

КОМПЬЮТЕРНАЯ ПОДДЕРЖКА КОНКУРСНЫХ ЗАКУПОК

В. В. Муромцев

ВВЕДЕНИЕ

Перед руководителями различных организаций часто возникает задача закупки той или иной продукции (под продукцией следует понимать любые товары или услуги, однако в дальнейшем для сокращения речи будем говорить о закупке товаров). В условиях рыночной экономики закупки, как правило, осуществляются на конкурсной основе. Для государственных организаций условия проведения конкурса определяются действующим законодательством. Коммерческие организации могут сами решать многие вопросы проведения конкурса. В большинстве случаев организация конкурса осуществляется по одной из двух схем, которые в дальнейшем будем называть «закрытые» и «открытые» торги.

Закрытые торги. Для каждого закупаемого товара поставщики предлагают свою цену, которая сохраняется в тайне до определенного момента времени. При наступлении данного момента времени анализируются цены, и поставщик, предложивший наиболее низкую цену на тот или иной товар, получает право на его поставку.

Если заказчик хочет осуществить закупку товаров на основании информации о ценах, представленной поставщиками в открытых источниках (прайс-листах), при этом не оповещая поставщиков о своих намерениях, то такая схема организации закупки также может быть отнесена к закрытым торгам.

Открытые торги. Для каждого из закупаемых товаров поставщики предлагают свои цены, которые они могут снижать в реальном времени с некоторым интервалом. При этом информация о ценах, предложенных на текущий момент времени доступна всем поставщикам. Иногда доступна только информация о минимальной цене. Информация о поставщиках, предложивших ту или иную цену в ходе торгов, может быть как доступной, так и недоступной. Обычно торг начинается с некоторых фиксированных (начальных) цен. Торг может осуществляться одновременно по всем товарам или последовательно по каждому из товаров. Торг длится некоторое фиксированное время. Право на поставку того или иного товара получает поставщик, предложивший минимальную цену на момент окончания торга.

К открытой схеме торгов относится традиционный аукцион. Торг осуществляется последовательно по каждому из товаров и начинается с некоторой начальной цены товара.

В настоящее время для организации конкурса по схеме открытых торгов широко используется Интернет. Обычно в этом случае торг осуществляется одновременно по всем товарам и начинается с некоторых начальных цен. Список товаров, требуемых заказчику, представлен в виде таблицы, в которой содержится информация о товаре и минимальной цене товара, предложенной на текущий момент времени. Информация о поставщике, предложившем минимальную цену, как правило, становится доступной только после окончания торга.

Недостатком закрытых торгов является невозможность снижения цен поставщиками в зависимости от возникшей в ходе торгов ситуации. Недостатком открытых торгов является неполный анализ поставщиками возможностей снижения цен. Это связано с тем, что проведение такого анализа требует больших временных затрат и часто не может

осуществляться в реальном времени. Кроме того, отрицательно сказывается напряженная психологическая атмосфера аукциона.

Названные недостатки приводят к неоправданно большим затратам на закупку товаров. В работе рассматриваются способы организации конкурса и алгоритмы, которые в ряде случаев позволяют снизить такие затраты.

1. АЛГОРИТМЫ СНИЖЕНИЯ ЗАТРАТ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ КОНКУРСА НА ОСНОВЕ ЗАКРЫТЫХ ТОРГОВ

1.1. Генетический алгоритм

Для сокращения затрат на закупку товаров можно организовать конкурс по схеме закрытых торгов, но при выборе победителей торгов, кроме информации о ценах на товары, учитывать дополнительную информацию. Под дополнительной информацией, предоставленной поставщиком, понимается описание алгоритма снижения цен данным поставщиком в зависимости от возникшей в ходе торгов ситуации. В простейшем случае в качестве такой информации может выступать информация о скидках, предоставляемых поставщиками.

Как правило, скидка устанавливается на цены товаров, и ее величина дискретно зависит от суммы поставки. В этом случае затраты на закупку товаров выражаются многомерной мультимодальной дискретной функцией $f_1(x_1, x_2, \dots, x_n)$:

$$f_1(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^n K(i) \Pi c \left(x_i, i, \sum_{j=1; x_j = x_i}^n K(j) \Pi(x_j, j) \right), \quad (1)$$

где n – число закупаемых товаров, пронумерованных числами $1, 2, \dots, n$; $x_i \in \{1, 2, \dots, b\}$, $i=1, 2, \dots, n$ – номер поставщика, которому предоставлено право поставки i -го товара; b – число поставщиков, участвующих в торгах; $K(i)$ – количество i -го товара, которое требуется закупить; $\Pi(x_j, j)$ – цена j -го товара у поставщика x_j без скидки; $\Pi c(x_i, i, \Sigma)$ – цена i -го товара у поставщика x_i при закупке у данного поставщика товаров на сумму большую или равную порогу скидки Σ (цена со скидкой).

