

Разработка системы заказа литературы для вуза на основе показателей содержательной значимости и подтверждение эффективности её применения

Л. А. Кромина, Р. А. Ярцев

Рассматривается процесс комплектования книжного фонда библиотеки вуза в условиях отсутствия внутренних заявок на литературу. Для устранения недостатков предлагается система автоматизированной поддержки принятия решений на основе показателей содержательной значимости, отражающих информационные потребности вуза. Обсуждается общая структура данной системы и достигаемые с её помощью показатели эффективности.

Ключевые слова: вуз, библиотека, книжный фонд, литература, каталог, заказ, книгообеспеченность, объём номенклатуры, объём заказа, ограничения, общий рейтинг, оптимизация, автоматизация.

1. Введение

Важным аспектом развития высшего образовательного учреждения является автоматизация учебного процесса и научных исследований. При этом компьютерные технологии призваны стать значимой частью образовательного процесса, способной существенно повысить его эффективность.

Однако эффективность учебной и научной деятельности зависит также и от качества комплектования книжного фонда библиотеки вуза. При этом особо сложной и трудоемкой в процессе комплектования является задача формирования заказа на литературу в издательствах, заключающаяся в определении номенклатуры и количества заказываемых изданий по каталогам. Данная задача связана не только с обеспечением эффективности формируемого заказа как по содержанию закупаемых изданий, так и по количественным показателям, но и с учетом большого числа ограничений, накладываемых нормативными требованиями Министерства науки и образования, а также суммой денежных средств, выделяемых вузом на приобретение литературы. Поскольку ручное решение этой задачи неэффективно, а его автоматизация на основе известных программных средств и концептуальных методов не представляется возможной, предлагается разработать систему заказа литературы для вуза на основе показателей содержательной значимости.

2. Недостатки существующего способа комплектования книжного фонда

Книжный фонд библиотеки вуза согласно существующему способу пополняется следующим образом. Сотрудник отдела предоставляет подразделениям вуза каталоги и прайс-листы, содержащие учебную и научную литературу, полученные от торговых организаций. Каждый специалист в соответствии с потребностями в литературе на своем рабочем месте выбирает определенные позиции из каталогов и указывает количество необходимых экземпляров. Путем обобщения таких предложений составляются заявки на литературу по каждому из подразделений. Составленные заявки выступают в качестве экспертных оценок, отражающих потребности в новых изданиях. Помимо заявок подразделениями формируются специальные требования, содержащие наименования и количество экземпляров изданий, которые обязательно следует приобрести. На основе полученных заявок и специальных требований сотрудником отдела комплектования составляется заказ на литературу. Если подразделения не предоставляют заявок на литературу, то сотрудник отдела комплектования самостоятельно принимает решение по выбору номенклатуры и объёму заказа, осуществляя при этом ручной учет количественных ограничений, а также ограничений по стоимости.

Ясно, что при таком способе комплектования заказ на литературу часто не отражает реальных потребностей вуза, не обеспечивает эффективного расходования ресурсов и связан с выполнением трудоемких ручных операций по учету ограничений, накладываемых на заказ [1–6].

3. Программные средства формирования заказа литературы и их недостатки

На сегодняшний день широкое распространение получили автоматизированные библиотечно-информационные системы (АБИС), поддерживающие большое количество функций, имеющие иерархическую структуру и рассчитанные на широкий круг пользователей. Однако в ходе анализа таких систем выяснилось, что далеко не все они применимы для решения задач комплектования книжного фонда и ни одна АБИС не обеспечивает выполнение требований, предъявляемых вузом к формируемому заказу на литературу.

Так, например, информационные системы «КАБИС», «Liber», «VTLS», «ALEPH» не оказывают поддержки по определению номенклатуры заказа при отсутствии экспертных оценок, а также не позволяют учитывать ограничения по стоимости в процессе формирования заказа [2–6].

4. Концептуальные средства формирования заказа литературы и их недостатки

Для определения реальных потребностей вуза в литературе сотрудниками библиотеки, сталкивающимися с необходимостью заказа изданий в условиях отсутствия заявок от подразделений, применяются различные методы, однако каждый из них характеризуется определенными недостатками.

