



ИТММ · 2010

**«ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ»**

ЧАСТЬ 2

Томский государственный университет
Кемеровский государственный университет
Кемеровский научный центр СО РАН
Институт вычислительных технологий СО РАН
Филиал Кемеровского государственного университета
в г. Анжеро-Судженске

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ
МОДЕЛИРОВАНИЕ
(ИТММ-2010)**

**Материалы IX Всероссийской
научно-практической конференции
с международным участием**

19–20 ноября 2010 г.

Часть 2

Издательство Томского университета

2010

УДК 519
ББК 22.17
И74

Редколлегия:

Р. Т. Якупов, д-р физ.-мат. наук, профессор (отв. ред.);

И. Р. Гарайшина, канд. физ.-мат. наук, доцент;

А. С. Шкуркин, канд. техн. наук, доцент

Информационные технологии и математическое моделирование
И74 (ИТММ-2010): Материалы IX Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (19–20 ноября 2010 г.). – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2010. – Ч. 2. – 196 с.

ISBN 978–5–7511–1949–2

В часть 2 вошли материалы секций «Информационные технологии», «Математические методы и модели в науке и технике» и «Численные методы и комплексы программ».

Для специалистов в области информационных технологий и математического моделирования.

**УДК 519
ББК 22.17**

*Конференция проводится при поддержке Российского фонда
фундаментальных исследований (проект № 10–07–06095-з)*

ISBN 978–5–7511–1949–2

© Томский государственный университет, 2010
© Кемеровский государственный университет, 2010
© Кемеровский научный центр СО РАН, 2010
© Институт вычислительных технологий СО РАН, 2010
© Филиал Кемеровского государственного университета в г. Анжеро-Судженске, 2010

Литература

1. Островский Н. В. Нахождение квантованного радиуса орбиты электрона // Информационные технологии и математическое моделирование (ИТММ-2009): Материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2009. – Ч. 2. – С. 152–155.
2. Островский Н. В. О взаимодействии спаренных электронов // Сборник материалов Всероссийской научно-технической конференции «Общество – наука – инновации». – Киров: Вятский государственный университет, 2010. – Т. 2. – С. 303–307.
3. Бор Н. Избранные научные труды. – Т. 1. – М.: Наука, 1970. – С. 84–148.
4. Калашников С. Г. Электричество: учеб. пособие. – М.: Наука; ГРФМЛ, 1985. – 576 с.
5. Коттон Ф., Уилкинсон Дж. Современная неорганическая химия. – М.: Мир, 1969. – 224 с.
6. Эмсли Дж. Элементы: Пер. с англ. – М.: Мир, 1993. – 256 с.
7. Островский Н. В. Об энергии основных состояний и энергии ионизации двух-электронных атомов и ионов (на основе теории строения атома Нильса Бора) // Сборник материалов Всероссийской научно-технической конференции «Наука – производство – технологии – экология». – Киров: Вятский государственный университет, 2008. – Т. 3. – С. 197–199.

