Раздел V. Автоматизированные системы управления

УДК 004.046

Р.Ю. Вишняков, Ю.М. Вишняков

СЛОВНАЯ ШКАЛА, ОПЕРАЦИИ НАД ОТРЕЗКАМИ, РАЗБИЕНИЯ

Разработка моделей обработки текстов, ориентированных на интерпретацию их семантической составляющей, является на сегодня одной из актуальных проблем. Следует отметить, что в области семантической интерпретации текстовой информации существуют множество проблем, которые обусловлены как сложностью самого естественного языка, так и отсутствием приемлемых и адекватных моделей для его интерпретации.

В статье предлагаются формальные понятия и процедуры, которые позволяют свести обработку текста к математическим операциям. Предлагается словная шкала предложения, иерархическая структура отрезков шкалы для представления предложений. Иллюстрируется разбиение словной шкалы и процедура их построения, выводятся мощностные комбинаторные оценки.

Семантическая интерпретация; словная шкала; отрезок; разбиение.

R.Yu. Vishnyakov, Yu.M. Vishnyakov

WORDS SCALE, OPERA TIONS ON THE SEGMENTS, PARTITIONING

Today one of the most pressing problems is word-processing models development that orients on semantic interpretation. It should be noted that there are many problems in the semantic interpretation of textual information, due to the complexity of the natural language and the lack of suitable and adequate models for its interpretation.

We propose formal concepts and procedures that allow us to do text processing with the use of mathematical operations. It is proposed word scale of the sentences, hierarchical structure of segments of the scale for sentence representation. Partition of the word scale and procedure of its producing, combinatorial output cardinality marks are illustrated.

Semantic interpretation; words scale; segment; partitioning.

Пусть задано некоторое предложение α текста [1, 2], которое представлено непустой цепочкой слов $x_1, x_2, \dots, x_n$ вида

$$\alpha = x_1 x_2 \dots x_n. \quad (1)$$

Отобразим данное предложение на прямую линию и сопоставим каждому слову в порядке их следования в предложении нумерованные элементарные отрезки (дискреты). Первый отрезок при этом совместим с началом линии, а последний – с ее концом. В дальнейшем прямую линию с отображенным на нее предложением будем называть словной шкалой, а число составляющих ее элементарных отрезков обозначим через m и назовем длиной словной шкалы.

Так, для предложения «*Профессиональная аккредитация является основой международного признания образовательных программ российских вузов*» словная шкала будет представлена 10-ю элементарными отрезками. Элементарные отрезки могут объединяться в более крупные отрезки, которые соответствуют фрагментам (цепочкам слов) предложения. Например, более крупному отрезку соответствует фрагмент предложения (цепочка слов): *образовательных (7) программ (8) российских (9) вузов (10).*

Проанализируем возможные виды отношений между отрезками словной шкалы. Пусть на прямой линии, на которую отображено предложение α, заданы два таких отрезка $\delta = [a \dots b]$ и $\sigma = [c \dots d]$, для которых $a \le d$.

Определение 1. Отрезки δ и σ называются несовместными, если:

$$\mathrm{c} - \mathrm{b} > 1.$$

Определение 2. Отрезки δ и σ называются смежными, если:

$$\mathrm{c} - b = 1.$$

Определение 3. Отрезки δ и σ называются пересекающимися, если:

$$b - c \ge 0.$$

Определение 4. Отрезок σ называется вложенным в отрезок δ, если:

$$\mathrm{a} \le \mathrm{c} \text{ и } \mathrm{b} \ge \mathrm{d}.$$

Введем для данных отрезков ряд операций:

1. Операция сложения $\boxplus$.

$$\delta \boxplus \sigma = \begin{cases} [a \dots d], & \text{если отрезки смежные или пересекаются;} \\ & \text{не определена для несовместных отрезков } \delta \text{ и } \sigma. \end{cases}$$

2. Операция пересечения $\boxtimes$

$$\delta \boxtimes \sigma = \begin{cases} \{[\mathrm{c} \dots \mathrm{b}], \text{если отрезки пересекаются;} \\ \text{не определена в других случаях.} \end{cases}$$

