

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 519.2:004.421.5:004.7

В. Н. ЗАДОРЖНЫЙ

Омский государственный
технический университет

ОПТИМИЗАЦИЯ МАРШРУТНЫХ МАТРИЦ В СЕТЯХ С ОЧЕРЕДЯМИ

Рассматривается проблема оптимизации переходных вероятностей в однородных немарковских сетях с очередями. Изучается возможность моделирования дорог многоканальными системами с зависящей от нагрузки интенсивностью обслуживания. Разрабатывается метод оптимизации маршрутных матриц в транспортных сетях. Приводится пример оптимизации.

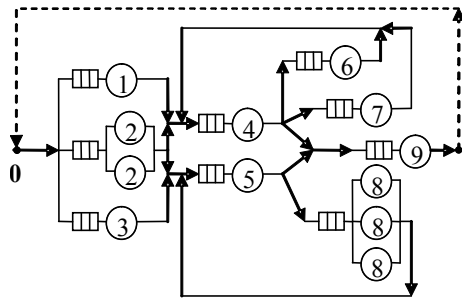
Ключевые слова: сеть с очередями, имитационное моделирование, анализ чувствительности, проблема вычисления градиентов.

1. Введение. В общем случае для оптимизации сетей с очередями, т.е. сетей массового обслуживания (СеМО) приходится использовать имитационное моделирование (ИМ). И если задача оптимизации содержит более десятка варьируемых параметров, то ее решение без привлечения градиентных методов становится практически невозможным. Но расчет градиентов в ИМ существенно затрудняется стохастическими погрешностями вычисляемых оценок целевой функции [1]. И все же проблему вычисления градиентов при ИМ СеМО удастся решать путем использования аналитико-статистического подхода [2–6].

В задачах оптимизации однородных СеМО варьируемыми параметрами могут быть быстродействия

узлов (интенсивности обслуживания) [7], число каналов в узлах [8], объемы буферов для хранения очередей [9], переходные вероятности на выходах узлов или сочетания параметров нескольких таких видов [10–12]. Поскольку в реальных сетях общий ресурс, используемый для варьирования параметров определенного вида, как правило, ограничен, задачи оптимизации обычно формулируются как задачи поиска оптимального распределения одного или нескольких видов ресурса [13].

В качестве показателей качества, из которых конструируются выражения целевых функций, часто используются среднее время прохождения заявки через сеть, вероятность потери заявки, или производные от них экономические показатели.



$\Lambda = 1,$
 $p_{0,1} = 0,2, p_{0,2} = 0,3, p_{0,3} = 0,5, p_{2,4} = 0,7, p_{2,5} = 0,3,$
 $p_{4,6} = 0,3, p_{4,7} = 0,4, p_{4,9} = 0,3, p_{5,8} = 0,9, p_{5,9} = 0,1$

Рис. 1. Пример СеМО.
 Штриховая дуга соответствует замкнутой версии сети

В течение длительного времени разработка новых эффективных методов оптимизации СеМО остается весьма актуальной задачей в сферах проектирования компьютерных [13–15] и транспортных [16–18] сетей.

Значительные сложности при решении задач оптимизации возникают в случае, когда в число варьируемых параметров входят переходные вероятности [6, 11, 12], т.е. когда оптимизируются маршрутные матрицы СеМО. В статье разрабатываются методы, позволяющие существенно упростить оптимизацию маршрутных матриц различных сетей с очередями, включая транспортные сети.

2. Задача распределения производительности и переходных вероятностей. В качестве примера задачи, в которой требуется оптимизировать маршрутную матрицу, рассмотрим задачу оптимизации СеМО путем перераспределения быстродействий узлов и переходных вероятностей [11, 12]. В сеть поступает рекуррентный поток заявок с интенсивностью Λ . Интервалы поступления заявок являются независимыми случайными величинами, принадлежащими функции распределения (ф.р.) $A(t)$. Заявка из входного потока сети с вероятностью p_{0i} попадает в i -й узел, $i = \overline{1, n}$. В любом из K_i каналов i -го узла время обслуживания заявки (независимая случайная величина) имеет ф.р. $B_i(t)$. Распределения $A(t)$ и $B_i(t)$ в общем случае не экспоненциальные. После обслуживания в i -м узле заявка случайно и независимо, в соответствии с заданными переходными вероятностями p_{ij} , выбирает один из узлов j для продолжения своего маршрута или, с вероятностью p_{j0} , уходит из сети (рис. 1). Вероятности p_{ij} ($i, j = \overline{0, n}$) задаются неразложимой стохастической маршрутной матрицей $\mathbf{P} = \| p_{ij} \|$.

Стационарное среднее время E прохождения заявки через сеть (среднее время ответа) можно представить в виде:

$$E = \sum_{i=1}^n \alpha_i \left(w_i + \frac{1}{\mu_i} \right), \quad (1)$$

где α_i — среднее число («частота») посещений i -го узла заявкой за время ее прохождения через сеть, w_i — среднее время ожидания заявки в очереди i -го узла, $\mu_i = b^{-1}$ — интенсивность обслуживания заявки каналом i -го узла (b_i — среднее время обслуживания в i -м узле).

Частоты α_i определяются через вероятности p_{ij} из системы уравнений:

$$\alpha_i = \sum_{j=0}^n \alpha_j p_{ji}, \quad i = \overline{0, n}, \quad \alpha_0 \equiv 1. \quad (2)$$

Через α_i последовательно определяются интенсивности $\lambda_i = \Lambda \cdot \alpha_i$ входящих потоков узлов и их коэффициенты загрузки $\rho_i = \lambda_i / (\mu_i K_i)$, $i = \overline{1, n}$. Значения w_i для (1) в общем случае определяются посредством ИМ и эффективно используются для оптимизации *распределения производительности* [7].

Задача оптимального распределения производительности и переходных вероятностей более общая и ставится следующим образом.

Ресурс M производительности (стоимость) сети как функция вектора $\bar{\mu} = (\mu_1, \dots, \mu_n)$ интенсивностей обслуживания в узлах $i = \overline{1, n}$ задается в виде

$M(\bar{\mu}) = \sum_{i=1}^n c_i \mu_i^{\beta_i}$, где $c_i > 0$ — коэффициенты стоимости, $\beta_i > 0$ — коэффициенты нелинейности. Варьируемые независимо переходные вероятности, указанные в фиксированном порядке, являются координатами вектора \bar{p}_v размерности m .

Требуется найти векторы $\bar{\mu} = \bar{\mu}_{opt}$ и $\bar{p}_v = \bar{p}_{v, opt}$, доставляющие минимум определенной формулой (1) среднего времени ответа:

$$E(\bar{\mu}, \bar{p}_v) = \sum_{i=1}^n \alpha_i(\bar{p}_v) \left(w_i(\bar{\mu}, \bar{p}_v) + \frac{1}{\mu_i} \right) \rightarrow \min_{\bar{\mu}, \bar{p}_v} \quad (3)$$

и принадлежащие следующей области допустимых решений:

$$M(\bar{\mu}) = \sum_{i=1}^n c_i \mu_i^{\beta_i} = M^* = const; \quad \rho_i \leq 1; \quad \sum_{j=0}^n p_{ij} = 1, \quad (4)$$

$$(i = \overline{0, n}); \quad 0 \leq p_{vi} \leq 1, \quad (i = \overline{1, m}).$$

3. Метод совместной оптимизации векторов $\bar{\mu}$ и \bar{p}_v . Метод решения задачи (3), (4), предлагаемый в [11, 12], состоит в итерационном приближении к решению $(\bar{\mu}_{opt}, \bar{p}_{v, opt})$. Каждая итерация включает два шага. На первом шаге при фиксированном \bar{p}_v методом направляющих гипербол (НГ) [7] оптимизируется распределение $\bar{\mu} = (\mu_1, \dots, \mu_n)$ ресурса M^* по узлам сети. На втором шаге при найденном $\bar{\mu}$ оптимизируется вектор \bar{p}_v (маршрутная матрица). Далее итерации поочередной оптимизации векторов $\bar{\mu}$ и \bar{p}_v повторяются, пока не наступит заданное условие останова.

На шаге оптимизации вектора \bar{p}_v рассчитываются все частные производные (ЧП) $\partial E / \partial p_{jk}$. При этом вычисление ЧП времени E по вероятностям p_{jk} сводится к вычислению ЧП частот α_i по этим вероятностям. Действительно, дифференцируя (1) по любой переходной вероятности p_{jk} , получаем равенство

$$\frac{\partial E}{\partial p_{jk}} = \sum_{i=1}^n \frac{\partial(\alpha_i / \mu_i)}{\partial p_{jk}} + \sum_{i=1}^n \frac{\partial(\alpha_i w_i)}{\partial p_{jk}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{\mu_i} \frac{\partial \alpha_i}{\partial p_{jk}} + \sum_{i=1}^n \frac{\partial \alpha_i}{\partial p_{jk}} w_i + \sum_{i=1}^n \alpha_i \frac{\partial w_i}{\partial p_{jk}}, \quad (5)$$

из которого в монографии [6] выводится приближенная формула

$$\frac{\partial E}{\partial p_{jk}} \approx \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{\mu_i} - \mu_i \frac{\partial w_i}{\partial \mu_i} \right) \frac{\partial \alpha_i}{\partial p_{jk}}, \quad (6)$$

в которой значения всех компонент, за исключением ЧП $\partial\alpha_i/\partial p_{jk}$, после шага оптимизации методом НГ вектора $\bar{\mu}$ известны. Для точного расчета ЧП $\partial E/\partial p_{jk}$ в [11, 12] используется расширенный метод редукции графа задержек. Этот метод позволяет точно вычислять все ЧП $\partial\alpha_i/\partial p_{jk}$ путем последовательных упрощений графа и соответствующих пересчетов ЧП как производных от суперпозиции функций многих переменных. Покажем теперь, что точный расчет ЧП $\partial\alpha_i/\partial p_{jk}$ можно существенно упростить, сводя его к решению вспомогательной системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ).

