УДК 681.518

МОДЕЛЬ ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОДАЖ В СОВРЕМЕННЫХ КОРПОРАТИВНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

В.М. Гриняк, кандидат технических наук,
С.М. Семенов, кандидат технических наук
Владивостокский государственный университет экономики и сервиса

Рассматривается модель задачи планирования продаж, как задачи статистического анализа и экстраполяции данных. Предлагается методика построения системы поддержки принятия решений об основных параметрах задачи - модели тренда, периода для анализа, достоверности планирования, ориентированная на применение как алгоритмической основы автоматизированного рабочего места менеджера. На реальных данных демонстрируется эффективность методики с точки зрения перспектив её реализации в современных системах управления торговлей.

1. Введение

Информатизация управленческих процессов на производственных и торговых предприятиях в настоящее время вылилась в специальную отрасль науки об управлении. Инструментом такой информатизации выступают специальные средства сбора, передачи, первичной обработки и хранения данных о деятельности предприятий, структурирования и анализа данных и выработки набора возможных управленческих решений. Совокупность таких средств принято называть корпоративной информационной системой (КИС) предприятия. Корпоративные информационные системы всегда существуют в рамках некоторого бизнес-процесса (бизнес-модели) организации [1, 2]. Функциональность современных КИС поддерживает такие задачи, как стратегическое и оперативное планирование, товарный и бухгалтерский учёт, управленческий учёт по различным направлениям [3].

Управление продажами и закупками является одной из важнейших составляющих современного управленческого учета. Задача управления продажами и закупками состоит в накоплении информации о номенклатуре товаров, их наличии на складе, резервировании товаров под заказы покупателей, заказе недостающих товаров у поставщиков, отслеживании факта оплаты, поступления, отгрузки товаров. Функциональность управления продажами и закупками в том или ином виде включена практически во все современные КИС общего назначения (например, отечественные «Флагман», «1С», «Галактика» и зарубежные «Axapta», «SAP») [3, 4, 5].

Основной целью управления продажами и закупками является обеспечение гарантии наличия нужных материальных ценностей на складе при минимизации складских остатков. В тех случаях, когда время поставки товаров поставщиком меньше времени ожидания запросов покупателями, задача минимизации складских остатков решается путем ведения торговли «под заказ» (сквозной учет заявок от покупателей). Существуют, однако, группы товаров, к которым указанная стратегия на применима в силу того, что время, в течение которого покупатель готов ожидать удовлетворения своего запроса, меньше времени поставки товаров поставщиком. Для таких товаров основным подходом к управлению торговлей является планирование продаж и, на основании планов, закупка товаров с учетом сроков их поставки.

Существует множество подходов к решению задачи планирования продаж; выбор в пользу того или иного из них определяется стратегией работы предприятия. В алгоритмическом плане значительная часть методик основана на ретроспективном анализе результатов продаж за некоторый период и экстраполяции этих результатов. При этом основной проблемой становится выбор таких параметров задачи как модель эволюции данных во времени, периодичность данных для анализа и интервал экстраполяции. Выбранные параметры должны обеспечивать максимальную достоверность планирования, однако все современные КИС (в их стандартной конфигурации) предоставляют пользователю выбирать указанные параметры исключительно интуитивно, «вручную».

В настоящей работе рассматривается модель задачи планирования продаж и предлагается метод автоматизированного выбора её параметров на основе результатов статистического анализа; предлагается способ оценки достоверности планирования дискретным набором значений.

2. Основные модельные представления

В задачах экономического анализа минимальным периодом оценивания какого-либо показателя являются, как правило, сутки, соотнесённые с конкретной датой. Часто используются и другие периоды: «недельный», «месячный», «квартальный» и т. д. Значение выбранного показателя X_k в период с номером k может быть выражено формулой

$$X_k = \sum_{i=(k-1)*n}^{k*n} x_i \;, \tag{1}$$

где n - число дней в периоде, x_i - значение выбранного показателя в день с номером i, $i = \overline{1,N}$ (N - общее число дней, за которые взяты данные), $k = \overline{1,J}$ (J - число периодов, на которые разбиты N дней, так что $N = Jn$).