Некоторые поставщики устанавливают скидку на сумму поставки, величина которой дискретно зависит от данной суммы. В этом случае затраты на закупку товаров также выражаются многомерной мультимодальной дискретной функцией $f_2(x_1, x_2, \dots, x_n)$:

$$f_2(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^n K(i) \Pi(x_i, i) - \sum_{l=1}^b C \left(l, \sum_{j=1; x_j = l}^n K(j) \Pi(x_j, j) \right), \quad (2)$$

где $C(l, \Sigma)$ – скидка, предоставляемая поставщиком с номером l , при закупке у данного поставщика товаров на сумму большую или равную Σ .

Если в конкурсе участвуют поставщики, предлагающие оба вида скидок, то затраты на закупку товаров выражаются функцией $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, представляющей собой композицию функций (1) и (2):

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{i=1; x_i \in X_1}^n K(i) \Pi c \left(x_i, i, \sum_{j=1; x_j = x_i}^n K(j) \Pi(x_j, j) \right) + \sum_{i=1; x_i \in X_2}^n K(i) \Pi(x_i, i) - \sum_{l=1; l \in X_2}^b C \left(l, \sum_{j=1; x_j = l}^n K(j) \Pi(x_j, j) \right), \quad (3)$$

где X_1 – множество поставщиков, предлагающих скидки по первой схеме; X_2 – множество поставщиков, предлагающих скидки по второй схеме; $X_1 \cup X_2 = \{1, 2, \dots, b\}$ и $X_1 \cap X_2 = \emptyset$.

В общем случае снижение цен поставщиками может определяться более сложными алгоритмами, чем учет скидоч. Например, поставщик может предоставить скидку только в том случае, если он выиграет конкурс на поставку товаров, образующих заданное множество (набор). Для описания подобных условий можно использовать специализированные формальные языки. При этом затраты на закупку товаров определяются функцией $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, которая не может быть выражена аналитически. Алгоритм вычисления данной функции может быть построен путем трансляции описаний на специализированных языках. Синтаксис одного из таких языков представлен в виде диаграмм (см. рис. 1).