4. Расчет ЧП методом вспомогательных СЛАУ. Поскольку задача расчета ЧП $\partial\alpha_i/\partial p_{jk}$ представляет собой задачу расчета ЧП решений α_i СЛАУ (2) по ее заданным коэффициентам p_{ij} , достаточно показать, как можно рассчитывать ЧП решений СЛАУ по ее коэффициентам в общем случае. Пусть дана имеющая единственное решение СЛАУ $A\bar{x} = \bar{b}$:

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n = b_1, \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n = b_2, \\ \vdots \\ a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + \dots + a_{nn}x_n = b_n, \end{cases} \quad (7)$$

и требуется вычислить ЧП $\partial x_i/\partial a_{jk}$ всех решений x_i этой системы по выбранному ее коэффициенту a_{jk} . Для точного расчета искомого КЧ про дифференцируем формально все уравнения данной СЛАУ по выбранному коэффициенту a_{jk} . В результате получаем вспомогательную СЛАУ

$$\begin{cases} a_{11} \frac{\partial x_1}{\partial a_{jk}} + \dots + a_{1k} \frac{\partial x_k}{\partial a_{jk}} + \dots + a_{1n} \frac{\partial x_n}{\partial a_{jk}} = 0, \\ \dots \\ a_{j1} \frac{\partial x_1}{\partial a_{jk}} + \dots + a_{jk} \frac{\partial x_k}{\partial a_{jk}} + \dots + a_{jn} \frac{\partial x_n}{\partial a_{jk}} = -x_k, \\ \dots \\ a_{n1} \frac{\partial x_1}{\partial a_{jk}} + \dots + a_{nk} \frac{\partial x_k}{\partial a_{jk}} + \dots + a_{nn} \frac{\partial x_n}{\partial a_{jk}} = 0. \end{cases} \quad (8)$$

Все n ЧП $\partial x_i/\partial a_{jk}$ являются неизвестными в СЛАУ (8) и, следовательно, могут быть найдены как ее решения. Матрица A коэффициентов СЛАУ (8) совпадает с матрицей A исходной СЛАУ (7). Столбец правых частей содержит нули везде, кроме строки j , в которой находится значение $(-x_k)$. В итоге имеем следующее общее правило расчета ЧП всех решений x_i по выбранному a_{jk} :

- (1) решаем исходную СЛАУ;
- (2) решаем вспомогательную СЛАУ, получаемую из исходной заменой нулями всех элементов столбца \bar{b} , кроме элемента b_j — он заменяется значением $(-x_k)$, известным в результате выполнения шага (1).

Решение $(\bar{x}_1, \dots, \bar{x}_n)$ вспомогательной СЛАУ, найденное на шаге (2), есть искомый вектор $\left(\frac{\partial x_1}{\partial a_{jk}}, \dots, \frac{\partial x_n}{\partial a_{jk}} \right)$.

Замечание 1. При расчете ЧП решений СЛАУ по выбранному коэффициенту b_j вспомогательная СЛАУ отличается от описанной только значением b_j ; $b_j = 1$.

Замечание 2. Используя продемонстрированный подход, нетрудно свести к решению вспомогательной СЛАУ и задачу расчета ЧП решений СЛАУ (системы нелинейных алгебраических уравнений) по ее коэффициентам.

Численные эксперименты показывают, что методом вспомогательной СЛАУ все ЧП рассчитываются с максимально высокой точностью. Например, в Excel ЧП рассчитываются с 15-ю точными значащими десятичными цифрами. Решение рассчитывается по сравнению с шагами ИМ практически мгновенно. Например, решение СЛАУ из 100 уравнений в Excel (методом обращения матрицы A) занимает вместе с отображением результата долю секунды.

5. Пример уточнения оптимального вектора \bar{p} . В [11, 12] решается задача оптимального распределения производительности и переходных вероятностей для СеМО, представленной на рис. 1. Вероятности оптимизируются с помощью метода редукции графов. Точные условия задачи оптимизации указаны в [12]. В результате оптимизации среднее время ответа снизилось в [11] с $E = 25,5$ до $E = 2,9$, а в [12] — до $E = 3,1$.

При подготовке настоящей статьи выполнен эксперимент, в котором метод редукции заменен методом вспомогательной СЛАУ. В результате получено более точное решение: время E снизилось до **2,697**. Уточнено только распределение переходных вероятностей. Вместо приведенных в [11, 12] их оптимальных значений получены оптимальные значения $p_{0,1} = 0,1$, $p_{0,2} = 0,2$, $p_{2,4} = 0,6$, $p_{4,6} = 0,2$, $p_{4,7} = 0,3$, $p_{5,8} = 0,5$. Остальные переходные вероятности однозначно определяются перечисленными вероятностями (см. рис. 1).

6. Задача оптимизации маршрутных матриц в транспортных сетях. Придадим СеМО на рис. 1 смысл *транспортной* сети и проиллюстрируем на ее примере метод оптимизации маршрутных матриц. Для этого условимся представлять каждую дорогу транспортной сети многоканальной системой массового обслуживания (СМО). Число K каналов в СМО положим равным емкости дороги, т.е. числу автомобилей, которые могут разместиться на дороге одновременно и «обслуживаться» ею параллельно во времени. Положим емкости дорог 1, ..., 9 (узлы 1, ..., 9 на рис. 1) равными соответственно 50, 50, 50, 150, 150, 100, 100, 100, 150.

Поскольку емкость узлов-дорог в сети велика, сеть можно отнести к классу высокорезервированных СеМО [19]. Поэтому в случае хорошей загрузки дорог случайное число автомобилей на них имеет распределение, близкое к нормальному [15]. А это позволяет приближенно рассчитывать стационарные режимы и оптимизировать их характеристики, ориентируясь на среднее число машин на дорогах и на их средние скорости. Среднюю скорость автомобиля на пустой дороге обозначим через v_0 .

Тот факт, что при увеличении плотности транспортного потока скорость автомобилей в нем уменьшается, учтем с помощью фундаментальной диаграммы (ФД) дороги. Определим ФД дороги как убывающую функцию $\delta(\rho)$ коэффициента ρ загрузки, который в *стационарном режиме* равен отношению среднего числа автомобилей на дороге к ее емкости K ($0 \leq \rho \leq 1$, $0 \leq \delta(\rho) \leq 1$). В общем случае $\rho = \lambda b/K$, где λ — интенсивность входа автомобилей на дорогу, b — среднее время проезда дороги. В нестационарном режиме ρ может превышать единицу. Фактическая средняя скорость v определяется формулой $v = v_0 \delta(\rho)$. Вид ФД $\delta(\rho)$ реальных дорог находят путем натурных измерений на дорогах.

Скорости v_0 на дорогах 1, ..., 9 из-за разного качества дорог различны и составляют в км/ч соответственно 30, 50, 40, 45, 45, 40, 40, 40, 50. Длины дорог

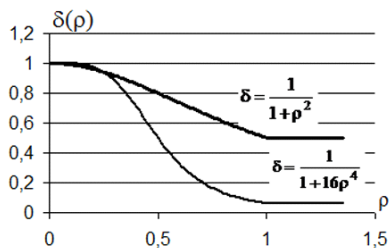


Рис. 2. Примеры ФД дорог

1, ..., 9 тоже различны и составляют (в км) 2,5, 2,5, 2,5, 3, 3, 2, 2, 2, 2,5.

Для целей данной статьи можно использовать упрощенную ФД, одну и ту же для всех дорог сети. Выберем, например, в качестве ФД функцию $\delta(\rho)$, изображенную верхней линией на рис. 2. Если $\rho > 1$, то $\delta(\rho) = \delta(1) = \text{const}$.

Примером задачи оптимизации маршрутных матриц в транспортных сетях является задача оптимизации переходных вероятностей в описанной транспортной сети. Дополним исходные данные задачи. Положим $\Lambda = 500$ авт/ч (автомобилей в час) и потребуем, чтобы частоты α_i захода в узлы $i = 1, 6, 7$ были не менее 0,25, а в узел 8 — не менее 0,5 (таковы обязательства по обслуживанию пунктов транспортного спроса). Переходные вероятности p_{ij} — это доли числа автомобилей, сворачивающих на соответствующие ветви маршрутов. Требуется найти значения p_{ij} , доставляющие минимум времени E .

7. Аналитический метод оптимизации транспортных маршрутных матриц. При заданной интенсивности входа автомобилей на дорогу $\lambda > 0$ возникает некоторый положительный коэффициент ее загрузки $\rho > 0$. Это приводит к уменьшению $\delta(\rho)$ (см. рис. 2) и фактической средней скорости $v = v_0 \delta(\rho)$. Учитывая ФД дороги $\delta(\rho)$ и используя формулу Литтла, запишем уравнение:

$$\rho = \frac{\lambda b}{K} = \lambda \frac{l}{v_0 \delta(\rho) K} = \frac{\rho_0}{\delta(\rho)}, \quad (9)$$

где l — длина дороги, $\rho_0 = \lambda l / (v_0 K)$ — виртуальный «свободный» коэффициент загрузки. Уравнение (9) справедливо для стационарного режима и в общем случае решается численными методами. Для выбранной нами ФД $\delta(\rho) = 1 / (1 + \rho^2)$ нетрудно найти аналитическое решение уравнения (9):

$$\rho = \frac{Kv_0}{2\lambda l} - \sqrt{\left(\frac{Kv_0}{2\lambda l}\right)^2 - 1} = \frac{1}{2\rho_0} - \sqrt{\frac{1}{(2\rho_0)^2} - 1}, \quad (10)$$

которое корректно (соответствует стационарному режиму) при $\rho_0 < 1/2$. Здесь у каждой дороги интенсивность $\lambda = \alpha \Lambda$ и частота α являются функциями переходных вероятностей, так как частоты α задаются как решения СЛАУ (2).

Вычисляя ρ на всех дорогах сети по формуле (10), можно найти все скорости $v = v_0 \delta(\rho) = v_0 / (1 + \rho^2)$ на этих дорогах, все средние времена $b = l/v$ прохождения дорог и время E , равное сумме произведений времен b на соответствующие частоты α дорог:

$E = \sum_{i=1}^9 \alpha_i b_i$. К сожалению, при больших коэффициентах загрузки, влиянием которых на скорости пренебречь нельзя, точный расчет ЧП $\partial E / \partial p_{jk}$ сводится к решению вспомогательных СЛАУ посредством формул слишком громоздких, чтобы имело смысл здесь их приводить. При небольших размерах сетей они хорошо оптимизируются стандартными программами, использующими численное дифференцирование.

На рис. 3 показан расчет на Excel значений p_{ij} , доставляющих минимум времени E . Начальное распределение варьируемых вероятностей определено следующим образом: $p_{0,1} = 0,1$, $p_{0,2} = 0,2$, $p_{2,4} = 0,6$, $p_{4,6} = 0,5$, $p_{4,7} = 0,4$, $p_{5,8} = 0,5$ (если его взять как на рис. 1, то стационарный режим будет невозможен — коэффициенты загрузки дорог 5 и 8 превысят единицу). При таких p_{ij} получается $E = 0,639$ часа. Использование найденных оптимальных значений p_{ij} показанных на рис. 3, приводит к уменьшению времени E до **0,307** ч. Оптимизация выполнена в Excel с помощью сервиса «Поиск решения».

8. Имитационная проверка аналитического решения. Найденное решение основано на средних скоростях и коэффициентах загрузки. Реальная стохастическая динамика дорожного движения лучше описывается мгновенными значениями случайных величин, характеризующих дорожную ситуацию и разнообразное поведение ее участников. Поэтому для решения оптимизационных задач целесообразно использовать двухуровневые подходы [18], в которых аналитические решения время от времени проверяются и уточняются с помощью ИМ.