О ДИССИПАТИВНОЙ СТОХАСТИЧЕСКОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАЗВИТИЯ ЯЗЫКОВЫХ ЗНАКОВ

В. В. Поддубный, А. А. Поликарпов

*Томский государственный университет,
Московский государственный университет*

Согласно современным лингвистическим представлениям о развитии жизненного цикла языкового знака [1], любой языковой знак (слово) после своего появления в языке в некотором начальном значении может либо сохранять это значение в течение всей своей жизни, либо претерпевать эволюцию, последовательно рождая новые значения, всё более и более абстрактные по смыслу, пока не будет полностью израсходован его так называемый ассоциативно-семантический потенциал (АСП) – способность порождать новые значения (своя для каждого знака). При этом скорость рождения новых значений на начальном участке процесса эволюции знака максимальна (хотя и своя для каждого знака), а затем постепенно падает до нуля. Через некоторое время t_0 (свое для каждого знака) начинается аналогичный процесс выпадения из употребления сначала наименее абстрактных (наиболее конкретных) значений знака, а затем всё более абстрактных, пока все значения знака не выйдут из употребления. При этом начальный участок процесса выпадения из употребления значений знака характеризуется наибольшей скоростью, которая затем постепенно уменьшается до нуля. Весь процесс выпадения значений знака из употребления идёт более медленно, чем процесс рождения новых значений. В результате в каждый данный момент текущего времени после момента возникновения знака число актуальных (живущих) значений знака (его полисемия) сначала растёт, достигает максимума, а затем постепенно падает. Через некоторое время (время жизни знака) это число стано-

вится равным нулю – знак исчезает из употребления. Кривая развития этого процесса во времени (кривая жизненного цикла языкового знака) – унимодальная кривая с максимумом, смещённым влево, к началу процесса.

Возникает вопрос, какой математической моделью может быть описан процесс развития языкового знака?

Введём переменные, характеризующие этот процесс. Обозначим через G максимальный АСП знака; через k – номер значения, появившегося на k -м шаге эволюции значений знака, $k = 1, 2, \dots, G$; через t_k – момент появления k -го значения ($t_1 = 0$ – начальный момент, момент появления знака в его начальном значении); через v_k – скорость роста числа значений знака на k -м шаге эволюции (v_1 – начальная скорость).

Очевидно,

$$v_k = ((k+1) - k) / (t_{k+1} - t_k) = 1/\Delta t_k, \quad \Delta t_k = t_{k+1} - t_k, \quad (1)$$

где Δt_k – промежуток времени между рожденьями $k+1$ -го и k -го значений знака. В процессе рождения новых значений знака его АСП растрачивается, уменьшаясь на единицу при каждом рождении нового значения, так что на k -м шаге (уровне) эволюции АСП знака оказывается равным $G - k$ (после рождения k -го значения знака может родиться только $G - k$ новых значений). Естественно предположить, что скорость эволюции знака v_k пропорциональна АСП знака на k -м уровне эволюции:

$$v_k = a(G - k), \quad k = \overline{1, G}. \quad (2)$$

Тогда максимальная скорость эволюции равна $v_1 = a(G - 1)$, а минимальная – нулю: $v_G = a(G - G) = 0$. Из соотношений (1)–(2) получаем рекуррентную формулу для моментов появления новых значений знака:

$$t_{k+1} = t_k + 1/(a(G - k)), \quad k = \overline{1, G-1}, \quad t_1 = 0. \quad (3)$$

Отсюда видно, что интервал времени $\Delta t_k = t_{k+1} - t_k$ обратно пропорционален АСП k -го значения знака, причём чем больше коэффициент пропорциональности $1/a$, тем длиннее этот интервал. Следовательно, коэффициент $1/a$ имеет смысл некоторой «постоянной времени» $\tau = 1/a$ роста числа новых значений знака (чем больше τ , тем медленнее рост, т. е. больше Δt_k , и наоборот). Поэтому вместо коэффициента a более резонно использовать обратную величину τ , так что рекуррентное соотношение (3) примет вид

$$t_{k+1} = t_k + \tau/(G - k), \quad k = \overline{1, G-1}, \quad t_1 = 0. \quad (4)$$

К сожалению, проанализировать характер поведения решения этого рекуррентного уравнения затруднительно. Однако если перейти временно к непрерывной переменной k , то рекуррентное уравнение (2) с учётом (1) и обозначения $\tau = 1/a$ можно записать в виде дифференциального уравнения:

$$dk(t)/dt = (G - k(t))/\tau, \quad k(0) = 1. \quad (5)$$

Это линейное дифференциальное уравнение с разделяющимися переменными. Его решение имеет вид