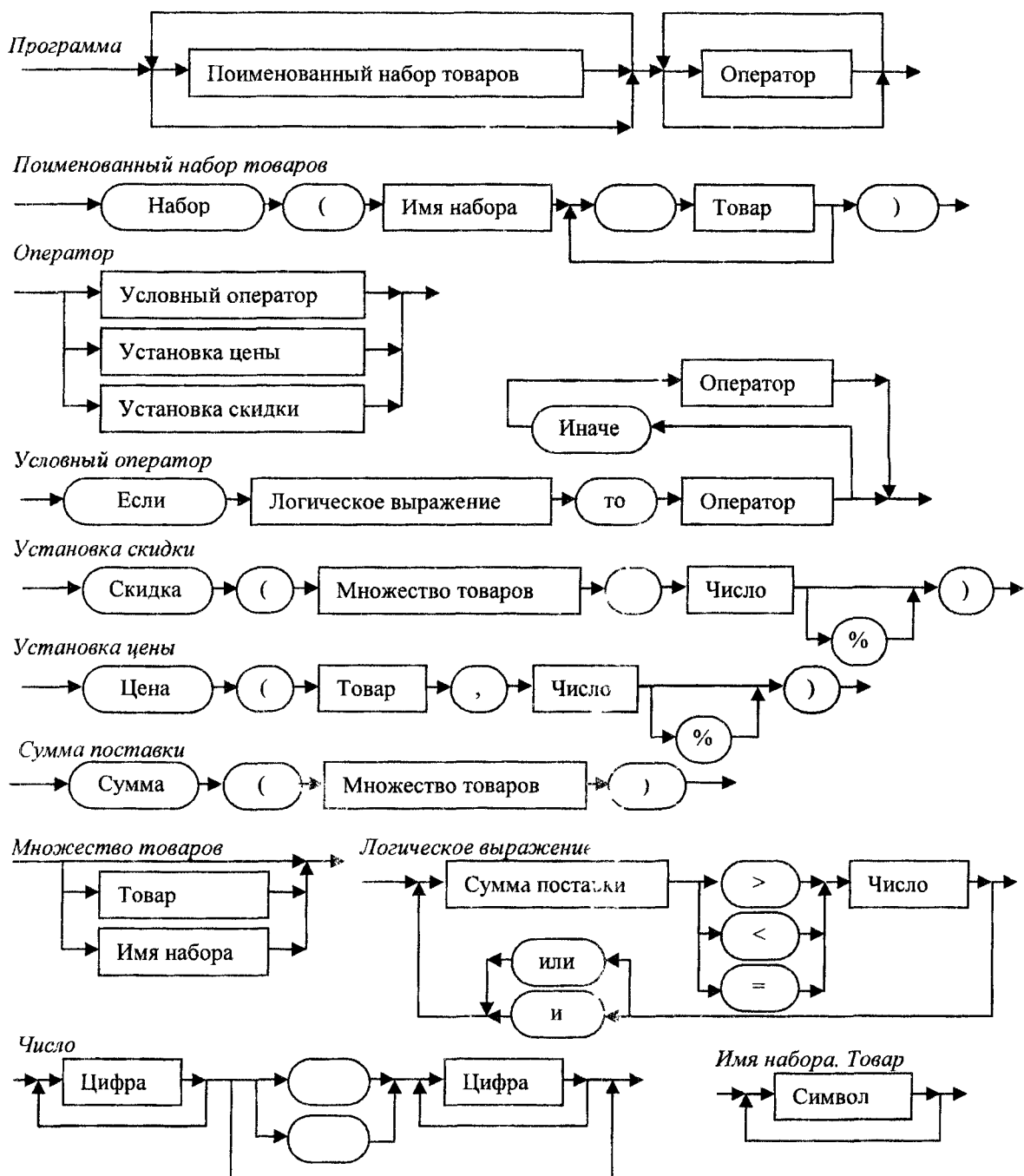


Рис. 1. Синтаксис языка поэтапного снижения цен для закрытых торгов

Основными конструкциями языка являются операторы «Поименованный набор товаров», «Установка скидки», «Установка цены», «Условный оператор» и функция «Сумма поставки».

Оператор «Поименованный набор товаров» служит для объединения товаров в наборы. С помощью оператора «Установка скидки» может задаваться сумма скидки или процент скидки для товара или набора товаров. С помощью оператора «Установка цены» можно задать новую цену для некоторого товара. «Условный оператор» позволяет в зависимости от логического условия выполнить те или иные действия. В логическом условии используется функция «Сумма поставки». Данная функция возвращает сумму, которую заказчик заплатит поставщику за товар, или набор товаров. Действие может быть определено операторами «Установка скидки» или «Установка цены».

В любом случае для минимизации затрат на закупку товаров, т.е. для нахождения минимума функции $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ методом полного перебора, потребуется проанализировать b^n вариантов. Такой перебор, как правило, невозможен, т.к. приводит к комбинаторному взрыву. Например, требуется организовать закупку $n=20$ товаров на конкурсной основе. Если в конкурсе примут участие $b=10$ поставщиков, то для минимизации затрат на закупку потребуется проанализировать 10^{20} вариантов. Пусть за 1 с. можно проанализировать 10^5 вариантов, тогда для нахождения минимума функции $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ методом полного перебора потребуется затратить 10^{15} с. или примерно 32 млн. лет.

Из сказанного следует, что для решения задачи минимизации затрат на закупку товаров необходимо разрабатывать эвристические алгоритмы. Рассмотрим один из таких алгоритмов. В предлагаемом алгоритме используются идеи генетических алгоритмов [1] и ограниченный перебор вариантов.

Перед началом работы алгоритма формируется вектор $X=(X(1), X(2), \dots, X(n))$, где $X(i)$ – множество поставщиков, которым может быть предоставлено право на поставку i -го товара. В процессе формирования вектора X может принимать участие эксперт, который принимает во внимание надежность поставщиков, их репутацию и другие обстоятельства.

В самом алгоритме можно выделить два этапа:

- формирование множества приближенных решений путем ограниченного перебора;
- уточнение приближенных решений с помощью генетического алгоритма.

Формирование множества приближенных решений M осуществляется следующим образом:

1. Формируются векторы $S=(S(1), S(2), \dots, S(n))$ и $O=(O_1, O_2, \dots, O_n)$, где $S(i) = K(i) \sum_{x \in X(i)} C(x, i) / |X(i)|$ – ориентировочные затраты на закупку i -го товара, т.е.

затраты рассчитанные с учетом средней цены товара; O – вектор, задающий порядок компонент вектора S следующим образом $S(O_1) \geq S(O_2) \geq \dots \geq S(O_n)$.

2. Полагается $M = \{(m_1) | m_1 \in X(O_1)\}$

3. Для $k=2, 3, \dots, n$ выполняются следующие действия:

3.1. Пусть T – некоторое число вариантов, которые могут быть проанализированы на конкретной ЭВМ за приемлемое время. Если $|M| \cdot |X(O_k)| > T$, то из множеств M и $X(O_k)$ удаляется l_1 и l_2 элементов соответственно, при этом должно выполняться условие $(|M| - l_1) \cdot (|X(O_k)| - l_2) < T - c_t$, $l_1 < |M|$, $l_2 < |X(O_k)|$, где c_t – некоторая заданная константа. При поиске l_1 и l_2 минимизируется величина $\left| \sum_{i=1}^{k-1} S(O_i) \cdot l_1 + S(O_k) \cdot l_2 \right|$.