Модель изменения значения показателя X во времени может быть выражена формулой

$$X_k = G(k) + \eta(k)\,, \tag{2}$$

где $G(k)$ - функция, выражающая детерминированный закон эволюции величины X (тренд), $\eta(k)$ - случайная величина, характеризующая отклонение фактического значения показателя от его тренда (здесь и далее будем считать, что $\eta(k)$ - некоррелированная случайная величина с нулевым математическим ожиданием).

Функция $G(k)$ может быть использована для экстраполяции значений показателя X. Анализ свойств $\eta(k)$ может быть положен в основу оценки достоверности планирования.

Введем величину α, равную номеру периода, для которого выполняется экстраполяция значений показателя X, так что

$$X_{J+\alpha} = G(J+\alpha) + \eta(J+\alpha),$$

а экстраполяционная оценка значения показателя X равна

$$\hat{X}_{J+\alpha} = G(J+\alpha).$$

При этом в силу наличия случайной компоненты η, оценка $\hat{X}_{J+\alpha}$ имеет смысл только вместе с информацией о погрешности оценивания, характеризуемой параметрами распределения величины $\eta(J+\alpha)$. Пусть $f_{\eta(k)}(t)$ - функция плотности распределения величины $\eta(k)$. Тогда вероятность P того, что показатель X в экстраполируемый период α будет лежать в интервале $[a, b]$ будет выражаться формулой:

$$P(a < X_{J+\alpha} < b) = \int_a^b f_{\eta(J+\alpha)}(t - \hat{X}_{J+\alpha})dt.$$

С точки зрения планирования продаж представляет интерес оценка верхней границы продаж с заданной наперед вероятностью (с целью решения задачи минимизации складских остатков). В этом случае имеет место формула

$$P(X_{J+\alpha} < b) = F_{\eta(J+\alpha)}(b - \hat{X}_{J+\alpha}),$$

где $F_{\eta(J+\alpha)}(t)$ - функция распределения вероятностей величины $\eta(J+\alpha)$, и, соответственно

$$b(P) = \Phi_{\eta(J+\alpha)}(P), \tag{3}$$

где $\Phi_{\eta(J+\alpha)}$ - функция, обратная функции $F_{\eta(J+\alpha)}(b - \hat{X}_{J+\alpha})$.

3. Метод решения задачи

Рассмотрим формулу (2). Выберем в качестве модели тренда $G(k)$ полиномиальную модель

$$G(k) = \sum_{j=0}^{m} p_j \cdot k^j. \tag{4}$$

Формула (2) может быть записана в обобщённом виде:

$$X = Kp + \eta, \tag{5}$$

где X - вектор значений X_i, K - матрица размерности $J \times m$, p- вектор коэффициентов полинома p_j, η - вектор случайных величин $\eta(k)$. Решение уравнения (5) методом наименьших квадратов относительно вектора p имеет вид [6]:

$$\hat{p} = (K^T R^{-1} K)^{-1} K^T R^{-1} X\,, \tag{6}$$

где $\hat{p}$ - оценка вектора p, $R = M[\eta\eta^T]$ - ковариационная матрица (M - оператор математического ожидания). В случае независимых одинаково распределённых $\eta(k)$ матрица R имеет диагональный вид, так что $R_{kk} = \sigma_\eta^2$, где σ_η- среднеквадратичное отклонение величины $\eta(k)$. При такой статистической равноточности $\eta(k)$ формула (6) будет иметь вид

$$\hat{p} = (K^T K)^{-1} K^T X\,, \tag{7}$$

а наряду с оценкой вектора p может быть получена и оценка σ_η в виде формулы

$$\hat{\sigma}_\eta^2 = \frac{1}{J-m}(X - K\hat{p})^T (X - K\hat{p})\,. \tag{8}$$

Если через $\Delta p = \|p - \hat{p}\|$ обозначить погрешность решения уравнения (5) методом (7), то соответствующая ей дисперсионная матрица будет иметь вид

$$D_p = M[\Delta p \Delta p^T] = (\frac{1}{\sigma_\eta^2} K^T K)^{-1}\,, \tag{9}$$

а оценка этой матрицы

$$\hat{D}_p = (\frac{1}{\hat{\sigma}_\eta^2} K^T K)^{-1}. \tag{10}$$

3.1. Определение функции $G(k)$. Проблема выбора модели тренда $G(k)$ сводится в данном случае к определению степени полинома (4). В настоящей работе это предлагается делать на основе вероятностной оценки значимости коэффициентов полинома.