$$k(t) = G - (G - 1)\exp(-t/\tau), \quad t \geq 0. \quad (6)$$

Как видим, $k(t)$ экспоненциально растёт с ростом t от значения $k(0) = 1$ до $k(\infty) = G$. Очевидно,

$$v(t) = dk(t)/dt = (G - k(t))/\tau, \quad (7)$$

$$d^2k(t)/dt^2 = -(1/\tau)dk(t)/dt = -(1/\tau)v(t). \quad (8)$$

Последнее равенство означает, что «сила инерции» $d^2k(t)/dt^2$ в каждый момент текущего времени t уравновешивается «силой вязкого трения» $-(1/\tau)v(t)$. Следовательно, процесс роста новых значений знака является диссипативным процессом [2]. Первоначальная «кинетическая энергия» такого процесса, равная $T(0) = v^2(0)/2 = (G - 1)^2/(2\tau^2)$, растрачивается на преодоление «сил вязкого трения», так что к моменту времени $t > 0$ её остаётся

$$T(t) = v^2(t)/2 = (G - k(t))^2/(2\tau^2) < T(0). \quad (9)$$

С другой стороны, этот остаток «кинетической энергии» способен совершить «работу» против «сил вязкого трения», равную

$$U(t) = -\int_{k(0)}^k (1/\tau)v(t)^2 dk(t) = (G - k(t))^2/(2\tau^2). \quad (10)$$

Эта «работа» называется «потенциальной энергией» (потенциальной функцией). Как видим, «потенциальная энергия» знака $U(t)$ на каждом уровне $k(t)$, то есть в каждый момент времени t , равна «кинетической энергии» знака $T(t)$, $U(t) = T(t)$, так что его «функция действия» $S(t) = |T(t) - U(t)| = 0$ и соответственно «функционал действия» $S = \int_0^\infty |T - U| dt = 0$ принимают минимальные (а именно, равные нулю) значения. Следовательно, процесс $k(t)$ роста числа новых значений знака в рассматриваемой математической модели подчиняется принципу «наименьшего действия» [3, 4], одному из фундаментальных вариационных принципов природы, впервые сформулированному Пьером Мопертюи в 40-х гг. XVIII в.

Частная производная $\partial U/\partial k(t) = -(1/\tau)v(t)$ от потенциальной функции по координате $k(t)$ определяет «силу вязкого трения», «силу сопротивления движению», что характерно для диссипативных систем. Применительно к языковому знаку можно сказать, что она определяет силу сопротивления языковой среды рождению новых значений знака. Возвращаясь к дискретной модели роста числа новых значений знака, можно сказать, что процесс эволюции языкового знака есть дискретный аналог диссипативного процесса.

Естественно предположить, что аналогично, но более медленно протекает процесс выхода из употребления значений знака. Тогда, снабдив верхними индексами процесс рождения новых значений (индекс 1) и процесс выпадения значений из употребления (индекс 2), для i -го знака получим из (4):

$$\begin{aligned} t_{i,k+1}^{(1,2)} &= t_{i,k}^{(1,2)} + \tau_i^{(1,2)} / (G_i - k), \quad k = \overline{1, G_i - 1}, \\ t_{i,1}^{(1)} &= t_i, \quad t_{i,1}^{(2)} = \tau_{oi} + t_i, \quad \tau_i^{(2)} > \tau_i^{(1)}, \quad i = \overline{1, N}, \end{aligned} \quad (11)$$

где t_i – момент появления в языке i -го знака (слова); N – число слов в языке. Очевидно, $L_{i,k} = t_{i,k}^{(2)} - t_{i,k}^{(1)}$ – длительность жизни k -го значения i -го знака. Нетрудно видеть, что эта величина подчиняется рекуррентному соотношению

$$L_{i,k+1} = L_{i,k} + \left(\tau_i^{(2)} - \tau_i^{(1)} \right) / (G_i - k), \quad L_{i,1} = \tau_{0i}, \quad k = \overline{1, G_i - 1}, \quad i = \overline{1, N}, \quad (12)$$

так что $L_{i,k+1} > L_{i,k}$, т. е. длительность жизни каждого значения любого i -го знака увеличивается с ростом k .

