УДК 004.891.2

А. В. ПОПОВ, Ю. А. БЕЛОКОНЬ, П. Н. ШВЕД

Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Украина

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДСИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПОТОКОМ ПОКУПАТЕЛЕЙ В СУПЕРМАРКЕТЕ

Для рационального управления очередями предложено рассматривать кассовый узел как систему массового обслуживания с очередью. Проведен анализ системы массового обслуживания супермаркета и выбрано оптимальное количество касс для рассматриваемого объекта. Для управления покупательским потоком внутри супермаркета предложено использование метода Apriori для анализа ассоциативных правил. На основании этого анализа менеджер будет делать вывод о том, как правильно разместить товары на товарных полках, чтобы покупатель купил как можно больше товаров, не входящих в группы наиболее связанных друг с другом.

Ключевые слова: *покупательские потоки, супермаркет, метод взаимосвязанных покупок, системы массового обслуживания с очередью, ассоциативные правила, метод Apriori.*

Введение

В наше время управление движением покупателей становится все более актуальной задачей. Если раньше большинство людей покупали товары в основном на рынках или маленьких магазинах, то сейчас практически все отдают свое предпочтение огромным супермаркетам с множеством различных товаров. Это обусловлено тем, что зачастую супермаркеты находятся гораздо ближе к дому, а также значительно превосходят маленькие магазины по спектру товаров.

Все эти факторы привели к тому, что сейчас идет очень жесткая борьба за покупателей. Супермаркетов со временем становится все больше, и каждый пытается привлечь внимание потребителей к своему ассортименту товаров. При этом покупатели иногда даже не подозревают, что со стороны на них воздействуют профессиональные маркетологи и мерчендайзеры. Задачей последних является суметь удержать покупателя как можно дольше путем правильного размещения товаров на товарных полках. Расположив наиболее востребованные товары в самом дальнем углу от входа, мерчендайзеры заставят покупателей обращать внимание на товары, которые находятся по пути. Расположив товары в соответствии с их совместимостью, также можно увеличить количество покупаемых товаров.

Для управления покупательскими потоками существует ряд методов, таких как реклама, брендинг, метод культурного кода и др. Так, например, в работе [1] внимание уделяется правильной выкладке товаров и автор выделяет такие правила выкладки товаров, как: выкладка для создания первого впечатления, для привлечения внимания, на уровне глаз, а также перекрестная выкладка товаров. В работе [2] предлагается разместить схемы расположения отделов, чтобы покупатели могли сами определять для себя маршруты следования. Дж. Стенли в работе [3] предлагает располагать товары таким образом, чтобы наиболее часто покупаемые находились в разных частях магазина, тем самым увеличивая длину маршрута покупателя от входа до кассы.

Целью данной работы является анализ управления потоками покупателей возле касс, на основании представления кассового узла супермаркета как системы массового обслуживания (СМО) с очередью, а также анализ и выбор метода поиска ассоциативных правил с целью выявления наиболее совместимых групп товаров.

Выбор и обоснование системы массового обслуживания супермаркета

На основании проведенного анализа моделей систем массового обслуживания, можно сделать вывод о применимости данных моделей для управления потоками покупателей в супермаркете [4, 5]. При правильной организации очередей возле касс, можно значительно увеличить как привлекательность супермаркета в глазах потребителя, так и объем продаж товаров за счет пребывания в очереди.

Входящий поток покупателей попадает в фазу самообслуживания, и покупатель самостоятельно отбирает нужные ему товарные единицы, формируя их в единую покупку. Причем время этой фазы зависит от того, как взаиморазмещены товарные зоны, какой фронт они имеют, сколько времени тратит покупатель на выбор конкретного товара, какова структура покупки и т.д. [6].

Кассовый узел следует рассматривать как СМО с ожиданием (очередью). Если заявка попадает в зону кассового узла, то она обязательно дождется своей очереди. Те же покупатели, которые не приобретают ни одного товара, находиться в очереди вообще не будут и поэтому ими можно пренебречь.

