Development of electronic means of multimedia opens essentially new didactic possibilities for training sphere. In the article principles of organization of educational process with use of multimedia manuals are revealed.

Key words: multimedia technologies; multimedia training manual; principles of the organization of training with use of multimedia.

УДК 519.95

РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ИНФОРМАЦИОННЫХ СЕТЕЙ НА ОСНОВЕ ТЕНЗОРНОЙ МЕТОДОЛОГИИ

© И.И. Пасечников, Д.В. Пахомов

Ключевые слова: информационная сеть; тензорная методология информационной сети; интенсивность входного потока; топология; одноканальная система; пути.

В работе рассмотрена тензорная методология Г. Крона применительно к информационным сетям, позволяющая получать значения основных параметров в зависимости от их топологии.

Тензорный анализ, изначально развитый в n-мерной геометрии, эффективно применен в теории упругости, теории относительности, при решении дифференциальных уравнений Лагранжа и, помимо задач n-мерного поля, – в теории цепей Г. Кроном [1, 2]. Тензорная методология Г. Крона нашла развитие в теории систем (в т. ч. для экономических задач) [3], в информационных системах – при построении баз данных [4], при анализе и синтезе информационных сетей (ИС) [5, 6]. В данной работе делается акцент на подходах в расчете основных параметров ИС, находящейся в стационарном состоянии, и методах представления основных тензорных преобразований.

Использование тензорной методологии в ИС обусловлено необходимостью совмещения процессов передачи информации с пространство-структурами сетей в соответствии с формулами поведения, которые, в свою очередь, описываются реальными существующими зависимостями. При таком подходе структура сети определяет систему координат, а ее изменения соответствуют преобразованиям системы координат. Условия применимости тензорного анализа в ИС, а именно: непрерывность, однородность, наличие инварианта преобразования (полная кибернетическая мощность [6]) и групповое свойство – предусматривают, что информационная сеть находится в нагруженном состоянии, т. е. в таком, когда каналы связи (КС) заняты непрерывной передачей пакетов, а устройства накопления (УН) пакетов – не имеют нулевых значений очередей.

Подходы к расчету основных параметров ИС. При расчете основных параметров ИС в качестве формулы поведения последней используется формула Литтла, которая в матричном виде может быть представлена в виде:

$$\mathbf{V} = \mathbf{T}\mathbf{\Lambda}, \qquad (1)$$

где каждая матрица представляет совокупность значений идентичных параметров всех одноканальных систем (ОС) ИС и соответственно: $\mathbf{V}$ – матрица состояний, характеризующая количество пакетов, находящихся в ОС; $\mathbf{\Lambda}$ – матрица интенсивностей потоков; $\mathbf{T}$ – матрица временных задержек пакетов в ОС (средние времена нахождения пакетов в ОС).

Особенностью записи (1) является то, что матрицы содержат упорядоченные значения параметров всех ОС в ИС. Однако часто этого не достаточно. В тензорном анализе все компоненты матриц помечаются: например, в матрице временных задержек $\mathbf{T}$, для сети из m ОС, все строки и столбцы помечены m компонентами таким образом, что имеет место не просто упорядоченная совокупность чисел – значений параметра – а совокупность чисел, соответствующая пришпиленным m-компонентам, т. е. координатам. Это означает, что с каждой такой матрицей отождествляется определенная система координат в виде системы приписанных индексов, подчеркивающих ковариантный (для матрицы временных задержек) характер параметра. Значения m компонент удобно представлять скользящими индексами, принимающими значения от 1 до m:

$$\mathbf{T}_{\alpha\beta} = \begin{array}{c|cccc} & \beta \rightarrow & & & \\ \hline \alpha\downarrow & \mathbf{T}_{11} & \mathbf{T}_{12} & \ldots & \mathbf{T}_{1m} \\ & \mathbf{T}_{21} & \mathbf{T}_{22} & \ldots & \mathbf{T}_{2m} \\ & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ & \mathbf{T}_{m1} & \mathbf{T}_{m2} & \ldots & \mathbf{T}_{mm} \end{array} \qquad (2)$$

Согласно правилу перемножения матриц, выражение (1) можно записать в координатной форме (тензорной форме записи):

$$V_\alpha = \sum_{\beta=1}^{m} T_{\alpha\beta}\Lambda^\beta \equiv T_{\alpha\beta}\Lambda^\beta . \qquad (3)$$

Как видно, выражение (3), определяющее соотношения между основными измеряемыми величинами в сетях, имеет инвариантный характер относительно количества ОС и их связей.