На рис. 4 приведен фрагмент модели, написанной для проверки найденных аналитических решений. Скорость автомобилей на дороге в модели случайна и выбирается из симметричного треугольного рас-

C15 fx = СУММПРОИЗВ(B4:J4;B13:J13)														
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
Λ =	500													
i:	1	2	3	4	5	6	7	8	9					
	>=0,25					>=0,25	>=0,25	>=0,5						Варьируемые Pij
Альфы i:	0,250	0,553	0,197	1,000	1,000	0,250	0,250	0,500	1	P 0 1	0,250			
λi:	125	276,7	98,3	500,0	500,0	125	125	250,0	500	P 0 2	0,553			
Ki	50	50	50	150	150	100	100	100	150	P 2 4	0,452			
li	2,5	2,5	2,5	3	3	2	2	2	2,5	P 4 6	0,250			
V0i	30	50	40	45	45	40	40	40	50	P 4 7	0,250			
ρ0i	0,2083	0,2767	0,1229	0,2222	0,2222	0,0625	0,0625	0,1250	0,1667	P 5 8	0,500			
ρi	0,2183	0,3019	0,1248	0,2344	0,2345	0,0627	0,0627	0,1270	0,1716	P 0 3	0,197			
δ(ρi)	0,9545	0,9165	0,9847	0,9479	0,9479	0,9961	0,9961	0,9841	0,9714	P 2 5	0,548			
Vi факт-е	28,636	45,823	39,386	42,656	42,655	39,843	39,843	39,365	48,570	P 4 9	0,500			
b i:	0,0873	0,0546	0,0635	0,0703	0,0703	0,0502	0,0502	0,0508	0,0515	P 5 9	0,500			
Стало:	E =	0,307												
Было:	E =	0,639												

Рис. 3. Аналитическое решение задачи

```

TTB      TABLE      M1,0,2,60
CHAN1    STORAGE     50
. . .
<ФРАГМЕНТ ПРОПУЩЕН>
. . .
CHAN9    STORAGE     150

GENERATE (Exponential(1,0,1/500))
TRANSFER .197,,SMO3
TRANSFER (.553/.803),SMO1,SMO2
SMO1     ENTER       CHAN1
ASSIGN   STOR,CHAN1
ASSIGN   Delta,(1/(1+(S$CHAN1/50)^2))
ASSIGN   V_,(30#P$Delta)
ADVANCE  (2.5/(Triangular(1,0.9#P$V_,1.1#P$V_,P$V_)))
TRANSFER ,SMO4
SMO2     ENTER       CHAN2
ASSIGN   STOR,CHAN2
ASSIGN   Delta,(1/(1+(S$CHAN2/50)^2))
ASSIGN   V_,(50#P$Delta)
ADVANCE  (2.5/(Triangular(1,0.9#P$V_,1.1#P$V_,P$V_)))
TRANSFER .548,SMO4,SMO5
SMO3     ENTER       CHAN3
. . .
<ФРАГМЕНТ ПРОПУЩЕН>
. . .
SMO4     ENTER       CHAN4
LEAVE    P$STOR
ASSIGN   STOR,CHAN4
ASSIGN   Delta,(1/(1+(S$CHAN4/150)^2))
ASSIGN   V_,(45#P$Delta)
ADVANCE  (3/(Triangular(1,0.9#P$V_,1.1#P$V_,P$V_)))
TRANSFER .5,,CMO9
TRANSFER .5,SMO6,SMO7
SMO5     ENTER       CHAN5
. . .
<ФРАГМЕНТ ПРОПУЩЕН>
. . .
CMO9     ENTER       CHAN9
LEAVE    P$STOR
ASSIGN   Delta,(1/(1+(S$CHAN9/150)^2))
ASSIGN   V_,(50#P$Delta)
ADVANCE  (2.5/(Triangular(1,0.9#P$V_,1.1#P$V_,P$V_)))
LEAVE    CHAN9
TABULATE TTB
TERMINATE

GENERATE 1000
TERMINATE 1

```

Рис. 4. Фрагмент имитационной модели рассматриваемой транспортной сети

пределения с центром в точке $v = v_0 / (1 + \rho_{\text{тек}}^2)$, где $\rho_{\text{тек}}$ — мгновенный коэффициент загрузки, равный текущему числу машин на дороге, деленному на ее емкость.

Моделирование 1000 ч «жизни» сети с исходным набором вероятностей дает $E = 0,686$ ч, при оптимальных вероятностях получается $E = 0,310$ ч (ср. с аналитическими решениями в конце предыдущего раздела). Хорошо коррелируют или практически совпадают с аналитическими решениями и другие показатели, полученные при ИМ (включая коэффициенты загрузки).

Таким образом, быстрая приближенная аналитическая оптимизация хорошо подтверждается имитационным моделированием. Найденное аналитически оптимальное распределение переходных вероятностей снижает время E немногим более чем вдвое. Экономический эффект, достигаемый такой оптимизацией транспортных маршрутных матриц, вполне очевиден.

7. Заключение. Разработан аналитический метод оптимизации транспортных маршрутных матриц для стационарных транспортных потоков. Метод основан на представлении дорог многоканальными системами массового обслуживания и учитывает фундаментальные диаграммы дорог.

Возможность оптимизации больших маршрутных матриц, связывающих сотни дорог, обеспечивается сведением расчета градиента целевой функции по варьируемым вероятностям к решению вспомо-

гательных систем линейных алгебраических уравнений.

Рекомендуется использовать разработанный аналитический метод оптимизации совместно с имитационным моделированием сетей, позволяющим уточнять и проверять получаемые решения.

Библиографический список

1. Рыжиков, Ю. И. Имитационное моделирование. Теория и технологии / Ю. И. Рыжиков. — СПб.: КОРОНА принт; М.: Альтекс-А, 2004. — 384 с.
2. Клейнен, Дж. Статистические методы в имитационном моделировании: пер с англ. / Дж. Клейнен; под ред. Ю. П. Адлера и В. Н. Варыгина. — М.: Статистика, 1978. — Вып. 1. — 221 с.
3. Johnson, M. E. Infinitesimal Perturbation Analysis: a Tool for Simulation / M. E. Johnson, J. Jackson // J. of the Operational Res. Soc. — 1989. — Vol. 40, № 3. — P. 134–160.
4. Rubinstein, R. Y. Sensitivity analysis of computer simulation models via the efficient score / R.Y. Rubinstein // Oper. Res. — 1989. — Vol. 37. — P. 72–81.
5. Suri, R. Perturbation Analysis Gives Strongly Consistent Sensitivity Estimates for the M[G]1 Queue / R. Suri, M. Zazanis // Mgmt Science. — 1988. — Vol. 34, P. 39–64.
6. Задорожный, В. Н. Аналитико-имитационные исследования систем и сетей массового обслуживания: моногр. / В. Н. Задорожный. — Омск: Изд-во ОмГТУ, 2010. — 280 с.
7. Zadorozhnyi, V. N. Optimizing Uniform Non-Markov Queueing Networks / V. N. Zadorozhnyi // Automation and

Remote Control ISSN 0005-1179. — Vol. 71, No. 6, 2010. — P. 1158–1169. DOI: 10.1134/S0005117910060172.

8. Задорожный, В. Н. Распределение каналов в однородных немарковских сетях с очередями / В. Н. Задорожный // Омский научный вестник. Сер. Приборы, машины и технологии. — 2010. — № 1 (87). — С. 5–10.

9. Zadorozhnyi, V. N. Simulation modeling of fractal queues, in Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines (Dynamics) / V. N. Zadorozhnyi. — 2014. — December, 2014, pp. 1–4 // Dynamics. — 2014.7005703. DOI: 10.1109.

10. Tsitsiashvili, G. Sh. Parametric and Structural Optimization of the Queuing Network Throughput / G. Sh. Tsitsiashvili // Automation and Remote Control. PACS number: 89.75.Fb. — Vol. 68. No. 7, 2007. — P. 1177–1185. DOI: 10.1134/S0005117907070065.

11. Задорожный, В. Н. Оптимизация немарковских сетей с очередями путем перераспределения ресурсов и переходных вероятностей / В. Н. Задорожный, Е. С. Ершов // Омский научный вестник. Сер. Приборы, машины и технологии. — 2013. — № 1 (117). — С. 220–224.

12. Zadorozhnyi, V. N. Optimization of Uniform Non-Markov Queueing Networks using resources and transition probabilities redistribution / V. N. Zadorozhnyi // Communications in Computer and Information Science. 2016. — Vol. 638. — P. 366–381. DOI: 10.1007/978-3-319-44615-8.

13. Клейнрок, Л. Вычислительные системы с очередями : пер. с англ. / Л. Клейнрок ; под ред. Б. С. Цыбакова. — М. : Мир, 1979. — 600 с.

14. Вишневский, В. М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей / В. М. Вишневский. — М. : Техносфера, 2003. — 512 с.

15. Моисеев, А. А. Бесконечнолинейные системы и сети массового обслуживания / А. А. Моисеев, А. Н. Назаров. — Томск : Изд-во НТЛ, 2015. — 240 с.

16. Хейт, Ф. Математическая теория транспортных потоков : пер. с англ. / Ф. Хейт ; под ред. И. Н. Коваленко. — М. : Мир, 1966. — 288.

17. Задорожный, В. Н. Аналитико-имитационные методы решения актуальных задач системного анализа больших сетей : моногр. / В. Н. Задорожный, Д. Ю. Долгушин, Е. Б. Юдин. — Омск : Изд-во ОмГТУ, 2013. — 324 с.

18. Задорожный, В. Н. Двухуровневый многомодельный подход к задачам оптимизации транспортной инфраструктуры города / В. Н. Задорожный, М. А. Корнач, Е. А. Пендер, М. И. Ганеева // Омский научный вестник. Сер. Приборы, машины и технологии. — 2015. — № 1 (137). — С. 189–193.

19. Задорожный, В. Н. Оптимизация высокорезервированных немарковских сетей с очередями / В. Н. Задорожный // Омский научный вестник. Сер. Приборы, машины и технологии. — 2014. — № 3 (123). — С. 21–25.

ЗАДОРЖНЫЙ Владимир Николаевич, доктор технических наук, доцент (Россия), профессор кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления.

Адрес для переписки: zwn2015@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 13.10.2016 г.

© В. Н. Задорожный

Книжная полка

Советов, Б. Информационные технологии. Теоретические основы : учеб. пособие / Б. Советов, В. Цехановский. — СПб. : Лань, 2016. — 448 с. — ISBN 978-5-8114-1912-8.

В учебном пособии на основе современных тенденций развития информатики рассмотрены вопросы становления и развития информационных технологий. Информационные технологии рассматриваются как единая система, базирующаяся на основных информационных процессах, базовых информационных технологиях, поддерживаемых соответствующей инструментальной стратегией. Представленный материал формирует у студентов представление об информационных технологиях в контексте промышленных методов и средств работы с информацией в различных сферах человеческой деятельности, обеспечивающих рациональное и эффективное ее использование. Для бакалавров учреждений высшего профессионального образования, обучающихся по укрупненной группе специальностей «Информатика и вычислительная техника».

Гаврилов, М. Информатика и информационные технологии : учеб. / М. Гаврилов, В. Климов. — 4-е изд., перераб. и доп. — М. : Юрайт, 2016. — 384. — ISBN 978-5-9916-7317-4.

Изложены базовые понятия по информатике, информационным технологиям, современным компьютерным аппаратным средствам. Раскрыты назначение, возможности применения и дана классификация программного обеспечения, рассмотрены операционная система Microsoft Windows, прикладные программы различного назначения последних версий. Строгая формулировка основных понятий сочетается с доходчивыми пояснениями и рекомендациями по практической работе. Подробно изложены вопросы организации размещения, обработки, хранения и передачи информации. Описаны услуги глобальных компьютерных сетей, сети Интернет. Особое внимание уделено законодательной и технической защите от несанкционированного доступа, средствам антивирусной защиты. Для студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования.