На основе анализа многоканальных систем обслуживания [7, 8] выделены наиболее важные расчетные формулы и соотношения, которые можно использовать для определения конкретных параметров реальных систем с учетом основной модели системы $M/M/n/\ell/\infty/FIFO$. M на первой позиции означает экспоненциальный закон распределения времени между поступающими запросами; на второй – экспоненциальный закон распределения времени обработки на обслуживающих устройствах (ОУ); n – количество каналов в системе; ℓ – общая емкость системы, равная сумме n и емкости буферного устройства m, $\ell = n + m$; знак ∞ означает, что система разомкнута и поток заявок бесконечен.

1. Случай n-канальной СМО с ограниченной очередью $M/M/n/\ell/\infty/FIFO$**.**

Вероятность P_k того, что в системе будет находиться k элементов:

$$P_k = \frac{\rho^k}{k!} \cdot P_0 \text{ при } 1 \le k \le n, \tag{1}$$

где ρ – интенсивность нагрузки, определяется как отношение интенсивности потока входящих заявок λ к интенсивности обслуживания μ:

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}, \tag{2}$$

P_0 — вероятность того, что в системе нет запросов:

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{k=0}^{n-1} \frac{\rho^k}{k!} + \frac{\rho^n}{(n-1)!(n-\rho)}} \cdot \left(1 - \left(\frac{\rho}{n}\right)^{m+1}\right). \tag{3}$$

В случае $n \le k \le \ell$:

$$P_k = \frac{\rho^k}{n!n^{k-n}} \cdot P_0, \ n \le k \le \ell. \tag{4}$$

Согласно 2 формуле Эрланга вероятность того, что все ОУ заняты, и следующая заявка станет в очередь:

$$D = P_n \cdot \frac{1 - \left(\frac{\rho}{n}\right)^{m+1}}{1 - \frac{\rho}{n}}. \tag{5}$$

Вероятность того, что все ОУ и буфер заполнены, и происходит отказ в обслуживании заявки согласно формуле (4):

$$P_\ell = \frac{\rho^\ell}{n!n^{\ell-n}} \cdot P_0. \tag{6}$$

Вероятность того, что время ожидания β превысит заданное время t:

$$P(\beta > t) = \frac{D \cdot e^{-\mu n t}}{1 - \left(\frac{\rho}{n}\right)^{m+1}} \cdot \sum_{s=0}^{m-1} \frac{(\mu n t)^s}{s!} \left[\left(\frac{\rho}{n}\right)^s - \left(\frac{\rho}{n}\right)^m\right]. \tag{7}$$

Функция распределения времени пребывания заявки в очереди $T_{оч}$:

$$P(\beta < t) = 1 - P(\beta > t). \tag{8}$$

Среднее число заявок в очереди $L_{оч}$:

$$L_{оч} = \frac{P_n}{\left(1 - \frac{\rho}{n}\right)^2} \left[\frac{\rho}{n} - (m+1)\left(\frac{\rho}{n}\right)^{m+1} + m\left(\frac{\rho}{n}\right)^{m+2}\right]. \tag{9}$$

Среднее число заявок в системе L_c:

$$L_c = L_{оч} + \frac{1 - \left(\frac{\rho}{n}\right)^{m+1}}{1 - \frac{\rho}{n}} P_n n + P_0 \sum_{k=1}^{n-1} \frac{\rho^k}{(k-1)!}. \tag{10}$$

Среднее время пребывания заявки в очереди $T_{оч}$ и в системе T_c соответственно вычисляются по формуле Литтла:

$$T_{оч} = \frac{L_{оч}}{\lambda}, \tag{11}$$

$$T_c = \frac{L_c}{\lambda}. \tag{12}$$

Среднее число свободных ОУ $L_{ср}$:

$$L_{ср} = \sum_{k=0}^{n-1} \frac{(n-k)\rho^k}{k!} \cdot P_0. \tag{13}$$

Все расчетные формулы для случая СМО с неограниченной очередью могут быть получены из выражений для СМО с ограниченной очередью, когда показатель объема буфера равен бесконечности.