Так, метод учета читательских отказов не позволяет полностью и на объективной основе решить задачу выбора номенклатуры заказываемых изданий, а для определения точных количественных характеристик заказа он в принципе неприменим. Метод анализа аннотаций не обеспечивает учет реальных информационных потребностей вуза и не предлагает количественных решений, к тому же он не всегда применим из-за отсутствия нужных сведений в каталогах. Особо отметим, что общий индекс цитирования, вычисляемый научной электронной библиотекой, вообще бесполезен для рассматриваемой задачи, так как его значение для новых изданий заведомо равно нулю.

Не лучше дело обстоит с известными теоретическими разработками в сфере планирования. Например, статистические методы и модели планирования снабжения для различных предприятий и организаций не могут быть применены в связи с тем, что в вузе отсутствует необходимость регулярного пополнения книжного фонда одними и теми же изданиями. А модели исследования операций в снабжении, относящиеся к классу задач управления запасами, не могут быть использованы из-за специфики критериев эффективности и ограничений задачи.

Таким образом, применение существующих методов и моделей не обеспечивает автоматизированной поддержки формирования заказа литературы и устранения выявленных недостатков [2–6].

5. Математическое обеспечение автоматизированной системы

Для устранения отмеченных недостатков была поставлена задача – разработать новые средства автоматизированной поддержки заказа литературы для библиотеки вуза, для решения которой потребовалось определить принципы построения будущей автоматизированной системы, нашедшие отражение в ее математическом обеспечении. Прежде всего введен принцип ранжирования книжных изданий по уровню значимости на основе базы значимых ссылок, хранящей литературные источники работ специалистов вуза, согласно которому для каждого источника базы T по специальности m вычисляется локальный индекс цитирования $I(T, m)$ как общее число ссылок на данный источник в указанных работах той же специальности и любое издание наименования $T(i, j)$ ранжируется по значимости для вуза путем суммирования таких индексов для всех источников из списка использованной литературы издания.

В соответствии с данным принципом вводится локальный рейтинг издания $R^*(i, j, m)$, вычисляемый как

$$R^*(i, j, m) = \sum_{\substack{T > \\ \sigma(T(i, j), T) = 1}} I(T, m), \quad (1)$$

где $\sigma(T(i, j), T)$ – параметр литературной ссылки, принимающий единичное значение, если труд наименования $T(i, j)$ ссылается на источник T , и равный нулю в противном случае, а также общий рейтинг издания $R(i, j)$, представляющий собой сумму его локальных рейтингов, т.е.

$$R(i, j) = \sum_{m=1}^O R^*(i, j, m). \quad (2)$$

Общий рейтинг, вычисленный для каждого издания из каталогов, позволяет оценить уровень потребности вуза в выбираемых изданиях и на этой основе принимать решение по заказу. Для поддержки такого решения ставится задача оптимизации заказа и строится ее математическая модель, представляющая собой формальное описание всех критериев эффективности и действующих ограничений.

Так, критериям эффективности соответствуют целевые функции модели. Обозначим через χ множество всех функций X , принимающих неотрицательные значения для всех значений аргумента (i, j) , т.е. $\chi = \{X : (\forall i, j)(X(i, j) \geq 0)\}$. Тогда главная целевая функция, обеспечивающая наиболее полное и объективное удовлетворение *информационных потребностей* вуза, записывается в виде:

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{K(i)} R(i, j) \cdot f(i, j) \rightarrow \max_{X \in \chi} . \quad (3)$$

Вторая целевая функция, обеспечивающая максимально возможную *номенклатуру*, имеет следующий вид:

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{K(i)} f(i, j) \rightarrow \max_{X \in \chi} . \quad (4)$$

Наконец, третья функция, обеспечивающая наибольшее *количество экземпляров* заказываемых изданий, имеет вид:

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{K(i)} X(i, j) \rightarrow \max_{X \in \chi} . \quad (5)$$