3.2. Выполняется усечение множества M , т.е. в качестве M принимается множество MM' , где $M' \subset M$, $|M'| = l_1$ и для любых двух векторов $(m'_1, m'_2, \dots, m'_{k-1}) \in M'$ и $(m_1, m_2, \dots, m_{k-1}) \in MM'$ выполняется условие $f(m_1, m_2, \dots, m_{k-1}) \leq f(m'_1, m'_2, \dots, m'_{k-1})$. Здесь функция $f(x_1, x_2, \dots, x_{k-1})$ отличается от функции $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ только числом переменных. Другими словами, из множества M удаляются l_1 наиболее затратных вариантов закупок товаров O_1, O_2, \dots, O_{k-1} . Причем затраты рассчитываются с учетом скидок.

Для реализации такого удаления векторы $(m_1, m_2, \dots, m_{k-1}) \in M$ сортируются в порядке невозрастания величины $f(m_1, m_2, \dots, m_{k-1})$, и первые l_1 векторов удаляются. Информация о

порядке векторов сохраняется и используется при выполнении аналогичных действий для следующего значения k .

3.3. Выполняется усечение множества $X(O_k)$, т.е. в качестве $X(O_k)$ принимается множество $X(O_k) \setminus X'(O_k)$, где $X'(O_k) \subset X(O_k)$, $|X'(O_k)| = l_2$ и для любых двух элементов $x' \in X'(O_k)$ и $x \in X(O_k) \setminus X'(O_k)$ выполняется условие $C(x, O_k) \leq C(x', O_k)$. Другими словами, из множества поставщиков, предлагающих товар O_k , удаляются l_2 поставщиков, у которых наиболее высокие цены на данный товар.

Для реализации этого удаления в списке цен на товар O_k находится l_2 -я порядковая статистика. И все поставщики, предлагающие товар O_k по цене, превосходящей найденную порядковую статистику, удаляются из множества $X(O_k)$. Если после этого $|X(O_k)| > l_2$, то в множестве $X(O_k)$ оставляют только l_2 поставщиков. При отборе поставщиков могут учитываться дополнительные критерии.

3.4. Формируется множество $M' = \{(m_1, \dots, m_{k-1}, m_k) \mid (m_1, \dots, m_{k-1}) \in M, m_k \in X(O_k)\}$, и полагается $M = M'$.

После того как множество приближенных решений M сформировано, осуществляется уточнение решений с помощью генетического алгоритма. В предлагаемом алгоритме элементы $(m_1, m_2, \dots, m_n) \in M$ рассматриваются как хромосомы. Генетический код особи представляется одной хромосомой. Таким образом, исходное множество особей (начальная популяция) совпадает с множеством M .

Основной шаг генетического алгоритма включает:

1. Выбор из текущей популяции некоторого числа пар особей (родителей).
2. Выполнение генетических операций.
3. Отбор жизнеспособных особей.
4. Корректировку размера популяции.

При выборе родителей предпочтение отдается особям, соответствующим наименее затратным вариантам закупок требуемых товаров. Такой выбор организован путем вычисления для каждой особи (m_1, m_2, \dots, m_n) вероятности ее выбора в качестве родителя. Данная вероятность прямо пропорциональна значению $f(m_1, m_2, \dots, m_n)$.

Над выбранными парами родителей выполняются операции кроссинговера и репродукции. В результате выполнения таких операций два родителя $(m_1, \dots, m_{k-1}, m_k, \dots, m_n)$ и $(m'_1, \dots, m'_{k-1}, m'_k, \dots, m'_n)$ порождают двух особей $(m_1, \dots, m_{k-1}, m'_k, \dots, m'_n)$ и $(m'_1, \dots, m'_{k-1}, m_k, \dots, m_n)$. Точка перекрестного обмена k выбирается случайным образом. Так же могут выполняться операции мутации. Мутации осуществляются над случайно выбранной особью. В результате мутации новая особь получается по одному из правил:

1. Случайно выбранный ген m_i , $i=1, 2, \dots, n$ заменяется случайным числом в диапазоне от 1 до b .

2. Случайно выбранный ген m_i заменяется числом d в диапазоне от 1 до b . Здесь d – номер поставщика, которому заказаны товары на сумму, близкую к пороговому значению, после которого определена скидка у данного поставщика. Если таких поставщиков несколько, то при выборе d учитываются дополнительные критерии.

После выполнения генетических операций новые особи проверяются на жизнеспособность. Особь (m_1, m_2, \dots, m_n) считается жизнеспособной, если выполняется

условие $f(m_1, m_2, \dots, m_n) < \sum_{i=1}^n K(i)C^*(i) + c_f$, где $C^*(i) = \min_{x \in X(i)} \{C(x, i)\}$ – минимальная

цена на i -й товар, предложенная одним из поставщиков, которым может быть предоставлено право на поставку данного товара; $c_f \geq 0$ – некоторая заданная константа.

Жизнеспособные особи включаются в популяцию. Если размер популяции превышает заданный, то он корректируется. Корректировка размера популяции заключается в удалении наименее жизнеспособных особей. Из двух особей (m_1, m_2, \dots, m_n) и $(m'_1, m'_2, \dots, m'_n)$ наименее жизнеспособной считается особь (m_1, m_2, \dots, m_n) если $f(m_1, m_2, \dots, m_n) > f(m'_1, m'_2, \dots, m'_n)$.

