

## ВОПРОСЫ ПРОГНОЗА И УПРАВЛЕНИЯ В РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЕ РЕАЛИЗАЦИИ ТОВАРОВ

Новаковская Э.Г., Щербак О.С.,

Донецкий государственный институт искусственного интеллекта

В настоящее время большинство предприятий работает в распределенной системе реализации товаров. Перед предприятиями, реализующими широкий ассортимент товаров среди значительного объема заказчиков, стоят следующие задачи: 1) имеющийся на складе товар распределить между клиентами таким образом, чтобы получить максимальную прибыль; 2) определить объемы реализации товаров за месяц по каждому клиенту в отдельности, регулярность и полноту оплаты заказов и принять соответствующие решения (например, назначить скидку); 3) определить ассортимент и объем поставки товара от поставщика с учетом сезона (даты). Для решения вышеперечисленных задач возникает необходимость синтеза интеллектуальной системы принятия решений в распределенной системе реализации товаров.

Синтез алгоритма принятия решений в распределенной системе реализации товаров включает в себя анализ структуры предприятия; анализ движения заказов и платежей; формальное закрепление в виде множеств торговых представителей, клиентов, ассортимента товара, базовых цен ассортимента товара, сезонов (дат), договоров, заявок, выполненных заказов, оплат; синтез математической модели прогноза движения товаров и финансовых средств.

Рассмотрим структуру предприятия в распределенной системе реализации товаров (рис. 1.). Реализация товара производится со склада предприятия. При этом партия товара от поставщика поступает на склад предприятия, а затем распределяется между клиентами через выездных торговых представителей. В связи с этим предприятие организует агентскую сеть для поиска покупателей. Торговые представители заключают договора, поддерживают контакты со своими клиентами, следят за наличием у них товаров, контролируют своевременность расчетов за товары и т.д. Для лучшей координации торговых представителей клиенты закреплены за определенным торговым представителем по территориальному признаку. Исходя из этого, выделяются следующие множества (формулы 1 - 6).