На основании предложенных рейтингов вводятся дополнительные *рейтинговые ограничения*, устанавливающие количественные зависимости на заказ литературы отдельно по рейтинговым ($R(i, j) > 0$) и нерейтинговым ($R(i, j) = 0$) изданиям. При этом для рейтинговых изданий заказ осуществляется в количестве, пропорциональном рейтингам, т.е. если $\varphi(i, j, s)$ – число экземпляров издания с наименованием $T(i, j)$, заказываемое сверх установленного минимального количества $E(i, j, s)$, то

$$\begin{aligned} \forall(i, j, k, l, s) & ((1 \leq i \leq N) \wedge (1 \leq k \leq N) \wedge (1 \leq j \leq K(i)) \wedge (1 \leq l \leq K(k)) \wedge \\ & \wedge ((i \neq k) \vee (j \neq l)) \wedge (T(i, j) \neq T(k, l)) \wedge \\ & \wedge (v(i, j) = v(k, l)) \wedge (R(i, j) > 0) \wedge (R(k, l) > 0) \wedge (\varphi(i, j, s) > 0) \wedge \\ & \wedge (\varphi(k, l, s) > 0) \Rightarrow (\varphi(i, j, s) \div \varphi(k, l, s) = R(i, j) \div R(k, l))) . \end{aligned} \quad (6)$$

Заказ нерейтинговых изданий по количеству не должен превышать заказа издания с минимальным ненулевым рейтингом, т.е.

$$\begin{aligned} \forall(i, j, s) & ((1 \leq i \leq N) \wedge (1 \leq j \leq K(i)) \wedge (R(i, j) = 0) \wedge (\varphi(i, j, s) \geq 0) \wedge \\ & \wedge \exists(k, l) [(1 \leq k \leq N) \wedge (1 \leq l \leq K(k)) \wedge ((i \neq k) \vee (j \neq l)) \wedge \\ & (T(i, j) \neq T(k, l)) \wedge (v(i, j) = v(k, l)) \wedge (R(k, l) > 0) \wedge \\ & \wedge (\varphi(k, l, s) > 0)] \Rightarrow (\varphi(i, j, s) \leq \min_{\langle k, l \rangle} \{\varphi(k, l, s)\})) . \end{aligned} \quad (7)$$

Ограничения по наименованиям, устанавливающие для каждого издания минимальное число необходимых экземпляров и зависящие от числа студентов в вузе, записываются следующим образом:

$$\sum_{\substack{\langle i, j \rangle \\ T(i, j) = \\ const}} X(i, j) \geq E(i, j, s) . \quad (8)$$

Здесь i – индекс (порядковый номер) каталога издательства, j – индекс книги в каталоге, $T(i, j)$ – наименование книги j в каталоге i , включающее фамилии и инициалы авторов, а также оригинальное название, $X(i, j)$ – количество экземпляров книги j , заказываемое у i -го издательства, s – количество студентов в вузе, а $E(i, j, s)$ – функция минимального заказываемого количества книг, значение которой рассчитывается по имеющимся нормам.

Ограничения по видам, каждое из которых задает минимальный размер номенклатуры изданий определенного вида, а также минимальное количество экземпляров каждого из этих изданий:

$$\begin{aligned}
 & (\forall i, j)(M(i, j, s) > 0 \Rightarrow (\exists f_1, f_2) \forall k((1 \leq k \leq M(i, j, s)) \wedge \\
 & \quad \wedge (1 \leq f_1(k) \leq N) \wedge (1 \leq f_2(k) \leq K(f_1(k))) \wedge \\
 & \quad \wedge \forall z[(1 \leq z \leq M(i, j, s)) \wedge (z \neq k) \wedge ((f_1(z) \neq f_1(k)) \vee (f_2(z) \neq f_2(k))) \wedge \\
 & \quad \quad \wedge (T(f_1(z), f_2(z)) \neq T(f_1(k), f_2(k)))) \wedge \\
 & \quad \wedge (v(f_1(z), f_2(z)) = v(f_1(k), f_2(k))))] \wedge (\sum_{\substack{<l, m> \\ T(l, m) = \\ T(f_1(k), f_2(k))}} X(l, m) \geq e(i, j, s)).
 \end{aligned} \tag{9}$$