СТРУКТУРА ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ БИБЛИОГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

В рамках приведенной работы представлено решение задачи проектирования и реализации программного модуля для обработки библиографической информации. Предложенная структура программного модуля позволила выделить основные процедуры и определить структуру связи между ними.

Ключевые слова: структура библиографической информации, программный модуль, XML-документ, анализ библиографического описания, синтез библиографического описания, библиографический источник, теги.

Введение. В настоящее время сложились устойчивые рекомендации по подготовке научных и учебных изданий. Одним из компонентов издания является библиографический список (список используемой литературы), который оформляется в соответствии с нормативными документами. В Российской Федерации принято несколько стандартов для построения библиографического списка [1, 2]. При использовании стандартов возникают трудности с понятийным аппаратом библиографии. Согласно [3], определим понятия:

— библиография — информационная инфраструктура, обеспечивающая подготовку, распространение и использование библиографической информации;

— библиографическая информация — информация о документах, необходимых для их идентификации и использования;

— библиографический список (список литературы) — упорядоченное множество библиографических записей;

— библиографическая запись — это компоненты информации о произведениях печати, зафиксированные в документальной форме [4], которая может включать также заголовки, термины индексирования (классификационные индексы и предметные рубрики), аннотацию (реферат), шифры хранения документа, справки о добавочных библиографических записях, дату завершения обработки документа, сведения служебного характера [2]. Библиографическая запись используется в основном при поиске необходимых источников библиотекарями.

Библиографическое описание содержит библиографические сведения о документе, приведенные по определенным правилам, устанавливающим напол-

нение и порядок следования областей и элементов, и предназначенные для идентификации и общей характеристики документа [5].

Библиографическая ссылка является частью справочного аппарата документа и служит источником библиографической информации о документах — объектах ссылки [1], используется в ГОСТ Р7.0.5-2008. Определение библиографического описания и библиографической ссылки в выполненной работе можно считать идентичными, т. к. исследователями при цитировании используются оба ГОСТа.

Задачей списка литературы является отражение умения автора провести исследование теоретических и практических разработок в исследуемой области — анализ научных работ, объектов интеллектуальной деятельности и т.п. Наибольшее количество библиографических ссылок используется в научных статьях, отчетах об исследовательской работе и учебных изданиях.

Отчеты по научно-исследовательской работе, научно-квалификационные и выпускные квалификационные работы содержат обширную библиографическую информацию и требуют построения библиографических списков большого объема, включающего 100 и более позиций. При оформлении библиографических ссылок встречаются неточности: пропуск допустимых и недопустимых полей описания, нарушение последовательности в перечислении полей в библиографическом описании. Указанные нарушения усложняют поиск информации и затрудняют идентификацию источников.

Список литературы содержит различные типы библиографических ссылок, оформление которых зависит от вида библиографического источника. Библиографическая ссылка имеет сложную струк-

Характеристика существующих программных средств для работы с библиографической информацией

№	Функционал	MS Word 2010/13	BibTeX	Amsbib	Biblioscape	Biblio-Express	Snoska-info.ru	End-Note	Scholar's Aid	Zotero	«Библиография»
1	Стили ГОСТ 2003 и 2008	–	–	–	–	–	+ (–)	–	–	–	+
2	Добавление своего стиля	–	+	+	+	–	–	+	+	–	–
3	Русификация	+	–	–	–	–	+	–	–	+	+
5	Понятный интерфейс	–	–	–	–	–	+	+	–	–	+
6	Взаимодействие с MS Word	+	–	–	– (+)	–	–	+	+	+	+
7	Интернет-соединение	–	–	–	+	–	+	+	+	+	–

туру, которая содержит до 13 различных составляющих элементов, сложную пунктуацию, разделяющую эти элементы.

Обоснование и формулировка целей и задач исследования. Вопросы применения библиографических списков являются наиболее актуальными и сложными [4]. Корректно оформленные библиографические ссылки позволяют осуществить поиск трудов по теме исследования. Использование опыта предшествующих исследований позволяет развивать научные коллаборации и повышать эффективность научных исследований.

Теоретико-информационный анализ объектов интеллектуальной собственности [6–15] показал, что существующие разработки по автоматизации работы со списками литературы могут быть использованы только для отдельных этапов процесса создания и обработки библиографической информации. Выявленные достоинства и недостатки каждого программного средства кратко представлены в табл. 1.

Основные правила, используемые для составления библиографических записей согласно требованиям приведенных стандартов, не поддерживаются большинством существующих программных средств. Однако большая часть из них, например, BibTeX, Amsbib, Biblioscape, EndNote, Scholar's Aid, имеют возможность создания и добавления собственных правил формирования библиографических записей, отличающихся от уже имеющихся стандартов. Это позволяет сформировать библиографический список согласно существующим ГОСТам (ГОСТ 7.1-2003 и ГОСТ Р7.0.5-2008) в этих программных средствах.

Часть таких программ не имеет функциональной возможности работы с русским языком, отсутствует переход на использование русского языка при работе с документами. Половина существующих программ, таких как BibTeX, Amsbib, Biblioscape, EndNote, Scholar's Aid, требуют больших временных затрат на обучение, необходимых для работы. Интуитивно понятный интерфейс содержат Snoska.info.ru (онлайн-сервис), EndNote, Zotero (расширение для Firefox). Любой пользователь может без лишних затруднений определить порядок действий, необходимый для составления библиографического списка. Программные продукты BibTeX, Amsbib, Biblio-Express, snoska.info.ru (онлайн-сервис) не имеют возможности импорта и экспорта данных в документ Word либо возможности установки средства в виде программного дополнения, расширяющего возможности MS Word. И почти все имеющиеся на данный

момент программные решения требуют наличия Интернет-соединения для корректной работы.

До настоящего времени остаются актуальными проблемы:

1) высокие временные затраты исследователя на оформление библиографической информации;

2) отсутствие интеллектуальной поддержки при оформлении списка литературы согласно нормативным документам;

3) недостаточный уровень разработки программных средств, адаптированных к русскому языку, для автоматизированной обработки библиографической информации;

4) отсутствие возможности экспорта сформированной библиографической информации в программы-редакторы документов общего назначения.

Проведенный поиск и отбор наиболее эффективных научно-технических решений в вопросе автоматизации процесса создания библиографического списка [14] и выполненный анализ источников периодической печати (включая зарубежные издания) показали, что в настоящее время не представлено программного обеспечения, позволяющего решить все обозначенные выше проблемы [15].

Исходя из этого поставлена цель: сокращение временных затрат пользователя на обработку библиографической информации.

Для достижения цели предлагается выполнить:

1) разработку комплекса алгоритмов для обработки библиографической информации;

2) проектирование и реализацию программного модуля для обработки библиографической информации;

3) опробование программного модуля в учебном процессе при построении списка литературы в учебных или научных работах.

В рамках приведенной работы представлено решение задачи проектирования и реализации программного модуля.

Схема функционирования программного модуля. При решении задачи проектирования и реализации программного модуля для обработки библиографической информации предложена структура [16], схематично представленная на рис. 1.

Программный модуль состоит из четырех компонентов:

1. Компонент представлен в виде базы данных, хранящей в себе информацию о правилах оформления библиографического описания (ссылки), согласно ГОСТ 7.1-2003 и ГОСТ Р7.0.5-2008.

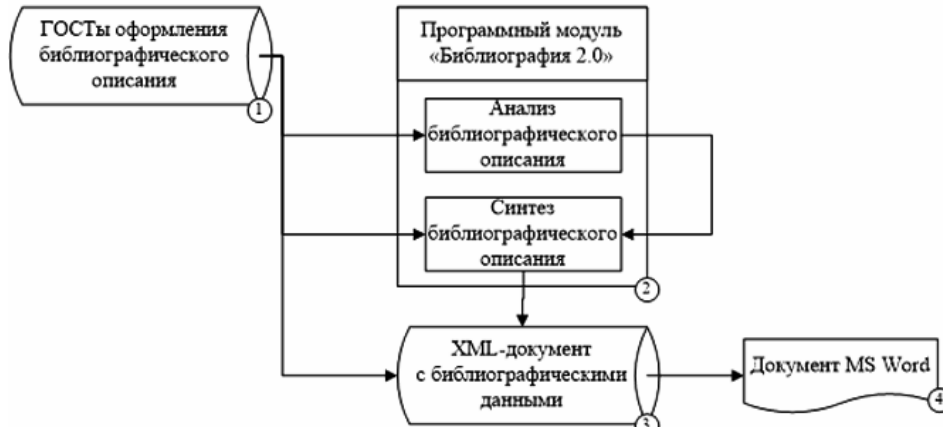


Рис. 1. Структура программного модуля для обработки библиографической информации

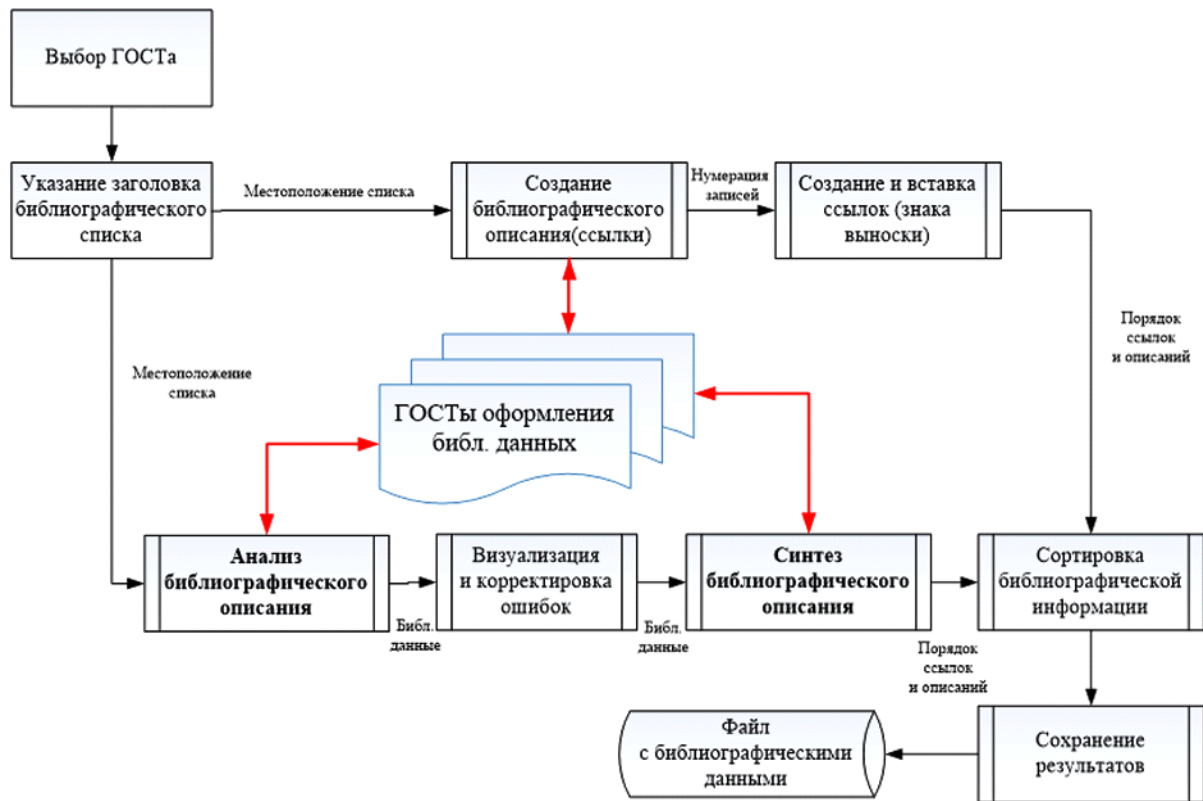


Рис. 2. Схема взаимодействия процедур и структура связей между ними

2. Программный модуль «Библиография» для MS Word в формате dotm, разработанный в виде надстройки. Надстройка расширяет функциональные возможности MS Word посредством добавления дополнительных пользовательских возможностей и интерфейса для работы с библиографией.