Пусть $\hat{p}_j$ - оценка соответствующего коэффициента полинома (4), $\hat{D}_p(j,j)$ - коэффициент матрицы (10), лежащий на пересечении j-й строки и j-го столбца (т.е. на диагонали). Поскольку распределение вероятности величин $\hat{p}_j$, найденных по формуле (7), будет близко к нормальному распределению независимо от распределения величин $\eta(k)$ [6], вероятность того, что нулевые значения величины p_j не входят в область их вероятных значений может быть выражена формулой

$$P(p_j \neq 0) = \int_0^{2|\hat{p}_j|} f_{\hat{p}_j}(\tau) d\tau , \tag{11}$$

где $f_{\hat{p}_j}(\tau)$ - функция плотности нормального распределения со средним $\hat{p}_j$ и дисперсией $\hat{D}_p(j, j)$. Решение о том, что p_j отлично от 0, принимается в случае, если значение $P(p_j \neq 0)$ превышает некоторый порог U_p. Степень полинома (4) определяется, таким образом, максимальным j, для которого $P(p_j \neq 0)$ больше заданного вероятностного порога U_p.

3.2. Определение длины периода n. Выбор числа дней n в периоде, за который будут суммироваться данные при анализе, предлагается делать на основе оценки величины $\hat{\sigma}_\eta$ из формулы (8). Рассмотрим величину x_i - значение выбранного показателя в день с номером i. Суть проблемы в том, что в задачах экономического анализа, как правило, значительную часть выборки x_i составляют нулевые значения (например, продажи какого-либо товара могут иметь место лишь 2-3 раза в месяц). Именно поэтому исходные данные x_i принято преобразовывать к некоторым «укрупнённым» данным X_k согласно формуле (1) и возникает вопрос о выборе длины n этого «укрупнённого» периода таким образом, чтобы среди X_k, по возможности, не встречалось нулевых значений (считается, что $x_i \geq 0$).

Пусть $G(k)$ - модель тренда величины X_k, а $Z = \min_k(G(k))$ - минимальное значение этого тренда на интервале $k = \overline{1, J}$. Пусть $\hat{\sigma}_\eta$ - оценка среднеквадратичного отклонения случайной составляющей модели, полученная по формуле (8). Тогда вероятность того, что найденное Z больше нуля может быть оценена формулой

$$P(Z>0)=\int_0^{\infty} f_Z(\tau)d\tau\,, \qquad (12)$$

где $f_Z(\tau)$ - функция плотности нормального распределения со средним Z и дисперсией $\hat{\sigma}_\eta^2$. Выбор n, таким образом, сводится к перебору его возможных значений в порядке возрастания, решению для них задачи (12) и выбору такого n, начиная с которого величина $P(Z>0)$ станет превышать некоторый порог U_Z. При этом задача об определении n должна решаться вместе с задачей об определении степени полинома $G(k)$.

3.3. Прогнозирование продаж. Прогнозирование продаж включает в себя несколько аспектов. Во-первых, это оценка максимально возможного значения величины α - количества периодов, для которого экстраполяция значений показателя X статистически достоверна. Во-вторых, это собственно экстраполяционная оценка значений X с заданной наперед вероятностью.

Модельные представления (4-10) позволяют решить обе эти задачи. Пусть $\hat{X}_{J+\alpha}=G(J+\alpha)$ - экстраполяционная оценка показателя X, а $\hat{\sigma}_\eta(J+\alpha)$ - соответствующая ей оценка среднеквадратичной погрешности оценивания. Тогда вероятность того, что $X_{J+\alpha}>0$ может быть оценена формулой

$$P(X_{J+\alpha}>0)=\int_0^{\infty} f_{\hat{X}}(\tau)d\tau\,, \qquad (13)$$

где $f_{\hat{X}}(\tau)$ - функция плотности нормального распределения со средним $\hat{X}_{J+\alpha}$ и дисперсией $\hat{\sigma}_\eta^2(J+\alpha)$. Вывод о достоверности экстраполяционной оценки показателя X для периода с номером α делается в том случае, если величина $P(X_{J+\alpha}>0)$ превышает некоторый порог U_X. Оценка верхней границы продаж в период с номером α определяется из модельных представлений (3), и может быть представлена как

$$Y_\alpha(P)=\hat{X}_{J+\alpha}+b(P)\,, \qquad (14)$$

где P, в данном случае, есть вероятность того, что значение показателя X не превысит найденного значения $Y_\alpha(P)$.