3. Операция разности $\boxminus$:

$$\delta \boxminus \sigma = \begin{cases} [a \dots c], \text{ если отрезки смежные или пересекающиеся;} \\ \text{не определена для несовместных и смежных отрезков.} \end{cases}$$

4. Операция вложения $\vdash$:

$$\sigma \vdash \delta = \begin{cases} [\mathrm{a} \dots [\mathrm{c} \dots \mathrm{d}] \dots \mathrm{b}], \text{ если } \sigma \text{ вложен в } \delta; \\ [\mathrm{a} \dots \mathrm{b}] = [\mathrm{c} \dots \mathrm{d}], \text{ если } a = c \text{ и } b = d; \\ \text{не определена для несовместных, пересекающихся} \\ \text{и смежных отрезков.} \end{cases}$$

Определение 5. Разбиением R словной шкалы будем называть ее представление совокупностью смежных отрезков, в общем случае имеющих разные длины.

Очевидно, что множество разбиений словной шкалы является конечным, а его мощность напрямую зависит от длины m этой словной шкалы. Включим в это множество разбиение R_1, соответствующее наибольшему отрезку – всей словной шкале (предложению), и разбиение R_N, представляющее только элементарные отрезки (дискреты) этой словной шкалы. Очевидно, что данные разбиения являются единственными в данном множестве.

Проведем комбинаторное оценивание мощности множества всех разбиений словной шкалы. Для такого оценивания построим нумерацию его элементов, которую обозначим через $N(m)$.

Итак, пусть заданы некоторая словная шкала длины m и множество ее разбиений на отрезки. Сформируем на этом множестве классы разбиений по числу входящих в них отрезков таким образом, чтобы класс $\mathcal{R}_i$ включал в себя только разбиения, построенные из i отрезков, т.е. $\mathcal{R}_i = \{R_{i1}, R_{i2}, \dots, R_{ij}, \dots, R_{ip}\}$. Очевидно, что число таких классов равно m.

Для построения нумерация $N(m)$ расположим в ней классы разбиений в порядке следования номеров $i = 1, 2, 3, \dots, m$. Тогда схема нумерации $N(m)$ примет следующий вид:

$$N(m) = \left\langle {1 \atop m} \right\rangle, \left\langle {2 \atop m} \right\rangle, \dots, \left\langle {i \atop m} \right\rangle, \dots, \left\langle {m \atop m} \right\rangle, \tag{2}$$

где $\left\langle {i \atop m} \right\rangle$ представляет собой поднумерацию разбиений класса $\mathcal{R}_i$.

Теперь рассмотрим способ построения поднумерации $\left\langle {i \atop m} \right\rangle$ для класса разбиений $\mathcal{R}_i$.

Если $i = 1$, то класс $\mathcal{R}_1$ включает всего одно разбиение, представляющее всю словную шкалу. Припишем этому разбиению первый номер в нумерации и имя R_1.

Если $i = m$, то класс $\mathcal{R}_m$ также представлен всего одним разбиением, которому припишем последний номер и имя R_N. Разбиение R_N есть не что иное, как совокупность m элементарных отрезков всей словной шкалы.

Поставим в соответствие некоторому разбиению $\mathcal{R}_i$ систему векторов $\langle l_1, l_2, \ldots, l_i \rangle$, в которой позиция каждой переменной l_k слева направо соответствует k-му отрезку разбиения, а ее значение определяет длину k-го отрезка соответственно. Таким образом, в таком соответствии некоторому разбиению $R_{ij} \in \mathcal{R}_i$ всегда соответствует числовой вектор вида $\langle l_1^j, l_2^j, \ldots, l_i^j \rangle$. Поскольку каждое разбиение словной шкалы является уникальным, то и соответствующий ему вектор является уникальным. Поэтому введенное соответствие между множеством разбиений и множеством векторов является взаимно однозначным по определению.

Иллюстрация введенных понятий на примере словной шкалы, состоящей из 10 элементарных отрезков, приводится на рис. 1.