Полисемия i -го знака развивается с момента $t_{i,1}^{(1)} = t_i$ появления i -го знака в языке до момента $t_{i,G_i}^{(2)} = t_i + \tau_{0i} + L_{i,G_i}$ выхода из употребления последнего (G_i -го) значения i -го знака. Интервал времени длиной $L_i = \tau_{0i} + L_{i,G_i}$ от $t = t_{i,1}^{(1)}$ до $t = t_{i,G_i}^{(2)}$ – интервал жизненного цикла i -го знака.

Модель (11)–(12) является детерминированной дискретной диссипативной динамической моделью развития жизненного цикла языкового знака.

Очевидно, параметры жизненного цикла i -го знака (их 5 в нашей детерминированной модели) t_i , τ_{0i} , $\tau_i^{(1)}$, $\tau_i^{(2)}$, G_i различны для различных знаков. Этими параметрами определяются и моменты рождения $t_{i,k}^{(1)}$, и моменты выхода из употребления $t_{i,k}^{(2)}$, и длительности жизни $L_{i,k}$ каждого k -го значения i -го знака, и, наконец, само число G_i различных значений i -го знака (его АСП). Параметры $\tau_i^{(1)}$ и G_i определяют активность i -го знака, параметры τ_{0i} и L_{i,G_i} (т. е. τ_{0i} , $\tau_i^{(2)} - \tau_i^{(1)}$, G_i) – его стабильность.

Поскольку параметры модели характеризуют каждый знак, а все знаки разные, можно считать эти параметры для случайно выбранного знака случайными, подчиняющимися некоторым устойчивым законам распределения (в стационарном режиме появления, развития жизненного цикла и смены языковых знаков, то есть в стационарном процессе функционирования языка). Эти законы распределения должны проявляться во временных сечениях процесса функционирования языка. Именно на таких сечениях могут быть проверены (путём сравнения со словарями или путём анализа текстов) предполагаемые законы распределения параметров, а также предсказаны путём компьютерного моделирования законы распределения характеристик, определяемых этими параметрами (частотного распределения полисемии, распределения уровней абстрактности значений знаков, времени жизни, возраста знаков и т. п.).

В статистической модели развития во времени процессов функционирования больших ансамблей знаков на основе предложенной модели жизненного цикла отдельного языкового знака предполагается, что знаки возникают в языке в случайные моменты времени, образуя пуассоновский поток событий некоторой интенсивности. В этом случае интервал времени между появлением соседних по времени знаков языка имеет экспоненциальное распределение со средним значением, обратным интенсивности по-

тока. Предполагается также, что постоянные времена $\tau_i^{(1)}$ и $\tau_i^{(2)}$ пропорциональны G_i для всех знаков, а сами G_i образуют статистический ансамбль с экспоненциальным законом распределения. Предполагается, что задержки τ_0 начала выхода значений знаков из употребления также подчиняются экспоненциальному закону распределения и не зависят статистически от значений G_i . Кроме того, в статистической модели предполагается, что моменты $t_{i,k}^{(1)}$ рождения новых значений и $t_{i,k}^{(2)}$ выхода из употребления этих значений также флуктуируют для каждого знака и значения, но так, что рождение значения более высокого уровня $k+1$ происходит не раньше рождения значения предыдущего, более низкого уровня k , то есть так, что $t_{i,k+1}^{(1)} \geq t_{i,k}^{(1)}$, и аналогично $t_{i,k+1}^{(2)} \geq t_{i,k}^{(2)}$, $\forall k, \forall i$. Эти флуктуации в модели описываются независимыми равномерно распределёнными случайными величинами с нулевыми средними значениями и полуширинами плотностей распределения $t_{i,k+1}^{(1,2)} - t_{i,k}^{(1,2)} = \tau_i^{(1,2)} / (G_i - k)$ соответственно.