Здесь $M(i, j, s) = M(v(i, j), s)$ – функция минимального объема заказываемой номенклатуры, которая принимает значение наименьшего количества изданий того же вида $v(i, j)$, допустимого в формируемом заказе, N – число каталогов, $K(i)$ – количество книг в каталоге i , $e(i, j, s)$ – функция минимального объема заказа издания, которая принимает значение минимума экземпляров по каждому изданию из перечня обязательной номенклатуры, размер которого устанавливается функцией $M(i, j, s)$.

Межвидовое ограничение представляет собой требование по объёму номенклатуры фонда основной учебной литературы, который должен составлять не менее 60 % от общего объёма номенклатуры книжного фонда. В зависимости от состояния книжного фонда и условий, в которых делается заказ, данное ограничение может учитываться в трех различных видах:

а) $r(i, j) = 1$, когда необходимо закупать только основную учебную литературу. Здесь $r(i, j)$ – функция специализации, принимающая единичное значение в том случае, если издание с наименованием $T(i, j)$ относится к классу основной учебной литературы, а иначе равная нулю;

$$\text{б) } P + \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{K(i)} f(i, j) \cdot r(i, j) \geq 0,6 \cdot (Po + \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{K(i)} f(i, j)), \text{ когда после доставки заказа количе-}$$

ство основной учебной литературы в библиотеке должно удовлетворять установленному требованию по объёму номенклатуры. Здесь P – число различных изданий основной учебной литературы в библиотеке вуза при общем количестве изданий (объеме номенклатуры) Po , $f(i, j)$ – параметр пополнения номенклатуры заказа наименованием книги j в каталоге i , который принимает единичное значение только для первой книги каждого издания при их последовательном переборе, а для остальных книг равен нулю;

$$\text{в) } \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{K(i)} f(i, j) \cdot r(i, j) \geq 0,6 \cdot \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{K(i)} f(i, j), \text{ когда требование исходного межвидового огра-}$$

ничения должно выполняться прежде всего для самого заказа.

Ограничение по стоимости, которое заключается в том, что общая стоимость исполнения заказа не должна превосходить величины выделяемых денежных средств Z^* . Если $Z(i)$ – общая стоимость изданий, заказываемых у i -го издательства с учетом всех видов скидок, $Y(i)$ – стоимость доставки заказа от i -го издательства, а $Q(i)$ – страховая стоимость заказа в издательстве, то данное ограничение запишется в виде [2, 4–6]:

$$\sum_{i=1}^N (Z(i) + Y(i) + Q(i)) \leq Z^*. \tag{10}$$

6. Информационное обеспечение системы поддержки принятия решений по заказу литературы

Логическая модель соответствующей базы данных (рис. 1) состоит из 14 сущностей, значения атрибутов которых необходимы для расчета общих рейтингов изданий и формирования оптимального варианта заказа.