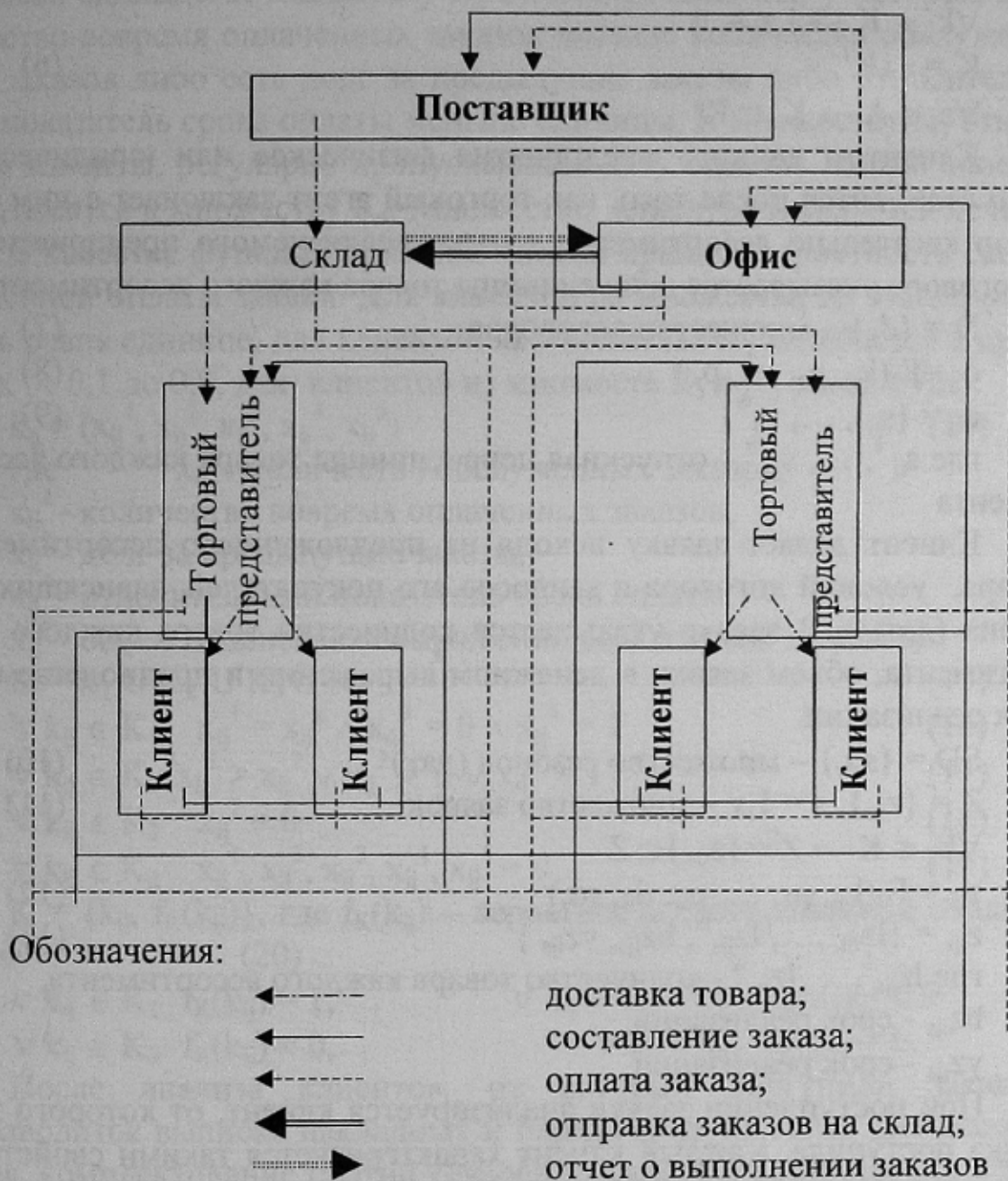


Рисунок 1 – Схема работы предприятия в распределенной системе реализации товаров

$P = \{p_r\}, r = 1, w$  – множество ассортимента товара (1)

$C = \{c_r\}$  – множество базовых цен ассортимента товара (2)

$\forall p_r \in P \rightarrow ! c_r \in C$  (3)

$A = \{a_i\}, i = 1, n$  – множество торговых представителей (4)

$K = \{k_{ij}\}, j = 1, m$  – множество клиентов (5)

$$\begin{aligned} \forall k_{ij} \in K &\rightarrow \exists a_i \in A \\ K &= \cup K^i \\ \forall a_i \in A &\rightarrow K^i \subset K \end{aligned} \quad (6)$$

Клиентом данного предприятия физическое или юридическое лицо становится после того, как торговый агент заключает с ним договор касательно ассортимента товара, реализуемого предприятием. В договоре указывается цена единицы товара каждого ассортимента.

$$D = \{d_{ij}\} - \text{множество договоров} \quad (7)$$

$$d_{ij} = F_1(k_{ij}, p_1, \dots, p_w) \quad (8)$$

$$d_{ij} = \{s_{ij}^1, \dots, s_{ij}^w\} \quad (9)$$

где  $s_{ij}^1, \dots, s_{ij}^w$  - отпускная цена единицы товара каждого ассортимента

Клиент делает заявку исходя из предложенного ассортимента товара, условий договора и запросов его покупателей, зависящих от сезона (даты). В заявке указывается количество товара каждого ассортимента, объем заявки в денежном выражении и предполагаемый срок реализации.

$$SD = \{sd_\gamma\} - \text{множество сезонов (дат)} \quad (10)$$

$$Z = \{z_{ijs}\}, s = 1, v - \text{множество заявок} \quad (11)$$

$$\forall k_{ij} \in K \rightarrow Z^{ij} = \{z_{ijs}\} \subset Z$$

$$z_{ijs} = F_2(k_{ij}, p_1, \dots, p_w, d_{ij}, sd_\gamma) \quad (12)$$

$$z_{ijs} = \{lz_{ijs}^1, \dots, lz_{ijs}^w, bz_{ijs}, yz_{ijs}\} \quad (13)$$

где  $lz_{ijs}^1, \dots, lz_{ijs}^w$  - количество товара каждого ассортимента,

$bz_{ijs}$  - срок реализации,

$yz_{ijs}$  - срок реализации.

При поступлении заявки анализируется клиент, от которого эта заявка поступила. Каждый клиент характеризуется такими свойствами как количество обслуженных заказов, количество вовремя оплаченных заказов, объем в денежном выражении всех заказов за месяц, задолженность предприятию на текущий момент, относительный показатель срока оплаты. Всех клиентов можно разделить на четыре подмножества. К множеству  $K_1$  относятся клиенты, у которых количество вовремя оплаченных заказов совпадает с количеством обслуженных заказов, на момент поступления нового заказа отсутствует долг за предыдущие заказы и относительный показатель срока опла-