Разбиения словной шкалы для векторов: <3, 2, 2, 3>, <1, 4, 2, 3>, <2, 3, 2, 3>, <1, 1, 1, 1,1,1,1,1,1,1>, <10>

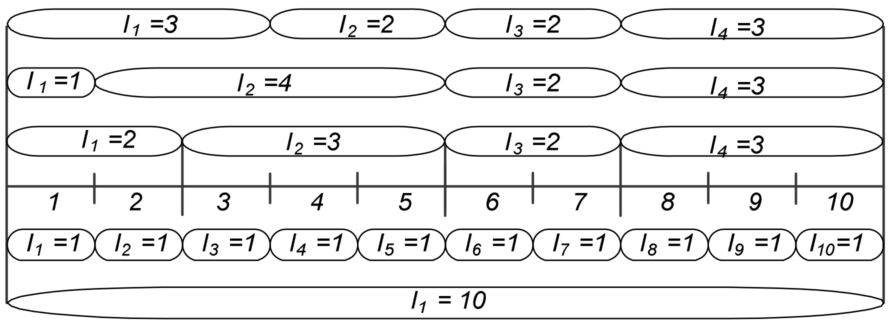

Рис. 1. Пример разбиения словной шкалы для вектора $\langle 2,3,2,3, \rangle$

На данной словной шкале можно построить 10 классов разбиений $\mathcal{R}_1$, $\mathcal{R}_2, \ldots$, $\mathcal{R}_{10}$. Здесь класс $\mathcal{R}_1$ представлен только одним разбиением R_1 и этому классу соответствует система векторов, состоящая также всего из одного вектора $\langle 10 \rangle$. Классу $\mathcal{R}_{10}$ также соответствует система векторов, представленная одним вектором $\langle 1,1,1,1,1,1,1,1,1,1 \rangle$. Классу разбиений $\mathcal{R}_4$ соответствует система векторов $\langle l_1, l_2, l_3, l_4 \rangle$, а некоторые конкретные разбиения этого класса представляют векторы $\langle 3, 2, 2, 3 \rangle$, $\langle 1, 4, 2, 3 \rangle$ и $\langle 2, 3, 2, 3 \rangle$.

Поскольку между классами разбиений и системами векторов имеет место взаимно однозначное соответствие, то от нумерации разбиений классов можно перейти к построению нумерации векторов. Таким образом, в нумерации $N(m)$ поднумерация $\left\langle {1 \atop m} \right\rangle$ представлена вектором $\langle m \rangle$, поднумерациия $\left\langle {m \atop m} \right\rangle$ – вектором $\langle 1, 1, \ldots, 1 \rangle$, а поднумерация $\left\langle {i \atop m} \right\rangle$ представлена системой векторов $\langle l_1, l_2, \ldots, l_i \rangle$.

Теперь рассмотрим процедуру построения поднумерации $\left\langle {i \atop m} \right\rangle$.

Поскольку из определения разбиения следует, что в классе разбиений $\mathcal{R}_i$ всегда для любого числового вектора $l_1^j, l_2^j, \ldots, l_i^j$, соответствующего разбиению R_{ij}, выполняется соотношение:

$$l_1^j + l_2^j + \cdots + l_i^j = m, \tag{3}$$

то для $1 < i < m$ всегда в классе $\mathcal{R}_i$ существуют такие разбиения, которые содержат отрезок максимальной длины $\rho_i = m - i + 1$ для данного класса, а соответствующие им вектора имеют следующие представления:

$$\langle 1, 1, \dots ,1, \dots ,1, \rho_i, \rangle$$
$$\dots \dots \dots \dots$$
$$\langle 1, 1, \dots ,1, \dots , \rho_i, 1, \rangle$$
$$\dots \dots \dots \dots$$
$$\langle 1, 1, \dots , \rho_i, \dots ,1, 1, \rangle$$
$$\dots \dots \dots \dots$$
$$\langle 1, \rho_i, \dots ,1, \dots ,1, 1, \rangle$$
$$\dots \dots \dots \dots$$
$$\langle \rho_i, 1, \dots ,1, \dots ,1, 1, \rangle$$

В дальнейшем данные вектора будем называть *реперными* для системы векторов класса разбиений $\mathcal{R}_i$, а параметр $\rho_i(m)$ – *характеристическим числом* поднумерации $\langle {}^{\mathrm{i}}_{\mathrm{m}} \rangle$. Нетрудно показать, что система векторов класса разбиений $\mathcal{R}_i$ всегда содержит i реперных векторов.