3. Файл с библиографическими данными в формате XML. В файле XML используются теги для определения объектов и их атрибутов. Более детально структура XML-документа будет рассмотрена при анализе программного модуля.

4. Документ MS Word со списком библиографических источников, которые сформированы по необходимым правилам оформления.

На основании предложенной структуры программного модуля «Библиография» обозначена схема взаимодействия процедур (рис. 2).

Рассмотрим структуру и описание процедур подробнее.

Процедура выбора ГОСТа оформления используется для указания требуемых правил оформления библиографического описания. Предоставляет исследователю возможность выбора в интерактивном режиме стиля оформления библиографических описаний (ГОСТ 7.1-2003 или ГОСТ Р7.0.5-2008), согласно требованиям различных организаций и научных сообществ. Выбор процедуры осуществляется на вкладке ленты пользовательской надстройки «Библиография» в группе команд «Ссылки и список литературы».

Процедура указания заголовка библиографического списка необходима для создания заголовка библиографического списка или для указания уже существующего заголовка. Программный модуль «Библиография» требует от исследователя указания наличия или отсутствия начала библиографического списка в документе. Если исследователь указал, что библиографического списка нет, надстройка создаст его заголовок.

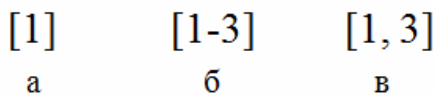


Рис. 3. Возможные типы ссылок на библиографическое описание:
а — ссылка на один источник;

- б — ссылка на несколько источников, расположенных друг за другом;
в — источники, расположенные в разных местах библиографического списка

Процедура создания библиографического описания позволяет составлять библиографическое описание, используя информацию, вводимую исследователем при работе с программным модулем. Исследователь осуществляет ввод требуемых данных о новом источнике либо выбирает данные об источнике, информация о котором была введена ранее и уже содержится в документе.

Процедура создания и вставки знаков выноски позволяет добавлять выноски в тексте на уже созданное исследователем библиографическое описание. В процедуре заложены широкие функциональные возможности работы со знаками выноски на библиографические ссылки. Процедура рассчитывает порядок сносок на выбранные источники, и в зависимости от этого формирует ссылку определенного типа. Процедурой предусмотрено существование трех основных типов сносок на библиографическое описание. Изображение типов сносок представлено на рис. 3.

Указанные типы ссылок могут комбинироваться различным образом. При этом в случае комбинации между различными типами ссылок ставится точка с запятой. Процедура работы с файлом библиографических данных содержит в себе библиографические описания, представленные в виде XML-документа. Пример структуры библиографической информации представлен ниже.

```
-<ListBiblio>
-<ArticlesAtJournal>
-<ArticleAtJournal str="Тимофеев, А.В.
Модели и методы многокритериальной
оптимизации альтернатив / А. В. Тимофеев,
Д. П. Дмитриченко // Труды СПИИРАН. -
2008. - Вып. 7. - С. 182-194.">
  <FirstSurname>Тимофеев, А.В.</
FirstSurname>
  <TitleArticle>Модели и методы
многокритериальной оптимизации
альтернатив</TitleArticle>
  <ListSurname>А. В. Тимофеев, Д. П.
Дмитриченко</ListSurname>
  <TitleJournal>Труды СПИИРАН.</
TitleJournal>
  <YearPubl>2008</YearPubl>
  <NumberPubl>Вып. 7</NumberPubl>
  <PagesPubl>С. 182-194</PagesPubl>
</ArticleAtJournal>
</ArticlesAtJournal>
</ListBiblio>
```

Процедура анализа библиографического описания осуществляет разбор строк с библиографическими ссылками в документе и сохраняет результаты разбора в XML-документ [17, 18].

Процедура синтеза библиографического описания предоставляет исследователю инструментарий для автоматизированного составления библиографических ссылок в списке по правилам оформления,

выбранным в процедуре выбора ГОСТа оформления. Библиографические ссылки формируются из полей, хранящихся в файле библиографических данных (XML-документе).

Процедура визуализации и корректировки ошибок позволяет исследователю осуществить анализ и исправление допущенных им ошибок при оформлении библиографии. Кроме этого, в процедуре предусмотрено ведение статистики ошибок при оформлении библиографической информации.

Процедура сортировки библиографической информации предоставляет исследователю возможность применить варианты сортировки библиографического описания по алфавиту (с изменением ссылок по тексту документа) и по встречаемости (с изменением положения библиографических описаний).

Программный модуль разработан на языке программирования Visual Basic for Applications для программного продукта Microsoft Office Word. Выбор языка программирования обусловлен его широким применением и вхождением в линейку программных продуктов MS Office.

Процедура выбора ГОСТа оформления с помощью глобальных переменных "ngGOST" и "getSelectedItemIndex" осуществляет выбор и хранение данных из поля выпадающего списка «Стиль», который находится на ленте программного продукта MS Word. Переменная "ngGOST" содержит два числа: 0 — ГОСТ 7.1, 1 — ГОСТ Р7.0.5.

В процедуре указания заголовка библиографического списка происходит работа с параграфами "Word.Paragraph". Начало параграфа — заголовок библиографического списка:

```
ActiveDocument.Bookmarks.Add
Name:="Библиографическийзаголовок", _
Range:=Selection.Paragraphs(1).Range
```

Процедура устанавливает закладку "ActiveDocument.Bookmarks.Add" для удобства дальнейшей работы со списком библиографических источников и выполняет форматирование этого заголовка согласно общепринятым правилам оформления.

Процедура создания библиографических ссылок осуществляет работу с информацией, введенной пользователем. В каждое поле пользовательского интерфейса вводится определенная информация об источнике. Процедура проверяет заполнение обязательных полей, добавляет символы-разделители согласно выбранному правилу оформления (ГОСТ 7.1 либо ГОСТ Р7.0.5):

```
arrPole(1) = Me.TextBox1.text
arrPole(2) = " " & Me.TextBox2.text & " "
arrPole(3) = ":" & Me.TextBox3.text &
" "
arrPole(4) = "/" & Me.TextBox4.text &
"."
arrPole(5) = " " & strTire &
Me.TextBox5.text
arrPole(6) = " " & strTire &
Me.TextBox6.text & ":"
```

Составляющие элементы собираются в библиографическую ссылку и помещаются в библиографический список, формируемый в редактируемом документе.

Процедура создания и вставки библиографических ссылок. Пользователь устанавливает курсор мыши на место, где требуется наличие ссылки на библиографический источник. Пользователь определяет место наличия ссылки на библиографический источник, выбирает одну или несколько библио-

графических описаний, на которые необходимо сослаться в тексте. Программный модуль «Библиография» устанавливает ссылку в документ, согласно выбранному библиографическому описанию. Фрагмент программного кода для вставки ссылки представлен далее:

```
strSsilka = "[" & strSsilka & "]"
If ngInsert.Characters(1).Previous.text
<> " " Then
strSsilka = " " & strSsilka
End If
rngInsert.text = strSsilka
```

Процедура работы с файлом библиографических данных работает с XML-документом, который построен исходя из существования различных типов библиографических ссылок. Каждый тип библиографической записи представляет собой отдельный блок в XML-документе. Например, представление информации о библиографическом описании статьи из журнала будет расположено в ветке "articleAtJournal".

Процедура анализа библиографического описания предусматривает работу с регулярными выражениями для проведения разбора библиографического описания. При этом регулярное выражение задается для каждого поля библиографического описания. В процедуре создается структура данных, регламентирующая структуру составляющих частей правила оформления библиографического источника:

```
Public Type Rules
RegularExpression As String
Term As String
```

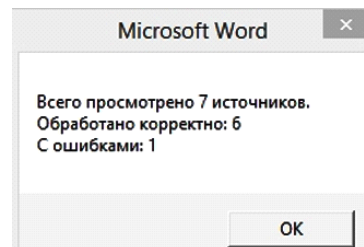


Рис. 4. Пример уведомления об анализе библиографического списка

```
Tags As String
FlagNecessarily As Byte
Description As String
End Type
```

Такая структура учитывает все свойства, которые имеются у каждого поля библиографического описания, а именно: регулярное выражение для поля; учет «лишних» символов в конце поля (например, пробел, тире или точка); тег, по которому библиографическое описание будет храниться в XML-файле данных; флаг обязательности или необязательности поля в библиографическом описании; текстовое описание поля (необходимо для формирования сообщения об ошибке). Таким образом, одна запись в этой структуре представляет собой описание одного поля библиографического описания, оформленного по определенному правилу. В дальнейшем эти поля объединяются с целью определения типа библиографических источников. Это позволяет про-

Рис. 5. Пример формы после корректировки ошибок оформления библиографического описания статьи из журнала