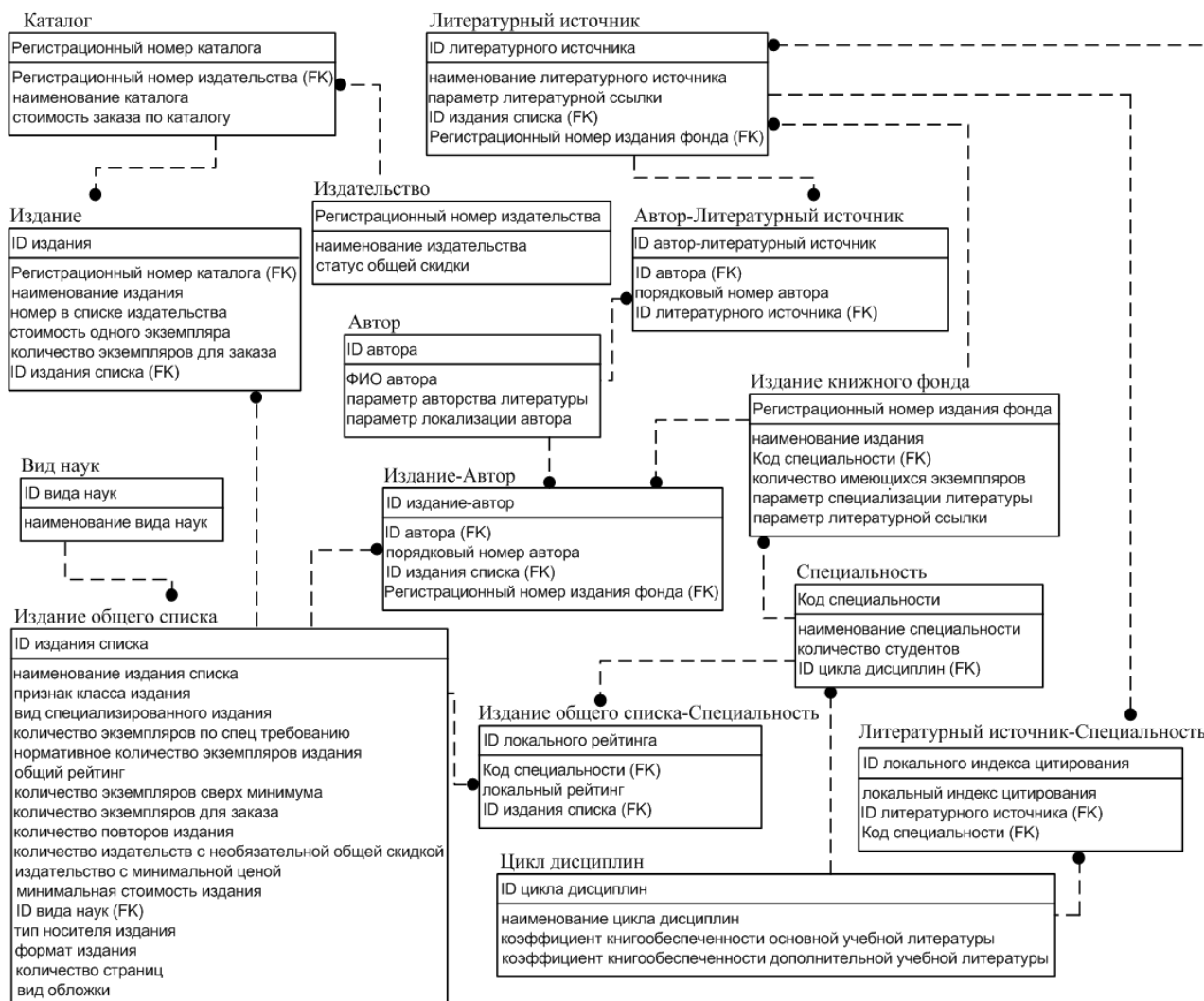


Рис. 1. Логическая модель структуры базы данных

Так, процедура «Вычисление общих рейтингов» [5] использует данные сущностей «Автор», «Литературный источник – Специальность», «Издание общего списка – Специальность», «Издание книжного фонда», «Литературный источник», «Автор – Литературный источник», «Издание – Автор», а вычисленные общие рейтинги изданий хранятся в сущности «Издание общего списка».

Процедура «Генерация оптимального варианта заказа» [4], в свою очередь, применяет данные сущностей «Издательство», «Каталог», «Издание», «Вид наук», «Специальность», «Цикл дисциплин», «Издание общего списка» для получения заказа с оптимальными характеристиками. В функции данной процедуры входит формирование заказа по минимальным требованиям и в количестве, пропорциональном рейтингам изданий, увеличение и сокращение заказа до величины выделяемых денежных средств, оформление и предоставление для выбора двух итоговых вариантов заказа. При этом по каждому варианту определяется количество экземпляров изданий, приобретаемое сверх минимально необходимого количества, а также рассчитывается величина остатка денежных средств. Алгоритм процедуры основан на

результатах оценки каждого из перебираемых им промежуточных вариантов заказа. После выполнения данного алгоритма в сущность «Издание» заносится значение количества экземпляров для заказа, а в сущность «Каталог» – стоимость заказа по каталогу.