Основной шаг генетического алгоритма повторяется заданное число раз (число поколений).

Основные параметры генетического алгоритма: число поколений, размер популяции, вероятность мутации и др. – являются настраиваемыми величинами и могут меняться в ходе работы алгоритма.

По завершении анализа заданного числа поколений в популяции отбирается наиболее жизнеспособная особь (m_1, m_2, \dots, m_n) . Если выполняется условие

$$f(m_1, m_2, \dots, m_n) < \sum_{i=1}^n K(i) \Pi^*(i),$$

то права на поставку товаров отдаются в соответствии с данной особью, т.е. право на поставку первого товара отдается поставщику m_1 , второго – m_2 и т.д. В противном случае предложенным методом не удалось сократить затраты на закупку товаров и право на поставку каждого товара отдается поставщику, предложившему наиболее низкую цену на данный товар.

1.2. Алгоритм, использующий симплексный метод

Алгоритм минимизации затрат на закупку товаров, рассмотренный в разд.1.1, не зависит от вида функции $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$. Поставщики могут задавать произвольные алгоритмы снижения цен, т.е. функция $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ может не иметь аналитического выражения и вычисляться по некоторому алгоритму. Рассмотрим еще один алгоритм минимизации затрат, в котором алгоритмы снижения цен могут определяться только заданной системой скидок, т.е. функция $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ должна иметь вид (3).

Пусть для каждого j -го поставщика $j=1, 2, \dots, b$ задан вектор $(c_{j,1}, \dots, c_{j,S_j})$, где $c_{j,m}$ – m -й порог скидки, то есть если у j -го поставщика купить товаров на сумму $c_{j,m}$, то он предоставит некоторую скидку. Информация о данных скидках определяется аналогичным вектором. S_j – число порогов скидки у j -го поставщика. Пусть также информация о предложениях товаров представлена двудольным графом $G=(V, E)$, где множество вершин V получается в результате объединения множеств товаров и поставщиков: $V = \{T_1, T_2, \dots, T_n\} \cup \{P_1, P_2, \dots, P_b\}$, а множество ребер E формируется следующим образом: $(T_i, P_j) \in E; i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, b$, если j -й поставщик предлагает i -й товар. Каждая дуга графа помечается парой $(Z_{T_i, P_j}, C_{T_i, P_j})$, где Z_{T_i, P_j} – количество i -го товара, которое может поставить j -й поставщик, C_{T_i, P_j} – цена единицы i -го товара у j -го поставщика.

Тогда задачу минимизации затрат на закупку товаров можно решить путем перебора всех композиций (c_1, c_2, \dots, c_b) составляющих множество

$$C = \left\{ (c_1, c_2, \dots, c_b) \mid 0 < \sum_{j=1}^b c_j \leq S; c_j \in \{0\} \cup \{c_{j,1}, \dots, c_{j,S_j}\}, j = 1, \dots, b \right\},$$

где S – сумма, требуемая на закупку товаров, если не учитывать информацию о скидках, предоставляемых поставщиками.

Значение S можно найти, решив следующую задачу линейной оптимизации:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{(T_i, P_j) \in E} x_{T_i, P_j} \cdot C_{T_i, P_j} \rightarrow \min,$$

$$x_{T_i, P_j} \geq 0; i, j : (T_i, P_j) \in E,$$

$$x_{T_i, \Pi_j} \leq z_{T_i, \Pi_j}; i, j: (T_i, \Pi_j) \in E,$$

$$\sum_{j: (T_i, \Pi_j) \in E} x_{T_i, \Pi_j} = K(T_i); i = 1, \dots, n,$$

где $K(T_i)$ – требуемое количество i -го товара; x_{T_i, Π_j} – количество i -го товара, заказанное у j -го поставщика.

Значение S равно найденному в ходе решения данной задачи минимуму.

После нахождения множества C для каждой композиции $(c_1, c_2, \dots, c_b) \in C$ решается задача линейной оптимизации, аналогичная рассмотренной. Отличие заключается в том, что добавляются дополнительные ограничения:

$$\sum_{j: (T_j, \Pi_i) \in E} x_{T_j, \Pi_i} \cdot C_{T_j, \Pi_i} \geq c_i; i = 1, \dots, b.$$

После решения пересчитывается стоимость заказа с учетом скидок, предоставляемых поставщиками. Заказ, имеющий наименьшую стоимость, запоминается.

Рассмотренный алгоритм сводится к многократному решению задачи линейного программирования. В работе задача линейного программирования решается симплексным методом [2].

Практика решения задач линейного программирования показала высокую эффективность симплексного метода и различных его модификаций. Так, при решении задачи с m ограничениями и n переменными, как правило, достаточно выполнить m итераций, причем количество элементарных арифметических операций близко к числу $n^2 m$. Однако известно, что существуют задачи линейного программирования с n переменными и $2n$ ограничениями, для решения которых требуется не менее $2^n - 1$ итераций симплексного метода [2]. Таким образом, симплексный метод на классе всех линейных задач является алгоритмом, имеющим экспоненциальную трудоемкость.