2. Случай n-канальной СМО с неограниченной очередью $M/M/n/\infty/\infty/FIFO$.

Вероятность P_k того, что в системе будет находиться k элементов

$$P_k = \frac{\rho^k}{k!} \cdot P_0 \text{ при } 1 \le k \le n. \tag{14}$$

В случае $k \ge n$

$$P_k = \frac{\rho^k}{n!n^{k-n}} \cdot P_0, \ k \ge n. \tag{15}$$

Видно, что эти выражения одинаковы для 1 и 2 случаев, так как процесс накопления и обработки заявок в системе происходит при одинаковых условиях $1 \le k \le n$.

Вероятность того, что в системе нет запросов

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{k=0}^{n-1}\frac{\rho^k}{k!} + \frac{\rho^n}{(n-1)!(n-\rho)}}. \qquad (16)$$

Вероятность того, что все ОУ заняты и следующая заявка станет в очередь:

$$D = \sum_{k=n}^{\infty} P_k = \frac{\rho^n}{(n-1)!(n-\rho)} \cdot P_0 \qquad (17)$$

Вероятность того, что время ожидания β превысит заданное время t:

$$P(\beta > t) = D \cdot e^{-\mu(n-\rho)t},\ t \ge 0. \qquad (18)$$

Функция распределения времени пребывания заявки в очереди $T_{оч}$:

$$P(\beta < t) = 1 - D \cdot e^{-\mu(n-\rho)t},\ t \ge 0. \qquad (19)$$

Среднее время пребывания заявки в очереди $T_{оч}$:

$$T_{оч} = \frac{D}{\mu(n-\rho)},\ \frac{\rho}{n} < 1. \qquad (20)$$

Среднее число заявок в очереди $L_{оч}$:

$$L_{оч} = \frac{P_n\lambda}{n\mu\left(1-\frac{\lambda}{n\mu}\right)^2} = \frac{P_n\lambda}{n\mu\left(1-\frac{\rho}{n}\right)^2} = \frac{D\lambda}{\mu(n-\rho)}. \qquad (21)$$

Выражения (20) и (21) связаны между собой формулой Литтла (11).

Среднее число заявок в системе L_c:

$$L_c = L_{оч} + \frac{P_n n}{1-\frac{\rho}{n}} + P_0\sum_{k=1}^{n-1}\frac{\rho^k}{(k-1)!} = \sum_{k=1}^{\infty} kP_k. \qquad (22)$$

Среднее число свободных ОУ L_{cp}:

$$L_{cp} = \sum_{k=0}^{n-1}\frac{(n-k)\rho^k}{(k-1)!}\cdot P_0 = \sum_{k=0}^{n-1}(n-k)P_k. \qquad (23)$$

Алгоритм расчета основных показателей согласно приведенным формулам для СМО с неограниченной и ограниченной очередью следующий:

1. Рассчитать $L_{оч}$ и L_c по формулам (9), (10), (21), (22).
2. Рассчитать $T_{оч}$ и T_c по формулам Литтла (11), (12) или (20).
3. Рассчитать P_0 и P_k по формулам (1-4) или (14-16), построить график зависимости $P_k(k)$.
4. Построить функцию распределения по формулам (8) или (19).
5. Рассчитать среднее число касс по формулам (13) или (23).

В случае расчета показателей СМО с очередью в реальных предметных областях следует сравнить обе вышеуказанные модели и при соответствующем обосновании можно использовать ограниченный или неограниченный буфер. Например, в супермаркете можно полагать, что виртуальный буфер имеет бесконечную емкость, что существенно упрощает получение конечных числовых характеристик. Но для более детального анализа можно полагать, что общий объем буфера для всех покупателей имеет ограниченный размер, так как некоторые покупатели могут уходить из очереди, когда она принимает, по их мнению, слишком большую величину.