В формуле поведения (3) каждый символ (коренная буква) обладает математической сущностью, которая называется «геометрическим объектом». Если система координат меняется, то изменяются компоненты геометрического объекта, но сам геометрический объект остается неизменным. Переход от одной системы координат к другой осуществляется с помощью 2-матрицы преобразования $C^{\alpha}_{\cdot\alpha'}$, элементы которой могут быть представлены обычными коэффициентами (штрих у индекса означает измененная, т. е. новая, система координат).

Таким образом, каждый геометрический объект предполагает использование понятий: матрица, группа матриц преобразования, полная совокупность которых образует тензор преобразования, и формула преобразования (основу которой составляют $C^{\alpha}_{\cdot\alpha'}$). Для ИС это означает, что основополагающие величины: накопления пакетов в УН, путевые потоки и временные задержки – являются геометрическими объектами, компоненты которых есть реально измеряемые информационные параметры.

Уравнения связной ИС с фиксированным числом абонентов можно получить, согласуя этапы его вывода с тензорной методологией электрических сетей Г. Крона [1] (это показано в работе [6]):

1. На первом этапе необходимо выделить из множества сетей некоторую эталонную сеть, в которой анализ является сравнительно простым. В качестве таковой удобно использовать сеть примитивного типа (разомкнутую, замкнутую, ортогональную или подразделенную).

Особенность представления примитивной сети состоит в представлении независимых ОС, определении известных входных воздействий и реакций на них в соответствии с формулой поведения. Так, если в качестве исходных данных рассматриваются компоненты объекта **n** – количество пакетов, находящихся в ОС, а определяются реакции в виде компонентов объекта λ, то каждая ОС представляется замкнутой системой, и используется контурный метод расчета ИС. Если в качестве входных (известных) задается вектор внешних потоков γ, а реакцией – вектор накоплений пакетов **N**, то ОС представляются системами разомкнутого типа и при расчете используется узловой метод. Уравнение состояния примитивной сети разомкнутого типа отождествляется с формулой ее поведения и в тензорной форме имеет вид: $N_\alpha = T_{\alpha\beta}\gamma^\beta$, где скользящие индексы принимают значения номеров ОС, т. е. от 1 до m, где m – число ОС в ИС.

2. Следующим шагом является определение отличия топологии всех возможных связных ИС с заданным количеством ОС от принятой примитивной (или от другой «эталонной») сети. Эти отличия, заключающиеся в соединениях ОС, устанавливаются матрицей преобразования $C^{\alpha}_{\cdot\alpha'}$, компоненты которой полностью определяют способ соединения, выбор переменных, которыми каждая частная сеть отличается от примитивной сети. Индекс со штрихом соответствует соединенной сети, к которой осуществляется переход от исходной, примитивной сети. Для определения матрицы преобразования можно воспользоваться контурным методом расчета (в этом случае используются ОС замкнутого типа). В соединенной сети при этом выбирается совокупность линейно независимых путевых потоков, проходящих по разомкнутым и замкнутым путям. Суммарное их число, согласно комбинаторной топологии, равно числу ОС в примитивной сети. Если записать потоки для каждой ОС через выбранные контурные потоки и приравнять их величины, то получится следующее выражение в тензорной форме:

$$\lambda^\alpha = C^{\alpha}_{\cdot\alpha'}\lambda^{\alpha'}, \qquad (4)$$

где слева – потоки ОС примитивной сети (условно старой), справа – контурные потоки, проходящие через ОС в соединенной сети (условно новой).

На рис. 1 показан пример соединенной модели ИС для расчета матрицы преобразования контурным методом. Все одноканальные системы – a, b, c, d, e, f, g, h (в примитивной сети они рассматриваются как совокупность несвязанных между собой ОС) соединены между собой таким образом, чтобы соответствовать топологии реально рассматриваемой сети.

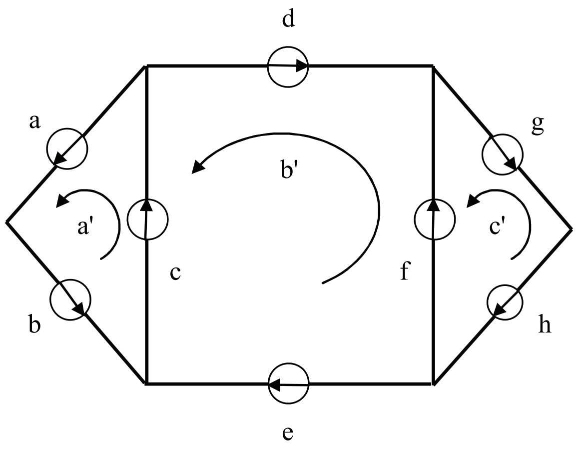

Рис. 1. Соединенная сеть

При выборе показанных на рисунке 1 линейно независимых контурных потоков (a’, b’, c’), в соответствии с выражением (4), матрица преобразований будет иметь вид:

$$C^{\alpha}_{\cdot\alpha'} = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \\ 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & -1 \end{vmatrix} \qquad (5)$$

В общем случае коэффициенты могут быть и не равны единице. Таким образом, коэффициенты при новых потоках $\lambda^{\alpha'}$ образуют искомую матрицу преобразования $C^{\alpha}_{\cdot\alpha'}$. При использовании узлового метода расчета определяется матрица $\mathbf{A} = \mathbf{C}^{-1}$.