Будем считать, что в таком же порядке данные вектора входят в нумерацию системы векторов, при этом вектор $\langle 1, 1, \dots ,1, \dots ,1, \rho_i, \rangle$ будем считать первым в поднумерации, а вектор $\langle \rho_i, 1, \dots ,1, \dots ,1, 1, \rangle$ – последним.

Теперь определим правило перехода от t-го члена к $(t+1)$-му члену поднумерации $\langle {}^{\mathrm{i}}_{\mathrm{m}} \rangle$, для чего на нумерации введем *операцию развертки*, которая схематично представлена на рис. 2.

Операция развертки разбиения

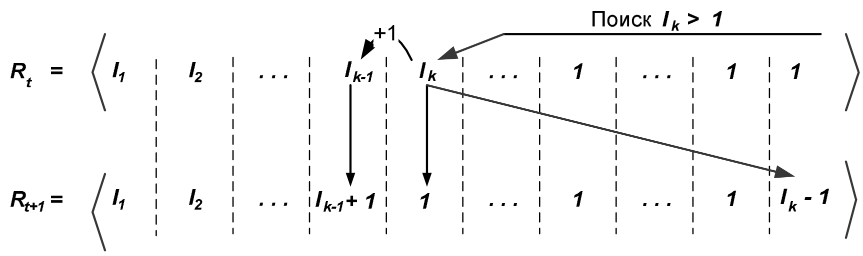

Рис. 2. Операция развертки на нумерации

На рисунке разбиению R_t соответствует t-ый вектор, а разбиению R_{t+1}-й вектор соответствующей системы векторов, а операция развертки применяется к вектору разбиения R_t для получения вектора нового разбиения R_{t+1}.

Операция развертки складывается из последовательности следующих действий:

1. Просматривая слева направо вектор разбиения R_t, найти первую орту $l_k > 0$.
2. Представить орту в виде двух слагаемых $l_k = 1 + (l_k - 1)$.
3. Получить новое значение для смежной слева орты путем добавления к ней единицы $l_{k-1} = l_{k-1}$+1 и перенести это значение в орту l_{k-1} нового вектора разбиения R_{t+1}.
4. Перенести второе слагаемое $(l_k - 1)$ в первую орту нового вектора.
5. Присвоить орте l_k нового вектора разбиения R_{t+1} значение 1, $l_k = 1$.
6. Значения всех остальных орт вектора разбиения R_t перенести в вектор разбиения R_{t+1}.

После применения операции развертки к вектору разбиения R_t получим вектор нового разбиения R_{t+1}.

Теперь для некоторого класса разбиений $\mathcal{R}_i$ сконструируем алгоритм построения поднумерации $\left\langle{\mathrm{i} \atop \mathrm{m}}\right\rangle$.

Алгоритм:

1. Построить реперный вектор вида:

$$\begin{cases} \langle 1, 1, \ldots, 1, \rho_i \rangle; \\ \rho_i = m - i + 1 \end{cases}$$

и считать его первым в поднумерации $\left\langle{\mathrm{i} \atop \mathrm{m}}\right\rangle$, положить $j = 1$ (счетчик поднумерации).

2. Применить к j-му вектору поднумерации $\left\langle{\mathrm{i} \atop \mathrm{m}}\right\rangle$ операцию развертки и новому вектору присвоить номер $j = j + 1$.

3. Пункт 2 выполнять до тех пор, пока результатом развертки не будет реперный вектор вида $\langle \rho_i, 1, \ \ldots, 1, 1 \rangle$.

4. Процесс завершить, нумерация построена.