Пример расчета показателей функционирования супермаркета как системы массового обслуживания

Произведем расчет показателей для случая СМО с неограниченной очередью. В качестве примера рассмотрим один из пиковых диапазонов, когда количество покупателей очень велико – суббота, с 17 до 18 часов. Определим значение интенсивности входного потока λ при одновременной работе 10 касс. Было установлено, что среднее количество покупателей в этот день и в это время составляет 578 чел. Тогда:

$$\lambda = \frac{578}{60} = 9,63 \text{ чел / мин.}$$

Интенсивность обслуживания каждого кассира μ равна 1 покупатель в минуту. Получаем, что интенсивность нагрузки ρ:

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} = 9,63.$$

Поскольку $m = \infty$ и условие устойчивой работы $\rho < n$ выполнено, то возможен стационарный режим работы, при котором, согласно (16), доля времени простоя кассиров P_0:

$$P_0 = \left[1 + \frac{9,63^1}{1!} + \ldots + \frac{9,63^9}{9!} + \frac{9,63^{10}}{9!(10-9,63)}\right]^{-1} = 1,7\cdot10^{-5}.$$

При этом, согласно формуле Эрланга (14) и (17):

$$P_n = \frac{\rho^n}{n!}\cdot P_0 = \frac{9,63^{10}}{10!}\cdot 1,7\cdot10^{-5} = 0,032.$$

$$D = \frac{9,63^{10}}{(10-1)!(10-9,63)}\cdot 1,7\cdot10^{-5} = 0,868.$$

Вероятность оказаться в очереди $P_{оч}$ равна вероятности застать все кассы уже занятыми обслуживанием. Можно показать, что:

$$P_{оч} = D - P_n = \frac{\rho^{n+1}}{n!(n-\rho)}\cdot P_0.$$

$$P_{оч} = \frac{9,63^{10+1}}{10!(10-9,63)} \cdot 1,7 \cdot 10^{-5} = 0,836.$$

Среднее число покупателей в очереди $L_{оч}$, согласно (21):

$$L_{оч} = \frac{0,868 \cdot 9,63}{10-9,63} = 22,62 \text{ чел.}$$

Среднее число занятых каналов $\overline{n_з}$:

$$\overline{n_з} = \rho = 9,63.$$

Согласно (22), среднее число покупателей в магазине L_c:

$$L_c = 22,62 + \frac{0,032 \cdot 10}{1-\frac{9,63}{10}} + 1,7 \cdot 10^{-5} \sum_{k=1}^{9} \frac{9,63^k}{(k-1)!} =$$

$= 32,25$ чел.

Выполним проверку правильности расчета L_c:

$$L_c = L_{оч} + \rho = 22,62 + 9,63 = 32,25 \text{ чел.}$$

В соответствии с (11), среднее время пребывания заявки в очереди $T_{оч}$:

$$T_{оч} = \frac{L_{оч}}{\lambda} = \frac{22,62}{9,63} = 2,35 \text{ мин,}$$

и среднее время пребывания заявки в системе T_c:

$$T_c = \frac{L_c}{\lambda} = \frac{32,25}{9,63} = 3,35 \text{ мин.}$$

В таблице 1 приведены обобщенные результаты моделирования, при $n = 10..14$.

Таблица 1

Среднее время пребывания заявки в очереди при $n = 10..14$

n	P_0	$P_{оч}$	$L_{оч}$	L_c	$T_{оч}$	T_c
10	$1,7 \cdot 10^{-5}$	0,84	22,62	32,25	2,35	3,35
11	$4,37 \cdot 10^{-5}$	0,51	4,09	13,71	0,42	1,42
12	$5,57 \cdot 10^{-5}$	0,3	1,52	11,15	0,16	1,16
13	$6,12 \cdot 10^{-5}$	0,17	0,66	10,29	0,07	1,07
14	$6,36 \cdot 10^{-5}$	0,09	0,3	9,93	0,03	1,03

На рис. 1 представлен график зависимости времени пребывания заявки в очереди $T_{оч}$ от количества касс n при $\lambda = 9,63$ чел/мин и $\mu = 1$ чел/мин.