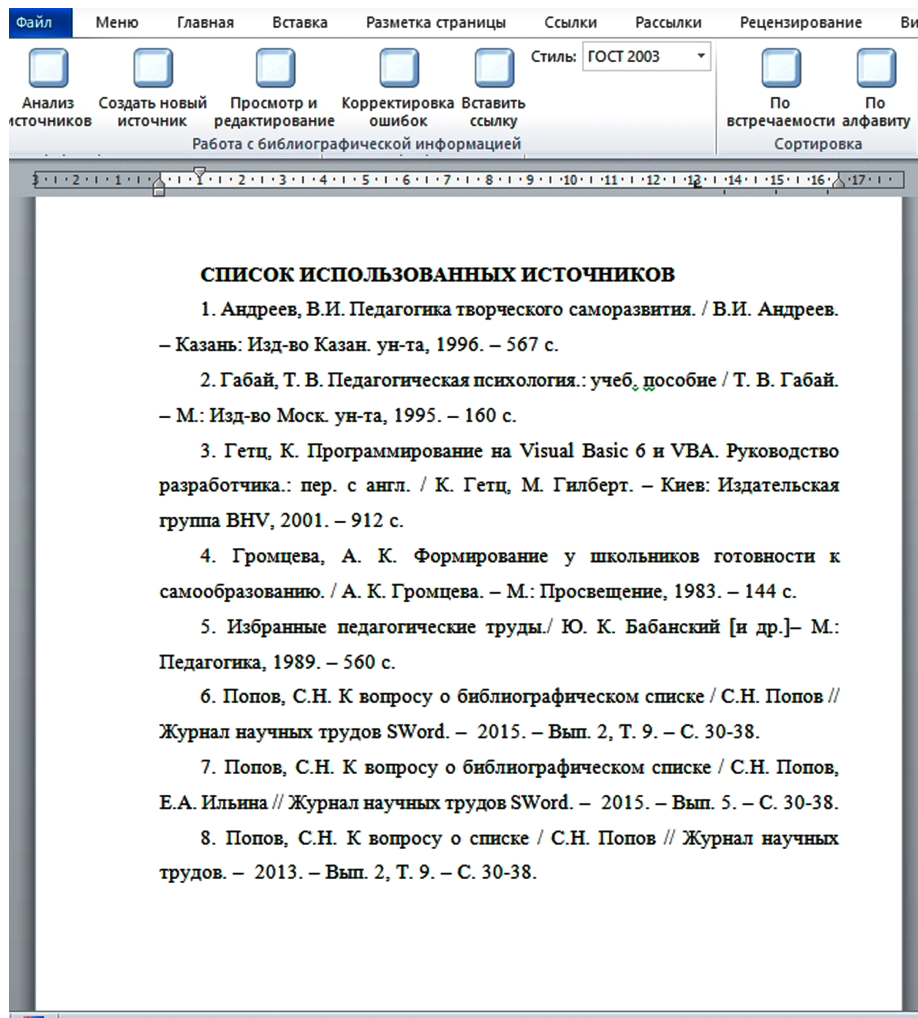


Рис. 6. Сортировка библиографического списка «По алфавиту»

вести анализ источников и записать результаты анализа в XML-файл.

Процедура синтеза библиографического описания работает с массивом, в котором содержатся имена возможных тегов в библиографическом описании. Если надстройкой не было найдено соответствия между названием тега в массиве и в XML-файле, то исследователю необходимо выполнить ввод недостающей информации для корректного формирования библиографического источника.

Процедура визуализации и корректировки ошибок предусматривает работу с XML-файлом. При работе процедуры анализа библиографического описания создается XML-файл с ошибками в оформлении библиографического списка. Файл содержит информацию, корректно распознанную процедурой. Последний тег в записи показывает наличие ошибки при распознавании библиографического описания. Используя поле "Description" структуры "Rules", пользователю выдается сообщение о типе ошибки в оформлении библиографического описания, которую необходимо устранить.

Процедура сортировки библиографической информации работает с помощью переменной "rngVBAKursor", которая представляет собой виртуальный курсор. Смещая положение виртуального курсора ("rngVBAKursor.Collapse Direction"), осуществляется поиск ссылок по тексту документа и запись их расположения в массив ссылок "arrSilki". Эта операция необходима для сортировки библиогра-

фического описания в алфавитном порядке или по встречаемости в тексте.

Выходная информация программного модуля «Библиография» представляет собой библиографический список, сформированный в соответствии с выбранным ГОСТом оформления и ссылками по тексту на каждый из библиографических источников.

Анализ полученных результатов. В результате проектирования и реализации модуля для обработки библиографической информации в документе MS Word проведен ряд работ с библиографической информацией, представленной восемью библиографическими описаниями и сносками по тексту.

Анализ библиографического списка показал, что из семи библиографических описаний шесть оформлены корректно, согласно требованиям ГОСТ 7.1-2003, а одно библиографическое описание оформлено с ошибкой. Программный модуль уведомляет об ошибках, допущенных в библиографическом списке (рис. 4).

С помощью разработанного графического интерфейса выявленная ошибка исправлена пользователем, что позволило ошибочное библиографическое описание сделать корректным. Вследствие этого в библиографическом списке все описания оформлены верно (рис. 5).

Функционал разработанного программного модуля позволил внести пользователю информацию о новом библиографическом источнике в базу

данных библиографических описаний (XML-документ). После чего осуществить вставку библиографического описания в документ MS Word на только что сохраненный в базу данных источник. При этом данное библиографическое описание синтезировано корректно, в автоматизированном режиме.

Программный модуль позволил осуществить вставку символов сноски в тексте на последнее библиографическое описание из списка литературы автоматически.

Сортировка библиографических описаний в списке литературы по алфавиту выполняется в автоматическом режиме. Месторасположение сносок по тексту работы изменяется программным модулем в соответствии с обновленными порядковыми номерами библиографических описаний (рис. 6).

Выводы. Таким образом, в работе рассмотрены определения области библиографии, что позволило построить структуру библиографической информации для последующей её трансформации в автоматизированном режиме. Предложена структура программного модуля для обработки библиографической информации, схема взаимодействия процедур для трансформации библиографической информации. Выполнена реализация программного модуля «Библиография», который позволяет сократить временные затраты исследователя на оформление библиографической информации. Функционирование модуля опробовано при формировании списка литературы в выпускной квалификационной работе.

Библиографический список

1. ГОСТ Р7.0.5 – 2008. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления. – Введ. 2009–01–01. – М.: Стандартинформ, 2008. – 38 с.
2. ГОСТ 7.1 – 2003. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления. – Введ. 2004–07–01. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. – 166 с.
3. ГОСТ 7.0-99. Информационно-библиотечная деятельность, библиография. Термины и определения. – Введ. 2000–07–01. – Минск : Межгосуд. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1999. – 23 с.
4. Коршунов, О. П. Библиографоведение: общий курс / О. П. Коршунов. – М.: Кн. палата, 1990. – 231 с.
5. Альберт, Ю. В. Библиографическая ссылка : справочник / Ю. В. Альберт – Киев : Наукова думка, 1983. – 248 с.
6. Попов, С. Н. Результаты теоретико-информационного анализа решений по обработке библиографической информации / С. Н. Попов, Е. А. Ильина, Ю. В. Кочержинская, К. М. Окжос, А. У. Ахметова // *Фундаментальные исследования*. – 2016. – № 5-2. – С. 247–251.
7. Mueen Ahmed, K. K. Zotero: A bibliographic assistant to researcher / K. K. Mueen Ahmed, E. Al Dhubaib Bandar // *Journal of Pharmacology and Pharmacotherapeutics*. – 2011. – Vol. 2, Issue 4. – PP. 303–305.
8. Curry, M. J. Scholar's Guide to Getting Published in English: Critical Choices and Practical Strategies / M. J. Curry, T. A. Lillis // *Multilingual Matters*. – 2013. – PP. 339–342.
9. Fitzgibbons, M. Are Bibliographic Management Software Search Interfaces Reliable?: A Comparison between Search Results

Obtained Using Database Interfaces and the EndNote Online Search Function / M. Fitzgibbons, D. Meert // *The Journal of Academic Librarianship*. – 2010. – Vol. 36, № 2. – PP. 144–150.

10. Ritterbush, J. Supporting Library Research with LibX and Zotero / J. Ritterbush // *Journal of Web Librarianship*. – 2007. – Vol. 1 (3). – PP. 111–122.

11. Turner, C. Endnote. Introduction / C. Turner, S. Behrmdt // *Contemporary Theatre Review*. – 2010. – Vol. 20 (2). – PP. 221–232.

12. Vaidhyanathan, V. Making Bibliographic Researchers More Efficient: Tools for Organizing and Downloading PDFs, Part 1 / V. Vaidhyanathan, M. Moore, K. A. Loper, J. Van Schaik, D. Goolabsingh // *Journal of Electronic Resources in Medical Libraries*. – 2012. – Vol. 9 (1). – PP. 47–55.

13. Логунова, О. С. Система оценки качества статей научного журнала / О. С. Логунова, Е. А. Ильина, К. М. Окжос // *Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах*. – 2015. – № 1. – С. 56–57.

14. Попов, С. Н. Анализ эффективных научно-технических достижений в вопросе автоматизации создания библиографического списка / С. Н. Попов, Е. А. Ильина, Н. С. Сибилева // *Наука, образование, общество: проблемы и перспективы развития* : сб. науч. тр. по материалам междунар. науч.-практ. конф. – Тамбов, 2015. – С. 30–33.

15. Логунова, О. С. Методика обработки экспертной информации о качестве научных статей / О. С. Логунова, Е. А. Ильина, К. М. Окжос, Ю. В. Кочержинская, С. Н. Попов // *Онтология проектирования*. – 2016. – Т. 6, № 2 (20). – С. 216–230.

16. Визуализация результатов научной деятельности : учеб. пособие / О. С. Логунова [и др.]. – Магнитогорск : Изд-во Магнитогорского гос. техн. ун-та им. Г. И. Носова, 2015. – 85 с.

17. Mischo, W. H. XML technologies and scholarly communication / W. H. Mischo // *Journal of Information Processing and Management*. – 2001. – Vol. 44 (3). – PP. 163–173.

18. Sipos, M. L. Behavioral data management using visual basic for applications to automate data capture and analysis / M. L. Sipos, R. E. Sweeney // *Journal of Neuroscience Methods*. – 2003. – Vol. 128, Issue 1-2. – PP. 53–65.

ЛОГУНОВА Оксана Сергеевна, доктор технических наук, профессор (Россия), заведующая кафедрой вычислительной техники и программирования.

ИЛЬИНА Елена Александровна, кандидат педагогических наук, доцент кафедры вычислительной техники и программирования.

ПОПОВ Сергей Николаевич, аспирант кафедры вычислительной техники и программирования.

КОЧЕРЖИНСКАЯ Юлия Витальевна, кандидат технических наук, доцент кафедры вычислительной техники и программирования.

СИБИЛЕВА Наталья Сергеевна, аспирантка кафедры вычислительной техники и программирования. Адрес для переписки: 455000, г. Магнитогорск, пр-т. Ленина, 38.

Адрес для переписки: Serega4444_92@mail.ru

Статья поступила в редакцию 27.10.2016 г.

© О. С. Логунова, Е. А. Ильина, С. Н. Попов,

Ю. В. Кочержинская, Н. С. Сибилева

ОТКРЫТЫЕ МЕЖДУНАРОДНЫЕ СТУДЕНЧЕСКИЕ ИНТЕРНЕТ-ОЛИМПИАДЫ В ОМСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

Изложен опыт проведения Открытых международных студенческих Интернет-олимпиад в ОмГТУ с 2009 года, показана динамика активности участия студентов разных факультетов по всем дисциплинам, рассмотрено применение современных дистанционных образовательных технологий на разных этапах; Интернет-олимпиады выбраны как один из инструментов оценки качества подготовки обучающихся.

Ключевые слова: Открытые международные студенческие Интернет-олимпиады, статистика участников и призеров олимпиад, оценка качества подготовки обучающихся.

Одной из основных задач современного высшего профессионального образования (ВПО) в условиях глобализации и интеграции российского образования в мировое образовательное пространство является выявление талантливой, ярко мыслящей и проявляющей творческие способности молодежи. Проведение таких творческих научно-ориентированных мероприятий, как олимпиады, способствует решению этой задачи. Расширение сфер применения современных инфокоммуникационных технологий в области образования дает возможность массового участия одаренных студентов в олимпиадах и расширяет географию участников. Проведение Интернет-олимпиад позволяет выявить по-настоящему талантливых молодых людей, способных к научным исследованиям, связанным с потребностями рынка в высокотехнологичных отраслях инновационной экономики.