В работе выполнено тестирование симплексного метода для решения задач минимизации закупок товаров. В результате тестирования была получена аппроксимирующая функция (регрессия), выражающая время работы программы в зависимости от размерности задачи. Наиболее достоверной оказалась полиномиальная регрессия $y = 0,0028 \cdot x^2 - 0,6936 \cdot x + 26,43$. Таким образом, симплексный метод, использующийся при минимизации затрат на закупку товаров, работает эффективно. Полученная регрессия используется при ориентировочном расчете времени работы алгоритма.

Задача линейного программирования решается для каждой композиции множества C . Мощность множества C может достигать числа композиций S из b частей, когда слагаемые являются целыми неотрицательными числами, то есть числа C_{S+b-1}^{b-1} . Если такое число приводит к комбинаторному взрыву, то можно ограничить мощность множества C , при этом будет найдено менее точное решение задачи минимизации затрат на закупку товаров.

2. Алгоритм снижения затрат при организации конкурса на основе открытых торгов

Как было отмечено во введении, в настоящее время для организации открытых торгов широко используется Интернет. Заказчик размещает на своем веб-сайте таблицу требующихся ему товаров. В этой таблице содержится как минимум две колонки: «наименование товара» и «минимальная цена». Все поставщики, прошедшие процедуру регистрации, могут уменьшать значение в колонки «минимальная цена». Время торгов

ограничено, по его истечении для каждого товара выдается информация о поставщике, предложившем минимальную цену товара, и этот поставщик получает право на поставку данного товара.

Если число товаров велико, то уследить за изменением цен с помощью обозревателя Интернет довольно сложно, также затруднен анализ возможностей снижения цен. Кроме того, поставщики, участвующие в торгах, обычно начинают активно снижать цены к моменту окончания торгов. Поэтому многие поставщики не успевают установить более низкие цены на некоторые товары. Устранить эти недостатки можно путем разработки специализированного программного обеспечения, позволяющего отслеживать цены и производить их поэтапное снижение на основе предварительно заданного алгоритма.

Основой такого программного обеспечения является транслятор с некоторого специализированного языка, позволяющего описывать поэтапное снижение цен на каждый из товаров. Синтаксис одного из таких языков представлен в виде диаграмм на рис.2.