ты равен единице. К множеству  $K_2$  относятся клиенты, у которых количество вовремя оплаченных заказов меньше количества обслуженных заказов либо есть долг за предыдущие заказы либо относительный показатель срока оплаты меньше единицы. К множеству  $K_3$  относятся клиенты, регулярно пропускающие дату оплаты. Новые клиенты относятся к множеству  $K_4$ . Множество клиентов  $K$  является нечетким. В качестве функции принадлежности принята вероятность своевременной оплаты заявки. Для клиентов из множества  $K_1$  эта вероятность равна единице, для клиентов из множества  $K_2$  колеблется в пределах от 0,1 до 0,9, для клиентов из множеств  $K_3$  и  $K_4$  равна нулю.

$$k_{ij} = (x_{ij}^1, x_{ij}^2, x_{ij}^3, x_{ij}^4, x_{ij}^5) \quad (14)$$

где  $x_{ij}^1$  - количество обслуженных заказов,

$x_{ij}^2$  - количество вовремя оплаченных заказов,

$x_{ij}^3$  - долг за предыдущие заказы,

$x_{ij}^4$  - относительный показатель срока оплаты,

$x_{ij}^5$  - объем в денежном выражении всех заказов за месяц.

$$K = K_1 \cup K_2 \cup K_3 \cup K_4 \quad (15)$$

$$\forall k_{ij} \in K_1 \quad x_{ij}^1 = x_{ij}^2 \wedge x_{ij}^3 = 0 \wedge x_{ij}^4 = 1 \quad (16)$$

$$\forall k_{ij} \in K_2 \quad x_{ij}^1 > x_{ij}^2 \vee x_{ij}^3 > 0 \vee x_{ij}^4 < 1 \quad (17)$$

$$\forall k_{ij} \in K_3 \quad x_{ij}^2 = 0 \quad (18)$$

$$\forall k_{ij} \in K_4 \quad x_{ij}^1, x_{ij}^2, x_{ij}^3, x_{ij}^4, x_{ij}^5 = 0 \quad (19)$$

$K = \{k_{ij}, f_K(k_{ij})\}$ , где  $f_K(k_{ij})$  - вероятность своевременной оплаты заказа

$$(20)$$

$$\forall k_{ij} \in K_1 \quad f_K(k_{ij}) = 1,$$

$$\forall k_{ij} \in K_2 \quad 0,1 \leq f_K(k_{ij}) \leq 0,9$$

$$\forall k_{ij} \in K_3 \quad f_K(k_{ij}) = 0,$$

$$\forall k_{ij} \in K_4 \quad f_K(k_{ij}) = 0.$$

После анализа клиентов, от которых поступили заявки, производится выписка накладных и передача их на склад для исполнения, комплектование партий товаров на складе в соответствии с заказом, доставка товаров покупателям. В результате этого формируется множество выполненных заказов.

$$NZ = \{nz_{ijs}\} - \text{множество выполненных заказов} \quad (21)$$

$$nz_{ijs} = F_3(k_{ij}, z_{ijs}, d_{ij}, sd_{ij}) \quad (22)$$

$$nz_{ijs} = \{lnz_{ijs}^1, \dots, lnz_{ijs}^w, bnz_{ijs}, ynz_{ijs}\} \quad (23)$$

где  $lnz_{ijs}^1, \dots, lnz_{ijs}^w$  - количество товара каждого ассортимента,

$bnz_{ijs}$  - срок реализации,

$upz_{ijs}$  - срок реализации.

Оплата заказа осуществляется клиентом непосредственно при получении товара, либо клиенту дается отсрочка платежа. Так как оплата зависит от реализации товара клиентом, связанной с сезонностью, множество оплат является нечетким.

$$OP = \{op_{ijs}\} - \text{множество оплат} \quad (24)$$

$$op_{ijs} = F(k_{ij}, nz_{ijs}, d_{ij}) \quad (25)$$

$OP = \{op_{ijs}, f_{OP}(op_{ijs})\}$ , где  $f_{OP}(op_{ijs})$  – вероятность поступления денежных средств (26)

В соответствии с правилами системного анализа производится следующая классификация переменных. Выделены три группы входных переменных. В первую группу входят характеристики заявок. Это количество товара каждого ассортимента, сумма заявки в денежном выражении и предполагаемый срок реализации. Вторую группу составляют характеристики клиентов. Это количество ранее обслуженных заказов, количество вовремя оплаченных заказов, средняя сумма в денежном выражении всех заказов за месяц, задолженность предприятию на текущий момент, относительный показатель срока оплаты. В третью группу входят характеристики договоров, т.е. цена единицы товара каждого ассортимента. Выходными переменными выступают показатели удовлетворения заявок, т.е. количество товара каждого ассортимента, объем заявки, срок реализации.