На рис. 1, 2 в качестве примера результатов моделирования приведены эмпирические распределения абсолютных частот всех актуальных (живущих) уровней значений знаков и всех актуальных значений полисемии, усреднённые по 10 разнесённым временным сечениям (разрезам) моделирования динамики развития ансамбля 5000 знаков. Среднее значение интервалов между появлением знаков выбиралось равным $\langle t_{i+1} - t_i \rangle = 1$, среднее значение АСП $\langle G \rangle = 10$, среднее значение $\langle \tau_0 \rangle = 100$. При этом принимались случайные значения $\tau^{(1)} = 3G$, $\tau^{(2)} = 9G$. На рис. 3, 4 представлены распределения длительности жизни и возраста знаков.

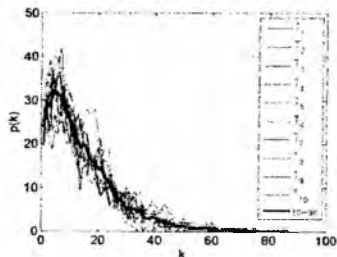


Рис. 1. Распределение уровней значений знаков

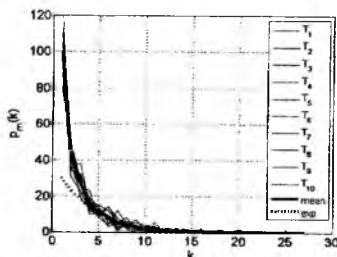


Рис. 2. Распределение актуальной полисемии

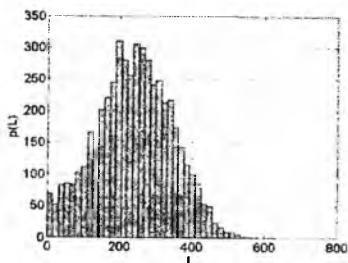


Рис. 3. Распределение длительности жизни знаков

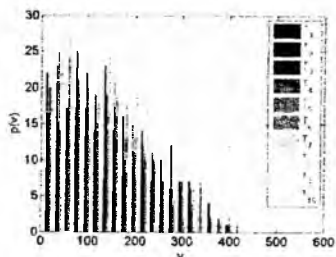


Рис. 4. Распределение возраста знаков (по сечениям)

Литература

1. Поликарпов А. А. Системно-количественный подход в лингвистике // Филологические школы и их роль в систематизации научных исследований (Вестник Смоленского государственного университета. – Сер. 1: Филология. – Т. 1). – Смоленск: Маджента, 2007. – С. 35–59.
2. Лоскутов А. Ю., Михайлов А. С. Основы теории сложных систем. – Москва; Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2007. – 620 с.
3. Айзерман М. А. Классическая механика. – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1980. – 368 с.
4. Маркеев А. П. Теоретическая механика: учеб. для университетов. – М.: ЧеРо, 1999. – 572 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИНТЕГРАЛЬНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ОЦЕНКИ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Н. И. Саватейкина

Кемеровский государственный университет

Необходимость решения проблем, связанных со здоровьем населения, требует от математиков разработки специальных методов построения и исследования математических моделей оценки здоровья.

Качество или эффективность многих систем различного назначения нередко характеризуют одним интегральным показателем (ИП). В данной работе рассматривается одна из формул расчета интегрального показателя оценки здоровья населения. За основу берется методика расчета ИП Российской Федерации и проводятся вычисления по данным Кемеровской области.

Основной целью работы являются анализ этого показателя, выявление тенденции его изменения, составление прогнозов.

Расчет параметров модели интегрального показателя здоровья населения для Кемеровской области был произведен на основе модели ИП здоровья населения Российской Федерации, построенной Б. Ф. Кирьяновым. Эта