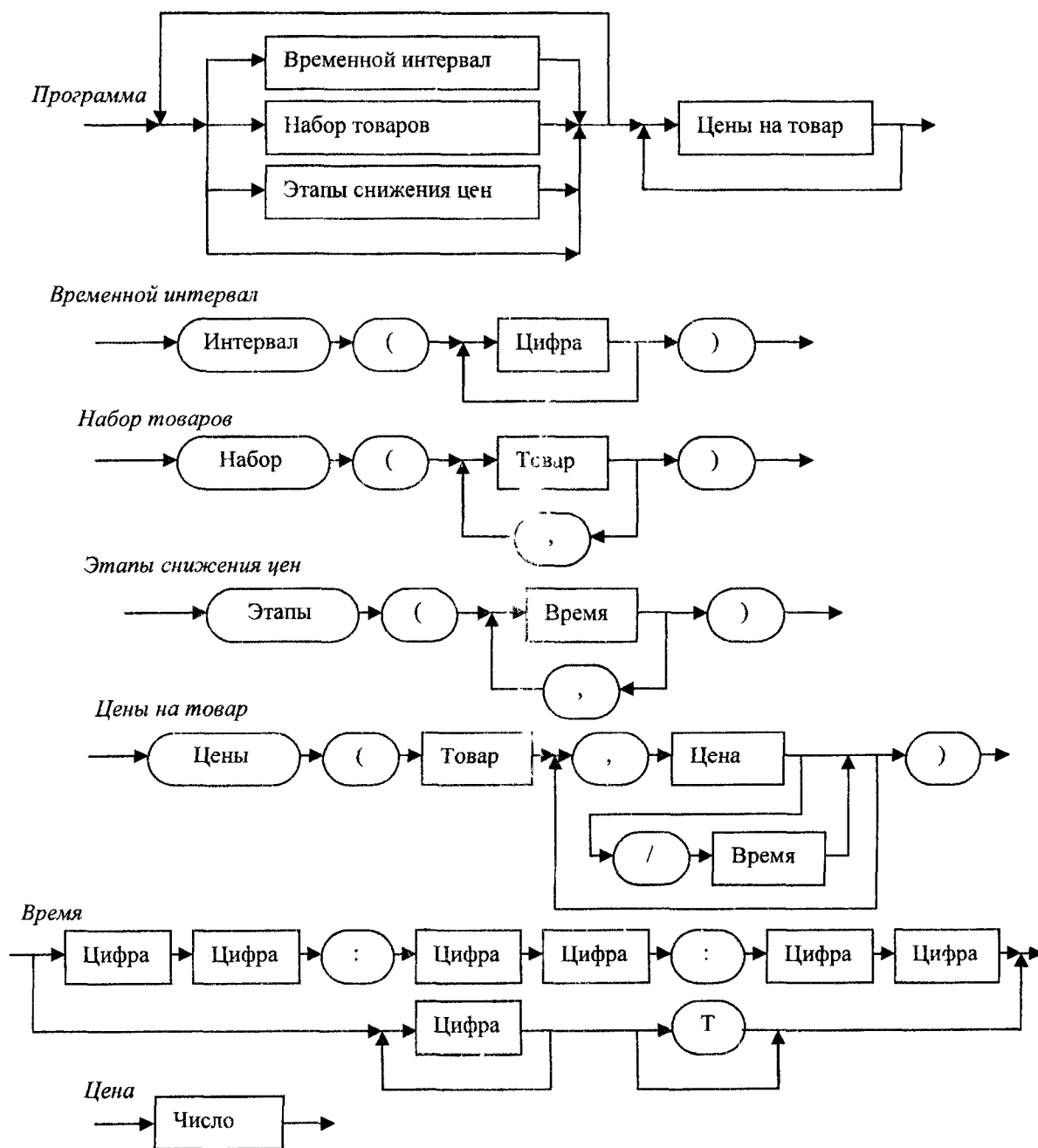


Рис. 2. Синтаксис языка поэтапного снижения цен для открытых торгов

Основными операторами языка являются операторы «Временной интервал», «Набор товаров», «Этапы снижения цен», «Цены на товар».

Оператор «Временной интервал» служит для разбиения времени торгов на дискретные моменты (интервалы), которые могут использоваться для задания времени в операторах «Этапы снижения цен» и «Цены на товар». Данный оператор не является обязательным. Если оператор «Временной интервал» отсутствует в программе, то время в операторах «Этапы снижения цен» и «Цены на товар» должно задаваться явным образом. Если в программу включено более одного оператора «Временной интервал», то актуален последний из операторов.

Пример. Если для проведения торгов отведен один час, то оператор *интервал(60)* определяет в качестве временного интервала одну минуту.

Оператор «Набор товаров» служит для объединения некоторых товаров в набор. Такое объединение учитывается в ходе торга. Если поставщик не может предложить более низкую цену хотя бы на один из товаров, включенных в набор, то он отказывается от уменьшения цен на все товары данного набора. Может быть определено несколько наборов товаров или ни одного.

Пример. Поставщик приобретает товары a, b, c у генерального поставщика, причем имеет смысл только покупка всех трех товаров, что может быть обусловлено соответствующим контрактом или предоставляемыми генеральным поставщиком скидками. В этом случае в программу включается оператор *набор(a,b,c)*.

Оператор «Этапы снижения цен» служит для определения моментов времени снижения цен. Пределы снижения цены товара для каждого момента времени задаются в операторе «Цены на товар». Таким образом, число операндов в операторах «Этапы снижения цен» и «Цены на товар» должно быть одинаково. В операторе «Цены на товар» для каждого предела снижения цены может быть явно указан момент времени, до которого может производиться данное снижение. В этом случае число операндов в операторе «Цены на товар» может отличаться от числа операндов в операторе «Этапы снижения цен». Оператор «Этапы снижения цен» может отсутствовать. Если в программу включено более одного оператора «Этапы снижения цен», то актуален последний из операторов.

Пример. Пусть на торг выставлен товар a , торг длится один час и поставщик хочет получить право на поставку товара a . При этом он запланировал снижать цену поэтапно следующим образом: первые 20 мин. торга до 40 руб., следующие 30 мин. до 38 руб., последние 10 мин. до 35 руб. В этом случае для описания хода торга поставщик может воспользоваться следующими операторами: *интервал(60) этапы(20,50,60) цены(a,40,38,35)*. Можно обойтись без оператора «этапы снижения цен»: *интервал(60) цены(a,40/20,38/50,35/60)*. Также можно обойтись и без оператора «Временной интервал», при этом задать время явным образом. Получим еще два возможных описания: 1) *этапы(00:20:00, 00:50:00, 00:60:00) цены(a,40,38,35)*; 2) *цены(a, 40/00:20:00, 38/00:50:00, 35/00:60:00)*

Общая схема алгоритма осуществляемого торга, согласно описанию на специализированном языке, представлен на рис.3.

Заключение

В данной работе для сокращения затрат на закупку товаров, проводимую на конкурсной основе, предложено организовывать конкурс по схеме закрытых торгов. При этом, кроме информации о ценах на товары, предлагается учитывать алгоритмы снижения цен в зависимости от возникшей в ходе торгов ситуации. Данные алгоритмы определяют сами поставщики, участвующие в конкурсе. Рассмотрены два случая:

1. Поставщики задают произвольные алгоритмы снижения цен. Для этих целей разработан специализированный формальный язык.
2. Поставщики задают систему скидок.