Основной целью Интернет-олимпиад является выявление талантливой, одаренной молодежи, популяризация научной деятельности, позволяющей участникам олимпиад максимально раскрыть свои интеллектуальные способности. Задачи Интернет-олимпиад:

- пропаганда научных знаний и развитие у студентов интереса к научной деятельности, активизация работы спецкурсов, кружков, студенческих научных обществ;
- повышение интереса к решению практико-ориентированных заданий с использованием современных технологий, обеспечение возможности более четкого определения области научных интересов молодежи;
- осуществление взаимодействия отдельных научных школ, профессиональных сообществ и образовательных учреждений;
- создание оптимальных условий для выявления одаренных и талантливых студентов, их дальнейшего интеллектуального роста и профессиональной ориентации;
- формирование и развитие имиджа социально успешного и творчески активного молодого исследователя.

Главным организатором Интернет-олимпиад является ООО «Национальный фонд поддержки инноваций в сфере образования» и Научно-исследовательский институт мониторинга качества образования (г. Йошкар-Ола).

ОмГТУ давно и результативно участвует в этих олимпиадах в большом спектре учебных дисциплин, в первую очередь — технического профиля (рис. 1).

Более 7 % соответствующего контингента студентов ОмГТУ очной формы обучения участвуют в 1-м туре Интернет-олимпиад (рис. 2).

Из них ежегодно порядка 10 % приглашаются к участию во 2-м туре (рис. 3).

При этом за последние 5 лет от 2 до 13 студентов-участников стали победителями и призерами Всероссийского этапа Интернет-олимпиад (рис. 4), а 8–10 — соответственно получили медали и дипломы международного уровня (рис. 5).

Наиболее высоких результатов достигли студенты ОмГТУ в Интернет-олимпиаде по математике, в которой за последние 4 года представители Омского государственного технического университета получают высшие награды как в финале Всероссийского этапа (рис. 6, 7), так и в суперфинале (рис. 8), проходящем ежегодно в Израиле (г. Ариэль).

Здесь следует особо отметить студента ФИТиКС Хворых Павла Юрьевича, который 3-й год подряд выходит в суперфинал Интернет-олимпиады по математике (рис. 9).

Открытые международные студенческие Интернет-олимпиады для образовательных учреждений ВПО включают в себя Интернет-олимпиады по следующим дисциплинам: «Математика», «Информатика», «История России», «Русский язык», «Теоретическая механика», «Сопrotивление материалов», «Физика», «Химия», «Экология» и «Экономика». При этом итоги подводятся по профилям:

- «Гуманитарный и юридический».
- «Сельскохозяйственный и лесохозяйственный».
- «Специализированный» (с углубленным изучением соответствующей дисциплины).
- «Техника и технологии».
- «Экономика и управление».

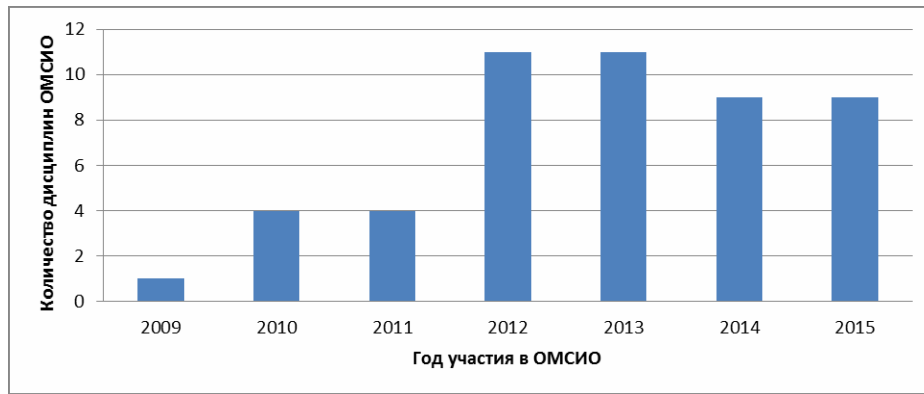


Рис. 1. Анализ роста количества дисциплин ОМСИО с 2009-го по 2015 г.



Рис. 2. Анализ роста количества студентов-участников 1-го тура с 2009-го по 2015 г.

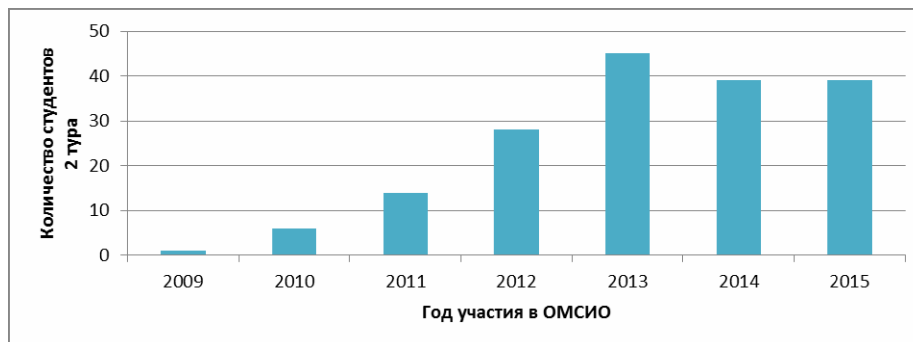


Рис. 3. Анализ роста количества студентов-участников 2-го тура с 2009-го по 2015 г.

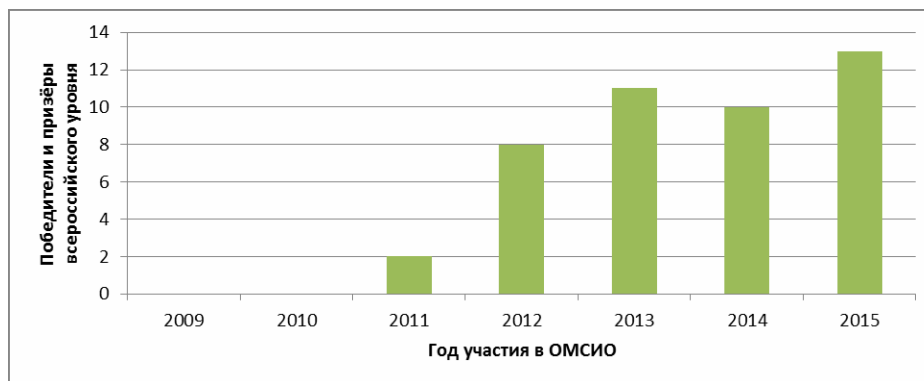


Рис. 4. Анализ роста победителей и призеров всероссийского уровня с 2009-го по 2015 г.

В Открытых международных студенческих Интернет-олимпиадах по дисциплинам «Математика», «Информатика», «История России», «Русский язык», «Теоретическая механика», «Сопротивление материалов», «Физика» и «Химия» могут принимать участие студенты 1–3 курсов, по дисциплинам «Экология» и «Экономика» – студенты 1–4 курсов. Рабочие языки Интернет-олимпиады – русский, английский (рис. 10).

Открытые международные студенческие Интернет-олимпиады по дисциплинам «Информатика», «История России», «Русский язык», «Теоретическая механика», «Сопротивление материалов», «Физика», «Химия», «Экология» и «Экономика» проводятся в два тура. Интернет-олимпиада по дисциплине «Математика» проводится в три тура.

Первый (вузовский) тур Интернет-олимпиады является отборочным и проводится в вузах в форме

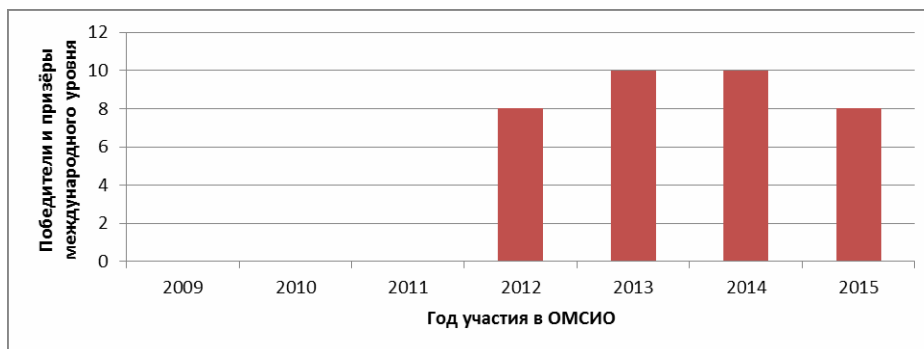


Рис. 5. Анализ роста победителей и призеров международного уровня с 2009-го по 2015 г.

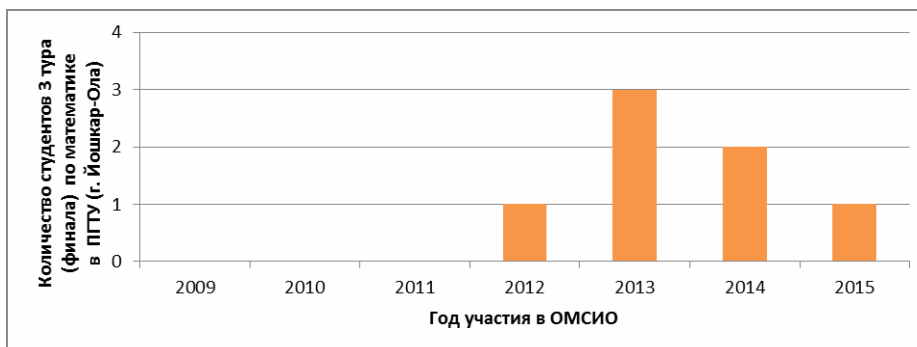


Рис. 6. Анализ роста количества студентов 3-го тура по математике с 2009-го по 2015 г.

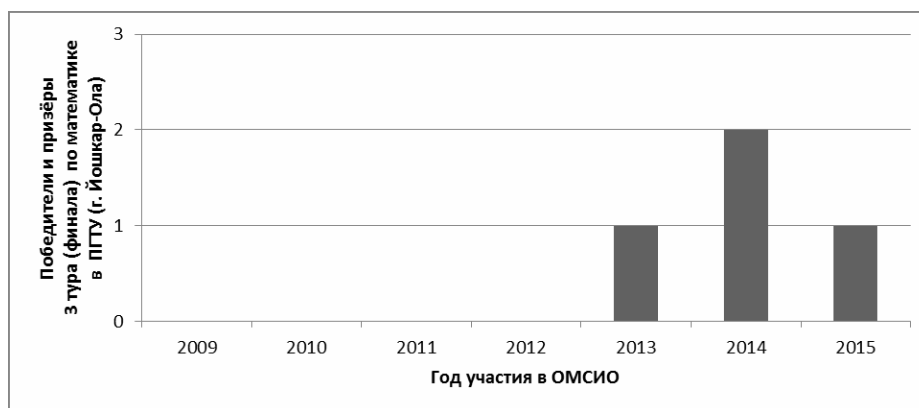


Рис. 7. Анализ роста победителей и призеров 3-го тура по математике с 2009-го по 2015 г.