Таким образом, можно сделать вывод, что система работает в правильном режиме. При среднем времени пребывания заявки в очереди 2,35 мин покупатели обязательно обратят внимание на другие товары, которые находятся непосредственно возле касс. Также данная очередь не приведет к сильному снижению количества постоянных покупателей за счет их недовольства скоростью обслуживания.

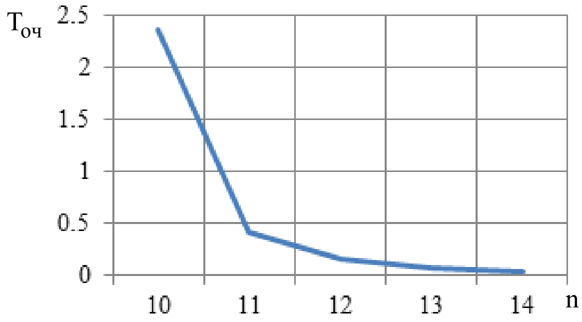

Рис. 1. График зависимости $T_{оч}$ от n

Методы поиска ассоциативных правил

Целью поиска ассоциативных правил (association rule) является нахождение закономерностей между связанными событиями в базах данных.

Впервые задача поиска ассоциативных правил (association rule mining) была предложена для нахождения типичных шаблонов покупок, совершаемых в супермаркетах, поэтому иногда ее еще называют анализом рыночной корзины (market basket analysis).

Рыночная корзина – это набор товаров, приобретенных покупателем в рамках одной отдельно взятой транзакции. Транзакции являются достаточно характерными операциями, ими, например, могут описываться результаты посещений различных магазинов. Транзакция – это множество событий, которые произошли одновременно.

При помощи использования алгоритмов поиска ассоциативных правил аналитик может получить все возможные правила вида "Из A следует B", с различными значениями поддержки и достоверности. Однако в большинстве случаев, количество правил необходимо ограничивать заранее установленными минимальными и максимальными значениями поддержки и достоверности.

Если значение поддержки правила слишком велико, то в результате работы алгоритма будут найдены правила очевидные и хорошо известные. Слишком низкое значение поддержки приведет к нахождению очень большого количества правил, которые, возможно, будут в большей части необоснованными, а также неизвестными и неочевидными для аналитика. Таким образом, необходимо определить такой интервал, который с одной стороны обеспечит нахождение неочевидных правил, а с другой – их обоснованность.

При слишком низком уровне достоверности правило теряет свою ценность. Так, правило с достоверностью в 3% только условно можно назвать правилом [9].

Рассмотрим работу алгоритма Apriori. На первом этапе происходит формирование одноэлементных кандидатов. Далее алгоритм подсчитывает поддержку одноэлементных наборов. Наборы с уровнем поддержки меньше установленного отсекаются. Оставшиеся наборы товаров считаются часто встречающимися одноэлементными наборами товаров.

Затем происходит формирование двухэлементных кандидатов, трехэлементных и так далее, подсчет их поддержки и отсечение наборов с уровнем поддержки, меньшим заданного. Оставшиеся k-элементные наборы товаров, считающиеся часто встречающимися, и принимают участие в дальнейшей работе алгоритма.

Для поиска k-предметных наборов F_k алгоритм Apriori сначала создает множество F_k кандидатов в k-предметные наборы путем связывания множества F_{k-1} с самим собой. Затем F_k сокращается с использованием свойства антимонотонности, которое заключается в том, что поддержка любого набора элементов не может превышать минимальной поддержки любого из его подмножеств. Предметные наборы, которые остались после сокращения, формируют итоговые F_k .

Стоит отметить, что алгоритм Apriori уменьшает количество кандидатов, отсекая априори тех, которые заведомо не могут стать часто встречающимися, на основе информации об отсеченных кандидатах на предыдущих этапах работы алгоритма.

Отсечение кандидатов происходит на основе предположения о том, что у часто встречающегося набора товаров все подмножества должны быть часто встречающимися. Если в наборе находится подмножество, которое на предыдущем этапе было определено как нечасто встречающееся, этот кандидат уже не включается в формирование и подсчет кандидатов.