Рис. 3 иллюстрирует операцию развертки и процедуру построения поднумерации $\left\langle{4 \atop 7}\right\rangle$ для словной шкалы длиною $m = 7$.

Поднумерация $\left\langle{4 \atop 7}\right\rangle$

Порядковый номер разбиения	Вектора разбиений l_1	l_2	l_3	l_4	Кол-во разбиений в группе	Порядковый номер группы
1	1	1	1	4	4	1
2	1	1	2	3		
3	1	1	3	2		
4	1	1	4	1		
5	1	2	1	3	3	2
6	1	2	2	2		
7	1	2	3	1		
8	1	3	1	2	2	3
9	1	3	2	1		
10	1	4	1	1	1	4
11	2	1	1	3	3	5
12	2	1	2	2		
13	2	1	3	1		
14	2	2	1	2	2	6
15	2	2	2	1		
16	2	3	1	1	1	7
17	3	1	1	2	2	8
18	3	1	2	1		
19	3	2	1	1	1	9
20	4	1	1	1	1	10
Итого количество разбиений в поднумерации					20	

Рис. 3. Пример построения поднумерации $\left\langle{4 \atop 7}\right\rangle$ для класса разбиений $\mathcal{R}_4$

Таким образом, в поднумерацию $\left\langle{4 \atop 7}\right\rangle$ входит 20 векторов.

Как это следует из определения поднумерации $\left\langle{\mathrm{i} \atop \mathrm{m}}\right\rangle$, для любого j-го вектора, входящего в нее, выполняется соотношение:

$$\boldsymbol{m} = \boldsymbol{l_1^j} + \boldsymbol{l_2^j} + \cdots + \boldsymbol{l_i^j}. \quad (4)$$

Если в этом соотношении закрепить порядок следования членов, то тогда каждому вектору поднумерации можно поставить во взаимно однозначное соответствие определенную конфигурацию такой суммы значений. Данная конфигурация в комбинаторике [3] называется разложением натурального числа m на упорядоченную сумму из i натуральных слагаемых или композицией натурального числа m длины i.

Из конструктивного определения операции развертки и алгоритма построения поднумерации $\left\langle{\mathrm{i} \atop \mathrm{m}}\right\rangle$ следует, что не существует других векторов, которые бы не входили бы в поднумерацию, а им бы соответствовала точно такая же композиция натурального числа m длины i, как и у векторов поднумерации. Таким образом, между поднумерации $\left\langle{\mathrm{i} \atop \mathrm{m}}\right\rangle$ и композицией натурального числа m длины i установлено взаимно однозначное соответствие.

Из данного обстоятельства и определения композиции натурального числа следует следующее. Если через $\left|\left\langle{\mathrm{i} \atop \mathrm{m}}\right\rangle\right|$ обозначить число членов поднумерации, то с учетом определения композиции натурального числа и понятия сочетания его можно определить в виде соотношения:

$$\left|\left\langle{\mathbf{i} \atop \mathbf{m}}\right\rangle\right| = \mathrm{C}_{\mathbf{m-1}}^{\mathbf{i-1}}. \quad (5)$$

С учетом соотношения (3.28) и (3.31) можно число членов всей нумерации (2.28) $|N(m)|$ представить следующим выражением:

$$|N(m)| = \left|{1 \atop m}\right| + \left|{2 \atop m}\right| + \cdots + \left|{i \atop m}\right| + \cdots + \left|{m \atop m}\right| = \mathrm{C}_{\mathrm{m-1}}^{0} + \mathrm{C}_{\mathrm{m-1}}^{1} + \cdots + \mathrm{C}_{\mathrm{m-1}}^{\mathrm{m-1}} = 2^{\mathrm{m-1}}, \quad (6)$$

которое и представляет собой комбинаторную оценку множества разбиений словной шкалы.