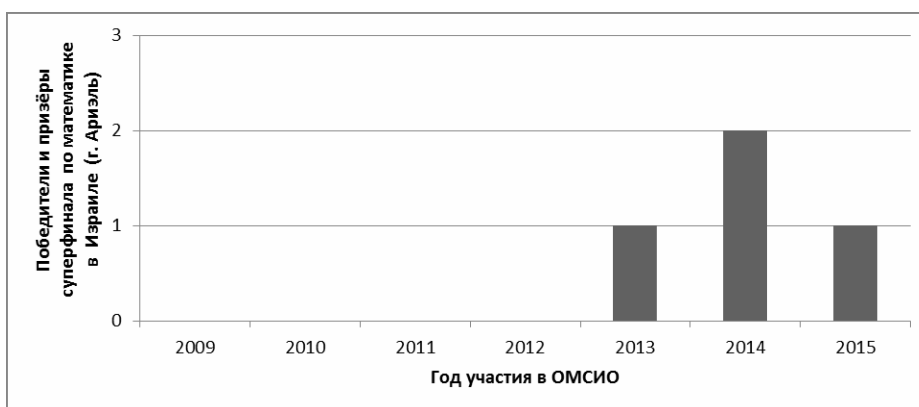


Рис. 8. Анализ роста победителей и призеров суперфинала по математике с 2009-го по 2015 г.



Рис. 9. Награждение победителя суперфинала Интернет-олимпиады по математике Хворых Павла в Ариэльском университете (Израиль) в 2013 г.

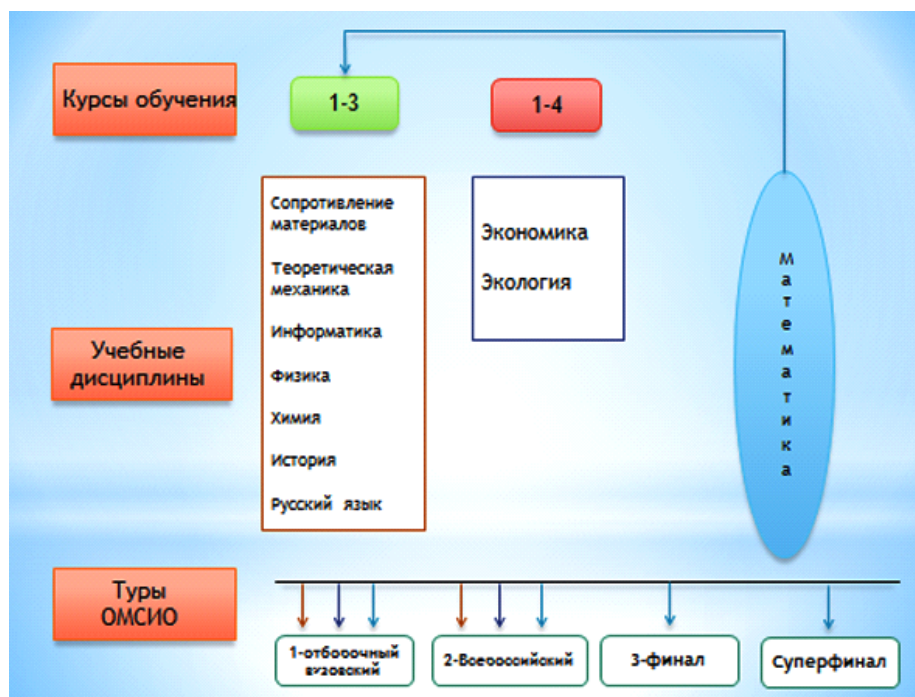


Рис. 10. Структура Открытых международных студенческих Интернет-олимпиад

компьютерного тестирования (режим on-line). Даты проведения олимпиад по каждой дисциплине образовательное учреждение определяет самостоятельно в рамках графика проведения, утвержденного оргкомитетом. Студенты-участники первого (вузовского) отборочного тура обучаются на разных факультетах, и за последние годы прослеживается динамика, показывающая активность студентов тех или иных факультетов (рис. 11).

Второй (региональный, всероссийский, международный) тур Открытых международных студенческих Интернет-олимпиад по дисциплинам «Информатика», «История России», «Русский язык», «Теоретическая механика», «Сопротивление материалов», «Физика», «Химия», «Экология» и «Экономика» является заключительным и проводится в базовых вузах в форме компьютерного тестирования (режим on-line). Второй (региональный) тур Открытой международной студенческой Интернет-олимпиады ВПО по дисциплине «Математика» является отборочным и проводится в базовых вузах. Для Омского государственного технического университета базовым вузом является Новосибирский государственный технический университет, в который собираются

студенты на 2-й тур со всего Сибирского Федерального округа. В последние годы победителями и призерами ОМСИО становились следующие студенты ОмГТУ: Гордеев Олег (РТФ, РЭН-312), Зыкин Владимир (ФИТиКС, ИТ-319), Куянов Дмитрий (ФИТиКС, ИТ-319), Лаптев Владимир (РТФ, РЗИ-319), Маркелов Дмитрий (ФИТиКС, БД-312), Ремесник Денис (ЭНИ, Эб-310), Секачев Андрей (ФТНГ, АК-319), Трубин Павел (ФИТиКС, УС-312) и Хворых Павел (ФИТиКС, БД-312).

Третий (всероссийский, международный) тур Открытой международной студенческой Интернет-олимпиады по дисциплине «Математика» является заключительным и проводится в традиционной форме: студенты-участники представляют на суд жюри полное решение олимпиадных задач с обоснованием. Третий тур Интернет-олимпиады по дисциплине «Математика» проводится на базе Ариэльского университета (Израиль) и Поволжского государственного технологического университета (г. Йошкар-Ола, Россия).

С 2009 года в Омском государственном техническом университете Центром информационных технологий (ЦИТ) проводятся Открытые международ-

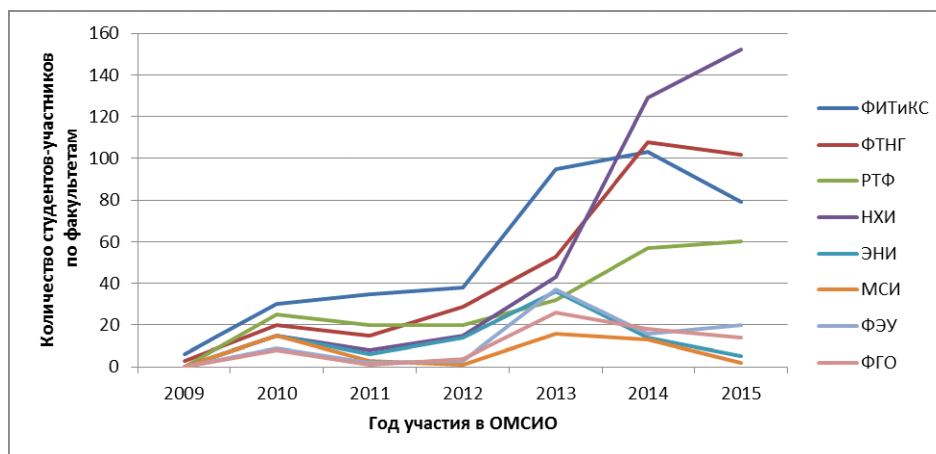


Рис. 11. Динамика активности студентов-участников по факультетам в 2009–2015 гг.

ные студенческие Интернет-олимпиады (ОМСИО) [1, 2], и с каждым годом наблюдается рост активности и результативности.

Студенты ОмГТУ являются участниками суперфинального раунда Интернет-олимпиады по математике, проводимого на базе Ариэльского университета (Израиль). С 2013 по 2015 год студент нашего вуза Хворых Павел Юрьевич (ФИТиКС, БД-312, специальность 010500.62 — Математическое обеспечение и администрирование информационных систем) завоевывает золотую медаль и диплом 1-й степени суперфинала ОМСИО. Безусловно, это признание университета на мировом рынке образовательных услуг.

В 2009 году Открытые международные студенческие Интернет-олимпиады начинались с междисциплинарной Интернет-олимпиады инновационного характера по четырём видам сложных систем:

- информационные технологии в сложных технических системах;
- информационные технологии в сложных социально-экономических системах;
- информационные технологии в сложных биосистемах;
- информационные технологии в архитектуре и строительстве.

Участниками этой олимпиады могут быть студенты 1–5 курсов специалитета, бакалавриата и магистратуры. Эта олимпиада всегда проходит в два тура:

- первый (отборочный, вузовский) тур;
- второй (финальный, всероссийский с международным участием) тур.

Первый (отборочный, вузовский) тур олимпиады проводится в форме компьютерного тестирования в режиме on-line в удобное для вузов-участников время на основе полидисциплинарного подхода и содержит задачи по трем дисциплинам циклов ЕН и ОПД, выбранным на основе макроанализа ГОС ВПО для всей совокупности образовательных программ и по видам сложных систем:

- математика, информатика, физика (технические системы);
- математика, информатика, экономика (социально-экономические системы);
- математика, информатика, экология (биосистемы);
- математика, информатика, физика (архитектура и строительство).

Второй (финальный, всероссийский) тур междисциплинарной олимпиады проходит в традиционной форме на базе Поволжского государственного технологического университета — ПГТУ (г. Йошкар-Ола). Участникам второго тура предлагаются олимпиадные задания междисциплинарного характера по направлению олимпиады и видам сложных систем (технических, социально-экономических, биосистем, в архитектуре и строительстве). Участники представляют на суд жюри обоснованные решения заданий. Студенты нашего вуза активно участвуют в первом отборочном вузовском туре и показывают хорошие результаты на втором финальном туре в ПГТУ. Особо отличились следующие студенты ОмГТУ: Прямоносков Олег (ФТНГ, НД-312), Ремесник Денис (ЭНИ, Эб-310), Сидоренко Максим (ФГО, ИТМ-310), Секачев Андрей (ФТНГ, АК-319) и Хворых Павел (ФИТиКС, БД-312).

Администрация университета уделяет большое внимание олимпиадному движению и заинтересовано в участии студентов ОмГТУ во всех видах олимпиад как одним из инструментов оценки их профессиональной подготовленности.

Библиографический список

1. Интернет-олимпиады в сфере профессионального образования. — Режим доступа : <http://www.i-olymp.ru/> (дата обращения: 22.08.2016).
2. Единый портал Интернет-тестирования в сфере образования. — Режим доступа : <http://i-exam.ru/> (дата обращения 22.08.2016).

ЗЮЗЬКО Ирина Владимировна, специалист по учебно-методической работе 1-й категории Центра информационных технологий, отдел реализации информационно-образовательных проектов, старший преподаватель кафедры машиностроения и материаловедения, секция «Машины и технология литейного производства».

Адрес для переписки: ziv@omgtu.ru

ШАМЕЦ Сергей Парфирьевич, кандидат технических наук, доцент (Россия), начальник Центра информационных технологий, помощник проректора по учебной работе.

Адрес для переписки: sha@omgtu.ru

Статья поступила в редакцию 14.10.2106 г.

© И. В. Зюзько, С. П. Шамец