3. После определения матрицы преобразования (или их множества, соответствующего возможному числу топологий для ИС с заданным количеством ОС) далее находятся параметры сети, соответствующие новой конфигурации. В этом основополагающую роль играет инвариант сети – полная кибернетическая мощность ИС с заданным числом одноканальных систем – ${}^{\alpha}P$ [6]. Формулы поведения позволяют получить уравнение преобразования компонент временных задержек

$$T_{\alpha'\beta'} = C^{\cdot\alpha}_{\alpha'} T_{\alpha\beta} C^{\beta}_{\cdot\beta'} \,. \qquad (6)$$

Так как выражения для величин соединенной ИС получены, можно записать уравнение ее поведения уже в терминах контурных потоков и числа пакетов, хранящихся в сети и требующих передачи по ним:

$$n_{\alpha'} = T_{\alpha'\beta'} \lambda^{\beta'} \,. \qquad (7)$$

В связи с тем, что потоки в контурах соединенной сети определены с использованием матрицы преобразования, выражение для накоплений пакетов в каждой ОС будет иметь вид:

$$V_{\gamma} = T_{\gamma\alpha} C^{\alpha}_{\cdot\alpha'} \lambda^{\alpha'} \,. \qquad (8)$$

В общем, при расчете ИС необходимо учитывать следующее. В качестве входных воздействий могут выступать как потоки, так и накопления пакетов. В связи с этим необходимо использовать одновременно как контурный метод, так и узловой, т. е. надо рассматривать ортогональную модель сети. Кроме того, рекомендуемым является введение разделения ОС на составляющие кибернетические элементы – КС и УН. Это приведет к представлению примитивной сети в виде подразделенной ортогональной модели [6]. Модель соединенной ИС будет отличаться от обычного представления совокупности соединенных ОС. При таком подходе для расчета ИС может быть использован симплексный метод Данцига [2].

Использование алгебраических диаграмм Роса в моделях ИС. При расчете сетей контурным или узловым методом различия между матрицами преобразования **A** и **C** и матрицами используемых параметров ИС хорошо иллюстрируются алгебраическими диаграммами, которые были предложены Росом для описания процессов тензорной методологией в электрических цепях [2, 7]. Алгебраическая диаграмма, представленная на рис. 2, предусматривает упрощенный вариант модели ИС, когда на интервале рассмотрения имеет место не только стационарность значений величин, но и их постоянство (Динамика информационных процессов предполагает не только усложненный вариант модели ИС, основанный на ортогональном методе расчета, но и расширение тензорных понятий в модели ИС, которые вызваны учетом дополнительных явлений в информационных процессах. В данной работе такая модель не рассматривается.).

На диаграмме (см. рис. 2) матрицы соединений **C** и **A** выражают преобразования между ячейками и их границами, т. е. между ветвями, соответствующими ОС, и контурами с одной стороны (слева) и между ветвями и парами узлов – с другой стороны (справа). Верхние горизонтальные стрелки отображают преобразования между потоками $\boldsymbol{\lambda}$ замкнутого характера и потоками $\boldsymbol{\gamma}$ разомкнутого характера, нижние – между им соответствующими по формулам преобразования тензорами – **n** и **N**. Вертикальные стрелки выражают матрицы временных задержек **T** и пропускных способностей **R**. Стрелки, которые соединяют точки (точки в диаграммах ввел Г. Крон [2]), отображают соответствующие законы преобразования тензоров.

Алгебраические диаграммы, как видно, представляют собой графические уравнения, в которых элементами являются тензоры. Каждый тензор выражен соответствующей стрелкой. При анализе сети контурным или узловым методом рассматриваются различные воздействия на сеть информационной нагрузкой (в виде передаваемых и хранящихся в УН пакетов). Это означает, что в алгебраических диаграммах необходимо указывать как воздействующие величины, так и величины, отображающие реакцию сети на эти воздействия в виде стрелок. Так, например, на рис. 3 приведена алгебраическая диаграмма, отображающая контурный метод расчета ИС.