4. Результаты численного моделирования

Численное моделирование задачи планирования продаж проводилось на реальных данных о годовой динамике продаж в крупной компании, занимающейся торговлей автозапчастями.

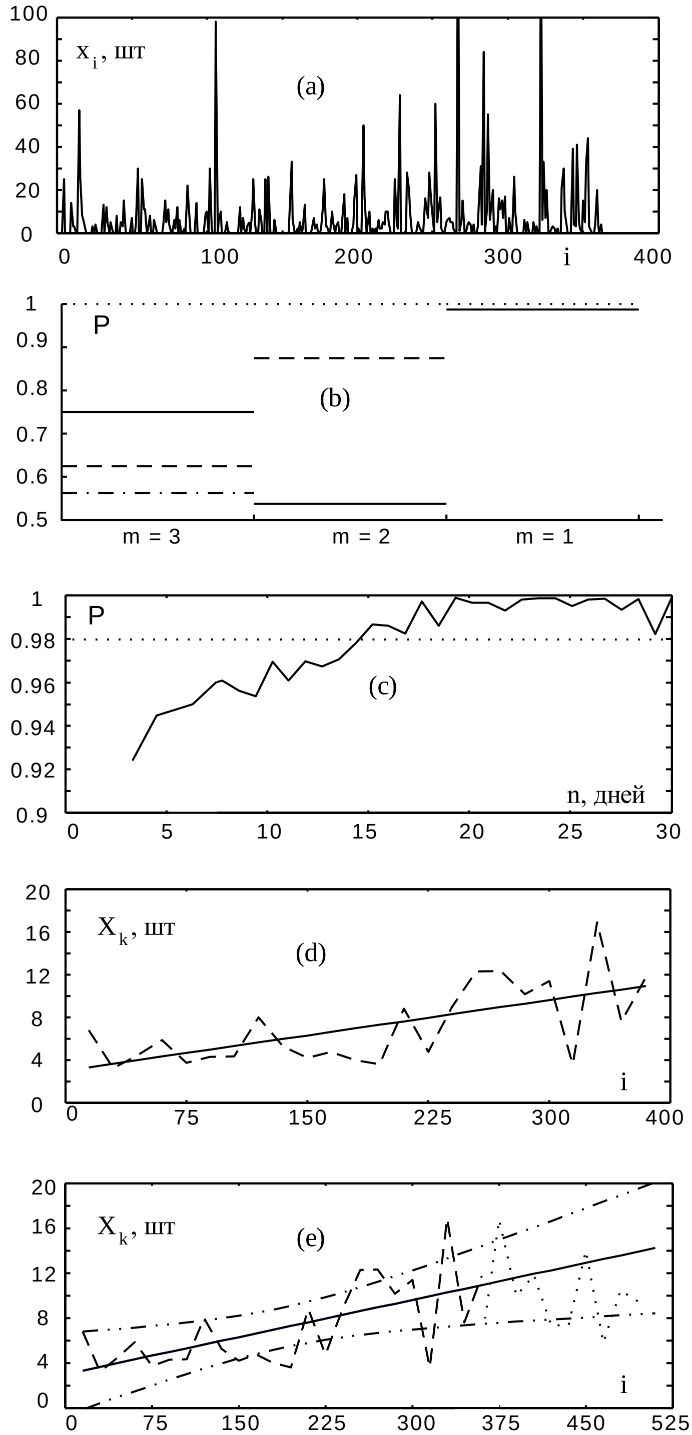

Рисунок 1.

На рис. 1a показано количество продаж одной из номенклатурных позиций по дням в течение года. Видно, что данные носят весьма нерегулярный характер.

На рис. 1b представлен результат решения задачи об определении степени полинома $G(k)$ - показаны значения вероятностей $P(p_j \neq 0)$ для полиномов степени m=3 (первая колонка значений), m=2 (вторая колонка значений) и m=1 (третья колонка значений), причем значения $P(p_0 \neq 0)$ показаны точками, $P(p_1 \neq 0)$ - сплошной линией, $P(p_2 \neq 0)$ - пунктиром и $P(p_3 \neq 0)$ - штрихпунктиром. Видно, что если за вероятностный порог принять значение $U_p = 0.98$, то можно сделать вывод, что тренд $G(k)$ есть полином первой степени.