Применение метода Apriori для анализа чеков в супермаркете

Рассмотрим продажи овощного отдела супермаркета за час. Множество транзакций для рассматриваемого объекта приведено в таблице 2.

Найдем однопредметные наборы, которые встречаются 4 и более раз (f = 4). Для этого представим данные из таблицы 2 в нормализованном виде (таблица 3).

На пересечении строки и столбца ставится 1 в том случае, если данный товар присутствует в транзакции. Так как все товары встречаются минимум 4 раза, то их можно рассматривать как частые однопредметные наборы F_1 :

$$F_1 = \{\text{спаржа, фасоль, капуста, кукуруза, перец, кабачки, помидоры}\}.$$

Таблица 2

Множество транзакций овощного отдела супермаркета

№	Предметные наборы
1	Капуста, перец, кукуруза
2	Спаржа, кабачки, кукуруза
3	Кукуруза, помидоры, фасоль, кабачки
4	Перец, кукуруза, помидоры, фасоль
5	Фасоль, спаржа, капуста
6	Кабачки, спаржа, фасоль, помидоры
7	Помидоры, кукуруза
8	Капуста, помидоры, перец
9	Кабачки, спаржа, фасоль
10	Фасоль, кукуруза
11	Перец, капуста, фасоль, кабачки
12	Спаржа, фасоль, кабачки
13	Кабачки, кукуруза, спаржа, фасоль
14	Кукуруза, перец, помидоры, фасоль, капуста

Таблица 3

Нормализованный вид множества транзакций

№	Спаржа	Фасоль	Капуста	Кукуруза	Перец	Кабачки	Помидоры
1	0	0	1	1	1	0	0
2	1	0	0	1	0	1	0
3	0	1	0	1	0	1	1
4	0	1	0	1	1	0	1
5	1	1	0	0	0	0	1
6	1	1	0	0	0	1	1
7	0	0	0	1	0	0	1
8	0	0	1	0	1	0	1
9	1	1	0	0	0	1	0
10	0	1	0	1	0	0	0
11	0	1	1	0	1	1	0
12	1	1	0	0	0	1	0
13	1	1	0	1	0	1	0
14	0	1	1	1	1	0	1
∑	6	10	4	8	5	7	7

Аналогичным образом находим двухпредметные наборы F_2, используя найденные однопредметные. В таблице 4 представлены все двухпредметные наборы:

Таблица 4

Двухпредметные наборы товаров

Набор	Кол-во	Набор	Кол-во
Спаржа, фасоль	5	Капуста, кукуруза	2
Спаржа, капуста	1	Капуста, перец	4
Спаржа, кукуруза	2	Капуста, кабачки	1
Спаржа, перец	0	Капуста, помидоры	2
Спаржа, кабачки	5	Кукуруза, перец	3
Спаржа, помидоры	1	Кукуруза, кабачки	3
Фасоль, капуста	3	Кукуруза, помидоры	4
Фасоль, кукуруза	5	Перец, кабачки	1
Фасоль, перец	3	Перец, помидоры	3
Фасоль, кабачки	6	Кабачки, помидоры	2
Фасоль, помидоры	4		

Поскольку $f = 4$, то из таблицы 4 в множество F_2 войдут только наборы, которые встречаются 4 и более раз:

$$F_2 = \{(\text{спаржа, фасоль}), (\text{спаржа, кабачки}), (\text{фасоль, кукуруза}), (\text{фасоль, кабачки}), (\text{фасоль, помидоры}), (\text{капуста, перец}), (\text{кукуруза, помидоры})\}.$$

Затем таким же образом находим трехпредметные наборы F_3 :

$$F_3 = \{(\text{спаржа, фасоль, кабачки}), (\text{фасоль, кукуруза, кабачки}), (\text{фасоль, кабачки, помидоры}), (\text{фасоль, кукуруза, помидоры})\}.$$

После этого нужно сократить этот набор с помощью свойства антимонотонности. Наборы {фасоль, кукуруза, кабачки} и {фасоль, кабачки, помидоры} будут отсеяны, так как поднаборы {кукуруза, кабачки} и {кабачки, помидоры} встречаются менее 4 раз (< f). В итоге получаем, что во множество F_3 попадает два набора: {спаржа, фасоль, кабачки} и {фасоль, кукуруза, помидоры}.