Для снижения затрат на закупку товаров в первом случае предложен эвристический алгоритм, использующий идеи генетических алгоритмов и ограниченный перебор (разд.1.1).

Для снижения затрат во втором случае предложен алгоритм, сводящийся к многократному решению задачи линейного программирования (разд. 1.2). Задача линейного программирования решается симплексным методом. Экспериментально установлено, что в данном случае симплексный метод эффективен.

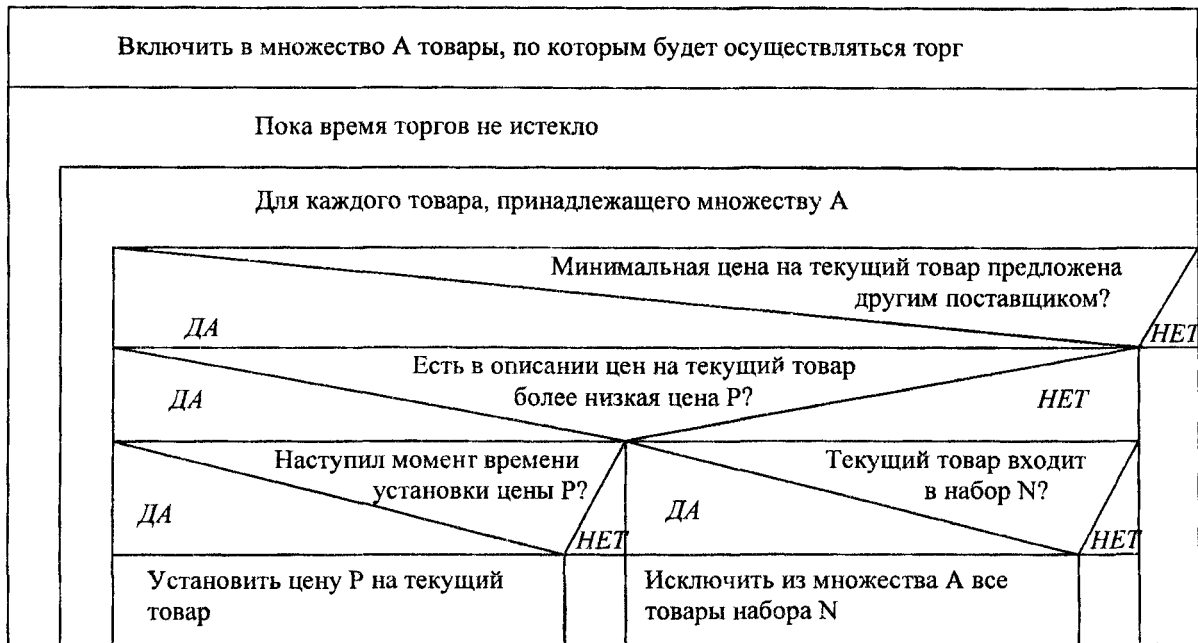


Рис. 3. Алгоритм открытых торгов, учитывающий описание поэтапного снижения цен

Предложенные алгоритмы могут использоваться заказчиками, которым разрешено самим решать вопросы выбора схемы организации закупок. Как правило, это коммерческие организации. Если же закупка осуществляется государственными организациями, то схема и алгоритм проведения торгов регламентированы законодательством. Если проведение торгов по предложенной схеме запрещено, то предложенные алгоритмы могут помочь организаторам открытых торгов в период подготовки к торгам. Взяв за основу информацию о ценах и скидках из доступных источников (прайс-листов) и выполнив их обработку по предложенным алгоритмам, организаторы открытых торгов могут более уверенно ориентироваться в ценах, сложившихся на рынке в момент начала торгов. Это позволит им правильно выбрать начальную цену каждого товара, что также в определенных случаях может приводить к сокращению затрат на закупку товаров.

Также в работе предложен подход к снижению затрат на закупку товаров, если конкурс организован по схеме открытых торгов, осуществляемых с помощью сети Интернет (разд. 2). В этом случае снижение затрат достигается путем предоставления поставщикам программного обеспечения, позволяющего отслеживать цены и производить их поэтапное снижение на основе предварительно заданного алгоритма. Для задания алгоритма разработан специализированный формальный язык. Алгоритм задается самим поставщиком на этапе подготовки к торгам.

Таким образом, поставщики могут более качественно проанализировать возможные сценарии развития торгов и свои возможности по снижению цен, что также в определенных случаях может приводить к сокращению затрат на закупку товаров.

Библиографический список

1. Goldberd, David E. Genetic Algorithms in Search: optimization and Machine Learning [Text] / David E. Goldberd. – Addison-Wesley Publishing Company, 1989. – 412 p.
2. Ашманов, С. А. Линейное программирование [Текст] / С. А. Ашманов. – М. : Наука, 1981. – 340 с.