На рис. 1c показан процесс определения длины периода анализа данных n. Сплошной линией показаны значения $P(Z > 0)$. Видно, что если принять за вероятностный порог значение $U_Z = 0.98$ (на рисунке показан точками), то значение длины интервала n, за который будут суммироваться данные при анализе, нужно принять равным 15 дням.

На рис. 1d показаны суммированных данных X_k (пунктир) и их тренда $G(k)$ (сплошная линия). Видно, что суммированные данные также, как и исходные, характеризуются значительной степенью нерегулярности.

На рис. 1e показаны суммированные данные X_k (пунктир), их тренд $G(k)$, «продолженный» в область прогноза (сплошная линия), фактические значения (суммированные) данных в области прогноза (точки), значения оценки верхней $Y_\alpha(P)$ (формула (14)) и нижней границы продаж для значения $P = 0.95$ (штрихпунктир). Видно, что значение $Y_\alpha(P)$ при $P = 0.95$ может быть принято в качестве верхней оценки прогноза продаж. Вместе с тем, такая оценка прогноза имеет значение только вместе с информацией об условиях оценивания, определяющих степень её достоверности. Имея в виду все вышесказанное, степень достоверности оценки может быть представлена следующей четырехзначной дискретной шкалой (таб. 1).

Под «условием 1» таблицы понимается наличие таких значений суммированных данных X_k, которые «выходят» за значения оценки верхней $Y_\alpha(P)$ и нижней границы продаж для значения $P = 0.95$ (как это, скажем, имеет место на рисунке 1е), что свидетельствует о существенной нерегулярности исходных данных, и, соответственно, пониженной достоверности прогноза. «Условие 2» - это соответствие периода прогноза характерному периоду данных n. Считается, что «условие 2» ложно, если период прогноза (в днях) больше или равен, чем n, и истинно, если период прогноза меньше, чем n. «Условие 3» считается истинным, если для прогнозируемого периода с номером α величина $P(X_{J+\alpha} > 0)$ из формулы (13) не превышает некоторый порог U_X (на практике можно принять $U_X = 0.98$), и ложным в противном случае. Таким образом, уровень «Зеленый» соответствует максимальной степени достоверности оценки верхней границы продаж, уровень «красный» - минимальной. Прогнозирование продаж, для данных, приведенных на рисунке 1, соответствует второй строке таблицы 1 и уровню достоверности «желтый».

Уровень достоверности	Условие 1	Условие 2	Условие 3
«Зеленый»	-	-	-
«Желтый»	+	-	-
«Желтый»	-	+	-
«Оранжевый»	+	+	-
«Красный»	-	-	+
«Красный»	+	-	+
«Красный»	-	+	+
«Красный»	+	+	+

Таблица 1.

Предложенная цветовая интерпретация представляется удобной для практики, когда нужно наглядно проинформировать менеджера о том, для каких номенклатурных позиций автоматизированное планирование продаж достоверно («зелёный» уровень), а для каких (возможно) необходима «интуитивная», «ручная» корректировка полученных данных.

5. Заключение

Описанная в работе модель задачи планирования продаж адаптирована к данным корпоративной информационной системы «1С», а именно к конфигурациям «1С: Управление торговлей 8» и «1С: Управление производственным предприятием 8» и реализована в виде обработки платформы «1С: 8». Представленные в статье результаты и опыт применения на ряде предприятий оптовой торговли демонстрируют реализуемость, конструктивность и непротиворечивость предлагаемой методики планирования. Работа ориентирована на расширение функциональности современных корпоративных информационных систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Жданов Б.А.* Новая логика и факторы развития КИС // Корпоративные системы. - 2006. - №3.

2. *Бочаров Е.П, Колдина А.И.* Интегрированные корпоративные информационные системы. - М.: Финансы и статистика, 2005.

3. *Turban E., McLean E., Wetherbe J.* Information Technology for Management: Transforming Business in the Digital Economy. - John Wiley & Sons, 2002.

4. *Солдатов А.В.* Методы и модели создания информационных систем управления на платформе «1С:Предприятие 7.7». // Информационные технологии. – 2004. №10.

5. *Богачева Т.Г.* 1С: Предприятие 8.0. Управление торговлей в вопросах и ответах: Практическое пособие. - М.: 1С-Паблишинг, 2006.

6. *Крамер Г.* Математические методы статистики. - М.: Мир, 1975.