После того как все частые предметные наборы найдены, можно переходить к генерации на их основе ассоциативных правил. Рассмотрим предметные наборы – кандидаты в ассоциативные правила, содержащие два предмета в условии, например набор s = {спаржа, фасоль, кабачки} из множества 3-компонентных предметных наборов F_3 , полученных на этапе поиска частых наборов. Соответствующими поднаборами s являются: {спаржа}, {фасоль}, {кабачки}, {спаржа, фасоль}, {спаржа, кабачки}, {фасоль, кабачки}.

Рассмотрим правило

R: {спаржа, фасоль} → {кабачки}.

Поддержка, показывающая долю транзакций, которые содержат как условие {спаржа, фасоль}, так и следствие {кабачки}, в общем наборе транзакций, имеющихся в базе данных, составляет 28,6 % (4 из 14 транзакций). Чтобы найти достоверность, мы должны учесть, что набор {спаржа, фасоль} появляется в 5 из 14 транзакций, 4 из которых также содержат {кабачки}. Тогда достоверность будет 4/5 = 80 %.

Наконец, рассмотрим кандидатов в правила, содержащих одно условие и одно следствие. Для этого применим описанную выше методику генерации ассоциативных правил к множеству F_2 двухкомпонентных предметных наборов.

Чтобы проверить значимость сгенерированных правил, обычно перемножают их значения поддержки и достоверности, что позволяет аналитику ранжировать правила в соответствии с их значимостью и достоверностью. В таблице 5 представлен список правил, сгенерированных на основе исходного множества транзакций при заданном уровне минимальной достоверности 80 %.

Таблица 5

Набор ассоциативных правил
с достоверностью 80% и выше

Если условие, то следствие	Поддержка, S, %	Достоверность, C, %	C * S
Если {кабачки}, то {фасоль}	6/14=42,9	6/7=85,7	0,3677
Если {спаржа}, то {фасоль}	5/14=35,7	5/6=83,3	0,2974
Если {спаржа}, то {кабачки}	5/14=35,7	5/6=83,3	0,2974
Если {капуста}, то {перец}	4/14=28,6	4/5=80	0,2288
Если {перец}, то {капуста}	4/14=28,6	4/5=80	0,2288
Если {спаржа и фасоль}, то {кабачки}	4/14=28,6	4/5=80	0,2288
Если {спаржа и кабачки}, то {фасоль}	4/14=28,6	4/5=80	0,2288

Таким образом, в результате применения алгоритма Apriori удалось обнаружить 7 ассоциативных правил, с достоверностью не менее 80 % показывающих, какие продукты из исходного набора чаще всего продаются вместе. На основании этих данных менеджер может сделать вывод о том, какие товары следует располагать на удалении друг от друга, чтобы приобретая, например, кабачки, покупатель также обратил внимание и на товары которые находятся между кабачками и фасолью, так как у этой группы товаров высокая достоверность и поддержка.

Заключение

Результатом данной работы является анализ возможных методов управления покупательскими потоками. Доказано, что для управления очередями подходит представление кассового узла как системы массового обслуживания с неограниченной или ограниченной очередью. Было проанализировано оптимальное количество касс, которое позволит увеличить объемы продаж за счет создания довольно коротких очередей. Это позволит покупателям, находясь в очереди, обратить внимание на товары, продающиеся возле касс.

Также для управления покупательскими потоками внутри супермаркета было предложено использование ассоциативных правил, на основании которых можно выделить множества товаров, которые покупаются с другими наиболее часто. На основании этой информации менеджер может сделать выводы о целесообразности размещения таких товаров на определенном расстоянии друг от друга, чтобы на пути от одного товара к другому, покупатель обратил внимание и купил как можно больше товаров.