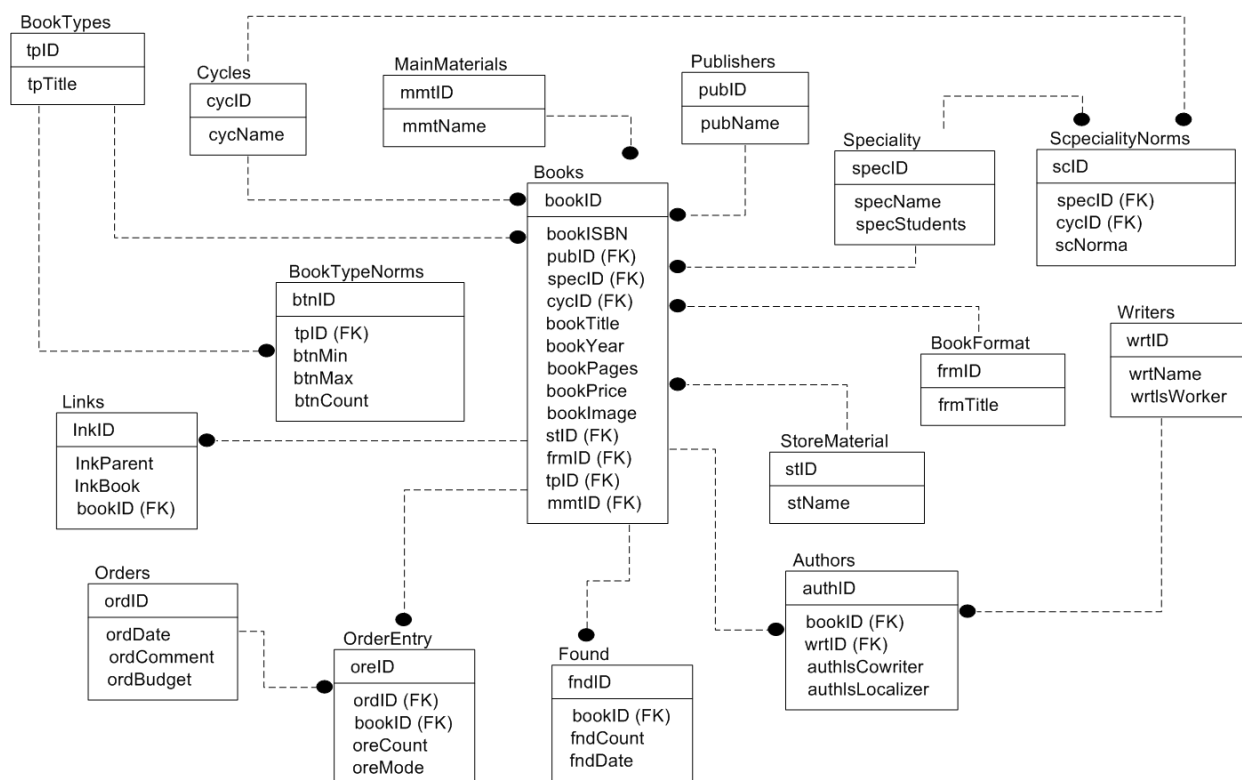


Рис. 2. Физическая модель структуры базы данных

Разработанное информационное обеспечение системы поддержки, реализованной на языке программирования Visual Basic.NET включает две печатные формы:

- 1) «Предварительный заказ», в которой представлено количество заказываемых экземпляров, приобретаемое по специальным требованиям подразделений, минимальным требованиям Министерства образования, а также сверх необходимого минимального количества;
- 2) «Заказ», в которой содержится общее количество экземпляров каждого из заказываемых изданий [4].

Данные формы можно экспортировать в любой формат или осуществлять печать непосредственно из автоматизированной системы. База данных разработанной системы [6] реализована в варианте, характеризующемся шестнадцатью сущностями (рис. 2).