Таким образом, в работе определены такие понятия как словная шкала, операции на отрезках типа: сложения, пересечения, разности, вложения и разбиения. Построены множества разбиений словной шкалы на непересекающиеся классы, сконструирован способ нумерация множества разбиений и получены мощностные комбинаторные оценки для множества разбиений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Вишняков Р.Ю., Вишняков Ю.М.* Семантически ориентированная метамодель предложения научно-технического текста // Информатизация и связь. – 2011. – № 3. – С. 17-19.
2. *Вишняков Р.Ю., Вишняков Ю.М.* Об одной метамодели предложения естественного языка для семантической интерпретации научно-технических текстов // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2011. – № 7 (120). – С. 163-167
3. *Сачков В.Н.* Комбинаторные методы дискретной математики. – М.: Наука, 1977. – С. 241-319.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор В.П. Карелин.

Вишняков Ренат Юрьевич – Технологический институт федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге; e-mail: Renat.Vishnyakov@gmail.com; 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44; тел.: 88634371885; кафедра системного анализа и телекоммуникаций; ассистент.

Вишняков Юрий Муссович – e-mail: Jury.Vishnyakov@gmail.com; декан факультета автоматики и вычислительной техники; д.т.н.; профессор.

Vishnyakov Renat Yur'evich – Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education "Southern Federal University"; e-mail: Renat.Vishnyakov@gmail.com; 44, Nekrasovsky, Taganrog, 347928, Russia; phone: +78634371885; the department of system analysis and telecommunications; assistant.

Vishnyakov Yurij Mussovich – e-mail: Jury.Vishnyakov@gmail.com; the dean of college of automation and computer engineering; dr. of eng. sc.; professor.

УДК 621.396

А.О. Касьянов, С.Е. Строчков

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МИКРОВОЛНОВЫХ УСТРОЙСТВ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ, ЧАСТОТНОЙ И ПОЛЯРИЗАЦИОННОЙ СЕЛЕКЦИИ НА ОСНОВЕ МИКРОПОЛОСКОВЫХ ДИФРАКЦИОННЫХ РЕШЕТОК С ПЕРЕСТРАИВАЕМОЙ ТОПОЛОГИЕЙ ПЕЧАТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Применение интеллектуальной обшивки в перспективных летательных аппаратах (ЛА), объединяющей функции таких подсистем, как антенная, сенсорная и управляемого рассеяния, позволяет существенно снизить энергозатраты авионики ЛА, а введение в ее состав ректенн решает проблему беспроводного энергоснабжения ЛА. Печатные антенны являются высокотехнологичной конструктивной реализацией ректенн. При этом, как правило, ректенна приемной станции ЛА представляет собой отражательную решетку (ОАР). В статье представлены результаты моделирования реконфигурируемых (управляемых) частотно-избирательных поверхностей и печатных ОАР как СВЧ-компонентов интеллектуальной обшивки ЛА.

Реконфигурируемая печатная решетка; частотно-избирательная поверхность; антенный отражатель.

A.O. Kasyanov, S.E. Stochkov

THE MATHEMATICAL SIMULATION OF MICROWAVE DEVICES OF SPATIAL, FREQUENCY AND POLARIZATION SELECTION, BASED ON RECONFIGURABLE MICROSTRIP REFLECTARRAYS

The solution of the problem of a full-wave simulation of reconfigurable rectennas based on printed lattices has been obtained. Microstrip reflectarrays (RAA) and frequency selective surfaces (FSS) are considered. The possible FSS/RAA application area is discussed and it's shown these EM stuctures are the very attractive type of array for smart covers components designing at microwaves. Computer simulation is made using mathematical model based on periodical structures theory and integral equation solution. Some numerical and experimental results presented prove the possibility of FSS/RAA application as smart covers microwave module.

Reconfigurable printed lattice; frequency selective surface; microstip multielement reflective type antenna array.

Введение. В статье рассматривается ряд возможных применений микрополосковых отражательных антенных решеток (ОАР) в качестве элементов интеллектуальных покрытий (ИП) для построения антенных решеток, электронно-управляемых частотных (или угловых) селективных покрытий, поляризационных фильтров, РАДАНТов и т.п. С целью унификации подходов к анализу перечисленных устройств исследовалась достаточно универсальная физическая модель (рис. 1) излучателя плоской периодической ОАР произвольной конфигурации, системы им-