Все рассмотренные выше процессы можно автоматизировать за счет использования программных средств, позволяющих анализировать входные данные о количестве покупателей и делать выводы о возможной длине очереди при различном количестве касс. Также возможна автоматизация анализа чеков и выделения наиболее покупаемых множеств товаров. Эти задачи и являются целью дальнейших исследований.

Литература

1. Рапай, К. Культурный код: Как мы живем, что покупаем и почему [Текст] / К. Рапай. – М. : Альпина Бизнес Букс, 2008. – 167 с.

2. Мерчендайзинг как инструмент управления покупательским потоком [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.alkatrin.ru/publication/management-of-customer-flow.php. – 13.08.2014.

3. Stanley, J. How to maximise your customer flow [Электронный ресурс] / J. Stanley. – Режим доступа: http://www.gotlinks.com/articlejoe/index.php?CatID=8&ArtID=7988. – 16.11.2014.

4. Алиев, Т. И. Основы моделирования дискретных систем. [Текст] / Т. И. Алиев. – СПб. : СПбГУ ИТМО, 2009. – 363 с.

5. Кошуняева, Н. В. Теория массового обслуживания (практикум по решению задач) [Текст] / Н. В. Кошуняева, Н. Н. Патронова – Архангельск : САФУ, 2013. – 107 с.

6. Фомин, Г. П. Математические методы и модели в коммерческой деятельности. [Текст] / Г. П. Фомин. – М. : Финансы и статистика, 2005. – 616 с.

7. Розенберг, В. Я. Что такое теория массового обслуживания [Текст] / В. Я. Розенберг, А. И. Прохоров. – М. : Советское радио, 1962. – 254 с.

8. Вентцель, Е. С. Теория вероятностей [Текст]: учеб. для вузов / Е. С. Вентцель. – 6-е изд. – М. : Высшая школа, 1999. – 576 с.

9. Методы поиска ассоциативных правил [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://bug.kpi.ua/stud/work/RGR/DATAMINING/associativerulessearch.html. – 20.12.2014.

Поступила в редакцию 7.03.2015, рассмотрена на редколлегии 18.06.2015

ІНФОРМАЦІЙНА ПІДСИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ПОТОКОМ ПОКУПЦІВ В СУПЕРМАРКЕТІ

А. В. Попов, Ю. А. Белоконь, П. М. Швед

Для оптимального управління чергами запропоновано розглядати касовий вузол як систему масового обслуговування з чергою. Проведено аналіз системи масового обслуговування супермаркету і вибрано оптимальну кількість кас для розглянутого об'єкта. Для управління купівельним потоком всередині супермаркету запропоновано використання методу Apriori для аналізу асоціативних правил. На підставі цього аналізу менеджер буде робити висновок про те, як правильно розмістити товари на товарних полицях, щоб покупець купив якомога більше товарів, що не входять в групи найбільш пов'язаних один з одним.

Ключові слова: купівельні потоки, супермаркет, метод взаємопов'язаних покупок, системи масового обслуговування з чергою, асоціативні правила, метод Apriori.

INFORMATION SUBSYSTEM FOR CONTROLLING CUSTOMER FLOW IN A SUPERMARKET

A. V. Popov, J. A. Bilokin, P. M. Shved

For rational queue management it is suggested to consider cash unit as queuing system with queue. The analysis of supermarket queuing system is carried out and the optimum number of cash desks for the considered object is chosen. For management of a customer flow inside a supermarket use of the Apriori method for the analysis of association rules is proposed. On the basis of this analysis the manager will draw a conclusion how it is correct to place goods on commodity shelves that the buyer bought as much as possible goods which aren't entering into groups of the most connected with each other.

Keywords: customer flows, supermarket, method of the interconnected purchases, queuing system with queue, association rules, the Apriori method.

Попов Андрей Вячеславович – канд. техн. наук, доцент, доцент каф. информационных управляющих систем, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Украина**.**

Белоконь Юлия Анатольевна – канд. техн. наук, ассистент каф. информационных управляющих систем, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Украина.

Швед Павел Николаевич – магистр каф. информационных управляющих систем, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Украина.