Так как движение товаров и денежных средств от их реализации является нестационарным процессом, выбрана методология синтеза динамического детерминированного моделирования. Прогноз показателей удовлетворения заявок осуществляется на трех уровнях: уровне клиентов, уровне торговых представителей и уровне предприятия в целом. Уровень клиентов содержит уравнения, характеризующие скорость изменения количества товара каждого ассортимента, выданного конкретному клиенту; уравнения, характеризующие скорость изменения объема выданного конкретному клиенту заказа по каждому ассортименту; уравнения, характеризующие скорость изменения срока реализации товара конкретным клиентом.

$$\frac{dlz_{kij}^r}{dt} = g_1(k_{ij}, z_{ijs}, d_{ij}, t, \delta_{kij}^r) \quad (27)$$

$$\frac{dob_{kij}^r}{dt} = g_2(k_{ij}, z_{ijs}, d_{ij}, t, \gamma_{kij}^r) \quad (28)$$

$$\frac{dsr_{kij}^r}{dt} = g_3(k_{ij}, z_{ijs}, d_{ij}, t, v_{kij}^r) \quad (29)$$

где  $lz_{kij}^r$  – количество товара г-го ассортимента, выделенное клиенту  $k_{ij}$ ,

$ob_{kij}^r$  – объем выданного клиенту  $k_{ij}$  заказа по г-му ассортименту,

$sr_{kij}^r$  – срок реализации товара клиентом  $k_{ij}$ .

Уровень торговых представителей содержит уравнения, характеризующие скорость изменения количества товара каждого ассортимента, выданного всем клиентам конкретного торгового представителя; уравнения, характеризующие скорость изменения объема выданных всем клиентам конкретного торгового представителя заказов по каждому ассортименту; уравнения, характеризующие скорость изменения срока реализации товара конкретным торговым представителем.

$$\frac{dlz_{aij}^r}{dt} = g_4(k_{ij}, z_{ijs}, d_{ij}, t, \varepsilon_{ai}^r) \quad (30)$$

$$\frac{dob_{ai}^r}{dt} = g_5(k_{ij}, z_{ijs}, d_{ij}, t, \eta_{ai}^r) \quad (31)$$

$$\frac{dsr_{ai}^r}{dt} = g_6(k_{ij}, z_{ijs}, d_{ij}, t, \pi_{ai}^r) \quad (32)$$

где  $lz_{ai}^r$  – количество товара г-го ассортимента, у выделенное всем клиентам торгового представителя  $a_i$ ,

$ob_{ai}^r$  – объем выданных всем клиентам торгового представителя  $a_i$  заказов по г-му ассортименту,

$sr_{ai}^r$  – срок реализации товара торговым представителем  $a_i$ .

Уровень предприятия содержит уравнения, характеризующие скорость изменения количества товара каждого ассортимента, выданного предприятием клиентам; уравнения, характеризующие скорость изменения объема выданных всем клиентам заказов по каждому ассортименту; уравнения, характеризующие скорость изменения срока

реализации товара предприятием; а так же уравнения, характеризующие скорость изменения общего количества товара, выданного предприятием клиентам и скорость изменения общего объема выданных всем клиентам заказов.

$$\frac{dlz^r}{dt} = g_7(k_{ij}, z_{ijs}, d_{ij}, t, \phi^r) \quad (33)$$

$$\frac{dob^r}{dt} = g_8(k_{ij}, z_{ijs}, d_{ij}, t, \mu^r) \quad (34)$$

$$\frac{dsr}{dt} = g_9(k_{ij}, z_{ijs}, d_{ij}, t, \theta) \quad (35)$$

$$\frac{dob}{dt} = g_{10}(k_{ij}, z_{ijs}, d_{ij}, t, \varpi) \quad (36)$$

$$\frac{dlz}{dt} = g_{11}(k_{ij}, z_{ijs}, d_{ij}, t, \vartheta) \quad (37)$$

где  $lz^r$  – количество товара  $r$ -го ассортимента, выделенное клиентам предприятия,

$lz$  – общее количество товара, выделенное клиентам предприятия,

$ob^r$  – объем выданных всем клиентам предприятия заказов по  $r$ -му ассортименту,

$ob$  – общий объем выданных всем клиентам предприятия заказов,

$sr$  – срок реализации товара предприятием,

$\delta_{kij}^r, \varepsilon_{ai}^r, \phi^r, \gamma_{kij}^r, \eta_{ai}^r, \mu^r, \nu_{kij}, \pi_{ai}, \theta, \varpi, \vartheta$  – параметры модели.

Математическая модель прогноза движения товаров и денежных средств предназначена для работы в алгоритме системы управления реализацией товара. Данная интеллектуальная система позволит прогнозировать возникающие ситуации и принимать решения, приносящие предприятию наибольшую прибыль.