7. Исследование эффективности системы

Не претендуя на комплексный анализ эффективности разработанной автоматизированной системы поддержки, можно оценить её работоспособность в аспектах, являющихся наиболее важными для получения оптимального решения задачи заказа литературы.

Первый аспект связан с оценкой общего числа вариантов перебора $C(S')$ при обработке конкретных данных из общего списка изданий, которое возможно оценить, применяя следующее неравенство:

$$C(S') < \left(1 + \left[\frac{Z}{S_0 \cdot K_0 \cdot N} \right] + N \cdot K_{\max} \cdot R_{\max} \right) \cdot \left(\prod_{\substack{ \\ K(b)>1}}^G \frac{T^*(b)!}{k^*(b)!(T^*(b) - k^*(b))!} \right). \quad (11)$$

Здесь Z – сумма денежных средств, выделяемая на закупку литературы; S_0 – минимальная стоимость издания по каталогам, K_0 – минимальное число изданий в каталоге и N – количество каталогов; $K_{\max}$ – максимальный объем номенклатуры каталога; $R_{\max}$ – максимальный общий рейтинг среди всех изданий из каталогов; $T^*(b)$ – значение приобретаемого количества экземпляров издания b , а $k^*(b)$ – количество издательств, поставляющих издание b , для которого $K(b) > 1$; G – количество изданий в общем списке; $K(b)$ – количество предложений по каждому изданию общего списка.

Таким образом, значение $C(S')$ составит:

$$C(S') < \left(1 + \left[\frac{150000}{100 \cdot 150 \cdot 2} \right] + 10 \cdot 1500 \cdot 30 \right) \cdot \left(\frac{50!}{2! \cdot (50-2)!} \right)^2 < 10^{12}.$$

Второй аспект связан с вероятностью заказа оптимальной значимости без учета рейтингов. В качестве базы для сравнения рассмотрен заказ, составляемый путем случайного выбора изданий из каталогов. Предположим, что в обоих случаях номенклатура заказа включает K_t различных наименований, выбираемых из G позиций общего списка, среди которых имеется K_r рейтинговых изданий. Очевидно, что предлагаемый вариант заказа при условии, что $K_t > K_r$, будет содержать все K_r рейтинговых позиций. Тогда вероятность P того, что данные позиции войдут в «случайный» заказ, т.е. последний будет удовлетворять объективным потребностям вуза в той же степени, что и предлагаемый вариант заказа, можно определить по формуле:

$$P = \frac{(G - K_r)! K_t!}{(K_t - K_r)! G!}. \quad (12)$$

В ситуации, когда заказывается весь каталог, т.е. $K_t = G$, искомая вероятность будет равна единице. Однако чаще всего $K_t \ll G$ и вероятность P оказывается существенно меньше. Например, для данных контрольного примера [5–6]: $G = 400$, $K_t = 19$, $K_r = 2$, тогда значение P составит:

$$P = \frac{(400 - 2)! \cdot 19!}{(19 - 2)! \cdot 400!} = \frac{18 \cdot 19}{399 \cdot 400} \approx \frac{1}{500}.$$

Третий аспект связан со значением вероятности заказа оптимальной номенклатуры по методу анализа аннотаций. При этом в целях упрощения введем ряд предположений:

- а) рейтинговые издания в общем списке отсутствуют;
- б) по каждому из изданий заказывается одинаковое количество экземпляров N_0 ;
- в) список изданий заказа упорядочен по возрастанию стоимости экземпляра каждого издания S_i ($i = \overline{1, G}$), значения которой в списке не повторяются.

Тогда значение вероятности заказа оптимальной номенклатуры можно определить следующим образом:

$$P' = \frac{K_t! \cdot (G - K_t)!}{G!}. \quad (13)$$

Таким образом, значение искомой вероятности составит:

$$P' = \frac{K_t! \cdot (G - K_t)!}{G!} = \frac{19! \cdot (400 - 19)!}{400!} < 10^{-28}.$$

В результате аналитической оценки показателей эффективности системы выявлено, что количество перебираемых системой вариантов заказа при поиске оптимального решения не превосходит 10^{12} , что, в свою очередь, позволяет сделать вывод о ее работоспособности в масштабе реального времени. Кроме того, предлагаемый способ формирования заказа в подавляющем большинстве случаев оказывается эффективнее методов случайной выборки изданий по всем имеющимся критериям эффективности [2, 5].