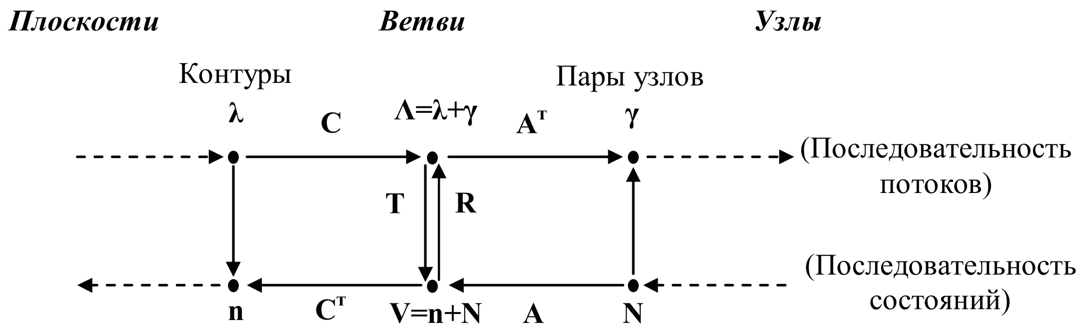

Рис. 2. Диаграмма Роса применительно к ИС

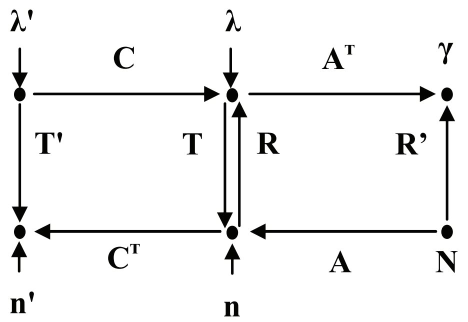

Рис. 3. Алгебраическая диаграмма для модели ИС, рассчитываемой контурным методом

Учитывая, что все преобразования выполняются против направления стрелок, из диаграммы можно получить выражения преобразования тензоров при контурном методе, а именно: $\boldsymbol{\lambda} = \mathbf{C}\boldsymbol{\lambda}'$; $\mathbf{n}' = \mathbf{T}'\boldsymbol{\lambda}'$; $\mathbf{n} = \mathbf{T}\boldsymbol{\lambda}$; $\mathbf{n}' = \mathbf{C}^{\mathrm{т}}\mathbf{n}$; $\boldsymbol{\lambda} = \mathbf{R}\mathbf{n}$; $\mathbf{A}^{\mathrm{т}}\boldsymbol{\lambda} = \mathbf{0}$. Последнее выражение, т. е. $A^{\alpha'}_{\cdot\alpha}\lambda^{\alpha} = 0$, по существу означает подобие второго закона Кирхгофа, а именно то, что сумма всех потоков в узлах соединенной сети равна нулю. В соответствии с передачей информации в ИС это очевидно, т. к. все входящие потоки в каждом узле равны суммарному выходящему потоку.

В качестве вывода важно отметить следующее: во-первых, при выполнении условий применимости тензорного анализа к ИС тензорная методология позволяет учесть все реально существующие в процессах ИС величины и их преобразования; во-вторых, важное значение при расчетах имеет тензор преобразований **C** (полная совокупность матриц преобразований); в-третьих, построение и анализ алгебраических диаграмм – графов тензорных уравнений – позволяет более точно определить все тензорные уравнения для расчета ИС.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Крон Г.* Тензорный анализ сетей: пер. с англ. / под ред. Л.Т. Кузина, П.Г. Кузнецова. М.: Сов. Радио, 1978.
2. *Крон Г.* Исследование сложных систем по частям – диакоптика. М.: Наука, 1972.
3. *Петров А.Е.* Тензорная методология в теории систем. М.: Радио и связь, 1985.
4. *Арменский А.Е.* Тензорные методы построения информационных систем. М.: Наука, 1989. 148 с.
5. *Петров М.Н.* Исследование характеристик распределенных систем телекоммуникаций методом тензорного анализа и теории массового обслуживания: дис. ... д-ра техн. наук. Красноярск, 1998. 240 с.
6. *Пасечников И.И.* Методология анализа и синтеза предельно нагруженных информационных сетей. М.: Машиностроение-1, 2004.
7. *Roth J.P.* An application of algebraic topology to numerical analysis. On the existence of a solution to the network problem // Proceedings of the National Academy of Sciences. 1955. V. 41. № 7. P. 518-521.

Поступила в редакцию 10 ноября 2009 г.

Pasechnikov I.I., Packhomov D.V. Calculation of key parametres of information networks on a basis tensor methodology.

In the work G. Krona's tensor methodology with reference to the information networks is resulted, allowing to receive values of key parameters depending on their topology.

Key words: information network; tensor methodology of an information network; intensity of an entrance stream; topology; single-channel system; ways.