8. Заключение

Разработанная система автоматизированного заказа литературы для вуза предоставляет возможности загрузки и ведения массивов данных, вычисления рейтингов изданий, определения минимальных требований к заказу и формирования его оптимального варианта. На контрольном примере заказа для одной из специальностей установлено, что качество обслуживания информационных потребностей улучшается не менее чем в 1.5 раза, номенклатура заказываемых изданий увеличивается не менее чем на 36 %, а их общее количество – не менее чем в 1.7 раза [5–6]. Отметим также, что рейтинговые критерии, реализуемые предложенной системой, не исчерпывают всех имеющихся возможностей по отбору литературы для вуза и в ходе совершенствования системы могут быть дополнены другими количественными показателями, связанными, например, со статистикой просмотров наименований книг в каталогах студентами и сотрудниками данного учебного заведения.

Литература

1. Кромина Л. А., Ярцев Р. А. О комплектовании книжного фонда библиотеки вуза на основе локального рейтинга заказываемых изданий // Управление в сложных системах: науч. издан. Уфа: УГАТУ, 2009. С. 51–54.
2. Кромина Л. А., Ярцев Р. А. Формирование заказа литературы для библиотеки вуза на основе локальных рейтингов изданий как задача исследования операций // Вестник УГАТУ: научн. журн. Уфимск. гос. авиац. техн. ун-та. 2010. Т. 14, № 5 (40). С. 176–187.
3. Кромина Л. А., Ярцев Р. А. О расчете рейтингов заказываемой литературы // Управление в сложных системах: науч. издан. Уфа: УГАТУ, 2011. С. 102–113.
4. Миронов В. В., Кромина Л. А., Ярцев Р. А. Применение общих рейтингов заказываемых изданий при формировании оптимального варианта заказа литературы для вуза // Вестник НГУ. 2012. Т. 10, Вып. 4. С. 5–12.
5. Миронов В. В., Кромина Л. А., Ярцев Р. А. Система формирования заказа литературы для вуза на основе ранжирования изданий по объективным показателям содержательной значимости // Образовательные технологии: журнал для организаторов и специалистов обучения в системе высшего и среднего профессионального образования. 2014, № 1. С. 88–101.
6. Головкин Ю. Е., Кромина Л. А., Ярцев Р. А. Автоматизация заказа литературы для вуза по показателям содержательной значимости изданий вуза // Изв. вузов. Приборостроение. 2017. Т. 60, № 2. С. 125–132.

Статья поступила в редакцию 07.12.2017;
переработанный вариант — 31.01.2018.

Кромина Людмила Александровна

к.т.н., доцент кафедры автоматизированных систем управления Уфимского государственного авиационного технического университета (453350, Республика Башкортостан, Кумертау, ул. К. Маркса, д. 24), тел 8 (34761) 4-26-51; e-mail: luyda-kr@yandex.ru.

Ярцев Рустэм Альбертович

к.т.н., доцент, доцент кафедры автоматизированных систем управления Уфимского государственного авиационного технического университета (450008, Республика Башкортостан, Уфа, ул. К. Маркса, д. 12), тел 8 (3472) 73-78-23; e-mail: rust-66@yandex.com.

Development of a book order system for Universities on the basis of content significance indicators and its application effectiveness conformation

L. A. Kromina, R. A. Yartsev

The process of acquisition of University library book fund in the absence of internal requests for books is considered. To eliminate the shortcomings, a system of automated decision support based on content relevance indicators reflecting the information needs of the University is proposed. The general structure of the system and the efficiency indicators achieved with its help are discussed.

Keywords: university, library, book fund, literature, catalogue, order, book supply, volume of the item, the amount of the order, restrictions, overall rating, optimization; automation.